

ZBRANE HROMADNÉHO NIČENIA – AKTUÁLNA BEZPEČNOSTNÁ HROZBA



INŠTITÚT BEZPEČNOSTNÝCH A OBRANNÝCH ŠTÚDIÍ MO SR

Bratislava 2005

© **Ministerstvo obrany Slovenskej republiky**
Inštitút bezpečnostných a obranných štúdií
Bratislava 2005

ZBRANE HROMADNÉHO NIČENIA
– AKTUÁLNA BEZPEČNOSTNÁ HROZBA

Vydalo Ministerstvo obrany SR
Kutuzovova 8, 832 47 Bratislava

Vedúci projektu: pplk. Ing Andrej GÁFRIK

Autori: Ing. Jaroslav DURDIAK, PhD, pplk. Ing Andrej GÁFRIK
plk. prof. Ing. Pavel PULIŠ, CSc., Ing. Miroslav SUŠKO, PhD

Odborní recenzenti: doc. Ing. Pavol GLONČÁK, CSc., plk. Ing. Petr FAJMON

Grafická úprava: Andrej Gáfrik

Zadané do tlače: 18. 3. 2005

Tlač: Oddelenie polygrafického zabezpečenia MO SR, Bratislava

Publikácia je zverejnená na webovej stránke Inštitútu bezpečnostných a obranných štúdií:
<http://www.mosr.sk/index.php?page=67>

ISBN 80-88842-76-X

OBSAH

Použité skratky a výrazy	8
Predslov (A. Gáfrik)	9
ÚVOD DO PROBLEMATIKY ZHN (P. Puliš)	10
1. JADROVÉ ZBRANE (M. Suško)	25
1.1 HISTÓRIA VÝVOJA JADROVÝCH ZBRANÍ	25
1.1.1 Objavy a udalosti, ktoré viedli k vývoju a výrobe jadrových zbraní	25
1.1.2 Vývoj jadrových zbraní počas druhej svetovej vojny	28
1.1.2.1 Nemecko	28
1.1.2.2 Japonsko	29
1.1.2.3 Francúzsko	30
1.1.2.4 Veľká Británia	30
1.1.2.5 USA	31
1.1.2.6 Sovietsky zväz	34
1.1.3 Vývoj jadrových zbraní po druhej svetovej vojne	35
1.1.3.1 USA	36
1.1.3.2 Veľká Británia	37
1.1.3.3 Sovietsky zväz	37
1.1.3.4 História vývoja a výroby neutrónových zbraní	38
1.2 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ JADROVÝCH ZBRANÍ	42
1.2.1 Charakteristika neutrónov	42
1.2.1.1 Neutrónové reakcie	43
1.2.1.2 Typy neutrónových interakcií s jadrami atómov	43
1.2.1.3 Krátka charakteristika interakcií neutrónov s jadrami atómov	44
1.2.2 Štiepna jadrová reakcia	45
1.2.2.1 Základné podmienky a priebeh štiepnej reakcie	46
1.2.2.2 Charakteristika štiepenia atómových jadier	47
1.2.2.3 Štiepna reťazová (lavínovitá) reakcia	48
1.2.3 Charakteristika fúznej (termonukleárnej) reakcie	50
1.3 DRUHY A NIČIVÉ FAKTORY JADROVÝCH ZBRANÍ	53
1.3.1 Základné pojmy v oblasti jadrových zbraní	53
1.3.2 Druhy a konštrukčné princípy štiepnej jadrovej munície	56
1.3.3 Druhy a konštrukčné princípy fúznej (termonukleárnej) munície	60
1.3.3.1 Jednofázová termonukleárna munícia	60
1.3.3.2 Dvojfázová termonukleárna munícia	61
1.3.3.3 Trojfázová termonukleárna munícia	62
1.3.3.4 Neutrónové zbrane	65
1.3.4 Ničivé faktory jadrového výbuchu	67
1.3.4.1 Druhy jadrových výbuchov	67
1.3.4.2 Prenikavé rádioaktívne žiarenie	68
1.3.4.3 Svetelné a tepelné žiarenie	70
1.3.4.4 Elektromagnetický impulz	72
1.3.4.5 Tlaková vlna	74
1.3.4.6 Rádioaktívna kontaminácia	77

1.4	VPLYV IONIZUJÚCEHO ŽIARENIA NA ĽUDSKÝ ORGANIZMUS	80
1.4.1	Interakcia rádioaktívneho žiarenia s látkovým prostredím	81
1.4.1.1	Interakcia alfa žiarenia	81
1.4.1.2	Interakcia beta žiarenia	82
1.4.1.3	Interakcia gama žiarenia	83
1.4.1.4	Interakcia neutrónov	84
1.4.2	Cesty rádioaktívnych látok z kontaminovaného prostredia k človeku	85
1.4.3	Biologické účinky ionizujúceho žiarenia na živý organizmus	87
1.4.3.1	Mechanizmus biologického účinku ionizujúceho žiarenia	87
1.4.3.2	Biochemické účinky ionizujúceho žiarenia a poškodenia na molekulárnej úrovni	88
1.4.3.3	Radiačné zmeny na úrovni buniek	89
1.4.3.4	Poškodenie živých orgánov rádioaktívnym žiarením	89
1.4.3.5	Biologické účinky ochudobneného uránu (DU, U _{dep})	90
1.4.4	Zásady hodnotenia ožiarenia	91
1.5	MEDZINÁRODNÉ ZMLUVY O JADROVÝCH ZBRANIACH	93
1.5.1	Medzinárodné právne akty o zákaze a obmedzení pokusných jadrových výbuchov	93
1.5.2	Súčasný stav v jadrovom odzbrojovaní	96
1.5.3	Kontrola zbrojenia	97
1.5.4	Bezpečnostné úvahy o účinnosti Zmluvy o nešírení nukleárnych zbraní (NPT) a ďalších zmlúv	100
1.5.5	Úplný zákaz skúšok jadrových zbraní	101
1.5.6	Následky jadrových skúšok	101
1.6	NUKLEÁRNY TERORIZMUS	103
1.6.1	Možné zdroje rádioaktívneho žiarenia využiteľné pre nukleárny terorizmus	104
1.6.2	Pravdepodobné scenáre nukleárneho terorizmu	107
1.6.2.1	Použitie zbraní na princípe jadrových reakcií	107
1.6.2.2	Použitie radiologických zbraní	108
1.6.2.3	Útoky na zariadenia s jadrovým materiálom	109
1.6.3	Terorizmus proti jadrovým energetickým zariadeniam (JEZ)	110
1.7	ARZENÁLY NUKLEÁRNYCH ZBRANÍ	110
1.7.1	Početný nárast jadrových zbraní	116
1.7.2	Súčasný arzenály jadrových zbraní vo svete (A. Gáfrik)	119
1.7.3	Súčasnosť a perspektívy likvidácie jadrových zbraní	134
1.8	LITERATÚRA	135
2.	CHEMICKÉ ZBRANE (J. Durdiak)	138
2.1	HISTÓRIA POUŽITIA CHEMICKÝCH ZBRANÍ	138
2.1.1	Využitie šípových jedov a psychoaktívnych látok	138
2.1.2	Použitie CHZ v období prvej svetovej vojny	139
2.1.3	Obdobie medzi svetovými vojnami	142
2.1.4	Použitie CHZ v období druhej svetovej vojny	143
2.1.5	Použitie CHZ v období studenej vojny	145
2.2	DEFINÍCIA A OBSAH CHEMICKÝCH ZBRANÍ	150

2.2.1	Munícia spôsobujúca kombinované zranenia	152
2.2.2	Binárna chemická munícia	152
2.2.3	Nervovoparalytické látky	152
2.2.3.1	Mechanizmus účinku nervovoparalytických látok	155
2.2.3.2	Klinické formy intoxikácie	156
2.2.3.3	Terapia akútnych intoxikácií NPL	157
2.2.3.4	Ochrana a prevencia	158
2.2.4	Všeobecne jedovaté toxické chemické látky	158
2.2.4.1	Kyanovodík a chlórkyan	158
2.2.4.2	Mechanizmus účinku	159
2.2.4.3	Toxicita	159
2.2.4.4	Klinické prejavy, príznaky a symptómy	160
2.2.5	Pľuzgierotvorné toxické chemické látky	160
2.2.5.1	Prehľad hlavných predstaviteľov pľuzgierotvorných TCHL	161
2.2.5.2	Mechanizmus účinku pľuzgierotvorných látok	163
2.2.5.3	Toxicita pľuzgierotvorných látok a príznaky otravy	163
2.2.6	Dusivé TCHL	164
2.2.6.1	Fyzikálna charakteristika dusivých TCHL	164
2.2.6.2	Toxicita dusivých TCHL a príznaky otravy	165
2.2.7	Látky psychicky a fyzicky zneschopňujúce	165
2.2.7.1	Látky psychicky zneschopňujúce (psychotomimetiká)	165
2.2.7.2	Látky fyzicky zneschopňujúce (dysregulátory)	168
2.2.8	Dráždivé toxické chemické látky	168
2.2.8.1	Chemické látky slzotvorné (lakrimátory)	169
2.2.8.2	Chemické látky dráždiace horné cesty dýchacie (sternity)	170
2.2.8.3	Mechanizmus účinku a toxicita dráždivých látok	171
2.3	PROCES CHEMICKÉHO ODZBROJOVANIA	172
2.4	CHEMICKÝ TERORIZMUS	175
2.4.1	Východiská pre využitie toxických chemických látok na terorizmus	176
2.4.2	Pôsobenie toxických chemických látok na organizmus	179
2.4.2.1	Cesty prenikania TCHL do organizmu	180
2.4.2.2	Pohyb TCHL v organizme	180
2.4.3	Potenciálne nástroje chemického terorizmu	182
2.4.3.1	Chemické zbrane	182
2.4.3.2	Potenciálne bojové toxické chemické látky	183
2.4.3.3	Toxíny	186
2.4.4	Terorizmus a nebezpečné priemyslové chemické látky ako súčasť infraštruktúry štátu	189
2.4.4.1	Anorganické nebezpečné chemické látky	192
2.4.4.2	Organické priemyselné nebezpečné látky	196
2.4.4.3	Supertoxické jedy ako potenciálne teroristické zbrane	198
2.5	LITERATÚRA	202
3.	BIOLOGICKÉ ZBRANE (P. Puliš)	207
3.1	OD INFEKCIÍ PO BIOLOGICKÉ ZBRANE	207
3.1.1	Infekcie a vojenské ťaženia	208

3.1.2	Prvé použitie biologických zbraní	208
3.1.3	Biologické zbrane po prvej svetovej vojne	209
3.1.4	Biologické zbrane po druhej svetovej vojne	210
3.1.5	Štáty zaoberajúce sa biologickými zbraňami	211
3.2.	BIOLOGICKÉ PROSTRIEDKY	212
3.2.1	Stručná charakteristika patogénnych mikroorganizmov	213
3.2.1.1	Baktérie	213
3.2.1.2	Rickettsie	213
3.2.1.3	Vírusy	214
3.2.1.4	Plesne	215
3.2.2	Stručná charakteristika toxínov	215
3.2.3	Prostriedky na ničenie poľných a lesných kultúr	216
3.2.4	Požiadavky kladené na biologické prostriedky	216
3.2.5	Stručná charakteristika jednotlivých ochorení	218
3.2.5.1	Pôvodcovia veľmi nebezpečných bakteriálnych nákaz	218
3.2.5.2	Pôvodcovia veľmi nebezpečných rickettsiálnych nákaz	220
3.2.5.3	Pôvodcovia veľmi nebezpečných vírusových nákaz	221
3.2.5.4	Pôvodcovia vírusových hemoragických horúčok	223
3.2.5.5	Ďalšie nebezpečné vírusy	225
3.2.5.6	Plesňové nákazy	226
3.2.6	Vlastnosti najvýznamnejších toxínov	227
3.2.7	Prostriedky použitia biologických zbraní	229
3.3	PROLIFERÁCIA BIOLOGICKÝCH ZBRANÍ	229
3.3.1	Obavy z použitia biologických zbraní v ozbrojených konfliktoch	230
3.3.2	Génové inžinierstvo a biologické zbrane	231
3.3.3	Biotechnológie rozširujú možnosti výroby biologických zbraní	233
3.3.4	Unikátny objav v génovom inžinierstve	234
3.3.5	Prolifерácia biologických zbraní a inšpekčné kontroly	235
3.3.6	Záujmy biotechnologického priemyslu a sprísnenie konvencie	235
3.3.7	Biologický terorizmus	237
3.4	OCHRANA PROTI BIOLOGICKÝM ZBRANIAM	239
3.4.1	Biologický prieskum	240
3.4.2	Varovanie vojsk pred použitím biologických zbraní	241
3.4.3	Nešpecifická detekcia biologických prostriedkov	242
3.4.4	Špecifická detekcia biologických prostriedkov	243
3.4.5	Vývoj zariadení na detekciu biologických prostriedkov	243
3.4.6	Individuálna a kolektívna ochrana	244
3.4.7	Protiepidemiologické opatrenia na zvýšenie odolnosti	245
3.4.8	Likvidácia následkov biologického napadnutia	245
3.4.9	Dezinfekčné látky a prostriedky	246
3.4.10	Súčasný stav a perspektívy rozvoja prostriedkov na biologickú ochranu v Ozbrojených silách Slovenskej republiky	248
3.4.11	Zákaz vývoja, výroby a likvidácia biologických zbraní	250
3.5	BIOLOGICKÉ ZBRANE ZOSTÁVAJÚ AKTUÁLNOU HROZBOU	252
3.6	LITERATÚRA	253

Záver (<i>A. Gáfrík</i>)	257
Resume	259
Autori publikácie	261

POUŽITÉ SKRATKY A VÝRAZY

ACH	Acetylcholin
ACHE	Acetylcholinesteráza
BLU	Bomb Live Unit (ostrá letecká bomba)
BVP	Bojové vozidlo pechoty
CBU	Container Bomb Unit (kontajnerová letecká bomba)
CATFAE	Catapult Launched Fuel Air Explosive (odmínovací systém využívající aerosólovú muníciu)
DNK	Kyselina deoxyribonukleová
EMI	Elektromagnetický impulz
EMP	Electro Magnetic Pulse (elektromagnetický impulz)
FAE	Fuel Air Explosive (aerosólová munícia)
CHZ	Chemické zbrane
ICBM	Intercontinental Ballistic Missile (medzikontinentálna balistická riadená strela – dolet nad 5 500 km)
IRBM	Intermediate-Range Ballistic Missile (balistická riadená strela väčšieho stredného doletu – od 3 000 do 5 500 km)
LRAD	Long Range Acoustic Device (akustické zariadenie s veľkým dosahom – neletálna akustická zbraň)
MIRV	Multiple Independently targetable Re-entry Vehicles (viacnásobné samostatne navádzané hlavice)
MRBM	Medium-Range Ballistic Missile (balistická riadená strela stredného doletu – od 1 000 do 3 000 km)
NPL	Nervovo-paralytické látky
OPCW	Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (Organizácia pre zákaz chemických zbraní)
PVO	Protivzdušná obrana
PLRS	Protiletadlová riadená strela
PLK	Protiletadlový komplet
RBE	Relative Biological Effectiveness (koeficient pomernej biologickej efektívnosti)
RCHBO	Radiačná, chemická, biologická ochrana
RNK	Kyselina ribonukleová
SRBM	Short-Range Ballistic Missile (balistická riadená strela krátkeho doletu – do 1 000 km)
TCHL	Toxická chemická látka
TNT	Trinitrotoluén
VVÚ	Vojenský veterinárny ústav
ZHN	Zbrane hromadného ničenia

PREDSLOV

Bezpečnostná hrozba, ktorú predstavujú zbrane hromadného ničenia (ZHN), vyplýva z ich schopnosti ohroziť resp. zničiť v krátkom čase celé národy, štáty alebo dokonca ľudstvo samotné. Existencia zbraní hromadného ničenia v období studenej vojny a bipolárneho rozdelenia sveta po celé desaťročia významným spôsobom ovplyvňovala medzinárodný vývoj. Zánik Varšavskej zmluvy, rozpad Sovietskeho zväzu a pád totalitných režimov vo východnej Európe síce výrazne znížil riziko globálnej jadrovej vojny, ale následný medzinárodnopolitický vývoj priniesol nové aktuálne hrozby súvisiace s proliferáciou zbraní hromadného ničenia, obmedzenými možnosťami kontroly ich šírenia a s rastúcim nebezpečenstvom medzinárodného terorizmu.

Predkladaná publikácia mapuje fenomén zbraní resp. prostriedkov hromadného ničenia práve z tohto zorného pohľadu. Predstavuje prvý výstup širšieho projektu, rozpracovaného v Inštitúte bezpečnostných a obranných štúdií Ministerstva obrany Slovenskej republiky. Cieľom projektu je, na základe analýzy histórie vzniku, šírenia a použitia ZHN, ako aj na základe analýzy dostupných údajov o súčasnom stave a predpokladanom vývoji v tejto oblasti v celosvetovom meradle, prispieť k zhromaždeniu východiskových informácií potrebných na prijatie opatrení vedúcich k eliminácii potenciálnych hrozieb pre Slovenskú republiku, ako aj na prípravu obrany a ochrany proti možnému použitiu ZHN proti SR.

Autori publikácie podávajú ucelený pohľad na jednotlivé druhy zbraní resp. prostriedky hromadného ničenia podľa tradičného delenia na jadrové, chemické a biologické, na históriu ich vzniku a vývoja, princípy ich fungovania, ničivé účinky, možnosti obrany a ochrany, úsilie medzinárodného spoločenstva o zamedzenie šírenia ZHN resp. ich likvidáciu, ako aj na hrozbu, ktorú predstavujú prostriedky hromadného ničenia v rukách teroristov. Upozorňujú aj na riziko, že rýchly vedecko-technický rozvoj môže perspektívne viesť k vývoju nových, ešte ničivejších prostriedkov hromadného ničenia, s poukázaním na oblasti, v ktorých už existujú príslušné štúdie alebo prebieha základný, prípadne aj aplikovaný výskum.

Problematika zbraní a prostriedkov hromadného ničenia je nesmierne široká a publikácia si nekladie za cieľ poskytnúť vyčerpávajúce informácie o všetkých jej aspektoch. Môže ale poslúžiť odborníkovi i laikovi ako východiskový informačný materiál nielen na orientáciu v tejto stále aktuálnej problematike, ale aj na jej hlbšie štúdium z hľadiska súčasných i perspektívnych teoretických a praktických potrieb.

ÚVOD DO PROBLEMATIKY ZBRANÍ HROMADNÉHO NIČENIA

Vojvodcovia všetkých čias túžili po tom, aby ich vojsko vlastnilo absolútnu zbraň. To znamená takú, proti ktorej niet ochrany a ktorej použitím by bolo možné bez vlastnej ujmy zničiť protivníka, alebo ho aspoň vyradiť z boja. Vedci a výskumníci mnohých generácií sa usilovali a usilujú o jej dosiahnutie. Zbrane hromadného ničenia (ZHN) a najmä jadrové zbrane v spojení s raketovými systémami predstavujú nielen najničivejšie prostriedky v rukách agresora, ale sú zdrojom katastrofy a záhuby života na zemi.

ZHN sa vyznačujú mohutnou ničivou silou, ktorá sa prejavuje vo veľkom merítke. Zasaňujú široký priestor, vyradujú z boja veľké množstvo osôb, bojovej techniky a spôsobujú rozsiahle škody na životnom prostredí. Sú určené k spôsobeniu veľkých strát protivníkovi v krátkom čase, vytváraním závalov, požiarov a kontaminovaných priestorov. ZHN sú teda také zbrane, ktorých účinok mnohonásobne prevyšuje ničivú silu konvenčných zbraní. Pôsobia na veľkých plochách, ich účinok je nielen okamžitý ale aj dlhodobý a ochrana proti nim je veľmi zložitá.

Počet štátov schopných vyvinúť a použiť ZHN sa zväčšuje a vyvíjajú sa aj rakety na ich prepravu do stoviek kilometrov vzdialeného cieľa. Najväčším nebezpečenstvom v súčasnosti je horizontálne šírenie ZHN. Kým štáty s najväčším potenciálom týchto zbraní svoje arzenály znižujú, iné usilujú o ich získanie, či rozšírenie alebo zdokonalenie.

V bojových poriadkoch a predpisoch Ozbrojených síl Slovenskej republiky sú medzi ZHN zaradené len jadrové, chemické a biologické (bakteriologické) zbrane. V inej literatúre niektorí odborníci k zbraniam hromadného ničenia zaraďujú tiež zápalné zbrane, pretože použitím týchto zbraní v rozsiahlom meradle sú ich následky porovnateľné napr. s účinkom jadrových zbraní veľmi malej resp. malej ničivej sily.

Tiež je potrebné konštatovať, že niektoré účinné komponenty ZHN ako sú napríklad toxické chemické látky je možné pripraviť „po domácky“, lebo technické a technologické informácie potrebné na syntézu aj najtoxickejších látok nervovo-paralytických sú bežne dostupné v odbornej a patentovej literatúre. Z hľadiska získania vyššie uvedených ZHN či ich účinných komponentov je možné stanoviť poradie dostupnosti takto: najľahšie získanie predstavujú biologické zbrane, ďalej sú to chemické zbrane a ako najobtiažnejšie získateľné sa javia jadrové zbrane. Uvedené poradie je limitované vysokou cenou jadrovej výbušniny a jej obťažným získaním a ďalej technickou a technologickou náročnosťou konštrukcie jadrovej zbrane. Naopak najjednoduchšie získanie biologických zbraní je dané technologicky i ekonomicky nenáročnou výrobou a ich veľmi zložitou a problematickou účinnou medzinárodnou kontrolou. [1]

Kontrola zbrojenia a odzbrojenia v oblasti ZHN je možná len do určitej miery a veľakrát so značnými problémami. V prípade teroristov je úplne jasné, že títo sa necítia byť viazaní etickými a morálnymi, toľko nie právnymi normami pri svojej činnosti. Príklady ako z histórie, tak zo súčasnej doby ukazujú nárast teroristických akcií a v niektorých prípadoch i ich stúpajúcu agresivitu. Terorizmus je v súčasnej dobe najzávažnejším problémom ľudstva. Potvrďuje to aj použitie toxického chemického látky sarin v tokijskom metre v roku 1995 v Japonsku. Preto je potrebné spojiť sily na medzinárodnej úrovni a vytvoriť efektívne obranné medzinárodné mechanizmy, ktoré by boli schopné ochrániť demokratickú spoločnosť pred týmto neprijateľným násilím. Zdá sa, že pri hodnotení nových rysov terorizmu sa budú musieť so všetkou vážnosťou posudzovať možnosti zneužitia ZHN a že to bude úloha veľmi ťažká.

NOVÉ DRUHY PROSTRIEDKOV HROMADNÉHO NIČENIA

Za prostriedky hromadného ničenia sa označujú zbraňové systémy (tvorené jednotlivými druhmi bojových náplní a nosičmi, t. j. zariadeniami schopnými prenášať tieto náplne na rôzne vzdialenosti), ktoré svojimi veľkými účinkami spôsobujú hromadné straty osôb, techniky a materiálu. [2]

Aj napriek všeobecnému úsiliu svetového spoločenstva o zákaz vývoja, výroby a šírenia uvedených zbraní súbežne pokračuje výskum a vývoj prostriedkov nespádajúcich pod klasifikáciu ZHN, ale svojimi účinkami je možné ich zaradiť do tejto kategórie.

Je veľmi pravdepodobné, že v rámci búrlivého vedecko-technického rozvoja budú objavené, pripravené a následne zavedené nové druhy ZHN, ktoré svojimi účinkami môžu prevýšiť i tie najúčinnnejšie – jadrové zbrane.

V súčasnosti, okrem uvedených jadrových, chemických a biologických zbraní ide predovšetkým o nasledovné druhy prostriedkov hromadného ničenia:

- ekologické zbrane,
- rádiologické zbrane,
- lúčové zbrane,
- aerosólová munícia,
- kontajnerová inteligentná munícia,
- výrony nebezpečných chemických látok z infraštruktúry,
- nekonvenčné zbrane a bojové prostriedky. [3]

EKOLOGICKÉ ZBRANE

Každý vojnový konflikt či už s použitím konvenčných zbraní alebo ZHN spôsobí okamžité i výhľadovo rozsiahle škody na životnom prostredí. Najnepriaznivejším následkom použitia konvenčných zbraní, v posledných ozbrojených konfliktoch je rozsiahla devastácia bojiska trieštivo-trhavou muníciou. Ničivé účinky jadrových zbraní sú dostatočne známe. Popri bezprostrednom porušení terénu výbuchom dochádza k ničeniu životného prostredia v rôznom rozsahu všetkými účinkami jadrového výbuchu. Chemické zbrane a nové druhy vysoko výbušných alebo zápalných látok sú zaradené v stupnici ohrozenia životného prostredia bezprostredne za jadrovými zbraňami. Ničivé účinky ZHN sú ďalekosiahle. Niekedy je takmer vylúčené obnovenie počiatočného stavu, či už je to z dôvodu dlhodobej kontaminácie prostredia alebo erózie pôdy a jej konečnej premeny na púšť následkom ničenia vegetácie. Aj pri použití biologických zbraní dochádza k dlhodobej kontaminácii prostredia infekčným číniplom. Navyše v postihnutých oblastiach vzniká permanentný rezervoár onemocnení, ktorých pôvodca bol umelo prenesený do ekosystému daného regiónu.

Od začiatku 70. rokov sa začína hovoriť o ekologickej vojne, teda o zámernom narušovaní životného prostredia bojujúcimi stranami s využitím prírodných zákonov, nových vedeckých poznatkov a moderných technických prostriedkov. Ekologické (geofyzikálne) zbrane boli v centre pozornosti predovšetkým v priebehu a tesne po skončení vojny vo Vietname, kde USA vo veľkom rozsahu použili niektoré nové druhy bojových prostriedkov, ktoré narušujú životné prostredie (ovplyvnenie zrážkovej činnosti, rozrušovanie vrchnej pôdnej vrstvy a ničenie vegetácie).

Prostriedky ekologickej vojny s výhľadom ich použitia na taktickej, operačnej a strategickej, resp. globálnej úrovni je možné rozdeliť na zbrane, ktoré pôsobia na:

- **atmosféru** (meteorologická zbraň, ozónová zbraň, ovplyvňovanie teplotného režimu, umelé vytváranie alebo rozpúšťanie hmly),

- **litosféru** (umelé zemetrasenie a prílivové vlny, ničenie vegetácie, likvidácia lesných plôch, zámerne spôsobené lesné požiare, záplavy, zosuvy pôdy a pod.),
- **hydrosféru** (manipulácia s akustickými a elektromagnetickými vlastnosťami vôd).

Meteorologická zbraň umelo ovplyvňuje zrážkovú činnosť. Princíp tejto zbrane je založený na „očkovaní“ oblakov jodidom strieborným alebo jodidom olovnatým, ktoré vytvárajú v oblakoch tzv. kondenzačné centrá a následne „umelé dažde“. V období 1963 až 1972 použila umelý dážď ako bojový prostriedok americká armáda v Indočíne. Umelý dážď sa využíval na rozbahnenie terénu, vytváranie zátop a tým na zníženie alebo znemožnenie presunu vojsk, zásobovania a pod. Ako sa následne zistilo, jeho dlhodobým dôsledkom bolo závažné narušenie ekosystému postihnutej oblasti (napr. jodid strieborný a jodid olovnatý majú nepriaznivý vplyv až toxický účinok na niektoré nižšie rastlinné či živočíšne organizmy, častými zrážkami sa zvyšuje nebezpečenstvo erózie pôdy a pod.). Uvedené látky boli neskôr nahradené podstatne lacnejšou – tetramerom acetaldehydu (metaldehydom). Pri jej používaní odpadá nebezpečenstvo rozšírenia zostatkovej látky po smere vetra a vyvolanie zrážok v nežiadúcich oblastiach, pretože metaldehyd sa v atmosfére úplne rozpustí.

Ďalšie nebezpečenstvo úmyselného porušenia prírodnej rovnováhy spočíva vo vytvorení veľmi priaznivého prostredia pre vodný hmyz, teda i pre prenášača závažných ochorení (malária a pod.). Možnému vzniku hromadného výskytu infekčných a iných ochorení (choroby z nachladenia) je nutné predchádzať účinnou prevenciou, skorou etiologickou diagnózou, kvalitnou prvou lekárskou pomocou v odpovedajúcom čase a množstve, účinnými hygienickými a proti epidemickými opatreniami. [4]

Ozónová zbraň (doposiaľ hypotetická) je založená buď na umelom porušení ochrannej vrstvy ozónu nad určitými oblasťami k zosilneniu účinku ultrafialového žiarenia alebo na premene atmosférického kyslíka na ozón, ktorý má v silnej koncentrácii smrteľné účinky

Ozónosféra obklopuje Zem vo výške okolo 15 až 50 km. Jej ochranný účinok spočíva v tom, že pohlcuje väčšinu slnečného ultrafialového žiarenia, ktoré preniká na zemský povrch.

Prvý spôsob konštrukcie ozónovej zbrane je reálnejší, i keď ultrafialové žiarenie je zachycované tiež inými zložkami atmosféry. Chemicky sa dá porušiť ozónová vrstva napr. freónmi (chlórfluoruhľovodíkmi), ktoré sa donedávna v širokom meradle používali pri výrobe sprejov. Konkrétne ide o freón 11 a freón 12. Ich typickou vlastnosťou je chemická stálosť, takže samočistiace mechanizmy atmosféry na ne nepôsobia. Hromadia sa v troposfére a odtiaľ sa cirkuláciou dostávajú do styku s vyššie ležiacou ozónovou vrstvou. Pôsobením slnečného ultrafialového žiarenia sa freóny štiepia a uvoľnené radikály chlóru sú potom katalyzátormi rozkladu ozónu.

Ničivý účinok ozónovej zbrane spočíva v porušení až zničení biosféry v dôsledku rozkladov bunkových štruktúr, vrátane genetického aparátu, ktoré sa prejavuje oneskorene zhubným bujnením. Intenzívnejší tok ultrafialového žiarenia by sa pravdepodobne odrazil i v zmene teplotnej bilancie postihnutých oblastí. Účinky ničivého ultrafialového žiarenia sa prirovnávajú k pôsobeniu jadrových zbraní.

Umelé narušenie ozónovej vrstvy je uľahčené jej neustálym narušovaním antropogénnymi vplyvmi, predovšetkým zanášaním zlúčenín dusíka, uhlíka a vodíka do atmosféry.

Klimatická zbraň je modifikáciou meteorologických zbraní. Zmena klímy je daná pôsobením na procesy tvorby počasia prebiehajúce v zemskej atmosfére. Obsah CO₂ v atmosfére v dôsledku činnosti človeka vzrastá, čo vedie k celkovému otepleniu a pôsobeniu tzv. skleníkového efektu. Použitie defoliantov ako bojového prostriedku vedie k znižovaniu plôch lesov resp. biomasy produkujúcej O₂ v záujmových priestoroch s druhotným následkom na živú silu a klimatické podmienky v priestoroch bojovej činnosti. [5]

Umelé zemetrasenie a prílivové vlny spôsobia mohutné pozemné alebo podzemné výbuchy zasadené do presného rozmiestnenia bodov najväčšieho napätia v zemskej kôre v tektonicky nebezpečných oblastiach. Na skúšobnom jadrovom polygóne v Nevade bol vykonaný pokus, pri ktorom bolo sériou riadených podzemných výbuchov vyvolané zemetrasenie. Ešte vo vzdialenosti 4 000 km boli zaznamenané záchvevy o dva stupne vyššie než zodpovedalo veľkosti nálože. Možné vysvetlenie znie, že jadrové výbuchy vyvolali v Zemi prírodné zemetrasenie. Boli uskutočnené aj úspešné pokusy s umelým premiestňovaním geologických vrstiev pomocou vtláčania špeciálnych kvapalín do medzivrstvového priestoru s cieľom iniciovať zemetrasenie.

Špeciálne lokalizované umelé zemetrasenie by mohlo byť určené na vyvolanie usmerených prílivových vln k ničeniu objektov na pobreží. O takýchto následkoch, síce prírodných, sme sa mali možnosť presvedčiť po zemetrasení v juhovýchodnej Ázii 26. 12. 2004, kde účinkom prílivových vln (cunami) na pobreží postihnutej oblasti prišlo o život vyše 200 000 osôb. To je údaj, ktorý sumárne značne prevyšuje napr. následky zvrhnutia atómovej bomby na Hirošimu 6. 8. 1945 (78 150 usmrtených a 13 983 nezvestných osôb). Podobná bilancia, ak nie horšia, by určite bola pri porovnávaní materiálnych škôd spôsobených týmto zemetrasením a prílivovými vlnami. [6]

S povodňami, obdobím sucha, zemetraseniami, prílivovými vlnami, požiarmi, orkánmi a cyklónmi, i epidémiami a pôsobením ionizujúceho žiarenia sa ľudstvo vo svojom vývoji stretáva pri živelných a civilizačných katastrofách a väčšinou sú aj takmer zákonitými dôsledkami vojnových katastrof. Špecifikum ekologických zbraní spočíva v umelom, zámernom vyvolaní nepriaznivých stavov v životnom prostredí v neobvyklej dobe a v nezvyklej intenzite, v absencii obvyklých varovných príznakov a v kombinovaní s inými druhmi bojovej činnosti. Výber určitého prostriedku je priamo závislý na charakteristike miesta predpokladaného pôsobenia. Účinok ekologických zbraní môže byť i absolútne deštruktívny, t. j. postihujúci atmosféru, geosféru i biosféru.

Účinnosť ochrany proti ekologickým zbraniam a likvidácia následkov ich použitia je závislá na kvalitnom riadení a organizácii i pripravenosti všetkých zložiek zapojených do záchranných prác. Ich nedeliteľnou súčasťou je lekárska a humanitárna pomoc postihnutým.

RÁDIOLOGICKÉ ZBRANE

Sú známe a uvažuje sa o nich už od 50. rokov. Nová situácia nastala v 70. rokoch, keď mnoho krajín dospelo do štádia, v ktorom môžu zo štiepnych produktov a produktov ožiarenia, vznikajúcich pri prevádzke jadrových elektrární a ďalších civilných jadrových zariadení, získať dostatočné množstvo rádioaktívnych látok. Zároveň s tým si tieto krajiny osvojili technológiu a prostriedky dopravy a manipulácie s rádioaktívnymi látkami. Rovnako je aj dostatočný počet civilných odborníkov, ktorí ovládajú potrebnú problematiku, a tak sa vojenské použitie rádioaktívnych látok stalo možným. Odhaduje sa, že v roku 2000 bolo k dispozícii také množstvo rádioaktívnych zvyškov jadrových palivových článkov, ktoré by postačilo na kontamináciu zemskej pevniny s intenzitou žiarenia $0,1 \text{ R}\cdot\text{h}^{-1}$. Tým by sa Zem stala neobývateľnou.

Pojem „rádiologické zbrane“ sa v medzinárodnej praxi zaužíval pre zbrane spôsobujúce ľudom smrteľné alebo veľmi vážne poškodenia zdravia a ničiace alebo poškodzujúce i ostatné časti živej prírody účinkom rádioaktívneho žiarenia. **Pre ničivé účinky pôsobiace vo veľkom rozsahu na živé organizmy patria medzi zbrane hromadného ničenia popri jadrových, chemických, biologických a plošných zápalných zbraniach ako samostatný druh.** Ich základom sú bojové rádioaktívne látky ako zdroj rádioaktívneho žiarenia. Jeho vhodnosť k použitiu závisí od druhu žiarenia, doby existencie, pôvodu, konzistencie, použiteľnosti a

spôsobilosti k nasadeniu a očakávaného účinku. Bojové rádioaktívne látky spolu s prostriedkami ich dopravy na cieľ tvoria komplex rádiologických zbraní.

Zdrojmi na získanie rádioaktívnych látok môžu byť, okrem prírodných obohatených rádionuklidov, jadrové technické zariadenia (lode na jadrový pohon, jadrové elektrárne rôznych typov, zariadenia na obohacovanie či obnovu jadrového paliva, ale aj ožarovacie zariadenia), ďalej oblasť rádiochemického vývoja, ako aj rozsiahla výroba a použitie rádionuklidov. Rádioaktívne látky by bolo možné rozdeliť podľa rôznych hľadísk, napr. podľa druhu žiarenia, doby existencie, pôvodu, konzistencie, použiteľnosti, vhodnosti na nasadenie alebo očakávaného účinku. [7]

Najväčší význam majú štiepne produkty jadrového reaktora (vyhorené palivové články) a produkty ožarovania pre ich kvantá, ktoré by mohli byť k dispozícii v rádiologickej zbrani. Bojové rádioaktívne látky s energeticky výkonným gama žiarením, napr. kobaltu-60 alebo štiepnych produktov jadrového reaktora, sú vhodné na plnenie bojových hlavíc riadených striel, kozmických zásobníkov, ženijných mín a vlečných zariadení, pretože pri ich použití sa dajú ľahko realizovať bezpečnostné opatrenia. Na použitie v granátoch, bombách, nádržiach alebo na rozptýlenie pomocou vetra alebo prúdiacej vody sú vhodnejšie alfa a beta žiariče. Tvrdé gama žiarenie kompaktných zdrojov pôsobí prevažne zvonka i cez dostatočné ochranné vrstvy. Pôsobenie alfa a beta žiaričov je spravidla nebezpečné len pri inkorporácii.

V odbornej vojenskej tlači sa uvádzajú niektoré špekulatívne prepočty o účinkoch rádiologických zbraní. Pri úvahe o ničení nechránenej živej sily sa uvádza vyššia efektívnosť miereného použitia rádiologických zbraní než pri neurčitosti smeru rádioaktívnej stopy jadrového výbuchu. Zvyšky z jedného palivového článku päť rokov po jeho „vytvorení“ by mohli kontaminovať plochu 500 000 m² s priemernou aktivitou 4 GBq.m⁻², ktoré vo výške 1 m spôsobia dávku ožiarenia 1 R.h⁻¹, ktorá je schopná podstatne obmedziť vedenie bojovej činnosti. Také isté množstvo pri koncentrácii na plochu 5 000 m² s aktivitou 400 GBq spôsobí vo výške 1 m dávku žiarenia 100 R.h⁻¹, čo prinúti osoby k okamžitému opusteniu priestoru (objektu). Iná úvaha uvádza možnosť znehodnotenia pitnej vody pre 100 000 obyvateľov pri spotrebe 10⁸ l na 10 dní stronciom 90 so súhrnnou aktivitou 40 GBq, čo môže predstavovať hmotnosť rádo-vo niekoľko gramov tohto prvku, t. j. množstvo prepraviteľné i v malej batožine.

Ochrana proti účinkom rádiologických zbraní nevybušného typu je v podstate rovnaká ako u výbušných zbraní. Vychádza sa z poznania, že akýkoľvek predmet postavený medzi zdroj žiarenia a ľudské telo znižuje intenzitu žiarenia. Stupeň oslabenia intenzity žiarenia závisí na type žiarenia a materiálu, ktorý stojí žiareniu v ceste. Alfa častice majú veľmi malý dosah a neohrozujú vonkajšou dávkou tkanivo, pokiaľ ich zdroj nie je vzdialený od tkanív len niekoľko centimetrov. Beta častice majú vo vzduchu dosah asi 1 m od zdroja, ale hrúbka niekoľkých milimetrov väčšiny materiálov ich zastaví. Obyčajný odev stačí ochrániť telo od alfa a beta častíc. Treba ale dbať, aby sa žiadny rádioaktívny materiál nedostal do styku s kožou alebo nevnikol do organizmu, pretože by potom znamenal vážne ohrozenie. Hygienická očista a výmena odevu za nekontaminovaný je nutným ale aj dostatočným opatrením. [8]

Výbuch jadrového reaktora, či iného jadrového zariadenia pri vedení operácie protivníkom s cieľom vytvoriť rozsiahle kontaminované územie je problém, s ktorým je nutné perspektívne počítať, hoci tieto objekty podliehajú ochrane v rámci medzinárodného práva. V histórii ozbrojených konfliktov už boli zaznamenané podobné porušenia a nie je vylúčená ani možnosť, že protivník najmä pri vynútenom odchode zanechá za sebou zničenú krajinu (napr. zapálené ropné polia v Kuvajte pri odchode irackých vojsk). Možno pri tom počítať buď s maximálnym poškodením jadrových reaktorov (roztrhnutím ochrannej nádoby) konvenčnými zbraňami, či prostriedkami dopravenými diverznými skupinami (čo by sa podobalo určitému druhu havárie, ku ktorej môže dôjsť i v mieri), alebo môže protivník znásobiť ničivý a kontaminujúci účinok tým, že na reaktory použije termonukleárnu zbraň.

Pri porovnaní hypotetických účinkov roztavenia aktívnej zóny jadrového reaktora a roztrhnutia ochrannej nádoby s následným únikom rádioaktivity s pozemným výbuchom termonukleárnej zbrane, ktorý zasiahol jadrový reaktor, je:

- pomerne najmenší zhubný účinok na životné prostredie pri uvedenom maximálnom poškodení reaktora,
- oveľa väčší účinok pri pozemnom výbuchu termonukleárnej zbrane,
- znásobený spojený účinok termonukleárnej zbrane a zasiahnutého reaktora, ktorý sa sám premieňa na rádiologickú zbraň mimoriadnej ničivosti.

Na uvedené porovnanie možno použiť špeciálne merania biologického poškodenia tkaniva spôsobeného ionizujúcim žiarením za pomoci jednotky rem, označujúcej účinok 1 röntgenu na 1 človeka (roentgen equivalent man), ktorý sa rovná dávke v jednotkách rad znásobenej koeficientom pomernej biologickej efektívnosti (relative biological effectiveness, RBE) prispôbenej rôznym druhom žiarenia. Pre žiarenie beta a gama sa 1 RBE rovná približne 1 rad (1 rad = 0,01 Gy).

Pre názornosť je možné uviesť, že pri röntgenovom snímkaní hrudného koša predstavuje dávka, ktorú človek absorbuje, 0,01 rem za zlomok sekundy. Prírodná rádiácia prostredia na úrovni mora predstavuje približne 0,75 rem za rok. Ak pôsobí na človeka – podľa jeho telesnej kondície – vyše 500 až 600 rem za 1 až 2 dni, je jeho prežitie takmer nemožné. Pri dávke 200 až 450 rem je prežitie možné, ale nijako zaručené, ani vtedy, ak bola poskytnutá zdravotnícka pomoc. Pri dávke 400 rem za deň sa predpokladá úmrtnosť 50 %. Dávka 100 rem za deň vyvoláva ochorenie z ožiarenia, ktoré v niektorých prípadoch končí smrťou.

Pri katastrofách sa pre obyvateľstvo predpokladá maximálne prípustná dávka ožiarenia 2 rem za rok, čo je 10-krát viac, než sa doporučuje v USA, i keď tam v roku 1981 platila pre robotníkov pracujúcich v rádioaktívnom prostredí norma 5 rem.

Americkí odborníci usudzujú, že v jadrovej vojne bude obyvateľstvo vystavené dávke 50 rem za rok, čo vo vyše polovici prípadov vyvolá nemoc z ožiarenia, v niektorých prípadoch končiacu úmrtím alebo neskorším vznikom rakoviny.

Pri výbuchu termonukleárnej zbrane s mohutnosťou 1 Mt väčšina vytvoreného rádioaktívneho spadu dopadne v smere vetra od miesta výbuchu, a to v tvare pretiahnutej cigary, pričom v priebehu prvých dní v podobe veľkých častíc. Ak je rýchlosť vetra ustálená na približne 24 km.h⁻¹, potom pásmo smrtiacej kontaminácie, spôsobenej účinkom dávky 400 rem za deň, predstavuje asi 3 100 km² a je rok nevhodné na život a exploatáciu, pričom ešte omnoho väčší priestor je nespôsobilý pre život po kratší čas. Napr. jeden mesiac zostáva neobývatelným priestor s rozlohou 51 800 km². Pri skupinovom výbuchu niekoľkých termonukleárnych zbraní sa pôsobenie rádioaktívnej kontaminácie zmnohonásobí. [5]

Únik rádioaktívnych látok z jadrového reaktora po havárii je až 10¹² krát menší než pri výbuchu termonukleárnej zbrane. Na druhej strane rádioaktivita vznikajúca pri výbuchu takej zbrane je do značnej miery vyvolaná izotopmi, ktoré majú polčas rozpadu kratší než rádioaktivita uvoľnená jadrovým reaktorom. Havária reaktora vyvoláva pomerne málo tepelnej energie. Pevné častice nie sú vyhodnené do väčšej výšky, preto rádioaktívny spad pomerne rýchlo klesá na okolitú zem. Priestor kontaminácie je menší než pri výbuchu termojadrovej zbrane, ale kontaminácia trvá dlhšie. Pri havárii reaktora s výkonom 1 000 MW bude mať priestor kontaminácie s dávkou 400 rem za deň rozlohu asi 2,5 km² a pásmo, kde sa do mesiaca dávka zníži na 2 rem za rok, asi 4 660 km².

V dôsledku pomerne pomalého narastania rádioaktivity a relatívne nevelkej plochy kontaminácie, je možné po havárii jadrového reaktora evakuovať obyvateľstvo skôr, než by na ľudský organizmus začal pôsobiť rádioaktívny spad, ktorý pre obyvateľstvo predstavuje najväčšie nebezpečenstvo. Kontaminovaný priestor je možné deaktivovať, aj keď je deaktivácia

pôdy sťažená. Deštruktívne účinky spôsobené tlakovou vlnou alebo vysokým tepelným žiarením sú pri haváriách jadrových reaktorov minimálne.

Ničivé účinky spôsobené termojadrovou zbraňou 8 až 16 km od miesta výbuchu sú viditeľné okamžite. Dá sa predpokladať, že súčasne budú zničené i zdravotnícke zariadenia a stanice prvej pomoci, preto úmrtnosť bude v týchto prípadoch väčšia než pri rovnakej rádioaktívite, spôsobenej haváriou reaktora, kde obetiam bude možné poskytnúť okamžitú lekársku starostlivosť.

Pri zásahu jadrového reaktora termojadrovou zbraňou s mohutnosťou 1 Mt sa aktívny obsah reaktora pri výbuchu úplne vyparí, pripojí sa k rádioaktívite zbrane, zdvihne sa spolu s plamenným oblakom do výšky a táto zmes rádioaktívnych materiálov postupne spadne na zem, podobne ako pri výbuchu samotnej termojadrovej zbrane.

Vzhľadom k tomu, že rýchlosť uvoľňovania rádioaktivity z materiálov reaktora je podstatne menšia než pri výbuchu termojadrovej zbrane, nebude sa dynamika kontaminácie okolitého priestoru v prvom týždni príliš líšiť od priebehu tohto procesu pri výbuchu samotnej zbrane. Ale pretože sa materiál reaktora odlišuje pomerne vysokým polčasom rozpadu, doba rádioaktívnej kontaminácie sa značne predĺži.

Pásmo kontaminácie bude mať rozlohu vyše 1 300 km². Priestor, na ktorom dávka žiarenia zostane v priebehu mesiaca nad 2 rem za rok, bude mať rozlohu 165 760 km². Pásmo, v ktorom sa v priebehu roka dávka žiarenia zníži na menej než 2 rem za rok, bude veľké 64 750 km². Na území s rozlohou 466 km² sa dávka žiarenia 2 rem i viac udrží dlhšie než jedno storočie. Pri zásahu komplexu, ktorý pozostáva z dvoch jadrových reaktorov, termojadrovou zbraňou môže byť úroveň kontaminácie v okamihu výbuchu 2-krát až 6-krát vyššia než pri komplexe s jedným reaktorom. Útok na jediný jadrový reaktor jednou termojadrovou zbraňou by mohol kontaminovať podstatnú časť Európy. [9]

LÚČOVÉ ZBRANE

Ich použitie na bojisku sa považuje za pravdepodobné v týchto kategóriách: laserová zbraň, časticová zbraň a zbraň využívajúca elektromagnetické žiarenie v pásmach submilimetrových a milimetrových vln (rádiová zbraň). Taktické lúčové zbrane budú mať niektoré spoločné vlastnosti:

- podmienkou zasiahnutia cieľa je priama viditeľnosť, podobne ako pri zbraniach na priamu strelbu,
- lúč zasahuje ciele rýchlosťou svetla (laserová zbraň, rádiová zbraň) alebo rýchlosťou blížiacou sa rýchlosti svetla (časticová zbraň),
- atmosférické zrážky, hmla, prach a dym účinnosť lúčových zbraní znižujú (najmenej pri rádiových),
- charakteristické príznaky použitia týchto zbraní umožňujú ich zistenie a zničenie.

Škodlivý účinok širokého spektra elektromagnetického žiarenia je porovnateľný so žiarením prírodných rádionuklidov a kozmickým žiarením, ale v prípade lúčových zbraní bude jeho intenzita niekoľkonásobne vyššia.

Laserová zbraň je schopná vyžarovať v presne smerovanom lúči energiu rádovo 105 – 106 J. Ničivý účinok sa dosahuje „výstrelom“ energie k cieľu rýchlosťou svetla v krátkych impulzoch. Určitý rozptyl lúča (1.10^{-3} Rad) umožňuje použiť zbraň plošne. Napríklad pri pôvodnom priemere lúča 10 cm vznikne vo vzdialenosti 1 km plocha ničenia s priemerom 1,1 m. Pri hodnotení ničivého pôsobenia laserov môžeme pre názornosť porovnať energiu lasera s energiou uvoľnenou pri explózii výbušniny trinitrotoluén (TNT). Impulz lasera s energiou 106 J má energiu ekvivalentnú výbuchu 25 ton TNT. Pri veľmi vysokých energiách sa v cieľových plochách tavia a vyparujú materiály, prebija vzduch a vzniká plazma.

Perspektívy použitia laserovej zbrane závisia predovšetkým na konštrukcii zariadení schopných vyžarovať maximálne energie, čím sa bude zväčšovať jednotka plochy povrchu cieľa a dosah zbrane. Ozbrojené sily vyspelých štátov sa orientujú na perspektívne typy výkonných laserov s cieľom využiť ich v rámci strategickej protiraketovej obrany. Napr. vývojový program americkej armády zahŕňa okrem iného:

- röntgenový laser využívajúci malú jadrovú nálož,
- excimerové lasery,
- chemické lasery v strednom infračervenom frekvenčnom pásme,
- lasery s voľnými elektrónmi.

Vývoj laserových zbraní prebieha v Rusku, vo Veľkej Británii, v Nemecku, vo Francúzsku a pravdepodobne i v Číne.

Z hľadiska využitia v zbraniach sa považujú za výhodné tieto vlastnosti výkonných laserov s neprerušenou prevádzkou a s vlnovými dĺžkami v infračervenom pásme:

- žiarenie je voľným okom neviditeľné,
- v tzv. atmosférických oknách od 3 do 5 a od 8 do 12 mikrometrov dochádza k pomerne malému zoslabeniu, ktoré je inak hlavným obmedzujúcim činiteľom dosahu.

Najzraniteľnejšie žiarením lasera je oko. Mäkké tkanivá tela sú poškodené napr. žiarením lasera CO₂ s výkonom 1 kW na ploche 1 cm² do hĺbky 1 cm za 1 s. Sklo sa začína taviť pri intenzite žiarenia 300 W.cm⁻² za 0,1 s, ale aby sa začal taviť hliníkový plech je potrebná intenzita žiarenia 40 kW.cm⁻². Ak má laserová zbraň výkon postačujúci k narušeniu krytu pilotnej kabíny na vzdialenosť 6 km, môže poškodiť zrak na vzdialenosť značne prekračujúcu 10 km.

Možno očakávať i zavedenie taktických verzií laserových zbraní v rôznych veľkostiach, od ručnej laserovej zbrane až po zbrane na pásových podvozkoch, prípadne stacionárne. Menšie pohyblivejšie laserové zbrane budú pravdepodobne vyžarovať lúče s väčším priemerom (do 5 m na vzdialenosť 5 km) a budú sa používať prevažne na ničenie optických prístrojov, na narušenie krytov pilotných kabín, skiel na vozidlách a na poškodzovanie zraku.

Zbrane stredného a veľkého výkonu (na vozidlách alebo stacionárne) sa budú používať proti lietadlám, neobrným vozidlám a iným tzv. mäkkým cieľom, prípadne na vyradovanie osádok obrnených vozidiel poškodením zraku, ku ktorému pri strednom a veľkom výkone dochádza v milisekundách. [10]

Laserové zbrane vyžadujú moderné presné systémy riadenia paľby, aby lúč pôsobil na cieľ potrebnú dobu, spravidla niekoľko sekúnd. Dážď, sneh, hmla, prach znižujú účinky tým viac, čím vyšší je výkon lasera. Podmienkou zasiahnutia cieľa je priama viditeľnosť, ktorá je obmedzená okrem iného tvárnosťou terénu a väčšinou povedie k praktickému dosahu 5 až 6 km. Laserové zbrane nebudú spravidla používané v mestách vzhľadom k veľkému počtu zrkadlových plôch, ktoré môžu odraziť žiarenie lasera späť a ohroziť vlastné jednotky.

Voľným okom sa nedá zistiť použitie laserových zbraní s vlnovými dĺžkami mimo spektrum viditeľného svetla, ale rad z nich bude zistiteľný noktovízormi. Súčasné typy noktovízorov vrátane okuliarových a noktovízorov pre vodičov môžu byť laserovými zbraňami zničené, ale pritom nemusí dôjsť k poškodeniu zraku pozorovateľa. Laserové zbrane s veľkým výkonom bude možné zistiť podľa ionizovaného vzduchu čiastočne obklopujúceho lúč a podľa praskania ako pri elektrickom výboji.

Očakáva sa, že taktická zbraň k poškodzovaniu zraku alebo k ničeniu senzorov používaných pre prieskum bude k dispozícii v priebehu piatich rokov. V období 5 až 10 rokov by mal vývoj zbrane pokročiť tak, aby mohla na diaľky do 10 km vyradiť vrtuľníky, lietadlá (vrátane bezpilotných) i ľahko pancierované vozidlá.

Zvlášť nádejným sa javí použitie laserovej zbrane pre PVO pohyblivých i nepohyblivých objektov v kombinácii s PLRS a PLK. Laserová zbraň by mohla plniť úlohy, ako napr. oslepenie prieskumných lietadiel vo veľkých výškach, vyradenie vrtuľníkov, bezpilotných lieta-

diel a riadené strely na najkratšie vzdialenosti. Vysoká rýchlosť streľby dáva nádej na úspech i proti skupinovým riadeným strelám.

Súbežne s výskumom laserových zbraní prebieha i vývoj prostriedkov ochrany proti laserovému žiareniu. Ochrana je nutná pre osoby, ale i pre rad prístrojov.

V USA sa úsilie zameriava prevažne na ochranu pred lasermi malého a stredného výkonu, predmetom výskumu však môžu byť i prostriedky ochrany proti laserom veľkého výkonu. Nevylučuje sa, že budúce tanky a BVP budú mať zrkadlové odrážače laserového žiarenia. Hlavným problémom je vývoj prostriedkov chrániacich proti laserovému žiareniu rôznych vlnových dĺžok, používaných u diaľkometrov, ožarovačov cieľov a spojovacích zariadení. [11]

Časticová zbraň je založená na využití fyzikálnych účinkov elementárnych častíc s vysokou energiou. Oproti laserovým lúčom má partikulárne žiarenie tú výhodu, že môže byť použité nezávisle od počasia. Nevýhodou zase je, že má sklon k nestabilite a je odchyľované magnetickým poľom Zeme. Ďalšou nevýhodou časticových zbraní sú nároky na značné zdroje energie, ktoré by museli byť zabezpečované "malými" jadrovými reaktormi. Vzhľadom na tieto skutočnosti ide prevažne o zbrane obranné, s možnosťou hromadných účinkov v protiletadlovej a protiraketovej obrane.

Použitie pre taktické účely sa považuje za najmenej pravdepodobné a časovo najvzdialenejšie. Prvé časticové zbrane sa majú vyznačovať veľkými rozmermi, veľkými nárokmi na zdroje energie (tony paliva alebo jadrový reaktor) a konštrukčnými opatreniami k ochrane obsluhy pred škodlivým žiarením vznikajúcim pri streľbe. Pokiaľ budú tieto zbrane vyvinuté, môžu zničiť všetky druhy cieľov v dosahu priamej viditeľnosti, prebijať pancierovanie, steny budov, niekoľko vrstiev vriec s pieskom. Okrem toho môžu zasahovať osoby v blízkosti lúča žiarením. Terénymi prekážkami nepreniknú. Časticové zbrane budú zistiteľné podľa obalu ionizovaného vzduchu okolo lúča, podľa zvuku podobného ako hrmenie a podľa vysokej úrovne rádiácie v okolí lúča.

Zbraň využívajúca elektromagnetické žiarenie v pásme submilimetrových a milimetrových vln sa od laserovej líši menšou závislosťou na počasia a viditeľnosti a väčšou schopnosťou prenikať napr. sklom, plastmi, tkaninami s malou alebo žiadnou stratou energie. Okrem toho nie je viditeľné ani okom, ani súčasnými typmi noktovízorov. Zdroje žiarenia sú zistiteľné podľa typických parabolických antén.

Tento druh lúčových zbraní sa bude pravdepodobne používať na poškodzovanie elektronických prístrojov a k vyradovaniu osôb. Jednotlivec môže zistiť zasiahnutie touto zbraňou napr. až podľa bolesti z popálenej pokožky alebo z prehriatych kostí. V porovnaní s laserovými zbraňami bude ich dosah menší, priemer lúča väčší, škodlivé účinky na osoby a materiál je možno očakávať do vzdialenosti niekoľko km v prípade, ak budú vystavené účinkom žiarenia po dobu niekoľkých sekúnd. Najlepšou ochranou bude zaujatie polohy v ľahu a odplazenie do najbližšieho úkrytu. Účinky na osádky obrnených vozidiel budú nepatrné. Pri očakávanom útoku sa doporučuje vykonať niektoré prípravy, napr. demontovať antény, vypnúť rádiové stanice, zakryť nepotrebné pozorovacie prístroje a uzavrieť príklopy.

Mimo zastavané priestory bude možné tieto zbrane po ich zistení pomerne ľahko ničiť priamou i nepriamou streľbou. Ďaleko väčším problémom bude ich vyradenie v mestách, kde môžu pôsobiť na krátke vzdialenosti a prenikať stavbami (s výnimkou hrubostenných) okien. Preto pri ochrane bude účelné využívať pivnice a podzemné úkryty. [3]

AEROSÓLOVÁ A TERMOBARICKÁ MUNÍCIA

Výbušnou náplňou je prchavá horľavina, ktorá vytvorí v priestore cieľa aerosólový oblak, schopný v určitom časovom okamihu detonovať. Zbrane, označené ako FAE (Fuel-Air-

Explosive), sú podľa rozsahu svojho pôsobenia porovnateľné s jadrovými prostriedkami malej mohutnosti. Ako palivo sa najviac osvedčili výbušné uhľovodíky: etylénoxid, propylitrát, metylperoxid, diboran, asymetrický dimetylhydrazín, metán a iné.

Aerosólové výbušné systémy sú založené na princípe rozptylu (rozprášená) kvapalného paliva vo vzduchu (pri normálnom atmosférickom tlaku), s vytvorením výbušného oblaku, ktorý je schopný v požadovanom okamihu detonovať. Palivom sú kvapalné zlúčeniny, alebo podchladené skvapalnené plyny. Podľa prchavosti ide o zmes vzduchu s kvapalnými časticami a parami alebo plynmi. Tento oblak sa v druhej fáze uvedie do roznetu po určitom oneskorení od okamžiku rozptýlenia nálože (milisekundy až niekoľko sekúnd). Ak však dôjde k oneskoreniu zážihu, koncentrácia látok poklesne pod medzu výbušnosti. Potom už k vlastnej detonácii výbušnej zmesi nedôjde. Dochádza len k zapáleniu oblaku a jeho vyhoreniu pri vytvorení ohnivej gule.

Aerosólové výbušné zmesi majú podľa použitej chemickej látky účinok tlakový, zápalný a psychický. Používajú sa na veľkoplošné ničenie živej sily, zhromaždisk bojovej techniky, oporných bodov, palebných postavení. Výhodou systémov FAE je možnosť ich aplikácie v danom priestore a iniciácie až v potrebnom čase. [12]

Vzhľadom na to, že pri výbuchu sa využíva na oxidáciu paliva vzdušný kyslík, uvoľnená energia, odvodená na 1 kg paliva, je vyššia ako u klasických trhavín Najdôležitejšou vlastnosťou aerosólových výbušných systémov, pri porovnaní s konvenčnou muníciou (plnenou výbušninou trinitrotolén – TNT) je, že pri rovnakej hmotnosti má výrazne vyšší ničivý účinok na jednotku zasiahnutej plochy. Pretože pri detonácii plynov je pokles tlaku, v závislosti na vzdialenosti od centra výbuchu menší než pri detonácii TNT, okruh ničenia sa podstatne zvyšuje.

Veľmi vážnym dôsledkom výbuchu aerosólovej výbušnej zmesi sú tlakové účinky na veľkých plochách. Napríklad pre etylénoxid sa udáva v prípade detonácie faktor ekvivalencie s TNT o hodnote 2,7 až 5,0 čo znamená, že 1 kg etylénoxidu vyvoláva tlakovú vlnu zodpovedajúcu 2,7 – 5,0 kg TNT. Je to dané vysokou hodnotou uvoľnenej energie výbuchu na jednotku hmotnosti paliva, ktorá reaguje so vzdušným kyslíkom.

Rázová vlna sa šíri rýchlosťou 1 500 až 3 000 m.s⁻¹ a v pásme detonácie vzniká v priebehu niekoľko desiatok mikrosekúnd teplota 2 500 až 3 000 °C. V závislosti na výške výbuchu a v dôsledku zloženia dopadajúcej i odrazenej tlakovej vlny môže dôjsť k vytvoreniu zloženej rázovej vlny (2- až 8-krát vyššia ako pôvodná).

V súčasných aerosólových výbušných systémoch sa počíta s pretlakmi o hodnotách 5 až 6 MPa na čele tlakovej vlny, pričom zhustenie vzduchového prostredia častíc dosahuje hodnoty 670 kg.m⁻³ a rýchlosť prúdenia vzduchových častíc je asi 1 800 m.s⁻¹. Vývojové tendencie v ozbrojených silách technicky vyspelých štátov ukazujú snahu dosiahnuť pretlak na čele tlakovej vlny aj nad 10 MPa a faktorom TNT ekvivalentu aerosólovej zmesi do hodnôt 10. Pri hodnotení účinkov tlakovej vlny nie je možné zabudnúť na vznik podtlaku pri odraze od zeme alebo od budov, ktorý sa prejavuje zrúcaním tlakovou vlnou narušených stien do ohniska výbuchu. Na základe tohto javu vzniklo označenie vákuová bomba.

Aerosólové výbušné zmesi môžu prenikať do neutesených objektov, formovať sa podľa profilu terénu a „zatekať“ do terénnej prekážky. Používajú sa na ničenie živej sily, bojovej techniky, palebných postavení, oporných bodov v zastavanom teréne, na ničenie mostov, odminovanie vodných plôch a terénu.

Aerosólové bomby boli zavedené v ozbrojených silách USA, Sovietskeho zväzu/Ruska, Izraela a možno aj ďalších štátov. Pre niektoré nevhodné vlastnosti ale USA po skončení operácie Desert Storm už letecké bomby CBU-55 a CBU-72 s výbušnou náplňou typu FAE údajne vyradili z výzbroje. V námornej pechote USA je zavedený odminovací prostriedok označený ako CATFAE. Je to obrnený transportér AAVP 7A1, na ktorom je inštalovaných 21 valcových kontajnerov. Strely majú hmotnosť 104 kg, naplnené sú aerosólovou výbušnou zme-

sou. Každá strela má iniciátor. Prostriedok je schopný odmínovať plochu 300 x 20 m, ale systém možno využiť aj na ničenie živej sily. Odmínovací systém CATFAE bol použitý vo vojne v Perzskom zálive na vytváranie priechodov v irackých mínových poliach. [13]

Iným druhom leteckej a pozemnej munície s väčšou účinnosťou oproti munícii s klasickou výbušninou je tzv. termobarická munícia. Pri jej explózii vzniká rýchlo expandujúca vzdušná rázová vlna (uvoľnená energia je vyše 5-násobná v porovnaní s klasickou výbušninou), pričom hodnota maximálneho pretlaku klesá so vzdialenosťou od zdroja výbuchu podstatne pomalšie a dopĺňa ju silný zápalný účinok. Špeciálne vlastnosti tejto munície sa uplatnia predovšetkým pri výbuchu vo vnútri jaskýň, opevnených objektov alebo podzemných úkrytov. Ruské ozbrojené sily majú vo výzbroji reaktívnu zbraň s termobarickou hlavicou (pechotný reaktívny plameňomet) RPO-A Čmeľ, ako aj protitankové riadené strely s termobarickými hlavicami. FAE a termobarickú muníciu s úspechom použili proti cieľom v Čečensku. USA vyvinuli a v roku 2002 pri operáciách proti Talibanu v Afganistane údajne aj použili špeciálnu pribojnú termobarickú bombu BLU-118/B. Termobarická hlavica bola vyvinutá aj pre riadené strely Hellfire. [28, 29]

Mimoriadny ničivý účinok najmä proti živej sile (uvádza sa ničivý polomer až 400 m) má aj americká veľkokalibrová letecká bomba BLU-82/B Big Blue (Daisy Cutter) plnená rôsolovou výbušninou GSX (gelled slurry explosive) na báze dusičnanu amónneho, hliníkového prášku a vody. Pravdepodobne najväčšou súčasťou jadrovou leteckou bombou, ktorej ničivý účinok ale možno porovnať s malou jadrovou náložou, je americká bomba GBU-43/B MOAB (Massive Ordnance Air Blast) s hmotnosťou vyše 9 800 kg. [30]

KONTAJNEROVÁ MUNÍCIA

Ide o muníciu s kombinovanými účinkami, ktorá umožňuje súčasne ničiť živú silu, obrnenú techniku a čiastočne pôsobiť ako zápalný prostriedok. Kontajnerová munícia obsahuje početnú náplň malých bombičiek (submuníciu 100 – 200 ks), ktoré padajú k zemi rozptýlene, čím je zabezpečená výrazne vyššia pravdepodobnosť zásahu bodových a plošných cieľov. Rozptyl submunície a teda aj obrazec zasiahnutia cieľovej plochy ovplyvňuje predovšetkým výška, pri ktorej dôjde k roztvoreniu kontajnera. Všeobecnou snahou je dosiahnuť čo najväčšiu výšku na roztvorenie kontajneru, tým zvýšiť plošný účinok a získať čas na individuálne navedenie submunície na cieľ. Preto tento druh munície bude používať prevažne letectvo a veľkokalibrové delostrelectvo.

Pri dopade submunície na cieľ je iniciovaná trhavina s kumulatívnym účinkom výbuchu. Pri výbuchu však zároveň dochádza k rozkladu kovového tela bombičky a vzniknuté črepiny ničia živú silu. Súčasne je na úlomky roztrhnutý zirkóniový krúžok v zadnej časti tela submunície. Vzniknuté zirkóniové črepiny ľahko zapalujú horľavé látky a predmety. [14]

Existuje veľké množstvo rozličných typov kontajnerovej munície. Typickým príkladom je americká kontajnerová bomba CBU-87/B Combined Effects Munitions (CEM), ktorá pozostáva z kontajnera SW-65 Tactical Munitions Dispenser (TMD) naplneného 202 kusmi submunície BLU-97/B Combined Effects Bomb (CEB), alebo letecká ruská bomba RBK-500ŠOAB s 565 kusmi submunície, ktorá pokryje plochu s priemerom 300 až 400 m. Kontajnerová munícia môže obsahovať aj chemickú submuníciu – ako napríklad kontajnerová hlavica ruského raketového systému 9K79 Točka (SS-21) so 42 kusmi submunície plnenej nervovoparalytickými otravnými látkami [25, 27]

VÝRONY NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH LÁTOK Z INFRAŠTRUKTÚRY

V celom rade hospodárskych objektov priemyselne vyspelých štátov sa vyrábajú, skladujú a spracovávajú mnohotonové množstvá nebezpečných chemických látok. Ničením týchto ob-

jektov (chemických zariadení a objektov chemického výskumu) môže protivník zapríčiniť a spôsobiť zložité havarijné situácie charakterizované tzv. výronom (únikom) nebezpečných chemických látok (ich vytečenie, rozliatie alebo vyparenie).

V dôsledku takejto situácie, aj keď protivník v ozbrojenom stretnutí nepoužije zbrane hromadného ničenia, môžu na napadnutom území vzniknúť rozsiahle pásma chemického zamorenia so zraňujúcimi, prípadne usmrcujúcimi účinkami na bojujúce jednotky a obyvateľstvo. [15]

Pod pojmom nebezpečné chemické látky z infraštruktúry rozumieme toxické látky silno pôsobiace na ľudský organizmus, používané v priemysle vo veľkom rozsahu, ktoré môžu v dôsledku havárie (zničenia) objektu alebo dopravného prostriedku ľahko unikať do atmosféry a svojim toxickým účinkom hromadne zasiahnuť vojská i civilné obyvateľstvo.

Podľa toxických vlastností je možné nebezpečné chemické látky rozdeliť do niekoľkých skupín:

- látky s prevažne dusivým účinkom (chlór, fosgén, chlórpicrin),
- látky s dusivými a všeobecne jedovatými účinkami (amylakrylonitril, kyselina dusičná, fluorovodík, oxid siričitý, oxidy dusíka),
- látky nervovo-paralytické a genetické (sírouhlík, tetraetylolovo, organofosfáty),
- látky dusivé a nervovo-paralytické (amoniak, hydrazin a iné),
- metabolické jedy (etylenoxid, dichlóretán),
- látky narušujúce látkovú premenu (dioxín, polychlórované bifenyly a iné). [16]

Pretože pri havárii (zničení) objektov (dopravných prostriedkov) je nutné predpokladať vznik požiaru, je potrebné poznať základné charakteristiky škodlivín z hľadiska horľavosti.

Nebezpečné chemické látky v priemysle sa rozdeľujú na:

- nehorľavé, ktoré za normálnych podmienok nehoria do 900 °C (kyselina dusičná, oxid uhoľnatý, oxid siričitý, fosgén, dioxin, fluorovodík, chlór, chlórpicrin a iné),
- málo horľavé, ktoré nie sú schopné samostatne horieť, ale vznecujú sa ohňom (kvapalný amoniak, kyanovodík),
- horľavé, sú schopné sa zapáliť alebo i vznecovať a samostatne horieť, sem patrí veľké množstvo škodlivín (amoniak, hydrazin, dichlóretán, sírouhlík, tetraetylolovo, oxidy dusíka a iné). [17]

Z hľadiska toxicity a množstva výskytu nebezpečných chemických látok v objektoch hospodárstva potenciálne najväčšie nebezpečenstvo predstavujú: chlór (Cl₂), amoniak (NH₃), kyanovodík (HCN), fosgén (COCl₂) a formaldehyd (HCHO).

Okrem týchto škodlivín vážne nebezpečenstvo predstavujú sulfán (H₂S), sírouhlík (CS₂), oxid siričitý (SO₂), fluorovodík (HF), chlorovodík (HCl), chlorid fosforitý (PCl₃) a nitrózne plyny.

S nebezpečnými chemickými látkami sa najčastejšie stretávame v chemických a petrochemických prevádzkach a na železnici (prepravujú sa v cisternách a kontajneroch). Vyskytujú sa však i na zimných športových štadiónoch, v potravinárskych prevádzkach (chladiace zariadenia využívajúce amoniak), vo vodárenských zariadeniach, papierňach a textilných závodoch (chlór) a v mnohých ďalších priemyselných odvetviach. [18]

NEKONVENČNÉ ZBRANE A BOJOVÉ PROSTRIEDKY

Niektoré zbrane a prostriedky, ktoré nespôsobujú smrť, nie sú novinkou. Vo vojne o Falklandské ostrovy údajne použili Briti proti pilotom argentínskych lietadiel v niekoľkých prípadoch lasery, ktoré pilotov oslnili a podľa oficiálnych údajov tak spôsobili stratu najmenej troch lietadiel argentínskeho letectva.

V rámci operácie Púštna búrka (Desert Storm) boli použité strely s plochou dráhou letu Tomahawk (Kit 2) s hlavicami, ktoré obsahovali vysokovodivé uhlíkové vlákna. Tieto vlákna sa rozptýlili nad vedeniami vysokého napätia z irackých elektrární, spôsobili skraty v irackom energetickom systéme a tým ochromili irackú PVO, vrátane radarových staníc. Počas operácie Allied Force v roku 1999 americké vzdušné sily zasa na rovnaký účel použili kontajnerové bomby CBU-94/B so submuníciou BLU-114/B naplnenou uhlíkovými vláknami alebo (údajne) kontajnerové bomby CBU-102/B so sklenými vláknami pokrytými hliníkom. [24, 25, 26]

Vo vojne proti Iraku sa v širokej miere použilo elektronické rušenie rádiolokačných a spojovacích prostriedkov protivníka. A to tak úspešne, že dokonca aj vrchný veliteľ irackých vojsk Saddám Husajn sa mnohokrát nemohol zo svojho veliteľského stanovišťa nikam dovolať. [19]

K nekonvenčným bojovým prostriedkom môžeme pripočítať tiež akustické zbrane, svetelné zbrane a ostatné špeciálne druhy zbraní alebo prostriedkov.

Akustická zbraň je v USA zaradená do kategórie zbraní založených na usmerňovaní energie (Directed Energy Weapons). Väčšina výskumných prác sa zameriava na kmitočtové rozsahy počuteľného zvuku, je však možné i vojenské využitie ultrazvuku a infrazvuku.

Ultrazvuk bol zatiaľ využívaný:

- v zariadeniach na vypudzovanie hlodavcov z budov, napr. reštaurácií (zvolená intenzita zvuku je pre osoby len relatívne neškodná, výrobcovia sami varujú pred ich používaním v prítomnosti osôb; upozorňujú okrem iného na to, že môže dochádzať k bolestiam hlavy, k žalúdočnej nevoľnosti a k iným neprijemným pocitom),
- v zariadeniach na stráženie objektov (na základe Dopplerovho efektu).
Infrazvuk má z hľadiska vojenského využitia niektoré zaujímavé vlastnosti:
- malý útlm v atmosfére a v pevných materiáloch (t.j. schopnosť prenikať budovami);
- pri intenzite cca 100 dB nepriaznivo pôsobí na nervový systém, vyvoláva pocity nevoľnosti a narušenie rovnováhy;
- pri intenzite 130 až 150 dB prekračujú jeho účinky hranicu bolestivosti a prejavujú sa napr. vo vibráciách hrudníka, narušení dýchania a zažívania, v pocite únavy a iné; napr. pri skúškach infrazvukového generátora 7 Hz vo Francúzsku počiatkom 70. rokov sa zistilo, že zasiahnutým osobám spôsobuje závraty, únavu, pocity ako pri kinetózach (napr. morskej nemoci) do vzdialenosti 8 km.

Podľa amerických prameňov budú mať zvukové zbrane pri veľkom výkone relatívne malý dosah (asi do 2 000 m) a budú zistiteľné podľa vysielača v tvare rohu alebo parabolickej antény. Ich použitie sa bude pravdepodobne zameriavať na vyradenie techniky a materiálu, napr. pri odmínovaní. Atmosférické zrážky, zadymovanie, maskovanie a terénne prekážky nebudú mať v okruhu ich účinnosti významnejšie ochranné účinky.

Príkladom neletálnej akustickej zbrane je americký systém LRAD (Long Range Acoustic Device) spoločnosti American Technology Corporation, ktorý bol vyskúšaný v Iraku.

Svetelná zbraň bola predmetom výskumu z pohľadu dvoch kategórií:

- zariadenie podobné fotografickému blesku, ale s omnoho väčšou intenzitou. Záblesk v trvaní 0,1 s pri energii svetelného toku na sietnici 0,05 až 0,5 J.cm⁻² spôsobuje oslepenie na 5 až 10 min., pri energii 5 až 10 J.cm⁻² dochádza k trvalému poškodeniu sietnice oka. Optické prístroje (napr. ďalekohľady) účinok záblesku zosilňujú. Zariadenia tohto typu sú zatiaľ využívané najmä pre policajné účely.
- stroboskopické zariadenie s kmitočtom 5 až 15 Hz môže vyvolávať rôzne príznaky, okrem iného urýchliť epileptický záchvat. Možnosť vojenského využitia bola skúmaná v 60. rokoch vo Veľkej Británii. Bolo vyvinuté zariadenie PHOTIC DRIVER, použité pre policajné účely. Reálne sú v súčasnosti aj stroboskopické svetlomety, pracujúce so „zmesou“, pre

človeka obzvlášť nepríjemných farieb. Dôsledkom takýchto účinkov okrem poškodenia zraku je nevoľnosť, srdcová slabosť a panika. [5]

Špeciálne bojové prostriedky predstavujú viaceré možnosti paralýzy osôb a zneschopenia resp. poškodenia techniky.

Pre letiská protivníka je vyvíjaná hmota na báze teflonu, ktorá urobí pristávaciu plochu takou klzkou, že žiadne lietadlo na nej nepristane, ani z nej nevzlietne.

Špeciálne lepidlá, rozptýlené nad bojovými prostriedkami protivníka, sú v okamihu schopné prilepiť lietadlá, vozidlá alebo tanky k povrchu a tým znemožniť ich použitie.

K dispozícii je aj celá plejáda chemických látok, ktoré spôsobia zrôsolovanie pohonných hmôt a zneschopenie bojových prostriedkov, vrátane lietadiel, upchatím palivových systémov.

Pracuje sa na vývoji extra smradľavých granátov, ktoré sú schopné vypudiť vojakov zo zákopov, či z obsadených domov.

V štádiu výskumu sú v amerických laboratóriách aj prudko leptavé látky, ktoré narušujú mostové konštrukcie, optické zameriavače a rozbušky granátov a bômb. Túto úlohu môžu prevziať aj mikróby, ktorých potravou je kov. Trvá to síce dlhšie, ale obzvlášť pri lietadlách to môže viesť k nadmernej únave materiálu a následne k ich zrúteniu sa. [20]

V rámci elektronickej vojny sa nezabúda ani na počítačové vírusy, ktoré majú byť prenášané tzv. logickými bombami. Tie sa nechajú explodovať nad silnoprúdovým vedením a cez toto vedenie dosiahnu súčasne do niekoľkých desiatok tisíc počítačov protivníka, ktoré sú v danom okamihu napájané z elektrickej siete. [21]

Výskum v oblasti generátorov fyzikálnych polí a vývoja neuropočítačov je často spájaný aj s tzv. psychotronickou zbraňou, ktorá by bola schopná manipulovať ľudskú nervovú sústavu pomocou rádio frekvenčného zariadenia. Už v roku 1974 bol registrovaný objav v bývalom ZSSR – zariadenie Radioson (Rádiospánok) ako metóda vyvolania spánku rádiovými vlnami. Až v roku 1999 boli publikované možnosti takéhoto zariadenia (generátor bol schopný uspať mesto s rozlohou 100 km²). Využitím súčasných možností (umiestniť ho na satelit) by bolo možné zasiahnuť ešte väčšiu oblasť. Odborníci varujú, že generátor by mohol byť použitý okrem mnohých ďalších účinkov na psychiku aj k úplnej regenerácii všetkých buniek ľudského tela a teda aj na vyvolanie genetických mutácií. [22]

Vývoj nových druhov zbraní sa v niektorých prípadoch uberá aj netradičným smerom. Za špeciálny bojový prostriedok je možné považovať aj letiace veľké dopravné lietadlo riadené pilotom – samovrahom smerujúce na významné hospodárske, obchodné alebo riadiace centrum štátnej správy za účelom jeho zničenia t.j. usmrtenia alebo zranenia veľkého počtu osôb a spôsobenia rozsiahlych materiálnych škôd. Pri zhodnotení následkov v prípade zničenia Svetového obchodného centra v New Yorku 11. septembra 2001, je možné zaradiť takúto zbraň do kategórie nových druhov prostriedkov hromadného ničenia. [23]

LITERATÚRA K ÚVODU DO PROBLEMATIKY ZHN:

- [1] LAUŠ, J.: Základné východiská pre plánovanie a riadenie radiačnej ochrany vojsk, A-pológia č. 9/1995, s. 10 – 12.
- [2] NN 30 0101: Radiačná, chemická a biologická ochrana, názvoslovná norma, Trenčín 1997, s. 76.
- [3] PULIŠ, P.: Zbrane hromadného ničenia, VVŠL Košice 1995, s. 4 – 23.
- [4] BOBÁK, J.: Vývoj a nové poznatky o ZHN nepriateľa, VVLŠ Košice, 1981, 37 s.
- [5] ZAKRAVSKÝ, J. a kol.: Nové druhy prostriedkov hromadného ničenia, UVIS ČSLA Praha 1984, 86 s.
- [6] http://www.who/southeast_asia/tsunami.htm

- [7] Kolektív: Jaderné zbraně, ochrana obyvatelstva a národního hospodářství proti jejich ničivým účinkům, 1. díl, Naše vojsko Praha 1988, s. 28 – 35.
- [8] SUŠKO, M.: Nové možnosti hrozieb zbraní hromadného ničenia v súčasnom svete, Vojenské obzory č. 1/1999, 6, s. 102 – 108.
- [9] ZAHRADNÍČEK, P.: Havárie v jaderných elektrárnách, Truppendienst 5/1997, s.21 – 28.
- [10] <http://www.zivel.cz/article.php?id=327>
- [11] BALÚCH, J.: Lasery na bojisku, Apológia č. 6/1995, s. 22 – 23.
- [12] KRAVÁČEK, O.: Aplikace FAE ve zbraňových systémech, Vojenský profesionál č. 1/1997, s. 18 – 22.
- [13] KURUCZ, J, BELLOVÁ, R.: Aerosólové výbušné systémy, Apológia č. 12/1994, s. 14.
- [14] LAUŠ, J.: Vývojové tendencie a nové poznatky o súčasných prostriedkoch hromadného ničenia, Apológia č. 3/1994, s. 6.
- [15] MEČIAR, J.: Vplyv výronov nebezpečných škodlivín na organizáciu a riadenie bojovej činnosti vojsk, Zborník chemického vojska č. 33/1986 s. 114 – 124.
- [16] DURDIAK, J.: Technologické havárie spojené s únikom TCHL ako potenciálny zdroj kontaminácie ovzdušia a terénu, Zborník VLA č. 1/1998 Košice, s. 128 – 139.
- [17] Kolektív: Tabuľky horľavých a nebezpečných látok, Praha 1980, s. 128 – 136.
- [18] ZAHRADNÍČEK, P.: Výrony chemických škodlivín na bojišti, Vojenský profesionál č. 1 a 2/1992, s. 23 – 24 a 25 – 27.
- [19] PULIŠ, P.: Bagdad – terč útokov ničenia objektov na výrobu chemických a biologických zbraní, Zborník vedeckých prác č. 1/1999, VLA Košice, s. 17 – 25.
- [20] DIAMOND, J.: Mikróby pre vojnu, Apológia č. 5/1993, prevzaté z ExPRESS č. 22/1993, s. 23.
- [21] NIŽŇANSKÝ, J. a kol.: Informačná vojna v ozbrojených silách MO SR Bratislava 2003, ISBN 80-88842-63-8, s. 6 – 10.
- [22] http://www.mici.cz/techno/o_tom.htm
- [23] Kolektív: TERORIZMUS – aktuálna výzva pre 21. storočie, IBOŠ MOSR Bratislava 2004, s. 26 – 28.
- [24] <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/dumb.htm>
- [25] <http://www.designation-systems.net/usmilav/asetds/u-s.html>
- [26] <http://www.vectorsite.net/twbomb2.html>
- [27] <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/cbu-87.htm>
- [28] GÁFRIK, A.: Bomby proti Talibanu, Armáda/Apológia – Mesačník Armády SR č. 4/2002, str. 18 – 19.
- [29] <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/fae.htm>
- [30] <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/moab.htm>

1. JADROVÉ ZBRANE

1.1 HISTÓRIA VÝVOJA JADROVÝCH ZBRANÍ

Mohli by sme vymenovať celý rad prevratných objavov z nedávnej minulosti, ktoré pozitívne, ale aj negatívne ovplyvnili smerovanie vývoja na našej planéte. Osobitnú pozornosť si zasluhujú prvé významné experimenty s rádioaktívnymi prvkami, ktoré boli vykonané koncom 19. a začiatkom 20. storočia. Vtedy nikto netušil, aké dôsledky pre ľudstvo budú mať výsledky a závery týchto experimentov.

V druhej polovici 19. storočia významný ruský vedec D. I. Mendelejev objavil vnútorné zákonitosti súvislosti medzi chemickými prvkami. Jeho periodická sústava prvkov viedla k záveru, že tieto prvky sú vlastne rôznymi zložkami jedinej hmoty a ich atómy sú zložené z ďalších, ešte menších častíc ako sú atómy. Odtiaľ už nebolo ďaleko k hľadaniu týchto častíc a vyvráteniu omylu klasickej fyziky minulých storočí, že atómy sú nedeliteľné. Zjavila sa cesta k objavu radiácie.

1.1.1 OBJAVY A UDALOSTI, KTORÉ VIEDLI K VÝVOJU A VÝROBE JADROVÝCH ZBRANÍ

Objav radiácie a nasledujúce objavy nemali z hľadiska vývoja ľudstva dlhú históriu. Koncom 19. storočia bola teória korpuskulárnej (časticovej) štruktúry uznávaná väčšinou vedcov, ale deje prebiehajúce v jadrách atómu boli ešte celkom neznáme. V roku 1895 objavil nemecký vedec Wilhelm Conrad Röntgen žiarenie X, budené katódovými lúčmi v trubici, ktorá bola po ňom nazvaná röntgenová. [1]

Prvým objavom jadrových javov bol objav radiácie (rádioaktívneho žiarenia) v roku 1896. Francúzsky bádateľ Antoine Henri Becquerel pozoroval dovtedy neznáme žiarenie vychádzajúce z uránu, ktoré nazval „uránovými lúčmi“. Zistil, že podobne ako žiarenie X pôsobí na fotografické dosky a ionizuje vzduch. Dokázal, že všetky vtedajšie prírodné zlúčeniny uránu sú rádioaktívne, pričom táto aktivita je približne úmerná množstvu uránu, ktoré obsahujú.

V 1897 roku bol objavený elektrón, jedna zo základných elementárnych častíc tvoriacich hmotu. Objaviteľom elektrónu je anglický profesor fyziky Cavendishových laboratórií univerzity v Cambridge J. J. Thomson (1856 – 1940, Nobelova cena 1906). [2]

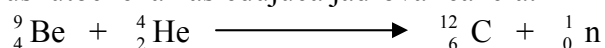
Koncom 19. a začiatkom 20. storočia začala radiáciu študovať Maria Curie-Sklodovská. Merala intenzitu žiarenia uránu ionizačnou metódou. Pri meraní uránových rúd spozorovala, že ich aktivita je oveľa väčšia, než by zodpovedalo obsahu uránu v nich. Predpokladala, že ruda obsahuje nejakú „prímes“ s rádioaktivitou vyššou, než má urán. Spolu so svojim manželom Pierrom Curieom sa potom snažila izolovať túto neznámu prímes. Po šiestich mesiacoch oznámila objav nového prvku – polónia a spolu s G. Bémontom o mesiac neskôr objav rádia. [3]

Radiácia rádia je asi miliónkrát vyššia než uránu a jeho objav podnietil veľa vedcov v Anglicku, Francúzku, Nemecku a Rakúsku k skúmaniu v oblasti radiácie. Dynamika skúmania narastala. Práca Becquerela, Rutherforda a manželov Curieových i ďalších v krátkej dobe ukázali, že rádioaktívne látky vysielajú tri druhy žiarenia: 1. častice alfa (jadra hélia) nesúce dva kladné náboje, 2. častice beta (elektróny) majúce jeden záporný náboj a sú totožné s katódovými lúčmi a 3. žiarenie gama (elektromagnetické žiarenie – prúd fotónov), podobné röntgenovému žiareniu. Vo fyzikálnych laboratóriách Európy prebiehal intenzívny výskum v tejto oblasti (tabuľka 1.1).

Tabuľka 1.1: Centrá atómového výskumu v Európe pred rokom 1940 [4]

Veľká Británia	Cambridge	E. Rutherford, J. C. Chadwick, P. Kapica, Markus Oliphant
Dánsko	Kodaň	Niels Bohr
Nemecko	Göttingen Heidelberg	M. Born, J. Franck, J. R. Oppenheimer
ZSSR	Petrohrad (Leningrad)	K. A. Petržak

Britskí vedci Ernest Rutherford a F. Soddy dospeli v roku 1910 štúdiom rádioaktívnych prvkov k pojmu izotop (z gréckeho jazyka „to isté miesto“). Sir Rutherford v roku 1911 preukázal existenciu atómového jadra. Dán Niels Bohr formuloval v roku 1913 teóriu stavby atómu s využitím Rutherfordovho modelu a objavu J. J. Thomsona. V roku 1918 bol objavený ďalší prvok – protaktínium. Rutherford (1919) pozoroval umelú premenu atómových jadier. Albert Einstein v roku 1905 formuloval princíp ekvivalencie hmotnosti a energie. Jeho rovnica $E = m \cdot c^2$ (kde E je energia, m hmotnosť a c rýchlosť svetla) vystihuje jednotu medzi energiou a hmotnosťou a umožňuje merať energiu v jednotkách hmotnosti a naopak. Okolo roku 1930 – 1932 pokusy Botha a Beckera, F. Joliot a jeho manželky Ireny Joliot-Curieovej a J. C. Chadwicka dokázali existenciu neutrónu. Experimentálne potvrdená existencia neutrónu bola po prvýkrát dokázaná v roku 1932 Chadwickom pri bombardovaní berýlia rýchlymi časticami alfa. Bola uskutočnená nasledujúca jadrová reakcia:



Neutróny vznikajúce pri tejto reakcii dopadali na parafínový terčik a vyrážali z neho protóny, ktoré boli identifikované pomocou svojho náboja. Je dôležité poznať, že vyššie uvedená jadrová reakcia má dodnes praktický význam. Táto reakcia sa využíva v tzv. umelých zdrojoch neutrónov pre účely neutrónovej a reaktorovej fyziky (napr. Pu-Be, Am-Be zdroje). Odrazené protóny sa používajú pri tzv. nepriamej metóde registrácie neutrónov.

V roku 1932 D. D. Ivanenko formuloval hypotézu o stavbe atómového jadra z protónov a neutrónov. V roku 1933 Enrico Fermi využil neutróny na bombardovanie atómového jadra. V roku 1934 manželia Joliot-Curieovci objavili umelé rádioizotopy.

Enrico Fermi ožaroval urán a získal rádioaktívne prvky – produkty štiepenia, ktoré ale považoval za transurány. Nemecká chemička Noddacková predpovedala štiepenie uránu, ale vtedajšia oficiálna veda jej nechcela uveriť. [5] V roku 1937 I. Curieová objavila delenie uránu pomalými neutrónmi. Jej objav opakovali Hahn a Strassmann, ale nechceli uveriť výsledku, že sa jadra uránu štiepia.

Proces delenia objasnil kvapkovým modelom jadra J. J. Frenkel. Emigranti pred fašizmom Rakúšanka Lise Meitnerová (v roku 1938 emigrovala do Švédska) spolu so svojim synovcom, nemeckým fyzikom Ottom Robertom Frischom (emigroval do Dánska a pracoval v Kodani u Nielsa Bohra) princíp rozpadu jadier uránu nielen objasnili, ale tiež prerátali podľa Einsteinovho vzorca ($E = m \cdot c^2$, $W = m \cdot v^2$ a pod.), aké obrovské možnosti energie sa pri tom uvoľňuje. K podobným záverom došli v rovnakej dobe i ďalší vedci (F. Joliot-Curie, Enrico Fermi, Leo Szilard). Tieto udalosti môžeme považovať za priamy počiatok jadrovej éry a teda za začiatok myšlienky o možnostiach jadrovej explózie.

Bezprostredne nasledovali ďalšie dôležité objavy. V niekoľkých svetových laboratóriách boli experimentálne potvrdené výklady pokusov O. Hahna, pričom bolo zistené, že pri jednom štiepení uránu sa uvoľňuje energia okolo 200 MeV. Manželka Joliot-Curieovci vo Francúzsku experimentálne preukázali myšlienku Fermiho (ktorý sa po udelení Nobelovej ceny v roku 1938 už nevrátil zo Švédska do Mussoliniho Talianska a emigroval do USA), že pri štiepení jadra uránu sa uvoľňujú dva až tri neutróny, ktoré môžu štiepiť ďalšie jadrá za vzniku

lavínovitej reťazovej reakcie. Pokiaľ by nedošlo k stratám neutrónov, potom by bolo pri 25. štípení uvoľnených už $2 \cdot 10^{14}$ neutrónov. Súčasne však Bohr zistil, že tepelnými neutrónmi sa neštípieja všetky jadrá prírodného uránu, ale iba jadrá uránu $^{235}_{92}\text{U}$, ktorého je v prírodnom uráne iba 0,7 %. V rovnakom období G. N. Flerov a K. A. Petržak objavili spontánny (samovoľný) rozpad uránu. V roku 1939 bolo objavené francium. Prehľad významných udalostí a objavov, ktoré umožnili neskorší vývoj a výrobu jadrových zbraní je uvedený v tabuľke 1.2. [2]

Tabuľka 1.2: Niektoré objavy a udalosti v oblasti jadrovej fyziky do roku 1940

Rok	Udalosť
1895	Objav röntgenového žiarenia (X) – W.C. Röntgen
1896	Objav rádioaktivity (uránu)- H. Becquerel
1896	Objav rádioaktivity tória – M. Curie-Sklodovská, G. C. Schmidt
1897	Objav náboja elektrónu – J. J. Thomson
1898	Objav polónia a rádia – P. Curia, M. Curie-Sklodovská, G. Bémont
1899	Objav alfa a beta žiarenia – E. Rutherford
1900	Objav žiarenia gama – P. Villard
1900	Objav radónu – R. Rutherford, F. Soddy
1905	Formulácia teórie relativity (rovnica pre premenu hmoty na energiu) – A. Einstein
1911	Formulácia modelu atómu a zavedenia pojmu nucleus (jadro) – E. Rutherford
1913	Definícia izotopov – F. Soddy, K. Fajans
1919	Prvá umelá jadrová reakcia – E. Rutherford
1920	Definícia neutrónu – W. D. Harkins, O. Masson, E. Rutherford
1929	Bol postavený Van de Graaffov generátor a Lawrencov cyklotrón
1930	Hypotéza pozitronu – P. A. M. Dirac
1931	Hypotéza neutrína – W. Pauli
1932	Dôkaz pozitronu – H. Anderson
1932	Prvá premena atómového jadra ($\text{Li} + \text{H} \rightarrow \text{He}$) – Cockcroft a Walton
1932	Experimentálny dôkaz neutrónu - J. C. Chadwick
1932	Objav deutéria a ťažkej vody – Harold C. Urey
1933	Objav zvýšenia reaktivity pomalých neutrónov – E. Fermi
1934	Objav umelej rádioaktivity ($\text{Al} + \alpha \rightarrow \text{P} \rightarrow \text{Si} + e^+$) – F. a I. Joliot-Curie
1934	Objav trícia – E. Rutherford
1934	Objav techniky „pomalého neutrónu“ – E. Fermi
1934	Teórie podstaty jadrových síl – I. J. Thamm
1934	Objav Vavilov-Čerenkovovho javu (svetielkovanie látok pôsobením rýchlych elektrónov) S. I. Vavilov, P. A. Čerenkov
1935	Objav rádioaktívnych izomérov – bratia Igor a Boris Kurčatovovci
1935	Objav uránu-235 - prof. Arthur J. Dempster
1936	Formulácia kvapkovej teórie jadra – N. Bohr, K. Wheeler
1938	Umelé štípenie jadier uránu – O. Hahn, F. Strassmann ($\text{U}235 \rightarrow \text{Ba}143 + \text{Kr}90$)
1939	Formulácia objavu štípenia jadier – L. Meitnerová, O. Frisch, F. Joliot-Curie, E. Fermi, L. Szilard
1939	Dôkaz štípných neutrónov, objav možnosti jadrového reťazového štípenia (reakcie) – F. Joliot-Curie, H. Halban a iní
1940	Výroba a návrh na štípenie plutónia 239 – N. Bohr, K. Wheeler a E. O. Lawrence
1940	Objavenie štípenia uránu 235 pomalými neutrónmi – N. Bohr, K. Wheeler
1940	Získanie prvého malého vzorku čistého uránu 235 - Alfred O. Nier, K. H. Kingdon a H. C. Pollock

V lete 1939 navštívili maďarskí fyzici L. Szilard a E. Wigner, ktorí žili v tomto období v Amerike, Alberta Einsteina a požiadali ho, aby upozornil prezidenta Roosevelta na možnosť zneužitia jadrovej energie na vojenské účely. [4] Títo fyzici odovzdali americkej vláde list, v ktorom okrem iného upozornili, že jadrová reťazová reakcia by mohla viesť ku konštrukcii bômb s extrémne ničivou silou. Takto bolo oficiálne upozornené na možnosť jadrovej explózie a na výrobu jadrových zbraní.

1.1.2 VÝVOJ JADROVÝCH ZBRANÍ POČAS DRUHEJ SVETOVEJ VOJNY

1.1.2.1 Nemecko

V decembri 1938 bol práve v Nemecku vykonaný prvý rozhodujúci pokus, súčasne s pokusom F. Joliot-Curieho, k otvoreniu cesty pre využitie jadrovej energie. Vtedy Hahn a Strassmann zasiahli v Berlíne jadro neutrónom a uskutočnili experiment, pri ktorom sa jadro rozpadlo na dve časti. Odhadnúť čo táto explózia znamená vedeli len vedci. Niektoré osobnosti si už v rokoch 1939 až 1941 uvedomovali, že Nemecko má potrebné podmienky na výrobu jadrových zbraní - výrobné kapacity chemického, elektrotechnického, strojárenského priemyslu, hutníctva farebných kovov, finančné prostriedky, základné materiály, špičkových vedcov, ako bol Otto Hahn a Werner Heisenberg, ako aj dostatočné znalosti fyziky atómového jadra.

Najvýznamnejším nemeckým teoretickým fyzikom tej doby bol Werner Heisenberg, žiak Maxa Bornu a Nielsa Bohra, laureáta Nobelovej ceny za fyziku v roku 1932.

Armádny zbrojný úrad zvolal v septembri 1939 poradu vedcov k vyriešeniu problému jadrovej zbrane. Zúčastnili sa jej: dr. Diebner, profesor P. Harteck, H. Geiger (vynálezca počítačej trubice – merača ionizujúceho žiarenia), S. Flügge, profesor I. Mattauach, E. Bagge, W. Bothe, H. Hoffmann, W. Heisenberg a Carl von Weizsäcker (tabuľka 1.3).[5]

Tabuľka 1.3: Jadrový výskum v Nemecku

Štát	Nemecko
Názov projektu	Projekt U
Vedúci projektu	profesor W. Heisenberg
Centra výskumu	Fyzikálny ústav spoločnosti cisára Viliama, laboratóriá I. G. Farben, 22 výskumných ústavov v celom Nemecku
Významní vedci	profesori: W. Heisenberg, P. Harteck, H. Geiger, S. Flugge, W. Bothe, H. Hofmann, O. Hahn

Koncom roka 1940 Heisenberg, Weizsäcker a Wirtz vyskúšali reaktor. Skladal sa z 1,4 metra vysokého aj širokého valca, v ktorom bolo 14 vrstiev oxidu uránu, 13 vrstiev parafínu (moderátor) a v strede rádioberýliový zdroj neutrónov. To všetko v šachte naplnenej vodou. Použitie bolo 5,5 tony oxidu uránu. Dosiahnuť štiepnu jadrovú reakciu sa im však nepodarilo.

V priebehu druhej polovice roku 1941 projekt ohrozila snaha vojenského velenia - pod dojom vojenských úspechov - obmedziť výdaje. Došlo k presvedčeniu, že na vedenie vojen Nemecka vystačí vtedajšia vojenská výzbroj.

Nemeckí vedci pokračovali v intenzívnom výskume, ale šanca premárnená v rokoch 1940 až 1941 neujasnenia šírky problému, potrieb nákladov a kvality materiálu a riadením byrokracie sa už neopakovala. V roku 1942 už bolo Nemecko v situácii, ktorá vylučovala možnosť zhotovenia atómovej zbrane. Neúspechy na východnom fronte, zavalenie priemyslu inými vojenskými zákazkami a letecké nálety na nemecké mestá to už nedovoľovali. Pravdepodobne

by sa to nepodarilo ani pri plnej podpore projektu, ale nebolo možné vylúčiť použitie rádioaktívneho materiálu v nevybušnej forme ako rádiologickej zbrane ku kontaminácii terénu.

1.1.2.2 Japonsko

Keď sa na prelome 30. a 40. rokov objavili vo vedeckých časopisoch články o výsledkoch jadrovej fyziky, ktoré otvárali priamu cestu k využitiu štiepnej jadrovej reakcie pre vojenské účely, vzbudilo to pozornosť vysokých japonských hodnostárov.

Prvým bol generál Takeo Jasuda, absolvent tokijskej univerzity, ktorý v tej dobe zastával funkciu náčelníka správy pre vedu a techniku japonského vojenského letectva. Neskôr sa stal náčelníkom štábu letectva cisárskej japonskej armády. Spojil sa so svojim bývalým učiteľom, profesorom Rjokiči Saganom, ktorý sa počas svojho pobytu na Kalifornskej univerzite zoznámil s americkými a európskymi fyzikmi a získal od nich poznatky o výsledkoch a smeroch najnovších vedeckých výskumov v odbore fyziky jadra atómu. Jasudove predpoklady vojenského využitia týchto možností sa potvrdili. Jasuda o tom zostavil správu pre vtedajšieho japonského ministra vojny Hideki Todžo. Ten sa po zoznámení s jej obsahom rozhodol aby sa problematikou zaoberali odborníci.

Podľa tohoto príkazu nariadil generál Jasuda v máji 1941 ústavu fyzikálneho a chemického výskumu, aby preskúmal možnosti vývoja a výroby jadrovej munície–bomby na báze uránu. Vedením projektu bol poverený žiak Nielsa Bohra profesor Josio Niš (Nišina). Pre projekt bol uvoľnených viac ako 100 mladých vedcov so vzťahom k danej problematike. Až do roku 1943 práce z väčšej časti spočívali v teoretických výpočtoch, vo výskume metód delenia izotopov uránu a v hľadaní zásob uránovej rudy.

Dňa 5. mája 1943 potvrdil profesor Nišina písomne veliteľstvu vojenského letectva, že výroba uránovej bomby je v Japonsku technicky vykonateľná. Nišinova správa bola okamžite predložená Todžovi, ktorý sa medzitým stal predsedom vlády japonského cisárstva. Todžo osobne poveril zodpovednosťou za vývoj jadrovej bomby náčelníka oddelenia štábu vojenského letectva plukovníka Kavašima. Uložil mu zistiť, čo všetko fyzici potrebujú, s tým, že všetko – peniaze, materiál i pracovné sily budú dostávať prednostne. Správne pochopil, že atómová bomba môže celkom zmeniť priebeh vojny. Nišina ako hlavný problém uviedol získanie dostatočného množstva – dvoch ton uranitu pre výskum.

Projekt bol označený krycím názvom NI (tabuľka 1.4), začiatočnou slabikou mena vedúceho vedca, čo japončine znamená číslo 2. [4]

Tabuľka 1.4: Jadrový výskum v Japonsku

Štát	Japonsko
Názov projektu	Projekt "NI"
Vedúci projektu	Profesor Josio Niš (Nišina)
Zodpovedný za vývoj jadrovej pumy	Plukovník Kavašima
Centrum výskumu: Osaka, Tokio, Kjóto	Oddelenie vedy a techniky výzbrojnej správy japonskej armády v Tokiu
Významní vedci	Profesori: Buusaku, Arakacu, Asada, Sagawe, Hideki Yukawa, Satojasu Iimori

Japonský atómový výskum, ktorý sa oficiálne začal v roku 1941 nemal už od začiatku veľké šance na úspech. Len do roku 1943 sa vedci zaoberali len teoretickými výpočtami. Najväčším problémom Japonska bol nedostatok uránovej rudy a ťažkej vody. Známe náleziská v prefektúre Fukušima boli málo výdatné, preto boli Japonci závislí na dodávkach od svojich spojencov, ktorí v tej dobe už mali dosť svojich problémov. 13. marca 1945, kedy náletom

Američanov boli zničené takmer všetky budovy výskumného ústavu letectva, v Tókiu bola zničená aj nádej Japoncov na výrobu atómovej bomby.

1.1.2.3 Francúzsko

Atómový bádateľ Frédéric Joliot-Curie objavil možnosť jadrovej reťazovej reakcie. V marci 1939 zistil, že možno nielen rozštiepiť neutrónom jadro uránu (objav aj Hahna a Strassmanna), ale že sa pri tom uvoľňuje niekoľko ďalších neutrónov, ktoré môžu spôsobiť ďalšie štiepenie – reťazovú reakciu.

So svojimi spolupracovníkmi Hansom von Halbanom a Lewom Kowarskim ohlásil v tomto smere v roku 1939 niekoľko objavov na patentovanie. Halban počas vojny pracoval v Anglicku. Neskôr emigroval do Kanady. S oficiálnymi anglickými inštitúciami uzavrel dohodu, podľa ktorej tieto patenty odovzdal Anglicku s tým, že získa informácie o problematike zaujímajúcej Francúzsko.

V roku 1939 získal F. Joliot-Curie z Belgicka 6 ton oxidu uránu, a to od E. Seugiera, s ktorým podrobne prejednal celú problematiku výroby jadrovej zbrane.

Vtedajšieho francúzskeho ministra pre výzbroj Dautryho zaujal výklad F. Joliot-Curieho o možnostiach jadrovej zbrane. Preto na žiadosť zabezpečil dodávku obrovského množstva grafitu a keď s ním Curie nemal potrebné výsledky, tak mu v roku 1940 zaistil i 185 kg ťažkej vody.

16. mája 1940 oznámil Dautry F. Joliot-Curiemu, aby vzhľadom k situácii na fronte zásoby ťažkej vody ukryl. Stalo sa tak postupne, a to v trezore Francúzskej banky v Clermont-Ferrandu a v cele ústrednej väznice v Rione. Nakoniec boli zásoby ťažkej vody prevezené plťou na palubu anglickej nákladnej lode, ktorá odvážala do Anglicka Halbana a Kowarského [3]. F. Joliot-Curie odmietol do Anglicka odísť. [5]

Atómový výskum vo Francúzku sa vzhľadom k jeho rýchlemu obsadeniu nemeckými vojskami nemal kedy rozvinúť. Jeho význam spočíva ešte v jeho predvojnovom výskumom a sabotovaní dodávok ťažkej vody pre Nemecko. Vo Veľkej Británii bola situácia o čosi lepšia. Začiatky výskumu prebiehali oveľa skôr ako v USA. Anglickí vedci zaznamenali čiastkové úspechy a boli v určitej fáze vo výskume ďalej ako USA. Ale vojenská situácia v rokoch 1942 spôsobila, že v roku 1942 boli samostatné práce zastavené.

1.1.2.4 Veľká Británia

V Anglicku, nezávisle na sebe, ale koordinovane, začali pracovať na rôznych univerzitách, štyri skupiny vedcov na výrobe jadrovej zbrane oveľa skôr ako v USA, a dosiahli čiastkových úspechov. Fisch a Peierls v Birminghame určili správne rozmery bomby s náplňou uránu 235. Francis Simon vyprojektoval továreň na oddelovanie uránu 235 plynovou difúziou. V Anglicku pracujúci francúzsky vedci H. Halban a L. Kowarski vyriešili reťazovú reakciu uránu a využitia "ťažkej vody." Iná skupina zistila schopnosť štiepenia plutónia. James Chadwick so spolupracovníkmi v Liverpoole študoval urán 235 a 238. Ďalšia birminghamská skupina riešila výrobu metalického uránu.

Na základe Cherwellovho memoranda upozorňujúceho anglického premiéra na nebezpečenstvo zhotovenia jadrovej zbrane v Nemecku bol vytvorený výbor pre vedenie atómového projektu. V júli 1941 sa ukázalo, že výroba jadrovej zbrane je reálna v najbližších rokoch. Výskum dostal krycie označenie Tube Alloys (zliatiny na rúry) (tabuľka 1.5). Do čela projektu bol postavený člen anglického vojnového kabinetu John Anderson. [5]

Tabuľka 1.5: Jadrový výskum vo Veľkej Británii

Štát	Veľká Británia
Názov projektu	Tube Alloys (zliatiny na rúry)
Vedúci projektu	člen britského kabinetu John Anderson
Strediská výskumu	Liverpool, Oxford, Birmingham, Cambridge
Významní vedci	profesori: H. Halban, L. Kovarski, F. Simon

V októbri 1941 bol vyriešený najslubnejší spôsob štiepenia uránu 235. Napriek počiatočnému odporu Angličanov na spojenie anglického projektu s americkým sa ukázalo, že bez pomoci USA sami pokračovať nemôžu. Preto v roku 1942 boli samostatné práce zastavené. Roosevelt s Churchillom sa dohodli, že sa atómové podniky budú budovať mimo dosah nemeckého letectva v USA, a že výsledky anglického výskumu, ktorý bol podstatne ďalej ako americký, budú dané USA k dispozícii a výskum bude pokračovať spoločne, vrátane výmeny informácií. Francúzska ťažká voda putovala aj po Anglicku. Najskôr bola uložená vo väznici Warmwood Scrubs, potom na Windsorskom zámku. Anglicko po vojne dokončilo výskum a uskutočnilo niekoľko pokusných výbuchov. [5]

1.1.2.5 USA

V Spojených štátoch atómový výskum pokračoval zo začiatku veľmi pomaly. Alexander Sachs musel takmer desať týždňov čakať, aby osobne mohol 11. októbra 1939 odovzdať prezidentovi Rooseveltovi list, zostavený Szilardom a podpísaný Einsteinom. [4]

Do konca júna 1940 sa pre atómové bádanie nedali očakávať od štátu nijaké peniaze. Namiesto toho sa rozširovala kritika tohto „bezvýhladného plánu“. Aj druhý Einsteinov list zo 7. marca 1940, v ktorom upozornil na „zvyšujúci sa záujem o urán v Nemecku od začiatku vojny“, pomohol len málo. Oficiálny záujem sa znova oživil až vtedy, keď do USA prišli správy o dobrých výsledkoch anglického atómového bádania, ktoré od júla 1940 Briggsovi pravidelne posielal dr. R. H. Fowler. Na základe anglických prác v júli 1941 memorandum Thomsonovej komisie konštatovalo: „Je veľmi pravdepodobné, že atómovú bombu bude možné skonštruovať ešte pred koncom vojny“. Konečne 6. decembra 1941, zhodou okolností deň pred prepadnutím Pearl Harbour Japonskom a oficiálnym vstupom USA do vojny, došlo k dlho odkladanému rozhodnutiu: na výskum a výrobu atómovej zbrane sa poskytnú neodkladne finančné a technické zdroje.

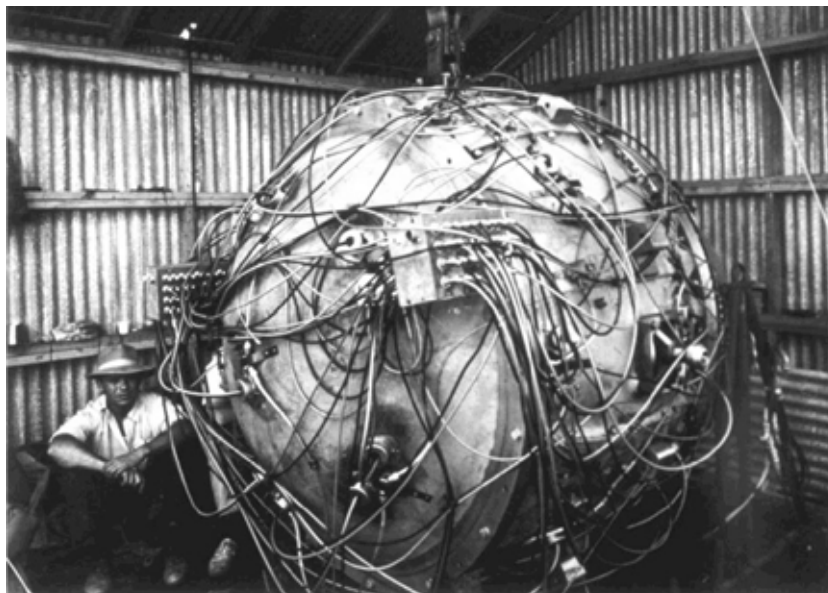
Tabuľka 1.6: Jadrový výskum USA

Štát	USA
Názov projektu	Manhattan
Riaditeľ projektu	Generál Leslie Richard Groves
Šef vedeckého tímu	J. Robert Oppenheimer
Strediská výskumu	Chicago (výzkumné laboratórium), Los Alamos (vývojové laboratórium) Oak Ridge (produkcia štiepneho materiálu) Hanford (chemické závody) a iné.

Program vývoja jadrovej bomby v USA dostal krycí názov Projekt Manhattan. Dňa 17. septembra 1942 poverili vedením atómového rozvoja štyridsaťročného vojaka z povolania, brigádneho generála Leslieho Richarda Grovesa. [4] Za hlavné miesto vývoja a montáže ató-

movej zbrane bol vybraný opustený ranč v Los Alamos. Za riaditeľa laboratória v Los Alamos bol v júli 1943 vymenovaný štyridsaťročný J. Robert Oppenheimer.

Vývojové práce na výrobe atómovej bomby sa vykonávali v celom rade iných miest – napríklad v Oak Ridge, Hanforde či v Chicagu. Prehľad hlavných stredísk je uvedený v tabuľke 1.6, v tabuľke 1.7 je uvedená štruktúra oddelení v Los Alamos.

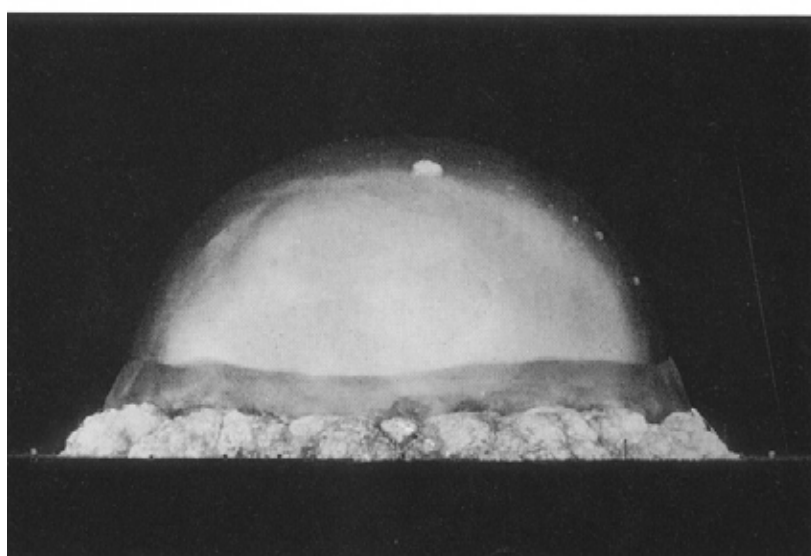
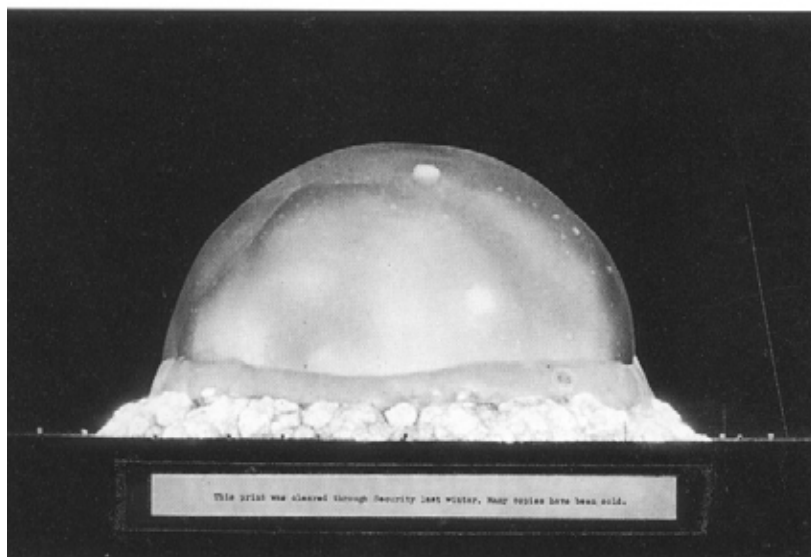
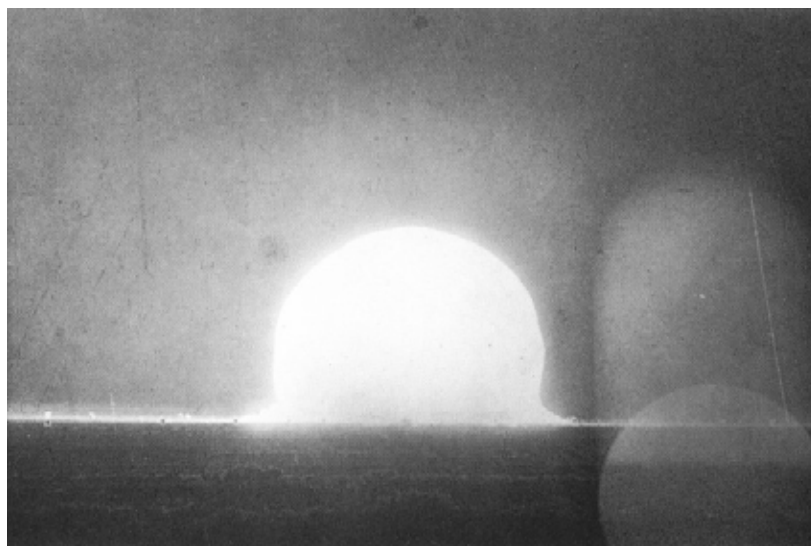


Obr 1.1: Čiastočne zostavená prvá pokusná jadrová bomba Gadget
[\[http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Tests/Trinity.html\]](http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Tests/Trinity.html)

Tabuľka 1.7: Štruktúra oddelení v Los Alamos

Oddelenie	Vedúci oddelenia
Experimentálna fyzika atómového jadra	J. W. Kennedy
Vojenský materiál (výzbrojná služba)	Nám. kpt. W. S. Parsons
Výbušniny	G. B. Kistiakowski
Fyzika bomby	R. F. Bacher
Pokročilá vývojová práca	E. Fermi
Teoretická fyzika	H. Bethe
Chémia a metalurgia	C. S. Smith
Šéf vedeckého výskumu (tímu)	J. R. Oppenheimer, jeho zástupca S. K. Allison

Skúška prvej atómovej bomby Gadget vyvinutej v Los Alamos mala krycí názov Trinity (Svätá trojica). Za miesto výbuchu bolo zvolené miesto Jornada del Muerto (Cesta smrti) neďaleko dedinky Oscuro (Temný) a mestečka Alamogordo. Tu, uprostred púšte, sa týčila do neba vysoká železná konštrukcia, do ktorej sa mala vsadiť atómová bomba. Výbuch mal pôvodne nastať o 4. hodine ráno 16. júla 1945, ale pre nepriaznivé počasie sa musel odložiť. Po porade s meteorológmi bolo rozhodnuté, že pokus sa uskutoční o 5:30. Mohutnosť explózie prekonalala všetky očakávania. (Obrázok 1.1, 1.2)



Obr. 1.2: Pokusný výbuch Trinity v čase 6, 16 a 18 ms. Foto Berlyn Brixner, LANL
[<http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Tests/Trinity.html>]

Vývoj a výroba novej zbrane stála 2 mld. dolárov (približne 26 mld. dolárov v súčasnosti). Nutnosť použiť ju pre skutočnú porážku Japonska je dodnes diskutovaným problémom. Na základe rozkazu č. 509 boli 6. 8. 1945 a 9.8.1945 zhodené prvé atómové bomby na japonské mestá Hirošima a Nagasaki. Prvá, uránová bomba (náplň tvorilo 49 kg $^{235}_{92}\text{U}$, celková hmotnosť bomby 4 077 kg) bola pomenovaná Little Boy (chlapček), druhá bola plutóniová (s náplňou 12 kg $^{239}_{94}\text{Pu}$, celková hmotnosť 4 530 kg) a nazvaná Fat Man (tlst'och). [5] (Obrázok 1.3, 1.4)

Účinok bomby v Hirošime na zemi bol strašný. Po celom meste zúril požiar a stred mesta bol prakticky zničený. Každý druhý obyvateľ mesta bol mŕtvý alebo zranený. Do 2 km od epicentra zahynulo 56,6 % osôb, z toho 37 % ihneď po výbuchu. Podľa japonských údajov prišlo v Hirošime o život 78 150 ľudí, 13 983 bolo nezvestných, 9 428 ťažko a 27 997 ľahko ranených. Približne 235 000 ľudí bolo zasiahnutých ionizujúcim žiarením a bola zničená plocha o rozlohe 12,5 km² [5].

1.1.2.6 Sovietsky zväz

Štúdium štruktúry hmoty malo tradíciu už v predrevolučnej ruskej vede. Mená M. V. Lomonosova a D. I. Mendelejeva sú svetoznáme.

Dňa 21. januára 1920 bola v Petrohrade ustanovená „Atómová komisia“ (A. N. Krymov, A. F. Joffe, D. S. Roždestvenskij, N. I. Muschelišvili, B. K. Frideriks, A. I. Tudorovský, A. J. Krutkov, V. A. Bursian, M. M. Čulanovskij a J. G. Jachontov). Všetci urýchlene a usilovne pracovali na výskume atómov. Od novembra 1921 sa stal centrom výskumu Fyzikálno-technický ústav v Moskve, riadený akademikom A. F. Joffeom, pomenovaný „Parnasom novej fyziky“, („Mocná hŕstka“ alebo tiež „Škôlka otca Joffeho“). Tu sa sústredili osobnosti, o ktorých sa neskôr dozvedel celý svet – P. L. Kapica, D. V. Skobelcyn, I. V. Kurčatov a ďalší. Hlavný káder pracovníkov ústavu tvorili študenti 1. až 3. ročníka vysokej školy. [6]

V roku 1940 objavil K. A. Petržak a G. N. Flerov (2) spontánne delenie jadra uvoľňovaním neutrónov. Ku koncu roka zostavil Kurčatov plán výskumu reťazovej reakcie. Článok v Izvestijách z 31. decembra 1940 – „Urán–235“ ($^{235}_{92}\text{U}$) upozornil na „nový obrovský zdroj energie“, oznámil dokončovanie práce na cyklotróne a začatie výstavby ďalšieho. Cyklotrón bol postavený nezávisle na jeho vynálezu v USA a takmer súčasne s ním, neskôr aj betatrón.

V roku 1942 boli Joffe s Vernadským povolaní k Stalinovi. Dohodli sa na návrhu okamžite začať vývoj jadrovej zbrane a oboznámiť vybraných vedcov – Joffeho, Kapicu a ďalších – s materiálmi. Vedci boli ohromení rozsahom prác v USA.

Prvým problémom bolo, koho postaviť do čela projektu. Musel to byť nielen veľký vedec, ale i schopný organizátor. Voľba padla na Kurčatova. Aj keď bol v tom čase už nemocný, bola to správna voľba. Nemal ani 40 rokov a do akademika mal ešte ďaleko.

Bol vykonaný výber osôb, medzi ktoré patrili K. A. Petržak, A. J. Alichanov, I. K. Kikoin, V. S. Jemelianov, J. B. Zeldovič, G. N. Flerov, L. M. Nemenov, Arcomovič a ďalší. Zabezpečili sa aj priestory – budova Všeľavského ústavu experimentálnej medicíny v Pokrokovskom Strešneve, laboratórium v budove Seizmologického ústavu na Pyževskej ulici, budova Ústavu všeobecnej anorganickej chémie na Bolšoj Kalužskej a budova pri Chodynskom poli, ktoré bolo desiatky rokov delostreleckou a guľometnou strelnicou. (tabuľka 1.8) [6].

Práce na vývoji atómovej bomby v ZSSR sa začali na jar roku 1943, keď v Moskve vytvorili supertajné pracovisko s názvom Laboratórium č. 2 pod vedením Igora Vasilieviča Kurčatova. Laboratórium č. 1 sa venovalo raketovému výskumu.

Tabuľka 1.8: Jadrový výskum v ZSSR

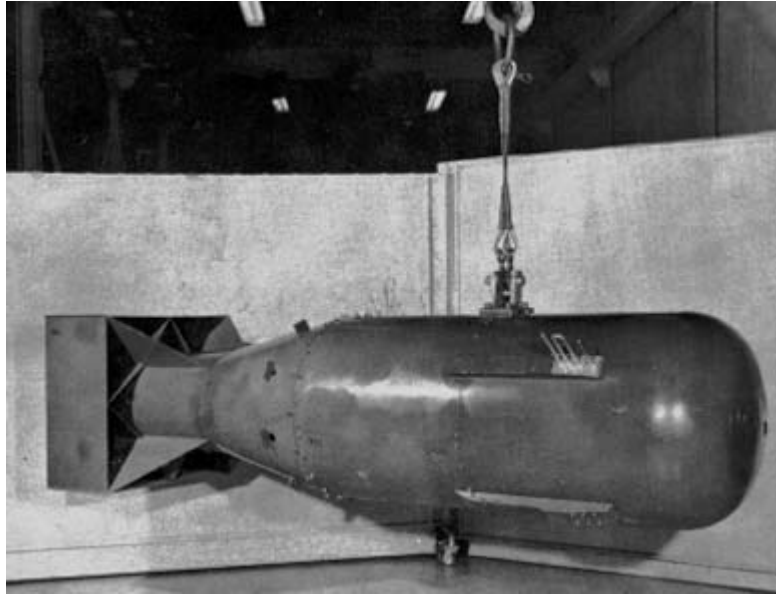
Štát	Sovietsky zväz
Názov	Projekt na výrobu atómovej zbrane
Vedúci projektu	Ivan Vasilievič Kurčatov
Centrá výskumu: Moskva	Všezväzový ústav experimentálnej medicíny v Pokrokovskom Strešneve, Laboratória v budove Sezmologického ústavu v Pyževskej ulici, Budova Ústavu Všeobecnej Anorganickej Chémie na Bolžskej Kalužskej Laboratórium č. 2 Akadémie vied ZSSR pri Chodinskom poli
Centrum výskumu mimo Moskvu	Sarov, centrum KB-11 (Arsamaš-16), vedúci gen. P. M. Zernov,
Významní vedci	Profesori: I. V. Kurčatov, Charyton, Arcimovič, I. K. Kikoin, K. A. Petržak, G. N. Flerov, V. G. Chlopin, L. M. Nemenov, J. B. Jemeliakov, J. B. Zeldovič, Kapica, Golovin, Sacharov a iní.

Začala sa i výstavba cyklotrónu a uránovo-grafitového reaktora na výrobu plutónia, o ktorom ešte nevedeli s istotou, či ho môžu využiť na výrobu atómovej bomby. Riešili sa problémy moderátorov, rozmerov uránových blokov a ich rozmiestnenie v grafito, reflexné vrstvy (odrážače neutrónov) a ďalšie úlohy. Popri vedeckých úlohách sa riešili i výrobné – výroba čistého kovového uránu, grafitu atď. Vyvíjali sa a zavádzali do výroby nie jednotlivé zariadenia, ale celé komplexy špeciálnych zariadení a prístrojov. Laik si ani nemôže predstaviť, o riešenie akých úloh išlo. Napr. len niekoľko milióntin percenta bóru v grafito by znemožňovalo reťazovú štiepnu reakciu. Také úlohy sovietska výroba predtým nikdy neplnila ani v čase mieru. Pritom napríklad grafito bolo potrebných niekoľko sto ton a vysoko čistého uránu asi 50 ton. Takýto výdatný zdroj uránu ale ZSSR vtedy nemal. Musel byť nájdený, zorganizovaná ťažba a vybudované zariadenia na obohacovanie rudy. Koncom vojny nebol pre pokusy ešte ani miligram čistého uránu 235 ani plutónia, ale už sa skúmala veľkosť jeho kritického množstva a spôsoby okamžitého dosiahnutia kritického množstva. Prvý kilogram ingot uránu bol vyrobený koncom roku 1945 a prvý zväžitelný preparát plutónia bol získaný 18. 12. 1947. [6]

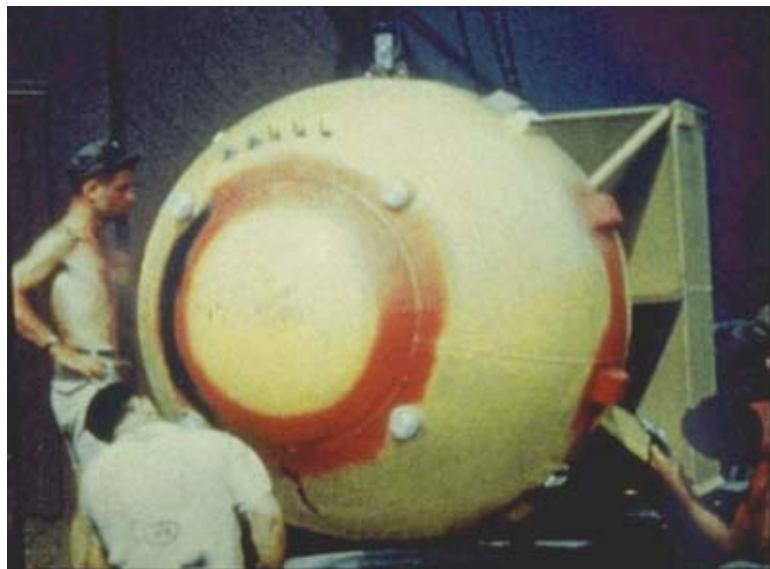
Významnú úlohu pri vývoji a výrobe atómovej bomby zohrala aj sovietska rozviedka. Podarilo sa jej získať pomerne detailný popis bomby, ktorú Američania odskúšali. Sovietska rozviedka ako jediná na svete vopred poznala dokonca aj termín jej skúšky. Hlavnými informátormi boli Klaus Fuchs a B. Pontecorvo, ktorí pracovali v americkom výskumnom stredisku v Los Alamos.

1.1.3 VÝVOJ JADROVÝCH ZBRANÍ PO DRUHEJ SVETOVEJ VOJNE

Pokusným výbuchom v nevadskej púšti a bojovým použitím proti japonským mestám vystúpili na vojnovú scénu jadrové zbrane. Ich účinky, neporovnateľné s predchádzajúcou výzbrojou viedli k tomu, že nasledujúce obdobie charakterizujeme ako atómový vek i ako obdobie možného globálneho zničenia Zeme v celosvetovej apokalyptickej vojne.



Obr. 1.3: Uránová bomba Little Boy pre použitím
[<http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Med/Lbmus.jpg>]



Obr. 1.4: Príprava plutóniovej bomby Fat Man na zavesenie do bombardéra B-29 Bock's Car
[<http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Med/FatMan640c10.jpg>]

1.1.3.1 USA

Výsledok použitia atómových bômb na Hirošimu (6. augusta 1945) a Nagasaki (9. augusta 1945) prekonal všetky očakávania. Len dve bomby spôsobili takú skazu ako veľmi nákladný nálet niekoľkých stoviek lietadiel. Sám profesor Robert Oppenheimer, nazývaný „otec atómovej bomby“ varoval, že táto zbraň nemôže zostať dlho monopolom Spojených štátov, lebo každý priemyselne vyspelý štát si ich bude schopný za určitý čas vyrobiť sám. Ale aj on značne podcenil priemyselný potenciál ZSSR, lebo dobu monopolného vlastníctva atómovej bomby v USA odhadoval na 15 – 20 rokov.

Po tom, čo v roku 1949 získali atómovú bombu aj Sovietsi, skupina amerických vedcov na čele s Edwardom Tellerom presadila vývoj ešte ničivejšej „superbomby“, čiže termojadrovej (vodíkovej) zbrane.

Edward Teller v spolupráci s matematikom Stanislawom Ulamom vytvoril systém funkčnej vodíkovej bomby. Takzvaná konfigurácia Teller-Ulam sa pri jadrových zbraniach používa dodnes. Pri testovacej explózii Ivy Mike 1. novembra 1952 vyvinulo výbušné vodíkové (termojadrové) zariadenie tisícnásobne viac energie, ako bomba zhodená na Hirošimu.

Dňa 1. marca 1954 vybuchla na ostrove Eniwetok trojfázová termojadrová bomba (operácia Castle Bravo), ktorej mohutnosť bola 15 Mt TNT, hoci pôvodne plánovaná mohutnosť bola len 6 Mt. Rádioaktívny spad kontaminoval plochu 18 000 km² a zasiahol japonskú loď Fukurijo Maru (Šťastný drak), ktorej posádka vážne ochorela a rádiotelegrafista zomrel. Rádioaktívny oblak zasiahol posádku majáka na južnom pobreží Japonska, ostrov Hokkaidó, kontaminoval lode až do vzdialenosti 1 500 km od Eniwetoku a taktiež dopadol na americkú tichomorskú základňu, kde postihol 28 mužov.

1.1.3.2 Veľká Británia

Ihneď po druhej svetovej vojne, v auguste 1945, nová vláda Británie ustanovila výbor pre nukleárnu politiku. 8. januára 1947 tento výbor rozhodol, že bude pokračovať vo vývoji a výrobe jadrových zbraní.

„Oppenheimerom“ Británie sa stal fyzik William G. Penney, ktorý bol súčasťou britskej misie vyslanej do Los Alamos počas vojny napomáhať vo vývoji prvej atómovej bomby. Po vojne sa vrátil do Anglicka a bol pozvaný viesť britský projekt vývoja jadrových zbraní.

Prvý plutóniový reaktor bol spustený vo Windscale (teraz Sellafield) v októbri 1950. Produkcia plutónia začala 25. februára 1952 a prvé plutónium bolo vyrobené o 35 dní neskôr. Keďže bola Veľká Británia malá, hľadali sa možnosti testovania na inom mieste, nakoniec sa dohodli na ostrovoch Monte Bello v Austrálii [5].

1.1.3.3 Sovietsky zväz

Na základe rozhodnutia Štátneho výboru obrany ZSSR z 20 augusta 1945 vznikol v Sovietskom zväze osobitný výbor prakticky so zákonodarnými právomocami. Predsedom výboru sa stal L. P. Berija. Na výstavbu nových miest závodov a ústavov bez problémov zabezpečil lacnú pracovnú silu – tisícky väzňov z gulagov. Najhoršie na tom boli tí, ktorých poslali pracovať do uránových baní. Húfne umierali. Ich telá kládli do spoločných hrobov bez mena, ba i akéhokoľvek iného označenia.

Najdôležitejší nový závod vznikol v roku 1946. Bolo to nové centrum pod názvom KB-11 a vybudovali ho v mestečku Sarov (asi 400 východne od Moskvy), v ktorom sa počas vojny vyrábala munícia pre známe „kaťuše“. V okolí mestečka boli povestné Mordovské pracovné tábory, ktoré poskytovali dostatok lacnej pracovnej sily. V Mordovských pracovných táboroch boli trestanci odsúdení na doživotie. Na výstavbe tajných objektov ich preto mohli nechať pracovať bez rizika, že niekomu vyzradia štátne tajomstvo. Pôvodných obyvateľov v počte 108 rodín predtým vysťahovali a mesto dôkladne ohradili ostnatým drôtom. Začali ho nazývať Arzamaš-16, medzi vedcami malo prezývku Los Arzamas.

Za vedúceho KB-11 vymenovali generála P. M. Zernova a hlavným konštruktérom sovietskej atómovej bomby v ňom sa stal J. B. Charyton.

V lete 1949 prípravy na skúšku „izdelia“ (výrobku, rozumej bomby) oboch typov (kópie americkej bomby s plutóniovou náložou i bomby, ktorú skonštruovali podľa predstáv Kurčatovových pracovníkov) vstúpili do záverečnej fázy. Hoci Kurčatovova bomba bola teoreticky (ukázalo sa, že aj fakticky) efektívnejšia a neskôr sa stala základom na vyzbrojenie sovietskej

armády, vzhľadom na spomenuté skutočnosti bolo rozhodnuté ako prvú otestovať presnú kópiu americkej bomby.

Plutóniovú nálož pre bombu v tvare poniklovanej gule s priemerom asi 8 centimetrov údajne priviezli najprv do Kremľa, aby ju ukázali Stalinovi [6].

„Izdelie“ – prvú sovietskú leteckú atómovú (plutóniovú) bombu RDS-01 (Glazastaja – Okaňa) potom umiestnili na 30 m vysokú vežu, ktorá bola vybudovaná na strelnici Limonija pri Semipalatinsku. Okolo nej v rôznych vzdialenostiach rozmiestnili meraciu techniku, vybudovali domy a priviazali zvieratá. Boli rozmiestnené skupiny určené na sledovanie diaľkového pôsobenia výbuchu na stovky a tisíce kilometrov.

Dňa 29. augusta 1949 prišli na strelnicu vo východnej časti ZSSR členovia štátnej komisie a vrchného velenia sovietskej armády. I. V. Kurčatov a A. P. Zavenjagin dozerali na konečnú montáž bomby. O 03:00 hodine ráno Kurčatov pokus predsunul o hodinu a stanovil čas výbuchu na siedmu hodinu ráno.

Podobne ako americká skúška atómovej bomby v roku 1945 nezostala utajená pred Sovietmi, ani sovietska v roku 1949 neušla pozornosti Američanov, ktorí ju označili kódom Joe-1.

Skúška druhej (Tatiana, sériová, nosič Tu-4) a tretej atómovej bomby sa uskutočnila až na jeseň 1951. Štvrtá skúška dňa 12. augusta 1953 bola zároveň skúškou prvej termonukleárnej (vodíkovej) bomby RDS-6 na svete, ktorá bola použiteľná ako zbraň. Na jej vývoj významne prispel aj laureát Nobelovej ceny za fyziku z roku 2003 V. Ginsburg, ktorý A. Sacharovi (1921 – 1989), kľúčovej osobnosti vývoja sovietskej vodíkovej (termonukleárnej, H-bomby) bomby, navrhol, aby na jadrovú fúziu trícia a deutéria použil tuhú látku ${}^6_3\text{Li}^2\text{D}$. Ginsburg sa však priamo na vývoji vodíkových jadrových bômb nezúčastnil, pretože bezpečnostné orgány ZSSR ho považovali za nespoľahlivého občana – jeho manželka sa v tom čase nachádzala v stalinskom gulagu

1.1.3.4 História vývoja a výroby neutrónových zbraní

Neutrónové zbrane patria medzi zbrane tretej generácie, teda jadrové zbrane s výberovým ničivým účinkom na živú silu.

Neutrónové zbrane boli vyvinuté v čase hlbokoj studenej vojny s cieľom použiť ich v obmedzenej jadrovej vojne v Európe predovšetkým na ničenie živej sily. Úsilie o získanie neutrónových zbraní bolo zdôvodňované získaním „absolútneho“ prostriedku proti hromadnému útoku tankových jednotiek a delostrelectva.

Predpokladalo sa, že neutrónové zbrane budú tvoriť akýsi prechod medzi konvenčnou a normálnou jadrovou výzbrojou. Napokon sa operovalo i s požiadavkou zachovať terén, továrne a iné objekty, ako aj civilné obyvateľstvo v prípade použitia jadrových zbraní.

Neutrónové zbrane (Full Fusing Option Bomb) sú v podstate miniaturizované termojadrové zbrane, konštrukčne upravené tak, aby poskytovali maximálny výtlačok neutrónového toku s vysokými energiami. Roznecovač zo štiepneho materiálu (plutónium, kalifornium) začne syntézu (fúziu) deutéria a trícia. Mohutnosť účinku neutrónových zbraní je 1 – 10 kt.

Hlavným ničivým prvkom neutrónovej zbrane je teda intenzívny tok vysokoenergetických neutrónov s energiou asi 14 MeV, ktorých je emitované 55-krát viac v podobe prenikavej rádiácie, na ktorú pripadá 60 – 80 % uvoľnenej energie výbuchu, ako pri štiepnej zbrani.

Neutrónové žiarenie dobre preniká ťažkými materiálmi a ľahko sa zachytáva v ľahkých materiáloch a teda i v ľudskom organizme. Vo vzduchu je zbrzdované a rozptyľované s dosahom do 1 300 metrov. Rádiobiologický účinok neutrónového žiarenia je 20- až 25-krát vyšší ako pri gama žiarení.

Predbežný vývoj neutrónových hlavíc bol v USA ukončený v roku 1958 v rámci širšieho programu jadrových zbraní s „kontrolovanými účinkami“, ktorý začala v roku 1954 komisia pre jadrovú energiu.

Za „otca“ neutrónových zbraní je považovaný dlhodobý pracovník v oblasti jadrového výskumu Samuel T. Cohen, ktorý k tejto problematike spracoval v roku 1958 obširnu teoretickú štúdiu. Pri konštrukcii neutrónových náloží boli využité poznatky z výskumu a vývoja termónukleárných zbraní.

K prvému pokusnému výbuchu neutrónovej náložie došlo v roku 1963, pričom výsledok potvrdil použiteľnosť neutrónovej hlavice v rámci protiraketovej obrany.

Po neúspešných prácach na neutrónovej hlavici pre riadené strely Lance (typ W-63) vykonávaných v 60. rokoch, došlo prechodne k zastaveniu týchto projektov. V rokoch 1974 až 75 sa vyrábali neutrónové hlavice W-66 pre antirakety Sprint.

Intenzívny rozvoj neutrónových zbraní nastal v januári 1975 po rozhodnutí Pentagonu vyvinúť neutrónovú strelu kalibru 203,2 mm (typ W-75), obnoviť práce na neutrónovej hlavici pre riadené strely Lance (typ W-70-3) a vyvinúť neutrónovú strelu kalibru 155 mm (typ W-74).

V NATO bola problematika jadrovej zbrane so zosilneným neutrónovým žiarením prejednaná ako súčasť Schlesingerovho programu od roku 1974.

Pod narastajúcim politickým tlakom bol prezident Carter koncom marca 1978 nútený odložiť rozhodnutie o výrobe neutrónových zbraní na „dobu neurčitú“, čo bolo oficiálne oznámené 7. 4. 1978.

V apríli 1978 doporučil vojenský výbor americkému senátu aby sa prišlo k výrobe komponentov pre neutrónové zbrane. Prezident tento návrh prijal, a tak v októbri 1978 bola na tieto účely uvoľnená pomerne veľká čiastka 2,977 miliardy dolárov.

Rozhodnutie prezidenta Cartera o výrobe komponentov prakticky znamenalo povolenie výroby neutrónových zbraní.

Na výrobe neutrónových zbraní pracovalo Francúzsko (pre svoje riadené strely Pluton), nepochybne Sovietsky zväz a údajne aj Juhoafrická republika a Izrael.

Neutrónové zbrane patria medzi taktické jadrové zbrane a všeobecne sa predpokladá, že 30 až 40 % taktickej jadrovej munície v Európe bolo neutrónového typu. Zavedená bola v rámci modernizácie taktickej jadrovej výzbroje uskutočňovanej od začiatku 80. rokov.

Tabuľka 1.9: Prehľad udalostí z histórie vývoja jadrových zbraní

Dátum	Udalosť
1939	Začatie práce na vývoji jadrovej zbrane vo Fyzikálnom ústave cisára Wilhelma v Berlíne
1940	Pravdepodobné začatie práce na vývoji jadrovej zbrane v Japonsku pod vedením profesora Jošia Nišinu (v Tokiu)
1941	Začatie práce na Projekte Manhattan – výrobe jadrovej zbrane v USA, neskôr pod vedením J. R. Oppenheimera. Riadiace centrum v Los Alamos.
1942	Začatie práce na projekte jadrovej zbrane v ZSSR pod vedením I. V. Kurčatova v Moskve
2. 12. 1942	Prvá riadená štiepná reakcia v jadrovom reaktore v Chicagu (pod vedením E. Fermiho)
16. 7. 1945	Prvý pokusný výbuch jadrovej zbrane, kodové označenie Trinity pri Alamogorde v štáte Nové Mexiko, USA. Mohutnosť 20 kt TNT (plutoniová)
2. 8. 1945	Vydaný rozkaz č. 13 na zvrhnutie jadrovej bomby na jedno z vybraných miest v Japonsku

Dátum	Udalosť
6. 8. 1945	Zvrhnutie jadrovej bomby Little Boy s mohutnosťou 20 kt TNT (uránová) na Hirošimu z lietadla B-29 Enola Gay (veliteľ – plukovník Tibbets)
9. 8. 1945	Zvrhnutie jadrovej bomby Fat Man s mohutnosťou 20 kt TNT (plutóniová) na Nagasaki z lietadla B-29 Bock's Car (veliteľ – major Sweeney)
21. 8. 1945	Prvá smrteľná nehoda vedeckého pracovníka pri vývoji jadrových zbraní v USA (Los Alamos)
od 23. 7. 1946	Operácia Crossroads – pokusné jadrové výbuchy USA na atole Bikiny, Marshallovo súostrovie v Tichom oceáne.
25.12.1946	Prvá riadená reťazová štiepna reakcia v Európe (pod vedením I. V. Kurčatova v Atomovom inštitúte v Moskve)
15. 6. 1948	Rada národnej bezpečnosti USA vyslala do Veľkej Británie 60 lietadiel B-29 s atomovými bombami, aby prelomila sovietsku blokádu Berlína
1948	Operácia Sandstone – ďalšie tri pokusné jadrové výbuchy USA na atole Eniwetok, Tichý oceán
29. 8. 1949	Prvý pokusný výbuch sovietskej jadrovej bomby RDS-1 (plutóniovej), označenej v USA Joe-1
31. 1. 1950	Prezident USA H.S. Truman vydal príkaz na výrobu termojadrovej (vodíkovej) bomby
5. 1951	Operácia Greenhouse (USA) – výbuchy prvých výskumných termonukleárných zariadení George a Item na atole Eniwetok
október – november 1951	Výbuch jadrových bômb malého kalibru v nevadskej púšti (USA) – operácia Buster – Jangle
3. 10. 1952	Prvý výbuch britskej jadrovej bomby – ostrov Trimouille v súostroví Monto Bello pri severozápadnom pobreží Austrálie
1. 11. 1952	Operácia Ivy – výbuch prvého úplného termonukleárného zariadenia USA Mike kalibru 10 Mt TNT na ostrove Elugelab v atole Eniwetok
25. 5. 1953	Test Grable v rámci operácie Upshot-Knothole – prvá skúška delostreleckej jadrovej munície Mk.9 kalibru 280 mm AFAB (artillery fired atomic projectile)
12. 8. 1953	Výbuch prvej sovietskej termojadrovej bomby RDS-6 (nazvanej v USA Joe-4)
1. 3. 1954	Pokusný výbuch Bravo v rámci operácie Castle – výbuch prvej „superbomby“ – trojfázovej termojadrovej bomby Shrimp s mohutnosťou 15 Mt TNT, atol Bikiny. Vopred výpočítaná mohutnosť mala byť len 3 Mt. Rádioaktívny spad zasiahol domorodcov na Marshallových ostrovoch, japonskú loď, osoby na majáku na južnom pobreží Japonska, ostrov Hokkaido, príslušníkov námornej základne USA. Okolo 300 osôb ochorelo chorobou z ožiarenia, niekoľko ich zomrelo
1954	Ďalšie výbuchy v rámci operácie Castle: Union, Yankee, Echo, Nectar, Romeo, Koon (USA)
16. 12. 1954	Prijaté uznesenie o zaradení tzv. taktických jadrových zbraní do výzbroje armád NATO
22. 11. 1955	Výbuch prvej sovietskej trojfázovej termojadrovej bomby RDS-37 (celkovo 24. sovietsky jadrový výbuch)
21. 5. 1956	Skúšobný výbuch Cherokee na atole Bikiny v rámci operácie Redwing. Termojadrová bomba TX-15-X1 s mohutnosťou 3,8 Mt TNT zhodená omylom na nesprávny cieľ (chyba asi 6 km)
15. 5. 1957	Výbuch prvej britskej termojadrovej bomby – operácia Grapple 1/Short

Dátum	Udalosť
	Granite pri ostrove Malden v Pacifiku
28. 5. 1957	Zahájená ďalšia séria jadrových výbuchov USA v Nevadskej púšti
9. 1957	ZSSR zahajuje sériu pokusných štiepných a termojadrových výbuchov
22. 7. 1958	Posledná explózia termojadrovej bomby na atole Bikiny (celkove sedemdesiata za celé obdobie 12 rokov) na Marshallovych ostrovoch
1958	Dve mimoriadne udalosti lietadiel – nosičov jadrových zbraní nad územím USA. V jednom prípade bomba nebola nájdená. V druhom prípade termonukleárna bomba 24 Mt z lietadla B-47 bola v Severnej Karolíne nájdená, ale zistilo sa, že zo šiestich poistiek fungovala len jedna
1. 12. 1959	Podpis viacstrannej Antarktckej zmluvy, ktorá zakazuje skúšať akekoľvek zbrane a vykonávať jadrové výbuchy v Antarktíde
13. 2. 1960	Explózia prvej francúzskej štiepnej bomby v centrálnej Sahare, oáza Reganne v Alžírsku (60 – 70 kt)
5. 8. 1963	Prijatá viacstranná zmluva o zákaze skúšok jadrových zbraní v ovzduší, pod vodou a v kozmickom priestore (bez ČLR, Francúzska a ďalších krajín)
16. 10. 1964	Explózia prvej čínskej jadrovej bomby s mohutnosťou 20 kt TNT (uránovej), odpálenej z veže alebo balóna v púšti Taklamakan v provincii Šintiang
14. 5. 1965	Ďalšia nukleárna skúška v ČLR (20 až 40 kt TNT) – bomba (uranová) zhodená z lietadla alebo z balónu
9. 5. 1966	Výbuch čínskej 210 kt TNT nálože obohatenej termojadrovým palivom (neúspešná termojadrová skúška)
27. 10. 1966	Čínska skúška operačnotaktickej balistickej riadenej strely (dolet 650 km) s jadrovou hlavnicou (urán 235) s mohutnosťou 200 kt TNT
28. 2. 1966	Expózia čínskej bomby (300 kt TNT) odpálenej z veže (urán 235 a 238)
27. 1. 1967	Podpísaná viacstranná zmluva o zásadach výskumu kozmického priestoru, ktorá zakazuje vypúšťať do kozmu objekty s jadrovými zbraňami a skúšať ich tam
16. 7. 1967	Výbuch prvej čínskej termojadrovej bomby (3 Mt TNT), vypustenej z lietadla vo výške 3 km (celkovo šiesty čínsky pokusný výbuch)
1. 7. 1968	Podpísaná viacstranná zmluva o nešírení jadrových zbraní. Zakazuje štátom, ktoré tieto zbrane vlastnia predávať ich iným štátom. Zároveň zakazuje štátom, ktoré jadrové zbrane nevlastnia, od kohokoľvek ich prijímať alebo vyrábať. Zaväzuje odovzdávať poznatky na mierové využitie jadrovej energie
24. 8. 1968	Prvý pokusný výbuch francúzskej termojadrovej bomby na atole Fangataufa v Tichom oceáne (2,6 Mt). Celkove na tomto atole vykonalo Francúzsko asi 99 výbuchov
1968	Prezident USA Lyndon Johnson vylásil, že atol Bikiny je znovu obývatel'ný. Krátko po tom sa zistilo, že obsah radionuklidov v pôde, vegetácií, zverí aj v rybách je po pozemných výbuchoch stále nad stanovené zdravotnícke normy a rozhodnutie muselo byť zrušené
23. 9. 1969	Prvá podzemná čínska nukleárna skúška (20 až 200 kt TNT)
11. 2. 1971	Podpísaná viacstranná zmluva o zakáze umiestňovania jadrových zbraní a iných ZHN na dnoch oceánov, morí a pod nimi
18. 5. 1974	India uskutočnila svoj prvý jadrový výbuch (údajne 12 až 13 kt, v skutočnosti asi 8 kt) – lokalita Pokrán v púšti Rádžastán
3. 7. 1974	Podpísaná zmluva medzi ZSSR a USA o obmedzení skúšok jadrových

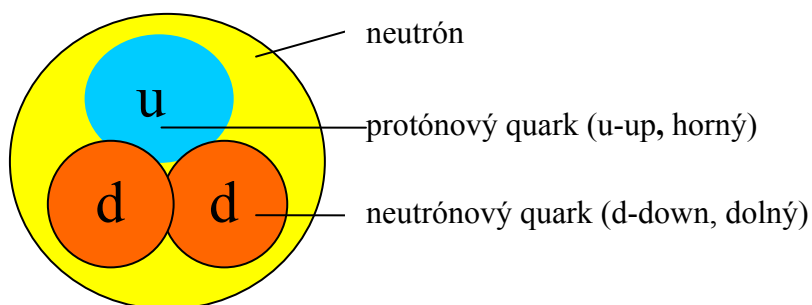
Dátum	Udalosť
	zbraní, ktorá zakazuje vykonávať výbuchy s mohutnosťou nad 150 kt a ukladá záväzok znížiť počet skúšok na minimum
28. 5. 1976	Podpísaná zmluva medzi ZSSR a USA o podzemných výbuchoch na mierové účely; povoľuje len podzemné výbuchy do 150 kt a skupinové do celkovej mohutnosti 4,5 Mt. Stanovuje zásady vzájomnej informovanosti o týchto výbuchoch
1978	Prezident USA J. Carter podpísal smernicu č. 59 o vedení tzv. obmedzenej jadrovej vojny v Európe
6. 8. 1985	Uzavretá viacstranná zmluva (z Cookových ostrovov), ktorá vyhlásila krajiny južného Tichomoria za bezjadrové pásmo. Zakazuje použitie, vlastníctvo, rozmiestňovanie a skladovanie radioaktívneho odpadu. Nezakazuje kotvenie lodí či pristávanie lietadiel s jadrovými zbraňami a vývoz uránu pre nevojenské účely
8. 12. 1987	Podpísanie zmluvy medzi USA a ZSSR vo Washingtone o likvidácii riadených striel stredného a krátkeho doletu a jadrových hlavíc pre ne
28. 5. 1998	Pakistan uskutočnil prvý pokusný jadrový výbuch s mohutnosťou asi 9 kt v pakistanskej púšti

1.2 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ JADROVÝCH ZBRANÍ

1.2.1 CHARAKTERISTIKA NEUTRÓNŮV

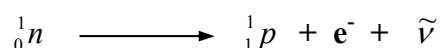
Hypotézu o existencii neutrálnych častíc atómu vyslovili W. D. Harkins, O. Masson, E. Rutheford v roku 1921. Neutróny experimentálne dokázal J. Chadwick v roku 1932. Neutrón patrí spolu s protónom medzi elementárne častice, ktoré tvoria základné stavebné prvky atómových jadier. Neutrón sa skladá z dvoch neutrónových kvarkov a jedného protónového kvarku, medzi ktorými sa nachádzajú gluóny viažuce kvarky dohromady. Na obrázku 1.4 je znázornené zloženie neutrónu.

Tento model štruktúry neutrónu bol prijatý na základe uznávaného *štandardného modelu hmoty*. [7]



Obrázok 1.4: Zloženie neutrónu

Neutrón nemá elektrický náboj, kludová hmotnosť m_n o málo prevyšuje jednu atómovú hmotnostnú jednotku u , $m_n = 1,008\ 665\ u$. Podľa ČSN 01 1300 z roku 1974 je hodnota $1u = 1,660\ 53 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}$. Keďže hmotnosť neutrónu je väčšia než hmotnosť protónu, voľné neutróny sú nestabilné a rozpadajú sa na *protón* 1_1p , *elektrón* e^- a *antineutrino* $\bar{\nu}$ s polčasom rozpadu $T_{1/2} = 12,8$ minút. Reakcia rozpadu neutrónu prebieha nasledovne [8]:



Významnou veličinou, ktorá ovplyvňuje chovanie (interakcie) neutrónov v hmotnom prostredí je kinetická energia neutrónov. Táto veličina sa môže nachádzať vo veľmi širokom intervale hodnôt od 0,0004 eV až do 100 MeV. Podľa kinetickej energie delíme neutróny do niekoľkých skupín. Rozdelenie neutrónov podľa kinetickej energie je uvedené v tabuľke 1.9.

Tabuľka 1.9: Rozdelenie neutrónov podľa kinetickej energie [9]

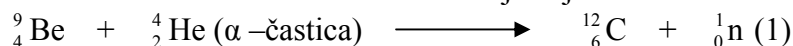
Neutróny		Energia
pomalé	chladné	< 0,002 eV
	tepelné	0,002 – 0,5 eV
	rezonančné	0,5 – 1000 eV
stredne rýchle		1 – 500 keV
rýchle		0,5 – 10 MeV
veľmi rýchle		10 – 20 MeV
relativistické		> 20 MeV

Energia 0,025 eV zodpovedá kinetickej energii tepelného pohybu molekúl. Presnejšie sú však definované len tepelné neutróny: sú to neutróny, ktoré sú v energetickej rovnováhe s jadrami atómov či molekúl prostredia, v ktorom sa pohybujú. Táto definícia je využiteľná len pre prostredie, v ktorom je možné zanedbať pohlcovanie neutrónov a jedinou prebiehajúcou reakciou je pružná zrážka. Rovnako ako kinetická energia tepelného pohybu atómov či molekúl, aj rozdelenie kinetickej energie tepelných neutrónov sa riadi Maxwell-Boltzmannovým zákonom.

1.2.1.1 Neutrónové reakcie

Z jadrových reakcií, ktoré sa za určitých podmienok môžu uskutočniť medzi atómovým jadrom a časticou, majú najväčší význam interakcie jadra s neutrónmi. Častice s elektrickým nábojom, ako sú napríklad častice alfa alebo protóny, získané rádioaktívnym rozpadom alebo urýchlením v elektrickom poli, prenikajú látkami len málo. Súvisí to s elektrostatickými silami, ktoré pôsobia medzi dopadajúcou časticou a elektrónmi atómov. Naproti tomu neutróny, ktoré nenesú elektrický náboj, a ktoré preto nemusia pri približovaní sa k atómovému jadru prekonávať odpudivú silu, môžu preniknúť k jadru omnoho bližšie. Z tohto dôvodu môžu aj tepelné neutróny, ktoré majú malú kinetickú energiu $E_k = 0,025$ eV, ($v_p = 2\,200$ m.s⁻¹, v_p – najpravdepodobnejšia rýchlosť tepelných neutrónov) vyvolať jadrovú reakciu.

Existenciu neutrónov po prvý raz experimentálne potvrdil J. Chadwick pri bombardovaní berýlia rýchlymi časticami alfa. Uskutočnila sa nasledujúca jadrová reakcia:



Neutróny, uvoľnené z jadra pri tejto reakcii dopadali na parafínový terčik a vyrážali z neho protóny, ktoré boli identifikované pomocou svojho náboja. Je dôležité poznamenať, že vyššie uvedená jadrová reakcia má dodnes praktický význam. Využíva sa v tzv. umelých zdrojoch neutrónov pre účely neutrónovej a reaktorovej fyziky. Vyrazené protóny sa používajú pri tzv. nepriamej metóde registrácie neutrónov.

1.2.1.2 Typy neutrónových interakcií s jadrmi atómov

Každý typ jadrovej reakcie je charakterizovaný účinným prierezom s indexom rozlišujúcim, o ktorý typ reakcie ide. K najdôležitejším **interakciám neutrónov s jadrmi atómov** patria

tieto reakcie:

- pružný rozptyl (n, n) účinný prierez σ_e
- nepružný rozptyl (n, n_i) účinný prierez σ_i
- nepružný rozptyl ($n, 2n$) účinný prierez σ_{2n}
- radiačný záchyt (n, γ) účinný prierez σ_c
- záchyt neutrónu a vyslanie nabitej častice (n, α) účinný prierez σ_α
- štiepenie (n, f) účinný prierez σ_f

V mnohých prípadoch môžu prebiehať všetky z uvedených reakcií, ale pravdepodobnosť uskutočnenia každej reakcie je iná. Napríklad pri bombardovaní vzorky $^{235}_{92}\text{U}$ tepelnými neutrónmi sú pravdepodobnosti, že sa uskutoční štiepenie, radiačný záchyt a rozptyl v pomere 60:10:1. [9]

Celkový (totálny) účinný prierez pre všetky jadrové reakcie vyvolané neutrónmi σ_t je daný súčtom jednotlivých účinných prierezov.

Z hľadiska neutrónovej bilancie rozlišujeme jadrové reakcie, pri ktorých sa celkový počet neutrónov v sústave nemení (rozptyl neutrónov, účinný prierez σ_s) a procesy, pri ktorých dochádza k zániku neutrónov (absorpcia neutrónov, účinný prierez σ_a). Schematicky to môžeme vyjadriť takto:

$$\underbrace{\sigma_e + \sigma_i}_{\sigma_s} + \underbrace{\sigma_{2n} + \sigma_c + \sigma_\alpha + \sigma_f}_{\sigma_a} = \sigma_t$$

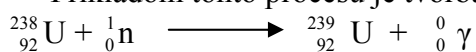
1.2.1.3 Krátka charakteristika interakcií neutrónov s jadrami atómov

Pružný rozptyl (n, n) – neutrón nevniká do jadra, iba mu odovzdá časť svojej kinetickej energie a zmení smer svojho pohybu. Tento proces sa uplatňuje pri moderovaní (spomaľovaní) neutrónov v aktívnej zóne štiepných náloží jadrovej munície a tepelných reaktorov.

Nepružný rozptyl – neutrón vniká do terčového jadra a vytvára zložené jadro v excitovanom stave. Jadro vyšle opäť jeden alebo dva neutróny, ale s nižšou kinetickou energiou, takže výsledná kinetická energia sústavy jadro – neutrón je po reakcii nižšia ako pred reakciou a jadro prechádza do základného stavu emisiou žiarenia gama (γ). K nepružnému rozptylu dochádza predovšetkým na stredných a ťažkých jadrách. Nepružný rozptyl prispieva k spomaľovaniu veľmi rýchlych neutrónov a je zdrojom tzv. sekundárneho žiarenia gama (γ).

Radiačný záchyt – je interakcia, pri ktorej vzniká excitované jadro, ktoré však prechádza do základného stavu emisiou γ žiarenia. Nové jadro, ktoré vzniklo vnútornou premenou neutrónu na protón je opäť nestabilné, emisiou častíc prechádza na iný izobár (na nuklid s rovnakým počtom nukleónov, ale s rôznym počtom protónov) a stabilizuje sa.

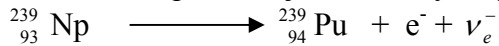
Príkladom tohto procesu je tvorba plutónia :



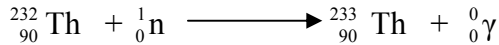
Vzniknutý urán je nestabilný, emituje s polčasom 23 minút elektróny a elektronové antineutrino a prechádza beta premenou na izobár neptúnia:



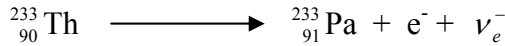
Transurán neptúnium je nestabilný a vysiela elektróny s polčasom rozpadu 2,3 dňa:



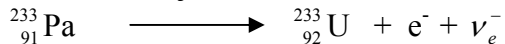
Plutónium je tiež rádioaktívne, emituje častice alfa, avšak so značne dlhým polčasom rozpadu (približne 24 tisíc rokov). Podobne prebieha premena ${}_{90}^{232}\text{Th}$ na ${}_{92}^{233}\text{U}$:



Tórium je nestabilné a prechádza na izobár protaktínia:

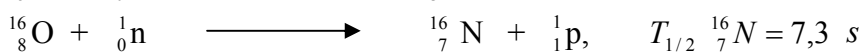
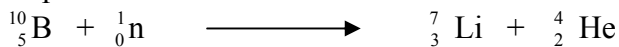


Protaktínium je nestabilné a rozkladá sa na urán:



Zachytenie neutrónu s vyslaním častice alfa (α) alebo protónu, emisia nabitej častice zo zloženého jadra je možná len pri najľahších prvkoch.

Napríklad:

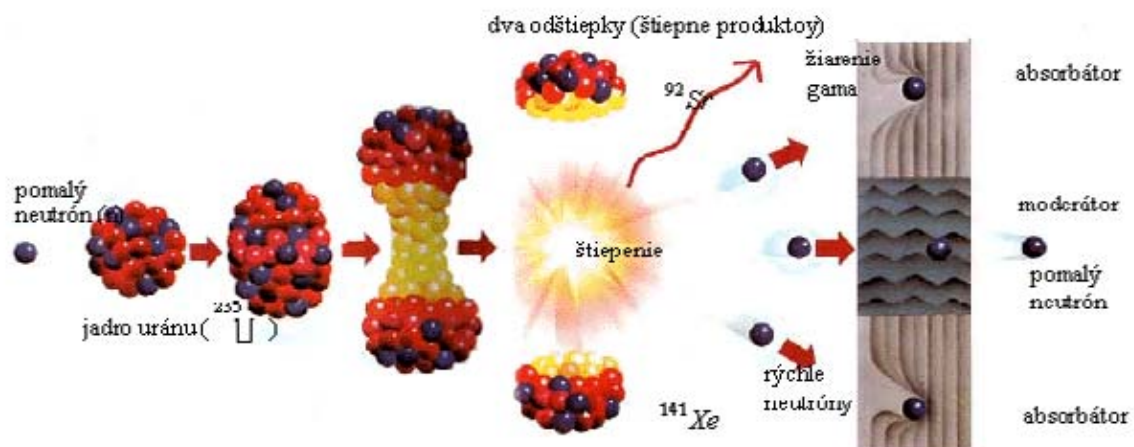


(kde: α – alfa žiarenie a p – protón)

Reakcia bóru s neutrónmi je veľmi dôležitou reakciou na znižovanie celkového počtu tepelných neutrónov v jadrových reaktoroch (bór je v moderujúcej kyseline boritej).

1.2.2 ŠTIEPNA JADROVÁ REAKCIA

Zvláštnym typom reakcie neutrónu s jadrom je štiepna reakcia, ktorá je označovaná symbolom (n, f) (obrázok 1.5). Štiepením sa pôvodné jadro rozdelí na dve väčšinou nerovnaké časti a uvoľnia sa 2 – 3 neutróny a gama žiarenie. [10] Z praktického hľadiska má význam štiepenie ťažkých jadier pomalými (tepelnými) neutrónmi (neutróny s energiou 0,025 až 0,5 eV), ktoré sa stalo základom funkcie štiepnych jadrových náloží a jadrových energetických reaktorov.



Obrázok 1.5: Štiepna jadrová reakcia (n, f) [4]

Podľa druhu bombardujúcich častíc možno štiepne reakcie rozdeliť do piatich hlavných skupín, a to štiepenie:

- a) pomalými – tepelnými neutrónmi,
- b) rýchlymi neutrónmi,
- c) rýchlymi nabitými časticami,
- d) fotónmi,
- e) samovoľné.

K štiepeniu tepelnými neutrónmi môže dôjsť len pri niektorých ťažkých jadrách ($^{233}_{92}\text{U}$, $^{235}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$ a transuránoch s vysokým protónovým číslom).

1.2.2.1 Základné podmienky a priebeh štiepnej jadrovej reakcie

Atómové jadro sa skladá z dvoch druhov elementárnych častíc – protónov a neutrónov, pre ktoré sa používa spoločné označenie nukleóny. Atómové jadro predstavuje centrálnu časť atómu s veľkosťou rádovo 10^{-15} m. Pretože veľkosť celého atómu je rádovo 10^{-10} m, oblasť jadra zaberá iba malú časť jeho priestoru. Objem, ktorý zaberá jadro je rádovo 10^{-45} m³ a objem atómu zaberá rádovo 10^{-30} m³, je teda 10^{15} -krát väčší. [8]

Rozmery jadier boli určené predovšetkým z experimentov s rozptylom rýchlych neutrónov a veľmi rýchlych elektrónov na skúmaných jadrách. Zistilo sa, že merná hmotnosť (hustota) jadier sa málo mení od jadra k jadru, to znamená, že objem jadra je úmerný počtu nukleónov A. Výpočtami sa zistila priemerná hustota atómového jadra $\rho = 1,3 \cdot 10^{17}$ kg.m⁻³. Tento výsledok ukazuje, že merná hmotnosť jadrovej látky je veľmi veľká a v žiadnom prípade sa nedá porovnať s mernou hmotnosťou obyčajných chemických prvkov a ich zlúčenín. [8]

Väzbová energia jadra

Ak porovnáme experimentálne zistenú hmotnosť jadier atómov so súčtom hmotnosti protónov a neutrónov obsiahnutých v jadre, zistíme, že hmotnosť jadier je vždy menšia. Tento rozdiel sa nazýva hmotnostný úbytok. To znamená, že vznik atómového jadra z jeho nukleónov je exotermický dej.

Podľa Einsteinovho vzťahu $E_v = \Delta M \cdot c^2$ medzi hmotou a energiou je hmotnostný úbytok ΔM ekvivalentný energii, ktorá je mierou väzbovej energie jadra a E_v je celková väzbová energia jadra. Práve toľko energie je potrebné jadru dodať, ak sa má rozložiť na príslušný počet protónov a neutrónov; rovnaké množstvo energie by sa uvoľnilo pri rozložení jadra na základné elementárne častice. [8]

Stabilné jadrá sú tie, ktorých zloženie sa s časom nemení. Naopak, nestabilné jadrá postupom času samovoľne (spontánne) menia svoje zloženie. Väčšina nuklidov, ktoré sa vyskytujú v prírode, má stabilné jadrá. V stabilnom jadre sa nukleóny nachádzajú v najnižších možných energetických stavoch a takéto jadrá nemôžu samovoľne emitovať nukleóny alebo iné častice.

Rádioaktivita je schopnosť jadier nuklidov samovoľne (spontánne) sa rozpadáť pri súčasnej emisii častíc alebo elektromagnetického žiarenia. Jadro pôvodného nuklidu sa pritom mení na jadro nového nuklidu

Ďalšou charakteristikou rádioaktivity je polčas rozpadu $T_{1/2}$. Je to doba, počas ktorej sa rozpadne polovica počiatočného množstva rádioaktívnych jadier nuklidu. Predpokladá sa, že v podstate sa rozpadajú atómy všetkých nuklidov, ale tie, ktoré považujeme za stabilné (nerádioaktívne), majú taký dlhý polčas rozpadu, že sa ho pri súčasných technických možnostiach nedarí zmerať.

Chovanie neutrónov v štiepnej náloží

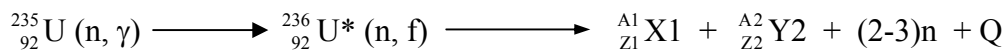
Pri fyzikálnych výpočtoch jadrových náloží sa zvyčajne vychádza z priemerného chovania neutrónov v danom systéme. Ak poznáme pravdepodobnosti jednotlivých interakcií neutrónov s jadrami, môžeme určiť rozdelenie hustoty neutrónov v štiepnej náloží a rýchlosti

všetkých reakcií, ku ktorým dochádza v dôsledku týchto interakcií a tak stanoviť aj priemerné chovanie neutrónov.

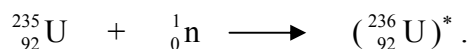
Neutróny uvoľnené pri štiepení majú pomerne vysokú priemernú energiu (okolo 2 MeV) a ľubovoľný smer. [9] Neutrón sa pohybuje z miesta, kde došlo k štiepeniu, po priamej dráhe až kým sa zrazí s jadrom alebo unikne zo systému. Vo fyzike neutrónov sa predpokladá, že oblasť mimo systému neobsahuje žiadny materiál, takže nedochádza k spätnému rozptylu neutrónov do systému a neutrón, ktorý unikol zo štiepnej náložky je pre ďalšie interakcie stratený. V prípade interakcie s jadrom atómu je neutrón pohltý alebo sa zmení jeho energia i smer pohybu (rozptyl). V danom prípade nás zaujíma charakter rôznych interakcií. Je zrejmy rozdiel medzi rozptylom a pohltím. Ak sa neutrón pri prvej zrážke rozptýli, stráca časť svojej energie a mení smer svojho pohybu. Pritom existuje určitá pravdepodobnosť, že neutrón pohybujúci sa v novom smere buď dosiahne rozhranie a opustí systém, alebo sa opäť zrazí s jadrom, pričom môže dôjsť k jeho absorpcii alebo rozptylu so zodpovedajúcou stratou energie a opätovnou zmenou smeru pohybu. Dráha každého neutrónu má potom tvar zložitej lomennej čiary, ktorá má počiatok v bode vzniku a koniec v bode, kde je absorbovaný, alebo kde prechádza hranicou reakčnej zóny.

1.2.2.2 Charakteristika štiepenia atómových jadier

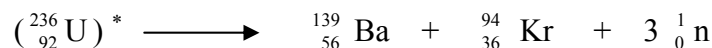
Všeobecná reakcia štiepenia uránu $^{235}_{92}\text{U}$ prebieha nasledovne [11] :



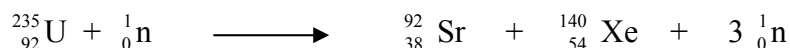
Proces štiepenia spočíva v rozdelení jadra na dva alebo viacej odštiepkov s hmotnosťami i atómovými číslami podstatne menšími ako pri východiskovom jadre. V prvom štádiu reakcie dochádza k pohltiu neutrónu [12]:



Jadro $(^{236}_{92}\text{U})^*$, ktoré je v tzv. vzburenom (excitovanom) stave, môže emitovať gama žiarenie bez štiepenia. Na vytvorenie pomerne stabilného izotopu $^{236}_{92}\text{U}$, ktorý má polčas rozpadu $2,4 \cdot 10^7$ rokov, prispieva 16 % z celkového počtu zachytených neutrónov a ostatných 84 % pohltých neutrónov vyvoláva štiepenie. Štiepenie $^{236}_{92}\text{U}$ môže prebiehať rôznymi spôsobmi (približne 40 spôsobov). Typickým príkladom štiepenia je rozpad podľa nasledujúcej rovnice [13]:



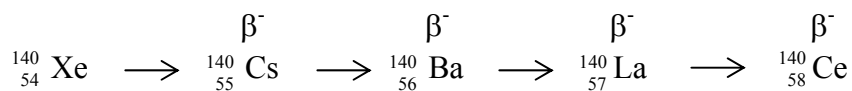
Produkty štiepenia majú dve dôležité vlastnosti – sú rádioaktívne a majú kinetickú energiu. Ďalším častým príkladom štiepenia $^{235}_{92}\text{U}$ je nasledujúca reakcia:



Štiepne produkty

Štiepne produkty majú príliš vysoký pomer počtu neutrónov k počtu protónov a sú preto nestabilné. Aj keď sa uvoľní okamžitý neutrón, pomer počtu neutrónov k počtu protónov v jadre odštiepku býva obvykle stále mimo oblasť stability pre príslušné hmotnostné číslo. Preto takmer všetky odštiepky sú rádioaktívne a emitujú záporné častice beta so sprievodným gama žiarením. Rádioaktívne bývajú i priame produkty rozpadu odštiepkov. Dĺžka rozpadových radov býva rôzna, v priemere odštiepok prechádza tromi rozpadovými štádiami, než sa utvorí stabilné jadro. Veľmi zaujímavý je rozpadový rad $^{140}_{54}\text{Xe}$, pretože je veľmi častý a tiež preto, že obsahuje prvky bárium a lantán, ktoré umožnili objavenie uránu.

Schéma tohto rozpadového radu [13]:



Štiepením jadier vzniká približne 60 rádioaktívnych nuklidov. Vzhľadom k tomu, že každý z nich je materským jadrom dvoch až troch nuklidov, tvoria štiepne produkty asi 180 rádioaktívnych druhov.

Energia štiepenia

Celková energia, ktorá sa uvoľňuje pri štiepení jedného jadra je asi 200 MeV. Podstatná časť tejto energie – asi 85 % – sa prejavuje vo forme kinetickej energie štiepnych produktov. Odštiepky, ktoré sa rozlietavajú s počiatočnou rýchlosťou rádovo $10^7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, sa spomaľujú zrážkami s jadrami okolitého prostredia, ktorým odovzdávajú časť svojej kinetickej energie. Pri tomto procese spomaľovania dochádza k intenzívnej ionizácii. Po určitom počte zrážok sa odštiepky spomaľujú tak, že sú v tepelnej rovnováhe s okolitým prostredím. Zvyšných 15 % energie uvoľnenej pri štiepení sa prejavuje vo forme žiarenia alebo kinetickej energie neutrónov emitovaných štiepnymi produktmi v okamžiku štiepenia. Rozdelenie energie uvoľnenej pri štiepení ${}_{92}^{235}\text{U}$ (podľa Glasstona-Edlunga a Murraya) je uvedené v tabuľke 1.10. [13]

Tabuľka 1.10: Rozdelenie energie uvoľnenej pri štiepení ${}_{92}^{235}\text{U}$ [13]

Forma uvoľnenej energie	E (energia) [MeV] Glasstone – Edlung	E (energia) [MeV] Murray
Kinetická energia štiepnych produktov	162	167
Okamžité gama žiarenie	6	7
Kinetická energia štiepnych neutrónov	6	5
Žiarenie pri rozpade štiepnych produktov:		
a) gama žiarenie	5	6
b) beta žiarenie	5	5
Neutrína	11	11
Celková energia uvoľnená pri štiepení jedného jadra ${}_{92}^{235}\text{U}$	195	201

Okamžité a oneskorené neutróny

Ako už vieme, štiepne produkty sú nestabilné, pretože majú nadbytok neutrónov. Do stabilného stavu sa môžu dostať vyslaním jedného alebo viacerých neutrónov, alebo konverziou neutrónu na protón a emitovaním beta častice.

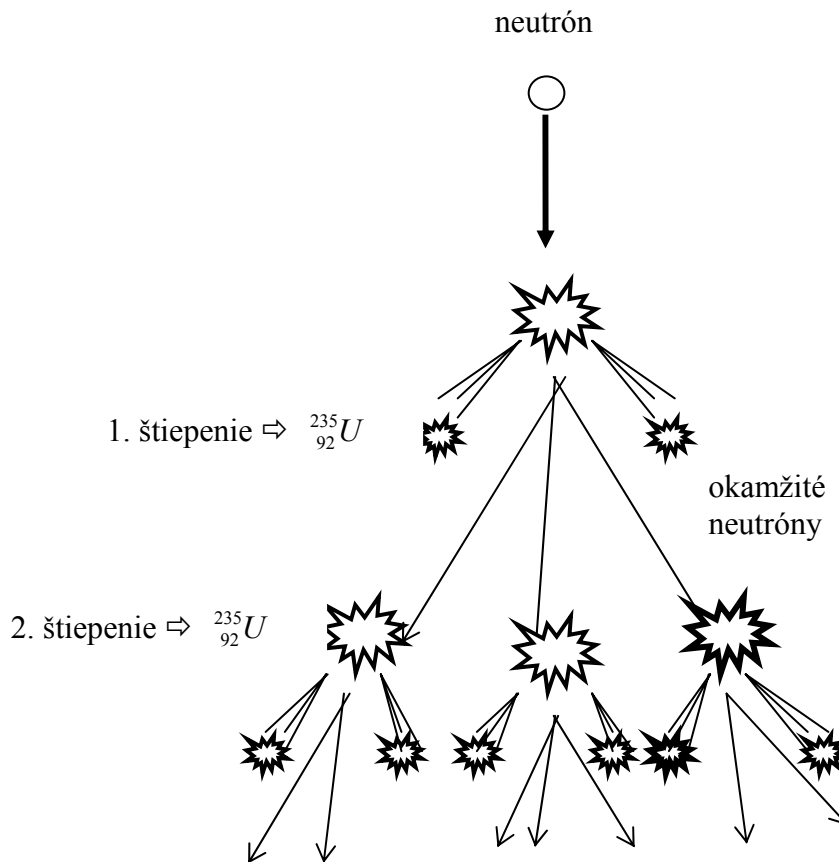
Takmer všetky nadbytočné neutróny sa uvoľňujú vo veľmi krátkom časovom intervale, asi 10^{-14} sekúnd po štiepení. Tieto neutróny, ktorých je približne 99 % z celkového počtu neutrónov vznikajúcich pri štiepení, sa nazývajú *okamžitými neutrónmi*. [13]

Pomerne malá časť neutrónov sa uvoľňuje z produktov v rôznych časových intervaloch po štiepení. Tieto neutróny tvoria skupinu tzv. *oneskorených neutrónov*.

1.2.2.3 Štiepna reťazová (lavínovitá) reakcia

Lavínovitá štiepna reakcia je ideálny prípad, ktorý nemusí nastať, lebo nie každý neutrón je predurčený výhradne pre štiepenie. Môže dochádzať k absorpcii neutrónu jadrom, k záchytu neutrónu jadrom, k absorpcii neutrónu v atómových jadrách iných látok alebo k di-

fúzií neutrónov a k ich úniku z reakčného systému. Aký bude priebeh štiepenia ťažkých jadier vyjadruje bezrozmerná veličina, tzv. multiplikačný faktor k .



Obrázok 1.6 Schéma lavínovitej štiepnej reakcie

Legenda k obrázku 1.6:

- 3. štiepenie ⇒ 27 okamžitých neutrónov
- 10. štiepenie ⇒ 59 049 okamžitých neutrónov
- 20. štiepenie ⇒ 348 690 000 okamžitých neutrónov
- 25. štiepenie ⇒ 205 911 445 000 000 okamžitých neutrónov

Multiplikačný faktor

Multiplikačný faktor umožňuje definovať predstavu, že štatistický proces štiepenia možno schematizovať ako postupnosť mnohých neutrónových generácií s určitou strednou dobou života. Označujeme ho k . Je to pomer počtu neutrónov dvoch po sebe nasledujúcich generácií n_{k-1} a n_k :

$$k = \frac{n_k}{n_{k-1}}$$

Multiplikačný faktor udáva priemerný počet neutrónov, ktoré dostaneme na konci každej generácie na jeden pôvodný neutrón. Keďže jeden neutrón je vždy potrebný na udržanie štiepnej reťazovej reakcie, udáva $k-1$ prírastok alebo úbytok neutrónov za dobu života jednej generácie na jeden neutrón. V závislosti na hodnote multiplikačného faktora môžu nastať tri prípady [7]:

- 1) $k < 1$ – počet neutrónov v sústave klesá, reťazová reakcia sa bez vonkajšieho zdroja neutrónov nemôže udržať, hovoríme o podkritickom množstve;
- 2) $k = 1$ – počet neutrónov v reakcii zostáva konštantný, reťazová reakcia sa samovoľne udržuje, ide o kritický stav;
- 3) $k > 1$ – počet neutrónov v reakcii lavínovito vzrastá, hovoríme o nadkritickom množstve (nadkritické množstvo je potrebné na priebeh lavínovitej štiepnej reakcie).

Vhodným usporiadaním sústavy možno dosiahnuť, aby sa proces samočinne udržoval a aby sa plynule uvoľňovala energia (obrázok 1.6).

Dôležitosť štiepnej reakcie spočíva v dvoch skutočnostiach. Po prvé, v už spomínanom fakte, že pri štiepení sa uvoľňuje pomerne značné množstvo energie a po druhé, že pri tejto reakcii vznikajú vedľa štiepných produktov tiež 2 až 3 neutróny.

1.2.3 CHARAKTERISTIKA FÚZNEJ (TERMONUKLEÁRNEJ) REAKCIE

Popri štiepení jadier ťažkých prvkov je fúzia (syntéza) jadier druhou možnosťou ako získať jadrovú energiu. Aby mohlo dôjsť k jadrovej fúzii – spojeniu jadier, je potrebné priblížiť jadrá čo najbližšie k sebe („až na dotyk“), aby začali pôsobiť jadrové príťažlivé (gluónové) sily. Tomu ale bránia elektrostatické odpudivé sily spôsobené kladnými nábojmi protónov v jadrách. Preto také priblíženie, ktorého následkom je splynutie dvoch ľahších jadier v jedno ťažšie, je možné, ak sa jadrá pohybujú obrovskou rýchlosťou, rádovo tisíce $\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$. Vhodné sú ľahké jadrá, pretože čím menej obsahujú protónov, tým sú odpudivé sily menšie. Túto rýchlosť im možno udeliť ohriatím na extrémnu teplotu (státisíce až desiatky miliónov stupňov). Preto týmto reakciám hovoríme aj termonukleárne (termojadrové). Rýchlosť pohybu úzko súvisí s teplotou. Čím je teplota vyššia, tým je chaotický pohyb častíc rýchlejší a pravdepodobnosť ich tesného priblíženia väčšia. Na začatie týchto reakcií sa používajú štiepne jadrové reakcie, ktoré pri výbuchu štiepnej munície poskytujú práve takéto vysoké teploty. Pri nich sa všetky molekuly vodíka rozpadávajú na atómy a vzájomným pôsobením sa od nich oddeľujú všetky elektróny. Atómy sú tak ionizované a vodík sa vplyvom teploty mení na plazmu ako elektrónojadrový plyn. [15]

Na fúziu (syntézu) jadier ťažších než vodík sú potrebné vyššie teploty. Napríklad pre kyslík sú to rádovo desiatky až stovky miliárd kelvinov K. Na účinnejší priebeh fúznej reakcie je popri vysokej teplote potrebná aj vysoká koncentrácia jadier. Čím bude viac jadier v určitom objeme, tým dôjde k väčšiemu počtu ich vzájomných zrážok a uvoľní sa viac energie.

Myšlienka uskutočniť termonukleárne reakciu vznikla skôr ako možnosť štiepenia jadier ťažkých prvkov. Podnietili ju najmä vedomosti z pozorovania vesmíru.

V medzihviezdnom priestore sú rozptýlené obrovské oblaky prachu a plynu, väčšinou vodíka. Keď sa hmota v ich vnútri začne zhlukovať, dochádza k zrodu hviezd. Dosiaľ presne nevieme, čo je príčinou zhlukovania a čo ho spúšťa. Zhluky sa postupne zmršťujú, lebo dochádza k ich kolapsu vplyvom gravitácie. Kolapsom sa uvoľňuje energia, ktorá zahrieva prach a plyn obsiahnutý v zhluku a spôsobuje, že zhluk začína žeravieť a stáva sa protohviezdou. Protohviezda je vo svojom strede (jadre) najhustejšia a najteplejšia. Postupne sa jadro zahrieva až na teplotu niekoľko miliónov stupňov Celzia. Keď stúpne až na 10 miliónov stupňov Celzia, začne v plyne prebiehať jadrová reakcia. Jadrá atómov vodíka sa začnú spájať (kombinovať dohromady) a vytvárajú sa z nich jadrá atómov hélia. Táto jadrová syntéza uvoľňuje neuveriteľné množstvo energie, prejavujúcej sa navonok ako radiácia, ktorá si nájde cestu k povrchovej energii smerujúcej rovnako vonkajším smerom vplyvom konvekcie a je vyžiarená do vesmírneho priestoru vo forme svetla a tepla. [16]

Je celý rad možných fúzných (termonukleárných) reakcií, ale iba niektoré môžu byť zdrojom energie pri termonukleárnom výbuchu. Na to musia byť splnené nasledujúce podmienky:

- a) dosiahnuteľnosť teploty potrebnej k iniciácii reakcie. Pri štiepnych jadrových výbuchoch vzniká teplota rádovo 10^7 K. Preto sa na iniciáciu fúznej výbušnej reakcii väčšinou používa uránová alebo plutóniová nálož.
- b) fúzna reakcia musí prebehnúť s dostatočnou rýchlosťou vzhľadom na krátkosť času, po ktorý je nálož v kompaktnom nerozptýlenom stave. Na rozvinutie fúznej reakcie musí stačiť čas, ktorý poskytne napríklad výbuch štiepnej nálože.
- c) energia, uvoľnená fúznou reakciou, musí značne prevyšovať iniciačnú energiu.
- Produkty fúzných (termonukleárných) reakcií, na rozdiel od produktov štiepnych reakcií, nie sú rádioaktívne. Symbolicky možno vyjadriť fúziu ľahkých jadier takto:



Tabuľka 1.11: Príklady fúzných reakcií [17]

Reakcie	Energetický výt'azok		Stredná doba reakcie (s)	
	na 1 jadro	na 1 kg	pri 10^7 K	pri 10^8 K
	MeV	J		
$^2_1\text{D} + ^3_1\text{T} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$	17,60	$33,9 \times 10^{13}$	$3,9 \times 10^{-5}$	$2,4 \times 10^{-7}$
$^2_1\text{D} + ^2_1\text{D} \rightarrow ^1_1\text{H} + ^3_1\text{T}$	4,03	$9,6 \times 10^{13}$	$1,9 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-6}$
$^2_1\text{D} + ^2_1\text{D} \rightarrow ^3_2\text{He} + ^1_0\text{n}$	3,26	$7,9 \times 10^{13}$	$1,9 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-6}$
$^7_3\text{Li} + ^2_1\text{D} \rightarrow 2 \text{}^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$	15	$15,9 \times 10^{13}$	$2,4 \times 10^{-3}$	$2,4 \times 10^{-5}$
$^6_3\text{Li} + ^2_1\text{D} \rightarrow 2 \text{}^4_2\text{He}$	22,40	$27,2 \times 10^{13}$	$7,5 \times 10^{-3}$	$7,5 \times 10^{-5}$
a na porovnanie výt'azok štiepnej reakcie				
$\text{n} + ^{235}_{92}\text{U}$ štiepenie	200	$8,19 \times 10^{13}$ J, $2,10^4$ TNT		

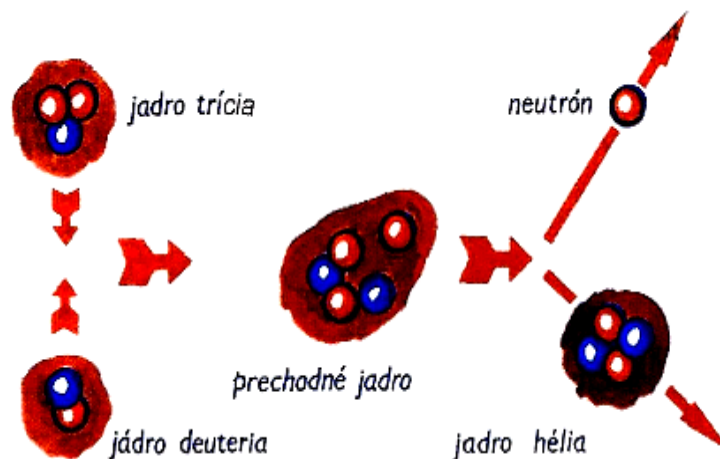
Jadrá hélia sú vysoko stabilné, preto ich fúzia môže byť zdrojom značnej energie. Medzi jadrami atómov je pre ich kladné náboje akási elektrostatičká bariéra, tvorená odpudivými elektromagnetickými silami. Preto je nutné dodať jadrovým časticiam, ktoré nesú kladný náboj, značnú energiu, aby sa dostali k inému jadrú do vzdialenosti rádovo 10^{-15} m. Až v tejto vzdialenosti prevládajú príťažlivé jadrové sily nad odpudivými elektromagnetickými silami. Dodanie značnej energie je teda základnou energetickou podmienkou pre začatie ľubovoľnej fúznej jadrovej reakcie.

Prakticky sú použiteľné fúzne reakcie nuklidov ľahkých prvkov vodíka (deutéria ^2_1D , ^2_1H , trícia ^3_1T a ^3_1H), hélia a lítia. Ostatné ľahké a ťažšie prvky by si vyžadovali mimoriadne vysoké teploty. Príklady niektorých dôležitých fúzných reakcií ľahkých jadier sú uvedené v tabuľke 1.11.

Reakcia lítia s deutériom sa nevyužíva, aj keď energetický zisk je vyšší (22,4 MeV) ako pri reakcii deutéria s trícium, pretože táto reakcia prebieha pomalšie, ako to vyplýva z tabuľky 1.11.

Reakcia deutéria a trícia, aj keď nie je energeticky najvýhodnejšia (uvoľní sa okolo 17,6 MeV pri potrebe 0,1 MeV na jej začatie), prebieha najrýchlejšie ($2 \cdot 10^{-7}$ s) zo všetkých doposiaľ známych fúzných reakcií (pozri tabuľku 1.11). Preto sa ako jediná využíva v praxi.





Obrázok 1.7: Fúzia deutéria a trícia [4]

Deutérium sa nachádza vo vode v množstve asi 40 mg.l^{-1} . Trícium je rádioaktívne, vyrába sa z lítia prítomného v litosfére Zeme.

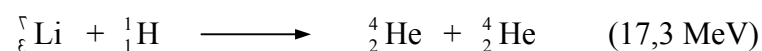
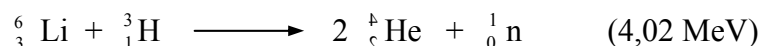
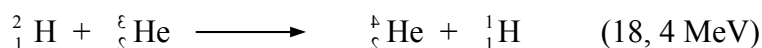
Množstvo energie získané pri fúzii deutéria a trícia na jeden kilogram héliových jadier zodpovedá približne energii výbuchu 75 tisíc ton tritolu (trinitrotoluénu).

Reakciu fúzie dvoch jadier deutéria uskutočnil laboratórne Cockroft s Rutherfordom v roku 1932 [4]:



Vyšší energetický výťažok z fúzie 1 kg jadier deutéria a trícia oproti 1 kg uránu 236, napriek tomu, že pri rozštípení jedného jadra uránu sa uvoľní energia asi 200 MeV a pri fúzii dvoch jadier deutéria a trícia iba 17,6 MeV, môžeme vysvetliť porovnaním hmotností týchto prvkov. Vzhľadom na rozdiel hmotnosti jadier deutéria, trícia a uránu, je v jednom kilograme jadrovej nálože podstatne viac atómov (a teda i jadier deutéria a trícia), ako atómov uránu alebo iného ťažkého štípného prvku. Preto je energetický výťažok fúznej reakcie vyšší ako pri štípanej reakcii.

Môžu prebiehať aj ďalšie fúzne (termonukleárne) reakcie [4]:



V praxi sa jadrová energia nemusí uvoľniť pri všetkých jadrových premenách. Pokiaľ má novovzniknuté jadro menšiu väzbovú energiu než pôvodné jadrá, veľké množstvo energie sa spotrebovávajú.

Pre fúziu reakciu jadier ľahkých izotopov vodíka (deutéria, trícia) je charakteristické:

- uvoľnenie veľkého množstva energie a rýchlych neutrónov pri syntéze každého jadra (až 17,6 MeV);
- spotreba nízkeho množstva energie oproti uvoľnenej, okolo 0,1 MeV na každé syntetizované jadro;
- táto spotreba ale predstavuje potrebu teploty desiatok miliónov Kelvinov ($10^7 \text{ K} = 1 \text{ keV}$) a tlak stoviek gigapascalov (10^{11} Pa), aby sa prekonali elektrostatické odpudivé sily jadier, rozrušili elektrónové obaly, vytvorila sa plazma, jadrá získali obrovskú rýchlosť umožňujúcu priblížiť sa až „na dotyk“, a mohli sa využiť mohutné vnútrojadrové sily s malým dosahom;

- d) produkt reakcie – syntetizované jadrá – nie je rádioaktívny;
- e) na použitie sú vhodné len tie reakcie, ktoré prebiehajú dostatočne rýchlo, tak ako štiepna reakcia iniciátora, pretože inak by jadrový výbuch rozmetal termojadrovú náplň skôr, než by zreagovala (rádovo mikrosekundy, 10^{-6} sekundy).

Ako vidieť z týchto príkladov, pri termonukleárných syntézach sa uvoľňuje niekoľkonásobne viac energie ako pri štiepných jadrových reakciách. Tento fakt spôsobil, že v prvej etape vývoja sa poznatky využili, lepšie povedané zneužili, na výrobu termonukleárnej zbrane známej ako „vodíková bomba“. Neskôr sa ale veda začala vážne zaoberať aj mierovým využívaním termonukleárnej syntézy. Zatiaľ najväčším termonukleárnym reaktorom je naše Slnko. Každú sekundu vyžaruje do prostredia teplo, ktoré odpovedá spáleniu $12 \cdot 10^{15}$ ton uhlia. Na slnku takáto reakcia prebieha pri teplote okolo 20 miliónov °C, obrovskom tlaku (10^{12} Pa) a hustote 7-krát väčšej ako je hustota olova.

Počiatky mierového využitia fúznej reakcie sa datujú do roku 1956, keď I. V. Kurčatov položil základy k riadeniu a kontrole termonukleárných reakcií. Najväčším problémom v praxi, ako ukázala teória, bola potreba „skrotiť“ plazmu (elektrónjadrový plyn). Tento problém vedci vyriešili pomocou silného magnetického poľa. V súčasnosti sa na tomto úseku pracuje len v rámci vedeckého výskumu, čo potvrdzujú niektoré informácie z laboratória fyziky plazmy Princetonskej univerzity v USA na pokusnom reaktore typu TOKAMAK. [18]

Ovládnutie termonukleárnej reakcie človekom bude ďalším veľkým víťazstvom človeka pri objavovaní „malého, ale mocného atómu“.

1.3 DRUHÝ A NIČIVÉ FAKTORY JADROVÝCH ZBRANÍ

1.3.1 ZÁKLADNÉ POJMY V OBLASTI JADROVÝCH ZBRANÍ

Jadrové zbrane, založené na využití energie jadier atómov, sú najúčinnější prostriedky hromadného ničenia. Ide o úplné zariadenia (implozívneho, hlavňového alebo termonukleárneho typu), ktoré sú vo svojej konečnej podobe (po dokončení stanovených prípravných úkonov – odistení, iniciácii roznecovadla a odpálení) schopné uskutočniť plánovanú jadrovú reakciu a uvoľniť energiu.

Súčasnú jadrovú zbraň sa skladajú z vlastnej výbušnej jadrovej nálož, prostriedku na jej dopravu na cieľ a systémov riadenia a navedenia na cieľ. Vlastné výbušné jadrové zbrane sú založené na využití vnútrojadrovej energie, ktorá sa uvoľňuje pri umelo vyvolaných jadrových reakciách a je určené na ničenie živej sily, zbraní a bojovej techniky, dôležitých objektov a obyvateľstva.

Základom jadrových zbraní je jadrová munícia, ktorá obsahuje štiepnu alebo termonukleárnu nálož. Do tejto munície zahŕňame [16]:

- bojové časti (hlavice) riadených striel, delostreleckých a iných rakiet, torpéd a pod.,
- letecké bomby,
- delostrelecké strely a míny,
- ženijné míny.

Podľa mohutnosti výbuchu sa jadrové zbrane delia do týchto piatich skupín:

- veľmi malej mohutnosti – do 1 kt,
- malej mohutnosti – 1 až 10 kt,
- strednej mohutnosti – 10 až 100 kt,
- veľkej mohutnosti – 100 až 1 000 kt (1 Mt),
- veľmi veľkej mohutnosti – nad 1 Mt.

Do jadrových zbraní patria popri vlastnej jadrovej munícii tiež prostriedky na dopravu na cieľ (nosiče). V súčasnosti ich obvykle rozdeľujeme takto:

- taktické s dosahom 30 až 50 km,
- operačno-taktické s dosahom do 1 000 km,
- strategické, niekedy delené do troch podskupín: - krátkého doletu (1 000 až 2 500 km),
- stredného doletu (2 500 až 5 000 km),
- ďalekého doletu (nad 5 000 km).

V USA používajú trochu inú kategorizáciu:

- SRBM (Short-Range Ballistic Missile) – balistické RS krátkého doletu (do 1 000 km),
- MRBM (Medium-Range Ballistic Missile) – balistické RS stredného doletu (od 1 000 do 3 000 km),
- IRBM (Intermediate-Range Ballistic Missile) – balistické RS väčšieho stredného doletu (od 3 000 do 5 500 km),
- ICBM (Intercontinental Ballistic Missile) – medzikontinentálne balistické RS (nad 5 500 km).

Jadrová výbušnina (jadrové palivo) je látka vhodná na uskutočnenie jadrovej výbušnej reakcie. Jadrová výbušnina môže byť:

a) štiepna – $^{233}_{92}\text{U}$, $^{235}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$, izotopy $^{249}_{98}\text{Cf}$ [16],

b) termonukleárna (vodíková, fúzna, termojadrová) – izotopy vodíka, D, T a $\text{Li} + ^{238}_{92}\text{U}$ pri trojfázovej jadrovej náplni.

Jadrová náplň (jadrová nálož) je jadrová výbušnina so zariadením, ktoré iniciuje jadrovú výbušnú reakciu. Jadrová náplň je teda systém, ktorý možno priviesť k jadrovému výbuchu.

Jadrová munícia (jadrový náboj) je jadrová náplň spolu s obalom eventuálne so zariadením, v ktorom je dopravovaná na cieľ. Pojem jadrový náboj môžeme stotožňovať s pojmom jadrová hlavica. Môžeme teda hovoriť o jadrovej bombe, jadrovej riadenej strele, delostreleckej jadrovej strele a podobne.

Štiepna reťazová reakcia vyvolaná pomalými neutrónmi môže prebiehať lavínovite len v dostatočne veľkom množstve štiepneho materiálu, napríklad uránu $^{235}_{92}\text{U}$. Pri menšom množstve sa buď nerozvinie alebo uhasína, pretože väčšina neutrónov vyletuje mimo tento urán a nespôsobuje ďalšie štiepenie. Časť neutrónov okrem toho pohltia jadrá atómov prímiesi uránu bez vyvolania štiepenia. To je tiež príčinou, prečo štiepna reťazová reakcia neprebíha v prírodnom uráne (kde je len 0,71 % uránu $^{235}_{92}\text{U}$) a štiepenie jadier prebieha len jednotlivito. Už v roku 1940 objavili sovietski fyzici Petržak a Flerov samovoľné štiepenie uránu 238. [6] Prítomnosť takého malého percentuálneho zastúpenia nuklidu uránu $^{235}_{92}\text{U}$ v prírodnom uráne je zapríčinená hlavne polčasom rozpadu uránu 235, ktorý je $7,1 \cdot 10^8$ rokov, kým urán 238 má polčas rozpadu $4,51 \cdot 10^9$ rokov. Oba nuklidy uránu sú zároveň východzími prvkami dvoch prirodzených rozpadových (premenných) radov. Premenné reakcie v týchto rozpadových radoch prebiehajú neustále (v priebehu minulého vývoja Zeme i v súčasnosti), čo má za následok, že uránu $^{235}_{92}\text{U}$ zostalo v prírodnej zmesi uránu len také malé percento. Najmenšie možné množstvo, v ktorom môže prebehnúť reťazová reakcia je tzv. kritické množstvo. Na jeho veľkosť má vplyv aj tvar usporiadania jadrovej náplne. Ako najefektívnejšia sa ukázala guľa. Rovnako aj dostatočné zdroje neutrónov, „reflektory“ – odrážače neutrónov a iné konštrukčné a technické zlepšenia môžu pomôcť znížiť kritické množstvo štiepneho materiálu.

V reaktoroch jadrových elektrární vzniká z ožarovaného uránu ďalší rádioaktívny prvok – plutónium, ktoré sa používa na výrobu jadrových zbraní najmä preto, lebo jeho kritické množstvo je podstatne nižšie než pri uráne (tabuľka 1.12).

Tabuľka 1.12: Kritické hmotnosti jadrových náloží pre materiál s normálnou hustotou

Náplň	Reflektor	Hrúbka reflektora (cm)	Kritické množstvo (kg)
Urán 235	-	-	49
Urán 235	berýlium	10	14
Urán 235	prírodný urán	10	18
Plutónium 239	-	-	12,5
Plutónium 239	berýlium	5,2	5,4
Plutónium 239	berýlium	32	2,5
Plutónium 239	prírodný urán	5	6,4
Plutónium 239	prírodný urán	24	4,4
Kalifornium	-	-	5,3 g
Kalifornium	berýlium	5	1,6 g

Existuje množstvo ťažkých jadier izotopov, ktoré sa môžu štiepiť účinkom neutrónov, ale len málo je tých, ktoré emitujú neutróny s dostatočnou energiou na rozštiepenie ďalších jadier. K jadrom, ktoré sa môžu rozštiepiť účinkom neutrónov s určitou energiou, patria:

- $^{235}_{92}\text{U}$, ktorého je v prírodnom uráne 0,71 %;
- $^{239}_{94}\text{Pu}$, získané ako umelý prvok v jadrových reaktoroch z prírodného $^{238}_{92}\text{U}$;
- $^{238}_{92}\text{U}$ (prírodný), štiepateľný za určitých podmienok, len rýchlymi neutrónmi;
- $^{233}_{92}\text{U}$, získavaný v jadrových reaktoroch z $^{232}_{90}\text{Th}$;
- ďalšie rádionuklidy (najmä transurány), napr. amerícium, kalifornium, berkélium a pod.

Cesta, ktorú prejdú neutróny v štiepnej náplni, než narazia na atómové jadro, je tzv. stredná voľná dráha. Jej dĺžka je niekoľko centimetrov. Ak bude nálož kratšia, väčšia časť neutrónov z nej unikne do okolia a štiepna reakcia nemusí prebehnúť reťazovo, alebo neprebehne vôbec, čo znamená, že nebolo dosiahnuté kritické množstvo. Neutróny emitované pri štiepnej reakcii majú rýchlosť okolo $2 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (t. j. $20\,000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$) a než narazia na jadro prebehnú len niekoľko centimetrov, čo trvá menej než stomilióntinu sekundy. V súčasnej štiepnej munícii prebehne do výbuchu asi 56 štiepných generácií, ktoré uvoľnia z hmotnosti 38 kg v okamihu explózie asi 2,8 TJ (10^{12} cal). To všetko prebehne za menej než 1 mikrosekundu (μs).

Ak okolo štiepnej náplne použijeme vhodný obal, ktorý odráža neutróny späť do nálože (napr. berýlium), zvyšuje sa multiplikačný faktor a znižuje sa množstvo štiepateľnej látky, potrebné na dosiahnutie kritického množstva. Vzhľadom na zníženie množstva štiepneho materiálu sa ale samozrejme zníži mohutnosť munície, teda množstvo energie získané jej výbuchom. Zvyšovanie podielu prímiesí v náloži vedie k pohlcovaniu neutrónov, bez produkcie sekundárnych neutrónov. To znižuje multiplikačný faktor.

Ďalším problémom je usporiadanie jadrovej náplne a mechanizmus jej pohybu. Ak je bezpodmienečne nutné, aby v okamihu, keď je to potrebné, mala munícia nadkritické množstvo hmoty náplne, potom je treba z bezpečnostných dôvodov toto nadkritické množstvo počas manipulácie s muníciou – jej výrobe, doprave, lete na cieľ a podobne – vylúčiť. To sa dá dosiahnuť rozdelením náplne na niekoľko podkritických množstiev, ktoré sa po uvedení (časovaného) mechanizmu do činnosti spoja.

Mechanizmus využíva okrem zapalovacieho zariadenia s nastaveným spomaľovačom klasickú trhavinu, umiestnenú za častkovými jadrovými náplňami, ktorá výbuchom tieto časti vymrští proti sebe. Obal munície pritom pôsobí podobne ako hlaveň dela usmerňujúca dráhu letu častkovej náplne. Pri vytvorení nadkritického množstva jadrovej štiepnej náplne spojením častkových náloží sa začne reťazová reakcia. Aby bol zaručený bezporuchový lavínovitý

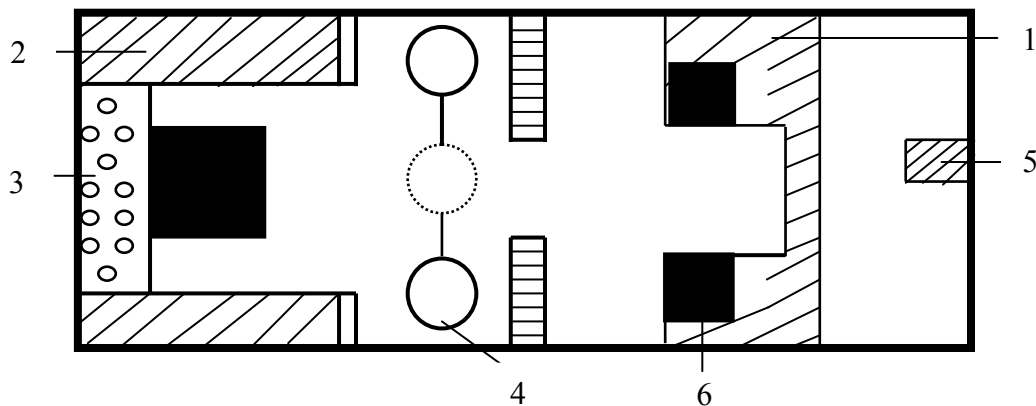
priebeh reakcie, umiestňuje sa do munície umelý intenzívny zdroj neutrónov z $^{235}_{92}\text{U}$. Reakcia potom prebehne obrovskou rýchlosťou. Napríklad v 1 kg $^{235}_{92}\text{U}$ prejde rozpadom alfa 78,2 miliónov jadier v priebehu jednej mikrosekundy. To znamená, že pri rozštípení jadier 1kg tohto nuklidu sa uvoľní toľko energie, koľko odpovedá energii výbuchu 20 kt TNT. Toto obrovské množstvo energie sa uvoľní v nesmierne malom priestore a časovom úseku. Tým dochádza ku gigantickému koncentrácii energie, ktorá je desať miliónkrát vyššia než koncentrácia energie pri výbuchu klasických výbušnín. Preto pri výbuchu jadrovej munície vytvára teplota niekoľko stotisíc až miliónov Kelvinov a tlak niekoľko tisíc gigapascalov (GPa).

Obal munície má svoj význam nielen pre dopravu a tienenie žiarenia na ochranu obsluhy. Teplota a tlak, ktorý vzniká pri jadrovej reakcii spôsobuje, že štiepny materiál je rozmetaný skôr, než celý zreagoval. Uvádza sa, že napríklad pri bombe použitej 6. 8. 1945 pri jadrovom výbuchu nad Hirošimou z 50 kg $^{235}_{92}\text{U}$ (kritické množstvo 49 kg) zreagoval len 1 kg. Obal s vysokou pevnosťou a z ťažko tavitelného materiálu obmedzuje predčasné rozmetanie náplne a zabezpečuje jej väčšie využitie. Tým sa zväčšuje mohutosť výbuchu.

Množstvo vnútrojadrovej energie uvoľnenej pri výbuchu závisí na uvedených faktoroch, hlavne na veľkosti štiepnej nálože. Čím je väčšia, pri dodržaní ostatných kritérií, tým je väčšia i mohutosť výbuchu. Ani najlepšimi konštrukčnými úpravami ale nemožno nálož zväčšovať do nekonečna. Je to dôsledok obtiaží so zachovaním podkritického množstva častkových náplní, dostatočnej vzdialenosti medzi nimi, kvalitou plášťa a podobne. Preto sa tvrdí, že pri klasickej jadrovej munícii z $^{235}_{92}\text{U}$ a $^{239}_{94}\text{Pu}$ možno dosiahnuť maximálnu mohutosť okolo 500 kt a najnižšiu 10 t TNT. [21], [22], [23]

1.3.2 DRUHY A KONŠTRUKČNÉ PRINCÍPY ŠTIEPNEJ JADROVEJ MUNÍCIE

Podľa toho ako je upravené okamžité tvorenie nadkritického stavu jadrovej výbušniny, rozlišujeme tieto hlavné typy jadrovej munície [16]:



Obrázok 1.8: Štiepna jadrová munícia – explozívna

1 – pevná časť jadrovej náplne, 2 – pohyblivá časť jadrovej náplne, 3 – klasická výbušnina, 4 – zdroj toku neutrónov, 5 – počinové zariadenie, 6 – štiepny materiál ($^{235}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$)

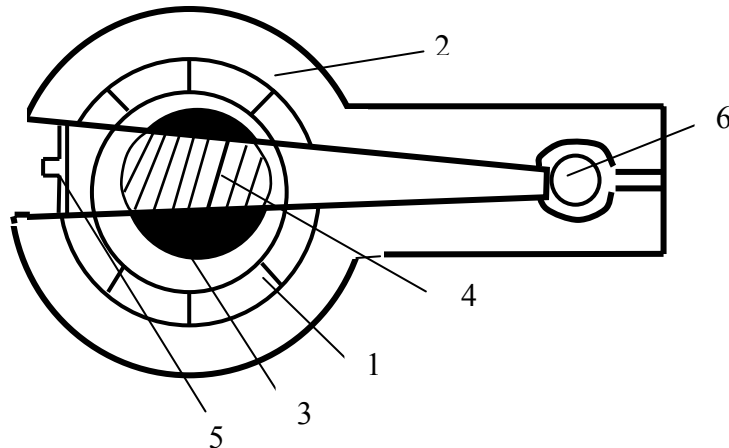
a) na princípe priblíženia podkritických častí (explozívny, hlavňový typ).

Nadkritický stav sa vytvorí okamžitým spojením dvoch podkritických množstiev,

z ktorých jedno býva prudko vystrelené proti druhému, statickému. Príkladom je jadrová munícia (mína) na obrázku 1.8

b) absorpčný typ munície (obrázok 1.9).

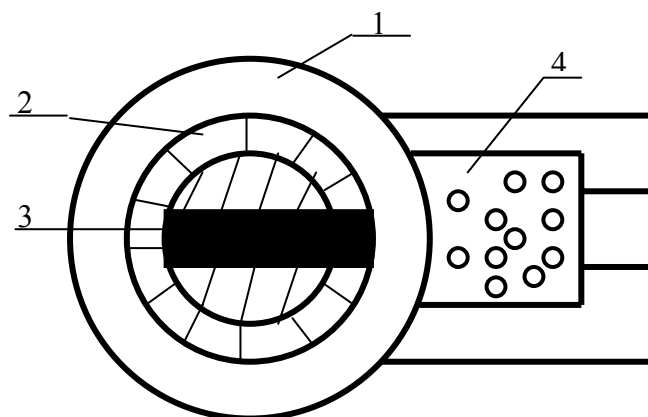
Vo výbušnine nadkritickej hmotnosti i tvaru je uložená látka, pohlcujúca neutróny a znižujúca hodnotu koeficientu rozvoja štiepnej reakcie "k". V okamihu odstránenia pohlcovača neutrónov nastane výbuch.



Obrázok 1.9: Štiepna jadrová munícia - absorpčná

1 – neutrónový reflektor, 2 – oceľový plášť, 3 – štiepna náplň, 4 – pohlcovač neutrónov, 5 – poistka (bezpečnostný kolík), 6 – počínové zariadenie (výmetná náplň)

c) konštrukcia štiepnej náplne s pretvarovaním štiepnej látky (obrázok 1.10).



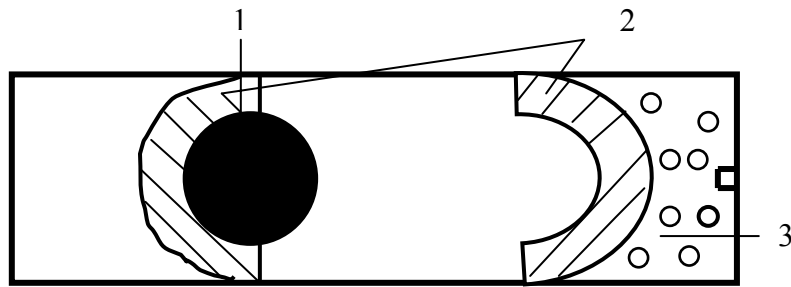
Obrázok 1.10: Jadrová munícia s pretvarovaním štiepnej látky

1 – oceľový plášť, 2 – neutrónový reflektor, 3 – štiepna látka, 4 – výmetná náplň

d) na princípe okamžitého prívodu odrážača neutrónov (obrázok 1.11).

Štiepna jadrová výbušнина prejde do nadkritického stavu okamžitým prívodom odrážača

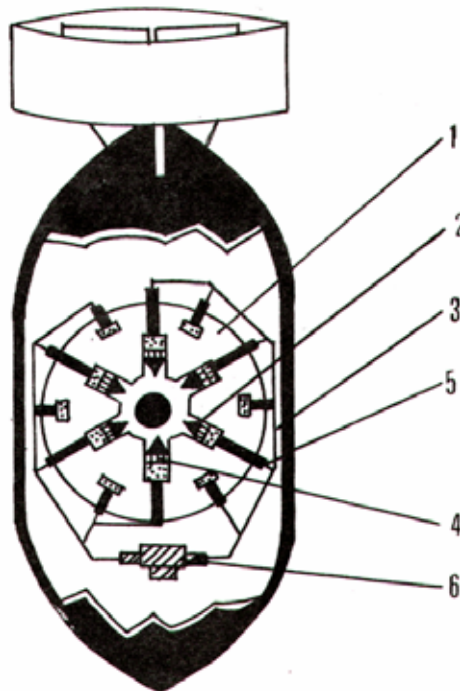
neutrónov. Ten zníži únik neutrónov do okolia a zvýši koeficient rozvoja štiepnej reakcie (multiplikačný faktor) na hodnotu väčšiu ako jedna.



Obrázok 1.11: Štiepna jadrová munícia s neutrónovým odrážačom

1 – štiepna jadrová munícia, 2 – neutrónový odrážač
3 – klasická výbušnina

- e) štiepna munícia implozívneho typu (na princípe okamžitého zvýšenia hustoty štiepnej jadrovej výbušniny (obrázok 1.12).
Podkritické časti nadkritickej hmotnosti sú v okamihu výbuchu vstrelené klasickou výbušninou do stredu náplne, kde sa tak vytvorí nadkritické množstvo spojením menších častí, ako aj zvýšením hustoty štiepnej výbušniny.

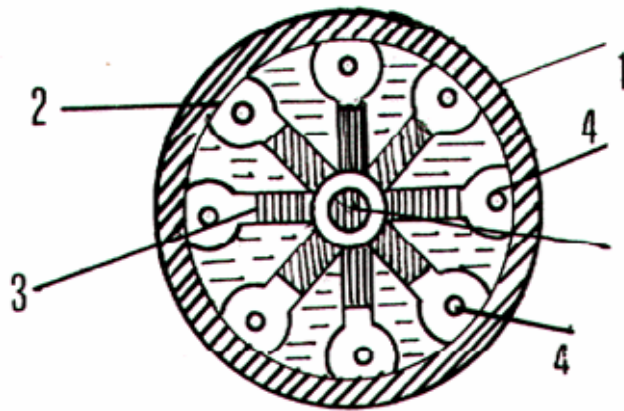


Obrázok 1.12: Štiepna munícia implozívneho typu

1 – klasická výbušnina, 2 – štiepna látka, 3 – zdroj neutrónov,
4 – odrážač neutrónov, 5 – detonátor, 6 – počínové zariadenie

- f) implozívny typ – pretvarovací (obrázok 1.13).
Štiepna jadrová výbušnina s nadkritickou hmotnosťou je upravená do tvaru, ktorý umož-

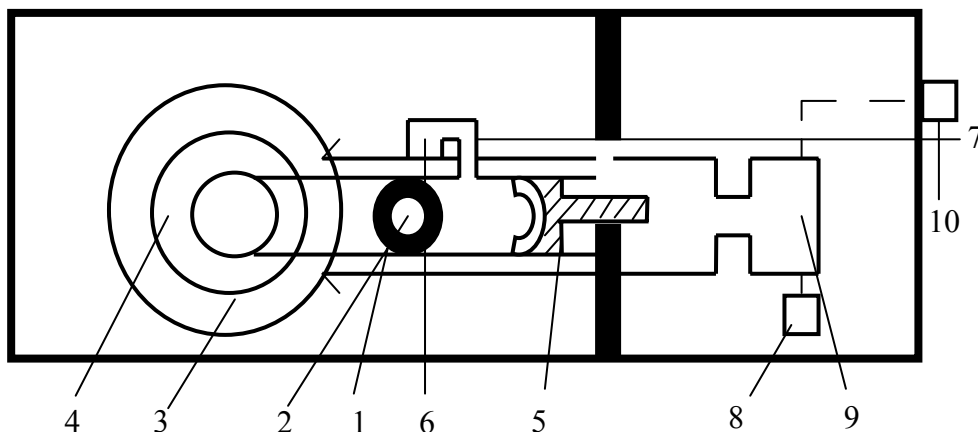
ňuje veľký únik neutrónov. Výbuchom klasickej výbušniny je pretvarovaná do nadkritického stavu (gule), čo umožní začať jadrovú premenu.



Obrázok 1.13: Štiepna jadrová munícia pretvarovacia

1 – oceľový plášť, 2 – neutrónový reflektor, 3 – štiepna látka v podkritickom stave, 4 – počínové zariadenie

- g) implozívny typ na princípe zmenšenia objemu (zvýšenia hustoty). Nadkritická hmotnosť štiepnej jadrovej výbušniny je upravená do podkritického objemu. Výbuchom klasickej nálože sa stlačí do nadkritického objemu čo umožní priebeh jadrovej reakcie. Táto úprava umožňuje meniť mohutnosť výbuchu pri použití pomerne malého množstva jadrovej výbušniny. Príkladom tohto typu je jadrová mína na obrázku 1.14.



Obrázok 1.14: Súčasti štiepnej jadrovej munície implozívneho typu na poklade zmenšenia objemu (zvýšenia hustoty)

- A. Jadrová náplň** (1 – štiepny materiál, 2 – zdroj neutrónov, 3 – klasická výbušnina, 4 – elektrické rozbušky)
B. Výmetné zariadenie (5 – piest k zavedeniu štiepneho materiálu, 6 – zdroj tlaku pre zavedenie štiepneho materiálu, 7 – ovládací prvok na uvoľnenie tlaku na piest)
C. Iniciačné zariadenie (8 – zdroj elektrického napätia, 9 – časové a povelové zariadenie, 10 – prijímač signálov)

Výbušné jadrové zariadenie všeobecne musí mať tieto hlavné časti:

- vlastnú jadrovú náplň (je to štiepna jadrová výbušnina, neutrónový odrážač a zariadenie k zaisteniu výbuchu);
- zariadenie na vytvorenie nadkritických podmienok;
- počínové zariadenie (napr. časový zapalovač, prijímač signálov, napájacie zdroje, časové, kontrolné a autodeštrukčné zariadenie).

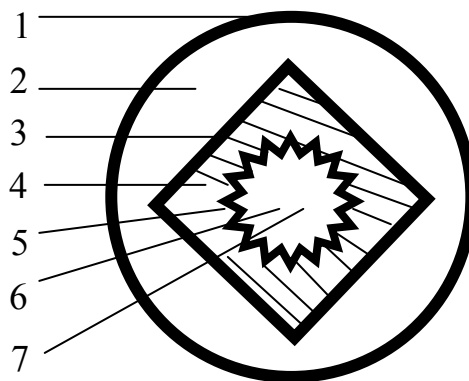
1.3.3 DRUHY A KONŠTRUKČNÉ PRINCÍPY FÚZNEJ (TERMONUKLEÁRNEJ) MUNÍCIE

Podľa prítomnosti jednotlivých zložiek a ich konštrukčného usporiadania môžeme termonukleárnu (termojadrovú) muníciu rozdeliť na:

- jednofázovú;
- dvojfázovú (vodíkovú);
- trojfázovú (vodíkovouránovú), ktorá zahŕňa:
 - muníciu iniciovanú chemickou cestou;
 - muníciu iniciovanú laserovým impulzom;
 - muníciu s riadenou aktiváciou (kobaltová nálož);
- neutrónovú (špecifický druh termojadrovej munície).

1.3.3.1 Jednofázová termojadrová munícia

Vysoké teploty na iniciáciu termojadrovej reakcie deutéria a trícia sa dosahuje účinkom kumulatívnych náloží klasickej výbušniny usmernených tak, aby sa detonačné vlny čiastkových náloží stretli v jednom mieste. Termojadrová výbušnina sa stlačením zahreje na iniciáčnú teplotu so súčasným zahájením reakcie deutéria a trícia (obrázok 1.15). [16]



Obrázok 1.15: Schematický rez jednofázovou termonukleárnou muníciou

- 1 – vonkajší obal, 2 – klasická výbušnina, 3 – oceľový obal kumulatívnej nálož,
4 – kumulatívna nálož klasickej výbušniny a deutéria lítia ${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{D}$, 5 – vložka kumulatívnej nálož a lítia, 6 – termonukleárna náplň s počínovou náplňou ${}^2_1\text{D} + {}^3_1\text{T}$, 7 – vákuum

Jednofázová termonukleárna munícia teda neobsahuje žiadnu štiepnu nálož. V minulosti sa často nazývala „čistou zbraňou“, pretože pri jej výbuchu nevznikajú štiepne produkty. Ale vzhľadom na veľký tok neutrónov pri výbuchu vzniká značné množstvo indukovanej aktivity v ovzduší i na teréne, takže i táto „čistá zbraň“ kontaminuje terén, techniku a iný materiál.

1.3.3.2 Dvojfázová termonukleárna munícia

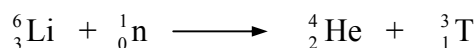
Je založená na princípe syntézy ľahkých jadier vodíka (deutéria, trícia). Na získanie podmienok potrebných na uskutočnenie fúznej reakcie (syntézy) sa používa jadrová štiepna nálož. Dej tak prebieha v dvoch stupňoch (odtiaľ názov dvojfázová). Prvý stupeň je spontánne štiepenie uránu (plutónia), druhý stupeň je fúzia deutéria a trícia. Tieto nálože dosahujú mohutnosť stoviek kiloton až megaton TNT.

Termonukleárna náplň dvojfázovej termonukleárnej munície musí obsahovať okrem termonukleárnej výbušniny zariadenie (iniciátor), ktoré je schopné zabezpečiť dostatočne vysokú teplotu (10^7 K). Táto teplota sa získa buď výbuchom štiepnej náplne, laserovým lúčom alebo výbuchom špeciálnej konvenčnej výbušniny. Teplota sa musí dosiahnuť na dobu 10^{-6} s. Dlhší čas ju nie je možné udržiavať pre únik tepla do okolia a tým aj ukončenie syntézy.

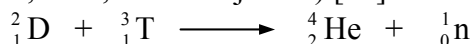
Najrýchlejšia fúzia (syntéza) prebieha pri teplote 10^7 K s deutériom a trícium, čo tvorí základ všetkých termonukleárnych náplní. Použitie deutéria a trícia však prináša niektoré ťažkosti. Jednou z nich je zložitá výroba a teda i značná cena trícia. Trícium je okrem toho rádioaktívne (polčas rozpadu je 12,3 roka) a nedá sa dlhodobo skladovať. Je ťažké dosiahnuť dostatočnú hustotu vodíka a umiestniť ho do malého objemu. Použitie ťažkej vody je nevhodné pre prítomnosť kyslíka. Skvapalnený vodík vyžaduje pri hustote $0,07 \text{ g.cm}^{-3}$ zložitú a ťažkú chladiacu zariadenie. Východiskom je použitie niektorých zlúčenín vodíka napr. hydridu lítneho ${}^6_3\text{Li}_1^1\text{H}$. Tento spôsob bol prvýkrát použitý v roku 1953 pri výbuchu prvej sovietskej termonukleárnej bomby. Toto riešenie navrhol laureát Nobelovej ceny za fyziku z roku 2003 V. Ginsburg, vtedajšiemu šéfovi vývojového tímu sovietskej vodíkovej bomby A. Sacharovovi [6]. Hydrid lítny je chemicky veľmi aktívna, ľahká, kryštalická látka, ktorá vzhľadom pripomína kuchynskú soľ. Možno ju lacno vyrábať vo veľkom množstve.

Najvýhodnejšie a to z nasledujúceho dôvodu je deuterid lítny ${}^6_3\text{Li}_1^2\text{D}$ (${}^6_3\text{Li}_1^2\text{H}$) :

Pri výbuchu štiepnej náplne sa uvoľňujú neutróny. Tie môžu reagovať s ${}^6_3\text{Li}$ nasledovne:



Takto vzniká trícium priamo v termonukleárnej náplni a odpadá tak problém s jeho výrobou a skladovaním. Vzniknuté trícium potom reaguje s deutériom (ktoré sa nachádza v dostatočnom množstve, asi 0,15 %, v morskej vode) [16]:



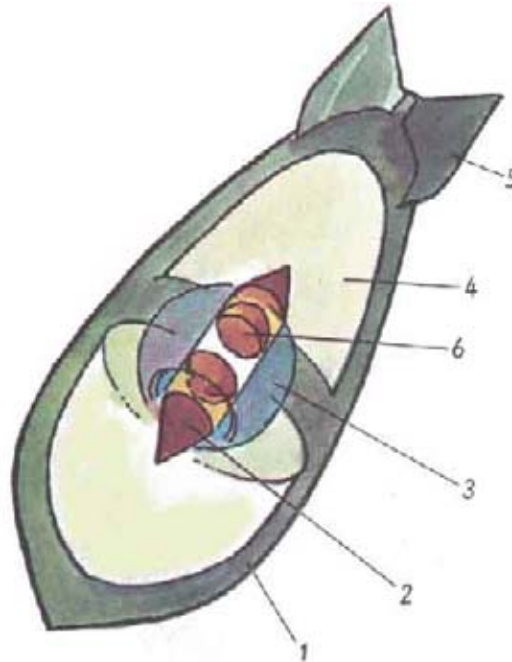
Hlavnou zložkou termonukleárnej výbušniny je teda hydrid (deuterid) lítny (${}^6_3\text{Li}_1^2\text{D}$). Na urýchlenie reakcie a rýchle zvýšenie teploty sa štiepna náplň môže obklopiť malým množstvom tzv. termonukleárneho detonátora (napr. vo forme ${}^6_3\text{Li}_1^2\text{D}$ a ${}^6_3\text{Li}_1^3\text{T}$). V detonátore prebieha hlavne reakcia medzi deutériom a trícium podľa vyššie uvedenej rovnice. Trícium vzniknuté pri reakcii lítia s neutrónom reaguje s deutériom v ${}^6_3\text{Li}_1^2\text{D}$. Teplota pri tom vzrastie na hodnoty rádovo 10^8 K. Obal termonukleárnej výbušniny musí byť vyrobený z ťažko tavielneho materiálu s enormnou pevnosťou, ktorý obmedzuje predčasné rozmetanie častíc nálož, ktoré nezreagovali.

Priebeh dejov pri termonukleárnej dvojfázovej explózii je teda nasledovný:

- najprv dôjde k iniciácii klasickej nálož v iniciátore (atómovej nálož);
- potom sú výbuchmi klasickej nálož vrhnuté k sebe podkritické množstvá štiepnej nálož,
- vytvorením nadkritického množstva s pomocou reflektorov (odrážáčov neutrónov) a prídavných zdrojov neutrónov prebehne lavínovitá štiepna reakcia v iniciátore, pričom sa vytvorí vysoká teplota, tlak a silný tok neutrónov;

- tieto neutróny vyvolajú reakciu hydridu lítneho, ktorá uvoľnenou energiou ďalej zvyšuje teplotu a tlak;
- tým sa iniciuje i fúzna (syntetická) reakcia deutéria a trícia, čím sa ďalej zvýši teplota až na stovky miliónov kelvinov.

Na obrázku 1.16 je znázornený schematický rez konštrukciou dvojfázovej termonukleárnej (vodíkovej) bomby.



Obrázok 1.16: Schematický rez konštrukciou termonukleárnou bombou

1 – plášť (obal), 2 – zapalovač s oneskorovačom a klasickou výbušninou, 3 – termonukleárny detonátor (napr. trícium), 4 – termonukleárna nálož (deutérium, deuterid lítia, a podobne), 5 – stabilizátor, 6 – štiepna jadrová nálož

1.3.3.3 Trojfázová termonukleárna munícia (typ F-F-F, fission – fusion – fission)

Je založená na princípe štiepenia dostupnejšieho a lacnejšieho prírodného $^{238}_{92}\text{U}$ emisiou vysokoenergetických neutrónov uvoľňovaných pri fúznej reakcii (syntéze) ľahkých jadier (deutéria a trícia). Dej prebieha v troch stupňoch (fázach). Prvým je štiepenie jadier $^{235}_{92}\text{U}$ či $^{239}_{94}\text{Pu}$, ktoré vytvoria podmienky pre druhý stupeň – syntézu a tá pre tretí stupeň – štiepenie $^{238}_{92}\text{U}$. Tieto náložke dosahujú mohutnosť desiatok megaton TNT.

Medzi trojfázovú termonukleárnu muníciu zaraďujeme aj [16]:

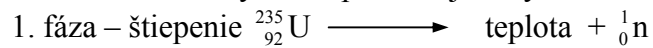
- muníciu iniciovanú chemickou cestou,
- muníciu iniciovanú laserovým impulzom,
- muníciu s riadenou aktiváciou – kobaltovú nálož.

Pri syntéze jadier hélia z jadier deutéria a trícia sa uvoľňuje veľké množstvo rýchlych neutrónov (asi 30-krát viac než pri štiepení rovnakého množstva uránu či plutónia a s energiou mnohonásobne vyššou). To sa využíva na zväčšenie účinku výbuchu v trojfázovej (vodíkovo-uránovej) munícii tak, že termonukleárne a štiepne náložke sa umiestnia do plášťa s pomerne

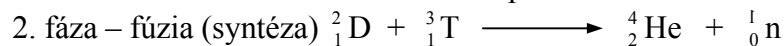
lacným $^{238}_{92}\text{U}$. Rýchle neutróny štiepia $^{238}_{92}\text{U}$. Podmienkou je práve ich rýchlosť, pretože pomalými neutrónmi (napr. v jadrových elektrárňach sa $^{238}_{92}\text{U}$ neštiepi).

Ak obklopíme trojfázovú termonukleárnu náplň prírodným uránom budú jeho jadrá štiepené termonukleárnymi neutrónmi a bude sa uvoľňovať ďalšia energia. Teoreticky je možné až 80 % trojfázového termonukleárneho výbuchu získať štiepením prírodného uránu.

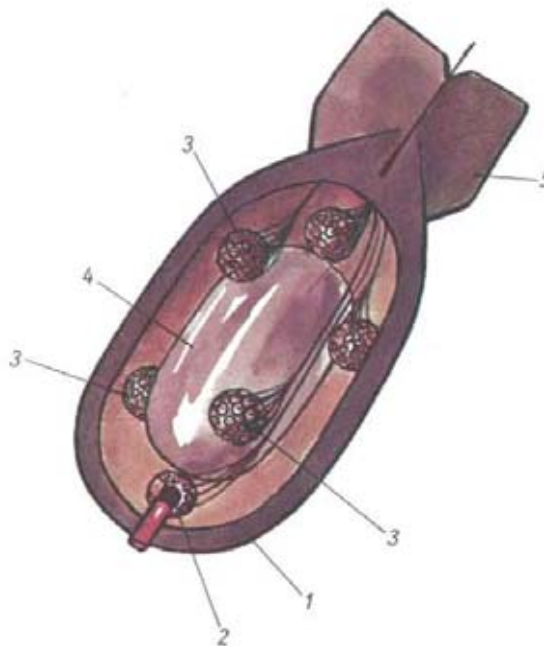
Pri trojfázovom termonukleárnom výbuchu prebiehajú fázy:



teplota
↓



Na obrázku 1.17 je znázornený schematický rez konštrukciou trojfázovej termonukleárnej bomby s obalom z uránu $^{238}_{92}\text{U}$. [16]



Obrázok 1.17: Schematický rez konštrukciou trojfázovej termonukleárnej bomby s obalom z uránu $^{238}_{92}\text{U}$

1 – kovový plášť s vnútornou vrstvou z uránu $^{238}_{92}\text{U}$, 2 – prídavný zdroj neutrónov,
3 – plutóniová nálož, 4 – deuterid lítia, 5 – stabilizátor

Trojfázová termonukleárna munícia iniciovaná chemickou cestou

Termonukleárnu reakciu možno vyvolať i bez iniciácie štiepnou náplňou za predpokladu, že sa podarí dosiahnuť takú vysokú teplotu a tlak, aby sa vytvorila plazma a mohli byť prekonané elektrostatické odpudivé sily. To znamená, že je sprevádzaná len minimom rádioaktívnych produktov.

Iniciácia prebieha pomocou výbuchu sústavy kombinovaných kumulatívnych (usmerených) výbušnín s vysokým obsahom vodíka, napríklad metylamínnitrátu, etyldiamínnitrátu, etyléndiamínperchlorátu a podobne. Energetický obsah týchto výbušnín možno zvýšiť prídavkom kovov alebo ich zlúčenín, bóru, lítia či berýlia. Pri odpálení vhodne geometricky usporiadaných kumulatívnych náloží možno v mieste zrážky detonačných vln dosiahnuť tlak a teplotu, ktorá je potrebná na začatie syntézy jadier. Účinok kombinovaných kumulatívnych náloží sa zvýši, ak proces prebehne vo vákuu. Na zaistenie spoľahlivého priebehu sa používa dodatočný zdroj neutrónov.

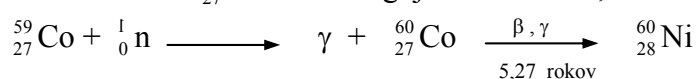
Trojfázová termonukleárna munícia iniciovaná laserovým impulzom

Základná idea spočíva v zapálení a spálení malého množstva deutério-tríciového paliva pomocou vysokovýkonného laserového impulzu.

Pri pokusoch sa použilo deutérium podchladené na $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ a na plochu s priemerom $0,1\text{ mm}$ tuhého deutéria bol optikou sústredený laserový svetelný lúč s intenzitou miliardy wattov ($4 \cdot 10^9\text{ W}$) po dobu 10 nanosekúnd (10^{-9} s). Vytvorená superhustá plazma (zrazenina) dosiahla teplotu $10\text{ miliónov Kelvinov}$ a jej hustota sa pohybovala od 10^{31} do $10^{32}\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (čo je hustota o niekoľko rádov vyššia ako hustota tuhých látok). Tým došlo k zapáleniu termonukleárnej reakcie. V dnešnej dobe sa ale (reálne) uvažuje najmä o mierovom využití jadrovej fúzie v termonukleárnej elektrárni.

Trojfázová termonukleárna munícia s riadenou aktiváciou – kobaltová nálož

Je taktiež založená na princípe syntézy ľahkých jadier. Konštrukčne je usporiadaná tak, že časť (napríklad obal) je vyrobená z takého alebo z takých nuklidov, v ktorých emisia rýchlych neutrónov emitovaných pri termonukleárnom výbuchu indukuje aktivitu takého polčasu rozpadu, aký je nutný na dosiahnutie požadovanej intenzity ionizujúceho žiarenia. Ožiarené nuklidy, teraz už rádionuklidy, sú pri explózii rozmetané do okolia a spôsobujú kontamináciu takého stupňa, ktorý niekoľkokrát presahuje stupeň spôsobený štiepnou náložou rovnakej mohutnosti. Pretože jedným z najvhodnejších prvkov je kobalt, ktorého nuklid $^{60}_{27}\text{Co}$ má požadované vlastnosti, nazýva sa táto nálož kobaltová. Nie vždy sa ale musí použiť kobalt. Správy z odbornej tlače svedčia o úvahách využiť $^{65}_{30}\text{Zn}$ s polčasom rozpadu $T_{1/2} = 250\text{ dní}$. Pri použití obalu z kobaltu $^{59}_{27}\text{Co}$ tento reaguje s neutrónmi, uvoľnenými pri výbuchu podľa reakcie:



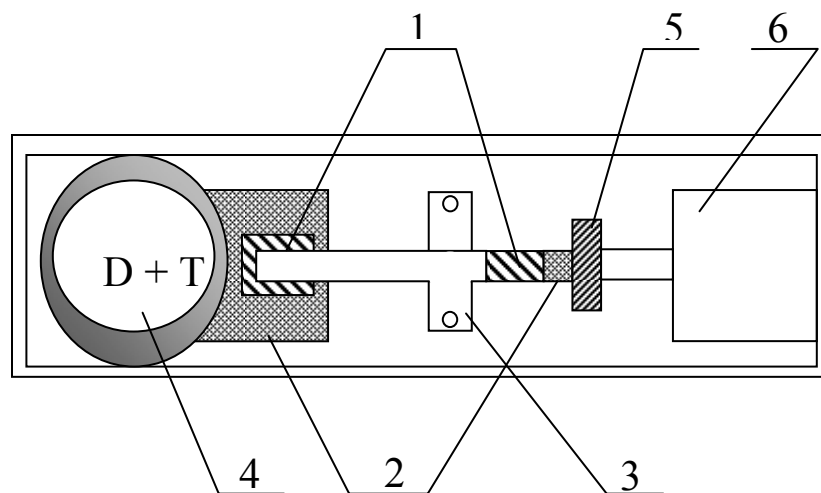
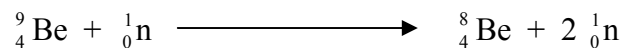
Kobalt $^{60}_{27}\text{Co}$ je dlhodobý tvrdý žiarič gama. Pri explózii tejto bomby vzniká veľké množstvo rádioaktívneho materiálu, ktorý po pozemnom výbuchu dlhodobo kontaminuje terén.

Na rozdiel od štiepnej jadrovej náplne, či už uránovej alebo plutóniovej, neexistuje pri termonukleárnej náplni kritické množstvo. Termonukleárna náplň môže byť teda teoreticky neobmedzená. Preto má termonukleárna munícia oveľa väčšiu mohutnosť explózie a omnoho vyššie ničivé účinky ako štiepna. V praxi má ale zvyšovanie množstva náložie ľahkých izotopov obmedzený význam. Pri výbuchu termonukleárnej zbrane sa síce môže zvýšiť oproti štiepnej zbrani množstvo uvoľnenej energie aj tisíckrát, ale okruh ničivých účinkov sa zvýši len asi 10-krát. Aj keď náklady na výrobu munície s mohutnosťou 100 Mt sú len asi dvojnásobné oproti tej, ktorá má mohutnosť len 100 kt a pri termonukleárnej munícii zvyšuje každý ďalší kilogram náplne mohutnosť asi o 10 kt , bola zatiaľ vyskúšaná maximálna mohutnosť 60 Mt . Popri spomenutých skutočnostiach tu pôsobia i ďalšie hľadiská. Už bolo uvedené, že napr. munícia s mohutnosťou 100 Mt by mala hmotnosť asi 15 t . Na zničenie odpaľovacích základní medzikontinentálnych balistických striel postačuje nálož 1 Mt a pre najväčšie obytné centrá 10 Mt . Munícia s väčšou mohutnosťou by mala zbytočne veľkú ničivú silu.

1.3.3.4 Neutrónové zbrane

Neutrónové zbrane (Full Fusing Option Bomb) sú v podstate miniaturizované termonukleárne (dvojfazové) zbrane s tritolovým ekvivalentom maximálne do 5 až 10 kiloton (kt), hlavne však s 1-2 kt a menšie. Konštrukčne sú upravené tak, aby dávali maximálny výťažok neutrónového toku s vysokými energiami. Neutrónová náplň je konštruovaná tak, aby energia štiepnej náplne (1. fáza) bola čo najmenšia (obrázok 1.18).

Požiadavkou neutrónovej zbrane je, aby energia výbuchu 1. fázy nebola väčšia ako 10 % z celkovej energie výbuchu. Podiel energie termonukleárnej náplne z celkovej energie sa vyjadruje koeficientom termonukleárnosti k_T . Napríklad ak $k_T = 0,9$, znamená to, že 90 % energie výbuchu je termonukleárnej a 10 % štiepnej. Neutrónová zbraň má miniatúrnu štiepnu náplň z niektorého transuránu (pravdepodobne ${}_{94}^{239}\text{Pu}$, ${}_{98}^{252}\text{Cf}$, či ${}_{95}\text{Am}$, ďalej to môže byť ${}_{93}\text{Np}$, ${}_{96}\text{Cm}$, ${}_{97}\text{Bk}$, ${}_{99}\text{Es}$, ${}_{100}\text{Fm}$, ${}_{101}\text{Md}$, ${}_{102}\text{No}$, ${}_{103}\text{Lr}$, ${}_{104}\text{Ku}$, ${}_{105}\text{Ha}$), ktoré majú kritické štiepne hmotnosti rádovo v gramoch. Dosiahnutie potrebnej teploty (10^7 K) pre iniciáciu fúznej reakcie (termosyntézy) jadier deutéria a trícia možno vyriešiť i využitím lasera či klasickej výbušniny. Prebehne klasický termonukleárny výbuch (2. fáza) s malou mohutnosťou. Pôsobením berýliových reflektorov (odrážačov) sa uskutoční jadrová reakcia $(n, 2n)$ (11) :



Obrázok 1.18: Schéma možnej konštrukcie neutrónovej zbrane [16]

1 – štiepna náplň ${}_{94}^{239}\text{Pu}$, alebo ${}_{98}^{252}\text{Cf}$, 2 – odrážač neutrónov, 3 – zdroj neutrónov na iniciáciu štiepnej reakcie, 4 – zmes deutéria a trícia, 5 – nálož klasickej výbušniny, 6 – zariadenie pre vhodné časové odpálenie nálož

Vzniknuté neutróny pôsobia ako silný neutrónový tok. Tieto neutróny na svojej dráhe interagujú (reagujú) s jadrami atómov okolitého prostredia a pritom vzniká gama žiarenie. Tesne pri výbuchu budú prenikavú rádiáciu tvoriť prevažne neutróny, ale so vzdialenosťou od výbuchu bude narastať žiarenie gama, a vo vzdialenosti 1 200 – 1 300 metrov od výbuchu bude žiarenie gama prevládať.

Hlavným ničivým prvkom neutrónovej zbrane je teda intenzívny tok vysokoenergetických neutrónov s energiou asi 14 MeV, ktorých je emitovaných 55-krát viac ako pri štiepnej zbrani v podobe prenikavej rádiácie, na ktorú pripadá 60 – 80 % energie uvoľnenej výbuchom.

Neutrónové žiarenie dobre preniká ťažkými materiálmi a ľahko sa zachytáva v ľahkých materiáloch a teda i v ľudskom organizme. Vo vzduchu je zbrzdované a rozptyľované s dosahom do 1 300 metrov.

Kým jadrové zbrane, zvlášť stredných a veľkých mohutností, vyradujú živú silu prevažne kombinovanými účinkami svetelného žiarenia, tlakovej vlny, prenikavej radiácie a spôsobujú ničenie techniky, objektov, materiálu a kontamináciu terénu, pri neutrónových zbraniach je hlavným ničivým faktorom prenikavá radiácia – tok neutrónového žiarenia so širokým energetickým spektrom.

Maximálny dosah neutrónového žiarenia (toku neutrónov) vo vzduchu je 1 200 až 1 300 metrov, pretože neutróny v atmosfére vstupujú do interakcií s jej zložkami a sú spomaľované, rozptyľované a zabrzdené.

Pri neutrónových zbraniach je účinok ostatných ničivých faktorov podstatne nižší (napr. až o 90 % menší okruh ničenia budov tlakovou vlnou a svetelným žiarením) ako pri klasických štiepných jadrových zbraniach. Rádioaktívna kontaminácia terénu je pri neutrónovej zbrani približne 1 000-krát menšia ako pri klasickej štiepnej náloži.

S neutrónovou muníciou sa počíta v mohutnostiach do 10 kt a môže sa použiť ako strelivo pre húfnice alebo v riadených strelách s takticko-operačným a operačným doletom, ako aj v leteckých bombách taktického letectva. Niektoré pramene hovoria aj o aplikácii v jadrových mínach, ba aj o možnosti usmerňovať tok neutrónov na cieľ špeciálnymi hlavňami [14].

Pri neutrónovej munícii sa predpokladá, že doba expozície žiarenia bude približne 5- až 10-krát väčšia ako pri štiepnej náloži rovnakej mohutnosti. Optimálna mohutnosť neutrónových zbraní je 1 až 10 kiloton (kt) TNT, pričom polomer vyradenia osôb z činnosti je pri 1 kt 700 metrov a pri 10 kt do 1 300 metrov. Polomer bezpečnostnej vzdialenosti pri použití neutrónových zbraní je asi dva kilometre.

Účinky neutrónových zbraní zasahujú okremlivej sily aj materiály, v ktorých vzniká pôsobením toku neutrónov nielen indukovaná (umelá) rádioaktivita (predovšetkým v hliníku, sodíku, kremíku, železe, mangáne, draslíku, chlóre, dusíku...), ale dochádza aj k zmenám ich fyzikálnych a chemických vlastností (napr. v elektronických systémoch, polovodičoch, integrovaných obvodoch, mikroprocesoroch a pod.). Výsledkom je narušenie elektronických systémov, systémov riadenia, spojovacej techniky a podobne. Pokles indukovanej rádioaktivity je za jeden deň o 60 %, za dva dni o ďalších 22 % a po piatom dni je zanedbateľná.

Neutrónové zbrane, ktorých podstatu tvorí neutrónové žiarenie spôsobujú vznik nemoci z ožiarenia v závislosti na expozícii (obdržanej dávke) v Grayoch (Gy). Radiobiologický účinok neutrónového žiarenia je 20- až 25-krát vyšší ako pri gama žiarení. Silné ožiarenie neutrónovým žiarením je príčinou takmer okamžitého zneschopnenia a tým i vyradenia livej sily.

Ochrana pred neutrónovým žiarením je založená na procese spomaľovania rýchlych neutrónov (zníženie ich rýchlosti a energie) nepružným a pružným rozptylom v ochranných materiáloch, zachytení spomaľených neutrónov jadrami ľahkých materiálov a nasledujúcom odtienením sekundárneho gama žiarenia, ktoré vzniká pri zachytávaní pomalých neutrónov (tabuľka 1.13).

Tabuľka 1.13: Ochrana pred neutrónovým žiarením viacvrstvom materiálom [14]

I. vrstva	II. vrstva	III. vrstva	IV. vrstva
pancier	polyetylén	bór	ocel'
Nepružné zrážky neutrónov	Pružné zrážky neutrónov	Zachytenie pomalých neutrónov	Odtienenie sekundárneho gama žiarenia (γ)
Zachytenie gama žiarenia	Spomalenie rýchlych neutrónov	Vznik sekundárneho gama žiarenia	

Najvýhodnejším tieniacim materiálom pre neutrónmi je bárium, bór, lítium a gadolídium, ako aj materiály obsahujúce vodík (voda, uhľovodíky, parafíny, polyetylén a pod.). Rovnako stavebné materiály (zemina, tehly, betóny) poskytujú vo vrstve nad 50 centimetrov spoľahlivú ochranu pred neutrónovým a gama žiarením.

1.3.4 NIČIVÉ FAKTORY JADROVÉHO VÝBUCHU

Jadrový výbuch sprevádzajú niektoré charakteristické znaky, ktoré sú postrehnuteľné ľudskými zmyslami. Je to predovšetkým okamžitý osľušujúci záblesk, vytvorenie ohnivej oblasti, ktorá po niekoľkých sekundách hasne, vytvorenie oblaku a tlaková vlna. Okrem toho je výbuch sprevádzaný ďalšími prejavmi, ktoré môžeme našimi zmyslami postrehnúť spravidla len sprostredkované, pomocou špeciálnych prístrojov – prenikavou radiáciou, elektromagnetickým impulzom a rádioaktívnou kontamináciou. Popísaný vonkajší obraz je do značnej miery závislý na druhu a mohutnosti použitej munície.

1.3.4.1 Druhy jadrových výbuchov

Pri jadrovom výbuchu dochádza v epicentre (priemet stredu výbuchu na zem) k rozrušeniu zeminy a mohutnému víreniu prachu, ktorý sa silným vzostupným prúdom zdvíha v tvare stĺpa a postupne je vťahovaný do vírivého prstencu. V ňom sa častice zeminy z oblasti stĺpu prachu zmiesia s rozžeravenou oblasťou, zahrejú sa na vysokú teplotu a podľa svojho zloženia vytvoria buď šupiny (vápenec a pod.), alebo roztavené sklovité čiastočky kvapkového tvaru (kremeň). Tak vzniká sekundárny (druhotný) rádioaktívny aerosól.

Jeho častice sú značne väčšie než častice primárneho aerosólu. Obsahuje rádioaktívne atómy nielen na svojom povrchu, ale aj zatavené vo vnútri prachových čiastočiek. Oblak zväčšuje svoj objem a stúpa, až dosiahne v závislosti na mohutnosti výbuchu maximálnu výšku a získa maximálne rozmery. Rádioaktívny materiál, z ktorého je oblak vytvorený, sa rozptyľuje v atmosfére. Rozhodujúci vplyv na vzhľad výbuchu počas vytvárania oblaku a na podiel jednotlivých ničivých faktorov na celkových účinkoch výbuchu má druh výbuchu.

Jadrové výbuchy rozdeľujeme v závislosti na výške (mieste) výbuchu na výškové, vzdušné, pozemné (hladinové) a podzemné (podhladinové).

Vzdušný jadrový výbuch

Výpočet výšky výbuchu (m): $H = k \cdot \sqrt[3]{q}$ [16]

q – mohutnosť jadrovej náložky v kt,

H – výška výbuchu v m,

k – koeficient – nízky jadrový výbuch: H odpovedá $4 < k < 10$

vysoký jadrový výbuch: $10 < k < 15$,

veľmi vysoký výbuch: $15 < k < 20$,

výškový jadrový výbuch: $k \gg 20$.

Charakteristika vzdušného jadrového výbuchu:

- svietiaci oblak má tvar gule, nedotýka sa povrchu terénu;
- oblak nie je príliš tmavý;
- medzi vírivým prstencom a stĺpom prachu býva aspoň krátko po výbuchu medzera;
- na teréne nevznikne kráter, terén je rozrušený tlakovou vlnou a svetelným žiarením;
- rádioaktívna kontaminácia vzniká len v okolí epicentra výbuchu.

Podzemný jadrový výbuch

Výpočet hĺbky výbuchu (m): $D = k' \cdot \sqrt[3]{q}$

q – mohutnosť jadrovej nálože v kt,

D – hĺbka výbuchu v m,

k' – koeficient charakterizujúci druh výbuchu – zakrytý: D odpovedá $k' > 12$,
otvorený: $k' < 12$.

Charakteristika podzemného jadrového výbuchu:

- svietiaci oblasť spravidla nie je viditeľná;
- oblak nemá hríbovitý tvar a je veľmi tmavý a hustý;
- v mieste výbuchu vzniká hlboký vysoko kontaminovaný kráter;
- kontaminácia v stope má asi 2 krát väčšiu expozičnú rýchlosť než pri pozemnom výbuchu.

Pozemný jadrový výbuch

Koeficient k nadobúda hodnoty od 0 po 3,5.

Charakteristika pozemného jadrového výbuchu:

- svietiaci oblasť má spravidla tvar pologule;
- oblak je šedohnedý (obsahuje množstvo zeminy);
- stĺp prachu a vírivý prstenec sú od začiatku spojené;
- na teréne vzniká silne kontaminovaný kráter;
- aj v smere pohybu oblaku sa vytvára rádioaktívna kontaminácia.

Pri charakterizovaní jadrových výbuchov sa používajú termíny centrum a epicentrum jadrového výbuchu. *Centrum* je stred priestoru, v ktorom bol jadrový výbuch (pozemný) vykonaný. *Epicentrum* je vertikálny (zvislý) priemet miesta (centra) jadrového výbuchu na povrch Zeme.

Značný význam pre geometriu obrazu výbuchu má aj jeho výška nad terénom (hĺbka pod úrovňou terénu). Ako bolo uvedené vyššie, výbuchová energia sa prejavuje vo forme piatich ničivých faktorov, ktoré z hľadiska časovej postupnosti pôsobia na okolie (chránené i nechránené osoby, terén, budovy) v tomto poradí:

1. prenikavé rádioaktívne (gama a neutrónové) žiarenie – pôsobí okamžite;
2. svetelné a tepelné žiarenie – pôsobí tiež okamžite, ale trvá dlhšie;
3. elektromagnetický impulz – pôsobí takmer okamžite, ale s časom narastá;
4. tlaková vlna (dôsledok vplyvu svetelného a tepelného žiarenia na vzduchové masy a sprostredkované na zeminu) – začína pôsobiť takmer okamžite, ale čo do vzdialenosti od miesta výbuchu postupne;
5. rádioaktívna kontaminácia lokálnym miestnym spádom – pôsobí oneskorene.

1.3.4.2 Prenikavé rádioaktívne žiarenie

Prenikavé rádioaktívne žiarenie jadrového výbuchu je prúd lúčov gama a neutrónov, ktoré sú vyžarované z priestoru jadrového výbuchu. Vzniká v svietiacej oblasti s vysokým dávkovým príkonom (spravidla vyše $75 \text{ cGy} \cdot \text{h}^{-1}$), ktorý môže spôsobiť okamžité zneschopnenie alebo smrť. Prenikavé rádioaktívne žiarenie pôsobí po dobu 10 až 15 sekúnd od okamihu výbuchu. Šíri sa vo vzduchu (v závislosti od druhu výbuchu) do vzdialenosti 2 000 až 3 000 m od miesta výbuchu. Žiarenie gama a neutróny sa šíria v akomkoľvek prostredí a ionizujú jeho atómy. Účinkom gama žiarenia a neutrónov sa okrem toho niektoré nerádioaktívne atómy stávajú rádioaktívnymi. Tento jav sa nazýva indukovaná rádioaktivita (Neutron Induced Activity – NIA, alebo Neutron Induced Gamma Activity – NIGA).

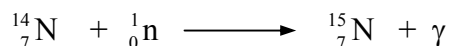
Vzájomný pomer lúčov gama a neutrónového žiarenia je rôzny podľa typov jadrových zbraní. Vo veľkých výškach môže k týmto dvom druhom žiarenia pristúpiť ako sekundárne žiarenie ešte röntgenové žiarenie alebo žiarenie beta. Pri termojadrových výbuchoch má neu-

trónové žiarenie a gama žiarenie väčšiu energiu a tým aj väčšiu prenikavosť (dosah) ako pri štiepných výbuchoch.

Gama žiarenie prenikavého rádioaktívneho žiarenia [16]

Podľa doby vyžarovania možno gama žiarenie rozdeliť do troch skupín:

- okamžité (do 10^{-5} sekundy) – jeho zdrojom sú štiepne a termojadrové reakcie. Väčšina gama lúčov je pohltaná obalom munície. Ďalším zdrojom je radiačný záchyt neutrónov v konštrukčnom materiály munície a nepružný rozptyl rýchlych neutrónov na jadrách atómov v okolí centra výbuchu.
- krátkodobé (od 10^{-5} do $3 \cdot 10^{-1}$ sekundy) – jeho zdrojom je štiepny rozpad jadier odštiepkov po jadrovom výbuchu (hlavný zdroj), ako aj radiačný záchyt neutrónov jadrami dusíka vo vzduchu, ktorý prebieha podľa reakcie:



- sekundové (od $3 \cdot 10^{-1}$ do 15 sekúnd) – doba vyžarovania závisí na mohutnosti výbuchu.

Sekundové gama žiarenie je hlavným zdrojom prenikavého rádioaktívneho žiarenia. Vzniká štiepnym rozpadom jadier odštiepkov.

Energia gama žiarenia prenikavého rádioaktívneho žiarenia nie je konštantná. Mení sa v závislosti na čase podľa zdroja gama žiarenia. So vzdialenosťou od centra výbuchu sa podstatne znižuje. Gama žiarenie pri prechode hmotným prostredím vstupuje do interakcie s atómami a tým dochádza k zníženiu jeho energie. V závislosti od energie gama žiarenia a hmotnosti prostredia môže dochádzať k fotoelektrickému javu, Comptonovmu rozptylu, tvorbe elektrónových párov alebo k iným interakciám (napr. Rayleighov rozptyl).

Tok neutrónov prenikavého rádioaktívneho žiarenia

Podľa kinetickej energie E_{kin} môžeme neutróny zjednodušene rozdeliť do troch skupín:

- rýchle neutróny* ($E_{\text{kin}} > 1\text{MeV}$) – majú veľkú schopnosť prenikať i silnými vrstvami vzduchu. Spomaľujú sa hlavne pri prechode zeminou, materiálom ochranných stavieb, bojovou technikou a pod.
- stredné neutróny* ($100\text{ eV} < E_{\text{kin}} < 1\text{ MeV}$)
- pomalé neutróny* ($E_{\text{kin}} < 100\text{ eV}$, do tejto skupiny patria aj tepelné neutróny) sú ľahko pohlcované jadrami atómov prostredia.

Pohltenie prenikavého rádioaktívneho žiarenia alebo jeho zoslabovanie v rôznych materiáloch je podstatou ochranných vlastností bojovej techniky a žienijných objektov proti ožiareniu osôb prenikavým rádioaktívnym žiarením. Ochranné vlastnosti rôznych materiálov sa vyjadrujú pomocou *polvrstvy a koeficientu zoslabenia*.

Zoslabenie neutrónového žiarenia v materiáli

Interakcie neutrónov s atómami prostredia boli popísané a vysvetlené v 1. kapitole.

Polvrstva $d_{1/2}$ je taká vrstva absorbujúceho materiálu, ktorá zachytí práve polovicu dopadajúceho rádioaktívneho žiarenia. Jej hodnota pre daný materiál závisí najmä na:

- energii rádioaktívneho žiarenia,
- vzdialenosti od zdroja žiarenia. Tento vzťah zvyčajne pre zjednodušenie výpočtu zanedbávame. Ako príklad sa uvádza, že polvrstva $d_{1/2}$ pre pôdu je za určitých okolností vo vzdialenosti 200 m od epicentra výbuchu 14 cm a vo vzdialenosti 1 600 m len 10 cm. V praxi sa používajú hodnoty polvrstvy $d_{1/2}$ zistené empiricky pre strednú energiu gama žiarenia prenikavého rádioaktívneho žiarenia,
- mernej hmotnosti ρ daného materiálu a jeho vlastnostiach.

Vzťah pre polvrstvu $d_{1/2}$ materiálu s mernou hmotnosťou ρ má tvar:

$$d_{1/2} = \frac{23}{\rho}$$

kde 23 je polvrstva vody v centimetroch.

V tabuľke 1.14 sú uvedené hodnoty polvrstiev rôznych materiálov pre gama žiarenie a neutróny.

Tabuľka 1.14: Hodnoty polvrstiev rôznych materiálov pre gama žiarenie a neutróny

Materiál	Hustota (g. cm ⁻³)	Štiepny výbuch		Termonukleárny výbuch	
		γ – žiarenie	neutróny	γ – žiarenie	neutróny
Drevo	0,7 cm	30 cm	10 cm	10 cm	14 cm
Polyetylén	0,9 cm	22 cm	3 cm	30 cm	5 cm
Voda	1 cm	21 cm	3 cm	30 cm	5 cm
Zemina	1,6 cm	13 cm	9 cm	20 cm	11 cm
Tehla	1,6 cm	13 cm	10 cm	20 cm	14 cm
Betón	2,3 cm	10 cm	9 cm	12 cm	10 cm
Oceľ	7,8 cm	3,5 cm	11 cm	3,5 cm	12 cm

Ochranné vlastnosti bojovej techniky, rôznych ochranných stavieb a zariadení, budov sú vyjadrené *koeficientom zoslabenia* k [16], ktorý vyjadruje koľkokrát bude dané prenikavé rádioaktívne žiarenie zoslabené. Orientačne môžeme tento koeficient vypočítať takto:

$$k = 2^n$$

kde n je počet polvrstiev $d_{1/2}$.

Pri opevňovacích zariadeniach sa koeficient zoslabenia k pohybuje od 3 do 5 000. Pri dopravných prostriedkoch od 1,5 do 10, pri murovaných domoch je 10 až 400 a pri drevených domoch je koeficient zoslabenia k od 2 do 12. Z týchto údajov vyplýva, že najvyššiu ochranu pred prenikavým rádioaktívnym žiarením poskytujú opevňovacie zariadenia, konkrétne kryty a úkryty s tesnými ochrannými dverami. Hodnoty koeficientu zoslabenia prenikavého rádioaktívneho žiarenia závisia nielen na vlastnostiach ochranného materiálu, ale tiež na energii dopadajúceho žiarenia. Pretože sa energetické spektrum žiarenia s časom mení, nemá koeficient zoslabenia stálu hodnotu, a je potrebné ju v každom kontaminovanom teréne premerať.

1.3.4.3 Svetelné a tepelné žiarenie

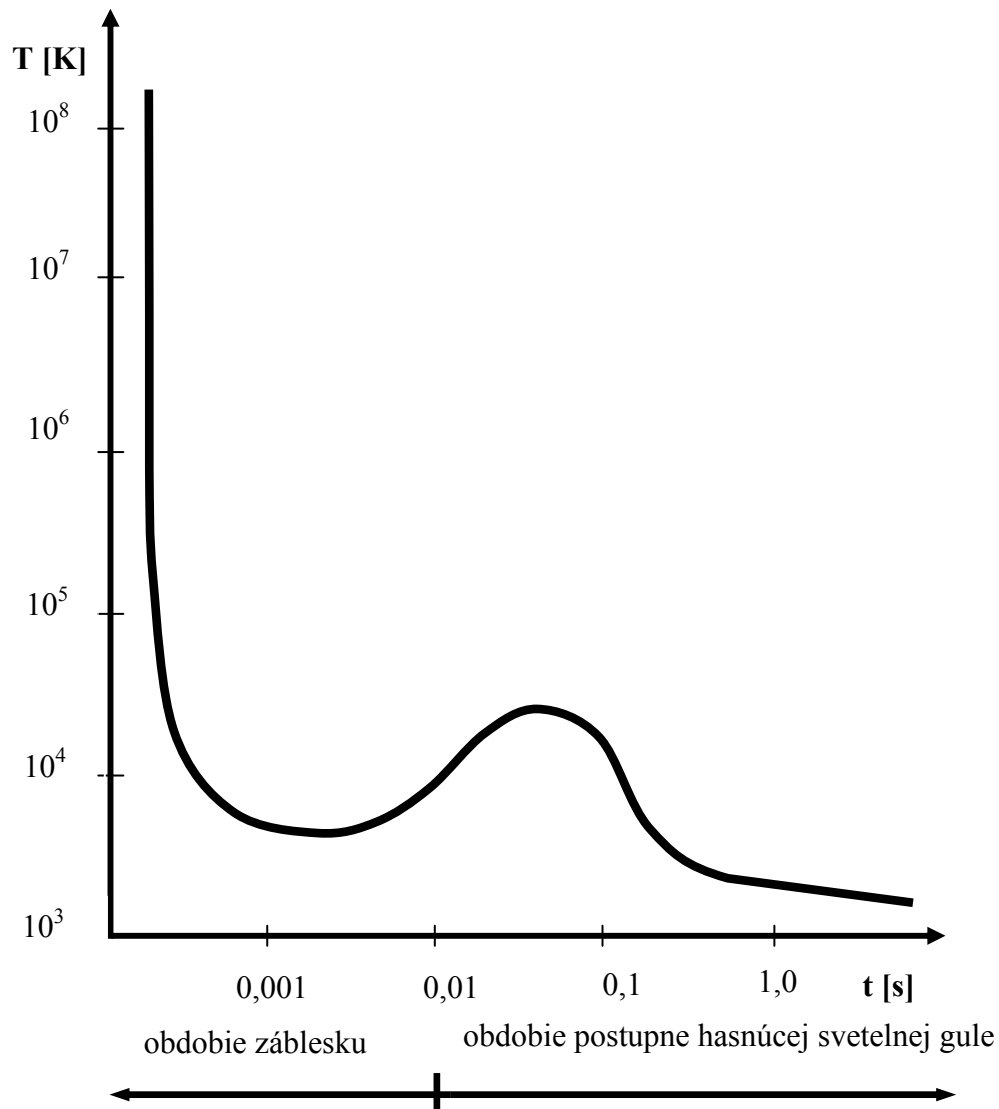
Svetelné a tepelné žiarenie jadrového výbuchu je mohutný prúd elektromagnetického žiarenia v oblasti infračerveného, viditeľného a ultrafialového spektra, ktoré je vysielané svietiacou oblasťou. Infračervené žiarenie spôsobuje roztavenie, zuhoľnatenie a vznietenie rôznych materiálov, okrem iného i popáleniny nechránených častí tel osôb a zvierat. Dobu trvania svetelného efektu, ktorý je prvým charakteristickým vonkajším znakom výbuchu môžeme rozdeliť na dve časové obdobia:

V prvom časovom období (záblesk), ktoré trvá asi mikrosekundu, sa prejaví veľmi intenzívne oslňujúce svetlo. V tomto čase sa uvoľní väčšia časť energie, ale vzhľadom na krátkosť časového intervalu k požiarom nedochádza. V centre výbuchu sa vytvára teplota niekoľko stotisíc až mnoho miliónov Kelvinov.

V druhom časovom období, charakterizovanom existenciou ohnivej gule, ktoré trvá niekoľko sekúnd až niekoľko desiatok sekúnd, je svetlo menej intenzívne, pretože naň pripadá už menšia časť uvoľnenej energie. Keďže ale trvá dlhšiu dobu, stačí vyvolávať svojim svetelným impulzom požiare. V tomto čase sa uvoľňuje podľa mohutnosti teplo v hodnote 10^9 až 10^{15}

Joulov. V centre ohnivej gule sa vytvára teplota niekoľko desiatok až stoviek tisíc Kelvinov, na jej povrchu $1 \cdot 10^3$ až $8 \cdot 10^3$ Kelvinov. Ide približne o rovnaké množstvo tepla, aké by sme získali spálením 2 500 ton uhlia. To by postačilo na ohriatie kocky vody s hranou 42 m na teplotu varu. [14]

Svetelné žiarenie sa šíri z ohnivej gule, ktorá po uplynutí prvého obdobia dosahuje podľa mohutnosti výbuchu priemer okolo 200 m a v nasledujúcich sekundách sa jej priemer niekoľ-



Obrázok 1.19: Graf časového priebehu svetelného impulzu

konásobne zväčšuje. Intenzita žiarenia klesá so štvorcem vzdialenosti od zdroja žiarenia. Vo vzduchu sa svetelné žiarenie zoslabuje podľa vzdialenosti a miery znečistenia vzduchu. Pri hmle, daždi, snežení alebo dyme sa svetelné žiarenie oslabuje natoľko, že jeho úloha ako ničivého faktora sa blíži k nule. Svetelné žiarenie dopadajúce na povrch sa čiastočne odráža, čiastočne pohlcuje a čiastočne prejde cez daný povrch. Časť pohltenej energie sa mení na teplo a spôsobuje ohrev telesa, ktorý môže viesť až k jeho vzplanutiu. Pri nehorľavých materiáloch (kovochoch) dochádza k strate pevnosti a pružnosti, telesá sa deformujú a praskajú. Vplyvom ultrafialového spektra elektromagnetického žiarenia dochádza k narušeniu kryštálovej mriežky, zmene štruktúry telesa a tým aj k zmene jeho pôvodných vlastností. Na obrázku 1.19 je graficky vyjadrený časový priebeh svetelného impulzu.

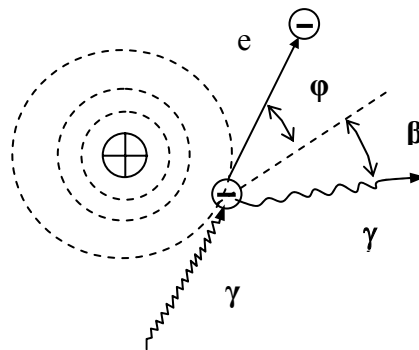
Svetelné žiarenie jadrových zbraní veľkej mohutnosti je za jasného počasia ničivým faktorom s najväčším dosahom. Šíri sa rýchlosťou svetla a trvá podľa mohutnosti jadrového výbuchu niekoľko sekúnd.

Ničivé účinky svetelného žiarenia sa určujú hodnotou *svetelného impulzu* U , čo je množstvo svetelnej energie dopadajúcej na 1 m^2 povrchu kolmého k smeru žiarenia. Svetelné žiarenie vyvoláva poškodenie pokožky osôb popálením nielen priamym účinkom na nechránené časti tela, ale aj nepriamo, vzniknutými požiarimi.

1.3.4.4 Elektromagnetický impulz

Elektromagnetický impulz (EMP) a dočasné účinky ionizujúceho žiarenia na elektroniku (Transient Radiation Effects on Electronics – TREE) je závažným prejavom jadrového výbuchu, aj keď nemá bezprostredný ničivý účinok na osoby. Pri absorpcii časti gama žiarenia vo veľkých výškach (približne 300 až 500 km) sa v prostredí obklopujúcom oblasť výbuchu uvoľňujú elektróny z molekúl vzduchu a vytvárajú sa ióny. Rýchly pohyb takto vzniknutých gama Comptonových elektrónov a iónov spôsobený a smerovaný zemským magnetickým pólom vytvára intenzívne elektrické a magnetické pole, ktoré sa šíri od miesta výbuchu rýchlosťou svetla. Prejaví sa ako elektromagnetický impulz, teda ako nepriamy účinok prenikavého rádioaktívneho žiarenia. Popri EMP môže na elektroniku pôsobiť ešte krátkodobý radiačný efekt, ktorý spôsobuje narušenie komunikácie cez satelity.

Comptonov rozptyl patrí do skupiny nepružných zrážok a týka sa fotónov (gama žiarenia) so strednou hodnotou energie 0,5 až 1,0 MeV. Pri interakcii gama žiarenia a nízkoenergetického obalového elektrónu, spravidla na vonkajšej hladine atómu, sa časť energie gama žiarenia prenesie na elektrón, ktorý opustí atóm. Gama žiarenie zmení svoju vlnovú dĺžku λ a frekvenciu ν (nekoherentný rozptyl), ako to vyplýva z obrázka 1.20.



Obrázok 1.20: Schematické znázornenie Comptonovho rozptylu

β - je uhol rozptylu gama žiarenia (γ)

φ - je uhol rozptylu elektrónu (e^-)

Energia odovzdaná gama žiarením E_γ obalovému elektrónu sa môže vyjadriť:

$$E_\gamma = h\nu - h\nu'$$

kde: $h\nu$ – je energia gama – fotón pred interakciou

$h\nu'$ – je energia gama žiarenia po Comptonovom rozptyle a platí $\nu > \nu'$

Druhy EMP explózií

Sú štyri typy explózií, pri ktorých môžeme skúmať elektromagnetický impulz: **nízke vzdušné výbuchy** (výška výbuchu do 1,2 míle), **výbuchy v strednej výške** (od 1,2 do 19 míľ), **výbuchy vo vysokej nadmorskej výške** (nad 19 míľ) a **výbuchy mimo atmosféru** (exoatmosférické).

Pri pozemnom výbuchu má najväčší vplyv (efekt) na vznik EMP povrch Zeme. Na rozdiel od vzduchu pri ňom gama lúče nemôžu unikať vo všetkých smeroch. Z toho dôvodu pozemné výbuchy sú tiež zaradené do tejto kategórie, a aj keď nemusia byť uskutočnené priamo na Zemi, majú podobné účinky. Zem absorbuje mnoho gama lúčov, čo spôsobí vytvorenie asymetrického poľa. Výsledné pole je podobné pologuli žiariacej smerom nahor. Elektróny sú schopné sa vracat' sa do miesta výbuchu cez pôdu. Plocha v okolí výbuchu preto obsahuje vysokú koncentráciu vysoko ionizovaných častíc. Táto sieť pohybujúcich sa elektrónov vyvoláva prúd slučiek, ktoré generujú magnetické pole v mieste výbuchu. [4]

Ak nastane jadrový výbuch v strednej nadmorskej výške, efekt Zeme je omnoho väčší. Tento efekt môže byť v rozmedzí od povrchu Zeme až po najvyššie vrstvy atmosféry. So stúpajúcou výškou výbuchu klesá asymetrickosť vytváraného poľa. Avšak asymetria klesá po bod, kde dochádza k zmene atmosférickej hustoty.

Výškový EMP (HEMP) je vytváraný pri výškových výbuchoch v atmosfére s nízkou hustotou vzduchu. Kvôli tomu môžu gama lúče putovať veľmi ďaleko, až kým nie sú absorbované. Tieto lúče klesajú smerom k hustnúcej atmosfére. Táto interakcia so vzduchom tvorí ióny už popísaným spôsobom. Daná oblasť je približne kruhová s priemerom viac ako 1 000 míľ. Je hustá v strede a tenšia na okraji. Jej veľkosť závisí od výšky a mohutnosti výbuchu. EMP v tejto oblasti zdroja klesá k Zemi, čo je spôsobené elektromagnetickým poľom Zeme.

Hoci pole vytvorené výškovým výbuchom nie je veľké ako pri pozemnom výbuchu, zasahuje omnoho väčšiu plochu. Kvôli tomuto obrovskému potenciálu môže byť výškový výbuch z hľadiska EMP najnebezpečnejší.

EMP sa pri šírení atmosférou utlmuje a možné poškodenia vplyvom ostatných ničivých účinkov jadrového výbuchu sú omnoho významnejšie. Ale i pomerne malé výbuchy (do 20 kiloton) mimo atmosféru (exoatmosférické) sú schopné vytvárať EMP s účinkami do operačnej alebo strategickej hĺbky. Tým sú ohrozené všetky elektronické a elektrické zariadenia. Ionizujúce žiarenie takéhoto výbuchu svojimi dočasnými účinkami na elektroniku ohrozí aj družice v kozme, ktoré sú v rádiovom dosahu. Tieto účinky obmedzujú alebo ničia všetky spojovacie a elektronické zariadenia, ktoré nie sú špeciálne zodolnené proti účinkom EMP.

Aj keď EMP tvorí len asi 0,01 % z energie uvoľnenej pri výbuchu, vzhľadom na obrovské množstvo energie, ktorá sa uvoľní, vytvára elektrické pole s intenzitou okolo 5 000 V.m⁻¹ a magnetické pole s intenzitou 130 A.m⁻¹. Antény a káble privádzajú túto intenzitu k citlivým elektromagnetickým zariadeniam, ktoré môže úplne zničiť. [4]

Účinok EMP sa niekedy prirovnáva k účinkom blesku, ale je oveľa výraznejší. Kým pri blesku sa maximálna hodnota amplitúdy dosahuje za 10⁻⁶ s, pri EMP je to o dva rády rýchlejšie, t. j. za 10⁻⁸ s. Kým blesk trvá okolo 0,1 ms, tak EMP trvá 100-krát kratšie.

Všetky elektrické vodivé prvky reagujú na EMP buď vytvorením napätových či prúdových impulzov, alebo ich zvedú k ďalším častiam zariadenia. Čím dlhší je vodič, tým viac rastie hodnota napätových impulzov. Na ilustráciu: na konci 3 m dlhého vodiča, napr. na prútovej anténe, vznikne napätový impulz do 10 kV, kým na diaľkových elektrických vedeniach až 1 000 kV. Súčasné bežné elektrické prístroje majú najvyššiu odolnosť proti rušivému elektromagnetickému poľu maximálne 10 V.m⁻¹. EMP je síce krátkodobý, ale pretože každý vodič pôsobí ako anténa, absorbovaná energia je vedená elektrickou sieťou a môže zničiť celý systém diaľkových elektrických, telekomunikačných a telefónnych vedení. Ak budú vysokofrekvenčné signály zachytené základnými elektronickými obvodmi alebo k nim zvedené, budú obvody zničené.

Intenzívne elektromagnetické pole pôsobí vo forme impulzu aj na prenosovú techniku a elektronické prístroje. Ak dôjde k výbuchu na zemskom povrchu (pod ním) či v nevelkých výškach (do 2 km), jeho ostatné účinky pravdepodobne vyradia uvedenú techniku v malej vzdialenosti od výbuchu. To znamená, že účinky EMP sa neprejavia (a to ani mimo túto oblasť) natoľko, aby mali výrazný vplyv. Pri výbuchoch vo výškach 50 až 500 km sú účinky EMP veľmi výrazné, a to i vo veľkých vzdialenostiach od epicentra, t. j. 800 km a viac.

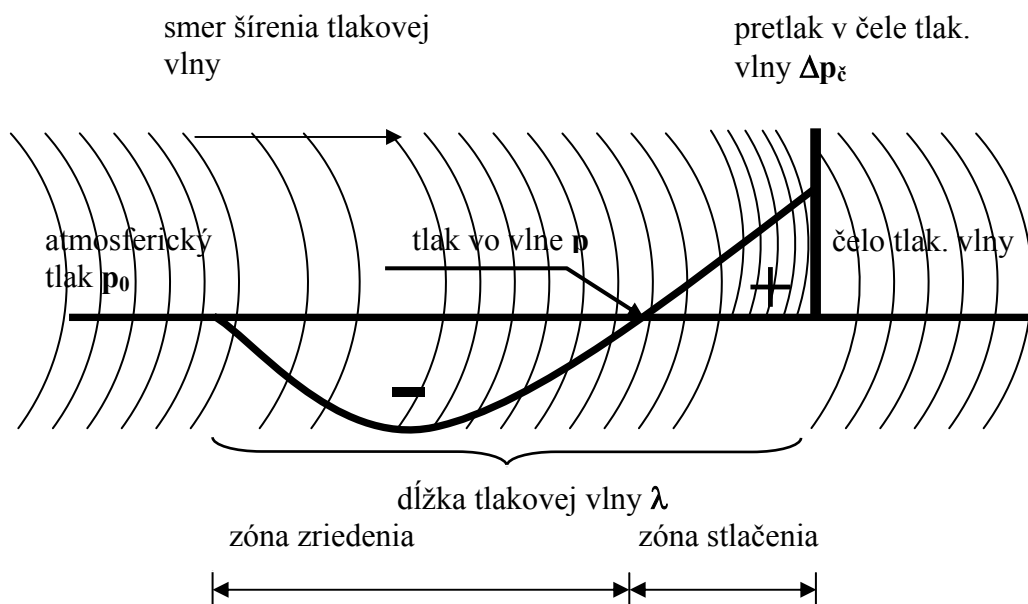
Ako účinnú ochranu proti EMP uvádzajú rôzne pramene tienenie kovovými mriežkami a používanie predpät'ových elementov.

1.3.4.5 Tlaková vlna

Po jadrovom výbuchu je v jeho priestore nezreagovaná časť nálože, odštiepky zreagovanej náplne jadrovej nálože, v prípade termojadrovej nálože tiež jej produkty, vyparený materiál obalu a vzduch, to všetko v plynnom stave. Tieto plyny v dôsledku vysokej teploty vytvárajú ohnivú guľu, ktorá má vo vnútri mnohonásobne vyšší tlak ako okolitá atmosféra. V dôsledku tlaku a ohriatím na teplotu niekoľko tisíc stupňov Celzia sa žeravý vzduch a s ním i zvyšky munície a produkty reakcie rozpínajú všetkými smermi do okolia, čím sa okolitý vzduch stláča a vzniká čelná vzdušná tlaková vlna.

Pri jadrovom výbuchu sa až 50 % energie podieľa na vytvorení tlakovej vlny (platí pre klasickú jadrovú nálož). Toto obrovské množstvo energie sa uvoľňuje vo veľmi malom priestorovom objeme a vo veľmi krátkom časovom úseku. Preto táto energia prevyšuje až desaťmiliónkrát energiu uvoľňovanú pri výbuchu klasickej výbušniny.

Vzdušná tlaková vlna, ktorá je najmohutnejším ničivým faktorom jadrového výbuchu, je schopná ničiť objekty v značných vzdialenostiach od centra (epicentra) výbuchu. Vzniká v dôsledku rozšírenia produktov výbuchu a odovzdania energie hydrodynamického obalu ohnivej gule okolitému vzduchu v podobe neobyčajne mohutného impulzu. Vrstva stlačeného vzduchu sa pohybuje nadzvukovou rýchlosťou (vyše 340 m.s^{-1}). Po odpútaní čela tlakovej vlny od ohnivej gule ihneď za **pásmom stlačenia** vzniká a šíri sa pásmo so zníženým tlakom – **pásmo zriedenia**. V tomto pásme je smer šírenia vzduchu v tlakovej vlne opačný než v jej čele. Smer pohybu vzduchu v tlakovej vlne je znázornený na obrázku 1.21 [16].



Obrázok 1.21: Smer pohybu vzduchu v tlakovej vlne (5)

Tlaková vlna sa šíri len v hmotnom prostredí (plynnom, kvapalnom alebo tuhom). V kozmickom priestore, kde je minimálne množstvo hmoty, sa nešíri.

Parametre tlakovej vlny

a) pretlak v čele tlakovej vlny Δp_{ϵ}

Je to rozdiel celkového tlaku p v čele tlakovej vlny a atmosférického tlaku p_0 :

$$\Delta p_{\epsilon} = p - p_0 \text{ [MPa]}$$

b) doba pôsobenia s

Je funkciou mohutnosti výbuchu. So zvyšujúcou sa mohutnosťou doba pôsobenia rastie. Naopak, vo väčšej vzdialenosti od zdroja výbuchu je hodnota doby pôsobenia nižšia.

c) dĺžka tlakovej vlny λ

Je daná súčinom doby pôsobenia a rýchlosti šírenia tlakovej vlny. Pri pretlaku v čele tlakovej vlny 0,3 MPa a väčšom sa vlna šíri nadzvukovou rýchlosťou. Ničivé účinky tlakovej vlny sú podmienené maximálnym pretlakom v jej čele a **rýchlostným náporom vzduchu**.

Podstatou rýchlostného náporu vzduchu je množstvo vzduchu, ktorý postupuje značnou rýchlosťou za čelom tlakovej vlny. Dynamické zaťaženie, ktoré pri tom vzniká (veľkosť tlaku rýchlostného náporu), môže niekoľkokrát presiahnuť hodnotu tlaku vo vlně. Tieto dynamické účinky sú rozhodujúce pre poškodenie techniky, stavieb a poranenie živej sily tlakovou vlnou. Hodnoty závislosti pretlaku v čele tlakovej vlny a rýchlostného náporu tlakovej vlny uvádza tabuľka 1.15. [14]

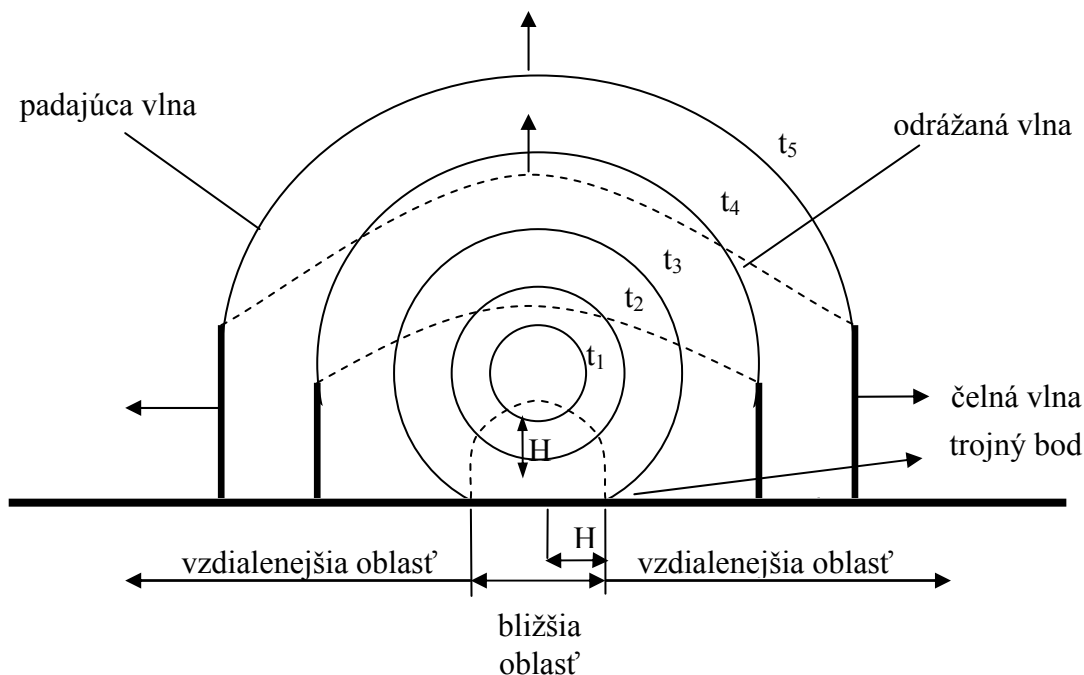
Tabuľka 1.15: Hodnoty závislosti pretlaku v čele tlakovej vlny a rýchlostného náporu a tlakovej vlny

Rýchlostný nápor vzduchu	Pretlak v čele tlakovej vlny [MPa]							
	0,001	0,01	0,03	0,05	0,1	0,3	0,5	1,0
M/h	22,6	23,4	63,2	99,2	174	378	518	772
km/h	81	85	227	357	626	1 560	1 865	2 120

Šírenie a druhy tlakovej vlny [16]

Pri vzdušnom výbuchu v homogénom prostredí (pozri obrázok 1.22) sa tlaková vlna šíri všetkými smermi ako guľová vlnoplocha. Táto tlaková vlna sa nazýva **padajúca** (z centra výbuchu padá na terén). Akonáhle sa padajúca vlna dotkne terénu, odrazí sa a postupuje ďalej ako **vlna odrazená**. V určitej vzdialenosti od epicentra výbuchu (táto vzdialenosť H je približne rovnaká ako výška výbuchu) sa spojí odrazená vlna s tlakovou vlnou padajúcou a ich vzájomným súčtom sa vytvorí v tzv. trojnóm bode nová tlaková vlna, ktorá sa nazýva **hlavná** alebo tiež **čelná**. Oblasť od epicentra až po miesto, kde je trojný bod tesne nad terénom nazývame **bližšia oblasť**. Za kružnicou, ktorá vymedzuje bližšiu oblasť je tzv. **vzdialenejšia oblasť**.

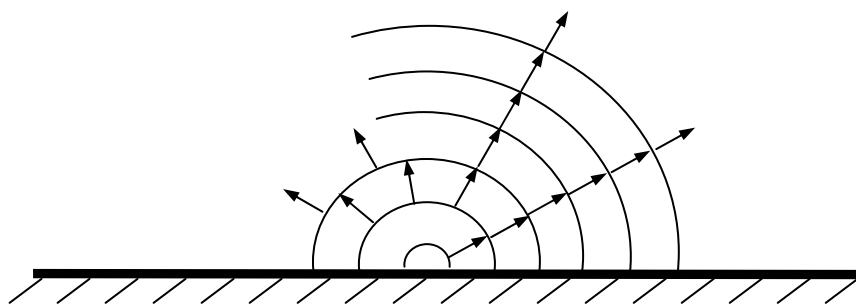
Väčšina tabuľkových hodnôt pre účinky tlakovej vlny pri vzdušných výbuchoch sa uvádza len pre túto oblasť a teda pre čelnú tlakovú vlnu. Dôležitou vlastnosťou hlavnej tlakovej vlny (z hľadiska ochrany) je, že má čelo kolmé k povrchu terénu a že sa šíri rovnobežne s terénom. Táto skutočnosť je z hľadiska ochrany výhodná, pretože tým nás čiastočne chráni proti tlakovej vlně aj terénne nerovnosti, násypy, steny, okopy, zákopy (to platí len pre oblasť vzdialenejšiu), zatiaľ čo v bližšej oblasti vzdušného jadrového výbuchu, kde dopadá takmer kolmo na terén sú tieto jednoduché ochranné vlastnosti terénu neúčinné.



Obrázok 1.22 Druhy tlakovej vlny

Šírenie tlakovej vlny pri pozemnom a podzemnom jadrovom výbuchu

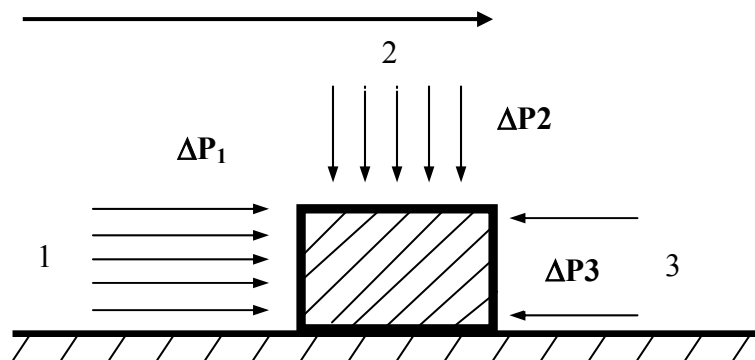
Pri pozemnom jadrovom výbuchu sa tlaková vlna šíri od epicentra výbuchu v pologuľovitých plochách. Čelo tlakovej vlny pôsobí rovnobežne s povrchom terénu. Časť energie výbuchu sa spotrebuje na seizmické vlnenie, ktoré spôsobuje otrasy pôdy (tak ako pri zemetrasení). Na obrázku 1.23 je znázornené šírenie tlakovej vlny pri pozemnom výbuchu.



Obrázok 1.23: Šírenie tlakovej vlny pri pozemnom výbuchu (5)

Pôsobenie tlakovej vlny na prekážky

Zaťaženie pozemných objektov tlakovou vlnou a rýchlostným náporom je závislé na tvare prekážky k smeru pohybu tlakovej vlny a na veľkosti vystavenej plochy. Tlaková vlna sa pri náraze na prekážku akoby zastaví a začne narastať pretlak pôsobiaci na čelnú stenu prekážky (objektu), až kým nedôjde k obtekaniu prekážky. Potom pretlak rýchlo klesá až na hodnotu pretlaku v čele tlakovej vlny a postupne až na úroveň atmosférického tlaku. Vplyv tlakovej vlny na prekážku je znázornený na obrázku 1.24 .



Obrázok 1.24: Vplyv prekážky na tlakovú vlnu (5)

- 1 – pôsobenie tlakovej vlny na kolmo privrátenej steny $\Delta P_1 = 2 \Delta p_\epsilon$
- 2 – pôsobenie tlakovej vlny na plochy ležiace v smere šírenia $\Delta P_2 = 1,2 \Delta p_\epsilon$
- 3 – pôsobenie tlakovej vlny na odvrátenej kolmé steny $\Delta P_3 = 0,7 \Delta p_\epsilon$ [16]

Vplyv členitosti terénu na pôsobenie tlakovej vlny

Tvar terénu má podstatný vplyv na šírenie tlakovej vlny. V pahorkatine (do 200 m) na svahoch privrátenej k výbuchu, so sklonom od 15° do 60°, nastáva zvýšenie pretlaku v čele tlakovej vlny 1,3- až 3-krát. Na odvrátenej svahu sa znižuje pretlak 1,1-krát v porovnaní s rovinným terénom. Za pahorkami a vyvýšeninami so sklonom svahu vyše 20° vo vzdialenosti troch až štyroch výšok pahorku bude pretlak 1,1 a 1,2 krát väčší než na rovine. V úzkych roklinách, stržiach, okopoch a zákopoch umiestnených kolmo na smer šírenia tlakovej vlny je pretlak rovnaký ako na rovnom teréne, ale rýchlostný nápor je značne menší.

V lese sa pretlak v čele tlakovej vlny zvyšuje 1,1- až 1,5-krát v porovnaní s rovným terénom a rýchlostný nápor sa 1,5- až 2-krát znižuje.

Účinky tlakovej vlny na živú silu a bojovú techniku

Účinky tlakovej vlny sú **priame**, ako aj **nepriame** (druhotné). Napríklad v Hirošime spôsobila tlaková vlna svojim priamym účinkom smrteľné zranenia na vzdialenosť asi 750 m, zatiaľ čo padajúce predmety až do 2 km. Zničené domy, poškodené elektrické vedenie a zničená bojová technika sa často stávajú ohniskom požiarov.

Tlaková vlna vyvoláva rôzne poškodenia nechránených osôb v závislosti na veľkosti pretlaku v čele tlakovej vlny. Pri nechránených osobách rozoznávame nasledujúce stupne poranenia:

- veľmi ťažké 0,1 MPa,
- ťažké 0,05 až 0,1 MPa,
- stredne ťažké 0,04 až 0,05 MPa,
- ľahké zranenia 0,02 až 0,04 MPa.

1.3.4.6 Rádioaktívna kontaminácia

Rádioaktívna kontaminácia je ďalším ničivým faktorom jadrového výbuchu. Od ostatných ničivých faktorov sa líši dĺžkou svojho trvania, pretože predchádzajúce ničivé faktory pôsobia v rozmedzí niekoľkých zlomkov sekúnd až niekoľko sekúnd, kým rádioaktívna kontaminácia môže pôsobiť niekoľko mesiacov a pri špeciálnych jadrových náložkách aj niekoľko rokov. Nebezpečenstvo rádioaktívnej kontaminácie je spôsobené rádioaktívnym žiarením. Toto žiarenie vysielajú rádioaktívne nuklidy, ktoré vznikli v dôsledku výbuchu, štiepne produkty a nezreagovaná jadrová náplň. Do rádioaktívnej kontaminácie patrí aj rádioaktívne žiarenie, vysielané po ukončení prenikavej rádiácie (asi 15 sekúnd po výbuchu).

Zdroje rádioaktívnej kontaminácie jadrového výbuchu

Sú v podstate tri:

- a) **štiepne produkty** – tvoria zmes vyše 200 rádionuklidov vzniknutých priamo štiepením, alebo rádioaktívnymi premenami štiepením vzniknutých jadier. Štiepne produkty majú väčší vplyv na rádioaktívnu kontamináciu najmä pri pozemnom jadrovom výbuchu, keď dochádza k nasatiu značného množstva zeminy do plazmatickej ohnivej gule a k premiešaniu štiepných produktov so zeminou. Štiepne produkty pri chladnutí kondenzujú na zemine, sedimentujú postupne v smere vetra a vytvárajú mohutnú rádioaktívnu stopu, ktorá dosahuje dĺžku mnoho desiatok, niekedy až stoviek kilometrov.
- b) **indukovaná rádioaktivita** – neutróny uvoľnené v štiepnom procese, pokiaľ sa nezúčastnia reakcie (neutróny prenikavého rádioaktívneho žiarenia) sú nakoniec absorbované jadrami prvkov obalu jadrovej munície, vzduchu alebo pôdy (vody), prípadne terénnych predmetov. Niektoré prvky sa po absorpcii neutrónov stávajú rádioaktívne. Vzniká tzv. indukovaná rádioaktivita. Za najdôležitejšiu sa spravidla považuje indukovaná rádioaktivita na teréne a na predmetoch, pretože s ňou prichádzame do priameho styku.
- c) **nezreagovaná náplň** – pri reťazovej štiepnej reakcii nestačí určitá časť jadrovej náplne zreagovať do okamihu rozmetania náplne. Táto časť nezreagovanej náplne je zdrojom rádioaktívnej kontaminácie.

Absolútne hodnoty aktivity a podiel aktivity jednotlivých zdrojov na celkovej aktivite rádioaktívnej kontaminácie budú závislé na energii výbuchu, druhu jadrovej nálože, druhu výbuchu a na mnohých ďalších okolnostiach. Najmohutnejšia rádioaktívna kontaminácia s vysokými hodnotami úrovne radiácie (expozičného príkonu) sa dosahuje pri pozemných jadrových výbuchoch. Dlhoročnú kontamináciu terénu spôsobujú pozemné jadrové výbuchy kobaltových alebo zinkových bômb.

Rádioaktívna kontaminácia po jadrovom výbuchu

Hodnota rádioaktívnej kontaminácie terénu je značne rozdielna podľa toho, či ide o pozemný (podzemný) alebo vzdušný jadrový výbuch. Rádioaktívna kontaminácia terénu je spôsobovaná tzv. rádioaktívnym spadom. Je to vlastne vypadávanie rádioaktívnych čiaščiek zo všetkých troch zložiek rádioaktívnej kontaminácie z rádioaktívneho oblaku. Čiaščky vplyvom tiaže vypadávajú v oblasti centra, ako aj po celej ceste šírenia oblaku a vytvárajú rádioaktívnu stopu. Najrozsiahlejšia rádioaktívna kontaminácia terénu vzniká pri pozemnom jadrovom výbuchu. Zvlášť silná rádioaktívna kontaminácia terénu bude v centre výbuchu. Na rádioaktívnej kontaminácii terénu sa bude hlavnou mierou podieľať indukovaná aktivita a štiepne produkty. Silná rádioaktívna kontaminácia terénu vznikne v smere šírenia rádioaktívnej stopy.

Zvlášť nebezpečná rádioaktívna kontaminácia terénu vzniká pri podzemnom jadrovom výbuchu. Vzdušný výbuch je vzhľadom na komplexné účinky na živú silu a bojovú techniku síce najúčinnější, ale dochádza pri ňom k pomerne slabej rádioaktívnej kontaminácii terénu. Pri výbuchoch v optimálnych výškach dochádza ku kontaminácii len priamo v epicentre a v jeho najbližšom okolí.

Rádioaktívna stopa

Rádioaktívna stopa vzniká pri všetkých druhoch výbuchov (okrem výbuchu v kozmickom priestore), ale so stúpajúcou výškou výbuchu sa intenzita rádioaktívneho spadu znižuje a kontaminácia v rádioaktívnej stope sa stáva zanedbateľnou. Pri pozemných a podzemných výbuchoch je ale intenzita rádioaktívneho spadu značná a koncentrácia rádioaktívnych látok v stope dosahuje vysoké hodnoty.

Rádioaktívny spad pozemného výbuchu môžeme rozdeliť na dve skupiny:

- **počiatočný, lokálny, miestny rádioaktívny spad** – tvoria ho rádioaktívne častice, ktoré

vypadnú do 24 hodín na povrch Zeme,

- **spomalený, globálny spad** – zasahuje celý povrch Zeme a vypadáva mesiace až roky.

Tvar stopy rádioaktívnej kontaminácie terénu (riadi sa teóriou chaosu) závisí hlavne na smere a rýchlosti vetra a na konfigurácii terénu. Je známe, že rýchlosť i smer vetra sú v rôznych výškach nad terénom rozdielne a vznik stopy je ovplyvňovaný všetkými rýchlosťami a smermi, vyskytujúcimi sa od Zeme až po maximálnu výšku, ktorú rádioaktívny oblak dosiahne. Pri vyhodnocovaní smeru a rýchlosti šírenia stopy sa využíva väčšinou stredný smer a rýchlosť, ktoré sa získajú vektorovým súčtom.

Vplyvom rádioaktívneho spadu dochádza v rádioaktívnej stope ku kontaminácii objektov a techniky, ktoré sa stávajú nebezpečným zdrojom žiarenia i po opustení kontaminovaného terénu. Objekty a predmety v kontaminovaných priestoroch môžu byť kontaminované na povrchu i vo vnútri. Kontaminácia povrchu predmetov a bojovej techniky nás zaujíma buď v čase spadu, alebo pri prekonávaní kontaminovaných priestorov. Na základe toho delíme kontamináciu predmetov a objektov na:

- a) **prvotnú** – je spôsobená rádioaktívnym prachom, ktorý vypadáva priamo z oblaku;
- b) **druhotnú** – nastáva pri zvrátení rádioaktívneho prachu, napr. pri prekonávaní kontaminovaného priestoru. Prach sa znovu usadzuje a sekundárne kontaminuje povrch predmetov.

Členské štáty NATO na spracovanie predpovedí radiačného, chemického a biologického (NBC) nebezpečenstva, oznamovania a varovania pred ním využívajú počítačový systém s programom NBC-analýza. Softwarový systém NBC-analýza je spracovaný v súlade so štandardom ATP-45(B) a STANAG 2103.

Kontaminácia vody a potravín

Ku kontaminácii vody dochádza vznikom indukovanej rádioaktivity vo vode, vypadávaním rádioaktívnych častíc na povrch vodných zdrojov a rozpúšťaním rádionuklidov vo vode. Najväčší význam má kontaminácia vypadávaním rádioaktívnych častíc. Stupeň kontaminácie stojatej vody je možné určiť len za predpokladu rovnomerného rozptýlenia rádioaktívnych častíc vo vode a za predpokladu rovnomernej kontaminácie terénu. V praxi sa ale rádioaktivita vplyvom sedimentácie koncentruje vo vode na dne nádrže. Na nerovnomerné rozdelenie aktivity vo vode majú vplyv aj rôzne vodné organizmy. Rádioaktivita sa koncentruje aj na čistočkách suspenzie, ktoré sú rozptýlené vo vode. Indukovaná rádioaktivita v potravinách je spôsobená hlavne vznikom rádionuklidov sodíka, chlóru, horčíka a draslíka.

Zhrnutie

Pri rozvoji jadrového výbuchu v rôznych prostrediach sa energia uvoľnená pri výbuchu prejavuje rôzne, čo spôsobuje špecifický charakter javov vonkajšieho obrazu výbuchu a odoviedajúcich ničivých faktorov, ktoré sprevádzajú jadrový výbuch.

Polomery vyradenia osôb rôznymi ničivými faktormi závisia predovšetkým na mohutnosti výbuchu, druhu výbuchu a type jadrovej zbrane. Pri neutrónovom výbuchu bude napr. jednoznačne prevládať vyradenie osôb spôsobené prenikavým rádioaktívnym žiarením.

Pri jadrovom výbuchu, ktorý má mohutnosť do 10 kt je základným ničivým faktorom pre osoby prenikavé rádioaktívne žiarenie, doplnené o účinky tlakovej vlny a svetelného žiarenia. Pri výbuchu s mohutnosťou 100 kt a viac je prevládajúcim ničivým faktorom svetelné žiarenie a tlaková vlna, vo veľkých vzdialenostiach potom svetelné žiarenie.

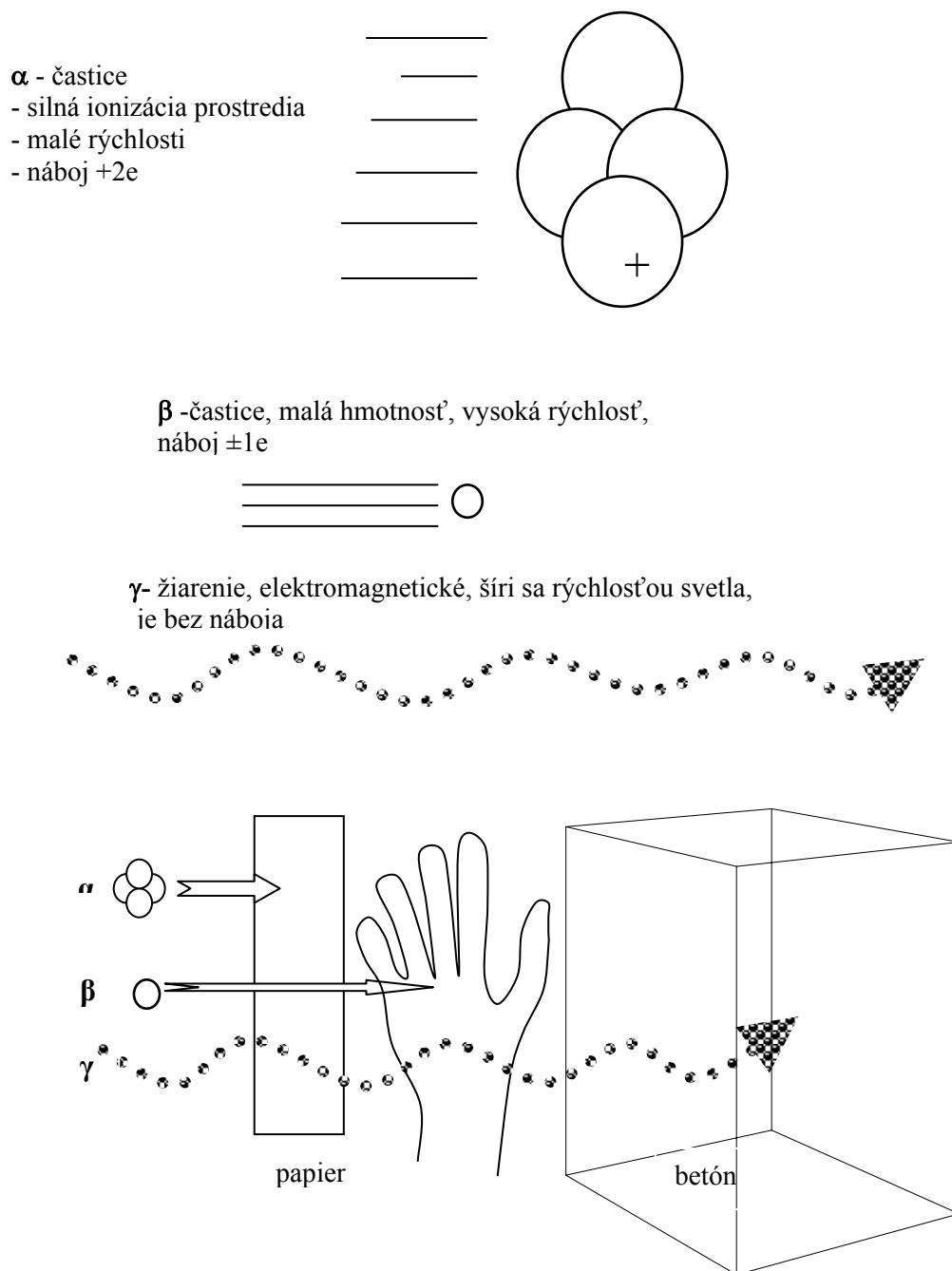
Kým na nekrytú živú silu pôsobia ničivo všetky faktory jadrového výbuchu (s výnimkou EMP), uplatňuje sa pri ničení bojovej techniky a objektov predovšetkým pôsobenie tlakovej vlny.

Z hľadiska vojenskej praxe je nedôležité, ktorým z ničivých faktorov bola osoba, zbraň či bojová technika vyradená. Preto sa pre súhrnné vyjadrenie všetkých účinkov ničivých fakto-

rov používa jednotné označenie – **kombinované účinky** jadrového výbuchu (dosah kombinovaných účinkov jadrového výbuchu).

1.4 VPLYV IONIZUJÚCEHO ŽIARENIA NA ĽUDSKÝ ORGANIZMUS

Ak chceme kvalifikovane vysvetliť vplyv rádioaktívneho žiarenia na živý organizmus, musíme rozobrať vlastnosti rádioaktivity z hľadiska interakcie s látkou a účinkov na živé organizmy, ako aj popísať cesty rádionuklidov zo životného prostredia k človeku. V ochrane pred ionizujúcim žiarením musíme zasa vymedziť veličiny používané pri hodnotení ožiarenia.



Obrázok 1.25: Druhy žiarenia a ich schopnosť prenikať rôznymi materiálmi

1.4.1 INTERAKCIA RÁDIOAKTÍVNEHO ŽIARENIA S LÁTKOVÝM PROSTREDÍM

Všetky častice emitované pri jadrových premenách, podliehajú vzájomnému pôsobeniu s látkovým prostredím, cez ktoré prechádzajú. Tento proces interakcie závisí od vlastností emitovaného žiarenia a vlastností prostredia, cez ktoré prechádza, a vedie k fyzikálnym, chemickým a biologickým zmenám prostredia.

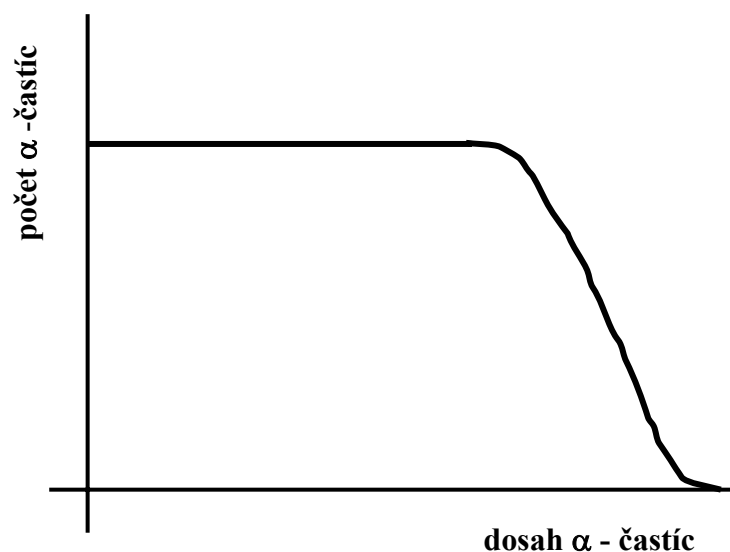
Je evidentné, že procesy, ktoré sa odohrávajú pri prechode jadrových častíc cez prostredie, majú zásadný význam pre posúdenie vplyvu rádioaktivity na živé organizmy. Celkový obraz pôsobenia častíc na látku je veľmi zložitý. Častice interagujú s jadrami a s elektrónmi atómu na rôznych elektrónových vrstvách.

Na charakter a priebeh interakcie častíc a fotónov gama s prostredím vplývajú predovšetkým také vlastnosti častíc, ako je hmotnosť, náboj a energia, a také vlastnosti prostredia, ako hustota, protónové číslo a stredný ionizačný potenciál.

Rádioaktivita je jav, pri ktorom sa jadrá rádioaktívnych izotopov samovoľne alebo umelo premieňajú a pritom vysielajú jadrové žiarenie, ktoré spôsobujú tri druhy častíc, a to alfa, beta a gama (obrázok 1.25).

1.4.1.1 Interakcia alfa žiarenia

Alfa žiarenie pri prechode látkovým prostredím spôsobuje veľmi hustú ionizáciu. Ióny sú rozložené v blízkosti dráhy častice. Dolet, ktorý je funkciou začiatočnej energie, je vo vzduchu niekoľko centimetrov (6,95 cm), v pevných látkach niekoľko mikrometrov. Častice alfa stratia podstatnú časť svojej energie ionizáciou pozdĺž vlastnej stopy. Počet ionizačných aktov závisí od počtu molekúl, s ktorými častica interaguje. Niektoré častice alfa vyvolajú pri prechode vrstvou hrubou 1 cm menší, iné väčší stredný počet interakcií. Preto častice alfa s rovnakou energiou stratia túto energiu na rozdielne dlhých dráhach, čo vedie k rozptylu. Pri každom akte ionizácie sa vytvorí jeden voľný elektrón a príslušný kladný ión. Na jeden akt ionizácie spotrebuje častica alfa priemerne energiu 35 eV. [20]

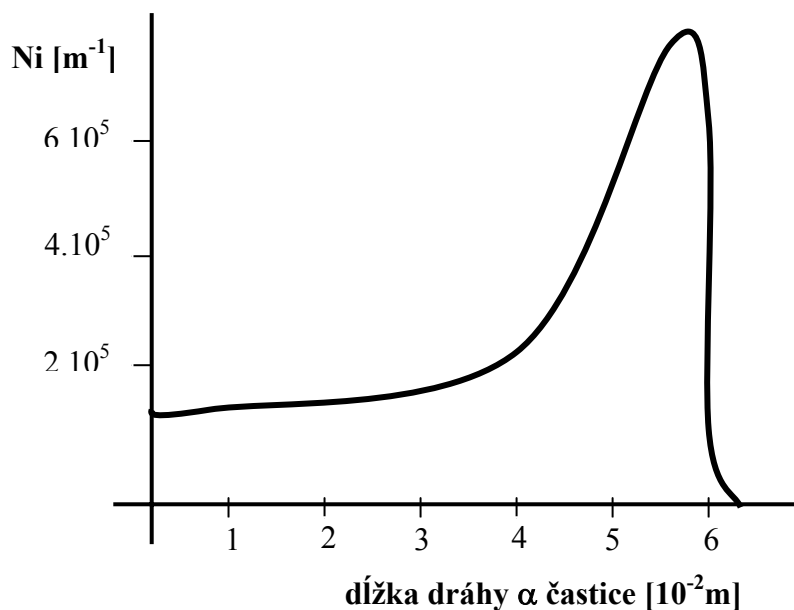


Obrázok 1.26: Graf závislosti počtu alfa častíc (α) od ich dosahu pri interakcii s látkou

Až ku koncu dráhy sa častica neutralizuje postupne dvoma elektrónmi a stráca svoju identitu tým, že sa mení na neutrálny héliový atóm, ktorý už nemá dostatok energie na ionizáciu. Celkový počet iónových párov vytvorených jednou α -časticou po celej dĺžke dráhy má rád 10^5 (obrázok 1.26).

Hodnota lineárnej ionizácie ku koncu dráhy alfa častice stúpa a dosahuje pred stratou identity maximum (obrázok 1.27).

Pri veľmi vysokých energiách sa pri interakcii alfa žiarenia uplatňujú aj iné deje, než je ionizácia. Dochádza totiž k interakcii medzi α -časticami a atómovými jadrami absorbujúceho prostredia vo forme Rutherfordovho rozptylu, alebo výmennej jadrovej reakcie. Pravdepodobnosť týchto dejov s klesajúcou energiou α -žiarenia veľmi rýchlo klesá.



Obrázok 1.27: Hodnoty lineárnej ionizácie alfa časticou ku koncu jej ionizačnej dráhy

kde Ni je počet ionizovaných častíc na dĺžke 1 metra

1.4.1.2 Interakcia beta žiarenia

Prechod beta častíc cez prostredie má oveľa zložitejšiu povahu ako prechod častíc alfa. Rozdiely sú spôsobené oveľa menšou hmotnosťou a väčšou rýchlosťou častíc beta. Preto aj lineárna ionizácia beta žiarenia má značne nižšiu hodnotu ako pri α -žiarení rovnakej energie. S nižšou lineárnou ionizáciou súvisí aj vyššia prenikavosť β -žiarenia. Častice beta môžu stratiť veľkú časť svojej kinetickej energie v jedinej zrážke s elektrónom a rozptyľujú sa na jadrách oveľa ľahšie ako alfa častice. Z týchto dôvodov existuje oveľa väčší rozptyl v dolete monoenergetických elektrónov oproti doletu alfa častíc. Pre porovnanie uvažujeme o časticách alfa aj beta s rovnakou energiou 3 MeV. Kým častice alfa s touto kinetickou energiou majú vo vzduchu dolet okolo 2,8 cm a vytvoria priemerne 40 000 párov iónov na cm, častice beta majú vo vzduchu dolet nad 100 cm a vytvoria iba 40 párov iónov na cm. [20]

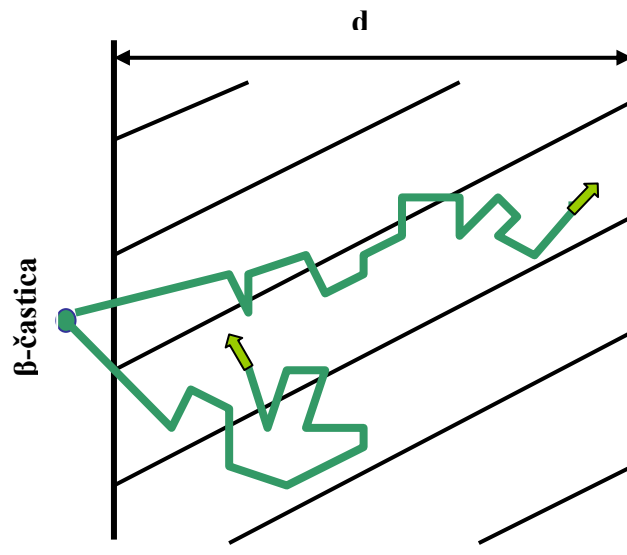
Dráha beta častice je približne priamočiara len pre žiarenie s veľmi veľkou energiou. Beta žiarenie so strednou alebo nízkou energiou je charakterizované kľukatou dráhou (obrázok 1.28). Elektróny sa totiž v dôsledku svojej malej hmotnosti značne odchyľujú v elektrickom poli elektrónov absorbujúcej látky.

Z obrázku vyplýva, že v prípade β -žiarenia sa nemôže hovoriť všeobecne o jeho dosahu! Pri prechode látkovým prostredím intenzita β -žiarenia klesá. Pokles radiačnej intenzity sa

môže vyjadriť empirickým exponenciálnym vzťahom:

$$I = I_0 + e^{-\mu_e \cdot d}$$

kde: I_0 – je intenzita dopadajúceho beta žiarenia
 I – je intenzita beta žiarenia po prechode látkou hrúbky d
 μ_e – je lineárny súčiniteľ zoslabenia [m^{-1}]
 d – je hrúbka látky [m]



Obrázok 1.28: Schéma dráhy častice beta (β) pri interakcii s látkou

1.4.1.3 Interakcia gama žiarenia

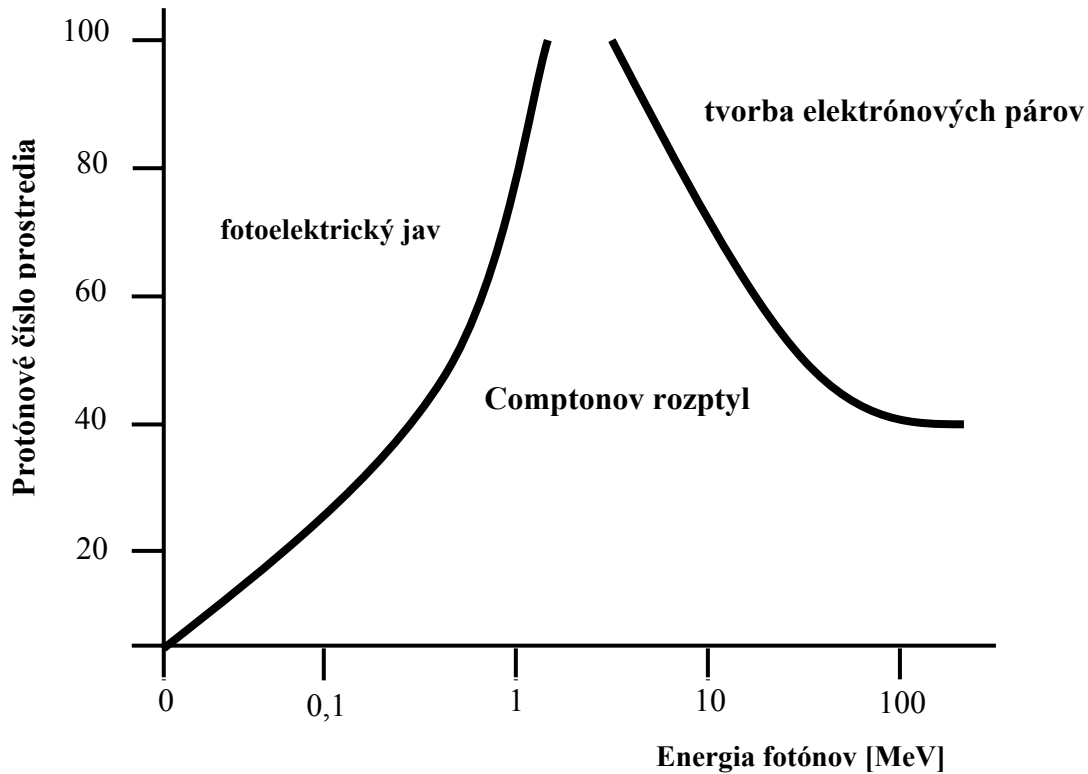
Charakter interakcie žiarenia gama s prostredím sa zásadne líši od charakteru interakcie nabitých častíc, akými sú častice alfa a beta. Rozdiel je výrazný predovšetkým v oveľa väčšej prenikavosti žiarenia gama a taktiež v odlišnosti procesov absorpcie. Keď na absorbátor dopadne zväzok žiarenia gama, každý zabrzdený fotón odovzdá energiu v jednom jedinom akte, a nie postupne ako nabité častice. Fotón teda môže byť ihneď úplne absorbovaný alebo rozptýlený.

Absorpcia gama žiarenia sa uskutočňuje tromi procesmi: fotoelektrickým javom, Comptonovým rozptylom a tvorbou elektrónovo-pozitrónových párov.

Pravdepodobnosť, ktorý z troch interakčných dejov prevláda, závisí od viacerých faktorov. Rozhodujúci význam má energia γ -žiarenia a protónové číslo, prípadne elektrónová hustota absorbujúceho prostredia.

Pri mäkkom gama žiarení sa uplatňuje najmä fotoefekt a tvorba elektrónových párov takmer neprichádza do úvahy. Pri tvrdom gama žiarení prevláda tvorba elektrónového páru a Comptonov rozptyl má len druhoradý význam. Pri strednej energii gama fotónov prevláda Comptonov rozptyl a význam fotoefektu aj tvorby elektrónových párov je sekundárny (obrázok 1.29).

Pri fotoelektrickom jave dopadajúci fotón interaguje s niektorým elektrónom z elektrónového obalu atómu a odovzdá pritom celú svoju energiu tomuto jedinému elektrónu, ktorý vyletí z elektrónového obalu. Pri tomto procese sa premení gama fotón na kinetickú energiu elektrónu.



Obrázok 1.29: Graf interakcií gama žiarenia podľa jeho energie a protónového čísla prostredia (látky)

Pri Comptonovom rozptyle sa dopadajúci fotón odkloní zo svojho pôvodného smeru na niektorom z obalových elektrónov atómov absorbátora, pričom odovzdá časť svojej energie tomuto elektrónu.

Pri vzniku elektrónovo-pozitrónového páru sa fotón premení v coulombovskom poli jadra na elektrón a pozitron.

1.4.1.4 Interakcia neutrónov

Interakcie neutrónov s látkovým prostredím boli podrobnejšie popísané v prechádzajúcich kapitolách. Časť interakčných dejov neutrónov s prostredím, ktorým žiarenie prechádza, vedie k poklesu hustoty prejdených neutrónov. Ide o vzťah formálne podobný absorpčnému zákonu:

$$\phi = \phi_0 \cdot e^{-N \cdot \sigma_t \cdot d}$$

kde: ϕ_0 – je hustota dopadajúcich neutrónov

ϕ – je hustota neutrónov, ktoré prešli cez absorbujúcu vrstvu s hrúbkou d

N – je počet atómov absorbujúcej látky v 1 m^3

σ_t – je celkový mikroskopický účinný prierez [m^2]

d – je hrúbka absorbujúcej látky v [m]

Tabuľka 1.16: Interakcie neutrónov s prostredím (látkou) podľa ich energetického spektra

Druh neutrónov	Energia neutrónov	Základná interakcia
Tepelné	0,025 až 0,5 eV	záchytná jadrová reakcia
Rezonančné	0,5 eV až 10 keV	pružný rozptyl, záchytná jadrová reakcia a výmenná jadrová reakcia
Rýchle	10 keV až 10 MeV	pružný rozptyl
Relativistické	> 20 MeV	trieštivé jadrové reakcie

Pre úplnosť je v tabuľke 1.16 uvedený prehľad interakcií neutrónov s prostredím (látkou) na základe ich energie (rýchlosti). [19]

Z hľadiska nebezpečnosti sa javí alfa interakcia ako najnebezpečnejšie žiarenie pri vnútornej kontaminácii a gama žiarenie pri ožarovaní mimo ľudské telo.

1.4.2 CESTY RÁDIONUKLIDOV Z KONTAMINOVANÉHO PROSTREDIA K ČLOVEKU

Človek môže byť ožiarený priamo zo zdroja ionizujúceho žiarenia, alebo je ožiarený pri styku s kontaminovanými materiálmi prostredia. Cesty rádionuklidov zo životného prostredia k človeku sú všeobecne veľmi zložité a ovplyvňované mnohými faktormi, meniacimi vo svojich dôsledkoch veľkosť dávkového ekvivalentu, ktorým je človek ožiarený zvonku alebo zvnútra za určité časové obdobie, prípadne za celý život. Na rádionuklidy uvoľnené do životného prostredia pôsobia súčasne dva základné vplyvy, a to **rozptyl**, ktorý spôsobuje redistribúciu uvoľnených rádionuklidov v zložkách životného prostredia (na teréne) okolo zdroja rádionuklidov a **akumulácia**, prostredníctvom ktorej sa rozptýlené rádionuklidy opäť ukladajú v iných zložkách životného prostredia.

Rádionuklidy uvoľnené do atmosféry alebo do vody sa vplyvom **turbulentnej a molekulárnej difúzie** rozptyľujú do okolitého prostredia. V dôsledku toho klesá koncentrácia rádionuklidov so vzdialenosťou od zdroja. Okrem difúzie pôsobí na uvoľnený rádioaktívny materiál opačný proces – **usadzovanie**, ktoré je spôsobené niekoľkými fyzikálno-chemickými pochodmi. [20]

Distribúcia rádionuklidov v teréne závisí na **teréne** a na **meteorologických vplyvoch**, ktoré súvisia predovšetkým so zemepisnou lokalitou. V oblastiach so zvýšeným množstvom zrážok dochádza k väčšiemu usadzovaniu (vymývaniu z atmosféry) rádionuklidov oproti oblastiam, kde sú zrážky vzácne. Taktiež vietor spôsobuje rozptyľovanie rádionuklidov, zatiaľ čo v chránených oblastiach sú naopak priaznivejšie podmienky pre koncentráciu rádionuklidov. V horách sú to napr. plesá, ktoré sú obvykle chránené okolitými štítmami, zatiaľ čo na hrebeňoch sú rádionuklidy rozptyľované neustálym turbulentným pohybom vzduchu. Treba ale upozorniť na skutočnosť, že v horách množstvo rádionuklidov významne ovplyvňuje topiaci sa sneh, ktorý spôsobuje ich priamy prenos do vegetácie, ktorá je vo vysokých horách veľmi chudobná. Po jarnom odmáku tak môže vegetácia vykazovať relatívne vysokú koncentráciu rádionuklidov.

V hypotetickom prípade, v ktorom by boli všetky rádionuklidy naraz uvoľnené v jednom bode biosféry, bude sa nasledujúca distribúcia v priestore a čase líšiť pre jednotlivé rádionuklidy. Transportné procesy rádionuklidov v životnom prostredí sú teda dané v prvom rade ich vlastnosťami. Všeobecne je koncentrácia rádionuklidu v istej časti životného prostredia daná relatívnymi rýchlosťami príjmu a strát rádionuklidov. Tieto rýchlosti sú zase závislé na fyzikálnych a chemických vlastnostiach rádionuklidov, ktoré ovplyvňujú chovanie rádionuklidov v životnom prostredí v priebehu času. Platí napríklad, že ľahko rozpustné zlúčeniny rádionuk-

lidov sú v teréne (ekosystéme) transportované viac a rýchlejšie. Príjem do daného ekosystému sa okrem vyššej rozpustnosti zvyšuje aj s vyšším zastúpením rádionuklidov v okolí, s ich chemickou a rádiologickou aktivitou, s podobnosťou nutričným prvkom, so zmenšujúcou sa veľkosťou častíc a pod.

Zatiaľ sme hovorili o vplyve vlastností rádionuklidov na ich transportné procesy v životnom prostredí. Nezanedbateľnú úlohu v transporte rádionuklidov ale má aj vplyv vlastností a chovania biologických organizmov. Napríklad vonkajšia morfológia niektorých biologických organizmov ovplyvňuje do veľkej miery akumuláciu rádionuklidov. Organizmy s veľkým povrchom v pomere k svojej hmotnosti akumulujú veľmi dobre rádionuklidy zo vzduchu, vody alebo pôdy. Výbornými lapačmi rádionuklidov zo vzduchu sú napríklad lišajníky. Všeobecne možno povedať, že maximálnu koncentráciu rádionuklidov za dlhodobú časovú periódu budú vykazovať tie časti ekosystému, ktoré majú veľký príjem a malé straty.

K človeku sa rádionuklidy dostávajú buď priamym ožiarением, inhaláciou, alebo potravinovým reťazcom cez rastlinnú vegetáciu, poprípade ďalej cez zver, dobytok, hydinu, ryby a iné živočíchy alebo ich produkty. Organizmus prijme ingesciou (požitím potravy) rádionuklidy v množstve, ktoré je rovné veľkosti konzumácie potravy a priemernej koncentrácii rádionuklidov v potrave. Koncentrácia rádionuklidov v potrave závisí na veľkosti kontaminácie, distribúcii rádionuklidov a zvyklostiach konzumenta. Z organizmu konzumenta budú rádionuklidy odchádzať v závislosti na fyzikálnom a biologickom polčase.

Biologický polčas (doba, za ktorú sa z tela vylúči polovica rádionuklidov biologickými procesmi) je na rozdiel od fyzikálneho variabilný, závislý nielen na fyzikálno-chemických vlastnostiach rádionuklidov, ale i na fyziológii organizmu.

Mnohé rádionuklidy sa prinajmenšom kvalitatívne chovajú ako dôležité nutričné analógy – napríklad rádionuklidy ^{90}Sr , ^{89}Sr , ^{140}Ba , ^{226}Ra a ^{45}Ca sa chovajú ako vápnik, rádionuklidy ^{137}Cs , ^{96}Rb , ^{40}K ako draslík, trícium ako vodík a pod. Okrem týchto rádionuklidov existujú taktiež dôležité rádionuklidy, ktorých chovanie sa od nutričných prvkov líši. Príkladom je ^{44}Ca , ^{106}Ru , ^{95}Zr , ^{85}Kr a ^{239}Pu . [20] Aj tieto rádionuklidy sa môžu v niektorých situáciách v organizme ukladať, ale ich významnosť z hľadiska poškodenia organizmu je menšia než pri nutričných analógoch. Vo vzťahu k základným nutričným prvkom, ktoré sú prijímané kontinuálne, si organizmus vytvoril mechanizmus, ktorý tieto prvky odmietne, akonáhle ich množstvo prekročí určitú hranicu. V tele sa tak vytvorí a kontroluje určitá medzná koncentrácia nutričných prvkov.

V tomto mechanizme hrajú hlavnú úlohu ľadviny. Väčšina rádionuklidov je však v porovnaní s prvkami v potrave prijímaná v takej mizivej chemickej koncentrácii, že nedôjde k osmotickej regulácii funkcie ľadvín. Dokonca i v koncentrácii schopnej spôsobiť vážne biologické poškodenie sa väčšina rádionuklidov riadi zákonmi jadrovej chémie, a nie zákonmi, ktoré vyplývajú z ich množstva v organizme. Napríklad letálnu (smrteľnú) dávku ^{137}Cs spôsobí za jeden deň koncentrácia menšia než $0,2 \mu\text{g}$ na gram tkaniva. To je desaťtisíckrát menej než koncentrácia draslíka. Z uvedených dôvodov sa väčšina rádionuklidov, ktoré majú polčas menší než 100 rokov, chová v ekologickom systéme skôr ako rádioaktívne indikátory. Iná situácia je pri rádionuklidoch s extrémne dlhými polčasmi premeny, ako sú ^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U . [20]

Množstvo kumulovaného rádionuklidu závisí aj na metabolizme a fyziologických charakteristikách organizmu, ktoré ovplyvňujú príjem, vstrebávanie, tkanivovú distribúciu a záchyt rádionuklidov rastlinami a živočíchmi. Aktívny metabolizmus vyžaduje príjem potravy a energie a týmto spôsobom migrujú so stabilnými nuklidmi aj rádionuklidy. Rozpustné rádionuklidy, chemicky podobné metabolicky aktívnym prvkom, sa tak dostávajú cez biologické membrány a distribuujú sa v tkanivách. Zvýšená metabolická aktivita je sprevádzaná zvýšeným príjmom potravy, tým aj zvýšeným príjmom rádionuklidov a zároveň zvýšeným vylučovaním, lebo obsah nutričných prvkov sa v tele udržiava na určitej úrovni. Rádionuklidy sa

môžu, ale nemusia chovať rovnako. Vzhľadom na svoju malú koncentráciu nemusia byť z organizmu vylučované, a preto zvýšený metabolizmus môže viesť k zvýšeniu koncentrácie rádionuklidov v tkanivách.

Je treba spomenúť ešte i to, že metabolizmus a fyziológia organizmov závisí na veku, pohlaví, zdravotnom stave a ďalších faktoroch. Výsledkom je skutočnosť, že kumulácia rádionuklidov, ktoré nemajú zvlášť dlhý polčas, je väčšinou relatívne vyššia u mladých organizmov. Naopak dlhodobé rádionuklidy, ktoré sa ukladajúce v kostiach, nemusia pri človeku dosiahnuť rovnovážny stav ani po 50 rokoch pravidelného príjmu. To znamená, že ich koncentrácia v priebehu života stále narastá.

1.4.3 BIOLOGICKÉ ÚČINKY IONIZUJÚCEHO ŽIARENIA NA ŽIVÝ ORGANIZMUS

Účinky rádioaktívneho žiarenia na živý organizmus sa obvykle hodnotia ako bionegatívne (genetické a somatické poškodenia živých organizmov) a biopozitívne (napr. využívanie priaznivých mutácií vytvorených účinkom rádioaktívneho žiarenia v rastlinnej výrobe, v šľachtiteľskej genetike, v technickej mikrobiológii, pri liečení horných ciest dýchacích vo vyšších polohách vplyvom väčšieho obsahu iónov vo vzduchu spôsobeného ionizáciou kozmickým žiarením atď.). Napriek uvedenému je takéto delenie pragmatické, pretože často je možné ten istý jav (napr. mutagénzu) zaradiť do oboch skupín súčasne.

Z hľadiska ochrany pred rádioaktívnym žiarením má najväčší význam štúdium biologického poškodenia organizmu vplyvom rádioaktívneho žiarenia. V 1 mililitri tkaniva, s počtom $8 \cdot 10^{22}$ atómov nastáva pritom ionizácia v každom stomilióntom atóme. [20] Z toho vyplýva, že samotný fyzikálny proces (ionizácia) by nemal byť príčinou takých závažných biologických škôd. Predpokladá sa preto, že po fyzikálnej etape pôsobenia žiarenia nasleduje etapa fyzikálno-chemická, chemická a biologická.

Tieto etapy (štádia) môžeme v krátkosti charakterizovať takto [20]:

1. Štádium fyzikálne – absorpcia energie ionizujúceho žiarenia sa uskutočňuje v procesoch ionizácie a excitácie atómov a molekúl. Ak sa proces ionizácie uskutoční priamo v molekule deoxyribonukleovej kyseliny (DNK), alebo v inej makromolekule, hovoríme o priamom účinku ionizujúceho žiarenia. Tento proces prebieha vo veľmi krátkom časovom intervale od 10^{-17} do 10^{-15} sekúnd.
2. Štádium fyzikálno-chemické – je charakterizované disociáciou molekúl. Trvá rádovo tiež veľmi krátko, 10^{-15} až 10^{-11} sekúnd.
3. Štádium chemické – pri rádiolýze vody v tkanivách vznikajú radikály H^+ a OH^- , ktoré vstupujú do vzájomných chemických reakcií, alebo reagujú s molekulou DNK. Ak nastane poškodenie biomolekuly, hovoríme o nepriamom účinku. Chemická etapa trvá od 10^{-11} do 10^{-3} sekundy.
4. Štádium biologické – účinok ionizujúceho žiarenia sa prejavuje vo forme morfológických a funkčných zmien biologických štruktúr na úrovni bunky, tkaniva, orgánu a organizmu ako celku. Biologické štádium môže trvať až desiatky rokov po ožiarení.

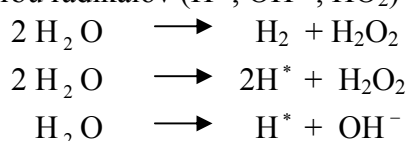
1.4.3.1 Mechanizmus biologického účinku ionizujúceho žiarenia

Radiačno-chemické a radiačno-biologické zmeny môžu byť vyvolané priamym a nepriamym účinkom žiarenia. Pod priamymi účinkami žiarenia sa rozumie jeho priamy vplyv na štruktúrny útvar organizmu (molekula, bunka, tkanivo, orgán). Nepriamy účinok je sprostredkovaný funkčnými poruchami spôsobenými mimo postihnutej jednotky (voľnými radikálmi, kyslíkovým efektom a pod.).

Pri priamom účinku prechodom častice alfa, beta alebo fotónu gama cez atómovú štruktúru molekuly sa molekula ionizuje, alebo excituje. Ionizujúce častice, ktoré zasiahli jednotlivé atómy molekuly, uvoľnia chemické väzby a umožnia rozpad, prípadne inaktiváciu zasiahnutej molekuly. Pri látkach s nízkym obsahom vody je to pravdepodobne hlavný spôsob, ako vzniká poškodenie ožiarením (teória priameho zásahu).

Teória priameho zásahu vysvetľuje iba určitú časť javov pozorovaných pri ožarovaní jednoduchších i zložitejších organizmov. Táto teória však nepostačuje na úplné vysvetlenie škodlivého účinku už aj preto, že samotné živé štruktúry sú tvorené z 30 % organickými látkami a zostávajúcich 70 % reprezentuje voda. Iba ťažko je možné predstaviť si, že by sa voda v organizme nezúčastňovala na primárnom účinku žiarenia. Účasť vody na týchto dejoch sa pokúša vysvetliť druhá tzv. radikálová teória.

Radikálová teória vychádza z úvahy o rozhodujúcej úlohe vody v organizme. I keď mechanizmus rádiolýzy vody je veľmi zložitý, možno ho aspoň zjednodušene charakterizovať tromi rovnicami, opisujúcimi tvorbu molekulových produktov rádiolýzy (H_2O_2 – peroxidu vodíka, H_2) i tvorbu radikálov (H^* , OH^- , HO_2) [20]:



Vysoká reaktivita radikálov je podmienkou chemických reakcií medzi nimi a aktívnymi skupinami biologicky dôležitých proteínových makromolekúl, ktoré sa nachádzajú v ich bezprostrednej blízkosti. V týchto reakciách sa realizuje prevažne deštrukcia zložiek biologických látok, čo vedie k zmenám tých metabolických procesov, ktorých sa tieto zložky zúčastňujú.

Biologický účinok žiarenia je potrebné chápať ako súhrn čiastkových dejov prebiehajúcich v určitom časovom slede:

1. **excitácia a ionizácia molekúl vody**, tvorba molekulového vodíka a peroxidu vodíka, vznik radikálových produktov rádiolýzy vodných sústav, ionizácia a excitácia biomolekúl priamym a nepriamym pôsobením;
2. **chemické zmeny**, ktoré zapríčinia stratu alebo zmenu špecifických vlastností zasiahnutej molekuly;
3. **modifikácia biochemických a fyziologických procesov** v latentnej perióde;
4. **pozorovateľné zmeny**.

1.4.3.2 Biochemické účinky ionizujúceho žiarenia a poškodenia na molekulárnej úrovni

Z hľadiska pôsobenia rádioaktívneho žiarenia na živé sústavy je okrem rádiolýzy vody dôležitý účinok žiarenia na makromolekuly, najmä proteíny, nukleové kyseliny a enzýmy.

Z poškodení na molekulovej úrovni treba v prvom rade spomenúť zmeny na deoxyribonukleovej kyseline. Predpokladá sa tiež, že vplyvom žiarenia nastáva pretrhnutie vodíkových väzieb medzi dvoma polynukleotidovými reťazcami, alebo vznikajú nové väzby vnútri molekuly DNK. Na žiarenie sú citlivé aj základné zložky DNK – purínové a pyrimidínové zásady. Pyrimidínové zásady sú rádiosenzitívnejšie ako purínové. Vplyvom žiarenia na pyrimidíny nastane ich peroxidácia a hydroperoxidácia. Ožiarením vznikajú aj pyrimidínové diméry. Pyrimidíny tymín a cytozín sú na žiarenie citlivejšie ako puríny adenín a guanín. DNK sa syntetizuje v ožiarených bunkách pomalšie ako v neožiarených. Poškodenie kyseliny ribonukleovej (RNK) pri ožarení je menšie ako pri DNK.

Zmeny analogického charakteru možno pozorovať aj na proteínových makromolekulách. Proteíny pri ožarení denaturujú. Relatívne najcitlivejšie na ožiarenie sú zlúčeniny, ktoré obsahujú sulfhydrylovú skupinu -SH. Táto sa vplyvom ožiarenia oxiduje na disulfidovú skupinu

-S-S-. [20] Pokles relatívnej molekulovej hmotnosti je zvyčajne dôsledkom porušenia peptidických väzieb.

Aktivita enzýmových proteínov sa ožiaréním znižuje. Účinok žiarenia na enzýmy sa môže najlepšie posudzovať zisťovaním stupňa aktivity enzýmu. V bunke sú enzýmy na presne vymedzenom mieste, kde vykonávajú svoju funkciu. Po ožiarení sa v cytoplazme pozoruje zvýšenie aktivity enzýmov zavinené ich uvoľnením z bunkových súčastí a reparačnými procesmi.

Na vyvolanie zmeny aktivity enzýmov sú potrebné oveľa väčšie dávky ako na vyvolávanie mutácií, alebo znemožnenie rastu a delenia buniek. Po ožiarení stúpajú v krvnom sére hladiny niektorých enzýmov.

Konečný výsledok poškodenia po ožiarení je ovplyvnený nielen citlivosťou ožiaréného substrátu, ale i reparačnými mechanizmami.

1.4.3.3 Radičné zmeny na úrovni buniek

Základnou štruktúrnou a funkčnou jednotkou živých organizmov je bunka. Centrálnu úlohu pri delení bunky v procese je diferenciacie má jadro (eukaryotické), v ktorom sa lokalizuje genetická informácia. Takmer všetka DNK (95 %) sa nachádza v jadre. Stálou štruktúrou bunkového jadra sú chromozómy (chromatíny), v ktorých je uložená DNK. Baktérie a sinice (cyanobaktérie), ktoré nemajú morfológicky diferencované jadrá (prokaryotické), majú svoje chromozómy uložené voľne v cytoplazme.

Žiarenie spôsobuje v bunke morfológické (rozpad bunky, zastavenie mitotickej činnosti, chromozómové zmeny), biochemické (zastavenie syntézy nukleových kyselín, narušenie činnosti enzýmov) a funkčné zmeny.

Výrazným zmenám podliehajú v jadre chromozómy, v ktorých žiarenie vyvoláva mutácie. Pod mutáciou rozumieme zmenu genetickej informácie zakódovanej vo forme poradia purínových a pyrimidínových zásad v DNK. Vplyvom žiarenia v najjednoduchšom prípade môže dôjsť k zmene poradia týchto zásad, k poškodeniu ich chemickej štruktúry, k úplnej strate alebo naopak, k pribudnutiu nadpočetnej zásady. Sú to všetko zmeny na úrovni molekúl, ktoré postihujú spravidla jediný gén, a preto sa nazývajú aj bodovými mutáciami. Mutácie genetickej rozhodujúcich častí alebo komplex takýchto mutácií na najdôležitejších miestach chromozómu má potom za následok vznik jedinca s odlišnými vlastnosťami (mutant), alebo pri poškodení väčšieho rozsahu môže mať za následok zastavenie syntézy DNK a zánik jedinca.

Ak nastane mutácia v zárodkovej bunke, prenesie sa na všetky bunky nového organizmu, ktoré vznikli pohlavnou cestou. O somatickej mutácii hovoríme vtedy, keď nastáva v telovej bunke. Keďže mutovaný gén nie je v zárodkovej bunke, neprenáša sa na ďalšie generácie a rozšíri sa len na určitý okruh buniek.

Predpokladá sa, že aj rakovina alebo leukémia sa začína ako somatická mutácia v niektorej bunke, či už samovoľne vplyvom rádioaktívneho žiarenia, alebo vplyvom chemických rakovinotvorných látok.

1.4.3.4 Poškodenie živých orgánov rádioaktívnym žiarením

Zmeny na jednotlivých bunkách sa prejavujú v priebehu času aj na orgáne ako celku. Keďže účinok rádioaktívneho žiarenia sa najvýraznejšie prejavuje poruchami delenia buniek, je zrejmé, že zmeny budú najnápadnejšie na orgánoch, v ktorých prebieha intenzívne bunkové delenie. Rozličnú vnímavosť buniek, tkanív alebo orgánov na žiarenie vyjadrujeme pojmami rádiosenzitivita (radičná citlivosť) a rádiorezistencia (radičná odolnosť). Tieto pojmy sú relatívne – pomáhajú porovnávať citlivosť buniek, tkanív alebo organizmov. Podľa klesajúcej rádiosenzitivity možno orgány v ľudskom organizme zoradiť takto [20]:

1. lymfatické tkanivo (protílátkotvorné bunky, lymfatické uzliny, slezina);

2. sliznica tenkého čreva;
3. kostná dreň (granulocyty, trombocyty, erytrocyty);
4. gonády (semenník, vaječník);
5. endotel ciev;
6. bazálna vrstva (epidermis);
7. očná šošovka;
8. alveolárna výstelka pľúc;
9. obličkové tubuly, slinné žľazy a chuťové poháriky, pečeň, pankreas, štítna žľaza, nadobličky, hypofýza;
10. spojivé tkanivo;
11. kostné bunky;
12. nervové tkanivo;
13. svalové tkanivo.

Rádiosenzitivita vyjadruje počet zničených buniek po aplikácii určitej dávky. Charakter zmien závisí od toho, kde sa v danom orgáne nachádza deliaca skupina buniek. Ak sa nachádza vnútri, ako napr. pri slezine, dochádza vnútri orgánu k nekróze a k degeneratívnym procesom, prejavujúcim sa nápadným zmenšením orgánu. Ak je deliace tkanivo uložené na povrchu, ako napr. pri čreve, dochádza vplyvom poškodenia žiarením k porušeniu súvislosti krycej vrstvy, ktoré môže zasahovať aj do hlbších vrstiev.

Okrem rozdielov v citlivosti medzi jednotlivými druhmi tkanív existujú podstatné rozdiely medzi jednotlivými druhmi organizmov. Celková radiačná citlivosť sa najčastejšie určuje pomocou jednorazového celotelového ožiarenia a charakterizuje sa semiletálnou dávkou $LD_{50/30}$ (polovičná smrteľná dávka, pri ktorej uhynie 50 % ožiarených jedincov do 30 dní). Zhruba možno povedať, že čím je organizmus fylogeneticky (vývojovo) nižší, tým je odolnejší voči ionizujúcemu žiareniu. Napr. $LD_{50/30}$ sa pohybuje od 5 až 7 Gy (gray) pre ošípané a opice, vyše 100 Gy pre hadov, až po takmer 1 kGy u škorpiónov a améb (meňaviek).

Najodolnejším organizmom je druh baktérií *Deinococcus* (*Micrococcus*) *radiodurans* s $LD_{50/30} = 7,5$ kGy. U človeka sa $LD_{50/30}$ odhaduje na 4,5 Gy, LD_{min} (expozícia, ktorá už môže spôsobiť smrť) je 1 až 2,5 Gy a LD_{100} sa udáva 6 až 10 Gy.

Radiačná citlivosť u človeka závisí aj od pohlavia (citlivosť mužov je o niečo väčšia ako žien) a veku (deti sú citlivejšie ako dospelí).

Následky ožiarenia vyšších organizmov sa označujú ako choroba z ožiarenia. Zahŕňa všetky postradiačné zmeny v organizme z vonkajších alebo vnútorných zdrojov žiarenia. Môže byť ožiarené celé telo alebo len jeho časť. Choroba z ožiarenia môže prebiehať rôznym spôsobom – od nepatrných zmien (prípadne len lokálnych), až po celkové ťažké ochorenie končiace sa smrťou (stochastické a nestochastické dávky).

1.4.3.5 Biologické účinky ochudobneného uránu (depleted uranium – DU, U_{dep})

Urán rozptýlený na bojisku po použití munície s ochudobneným uránom má pre každý organizmus niekoľko škodlivých účinkov, ktoré možno z hľadiska ich podstaty klasifikovať na fyzikálne (radiačné), chemické (toxikologické) a napokon aj na najdôležitejšie biologické.

V tele človeka sa nachádza asi 0,1 mg prírodného uránu, ktorý je prirodzenou súčasťou nášho organizmu a teda tak v malom množstve bez empirických dokázateľných škodlivých vplyvov. [21] Pri pobyte človeka v prostredí s koncentráciou uránu značne vyššou od prirodzeného pozadia nastáva možnosť jeho zvýšeného príjmu do organizmu. Pri zasiahnutí osôb uránom je najdôležitejšie jeho preniknutie do organizmu dýchacími orgánmi (inhalačne), pri ktorom sa v pľúcach zadrží až 25 % vdýchnutého množstva. Pri požití (ingescii, perkutálne) kontaminovanej potravy sa v tráviacej sústave zadrží iba 0,05 % obsiahnutého uránu. Z organizmu sa postupne vylučuje najmä močom. Denne sa takto vylúči asi 0,5 až 1 % celkového

množstva obsiahnutého uránu. [22] Urán sa ukladá v kostiach, ale vo veľkom množstve aj v pľúcach, pečeni a v obličkách, ktoré významne poškodzuje. [23] Škodlivé účinky v týchto orgánoch predstavuje zrejme chemická toxicita a predovšetkým jeho radiačné pôsobenie (alfa žiarenie). Je potrebné pripomenúť že presný mechanizmus pôsobenia rádioaktívneho žiarenia na organizmus nie je zatiaľ objasnený. I keď základné pochody a biologické zmeny po ožiarení organizmu sú známe, ako bolo načrtnuté v úvode tejto kapitoly, ide o procesy zložité, mnohostupňové. Na základe týchto skutočností je pri pôsobení stochastických (malých) dávok ožiarenia na organizmus ťažko dokázať, či práve toto žiarenie je príčinou degeneratívnych biologických zmien.

Z uvedeného vyplýva, že radiačný účinok ochudobneného uránu nemožno bagatelizovať. Ak sa v ochudobnenom uráne vykonala selekcia a odstránili zvyškové rádionuklidy uránového rozpadového radu, potom detekcia alfa žiarenia bežnými dozimetrickými prístrojmi je takmer nemožná. V takýchto prípadoch ju možno vykonať iba v laboratórnych podmienkach, alebo modernými dozimetrickými prístrojmi. S touto skutočnosťou niektoré politické ale i odborné kruhy manipulujú, tvrdiac, že radiačný účinok ochudobneného uránu je pre organizmus neškodný. Rozhodujúce nebezpečenstvo predstavuje vnútorná kontaminácia ochudobneným uránom, či už vdýchnutím alebo požitím. Na základe distribúcie v organizme sa následne jeho toxické ale i radiačné účinky môžu prejavovať degeneratívnym až nekrologickým pôsobením. Urán $^{238}_{92}\text{U}$ (hlavná zložka ochudobneného uránu) ako alfa žiarič všetku svoju energiu alfa žiarenia odovzdá v mieste svojej lokalizácie so silným ionizačným účinkom. Charakteristiky alfa žiarenia sú uvedené v tabuľke 1.17. Každý nevedomý pobyt na mieste požitia munície s ochudobneným uránom prináša so sebou značné zdravotné riziká.

Tabuľka 1.17: Charakteristika alfa žiarenia po rozpade jadra $^{238}_{92}\text{U}$ [24, 25, 26, 27]

Energia α častice E_{α} (priemerná)	4,27 MeV
Rýchlosť α častice	21 000 km.s ⁻¹
Dolet vo vzduchu	do 10 cm
Dolet vo vode	do 0,1 mm
Dolet v pevnej látke	do 0,01 mm
Počet ionizačných zrážok	rádovo 10^5 zrážok
Dávka pri (pri jednej α častici) $E_{\alpha} = 4,27$ MeV	10^{-6} Gy
Množstvo vzniknutých ionizovaných častíc na dráhe letu α častice	10^5 .cm ⁻¹

1.4.4 ZÁSADY HODNOTENIA OŽIARENIA

Podkladom na spracovanie tejto časti bola hlavne Vyhláška č.12 Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky o požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany zo dňa 13. decembra 2000, ktorá vymedzuje pojmy, stanovuje limity ožiarenia pre jednotlivé skupiny obyvateľstva, rieši zabezpečenie obmedzovania ožiarenia ako z prírodných, tak aj z umelých zdrojov atď.

Dosiaľ nebol vypracovaný všeobecne prijateľný model pre radiačné účinky ionizujúceho žiarenia na biologické systémy, ktorý by vyhovoval všetkým systémom.

Vymedzenie veličín používaných pri hodnotení ožiarenia [25]

Ekvivalentná dávka H_T je priemerná absorbovaná dávka v tkanive alebo v orgáne vynásobená príslušným radiačným váhovým faktorom, ktorého hodnoty sú uvedené v tabuľke 1.18. [25] Jednotkou obdržaných dávok rádioaktívneho žiarenia je Sievert (Sv) alebo (vo vzťahu k človeku) man Sievert (man Sv). Ekvivalentná dávka v tkanive alebo orgáne T sa vy-

počíta takto:

$$H_T = \sum_R W_R \cdot D_{TR} \quad [\text{Sv}]$$

kde: D_{TR} je priemerná absorbovaná dávka v tkanive T zo žiarenia R,
 W_R je radiačný váhový faktor.

Tabuľka 1.18 Radiačné váhové faktory¹⁾ [25]

Druh žiarenia	Radiačný váhový faktor W_R
Fotóny (všetky energie)	1
Elektróny, mióny (všetky energie)	1
Neutróny, menej ako 10 keV	5
Neutróny, 10 keV až 100 keV	10
Neutróny, 100 keV až 2 MeV	20
Neutróny, 2 MeV až 20 MeV	10
Neutróny, viac ako 20 MeV	5
Protóny, viac ako 2 MeV (okrem odrazených)	5
Častice alfa, ťažké jadrá, štiepne fragmenty	20

¹⁾ Radiačný váhový faktor W_R vyjadruje rozdielny biologický účinok jednotlivých druhov ionizujúceho žiarenia.

Efektívna dávka E je súčtom ekvivalentných dávok H_T vo všetkých orgánoch alebo v tkanivách, vynásobených príslušným tkanivovým váhovým faktorom W_T , ktorého hodnoty sú uvedené v tabuľke 1.19. [25] Efektívna dávka E sa vypočíta takto:

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T \quad [\text{Sv}]$$

Tabuľka 1.19: Tkanivové váhové faktory [25]

Tkanivo, orgán	Tkanivový váhový faktor W_T
Gonády ¹⁾	0,20
Červená kostná dreň ¹⁾	0,12
Hrubé črevo ¹⁾	0,12
Plúca ¹⁾	0,12
Žalúdok ¹⁾	0,12
Močový mechúr ¹⁾	0,05
Mliečna žľaza ¹⁾	0,05
Pečeň ¹⁾	0,05
Pažerák ¹⁾	0,05
Štítna žľaza ¹⁾	0,05
Koža ¹⁾	0,01
Povrchy kostí ¹⁾	0,01
Ostatné orgány a tkanivá ²⁾	0,05

¹⁾ Orgány, ktoré môžu byť s istou pravdepodobnosťou ožiarené selektívne. O niektorých z nich je známe, že môžu byť citlivejšie na vznik nádoru.

²⁾ Ostatné orgány a tkanivá na účely výpočtu tkanivových váhových faktorov sú nadobličky, mozog, vzostupná časť hrubého čreva, tenké črevo, svaly, podžalúdková žľaza, slezina, týmus, maternica.

Kolektívna efektívna dávka S sa používa na účely kvantifikácie ožiarenia veľkých skupín obyvateľstva. Kolektívna efektívna dávka sa vypočíta takto:

$$\bar{S} = \sum_i N_i \cdot \bar{E}_i \quad [\text{man. Sv}]$$

kde: N_i je počet členov v podskupine obyvateľstva i ,

\bar{E}_i je priemerná efektívna dávka v podskupine obyvateľstva i .

Úväzok ekvivalentnej dávky $H(\tau)$ je časový integrál ekvivalentnej dávky v orgáne alebo v tkanive T za čas τ od príjmu rádionuklidu.

$$H_{(\tau)} = \int_0^{\tau} H_T dt \quad [\text{Sv}]$$

Úväzok ekvivalentnej dávky $E(\tau)$ je časový integrál efektívnej dávky za čas τ od príjmu rádionuklidu. Pri výpočte úväzku efektívnej alebo ekvivalentnej dávky sa pri osobách starších ako 18 rokov veku počíta s obdobím 50 rokov ($\tau=50$, $H(50)$, $E(50)$) a pri osobách mladších ako 18 rokov veku s obdobím 70 rokov ($\tau=70$, $H(70)$, $E(70)$) od príjmu rádionuklidov.

$$E_{\tau} = \int_{\tau_0}^{\tau_0+50(\tau_0+70)} E dt \quad [\text{Sv}]$$

V nasledujúcej tabuľke 1.20 sú na doplnenie uvedené príklady vplyvov absorbovaných dávok na zdravotný stav osôb.

Tabuľka 1.20: Vplyv absorbovanej dávky na zdravotný stav osôb

Dávka [Gy]	Príznaky	Hospitalizácia a zdravotný stav osôb
0 – 0,7	Po 6 hodinách nepatrný výskyt prechodných bolestí hlavy a nútenie na vracanie asi u 5 % osôb ožiarených hornou hranicou uvedenej dávky ožiarenia.	Hospitalizácia nie je nutná. Všetci sú schopní služby.
0,7 – 1,5	Po 3 až 6 hodinách prechodné mierne bolesti hlavy a nútenie na vracanie. Vracanie u 50 % osôb.	Hospitalizácia (20 až 30 dní), predovšetkým ak je dávka vyššia než 100 cGy. Úmrtia sa nepredpokladajú.
1,5 – 4,5	Po 3 hodinách bolesti hlavy, nútenie na vracanie, únava, slabý výskyt hnačky. Vracanie u viac než 50 % osôb.	Hospitalizácia (30 až 90 dní). Úmrtnosť 5 až 50 %. Pri vyššej dávke ožiarenia je návrat do služby neistý.
4,5 – 8	Po hodine silné vracanie, hnačka, pri hornej hranici uvedenej dávky ožiarenia horúčka.	Hospitalizácia (90 až 120 dní) u 100 % osôb, 50 % úmrtnosť. Ak je dávka ožiarenia vyššia, percento úmrtnosti rastie. Všetky úmrtia do 45 dní.
8 – 30	Po 0,5 hodine silné vracanie, hnačky a horúčky.	Nutná je hospitalizácia všetkých osôb. Do 14 dní dochádza k 100 % úmrtnosti.
30 – 80	Po 5 minútach silné vracanie, horúčka a vyčerpanie, v závere kŕče.	Všetky osoby musia byť hospitalizované. Do 5 dní dochádza k 100 % úmrtnosti.
80 – 180	Okamžité príznaky, do 5 minút úplná neschopnosť boja.	Všetky osoby musia byť hospitalizované. Do 15 až 48 hodín dochádza k 100 % úmrtnosti.
nad 180	Okamžitá neschopnosť boja.	Do 2 až 24 hodín dochádza k 100 % úmrtnosti.

Ionizujúce žiarenie pri interakcii hlavne s biologickou látkou vyvoláva celý rad fyzikálnych, chemických, fyzikálno-chemických a biologických zmien. Rozsah zmien je ovplyvnený množstvom faktorov, ako napríklad veľkosťou dávky a vnímavosťou buniek na rádioaktívne žiarenie, ktorá je rozdielna medzi jednotlivými organizmami, ale aj tkanivami v jednom organizme. Pri človeku závisí rádiosenzitivita, či naopak rádiorezistencia od pohlavia, veku, fyzickej kondície organizmu, genetických daností a mnohých iných faktorov.

1.5 MEDZINÁRODNÉ ZMLUVY O JADROVÝCH ZBRANIACH [83]

1.5.1 MEDZINÁRODNÉ PRÁVNE AKTY O ZÁKAZE A OBMEDZENÍ POKUSNÝCH JADROVÝCH VÝBUCHOV

Prvé rokovanie zástupcov jadrových mocností (v tom čase len USA, ZSSR a Veľká Británia) a ďalších krajín sa uskutočnilo už v prvej polovici 50. rokov. Postupne boli prijaté viaceré zmluvy, ktoré zakazujú alebo obmedzujú pokusné jadrové výbuchy. Úplný zákaz skúšok jadrových zbraní bol a aj naďalej je považovaný za jedno z najdôležitejších čiastkových opatrení v oblasti jadrového odzbrojenia.

Znepokojujúce rozširovanie zbraní hromadného ničenia sa svet pokúšal dostať pod kontrolu aj formou medzinárodných zmlúv. Je ich spolu päť. Ako prvá bola podpísaná v roku 1970 Zmluva o nerozširovaní jadrových zbraní – NPT (Nuclear Non-Proliferation Treaty). Podpísalo ju dovedna 187 štátov. V roku 1987 vznikol neformálny „režim“ na kontrolu raketovej technológie ku ktorému sa postupne pripojilo 34 štátov. V roku 1996 nasledoval zákaz testovania nukleárnych zbraní (CTBT – Comprehensive Test Ban Treaty) s 89 členskými a 164 signatárskymi štátmi. K zoznamu je potrebné prirátať ešte Wasenaarsku dohodu z roku 1996, čo je dobrovoľný systém na koordináciu exportu konvenčných zbraní a takzvaných technológií dvojitého použitia (dual-use). [30] Ide o technológie, ktoré majú použitie rovnako v civilnom sektore, ako aj potenciálne pri výrobe zbraní hromadného ničenia. Podpísali ju krajiny Európskej únie (vrátane Slovenska) a NATO, spolu s Ruskom, Ukrajinou, Južnou Kóreou, Austráliou a Novým Zélandom. Zmluva o zastavení nukleárneho zbrojného programu v Severnej Kórei bola podpísaná v roku 1994. Problém je, že práve štáty, ktorých politické režimy zvyšujú riziko použitia týchto zbraní, takéto zmluvy pokojne podpisujú a potom svoje záväzky ignorujú. Príkladom sú Irán, signatár zmlúv o nukleárnych, chemických a biologických zbraniach, Irak, ktorý podpísal zákaz nukleárnych aj biologických zbraní, a Severná Kórea.

Celosvetový trend na zákaz nielen použitia, ale aj vývoja, výroby a skladovania zbraní hromadného ničenia (ZHN) neustále silnel. Medzinárodné právo teoreticky vylúčilo používanie biologických zbraní ženevským protokolom z roku 1925, ktoré vyslovene zakazuje vo vojne používať bakteriologické vojnové prostriedky. Neobmedzuje však ich výrobu, vývoj a skladovanie. Ďalej sú to zmluvy START I a START II, týkajúce sa obmedzenia strategických jadrových zbraní a taktiež Dohovor o zákaze vývoja, výroby, hromadenia a použitia chemických zbraní z roku 1993.

Zmluvy, dohody, dohovory a protokoly, ktoré sa týkajú problematiky pokusných jadrových výbuchov [83]

1. 12. 1959 – Zmluva o Antarktíde (Washington). Internacionalizuje a demilitarizuje antarktický kontinent a sprístupňuje ho len na spoločný výskum a budúce využívanie. V Antarktíde zakazuje skúšať akékoľvek zbrane, uskutočňovať atómové výbuchy a odkladať sem rádioaktívny odpad. Podpísaná bola 1. 12. 1959 a do platnosti vstúpila 23. 6. 1961.

8. 1963 – Zmluva viacerých strán o zákaze skúšok jadrových zbraní (Kozmická zmluva) (Moskva). Zakazuje uskutočňovať pokusné jadrové výbuchy v ovzduší, v kozmic-

kom priestore a pod vodou. Neobsahuje zákaz podzemných jadrových výbuchov. Zmluva však predpokladá, že zainteresované krajiny budú v rokovaní pokračovať až do úplného a všeobecného zákazu skúšok jadrových zbraní. Podpísaná bola 5.8.1963 a platná je od 10.10.1963.

27. 1. 1967 – Zmluva o princípoch pri výskume a využívaní kozmu. Zakazuje rozmiesťovanie jadrových zbraní na obežných dráhach a v kozme. Zmluva bola prijatá v Londýne, Moskve a vo Washingtone.

14. 2. 1967 – Zmluva o zákaze jadrových zbraní v Latinskej Amerike (Zmluva z Tlatelolco). Štátom Latinskej Ameriky a Karibskej oblasti zakazuje získavanie a vlastníctvo jadrových zbraní, ako aj skladovanie a umiestňovanie jadrových zbraní iných štátov na svojom území. Zakazuje aj skúšky týchto zbraní. Táto zmluva teda vytvára bezjadrové pásmo v husto obývanej oblasti. Jej výnimočnosť spočíva v tom, že je prvou zmluvou o obmedzení zbrojenia, ktorá stanovuje kontrolu medzinárodnou organizáciou. Podpísaná bola 14.2.1968 a do platnosti vstúpila 22. 4. 1968.

1. 7. 1968 – Zmluva o nešírení jadrových zbraní. Zahŕňa prevenciu proti šíreniu jadrových zbraní, avšak podporuje mierové využívanie atómovej energie. Zmluvu prijalo viac ako 160 štátov. Podpísaná bola 1.7.1968, do platnosti vstúpila 5.3.1970. Po konferencii OSN v New Yorku v roku 1995 je jej platnosť predĺžená bez časového obmedzenia.

11. 2. 1971 – Zmluva o morskom dne. Rieši zákaz umiestňovania jadrových zbraní a ďalších zbraní hromadného ničenia na dne morí a oceánov alebo akýchkoľvek objektov určených obzvlášť na skladovanie, skúšanie a používanie takýchto zbraní. Táto zmluva taktiež zakladá status bezjadrového pásma, a to na dne voľného mora a v jeho podzemí. Podpísaná bola 11.2.1971 a do platnosti vstúpila 18.5.1972.

30. 9. 1971 – Dohoda o opatreniach znižujúcich nebezpečenstvo vzniku jadrovej vojny medzi USA a ZSSR. Organizačné a technické opatrenia na odvrátenie náhodného použitia jadrových zbraní a okamžitého informovania sa o incidentoch spojených s možnosťou výbuchu jadrovej zbrane. Vytvorenie priameho linkového spojenia medzi USA a ZSSR, tak zvaná horúca linka.

26. 5. 1972 – Zmluva medzi USA a ZSSR o obmedzení systémov protiraketovej obrany – SALT 1. Zakazuje rozmiesťovať systémy protiraketovej obrany a ich zložky (odpaľovacie zariadenia, antirakety, rádiolokačné stanice) viac než stanovuje zmluva.

26. 5. 1972 – Dočasná dohoda medzi USA a ZSSR v niektorých opatreniach na obmedzenie strategických útočných zbraní. Od 1. 7. 1972 zakazovala výstavbu ďalších odpaľovacích zariadení pre medzikontinentálne balistické riadené strely – platnosť 5 rokov.

22. 6. 1973 – Dohoda medzi ZSSR a USA o odvrátení jadrovej vojny. Dohoda o odstránení rizika a nebezpečenstva jadrovej vojny a použitia jadrových zbraní.

3. 7. 1974 – Prahová zmluva o zákaze jadrových výbuchov. Je to zmluva medzi ZSSR a USA o obmedzení pozemných jadrových skúšok a atómovými zbraňami. Zakazuje podzemné jadrové výbuchy nad 150 kiloton TNT a ukladá záväzok znížiť počet týchto skúšok na minimum. Podpísaná bola 3. 7. 1974. Do platnosti vstúpila 11. 11. 1990.

17. 2. 1975 – Sovietsko-britská deklarácia o nešírení jadrových zbraní.

1975 – Záverečný akt „Konferencie o európskej bezpečnosti a spolupráci“ (Helsinki).

28. 5. 1976 – Dohovor o pokusných jadrových výbuchoch na mierové účely. Je to dohovor medzi ZSSR a USA. Obmedzuje akékoľvek jednotlivé jadrové výbuchy, povoľuje iba výbuchy do 150 kiloton TNT tak na sovietskej ako aj na americkej strane. Dohovor bol podpísaný 28. 5. 1976, jeho platnosť je od 11. 11. 1990.

16. 7. 1976 – Sovietsko-francúzska zmluva o odvrátení náhodného, alebo neschváleného použitia jadrových zbraní.

18. 5. 1977 – Dohoda o zákaze zásahu do životného prostredia pre vojenské účely (Ženeva).

22. 6. 1977 – Sovietsko-francúzska deklarácia o nešírení jadrových zbraní (Rambouillet).

18. 6. 1979 – Zmluva o obmedzení strategických útočných zbraní medzi USA a ZSSR – SALT II (Viedeň).

1985 – Zmluva o bezjadrovom pásme v oblasti južného Tichomoria (Zmluva z Rarotongy). Účastníckym stranám zakazuje vyrábať, získavať alebo mať pod kontrolou akékoľvek jadrové výbušné prostriedky vo vnútri tohto pásma, či mimo neho. Taktiež im zakazuje ukladať jadrové materiály do mora na ktoromkoľvek mieste vo vnútri tohto pásma.

8. 12. 1987 – Zmluva o likvidácii riadených striel stredného a krátkeho doletu medzi USA a ZSSR (vstúpila do platnosti od 1. júna 1988).

1990 – Protokol k zmluve medzi ZSSR a USA o obmedzení podzemných skúšok jadrových zbraní. Protokol stanovuje dodatočné verifikačné opatrenia. Podpísaný bol 1. 6. 1990 a do platnosti vstúpil 11. 12. 1990.

1990 – Protokol k dohovoru medzi ZSSR a USA o využití podzemných jadrových výbuchov na mierové účely. Stanovuje dodatočné verifikačné opatrenia. Podpísaný bol 1. 6. 1990 a do platnosti vstúpil 11. 12. 1990. [14]

1.5.2 SÚČASNÝ STAV V JADROVOM ODZBROJOVANÍ

Jedným z charakteristických rysov súčasného bezpečnostného prostredia je skutočnosť, že v posledných rokoch došlo k zníženiu hrozieb použitia ZHN, a to predovšetkým strategických jadrových zbraní. Aj napriek tomu ZHN i naďalej patria k najdiskutovanejším témam. Vojenský pohľad v tomto ohľade vychádza zo zásady, že každé schopné ozbrojené sily sa pripravujú na riešenie tých najzložitejších situácií, to znamená aj v podmienkach prípadného použitia ZHN, nevynímajúc jadrové zbrane. V podstate ide o štandardnú doktrínu vedenia operácií s účasťou aj tých krajín, ktoré sami jadrové zbrane nevlastnia, nevyrábajú ich a nezaraďujú do výzbroje.

Systém komplexnej pripravenosti ozbrojených síl (bez ohľadu na zapojenie do aliancií), by mal zahŕňať všetky otázky súčasných i budúcich technológií vedenia vojny. Jedine tak finančné prostriedky vložené do výstavby ozbrojených síl splnia cieľ vierohodnej obrany štátu. Úlohy bojovej pripravenosti vyžadujú (s prihliadnutím na množstvo financií) definovať použitie súčasných zbraňových systémov, najmä najúčinnějších z nich – ZHN. Tým sa uľahčí prijatie účinných opatrení proti ich nekontrolovateľnému šíreniu a používaniu.

Pokiaľ ide o minulosť, je potrebné si pripomenúť, že jadrové zbrane sa stali jedným zo symbolov studenej vojny. Po celú dobu svojej existencie mali rad stúpcov, ale i odporcov. Tí spočiatku kritizovali predovšetkým použitie jadrových zbraní Spojenými štátmi v roku 1945 proti Japonsku. Ale netrvalo dlho a ZSSR zvládol technológiu jadrových zbraní – jadrový monopol sa zmenil na duopol. Postupne sa členmi tzv. jadrového klubu stali: Veľká Británia, Francúzsko a Čína. Začali sa preteky v jadrovom odstrašovaní (o čom svedčí nová skutočnosť – členmi klubu sa už stali dvaja rivali, Pakistan a India a nesmieme zabúdať na ďalšieho vlastníka JZ – Izrael). Ďalšími štátmi, ktoré zvládli technológiu výroby jadrových zbraní sú: Juhoafrická republika, Argentína, Brazília a možnoaj Severná Kórea a Irán [28].

Okolo jadrových zbraní sa postupne vytvorili mýty (ako ich výstižne pomenoval jeden z bývalých aktérov studenej vojny americký minister obrany Robert McNamara). Upozornil predovšetkým na *mýtus prevahy protivníka* (protivník je na tom lepšie, a preto je nutné ďalej modernizovať vlastný jadrový potenciál), *mýtus nevýhodnosti jednania o kontrole zbrojenia* (jednania sú výhodné pre druhú stranu, oslabujú nás v oblastiach, na ktoré sme vynaložili

veľké prostriedky), *mýtus technologického náskoku protivníka* (ten je potrebné dohnať zavedením nových systémov jadrových zbraní).

Koniec studenej vojny vytvoril novú situáciu, v ktorej sa hovorí o „medzinárodných jadrových vzťahoch“, čo je spoločný menovateľ pre úlohu, ktorú hrajú jadrové zbrane v dvoch základných oblastiach medzinárodných bezpečnostných vzťahov:

- a) kontrola zbrojenia a odzbrojenie,
- b) jadrové odstrašovanie.

Pokiaľ ide o kontrolu zbrojenia a odzbrojenie, prvoradým cieľom je zabrániť rozširovaniu jadrových zbraní do ďalších štátov a oblastí. Odzbrojenie ako jeden z možných spôsobov usporiadania medzinárodných vzťahov vychádza z ideológie pacifizmu a za cieľ si kladie čo najväčšie obmedzenie prostriedkov na vedenie vojny a odstránenie hrozby vzniku vojny.

Kontrola zbrojenia je západná koncepcia, ktorá sa od svojho začiatku profilovala ako súčasť filozofie odstrašovania. Jej poslaním je udržiavať napätie pod kritickým prahom a hlavným prostriedkom sú rokovania.

Najdôležitejšími rokovacími fórami kontroly zbrojenia sú dnes rokovania o všeobecnom zákaze jadrových skúšok (Comprehensive Test Ban Treaty – CTBT), rokovania o zastavení výroby štípných materiálov na výrobu jadrových zbraní (Fissile Material Cut Off Treaty – FMCT) a predovšetkým rokovania o nešírení jadrových zbraní (Non-Proliferation Treaty – NPT). [31]

V oblasti jadrového odzbrojenia ide predovšetkým o znižovanie počtu jadrových hlavíc a ich hlavným rokovacím fórom sú rokovania START (Strategic Arms Reduction Treaty).

1.5.3 KONTROLA ZBROJENIA

K zdokonaľovaniu jadrových potenciálov bolo potrebné urobiť viacero pokusných jadrových výbuchov. Bez týchto testov by bolo nemysliteľné ďalej jadrové zbrane rozvíjať a kvalitatívne vylepšovať. Koniec studenej vojny priniesol i možnosť reálne ukončiť zdokonaľovanie jadrových zbraní a s tým spojené pokusné jadrové výbuchy.

V období od 16. 7. 1945 do roku 2002 boli vykonané nasledujúce pokusné jadrové výbuchy [30]:

- USA 1 029
- ZSSR 718
- Francúzsko 193
- Veľká Británia 45
- Čína 42
- India 6
- Pakistan..... 2*

* *pri prvom pakistanskom teste bolo údajne naraz odpálených päť jadrových náloží [59]*

Jeden jadrový pokus možnouslykutočnil Izrael spoločne s Juhoafrickou republikou, ale túto informáciu sa dodnes nepodarilo jednoznačne potvrdiť ani vyvrátiť. [36]

Po roku 1990 došlo v súvislosti s uvoľňovaním medzinárodného napätia k prudkému zníženiu počtu pokusných jadrových výbuchov a od roku 1992 vyhlásili štyri jadrové mocnosti moratórium na vykonávanie pokusných jadrových výbuchov. K moratóriu sa nepripojila len Čína. Francúzsko uskutočnilo poslednú sériu pokusných jadrových výbuchov od septembra 1995 do januára 1996 na atole Fangataufa.

Trvalo narastá význam politických prístupov a nástrojov a znižuje sa význam nástrojov vojenských. Namiesto predošlej *konfrontácie* nastúpila *kooperácia* bývalých protivníkov.

Dohodu o všeobecnom zákaze jadrových skúšok (CTBT) do marca 2005 podpísalo 175 štátov (dosiaľ nepodpísalo 19) a ratifikovalo ju 120 štátov (dosiaľ neratifikovalo 74). Vstúpi do platnosti 180 dní po ratifikácii 44 krajinami s jadrovým potenciálom. Z oficiálnych jadro-

vých mocností tak už urobilo Francúzsko, Veľká Británia a Rusko. USA dosiaľ dohodu neratifikovali, podobne ako Čína, Egypt, Irán, Izrael a Vietnam. India, Pakistan a KĽDR dohodu nepodpísali. Tým sa prakticky znemožňuje celosvetové úsilie uviesť dohodu do platnosti, pretože váhaním môžu štáty, ktoré ju ratifikovali, do 90 dní od nej odstúpiť [30, 85].

Jadrové odzbrojenie

Keďže najväčšími vlastníkami jadrových zbraní vo svete sú USA a Rusko, najvýznamnejšie zmluvy týkajúce sa jadrového odzbrojenia – START – sa vzťahujú práve na nich.

Zmluva **START I (Strategic Arms Reduction Treaty)** bola podpísaná v roku 1991 (platí od decembra 1994) a je v skutočnosti prvou zmluvou na obmedzenie počtu strategických útočných zbraní oboch vtedajších superveľmocí. Určuje výrazne znížené limity pre medzikontinentálne balistické riadené strely a k nim patriace vypúšťacie zariadenia a bojové hlavice, odpaľovacie zariadenia pre balistické strely vypúšťané z ponoriek a ich bojové hlavice a pre ťažké bombardéry a ich jadrovú výzbroj, vrátane striel s plochou dráhou letu s veľkým doletom vypúšťaných zo vzduchu. Uvádzala zníženie počtu strategických hlavíc o 40 % a zníženie počtu strategických jadrových nosičov (vypúšťacie zariadenia, ťažké bombardéry) zhruba o jednu tretinu z úrovne pre START I (tabuľka 1.21).

Tabuľka 1.21: Limity zmluvy START I

START I – limity			
	Limity fázy I 5. 12. 1997	Limity fázy II 5. 12. 1999	Záverečné limity 5. 12. 2001
Strategické prostriedky (nosiče)	max. 2 100	max. 1 900	max. 1 600
Bojové hlavice spolu	max. 9 150	max. 7 950	max. 6 000
Bojové hlavice balistických riadených striel	max. 8 050	max. 6 750	max. 4 900
Bojové hlavice na ťažkých ICBM	nestanovené	nestanovené	max. 1 540
Bojové hlavice na mobilných ICBM	nestanovené	nestanovené	max. 1 100
<i>ICBM – Intercontinental Ballistic Missile (balistické RS s doletom nad 5 500 km)</i>			
<i>Ťažké ICBM – balistické RS s celkovou hmotnosťou nad 106 000 kg a nosnosťou nad 4 350 kg</i>			

Zmluva START I bola uzatvorená len medzi USA a ZSSR. Rusko, Bielorusko, Ukrajina a Kazachstan ako nástupnícke štáty po rozpade ZSSR, ktoré vlastnili jadrové zbrane, k tejto zmluve pristúpili 28. 5. 1992 podpísaním tzv. *Lisabonského protokolu* START. Bielorusko, Ukrajina a Kazachstan sa v sprievodných dokumentoch zaviazali odstrániť všetky jadrové zbrane zo svojho územia v priebehu siedmich rokov, a tiež pristúpiť k dohode o nešírení jadrových zbraní ako štáty nevlastniace jadrové zbrane. Trojstranné vyhlásenie (Rusko – USA – Ukrajina) z januára 1994 stanovilo postupy na presun medzikontinentálnych balistických striel s viacnásobnými hlavícami do Ruska, kde mali byť rozobrané. Vyhlásenie obsahovalo aj záruku bezpečnosti, nevyhnutné kompenzácie a ďalšie pomocné opatrenia. Jadrové zbrane boli z Kazachstanu odstránené v roku 1995, z Ukrajiny v máji 1996 a z Bieloruska koncom roku 1996. Do konca decembra 1996 bolo z Bieloruska, Kazachstanu a Ukrajiny prevezených do Ruska viac ako 3 400 strategických bojových hlavíc. Tieto štáty začali s redukciami starších systémov ešte pred začatím platnosti zmluvy a pokračovali so znižovaním balistických zbraňových systémov a bombardérov počas celého roku 1996. Do decembra 1996 bolo podľa dohody START I odstránených vyše 850 rakiet, vypúšťacích zariadení a bombardérov pripadajúcich na Bielorusko, Ukrajinu, Kazachstan a Rusko.

USA týmto štyrom krajinám bývalého ZSSR pomohli splniť ich zmluvné podmienky prostredníctvom tzv. programu kooperatívnej zmluvy znižovania ohrozenia (*The Cooperative Threat Reduction Program*). Takisto pomohli likvidovať hlavice a rakety zo štartovacích za-

riadení spadajúcich pod START I. Spojené štáty znížili o 800 množstvo medzikontinentálnych riadených striel a strategických bombardérov medzikontinentálneho dosahu a dokončili zníženie okolo 70 % bojových hlavíc, požadovaných limitmi START z celkovo započítaných bojových hlavíc.

Údaje z notifikácie sa dajú navyše overiť pomocou národných technických prostriedkov, testovaním pomocou merania zmeny letu riadených striel a inými kooperatívnymi prostriedkami. Zmluva zavádza 12 typov inšpekcie, rovnako ako monitorovanie činností v špecifických zariadeniach. V priebehu roku 1996 pokračovali kontroly v súčasných i bývalých strategických zariadeniach v USA a bývalom ZSSR. Získané poznatky sa zhromažďujú periodicky v Ženeve, kde je pripravované fórum na verejnú diskusiu piatich zainteresovaných strán START I o otázkach, týkajúcich sa dodržiavania záväzkov START a dohôd o praktických opatreniach na zlepšenie životaschopnosti a účinnosti zmluvy [32].

START II je ďalšia zmluva medzi USA a ZSSR o znížení stavu strategických zbraní na nasledujúce obdobie. Prezident Bush a prezident Jel'cin ju podpísali v januári 1993 v Moskve. Zmluva kodifikovala nerovné strategické ekvivalenty v mnohých úrovniach a znižovala stav strategických zbraní hlboko pod hranicu vytýčenú zmluvou START I.

Tabuľka 1.22: Limity zmluvy START II

START II – limity		
	Záverečné limity START I k 5. 12. 2001	Záverečné limity START II k 31. 12. 2007
Bojové hlavice spolu	6 000	3 000 – 3 500
Bojové hlavice balistických riadených striel	4 900	+
Bojové hlavice na ponorkových balistických RS	nestanovené	1 700 – 1 750
Viacnásobné bojové hlavice na ICBM	nestanovené	0
Bojové hlavice na ťažkých ICBM	1 540	0
Mobilné ICBM	1 100	podľa START I
+ Nepoužiteľné		

Zmluva START II je v súčasnosti nefunkčná, pretože deň po tom, čo USA oficiálne oznámili odstúpenie od zmluvy ABM (Anti-Ballistic Missile Treaty), Rusko vyhlásilo, že sa ďalej zmluvou START II necíti viazané.

START III je pripravovaná zmluva medzi USA a Ruskom o ďalšom znížení stavu strategických jadrových zbraní oproti zmluve START II o 1 000 hlavíc na každej strane (rokovania o nej začali v auguste 1999).

Denník Pravda, ročník X, číslo 89 zo soboty 15. 4. 2000 na strane 27 uverejnil v článku „Rakety a ekonomika“ názor, že jedným z hlavných motívov rozhovorov o START III je nedostatok financií – Moskva navrhuje znížiť počet jadrových hlavíc na 1 500, Washington na 2 000 až 2 500.

K pozitívnemu trendu odzbrojovania sa pripojili i dve ďalšie jadrové veľmoci – Francúzsko a Veľká Británia. Francúzsko zrušilo základňu strategických riadených striel typu zem – zem na Plateau d'Albion, zbavil sa tzv. predstrategických jadrových zbraní (Pluton, ktoré mali byť nahradené typom Hades), znížil počet jadrových ponoriek SNLE na štyri a počet lietadlových lodí na jednu.

Veľká Británia si uchovala tzv. nestrategickú kapacitu spočívajúcu na riadených strelách Trident II (amerického pôvodu) umiestnených na jadrových ponorkách.

Súčasťou pozitívneho vývoja sa stalo takisto rozhodnutie Brazílie a Alžírka, ktoré sa vzdali svojich jadrových programov, ďalej potom rozhodnutie novej vlády v Juhoafrickej re-

publike, ktorá dobrovoľne zničila šesť jadrových bômb vyrobených za predchádzajúceho režimu, a v neposlednom rade takisto aj zničenie kapacít jadrového priemyslu v Iraku.

No aj napriek pozitívnemu trendu v odzbrojovaní je tu problém jadrovej veľmoci Číny. Počet jadrových hlavíc sa pohybuje okolo 400, z toho je jedna tretina taktických. Navyiac Čína pokračuje v modernizácii svojho jadrového potenciálu, pričom hlavný dôraz kladie na miniaturizáciu hlavíc a na vývoj strategických striel umiestnených na jadrových ponorkách. [31]

Iné zmluvy

V strategickej rovine predchádzali zmluvám START ďalšie významné zmluvy, ako napríklad **Zmluva o likvidácii rakiet stredného a krátkeho doletu (Treaty On Elimination Of Intermediate-Range And Shorter-Range Missiles)**, podpísaná USA a ZSSR v roku 1987, ktorá vstúpila do platnosti v roku 1988. Úplne bola splnená v roku 1991. Likvidovala a zakazovala všetky americké i sovietske zo zeme odpaľované balistické riadené strely a strely s plochou dráhou letu s doletom 500 až 5 500 km. Iná dôležitá **Zmluva o obmedzení systémov obrany proti balistickým riadeným strelám (Anti-Ballistic Missile Treaty – ABM)** bola podpísaná v máji 1972 medzi USA a ZSSR. V súčasnosti už neplatí, pretože USA od nej v súvislosti s vývojom obranného systému proti balistickým riadeným strelám dňa 13. júna 2002 odstúpili.

1.5.4 BEZPEČNOSTNÉ ÚVAHY O ÚČINNOSTI ZMLUVY O NEŠÍRENÍ JADROVÝCH ZBRANÍ (NPT) A ĎALŠÍCH ZMLÚV

Po skončení studenej vojny sa úvahy o účinnosti Zmluvy o nešírení nukleárných zbraní vyvíjali smerom k väčšej skepse. Tento vývoj urýchlila situácia po 11. septembri 2001. Dlhé desaťročia boli úvahy o bezpečnostnej rovnováhe postavené na koncepte známom ako MAD (Mutual Assured Destruction). V situácii označenej ako MAD stáli proti sebe sovietsky blok a blok demokratických krajín Západu vystavené totálne zničujúcemu útoku tisíckami nukleárných hlavíc, bez možnosti účinne sa proti útoku obrániť, a to bez ohľadu na to, ktorá strana by útok začala. Obe strany mali istotu absolútneho vzájomného zničenia. Tri desaťročia bola zmluvným potvrdením tejto situácie „*Zmluva o obmedzení systémov protiraketovej obrany proti balistickým strelám ABM (Anti-Ballistic Missile treaty)*“ medzi Spojenými štátmi a Sovietskym zväzom. Rusko sa po rozpade Sovietskeho zväzu stalo právnym pokračovateľom zmluvy. USA vypovedali zmluvu ABM v roku 2002. Nakoľko sa aj dnes väčšia časť úvah o účinnosti nukleárneho odstrašenia a o zmysle Zmluvy o nešírení nepriamo odvoláva na koncept MAD (možno nie celkom vedome), je užitočné pripomenúť si, prečo vlastne zmluva ABM vôbec vznikla a prečo ju prezident Nixon s Brežnevom podpísali. [28]

Henry Kissinger, ktorý ako minister zahraničných vecí za prezidenta Nixona na jeho požiadanie zmluvu ABM pripravoval, spomína, že republikánsky prezident Nixon nastupoval v roku 1969 do úradu už značne znepokojený konceptom MAD, o ktorom vážne pochyboval. V tom istom roku predložil Nixon Kongresu návrh protiraketovej obrany, ktorý počítal s dvadsiatimi základňami na obranu pred obmedzeným nukleárnym raketovým útokom zo Sovietskeho zväzu, pred útokmi zo strany nových jadrových mocností a pred náhodným či nedovoleným odpálením rakiet z akéhokoľvek zdroja. Rusi vtedy stavali a inštalovali ročne až 200 nových vypúšťacích zariadení pre medzikontinentálne balistické RS s jadrovými hlavícami. Kongres, ovládaný demokratmi a do krajnosti neurotizovaný vietnamskou vojnou, však schválil Nixonov plán iba väčšinou jediného hlasu a v priebehu nasledujúcich rokov ho postupne rozpočtovými opatreniami takmer zlikvidoval. Zostávali peniaze na dve obranné protiraketové zariadenia, ktoré sa prezident Nixon rozhodol zmluvou ABM zachrániť (tá v konečnom znení dve zariadenia povoľovala). Sovieti podľa Henryho Kissingera vedeli veľmi dobre o týchto domácich amerických tlakoch na Nixona a zdržiavali rozhovory o redukovaní strate-

gických zbraní, pričom stavali nové odpaľovacie zariadenia horúčkovitým tempom. Až v roku 1972 na vrcholnej schôdzke v Moskve pristúpili nakoniec na americké naliehanie, aby boli útočné zbrane obmedzené zároveň s obrannými. To je aj podstata zmluvy ABM. Úzkosť a strach zo zániku sveta sa stali v roku 1972 nedotknuteľnou zmluvnou inštitúciou. Európski i americkí odporcovia protiraketovej obrany hovorili už vtedy prakticky to isté, čo o 30 rokov neskôr.

Svet dnes neohrozujú ruské a americké nukleárne balistické rakety, ktorých sa zmluva ABM týkala, ale nukleárne zbrane krajín, ktoré s touto zmluvou nemali nikdy nič spoločné. Európa je bezpečnejšia ako predtým najmä vďaka pádu komunizmu a sovietskeho impéria a zblíženiu sa USA s Ruskom. Predstava, že Európa bude bezpečná len vtedy, keď bude Amerika bezbranne vystavená nukleárnemu útoku odkiaľkoľvek, bola úplne chybná už od počiatku, lebo bezbranná Amerika by mala určite viac dôvodov neriskovať a nepáliť si prsty ani pri ohrození európskych spojencov. Vzťahy s Ruskom sa nepokazili, naopak – Rusko, po povinných cvičeniach v rétorike, akceptovalo americké odstúpenie od zmluvy ABM celkom pokojne a rokuje s USA o ďalšom znížení počtov strategických jadrových zbraní. Ak sa podarí postupne realizovať istý stupeň protiraketovej obrany, klesá aj motivácia štátov s nebezpečnými režimami budovať nosiče s ambíciou ohroziť či vydierať USA i Západ vo všeobecnosti.

1.5.5 ÚPLNÝ ZÁKAZ SKÚŠOK JADROVÝCH ZBRANÍ

Od 20. augusta do 14. septembra 1990 sa zúčastnilo rokovania v Ženeve 85 členských štátov Zmluvy o nešírení jadrových zbraní na jej pravidelnej kontrolnej konferencii. Mexiko, podporované ďalšími delegáciami, na nej požadovalo, aby sa riešila problematika úplného zákazu skúšok jadrových zbraní, a aby jej ďalšie predĺženie bolo závislé na rokovaní a vyriešení úplného zákazu skúšok jadrových zbraní. [31]

Od 7. do 18. januára 1991 sa v newyorskom sídle OSN uskutočnila konferencia zmluvných strán, ktorá posudzovala možnosť zmeniť Zmluvu o zákaze skúšok jadrových zbraní, teda vrátane podzemných jadrových výbuchov. K dohode však nedošlo a účastníci sa rozišli s tým, že úplný zákaz skúšok jadrových zbraní je dlhodobým cieľom. Napriek tomuto zdanlivému neúspechu počet pokusných jadrových výbuchov klesal a jednotlivé jadrové mocnosti začali na pokusné podzemné jadrové výbuchy vyhlasovať moratóriá.

Čo prinesie úplný zákaz skúšok? Zabráni, aby noví potenciálni vlastníci mohli skúšať jadrové zbrane a aby ich mocnosti mohli kvalitatívne vylepšovať.

Napriek poslednému „dobrodružstvu“ Francúzska je pokrok k úplnému zákazu badateľný. Všetci vlastníci jadrových zbraní (okrem Číny, Francúzska, Indie a Pakistanu) sa zdržiavajú pokusných jadrových výbuchov. Rusko neuskutočnilo žiadnu skúšku od októbra 1991, Francúzsko od 5. 9. 1995 a USA od októbra 1992. Veľká Británia, ktorá používa americké skúšobné stanovište v Nevade, rešpektuje moratórium USA. Jadrové moratórium nevyhlásila iba Čína, ktorá vykonáva asi 2 testy ročne. Svoje pokusy opodstatňuje potrebami miniaturizácie jadrových náloží pre taktické rakety. Na konferencii o odzbrojení v Ženeve však prisľúbila, že testovanie svojich jadrových zbraní ukončí hneď, ako do platnosti vstúpi všeobecný zákaz pokusných jadrových výbuchov.

1.5.6 NÁSLEDKY JADROVÝCH SKÚŠOK

Začiatkom 60. rokov sa v prepočte uskutočňovalo asi 10 atómových výbuchov mesačne. Počas studenej vojny atómové mocnosti realizovali vyše 2 000 skúšok jadrových zbraní na rôznych miestach zemegule. [30]

Keď 1. marca 1954 USA odpálili nad juhovýchodným atolom Bikini dovtedy najväčšiu vodíkovú bombu, sila výbuchu zodpovedala 15 megatonám trinitrotoluénu (15 Mt TNT). Hrí-

bový oblak široký 120 kilometrov sa vplyvom neočakávaného vzdušného prúdenia pohol na východ. Rádioaktívny spad tak v podobe „snehu“ zasiahol obývané susedné ostrovy Rongelap a Utirik. „Sneh“ v skutočnosti obsahoval najmä plutónium $^{239}_{94}\text{Pu}$, urán $^{235}_{92}\text{U}$ a cézium $^{137}_{55}\text{Cs}$. Bezprostredným následkom „nukleárných zrážok“ bolo zvracanie, bolesti hlavy, nevoľnosť, horúčka. Neskôr spálená koža, jazvy a vypadávanie vlasov. Potom sa začali objavovať potraty, leukémia, rakovina štítnej žľazy. Dodnes zaznamenávajú Marshallove ostrovy najvyšší výskyt rakoviny v pomere k počtu obyvateľov na svete. Všetky deti sa museli podrobiť operácii štítnej žľazy.

Aj starosta Sarjalu, malej kazašskej dedinky ležiacej na okraji jadrových pokusov pri Semipalatinsku, je ťažko chorý. V mozgu sa mu rozrastá tumor, jeho ruky, čeľusť, nos, pery a jazyk sú napuchnuté – o proporciách tváre sa už nedá hovoriť: „Následky atómových skúšok neobišli nikoho,“ hovorí. Všetko sa začalo v roku 1948 na mieste, ktoré dodnes nenájdete na mape. Vtedy sa doslova z prachu zrodilo pri Semipalatinsku tajné mesto Kurčatov. Od roku 1949 do prelomového osemdesiateho deviateho tam vojaci a vedci pozorovali stovky jadrových pokusov. Takzvaný Polygón bol strategickým územím pre jadrové pokusy Sovietskeho zväzu. V roku 1949 tam odpálili prvú sovietsku atómovú bombu, a to vo výške len 30 metrov od zeme. Z toho dôvodu prišlo k extrémnej kontaminácii pôdy v širokom okolí a 2 000 ľudí z pohoria Altaja bolo zaťažených žiarením do 2 Grayov. Na porovnanie: na Slovensku prijme obyvateľ ročne priemerne tisícinu tejto dávky. Podľa údajov Natural Resources Defense Council vo Washingtone disponoval ZSSR päťdesiatkou ďalších pokusných území. Početné skúšky sa robili aj na arktickom ostrove Novaja zemľa. Spočiatku sa všetky pokusy robili nad zemou. Sovieti nechali takto explodovať asi 212 bômb.

Atómové bomby vybuchovali pod zemou, v atmosfére, dokonca vo vesmíre. USA uskutočnili deväť pokusov mimo zemskej atmosféry – medzi iným tri raketové skúšky v päťstokilometrovej výške nad južným Atlantikom, alebo 9. júla 1962 explóziu 1,4 megatonovej bomby štyristo kilometrov nad Johnstonovým atolom v Tichom oceáne. [31]

Podľa International Physicians For The Prevention Of Nuclear War (IPPNW) na následky „vojny jadrových mocností proti životnému prostrediu“ do konca minulého storočia zomrelo takmer milión ľudí.

Odhaduje sa, že doterajšími jadrovými skúškami sa uvoľnili tri tony plutónia. Je to hrozné množstvo, ak si uvedomíme, že rakovinu pľúc môže spôsobiť už vdýchnutie jednej milióntiny gramu tejto látky. Aj podľa už nežijúceho morského bádateľa Jacquesa Cousteaua sa na atole Mururoa najmenej dva razy uvoľnili rádioaktívne izotopy.

Dve tisícky jadrových a termojadrových pokusov zanechalo ďalším tisícročiam „jadrový odkaz“ ktorý bude neustále pripomínať „hru“ zvanú studená vojna.

Až v roku 1989 sa atómové mocnosti – s výnimkou už spomínanej Číny, Francúzska, Indie a Pakistanu – dokázali konečne dohodnúť na zastavení všetkých pokusov s jadrovými zbraňami. Semipalatinské pokusné územie s rozlohou 18 000 štvorcových kilometrov je doslova posiate obrovskými dierami, ktoré zostali po podzemných výbuchoch. Rovnako väčšia časť výbuchom uvoľnených žiariacich substancií zostala pôsobiť naďalej, pretože teplota 50 miliónov stupňov Celzia počas explózie roztavila prítomnú horninu, ktorá sa zmiešala s uvoľnenými látkami a zatuhla na sklovitú masu, z ktorej sa môžu uvoľňovať rádioaktívne plyny. V januári 1991 zástupca ruského ministerstva pre atómovú energiu pripustil, že smrtiace plyny unikli až z 15 percent atómových pokusov.

Správa kazachstanskej vlády uvádza, že až polovica obyvateľstva územia jadrových skúšok má značne poškodený imunitný systém. Odborníci hovoria o takzvanom semipalatinskom AIDS – 40 % mladých mužov z tohto regiónu je zo zdravotného hľadiska neschopných vykonať základnú vojenskú službu. Alma-Atský rádiológ Saim Balmuchanov tvrdí, že miera výskytu rakoviny je 30-krát väčšia ako v iných regiónoch.

Rozhovory s jednoduchými ľuďmi vyvolávajú podozrenie, že obyvateľstvo regiónu bolo žiareniu vystavené úmyselne. Dňa 12. augusta 1953, v deň výbuchu prvej sovietskej vodíkovej bomby, z neďalekej dedinky Karaul neevakovali štyridsať ľudí. „Bol som svedkom tohto výbuchu“ vypovedal v posudku pre IPPNW jeden z obyvateľov Karaulu. „Následne nás vyšetrili a potom nám jeden vojak dal vypiť trocha vodky. Nikto nám ani nenaznačil možné nebezpečenstvo.“ Dnes je ešte stále málo vedeckých záverov o spôsoboch jadrového testovania a jeho vplyvu na ľudské zdravie, vedci sa rozchádzajú v názoroch, ktoré sú navyše ešte stále utajované. Medzinárodná spolupráca na riešení následkov pokusov v Semipaltinsku sa mohla začať až začiatkom 90. rokov.

1.6 NUKLEÁRNY TERORIZMUS

Terorizmus sa stal neodmysliteľným fenoménom súčasnej doby. Má medzinárodný charakter a je prakticky všadeprítomný. Teroristické činy sa organizujú a realizujú všeobecne za účelom dosiahnutia určitého politického, ekonomického, ideologického alebo teologického cieľa. Neexistuje jednoduchá, všeobecne platná definícia terorizmu. Všade na svete rôzne agentúry i odborníci používajú rozdielne pracovné definície. Vo väčšine prípadov však obsahujú spoločné prvky. Napríklad označujú terorizmus ako systematické používanie fyzického násillia priamo alebo prostredníctvom hrozieb, a to za účasti širokého obecnstva, pričom jeho aktéri rátajú s bezprostrednými obeťami, aby sa v populácii vytvárala atmosféra ohrozenia a aby sa súčasne dosiahla nejaká politická alebo spoločenská zmena. [26]

Zaujímavý je tiež vzťah medzi terorizmom a médiami. Bez médií by sa teroristi nedostali do povedomia ľudí, ich vec by bola nepovšimnutá a nevznikla by nijaká atmosféra strachu. Terorizmus je bez publicity zbytočný a médiá ju vyvolávajú. Plnia však úlohu informovať verejnosť, pričom väčšinou sú pasívnymi pozorovateľmi udalostí. Terorizmus je trvalým atribútom ľudského spoločenstva. Vždy tu bol a vždy tu bude. Jeho korene sú predovšetkým v sociálnej oblasti, v zväčšujúcich sa rozdieloch nerovnomerného ekonomického vývoja vo svete. Do budúcnosti sa dá pravdepodobne predpokladať tendencia poklesu počtu teroristických útokov, ale zároveň nárast počtu ich obeť. Teroristi v súčasnosti používajú nákladné technológie, ktoré znižujú riziko a pomáhajú účinne dosiahnuť ich cieľ. Na vykonanie teroristických útokov boli použité, alebo potenciálne môžu byť použité rôzne zdroje a prostriedky, ktorými ľudstvo disponuje. Sú to predovšetkým biologické prostriedky, toxické chemické látky, rádioaktívne látky, výbušniny, horľaviny a iné.

Cieľom teroristických útokov môžu byť chemické závody, elektrárne, priehradné múry, zásobárne pitnej vody, sklady pohonných hmôt, muničné sklady, sklady rádioaktívneho odpadu, spracovateľské objekty rádionuklidov, zásobníky toxických chemických látok, podzemné komunikácie, diaľničné úseky, mosty, nemocnice, školy, vojenské objekty, automobily, plynovody, ako aj iné objekty a zdroje infraštruktúry a inžinierskych sietí.

Kritériami pre voľbu teroristického útoku môžu byť hospodársky a spoločenský význam, počet zasiahnutých osôb, dostupnosť objektu, ochrana objektu, spôsobené škody, moment prekvapenia, situácia v okolitých krajinách, technické možnosti vykonania útoku a iné. [26]

Iba z týchto neúplne vymenovaných objektov a kritérií môže vzniknúť nepreberné množstvo variant teroristických útokov. Ako eliminovať, a predovšetkým ako predchádzať teroristickým útokom sú úlohy, ktoré budú musieť riešiť všetky vlády a koalície.

Problematika nukleárneho terorizmu je zatiaľ v rovine teoretických úvah. Teroristické skupiny v súčasnosti ešte nedisponujú využiteľnými jadrovými prostriedkami, ale je iba otázkou času, kedy jadrový terorizmus nadobudne reálne obrysy. Vážnu hrozbu jadrového terorizmu už v dnešnej dobe predstavujú statické jadrové zdroje a z nich predovšetkým jadrové elektrárne.

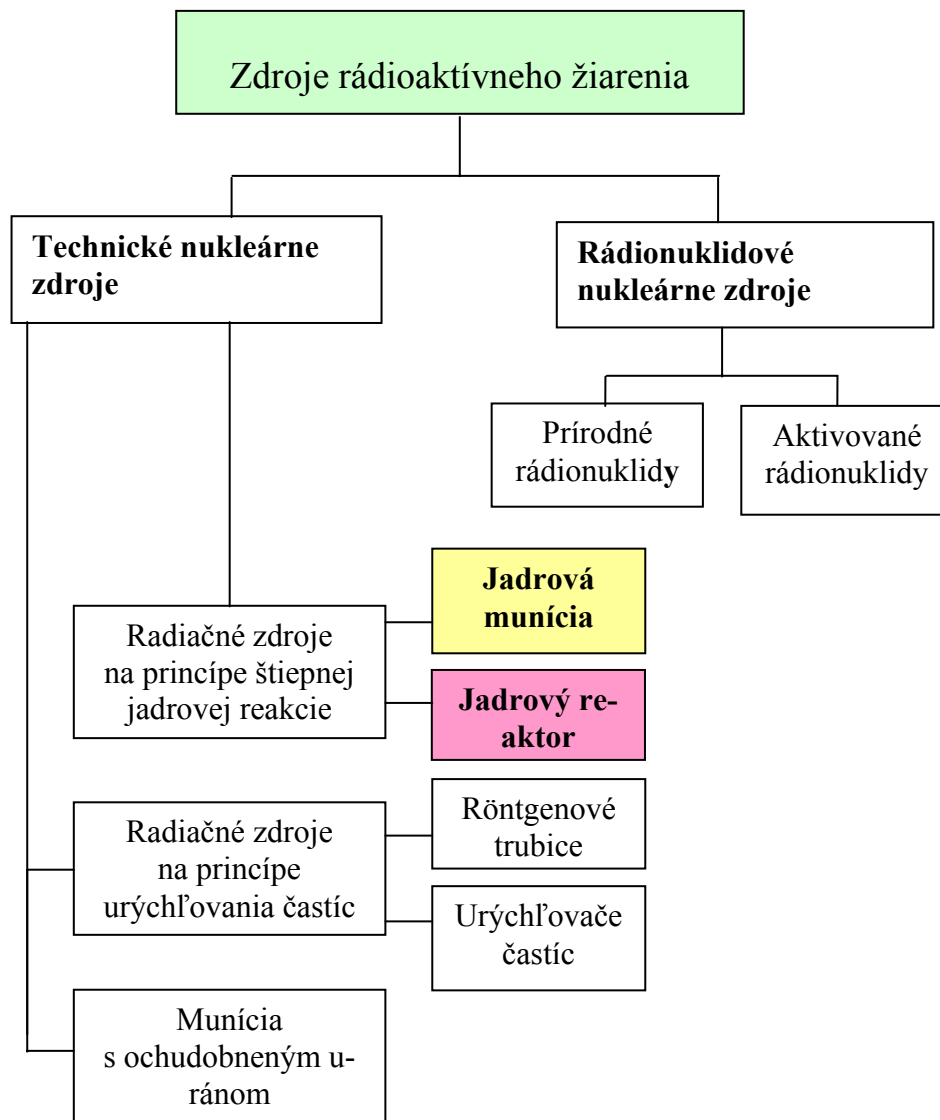
1.6.1 MOŽNÉ ZDROJE RÁDIOAKTÍVNEHO ŽIARENIA VYUŽITEĽNE NA NUKLEÁRNY TERORIZMUS.

Zdrojov rádioaktívneho žiarenia je značné množstvo. Celkovo môžeme za radiačný zdroj považovať prístroje, zariadenia a rádioaktívne látky, ktoré obsahujú rádionuklid alebo technický zdroj ionizujúceho žiarenia. Problematika pôvodu a vzniku rádioaktívneho žiarenia je tak zložitá, že sa nedá jednou definíciou komplexne vystihnúť.

Radiačné zdroje sa môžu členiť podľa viacerých hľadísk. Najúčelnejšie je však ich triedenie podľa pôvodu žiarenia do dvoch skupín (ako je to uvedené na obrázku 1.32), a to:

- technické radiačné zdroje,
- rádionuklidové radiačné zdroje.

V ranom období rozvoja predovšetkým radiačnej chémie prevládali rádionuklidové zdroje, ba aj v súčasnosti majú veľký význam v diagnostike a rádioterapii. V posledných 30 rokoch minulého storočia však prevahu získali technické radiačné zdroje.

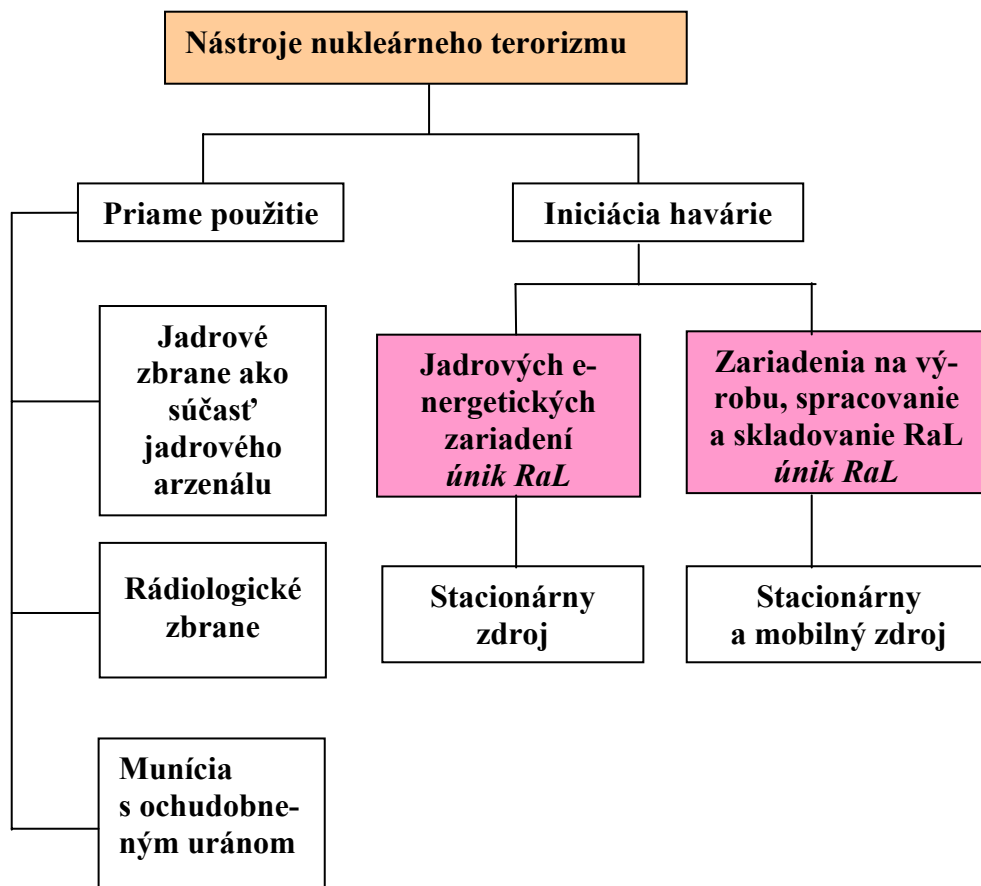


Obrázok 1.30: Prehľad možných zdrojov rádioaktívneho žiarenia [26]

Ak by sme z obrázku 1.31 dôkladne analyzovali všetky možné radiačné zdroje vhodné pre teroristické použitie, dospeli by sme približne k tomuto záveru: hrozba jadrového terorizmu je jednak v priamom použití predovšetkým jadrových a rádiologických zbraní, alebo vo fyzickom útoku na veľké radiačné zdroje, či už sú to jadrové elektrárne, sklady rádioaktívneho odpadu, alebo objekty spracovania a skladovania paliva a jadrových náplní. (obrázok 1.32). [26]

Rádioaktívne látky (rádionuklidy), ktoré môžeme považovať za účinný nástroj nukleárneho terorizmu, sa vo všeobecnosti vyznačujú nasledovnými základnými charakteristikami:

- vysokou rádioaktivitou, ako zdroje [26]:
 - fotónového (gama, röntgenového, brzdneho) žiarenia,
 - elektrónového a pozitronového (beta) žiarenia,
 - iónového (alfa, deuterónového, protónového) žiarenia,
 - neutrónového žiarenia,
 - kombinovaného žiarenia,
- pri niektorých rádionuklidoch i vysokou chemickou toxicitou (plutónium);
- rôznymi cestami prieniku do organizmu;
- náročnou, v mnohých prípadoch bežnými prenosnými prístrojmi aj obtiažnou detekciou (čisté alfa žiariče);
- náročným stanovením správnej diagnózy po ožiarení (intoxikácii) a následnej terapii, najmä pri stochastických účinkoch.



Obrázok 1.31: Nástroje nukleárneho terorizmu [26]

Zdravotné riziká sú pri jadrovom terorizme ovplyvnené:

- typom použitia radiačného zdroja (rádionuklidu);
- množstvom rádionuklidov;
- druhom a energetickým spektrom primárneho či sekundárneho žiarenia rádionuklidu;
- toxickými vlastnosťami rádionuklidu;
- fluenciou častíc a celkovou absorbovanou dávkou;
- špecifickou situáciou v mieste útoku (kontaminácia terénu, zariadení, infraštruktúry a pod.);
- meteorologickou situáciou v priestore útoku;
- pripravenosťou, technickou úrovňou a vybavenosťou záchranných tímov;
- úrovňou pripravenosti obyvateľstva a verejnej správy.

Napriek znižovaniu zásob jadrovej munície pre vojenské použitie tu jadrové nálože fyzický ostávajú, ba dokonca sa ich počet neustále zvyšuje. Človek nedisponuje zatiaľ žiadnymi prostriedkami na likvidáciu rádioaktívnych látok. Dokonca neexistuje ani teoretické riešenie tohoto problému. Jadrové nálože z jadrovej munície sa stávajú potenciálnymi zdrojmi ich širokého zneužitia na teroristické účely, predovšetkým na výrobu jadrovej munície v štátoch, ktoré skryto terorizmus podporujú.

Na výrobu rádiologickej munície sú vhodné veľké, v niektorých prípadoch neprehľadné množstvá vyhoreného jadrového paliva a rádioaktívneho odpadu. Dominantným problémom likvidácie jadrových zbraní zostáva plutónium, ktoré bolo po prvýkrát vyrobené v roku 1940 ako vedľajší produkt rozpadu uránu. Jeho polčas rozpadu je 24 360 rokov, čo je viac než majú zdokumentované dejiny civilizácie. Úplný rozpad bude trvať viac ako štvrt' milióna rokov. V období studenej vojny sa na jednej i druhej strane deklarovalo, že výroba jadrových hlavíc je rozhodujúcim kľúčom existencie a postavenia veľmoci. Pri výrobe jadrových zbraní sa neuvážovalo, aké zložité problémy budú spojené s ich likvidáciou. Vo všeobecnosti sa počítalo s tým, že budú zlikvidované použitím na území protivníka. Až neskôr, pri príprave likvidácie prvých jadrových zbraní, sa začali vedci zaoberať touto problematikou.

Možnosti ako získať prostriedky nukleárneho terorizmu sú rôzne. K zbraniam sa teroristi môžu dostať prostredníctvom nákupu, krádeže či získania od štátu podporujúceho terorizmus. Za hlavný potenciálny zdroj nukleárnych zbraní sa považujú nástupnícke štáty Sovietskeho zväzu, a to hlavne samotné Rusko s jeho slabou schopnosťou zabezpečiť značné množstvo týchto zbraní. Cena zbraňového uránu ($^{235}_{92}\text{U}$) sa na čiernom trhu pohybuje okolo 10 000 amerických dolárov. Jeho kritické množstvo pre použitie na štiepnu reakciu je 25 kg – z toho vyplýva veľmi veľká finančná nedostatnosť týchto zbraní pre mnohé skupiny.

Zaujímavosť nukleárnych zbraní z pohľadu teroristov spočíva v ničivých faktoroch jadrového výbuchu:

- svetelné žiarenie,
- prenikavá radiácia,
- tlaková vlna,
- elektromagnetický impulz (EMI),
- rádioaktívna kontaminácia.

V porovnaní s konvenčnými náložami predstavujú obrovský potenciál v malom objeme. Štiepne zbrane sú založené na lavínovitej štiepnej reakcii vyvolanej neutrónmi. Termonukleárne zbrane sú založené na syntéze ľahkých jadier pri vysokej teplote, ktorú dodávame pomocou štiepnej reakcie. Zbrane novej generácie môžu mať upravené účinky, zamerané na určitú oblasť (napr. neutrónové zbrane na živú silu atď.).

Pre teroristov budú vhodné malé a ľahko prenosné zbrane. Do tejto kategórie môžeme zaradiť tzv. kufříkové nálože, každá o váhe približne 35 kg, ktoré neboli nikdy započítané do žiadnych zoznamov ruskej výzbroje po ukončení studenej vojny. [29] Tieto kufříky robia sta-

rostiti mnohým vládam po celom svete, nakoľko môžu už byť alebo v budúcnosti skončiť v rukách teroristov. Ďalšie, vhodné na použitie s malým vozidlom, sú 155 mm delostrelecké projektily, vážiace od 60 do 110 kg o sile od 5 do 10 kt a jedným typom mohutnosti pod 1kt. V USA boli vyvinuté tzv. SADM (Special Atomic Demolition Munition) nálože vážiace približne 25 kg s mohutnosťou od 0,1 do 1 kt. Použitie iných typov nie je taktiež vylúčené. Spolu s miniaturizáciou vo svete techniky dochádza aj k zmenšovaniu rozmerov nukleárných hlavíc pre balistické rakety. Dopravenie prostriedku s väčšou hmotnosťou môže byť záležitosťou použitia motorových vozidiel či lodí. Prakticky každá nukleárna zbraň v rukách teroristov je veľkým nebezpečenstvom pre celý svet. Ďalšou možnosťou nukleárneho terorizmu je útok na zariadenia pracujúce z jadrovým materiálom. Do tejto kategórie môžeme zahrnúť jadrové elektrárne, sklady vyhoreného paliva, zariadenia na úpravu rádioaktívnych materiálov, ale aj výskumné ústavy či nemocnice.

Teroristický útok na tieto zariadenia môže byť cielený do dvoch oblastí. Po prvé, získať jadrový materiál, ktorý sa v nich nachádza, za účelom neskoršieho použitia už ako prostriedku nukleárneho terorizmu. Po druhé, spôsobiť únik rádioaktívneho materiálu do okolia, a tým priamy akt nukleárneho terorizmu. Na prvý cieľ nadväzuje aj ďalšia forma, a to použitie tzv. „špinavej bomby“. Jedná sa o typ rádiologickej zbrane, ktorá pomocou konvenčnej výbušniny rozmetá v okamihu výbuchu rádioaktívny materiál do okolia. Účinok bude závislý na množstve výbušniny a type rádioaktívneho materiálu použitého na jej prípravu. Množstvo a typ rádionuklidu budú ovplyvňovať kontaminovanú oblasť.

1.6.2 PRAVDEPODOBNÉ SCENÁRE NUKLEÁRNEHO TERORIZMU

Tak ako pri konvenčnom terorizme môžeme vytipovať jednotlivé oblasti či objekty pôsobenia. Nukleárne prostriedky je možné použiť bez niektorých limitujúcich faktorov, ktoré ovplyvňujú iné oblasti.

1.6.2.1 Použitie zbraní na princípe jadrových reakcií

Vykonanie týchto útokov sa nebude veľmi odlišovať od útokov konvenčnými náložami. Výhoda v porovnaní s konvenčnými náložami bude spočívať vo špecifických vlastnostiach jadrového výbuchu. Ochromenie značnej oblasti nastane už v prvých okamihoch po výbuchu. V oblasti nezasiahutej tlakovou vlnou sa prejavujú iné ničivé faktory, ako napr. vznietenie rôzneho materiálu a následné požiare, nefunkčnosť elektronických systémov z dôvodu zasiahnutia EMI či ovplyvnenia prenikavou rádiáciou, závaly. Mimo epicentra výbuchu a miest dosahu tlakovej vlny vznikne hneď v počiatku veľká oblasť zdanlivo nezasiahnutá, avšak s nefunkčnými systémami. Následná indukovaná rádioaktivita a kontaminácia územia rádioaktívnym spádom tento stav ešte umocnia. Predstava takéhoto útoku v centre mesta je oprávnene desivá. Ako už bolo povedané, doprava takejto zbrane do centra mesta nemusí byť v žiadnom prípade problémom! Postačí na to jeden či malá skupinka teroristov. Po výbere vhodného miesta na použitie takejto zbrane bude dopravu mať za úlohu hlavná skupina, ktorá bude mať zbraň priamo pri sebe, a ďalšia či ďalšie skupiny budú istiaci. Ich úlohou bude doprevádzať hlavnú skupinu až na miesto a zabezpečovať jej ochranu. Ak by náhodou prišlo k odhaleniu hlavnej skupiny, istiaci skupina prevezme iniciatívu na svoju stranu a bude pútať na seba pozornosť bezpečnostných zložiek, aby hlavná mohla pokračovať v úlohe. Pri nečakannej situácii, ktorá by bola pre útočníkov nezvládnuteľná a neumožňovala pokračovať k stanovenému miestu, bude nasledovať iniciácia zbrane. Veľkosť mohutnosti nálože potom umožňuje vymedziť približnú oblasť, v ktorej ju možno iniciovať vzhľadom na splnenie cieľa útoku. Pri prípadnom zneškodnení teroristov a následnom zaistení tohto prostriedku by teroristi na seba upútali obrovskú pozornosť všetkých bezpečnostných zložiek krajiny, čo by váž-

ne ohrozilo ich samotnú existenciu. Iniciácia, aj keď nie na plánovanom mieste, splní z pohľadu skupiny svoje poslanie a vytvorí následný priestor na stiahnutie sa organizácie. Pri dosiahnutí cieľovej oblasti predstavuje ponechanie aktivovanej nálože a bezpečný odchod skupiny veľké riziko zlyhania. Preto sa bude počítat' s tým, že táto skupina ostane na mieste až do samotnej explózie a bude zaisťovať nálož. Predstava obetovania svojho života v „prospech viery“ je pre väčšinu náboženských fanatikov samozrejme. Je možné identifikovať dve hlavné možnosti umiestnenia nálože. V prvom prípade by išlo o umiestnenie na povrchu, čiže vo vozidle alebo v budove (prízemie, nižšie poschodia). V druhom prípade by išlo o umiestnenie na vrchole výškovej budovy. Toto bude závisieť od zámeru teroristov, hmotnosti a veľkosti nálože či zabezpečenia budovy. Umiestnenie nálože v podzemných priestoroch by bolo neefektívne vzhľadom na predpokladanú mohutnosť.

Tabuľka 1.23: Predpokladané účinky jadrového výbuchu v meste

Mohutnosť	1 kt	10 kt
priemer kráteru	30 m	65 m
hlbka kráteru	7,5 m	14 m
polomer zničených výškových budov	0,84 km	1,8 km
polomer pásma ľudských strát – okamžite	0,52	1,25
– do 24 hod	0,86	1,33
polomer lokálnych závalov	0,57	1,2
polomer lokálnych požiarov	1,1 km	2,4 km

Vybrané parametre jadrového výbuchu o mohutnosti 1 kt, čiže tých menších, „kufříkových“, sú:

- výška vrcholu oblaku 3,73 km,
- polomer zóny i^* v priestore výbuchu 0,97 km,
- doba vypadávaní a spádu 0,75 h,

* zóna i predstavuje oblasť, kde môže živá sila obdržať dávku 150 cGy alebo vyššiu za pomerne krátku dobu (menej ako 24 hodín po vzniku rádioaktívneho spádu).

Pre nálože o mohutnosti 10 kt (spomínané delostrelecké granáty):

- výška vrcholu oblaku 8,24 km,
- polomer zóny i v priestore výbuchu 2,55 km,
- doba vypadávaní a spádu 1,58 h (ďalšie údaje sú uvedené v tabuľke 1.23). [31]

Z týchto údajov sa dá približne predstaviť ničivá sila tejto nálože a hlavne dopad jej použitia v meste (obývaných oblastiach).

Ničivé dôsledky explózie v oblasti a v okolí podporia nefunkčnosť či veľmi nízka efektívnosť záchranných systémov. Ďalším problémom bude vzniknutý rádioaktívny mrak pohybujúci sa podľa aktuálnej meteosituácie, ktorý bude rozširovať kontamináciu aj do vzdialenejších regiónov.

1.6.2.2 Použitie rádiologických zbraní

Rádiologické zbrane, u ktorých sa využíva škodlivého biologického účinku ionizujúceho žiarenia, sú určené na kontamináciu terénu, materiálu, osôb, zvierat, vegetácie a podobne. Použitíu rádiologických zbraní bola venovaná veľká pozornosť na prelome štyridsiatich a päťdesiatych rokov. Rozvoj termonukleárných zbraní ich vytlačil zo stredu pozornosti. Je potrebné na tomto mieste pripomenúť, že v jadrovom reaktore sa tvorí okolo 300 rôznych štiepných produktov (rádionuklidov) a v priebehu okolo 100 dní jeho nepretržitej prevádzky sa vytvorí

také množstvo rádioaktívneho odpadu, že by stačilo na kontamináciu plochy o rozlohe až niekoľko desiatok tisíc kilometrov štvorcových o expozičnej rýchlosti 0,1 Gy (gray) (10 röntgenov) za hodinu. To by bránilo voľnému pohybu všetkých osôb v tomto priestore a vyžiadalo by si dlhodobé veľmi prísne opatrenia, pretože pokles expozičnej rýchlosti rádioaktívneho žiarenia prebieha pomalšie ako po jadrovom výbuchu. Ukazujú to presvedčivo skutočnosti po havárii jadrovej elektrárne v Černobyle. Takéto využitie rádioaktívneho odpadu z jadrových elektrární na teroristické účely je celkom reálne. Pre teroristické účely sú ako zbrane vhodné tie rádionuklidy, ktoré majú dlhší polčas rozpadu a relatívne veľkú aktivitu. Tie, ktoré majú polčas rozpadu krátky (hodiny a menej), nie sú vhodné. Doba medzi ich prípravou, výrobou a použitím by bola dlhá a po použití by expozičná rýchlosť bola príliš malá. Rovnako i použitie rádionuklidov s polčasom rozpadu stovky rokov nie je výhodné, pretože v malom množstve vykazujú nízku aktivitu.

Variant využitia rádiologických zbraní je mnoho. Celý rad rádionuklidov má i toxický charakter. Rádioaktívnych látok je možné použiť vo forme dymu, prášku, hmly, postreku a podobne. Môžu byť použité samostatne i spolu s chemickou toxickou látkou, zápalnými, dymotvornými či biologickými prostriedkami.

Použitie rádiologických zbraní bude odlišné ako klasických jadrových zbraní. Aplikácia týchto prostriedkov bude výhodnejšia v uzavretých komplexoch ako napr. metro, obchodné strediská, a podobne. Efekt nálože je závislý na druhu, množstve a schopnosti použitej výbušniny rozmetať rádioaktívny materiál do okolia. Rádioaktívna kontaminácia bude ďalej závisieť od množstva rádioaktívneho materiálu a druhu použitých izotopov. [34]

Vykonanie tohto útoku môže byť úplne rovnaké ako akéhokoľvek iného bombového útoku. Výbuch nebude vykazovať žiadne mimoriadne príznaky, čo bude vplývať aj na jeho utajenie. Na začiatku sa bude určite pokladať za radový bombový útok, nakoľko účinok tohoto typu zbrane nie je okamžitý. Použitie v uzavretých, poprípade zle vetraných miestach zefektívni koncentráciu rádioaktívneho materiálu vo vzduchu a jeho usadzovanie na predmetoch. Na to, že išlo o rádiologickú zbraň, sa môže prísť až po preverení nájdených častí výbušného systému. V konečnom dôsledku je možné vnútornú kontamináciu osôb rádioaktívnymi látkami len veľmi ťažko odstrániť. Ak by aj nebol dosiahnutý požadovaný stupeň radiácie prostredia, ktorý by spôsoboval akútne formy choroby z ožiarenia, je tu vysoký predpoklad poškodenia organizmu na genetickej úrovni, či vzniku nádorových ochorení v neskoršom období. Ďalší problém bude súvisieť s následným uzavretím oblasti.

1.6.2.3 Útoky na zariadenia s jadrovým materiálom

Do tejto oblasti budú môcť zasahovať len dobre vycvičené a dobre pripravené teroristické organizácie. Tieto objekty sú pod sprísnenou ochranou a vniknutie do týchto objektov bude náročné, nie však nemožné, ako predpokladajú niektorí vládni predstavitelia. Musíme predpokladať, že teroristi, ktorí sa odhodlajú na takýto útok, sú neraz omnoho lepšie vycvičení ako členovia ostrahy týchto objektov. [30]

Útoky budú prevedené v závislosti od objektov:

- jadrové elektrárne,
- sklady vyhoreného paliva,
- zariadenia na úpravu rádioaktívnych materiálov,
- výskumné ústavy,
- nemocnice.

Výskumné ústavy

Čo sa týka zabezpečenia rádioaktívnych látok proti prípadnej krádeži, je na omnoho menšom stupni ako u predchádzajúcich objektov. Súvisí to aj s množstvom a druhom rádioaktív-

neho materiálu, ktorým disponujú. Vďaka horšiemu systému zabezpečenia sa stávajú lákadlom aj pre nie tak dobre organizované a vybavené skupiny. Ochránka takéhoto objektu bude pomerne ľahko prekonateľná aj pre menej vycvičených, zato však odhodlaných teroristov. Množstvo rádioaktívneho materiálu, ktorý sa môže nachádzať v danom objekte, nie je pre akciu vysoko organizovanej skupiny dostačujúce, a menšie skupiny zatiaľ nenabrali odvahu použiť jadrové, chemické a biologické prostriedky na svoje akcie.

Nemocnice

Relatívne slabé zabezpečenie tohoto materiálu vyrovnáva jeho malé množstvo, ktorého krádežou by skupina na seba len zbytočne upozornila bezpečnostné orgány.

Transporty rádioaktívneho materiálu

Prípadný útok bude vedený s cieľom zničenia prepravných obalov a následnej disperzie do okolia. Druhým dôvodom môže byť pokus o krádež časti tohto materiálu. Transport bude síce utajený a zabezpečený, no pokus o útok zo strany teroristov sa nedá vylúčiť.

Napriek značnému znižovaniu počtov zbraní a ozbrojených síl, pravdepodobnosť vzniku vojnových konfliktov a teroristických útokov bude trvať. Jednou z možností je i zvyšovanie pravdepodobnosti zneužitia jadrových zbraní a iných rádioaktívnych prostriedkov na teroristické účely. Nevyriešené problémy likvidácie a nedokonalé zabezpečenie jadrových hlavíc, jadrového paliva, rozvoj jadrového priemyslu a energetiky, použitie rádionuklidov v diagnostike a terapii prinášajú nové možnosti a metódy ich zneužitia na teroristické útoky. Táto reálna hrozba prináša i nové úlohy pri riešení radiačnej ochrany vojska a civilného obyvateľstva. Bez dokonalých znalostí vlastností nukleárných zdrojov a metód ich zneužitia nemožno tieto úlohy riešiť.

1.6.3 TERORIZMUS PROTI JADROVÝM ENERGETICKÝM ZARIADENIAM (JEZ)

Tieto objekty sa vyznačujú dobrou a početnou vnútornou ochranou, čo nepôsobí v prospech teroristov. Okrem vonkajšieho zabezpečenia viacnásobným oplatením objektu sú vybavené aj ďalšími ochrannými parametrami okolo dôležitých budov v objekte. Na monitorovanie situácie je inštalovaný kamerový systém a detektory pohybu. Vchody do jednotlivých budov a ich vnútorné priestory sú zabezpečené zariadeniami umožňujúcimi vstup do danej oblasti len osobám na to oprávneným. Toto všetko minimalizuje možnosť pokusu zo strany teroristov o „tiché“ vniknutie do jadrovej elektrárne a ich následný pohyb v objekte. Prekonanie vstupných zataras by nemal byť problém pri použití vozidla s umiestnenými výbušninami. V tejto oblasti už majú teroristi mnoho skúseností z akcií vykonaných nákladnými vozidlami naloženými výbušninami pri útokoch napr. v Bejrúte. Pokiaľ by však ich komando bolo dostatočne vycvičené a vyzbrojené, rýchlou likvidáciou vnútornej ochrany na vstupe by otvorilo cestu pre ostatných aj bez použitia výbušnín. Pri ďalšom postupe by sa musela skupina rozdeliť na viacero častí, kde by každá mala svoju špecifickú úlohu. Nech by takýto útok bol akokoľvek precízne vykonaný, nezostane nepovšimnutý, a tak jedna časť musí zabezpečiť vstup do objektu proti prichádzajúcim zásadovým jednotkám ozbrojených zložiek. Ďalšie útočné skupiny musia kryť cestu pre hlavné komando, ktorého cieľom je vlastné ohrozenie jadrovej elektrárne. Útok komanda môže byť vedený na dôležité systémy, ktorých vyradenie či poškodenie ohrozí funkčnosť a stabilitu jadrovej elektrárne. V podmienkach Slovenska sú reaktory zraniteľné zvrchu, to však neznamená nutnosť použiť lietadlo na prerazenie strechy budovy. Pri troche šikovnosti nie je problém tam dopraviť výbušniny aj zo zeme. Nemusí to byť práve útok na samotný reaktor, ale napríklad na chladiaci systém, presnejšie tie časti, ktoré zabezpečujú jeho činnosť. Do tejto kategórie sa radia aj potrubia privádzajúce vodu. Systém by ne-

zvládol nepomer tepelnej výmeny a následne by zlyhal. Bol by dosiahnutý únik rádioaktívnych materiálov do ovzdušia a v závislosti od meteosituácie ich dopad na okolie. Druhým efektom takéhoto útoku by bol dopad na hospodárstvo vyradením elektrárne z činnosti na istú dobu. Zariadenia sú do istej miery stavané proti takýmto typom útokov či snahe o poškodenie obalu, no pri väčšom množstve správne použitých výbušnín teroristov nezastavia. Takýto typ útoku by si mohol vyžiadať len minimálne straty na strane teroristov. Medzisklady paliva môžu poslúžiť pri ich násilnom poškodení ako zdroje rádioaktívnej kontaminácie. Ako vidíme, útok na takéto zariadenie by bol pre teroristickú organizáciu veľmi náročný a vyžadoval by si značné materiálne a finančné zabezpečenie, vysokú organizovanosť a vycvičenosť jej príslušníkov.

Aj napriek vyššie uvedeným skutočnostiam, najväčšou hrozbou jadrového terorizmu v súčasnosti je možný útok na niektorú z jadrových elektrární. Pri tomto útoku v úvahu prichádzajú dva možné varianty:

- útok na jadrové energetické zariadenia po zemi,
- útok na JEZ zo vzduchu.

V čase mieru sú jadrové elektrárne chránené niekoľkými bezpečnostnými zónami a nepovolaná osoba by na ceste k jej srdcu (reaktoru) musela prekonať strážnu službu, technické bariéry i policajnú zásahovú jednotku. Kontrolou bezpečnosti prevádzky JEZ je zo zákona na Slovensku poverený Úrad jadrového dozoru SR (ÚJD), ktorý vykonáva dozor nad nakladaním s rádioaktívnym odpadom, vyhoreným palivom a ďalšími fázami palivového cyklu, ako aj nad jadrovými materiálmi, vrátane ich kontroly a evidencie.

Prvoradou úlohou tohoto nezávislého ústredného orgánu štátnej správy je garantovať zdravie a bezpečnosť obyvateľov pri mierovom využívaní jadrovej energie, nie je však špecializovaný na ochranu pred jadrovým terorizmom.

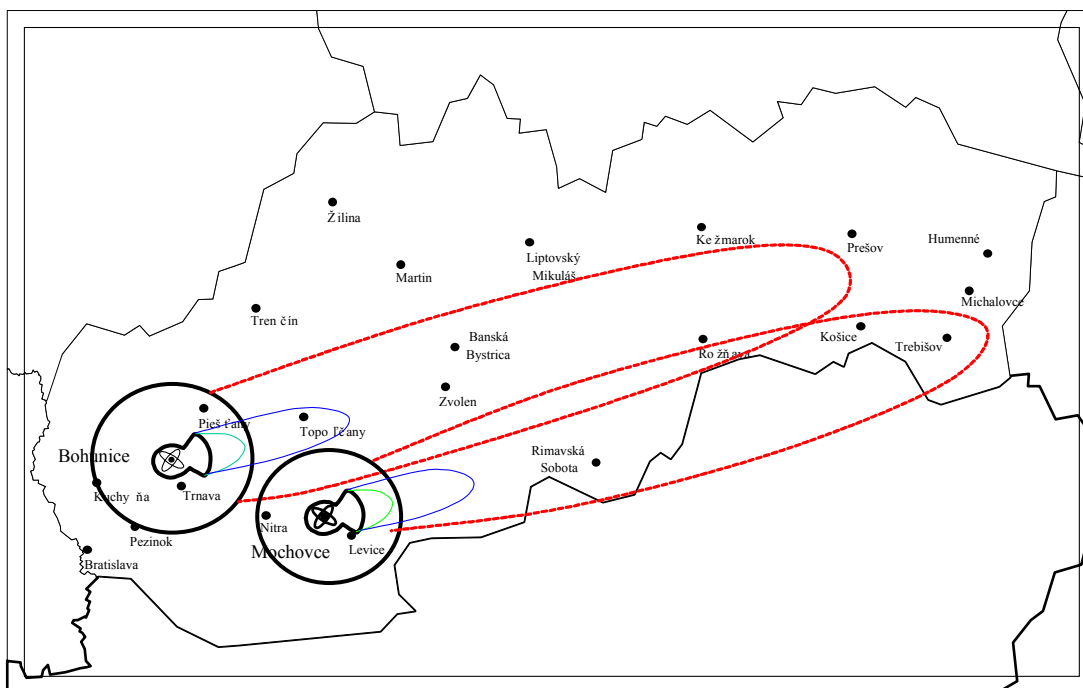
Reaktory jadrových elektrární v Amerike, Anglicku, Nemecku, Francúzku, Švédsku, a vlastne všade mimo expanzie bývalej sovietskej techniky, sú v niektorých ohľadoch kvalitnejšie ako naše, ale ani jeden z nich nie je schopný odolať náletu, aký zničil Svetové obchodné centrum (WTC). S takým šialenstvom žiadni projektanti nepočítali ani v najhorších katastrofických snoch.

Rovnako ako v zahraničí, aj u nás bola braná do úvahy iba možná porucha či havária lietadla, ktoré by v jej dôsledku zišlo zo svojej trasy, a niektorá jeho časť by dopadla na elektrárňu. Letové koridory od počiatku vzdušný priestor nad jadrovými elektrárnami obchádzajú.

Medzi možné varianty útoku patrí aj zacielený (zámerný) pád dopravného lietadla na jadrovú elektrárňu, alebo sklad jadrového paliva či jadrového odpadu. Možný scenár takéhoto útoku bol opísaný v britskom týždenníku New Scientist. [26]

„Sellafield, mestečko v severnom Anglicku. Z oblakov sa vynorí silueta lietadla Boeing 747 a s hukotom mieri ku komplexu niekoľkých šedivých budov bez okien. Lietadlo má na palube 176 osôb a v nádržiach 200 tisíc litrov paliva. Kovový 400 tonový obor sa v rýchlosti 900 kilometrov za hodinu zľahka dotkne strechy prvej budovy a potom vrazí do ďalšieho sivého bloku. Ozve sa výbuch a oblohu zakryje obrovské mračno, ale iné ako sa vznášalo nad newyorským WTC po atentáte 11. septembra 2001.

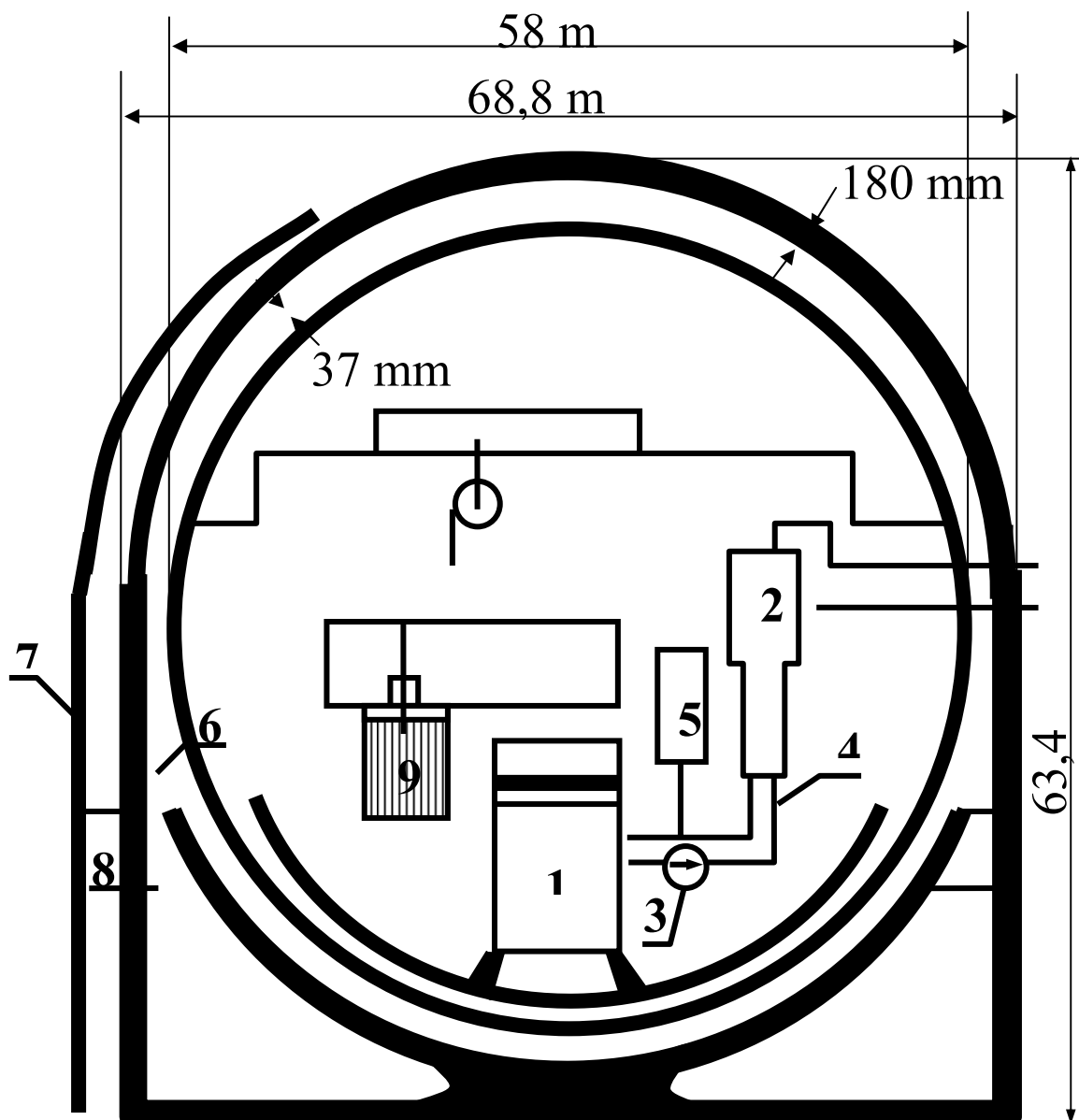
Omnoho väčšie a čudne modrasté. Keď vyjde najavo, čomu vďačí za svoje rozmery a farbu, zavládne zdesenie. V objekte bol sklad rádioaktívneho odpadu. Vyše 1 500 metrov kubických tekutiny teraz vyteká von a odparuje sa. Na povrch sa dostáva rádioaktívne cézium 137. Je ho tu asi poldruha tony, štyridsaťkrát toľko, ako bolo v Černobyle. Zničením dvadsaťjeden nádrží s rádioaktívnym odpadom prenikne do atmosféry žiarenie, ktoré kontaminuje veľkú časť britských ostrovov a niekoľko susedných štátov. Dôsledky? Státisíce kilometrov štvorcových už nebudú obývatel'né. Pritom ide o územie osídlené oveľa hustejšie ako Ukrajina. Najväčším problémom bude, ako a kam tie milióny ľudí evakuovať“.



Obrázok 1.32: Jadrové energetické zariadenia na teritóriu SR s predpoveďou kontaminácie územia pri havárii (deštrukcii) s prevládajúcim západným prúdením vetra

Jadrové elektrárne a sklady rádioaktívnych odpadov chránia silné nádrže z najkvalitnejšieho betónu vystuženého nemenej kvalitnou oceľou. Tieto objekty by mali určite odolať nárazu ľahkého lietadla. V USA a Japonsku sa ich odolnosť testuje s použitím stíhačiek typu Phantom F4, a údajne pri veľkej rýchlosti vždy obstáli. Dopravné linkové lietadlo však nie je to isté ako 29 tonová stíhačka. Hmotnosť lietadla typu Airbus A380 presahuje 550 ton. Žiadna zo 438 jadrových elektrární vo svete takému kolosu neodolá. Dve z nich máme aj na Slovensku.

V USA si experti zo spravodajských služieb zavolali na pomoc aj filmových scenáristov. Ukázalo sa, že ich fantázia väčšinou predbieha dobu aj pokiaľ ide o zobrazovanie násilia a terorizmu. Skupina sa metódou „brainstormingu“ snaží vytipovať pravdepodobné teroristické sprisahania proti americkým cieľom. [26]



Obrázok 1.33: Kontajment firmy Siemens/KWU

Vysvetlivky:

- | | |
|--|--|
| 1. reaktor | 2. parogenerátor |
| 3. hlavné cirkulačné čerpadlo (HCC) | 4. primárny okruh |
| 5. kompenzátor objemu | 6. oceľová guľa kontajmentu |
| 7. vonkajšia betónová časť kontajmentu | 8. priestor pre dôležité pomoc. zariadenia |
| 9. sklad vyhoreného paliva | |

Na Slovensku sú v súčasnosti dve jadrové energetické zariadenia, a v nich šesť činných sovietskych reaktorov typu VVER v jadrových elektrárňach Jaslovské Bohunice a Mochovce (obrázok 1.32), ktoré na rozdiel od západných jadrových elektrární nemajú masívnu železobetónovú obálku, tzv. kontajment (obrázok 1.33). Kontajment slúži napríklad aj na ochranu pri páde cudzieho telesa, alebo pri úniku rádioaktívnych látok zvnútra reaktora po havárii.

Čo by sa stalo, ak by ťažké dopravné lietadlo spôsobilo deštrukciu a požiar reaktora? Do-

šlo by k úniku obrovského množstva rádioaktivity a k dlhodobej kontaminácii obrovského územia. Prognózy rozsahu plošnej kontaminácie sú utajované. Je však isté, že v žiadnom prípade by nedošlo k štiepnej reakcii, čiže jadrovému výbuchu vzhľadom na nesplnenú podmienku vzniku kritického množstva uránu.

Je paradoxné, že k vonkajšej bezpečnosti jadrových elektrární prispeli i nátlakové aktivity Greenpeace, ktoré mnohými ich odporcami boli pomenované ako teroristické. Proti teroru z oblohy niet obrany. Keby hneď nejaké dopravné lietadlo nalietavalo priamo na atómovú elektrárňu, medzinárodné konvencie ho nedovolia zostrelit'. Z toho vyplýva, že najbezpečnejšia atómová elektrárňu je taká, ktorá nepracuje. Podľa analýzy aktivistov Greenpeace nie sú na tom pri ohrození lietadlami všetky atómové elektrárne na svete rovnako.

V prípade bohunickej elektrárne V2 a Mochoviec by mala zamedzovať úniku rádioaktívnych látok hermetická zóna spolu s tzv. barbotážnym systémom, ale ten slúži iba na znižovanie tlaku a teploty. Elektrárňu V1 v Jaslovských Bohuniciach však nemá ani len barbotážne veže, navyše jej hermetická sféra je oveľa slabšia ako pri V2 alebo Mochovciach. Deštrukcia jadrového reaktora znamená dlhodobú kontamináciu rozsiahleho územia rádioaktívnymi látkami a zničené zdravie mnohých generácií. To je neporovnateľne horšie ako bezprostredné dôsledky „klasického“ výbuchu. [26]

Po 11. septembri 2001 všetky štáty, na území ktorých sú vystavané jadrové elektrárne, prijali opatrenia na ich zvýšenie bezpečnosti pred útokom vo vzduchu. Väčšinou z pochopiteľných príčin nie sú zverejňované. Na mieste je však výzva, aby štátne orgány občanov otvorene a zodpovedne informovali o možných dôsledkoch takéhoto teroristického útoku, a zároveň, aby urýchlene boli prijímané všetky dostupné opatrenia na ich ochranu. Na druhej strane, stopercentnú ochranu pred týmto šílenstvom nemožno naprojektovať, ani žiadnymi opatreniami takejto tragédie dokonale zabrániť.

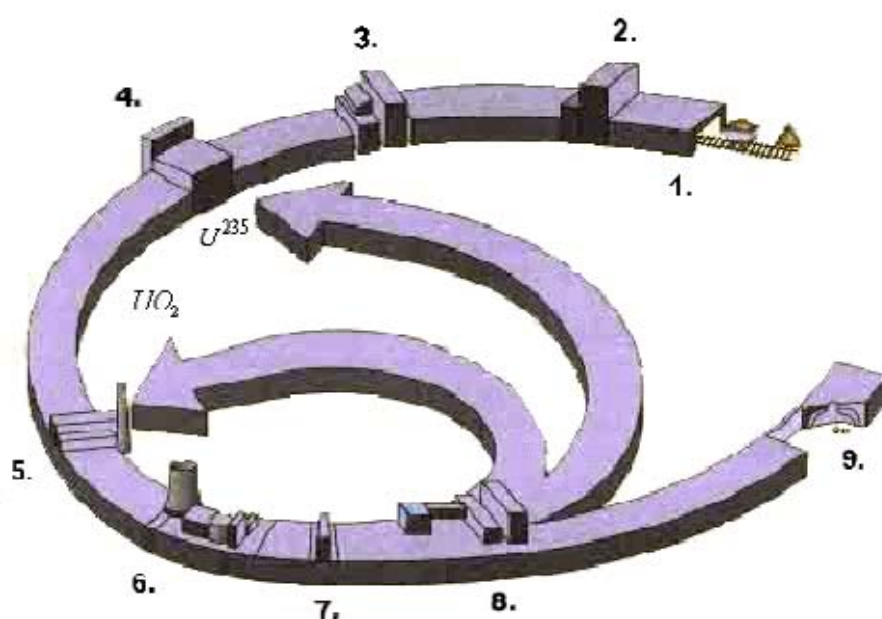
Po geopolitických zmenách v strednej a východnej Európe po roku 1989 a najmä po rozpade Sovietskeho zväzu, vzrástlo nebezpečenstvo neoprávneného získania a pašovania rádioaktívnych látok. Svedčia o tom odhalené prípady z rôznych častí sveta, ktoré sa sporadicky objavujú v oznamovacích prostriedkoch. Ťažko kontrolovateľný voľnejší pohyb osôb rozšíril možnosti pašovania najmä uránu, plutónia, jadrového paliva a rádioaktívneho odpadu. V súčasnosti nie je hlavným problémom prísne kontrolované plutónium z bômb, ale skôr odcudzený materiál pochádzajúci z civilných elektrární. Uránové palivo sa totiž v reaktoroch rozpadá na množstvo vedľajších rádioaktívnych produktov. Jedným z nich je aj plutónium, ktoré vzniká pri horení jadrového paliva, a ktoré kontaminuje vsádzku paliva. V továrni na spracovanie oxidov uránu (spracovanie a úprava rádioaktívneho odpadu) sa nežiaduce plutónium extrahuje z použitého paliva, ktoré sa takto vracia zasa späť do reaktorov.

Odhaduje sa, že na svete je viac ako 250 ton plutónia z jadrových zbraní, ale viac ako 1 000 ton z reaktorov jadrových elektrární. [29] Plutónium odcudzené z týchto zdrojov môže byť spätne použité na výrobu jadrových zbraní, alebo inak zneužitie teroristami.

Okrem plutónia v budúcnosti existuje možnosť odcudzenia a zneužitia menej známych rádionuklidov pre teroristické účely. Úsilie o miniaturizáciu štiepných jadrových náplní viedlo k hľadaniu štiepných výbušnín tvoriacich nízke kritické množstvo. Vysoký multiplikačný koeficient a značný účinný prierez štiepných jadrových reakcií k pomalým neutrónom vykazuje celý rad transplutóniových aktinoidov, napr. izotopy kalifornia ($^{249}_{98}\text{Cf}$), berkélia a amerícia. Vysoká aktivita, vrátane rýchleho samovoľného štiepenia, však zatiaľ nedovoľuje väčšinu z týchto nuklidov použiť ako štiepnu výbušninu v jadrovej munícii. Najvyššia pozornosť sa v súčasnej dobe venuje izotopu kalifornia s hmotnostným číslom 249. Kalifornium je veľmi prchavý, ťažký, striebrolesklý kov. Je veľmi reaktívny, s prevažujúcim pozitívnym trojmomentom. Špeciálne vlastnosti kalifornia $^{249}_{98}\text{Cf}$ sú uvedené v tabuľke 1.24.

Tabuľka 1.24: Špeciálne vlastnosti kalifornia $^{249}_{98}\text{Cf}$

Špeciálne vlastnosti		
Aktivita		
Alfa rozpad:	polčas	351 rokov
	stredná energia žiarenia	6 MeV
Samovoľné štiepenie, polčas		10^4 rokov
Štiepna reakcia		
Kritické množstvo pri 100 % čistote: vo voľnom priestore		5,3 g
s použitím silného, napr. berýliového reflektora		1,6 g



Obrázok 1.34: Palivový cyklus jadrového paliva

Vysvetlivky: 1. ťažba uránovej rudy, 2. úprava rudy, 3. spracovanie rudy, 4. rafinácia, konverzia a obohacovanie uránu, 5. výroba paliva, 6. jadrové elektrárne, 7. medzisklad vyhoreného paliva, 8. prepracovanie, 9. konečné uloženie.

Kalifornium 249 je zatiaľ jediným nuklidom, ktorý možno použiť ako jadrovú výbušninu s nízkym kritickým množstvom. Z tejto skupiny nuklidov má najnižšiu aktivitu samovoľného štiepenia. I táto aktivita je však dosť vysoká a umožňuje využiť kalifornium 249 iba v špeciálne konštruovaných implozívnych jadrových náplniach. V súčasnosti sa využíva pri konštrukcii jadrovej munície veľmi malých mohutností (neutrónové bomby), udávaných v tonách TNT.

Sklady vyhoreného paliva

Väčšinou sa nachádzajú v objekte jadrovej elektrárne (bazény a medzisklady vyhoreného paliva), čo ich robí menej prístupnými. No tie, ktoré sa nachádzajú mimo objektov jadrových elektrární, sa stávajú potenciálne lákavým cieľom pre teroristov. Ich stupeň ochrany už nie je

na takej úrovni ako v objekte jadrovej elektrárne. Vycvičené teroristické komando by mohlo rýchlym útokom obsadiť toto zariadenie aj bez prípadného vyvolania poplachu. Potom by pre nich nastalo niečo podobné, ako pre nás nakupovanie v supermarkete. Dostali by sa k zdroju materiálu na konštrukciu rádiologických zbraní. Na tieto objekty by mal byť kladený rovnako vážny dôraz čo sa týka bezpečnosti ako na jadrové elektrárne.

Zariadenia na úpravu rádioaktívnych materiálov

Tieto zariadenia sú súčasťou palivového cyklu pri výrobe jadrového paliva a spracovaní vyhoreného jadrového paliva (obrázok 1.34). V týchto zariadeniach prebieha obohacovanie uránu pre ďalšie použitie, a tak ponúkajú možnosť získať materiál vhodný na konštrukciu jadrovej zbrane. Bezpečnosť takejto prevádzky je napadnuteľná a v hodinách mimo pracovnú dobu zamestnancov ponúka možnosť ovládnutia objektu bez vzniknutia poplachu. Sú potenciálnym zdrojom rádioaktívneho materiálu pre teroristické skupiny.

V krízových situáciách a v priebehu ozbrojeného konfliktu je možné očakávať, že jadovo-energetické zariadenia sa stanú pre svoj význam vyhľadávaným cieľom útokov teroristov. Vlastnosti jadrového paliva sú základom ničivých účinkov na osoby, niektoré materiály a životné prostredie. Tieto účinky a dôsledky môžu zásadným spôsobom ovplyvniť akceleráciu zásahových jednotiek, využiteľnosť rozsiahlych teritórií na vedenie mierového života, a pre malé štáty by tieto dôsledky ohrozovali samotnú ich existenciu.

1.7 ARZENÁLY JADROVÝCH ZBRANÍ

1.7.1 POČETNÝ NÁRAST JADROVÝCH ZBRANÍ PO DRUHEJ SVETOVEJ VOJNE

Vývoj nukleárných zbraní bol po druhej svetovej vojne explozívny (tabuľka 1.25) [30], ale spočiatku sa týkal len piatich štátov – USA, Sovietskeho zväzu, Veľkej Británie, Francúzska a od roku 1964 Číny. To sú aj štáty, ktoré sú uznané ako nukleárne veľmoci a majú špeciálne medzinárodno-právne privilégia v zmysle Zmluvy o nerozširovaní nukleárných zbraní (NPT čiže Non-Proliferation Treaty) prijatej v roku 1970, a ktoré svoje technologické kapacity a arzenály nadobudli ešte pred prijatím zmluvy.

Štát (alebo teroristická skupina), ktorý chce skonštruovať nukleárne zbrane, musí mať k dispozícii množstvo podkladov a nezvyčajne komplikovaných a drahých zariadení. Všeobecnejšie ich možno charakterizovať takto:

1. ložiská uránovej rudy;
2. uránové bane;
3. zariadenie na spracovanie uránovej rudy (ktorá zvyčajne obsahuje menej ako jedno percento uránu) a jeho premenu na koncentrát oxidu uránu;
4. konverzné zariadenie, kde sa tento koncentrát čistí a mení na hexafluorid alebo tetrachlorid uránu, ktorý sa ďalej spracováva v zariadeniach na obohacovanie uránu;
5. zariadenie na obohacovanie, v ktorom sa obohacuje hexafluorid alebo tetrachlorid uránu na vyšší obsah izotopu uránu 235 (predovšetkým ide o centrifúgy);
6. zariadenie, ktoré je schopné zmeniť hexafluorid (ktorý je v plynnej forme) alebo tetrachlorid uránu opäť na pevný oxid uránu, alebo na kovový urán. [86]

Inou alternatívou štiepneho materiálu je **plutónium**, ktoré vzniká v jadrových reaktoroch. Môže ísť o špecializované reaktory na výrobu štiepneho materiálu pre zbrane, ale napríklad India alebo Severná Kórea používajú na tieto účely ostentatívne tzv. mierové reaktory, ktoré zároveň slúžia na výrobu elektrickej energie. Keďže však vyhorené palivové články z reaktorov obsahujú aj množstvo iných izotopov prvkov a prímiesí, je proces získavania štiepneho materiálu na bomby rovnako zložitý ako ten vyššie opísaný.

Tabuľka 1.25: Prehľad prvých jadrových pokusov [35]

Dátum jadrového pokusu, štát	Typ jadrového výbuchu, miesto uskutočnenia	Iné údaje
16. júla 1945, USA	Prvý pokusný výbuch štiepnej nálože, Jornada del Muerto, Alamogordo, Nové Mexiko	plutóniová jadrová nálož, celková hmotnosť 2 t (Trinity)
29. augusta 1949, ZSSR	Prvý sovietsky výbuch štiepnej nálože (Prvý blesk), Semipalatinsk (2 940 km juhovýchodne od Moskvy)	plutóniová nálož, RDS-1 (Joe-1, Glazastaja), 22 kt
máj 1951, USA	Prvé výbuchy termonukleárnych zariadení George a Item (operácia Greenhouse), atol Eniwetok	prvá fúzna reakcia nekomplexného zariadenia
3. októbra 1952, Veľká Británia	Prvý výbuch štiepnej nálože na ostrove Monte Bello, asi 100 km západne od pobrežia Austrálie	bol testovaný vplyv radiácie na potraviny
1. novembra 1952, USA	Výbuch prvého amerického termonukleárneho komplexného zariadenia Mike (operácia Ivy), ostrov Elugelab na atole Eniwetok	10,4 Mt, hmotnosť 82 t, nebolo transportovateľné
12. augusta 1953, ZSSR	Výbuch prvej sovietskej vodíkovej (fúznej) bomby RDS-6	Joe-4, transportovateľná, 400 kt
1. marca 1954, USA	Výbuch prvej americkej trojfázovej bomby Bravo (operácia Castle na ostrove Nam, atol Bikini)	15 – 17 Mt
23. novembra 1955, ZSSR	Výbuch prvej sovietskej trojfázovej bomby RDS-37, Semipalatinsk (24. sov. Skúška)	1,6 Mt, odpálená vo výške asi 5 km
15. mája 1957, Veľká Británia	Výbuch prvej termonukleárnej bomby (Grapple 1/Short Granite) Veľkej Británie	200 – 300 kt
13. februára 1960, Francúzsko	Výbuch prvej francúzskej štiepnej nálože Gerboise Bleue, oáza Reganne v Alžírsku	plutóniová, 60 – 70 kt
16. októbra 1964, Čína	Výbuch prvej čínskej štiepnej jadrovej nálože 596, Lop Nur (púšť Taklaman v provincii Šin-Tiang)	uránová jadrová nálož, 20 kt
14. februára 1967, Čína	Výbuch prvej čínskej termonukleárnej bomby, skúška č. 6	vypustená z lietadla vo výške 2 960 m, 3,3 Mt
24. augusta 1968, Francúzsko	Prvý pokusný výbuch termonukleárnej bomby Canopus na atole Fangataufa	2,6 Mt
18. mája 1974, India	Výbuch prvej indickej štiepnej nálože, púšť Rádžasthán, India.	podzemný JV, 10 – 14 kt, (v skutočnosti asi 8 kt)
28. mája 1998, Pakistan	Prvý pakistanský výbuch štiepnej nálože, pohorie Koh Kambaran.	podzemný

Americká družica Vela 6911 dňa 22. septembra 1979 zaregistrovala v Indickom oceáne (pri ostrove Princa Edwarda) záblesk, ktorý bolo možné interpretovať ako atmosférický jadrový výbuch malej mohutnosti (asi 3 kt). Podľa niektorých prameňov išlo o spoločný izraelsko-juhoafrický jadrový test. Túto informáciu sa ale dodnes nepodarilo jednoznačne potvrdiť ani vyvrátiť. [36]

Je potrebné dodať, že vlastniť dostatočné množstvo štiepneho materiálu ešte neznamená automaticky mať skonštruovanú bombu – to je zložitejšie a nákladnejšie. Nie menej podstatné sú aj potrebné znalosti ľudí, ktorí na projekte zbrane a na jej výrobe pracujú.

Funkčné jadrové zbrane dnes oficiálne vlastní tieto krajiny, ktoré aj uskutočnili jadrové skúšky: USA, Rusko, Veľká Británia, Francúzsko, Čína, India a Pakistan. V podstate k nim môžeme priradiť aj Izrael (podľa niektorých zdrojov uskutočnil údajne jadrovú skúšku už v roku 1967), ktorý ale oficiálne vlastníctvo jadrových zbraní nikdy nepriznal.

Jadrové technológie, ako napríklad reaktory na výrobu elektrickej energie, výskumné pracoviská a podobne, sa rozšírili po celom svete – a s nimi aj možnosť konštrukcie nukleárných zbraní. Mnohé krajiny takýto výskum v minulosti realizovali, ale za kontrolovaných podmienok sa ho vzdali. Niektoré dokonca zničili už existujúce nukleárne zbrane. Príkladom je Juhoafrická republika, ktorá po politickej zmene a skončení apartheidu zlikvidovala niekoľko funkčných nukleárných zbraní, ktoré stihla skonštruovať. Medzi štátmi, ktoré potenciálne mali takýto zbraňový program a vzdali sa ho, sú krajiny ako Švédsko, Švajčiarsko, Turecko a Egypt. Podobne sa rozhodla Argentína a Brazília. Zvláštny prípad predstavujú následnícke štáty Sovietskeho zväzu – Ukrajina, Bielorusko a Kazachstan. Na ich území bolo po rozpade Sovietskeho zväzu obrovské množstvo jadrovej výzbroje, vrátane hlavíc na strategických medzikontinentálnych raketách v odpaľovacích silách, jadrových podzemných mín a tisícok taktických náloží na raketách kratšieho doletu, ako aj v delostreleckej munícii. Ukrajina mala spočiatku veľké ambície stať sa jadrovou mocnosťou, ale jej vláda nikdy nezískala tajné operačné kódy k raketovým a jadrovým zbraniam. Po rozpade ZSSR všetky jadrové zbrane z neských postsovietskych republík postupne demontovali a vrátili do Ruska.

Henry Kissinger uvádza tri možné dôvody, prečo sa krajina snaží nadobudnúť nukleárne zbrane. Citované veľmi približne – buď je súčasťou stretu blokov, čo je prípad USA a Ruska (hoci tam vývoj začal v inom historickom kontexte), alebo má ambíciu stať sa regionálnym hegemonom, či chce inej, potenciálnej silnejšej krajine v tom zabrániť, čo je prípad Indie, Pakistanu, Iraku, Iránu, Číny či Severnej Kórey. Tretia možnosť je, že nukleárne zbrane sú poslednou zárukou prežitia v prostredí inak omnoho silnejších, väčších a nepriateľských krajín – to je prípad Izraela. V prípade medzinárodných teroristických skupín ako al-Kajda môže ísť o iný motív – zbrane naozaj použiť na ničenie. Tu je potrebné spomenúť, že počas celej studenej vojny neslúžili americké (britské a francúzske) nukleárne zbrane na odstrašenie sovietskeho nukleárneho útoku, ale na odstrašenie sovietskej snahy využiť v Európe svoju konvenčnú vojenskú prevahu na rozšírenie svojho impéria na Západ.

Medzi krajiny, ktoré majú potrebnú technologickú základňu, ale neželajú si vyvíjať nukleárne zbrane, patrí: Austrália, Rakúsko, Belgicko, Česká republika, Dánsko, Fínsko, Holandsko, Kanada, Nemecko, Maďarsko, Taliansko, Japonsko, Nórsko, Slovensko, Južná Kórea, Švédsko, Španielsko a Švajčiarsko.

Krajiny, ktoré sa výskumu alebo už existujúcich nukleárných zbraní vzdali: Argentína, Brazília, Juhoafrická republika, Ukrajina, Kazachstan a Bielorusko. [28]

Jadrové ambície Iraku eliminovala rozhodná akcia izraelských vzdušných síl, ktoré dňa 7. júla 1981 zničili iracký jadrový reaktor Osirak neďaleko Bagdadu. Operácia Iraqi Freedom v roku 2003 potom znamenala definitívny koniec snáh režimu Saddáma Husseina o získanie jadrových zbraní.

Pod vplyvom rozhodného postupu USA v Afganistane a v Iraku sa svojho programu vývoja a výroby zbraní hromadného ničenia vrátila aj Líbya.

Irán, ktorý je signatárom Non-Proliferation Treaty, sa zrejme naďalej usiluje skonštruovať jadrové zbrane a raketové nosiče. Opiera sa pri tom o spoluprácu s Pakistanom a KĽDR a je pravdepodobné, že využíva aj technológie získané z Číny a Ruska.

Najväčšiu súčasnú hrozbu predstavujú jadrové ambície totalitného režimu v Severnej Kórei, ktorý dokonca v oficiálnom vyhlásení svojho ministerstva zahraničných vecí uviedol, že jadrové zbrane už vlastní. [37]

1.7.2 SÚČASNÉ ARZENÁLY JADROVÝCH ZBRANÍ VO SVETE

Podrobné a presné údaje o početnom stave jadrových zbraní súčasných jadrových mocností patria k prísne utajovaným skutočnostiam. Oficiálne sa zverejňujú len niektoré údaje. Zdrojom verejne prístupných informácií o jadrových zbraniach sú preto najmä analýzy rôznych mimovládnych organizácií, ktoré sa vo svojich záveroch často líšia. Uvádzané údaje preto treba považovať len za orientačné. Najviac verejne dostupných informácií je o jadrovej výzbroji USA, aj keď nie všetky tieto informácie možno považovať za úplne presné a správne. Pokiaľ ide o ostatné jadrové mocnosti, verejne dostupné informácie o ich jadrových zbraniach a nosičoch sú v niektorých prípadoch len odhady alebo špekulácie.

Spojené štáty americké [38, 39, 40]

Americké strategické jadrové sily pozostávajú z troch hlavných komponentov: medzikontinentálnych balistických riadených striel v podzemných vypúšťacích silách, strategických balistických striel na ponorkách a strategických bombardovacích a raketonosných lietadiel. Odhaduje sa, že USA majú vyše 5 300 operačných jadrových hlavíc (4 530 strategických a 780 taktických). Ďalších približne 5 000 hlavíc je uložených v rezerve alebo deaktivovaných. Prezident Bush v roku 2001 oznámil, že do roku 2012 sa počet operačných hlavíc zníži na 1 700 až 2 200 kusov (to je zakotvené aj v tzv. Moskovskej zmluve). Celkový počet hlavíc (vrátane rezervných) by mal v roku 2012 predstavovať približne 6 000 kusov.

USA by do 1. októbra 2005 mali vyradiť z výzbroje posledných 10 strategických riadených striel LGM-118A Peacekeeper/MX (každá s desiatimi hlavícami W87 kategórie MIRV), ktoré sú umiestnené v podzemných vypúšťacích silách na základni F. E. Warren Air Force Base (štát Wyoming). Pre spolu 50 pôvodne operačne nasadených RS LGM-118A bolo k dispozícii spolu 550 hlavíc W87. Časť z nich nahradí hlavice W62 v riadených strelách Minuteman III, časť sa využije pre ponorkové riadené strely Trident II D5 a časť sa uloží do rezervy.

Až do roku 2020 by malo zostať vo výzbroji 500 ks medzikontinentálnych balistických riadených striel LGM-30G Minuteman III, ktoré sú uložené v podzemných vypúšťacích silách na základniach F.E. Warren AFB, Malmstrom AFB (štát Montana) a Minot AFB (štát North Dakota). Riadené strely LGM-30G sú vyzbrojené buď staršími jadrovými hlavícami W62 (jednou alebo tromi MIRV) v návratových puzdrách Mk-12, alebo novšími hlavícami W78 v puzdrách Mk-12A. Náročný a drahý modernizačný program má zlepšiť presnosť navádzacieho systému, zvýšiť spoľahlivosť a predĺžiť životnosť striel.

Medzikontinentálne balistické riadené strely v podzemných silách podliehajú Kozmickému veliteľstvu vzdušných síl USA.

Námornú časť strategickú jadrovú triádu USA predstavujú strategické balistické riadené strely na jadrových ponorkách, ktoré podliehajú veliteľstvu amerických námorných síl. US Navy má 14 ponoriek triedy Ohio na jadrový pohon, z ktorých každá môže niesť až 24 strategických balistických riadených striel. Dve z nich sú ešte vyzbrojené staršími RS UGM-96A Trident I C4 (každá so šiestimi MIRV hlavícami W76), dvanásť má novšie RS UGM-133A Trident II D5 (buď so šiestimi MIRV hlavícami W76 v puzdrách Mk-4 alebo so šiestimi hlavícami W88 v puzdrách Mk-5). RS Trident I by sa mali do dvoch rokov vyradiť z výzbroje. Navádzacie systémy RS sa postupne budú modernizovať, aby sa zvýšila ich presnosť.

Tretia časť strategickú triádu pozostáva zo strategických bombardérov US Air Force. Bombardéry B-2 Spirit Block 30 (AFB Whiteman, Montana) môžu niesť jadrové bomby B61-

7/11 a B83-1, bombardéry B-52H Stratofortress (Barksdale AFB, Louisiana a Minot AFB, North Dakota) buď bomby alebo riadené strely s plochou dráhou letu (RSLP) ALCM AGM-86B (s hlavicou W80-1) a ACM AGM-129 (s hlavicou W80-1). RSLP by mali zostať vo výzbroji minimálne do roku 2030 – samozrejme za predpokladu priebežnej modernizácie. (Tabuľka 1.26).

USA pravdepodobne majú v operačnej službe približne 780 taktických jadrových zbraní – z toho 580 neriadených leteckých bômb B61-3/4/10 a 200 námorných striel s plochou dráhou letu UGM-109A Tomahawk (TLAM/N) s hlavicami W80-0. Väčšina operačných bômb B61 (asi 480 ks) je pravdepodobne rozmiestnených na ôsmich základniach v šiestich európskych štátoch: Belgicku (Kleine Brogel), Nemecku (Büchel a Ramstein), Taliansku (Aviano, Ghedi Torre), Holandsku (Volkel), Turecku (Incirlik) a Veľkej Británii (Lakenheath). Ďalších 100 bômb by mali mať pridelené dve stíhacie krídla v USA – 4th FW s lietadlami F-15E na základni Seymour Johnson (North Carolina) a 27th FW s lietadlami F-16 na základni Cannon (New Mexico). Bombami uloženými v Európe by v prípade potreby boli vyzbrojené nielen americké taktické lietadlá, ale aj špeciálne upravené stroje belgických, holandských, tureckých, nemeckých a talianskych vzdušných síl.

Riadené strely UGM-109A Tomahawk nie sú umiestnené na plavidlách (ponorkách triedy Los Angeles a Virginia), ale uložené v skladoch na pobreží (Kings Bay, Georgia). K dispozícii pre ne by malo byť 304 hlavic W80-0.

Vývoj, výroba, údržba, demontáž a skladovanie jadrových náloží jadrovej munície nepodlieha v USA ministerstvu obrany, ale ministerstvu energetiky (Department of Energy). Tzv. obranný jadrový komplex, ktorý vyvíja a vyrába jadrovú muníciu, pozostáva z nasledujúcich hlavných zariadení a inštitúcií:

- **Pantex Plant (Texas)** – montáž a demontáž kompletnej jadrovej munície, výroba komponentov jadrových zbraní z konvenčných výbušnín;
- **Los Alamos National Laboratory (New Mexico)** – výroba primárnych komponentov jadrovej munície zo štípného materiálu (plutónia), výroba vysokopresných súčiastok, jadrový výskum a vývoj;
- **Y-12 Plant Oak Ridge (Tennessee)** – produkcia sekundárnych komponentov a plášťov jadrovej munície zo štípných materiálov (urán, lítium);
- **Kansas City Plant (Missouri) a Sandia National Laboratories (New Mexico)** – vývoj a výroba nejadrových komponentov jadrovej munície;
- **Savannah River Site (South Carolina)** – spracovanie a recyklácia trícia a deutéria, výroba komponentov jadrovej munície s krátkou životnosťou;
- **Lawrence Livermore National Laboratory (California)** – výskum a vývoj v oblasti jadrových zbraní;
- **Nevada Test Site (Nevada)** – skúšobné a experimentálne centrum na skúšky jadrových zbraní.

Nekontrolované šírenie zbraní hromadného ničenia a raketových technológií viedlo USA k rozhodnutiu vybudovať integrovaný viacúrovňový systém obrany proti balistickým riadeným strelám, ktorý by mal postupne umožniť ničieť balistické RS vo všetkých fázach ich letu. Systém bude pozostávať z rôznych senzorov a prostriedkov ničenia balistických RS, ktoré budú navzájom integrované sieťou velenia, riadenia, bojového manažmentu a komunikácie. Prostriedky ničenia budú spočiatku zahŕňať antirakety umiestnené v podzemných silách na základniach Fort Greely (Alaska) a Vandenberg (California), protiraketové riadené strely SM-3 na krížnikoch a torpédoborcoch vybavených modernizovaným rádiolokačným systémom Aegis a protiletadlový/protiraketový systém Patriot s riadenými strelami PAC-3. V neskoršom časovom horizonte k nim pribudne protiraketový laserový systém na palube upravených lietadiel Boeing 747 a protiraketový systém THAAD (Terminal High Altitude Area Defense). V roku 2005 by malo byť v operačnej pohotovosti spolu 18 protiraketových riadených striel

v podzemných silách (16 vo Fort Greely a 2 na základni Vandenberg) a osem riadených striel SM-3 na dvoch krížnikoch triedy Ticonderoga.

Rusko [41, 42, 43, 44, 45]

Podobne ako americké, aj ruské strategické jadrové sily majú pozemnú, vzdušnú a námornú zložku. Raketové vojská strategického určenia sú priamo podriadené generálnemu štábu. Skladajú sa z troch raketových armád – 27. gardovej (Vladimir), 31. (Orenburg) a 33. gardovej (Omsk) – ktoré majú spolu 15 raketových divízií (ich počet sa má postupne znížiť na 10 – 12).

Medzikontinentálne balistické riadené strely R-36MUTTCh a R-36M2 Vojvoda (SS-18 Satan) sú rozmiestnené v podzemných vypúšťacích silách na základni Dombarovskij (Orenburská oblasť), Kartali (Čeljabinská oblasť) a Užur (Krasnojarský kraj). Divízia v Kartali sa má v tomto roku zrušiť. Dve divízie s riadenými strelami UR-100NUTTCh (SS-19) sú umiestnené v Kozel'sku (Kaluzská oblasť) a v Tatiščeve (Saratovská oblasť). V Tatiščeve je umiestnená aj prvá divízia s riadenými strelami RT-2UTTCh (RT-2PM2) Topol'-M (SS-27). Deväť divízií s mobilnými riadenými strelami RT-2PM Topol' (SS-25 Sickle) je na týchto základniach: Tejkovo (Ivanovská oblasť), Joškar-Ola, Jurja (Kirovská oblasť), Nižnij Tagil (Jekaterinburská oblasť), Novosibirsk, Kansk (Krasnojarský kraj), Irkutsk, Barnaul (Altajský kraj) a Vypolzovo (Tverská oblasť). Divízia v Kostrome s 15 mobilnými riadenými strelami RT-23 UTTCh (SS-24 Scalpel) má byť v tomto roku zrušená. Skúšky mobilnej verzie RS Topol'-M sa skončili v roku 2004 a systém by sa mal začať rozmiestňovať od roku 2006.

Strategické bombardéry a raketonosiče sú sústredené v 37. vzdušnej armáde, ktorej podliehajú dve divízie s ťažkými bombardérmi Tu-160 (Blackjack) a Tu-95MS (Bear H), ako aj štyri divízie s lietadlami Tu-22M3 (Backfire C). Na základni Engels (Saratovská oblasť) je dislokovaná 22. ťažká bombardovacia divízia, ktorá má vo výzbroji 14 strojov Tu-160 a 22 lietadiel Tu-95MS. Na základni Ukrainka (Chabarovský kraj) je umiestnená 73. ťažká bombardovacia divízia so 42 bombardérmi Tu-95MS. Strategické lietadlá môžu byť vyzbrojené neriadenými jadrovými bombami alebo riadenými strelami s plochou dráhou letu. Okrem uvedených typov RS Ch-55M/SM a Ch-15P sa vyvíja nový typ, označený pravdepodobne Ch-102.

Námorné sily majú v súčasnosti vo výzbroji tri typy jadrových ponoriek so strategickými balistickými riadenými strelami. Každá zo šiestich ponoriek projektu 667BDR (Delta III) nesie 16 riadených striel R-29R Volna (RSM-50, SS-N-18 Stingray) s troma hlavicami MIRV. Tieto ponorky sa v nasledujúcich rokoch budú vyradovať z výzbroje. Ponorky projektu 667BDRM, ktorých je tiež šesť, sú vyzbrojené 16 riadenými strelami R-29RM Štil' (RSM-54, SS-N-23 Skiff) so štyrmi hlavicami MIRV. V roku 2004 sa skončili skúšky modernizovanej varianty tejto strely. V aktívnej službe zostala jediná ponorka projektu 941 Akula (Typhoon), ktorá slúži na skúšky nových riadených striel Bulava (3M14, SS-NX-30), ktoré pravdepodobne využívajú konštrukčné prvky RS Topol'-M. Strelami Bulava by mali byť vyzbrojené aj nové ponorky projektu 955 Borej (prvé dve sú vo výstavbe). (Tabuľka 1.27)

Rusko má vybudovaný funkčný systém protiraketovej obrany A-135 (ABM-3/4) na ochranu Moskvy, aj keď jeho efektívnosť je otázna. Súčasťou systému je 32 riadených striel veľkého dosahu 51T6 (Gorgon), každá s jadrovou hlaviceou s mohutnosťou 1 Mt a 68 riadených striel krátkého dosahu 53T6 (Gazelle) s 10 kt hlaviceou. Jadrové hlavice striel 51T6 boli údajne nahradené konvenčnými hlavicami.

Veľká Británia [46, 47]

Britský jadrový arzenál v súčasnosti pozostáva výlučne z balistických riadených striel na ponorkách s jadrovým pohonom. Neriadené bomby WE177 pre lietadlá Tornado IDS boli zlikvidované ešte v roku 1998. Vo výzbroji Royal Navy sú štyri ponorky s jadrovým poho-

nom triedy Vanguard, z ktorých každá môže niesť 16 balistických riadených striel UGM-133A Trident II D5. Strely môžu mať teoreticky až 12 hlavíc, ale v praxi nesú len tri hlavice MIRV W76 v puzdrách (re-entry vehicle) Mk-4. Na tzv. substrategické účely môžu byť vybavené jednou hlavicom, čo umožní zvýšiť dolet strely. Každá ponorka môže niesť kombináciu riadených striel s viacnásobnými hlavcami a s jednou hlavicom. Spolu by Veľká Británia mala mať menej než 200 operačných jadrových hlavíc. (Tabuľka 1.28).

Francúzsko [48, 49, 50, 51]

Francúzske jadrové sily sa skladajú zo vzdušnej a námornej zložky. Francúzsko už zlikvidovalo nielen balistické riadené strely S3D v podzemných silách na Plateau d'Albion, ale aj celý príslušný pozemný komplex. Zrušené boli aj pacifické skúšobné strediská na atoloch Mururoa a Fangataufa a jadrové strediská Marcoule (produkcia plutónia) a Pierrelatte (obohacovanie uránu). Výskum, vývoj, konštrukcia a výroba jadrových zbraní prebieha v strediskách Centre d'Etudes de Limeil-Valenton (Villeneuve-Sain-Georges), Centre d'Etudes de Valduc (Is-sur-Tille), Centre d'Etudes du Ripault (Mont-sur-Guesnes v Indre-et-Loire), Centre d'Etudes Scientifiques et Techniques d'Aquitaine – CESTA (Le Barp v Gironde), Centre d'Etudes de Bruyeres-le-Chatel – CEB (Essone) a Centre d'Etudes de Vaujourn-Moronvilliers (Vaujours v Seine-Saint-Denis).

Francúzske vzdušné sily majú tri letky (dve v Luxeuil – St. Sauveur a jednu v Istres – Le Tubé) spolu so 60 lietadlami Mirage 2000N, ktoré sú vyzbrojené riadenými strelami ASMP (Air-Sol Moyenne Portee) s jadrovými hlavcami TN81. Letky sú podriadené strategickému veliteľstvu vzdušných síl. Lietadlá Mirage 2000N budú postupne nahradzovať nové stroje Rafale D.

Letecká zložka námorných síl má vo výzbroji 24 lietadiel Super Étendard, ktoré tiež nesú riadené strely ASMP. Tieto stroje sú pridelené na lietadlovú loď R 91 Charles de Gaulle a postupne ich tiež nahradia námorné verzie lietadiel Rafale M. Vyvíja sa nová verzia strely ASMP s väčším doletom (500 km) označovaná ASMP Plus alebo ASMP-A (Amélioré), ktorá by mala byť k dispozícii v roku 2007.

Námorníctvo má štyri jadrové ponorky vyzbrojené balistickými riadenými strelami s jadrovými hlavcami. Jedna staršia ponorka triedy L'Inflexible nesie 16 riadených striel M4 so šiestimi hlavcami MIRV TN71, tri nové ponorky triedy Le Triomphant sú vyzbrojené novšími RS M45 so šiestimi hlavcami TN75. Teoreticky by ponorky mali niesť 388 hlavíc, ale skutočnosť je zrejme približne o štvrtinu nižšia. Pre ponorky sa vyvíja nová riadená strela M51 s doletom 8 000 až 10 000 km, ktorú by mali zaradiť do výzbroje v roku 2008 spolu so štvrtou ponorkou triedy Le Triomphant, ktorá nahradí ponorku triedy L'Inflexible. Hlavnou ponorkovou základňou je Brest. (Tabuľka 1.29).

Čína [52, 53]

Podľa odhadov má Čínska ľudová republika približne 400 a možno až 450 operačne použiteľných jadrových zbraní – jadrových i termojadrových. Časť z nich predstavujú hlavice balistických riadených striel strategického i taktického určenia a časť bomby na palubách strategických a taktických lietadiel, ako aj delostrelecké strely veľkého kalibru.

Pozemné balistické riadené strely, ktoré sú uložené buď v podzemných silách, jaskyniach, alebo sú mobilné, sú sústredené v šiestich divíziách balistických striel. Divízie podliehajú 2. delostreleckému zboru čínskej armády. V operačnej službe sú nasadené balistické riadené strely DF-3A, DF-4, DF-5A (nahradili staršiu verziu DF-5 s menším doletom), DF-21A a pravdepodobne aj prvých osem kusov mobilných striel DF-31. Pokračuje vývoj verzie DF-31A s väčším doletom, kým vývoj RS DF-41 s predpokladaným doletom 11 000 km, ktorá mala niesť 3 – 6 hlavíc MRV alebo MIRV, bol pravdepodobne zastavený.

Čínske námorné sily majú vo výzbroji jediná ponorku s jadrovým pohonom Xia, ktorá nesie 12 balistických riadených striel Ju Lang 1 (CSS-N-3). Ponorka i strely sú už veľmi zastarané a pravdepodobne ani nie sú zaradené v operačnej službe. Čína začala stavbu novej ponorky projektu 094, ktorá by mala niesť 16 RS Ju Lang 2 s doletom odhadovaným na 8 000 km (strela je zrejme derivátom RS DF-31). Jej skúšky by sa mali začať v roku 2010.

Vzdušné sily sú vybavené asi 100 zastaranými bombardérmi Hong-6 (čínska verzia ruského stroja Tu-16), schopnými niesť neriadené jadrové bomby. Čína sa dosiaľ neúspešne pokúšala získať ruské bombardéry Tu-22M3. Jadrové úlohy by v budúcnosti mohli plniť nové viacúčelové stroje Su-30MKK/MK2 dodané z Ruska alebo v licencií montované v Číne. Je pravdepodobné (aj keď zatiaľ nie jednoznačne potvrdené), že Čína vyvíja riadenú strelu s plochou dráhou letu s jadrovou hlaviciou. (Tabuľka 1.31).

India [54, 55, 56, 57]

India uskutočnila prvý pokusný výbuch jadrového zariadenia 18. mája 1974. Ďalšie vykonala až po dlhej prestávke, 11. mája 1998 (tri, vrátane termojadrového, Šaktí I, II, III) a 13. mája 1998 (dva, Šaktí IV, V). Indický jadrový program, vrátane produkcie jadrovej výzbroje, je sústredený v štyroch hlavných centrách: Bhabha Atomic Research Centre – BARC (Bombaj), Centre for Advanced Technology (Indore), Indira Gandhi Centre for Atomic Research (Kalpakkam), Variable Energy Cyclotron (Kalkata) – a viacerých ďalších inštitúciách. V Kalpakkame pracuje rýchly množivý skúšobný reaktor s výkonom 40 MW a stavia sa obdobný, ale podstatne väčší reaktor s výkonom 500 MW, ako aj závod na spracovanie vyhořeného paliva. Dva reaktory produkujúce plutónium pracujú aj v BARC. Zariadenia na separáciu plutónia sú v Trombaji, Tarápure a Kalpakkame.

Indický arzenál jadrových zbraní sa v roku 2002 odhadoval na 30 až 35 kusov. V súčasnosti je nepochybné väčší. India sa usiluje vybudovať strategickú jadrovú triádu, vrátane oceánskych jadrových síl.

Indické ozbrojené sily majú vo výzbroji balistické riadené strely Pritví I a II s doletom 150 resp. 250 km, ktoré by mohli byť vybavené jadrovými hlaviciami. Začala sa údajne aj sériová výroba mobilných balistických riadených striel Agni I (SR) s doletom 700 až 900 km a Agni II s doletom 2 500/3 000 km, ktoré môžu niesť hlavicu s hmotnosťou 1 000 kg (v prípade jadrovej hlavice s mohutnosťou 15/20 kt alebo 200 kt). Vo vývoji je verzia Agni III s doletom 3 500 až 4 000 km.

Vzdušné sily pravdepodobne disponujú neriadenými jadrovými bombami. Ako nosiče prichádzajú do úvahy staršie lietadlá Jaguar a MiG-27, prípadne novšie stroje Mirage 2000H/D alebo Su-30MK/MKI. India vyvíja jadrovú ponorku (pod označením Advanced Technology Vessel – ATV), ale vyvinúť pre ňu vlastné balistické riadené strely sa dosiaľ nepodarilo. Medzitým sa India usiluje prenajať jednu alebo viacero jadrových ponoriek z Ruska.

Pakistan [58, 59]

Pakistan odpovedal na indické jadrové skúšky vlastnými pokusnými výbuchmi už 28. a 30. mája 1998. Počiatky pakistanského jadrového programu siahajú do prinajmenšom do roku 1965, keď v Parre pri Rávalpindí spustili prvý výskumný jadrový reaktor. V 80. rokoch minulého storočia už fungoval závod na obohacovanie uránu a v roku 1996 sa začal stavať reaktor určený na produkciu plutónia vhodného na výrobu jadrových zbraní. Informácie o technológiách potrebných na obohacovanie uránu získal pre Pakistan dr. Abdul Kádír Chán (Abdul Qadeer Khan), ktorý pracoval v zariadení na obohacovanie uránu (UCN) v Holandsku.

Pakistanský jadrový výskum a jadrový zbrojný program je sústredený v zariadeniach PAEC (Pakistan Atomic Energy Commission, KRL (A. D. Khan Research Laboratories) a Pinstech (Pakistan Institute of Scientific and Technical Research). Zariadenia na obohacovanie uránu sú v Kušabe a Golre. V Kušabe je aj reaktor produkujúci plutónium, ktoré sa se-

paruje v zariadeniach Pinstech pri Rávalpindí. Podľa odhadovanej kapacity týchto jadrových zariadení sa predpokladá, že Pakistan môže mať 40 až 60 jadrových náloží.

Ako nosiče jadrových bômb prichádzajú do úvahy lietadlá F-16 pakistanských vzdušných síl s taktickým doletom 1 600 km. Príslušne modifikované stroje sú pravdepodobne sústredené na základni Sargodha.

Pakistan má široko rozvinutý program vývoja a výroby balistických riadených striel, pri ktorom úzko spolupracuje so Severnou Kóreou a Čínou. Vo výzbroji sú zavedené balistické RS Hatf-1 a 2 s doletom 80 km a 300 km, z Číny dovezené RS M-9/DF-15 a M-11/DF-11 s doletom 600 a 300 km, Šahín-1 (Hatf-4) s doletom 750 km a nosnosťou 1 000 kg, Šahín-2 s doletom 2 500 km a rovnakou nosnosťou (pravdepodobne využíva technológiu čínskych RS DF-18), ako aj RS Gaurí-1 a 2 (Hatf-5 a 6) s doletom 1 500 a 2 300 km (v podstate ide o verzie severokórejských riadených striel No-dong). Verejne nie sú prístupné spoľahlivé informácie o počte operačne nasadených riadených striel.

KĽDR [37, 60, 61, 62, 63, 64, 65]

Ministerstvo zahraničných vecí Kórejskej ľudovodemokratickej republiky vydalo dňa 10. februára 2005 prostredníctvom agentúry KCNA vyhlásenie, v ktorom sa okrem iného hovorí, že KĽDR vyrobila jadrové zbrane, posilňuje svoj jadrový arzenál a prerušuje na neurčito šesťstranné rozhovory (USA, Rusko, Čína, Japonsko, Kórejská republika a KĽDR) o problematike severokórejského jadrového programu. Ak je tvrdenie vo vyhlásení pravdivé, KĽDR by sa stala ôsmim štátom, ktorý oficiálne vlastní jadrové zbrane (Izrael, o ktorom sa všeobecne predpokladá, že jadrovými zbraňami disponuje už niekoľko desiatok rokov, sa k ich vlastníctvu dosiaľ oficiálne neprihlásil).

Otázka, či Severná Kórea skutočne má jadrové zbrane, zostáva dosiaľ otvorená.

Jadrový program KĽDR sa začal už v päťdesiatych rokoch minulého storočia. V súčasnosti sa na území Severnej Kórey nachádza vyše 20 lokalít s jadrovými zariadeniami. Ďalšie sú možno ukryté pod zemou, pretože KĽDR má vybudovaných údajne až 15 000 podzemných vojenských a priemyselných zariadení. Zásoby uránovej rudy v KĽDR sa odhadujú na 26 miliónov ton. Zariadenia a inštitúcie spojené s jadrovým programom (či už vojenským alebo civilným) sú v Pchongjangu a v ďalších lokalitách, ako je napríklad Jongbjon, Hagap, Kangje, Kvnambong, Pakčon, Sunčon a Taečon.

Prvý výskumný jadrový reaktor IRT-2M postavili so sovietskou pomocou v lokalite Jongbjon (Njongbjon) v roku 1965. Reaktor neskôr modernizovali a KĽDR v roku 1977 uzavrela dohodu s MAAE, podľa ktorej umožnila vykonať jeho kontrolu. V roku 1979 sa v Jongbjone začala výstavba nového 5 MW (elektrický výkon, ako palivo používa prírodný urán) „výskumného“ reaktora, ktorý je zdrojom tepla a elektrickej energie pre mesto Jongbjon, ale všetko nasvedčuje tomu, že zároveň sa stal zdrojom plutónia použiteľného pre jadrové zbrane. Pri reaktore bolo vybudované aj skladisko vyhoreného jadrového paliva a tzv. rádiochemické laboratórium (v podstate zariadenie na spracovanie vyhoreného paliva). Reaktor dosiahol plný pracovný výkon v roku 1987 a s niekoľkými prestávkami pracoval až do roku 1994. Za tento čas došlo niekoľkokrát k vybratiu menšej časti uránových palivových kaziet (celkove ich je v reaktore asi 8 000), z ktorých sa mohlo získať plutónium vhodné pre jadrové zbrane (podľa odtajnených informácií amerických spravodajských služieb to mohlo byť 6 až 9 kg plutónia). Kórejská strana ale neumožnila overiť, koľko plutónia naozaj separovala.

V roku 1985 KĽDR pristúpila k dohode o nešírení jadrových zbraní (Non-Proliferation Treaty), ale podrobnú dohodu o jadrovej bezpečnosti presne definujúcu spôsob kontroly rozhodujúcich severokórejských jadrových zariadení podpísala s MAAE až začiatkom roku 1992. V správe predloženej MAAE sa hovorilo, že KĽDR má sedem jadrových zariadení a 90 gramov plutónia (získaného z vyhoreného jadrového paliva). V tom istom roku bola ustanovená Spoločná komisia Sever-Juh pre jadrovú kontrolu, ale pri jej rokovaníach sa nepodarilo

uzavrieť dohodu o dvojstrannom kontrolnom jadrovom režime. Inšpektori MAAE vykonali kontrolu v Jongbjone, ale kórejčania im nedovolili navštíviť všetky požadované zariadenia (najmä nie sklady jadrového odpadu, ktorých existenciu KLDR dlho popierala). Kontrola ukázala nezrovnalosti v údajoch o jadrovom materiáli, ktoré KLDR predložila. Dňom 12. júna 1993 Severná Kórea odstúpila od NPT a v roku 1994 MAAE prerušila inšpekcie, pretože Kórea znemožnila inšpektorom vstúpiť do požadovaných zariadení a odobrať kontrolné vzorky. Na základe tejto skutočnosti, ako aj na základe informácií, že v Jongbjone sa rozširuje zariadenie na spracovanie vyhoreného paliva, USA pripravili plán vzdušného útoku na zariadenia v Jongbjone.

Takto jasne prejavená vôľa USA použiť vojenskú silu prinútila KLDR povoliť inšpekcie MAAE v dosiaľ neprístupných zariadeniach, vrátane závodu na výrobu palivových kaziet a skladiska vyhoreného paliva. Naďalej ale znemožňovala kontrolu a potrebné merania v zariadení na spracovanie vyhoreného paliva.

V októbri 1994, po viacerých dvojstranných rokovaniach, USA a KLDR podpísali v Ženeve tzv. rámcovú dohodu (Framed Agreement), podľa ktorej mala KLDR zmraziť a napokon zrušiť svoj vojenský jadrový program, zlikvidovať reaktory produkujúce plutónium (5 MW a 50 MW v Jongbjone a 200 MW v Taečone), ako aj zlikvidovať zariadenie na spracovanie vyhoreného paliva. Namiesto toho mala dostať dva 1 000 MW ľahkovodné reaktory, ktoré produkujú oveľa menej plutónia a ktoré by pokrývali jej energetické potreby. V roku 1994 KLDR odstavila 5MW reaktor a začala proces vyberania vyhoreného paliva. Vyhorené palivo bolo s technickou asistenciou USA a pod dohľadom inšpektorov MAAE uložené na deklarovanom mieste. Podľa odhadov mohlo 8 000 palivových kaziet obsahovať 17 až 40 kg plutónia vhodného na výrobu jadrových zbraní. Severná Kórea v podstate dodržiavala ustanovenia rámcovej dohody až do roku 2002, keď odstránila technické kontrolné zariadenia MAAE a znemožnila ďalšie kontroly v kritických jongbjonských zariadeniach. Osemtisíc kaziet vyhoreného paliva zmizlo z vodnej nádrže, v ktorej boli uložené. Podľa tvrdenia kórejských predstaviteľov ich v roku 2003 všetky spracovali a získali z nich kovové plutónium na jadrové zbrane, ale nemožno s istotou vylúčiť ani verziu, že ich presunuli na iné miesto. Do 5 MW reaktora bolo vsadené nové palivo a reaktor v súčasnosti pracuje na plný výkon. Ročne sa v ňom vytvorí ďalších asi 6 kg plutónia. Na jednu jadrovú zbraň s malou mohutnosťou (1 až 5 kt) treba asi 2 až 4 kg plutónia, na zbraň s väčšou mohutnosťou (nad 20 kt) 6 až 8 kg, podľa technických schopností výrobcu.

KLDR v januári 2004 umožnila neoficiálnej americkej delegácii, ktorej členom bol aj odborník z laboratórií v Los Alamos Siegfried S. Hecker, navštíviť časť zariadení v Jongbjone. Podľa neutajovanej časti tzv. Heckerovej správy sa kórejskí predstavitelia snažili Američanov presvedčiť, že disponujú jadrovými zbraňami, ale neukázali im nič, čo by toto tvrdenie jednoznačne dokazovalo. Bolo možné len potvrdiť, že 5 MW reaktor pracuje, že kazety vyhoreného paliva zmizli z vodnej nádrže, kde boli uskladnené a že KLDR disponuje zariadením, technológiou, odborníkmi a potrebným know-how na separáciu plutónia z vyhoreného jadrového paliva a produkciu kovového plutónia. Delegácia videla len z diaľky rozostavaný 50 MW reaktor, ktorý sa zdal byť v dezolátnom stave. Severokórejčania vyhlásili, že jeho výstavba je zastavená od roku 1994, rovnako ako výstavba 200 MW reaktora v Taečone. Okrem toho kategoricky vyhlásili, že KLDR nemá program, zariadenia, vybavenie ani odborníkov na obohacovanie uránu (to isté vyhlásil aj severokórejský delegát pri šesťstranných rozhovoroch v Pekingu v auguste 2003) a že si vybrala plutóniovú „cestu“ na budovanie jadrového arzenálu. Toto tvrdenie je v rozpore s informáciami v médiách, ktoré sa odvolávajú na hlásenia spravodajských služieb, podľa ktorých KLDR s pomocou Pakistanu rozvinula program obohacovania uránu v tajných podzemných zariadeniach (napríklad Hagap alebo Pakčon). Objavili sa aj informácie, že pri druhom pakistanskom jadrovom pokuse 30. mája 1998 išlo vlastne o spoločný pakistansko-severokórejský pokus, pretože sa pri ňom zistili stopy plutónia, kto-

rým Pakistan v tom čase nedisponoval.

Pokiaľ ide o potenciálne nosiče jadrových hlavíc, KĽDR má viacero možností. Jej vzdušné sily sú vybavené väčšinou staršími bojovými lietadlami sovietskej a čínskej proveniencie. Ako nosiče prichádzajú do úvahy stroje H-5 (čínska verzia sovietskeho Il-28) a Su-7BMK.

KĽDR vynakladá veľké úsilie na vývoj a produkciu raketových prostriedkov. V šesťdesiatych rokoch 20. storočia dodával raketové technológie do KĽDR Sovietsky zväz, v sedemdesiatych rokoch Čína. Koncom sedemdesiatych rokov 20. storočia KĽDR vyvinula vlastné verzie sovietskych riadených striel R-11/R-17 a R-300 (SCUD A, B a C). Túto techniku aj exportovala, okrem iných štátov hlavne do Iránu. Na jej základe a nepochybne aj s technologickou pomocou Číny vyvinula balistické riadené strely stredného doletu No-dong (pakistanská verzia sa označuje Ghaurí 1 a iránska Šahab 3). Ide o jednostupňové riadené strely na kvapalnú pohonnú látku, ktoré existujú minimálne v dvoch verziách (No-dong 1 a 2). Dolet sa odhaduje na 1 300 až 1 500 km a hmotnosť bojovej hlavice na 700 až 1 200 kg. KĽDR by mohla mať vo výzbroji vyše 100 týchto striel. Vyrábali sa pravdepodobne v podzemnom závode č. 26 v Kangje.

Ďalší vývojový stupeň predstavujú riadené strely Taepo-dong 1 s doletom odhadovaným na 1 500 až 2 500 km (podľa počtu stupňov) a s bojovou hlavicom s hmotnosťou 1 000 až 1 500 kg. Pomocou trojstupňovej kozmickej verzie sa KĽDR 31. augusta 1998 pokúsila neúspešne vyniesť na obežnú dráhu družicu. Na skúšky je pravdepodobne pripravená verzia Taepo-dong 2 (No-dong 3, Hua-song 2 alebo Mok-song 2) s doletom možno až 6 000 km a nemožno vylúčiť ani vývoj medzikontinentálnej balistickej riadenej strely. Objavili sa aj informácie, že KĽDR vyvíja balistickú riadenú strelu konštrukčne odvodenú od sovietskej ponorkovej strely R-27 (SS-N-6 Serb).

Odhaduje sa, že Severná Kórea by mohla mať spolu približne 700 balistických riadených striel rôzneho dosahu.

Ak KĽDR technologicky zvládla miniaturizáciu jadrových náloží, mohla by vyrobiť aj delostrelecké jadrové strely pre svoje početné delostrelecké prostriedky.

Irán [66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75]

Podobne ako Severná Kórea, aj Irán má rozvinutý jadrový program, ktorý označuje za výlučne mierový, ale ktorý vyvoláva vážne podozrenie, že smeruje k vyrobeniu jadrových zbraní. Irán má v pláne postaviť 15 jadrových energetických reaktorov a dva výskumné. Usiluje sa tiež zvládnuť celý technologický reťazec v rámci mierovej jadrovej energetiky, od ťažby a spracovania uránu, cez jeho obohacovanie až po spracovanie vyhoreného paliva. Tieto technológie sa ale v prípade potreby môžu využiť aj na výrobu jadrových zbraní.

Irán ratifikoval Non-Proliferation Treaty v roku 1970 a od roku 1992 povolil MAAE kontrolovať deklarované jadrové zariadenia. Pokúšal sa ale zakryť skutočný rozsah svojho jadrového programu a aj v súčasnosti, ako sa zdá, hrá predovšetkým o čas.

Medzi hlavné iránske jadrové zariadenia, ktoré podliehajú kontrole MAAE, patrí: Centrum jadrového výskumu v Teheráne, jadrový komplex Bušer, centrum jadrových technológií v Isfáhane (vrátane niekoľkých výskumných reaktorov a závodu na spracovanie jadrového paliva), zariadenie na obohacovanie uránu v Natanze, budovaný ťažkovodný reaktor IR-40, zariadenie na výrobu ťažkej vody a zariadenie na separáciu plutónia v Araku, ako aj sklady jadrového odpadu v Karandži a Anaraku. Existenciu zariadení v Natanse a Araku Irán oficiálne priznal až v roku 2003. Objavili sa aj informácie, že Irán by mohol uskutočňovať utajený vojenský jadrový program v chemickom a muničnom komplexe Parčín.

Od roku 1985 sa Irán usiloval zvládnuť technológiu obohacovania uránu pomocou plynových odstrediviek. V roku 201 začal budovať zariadenia v Natanze na obohacovanie uránu, vrátane komerčného zariadenia, v ktorom by sa v 50 000 plynových odstredivkách P-1 mal obohacovať prírodný urán na obsah 5 % U-235. Okrem toho Irán až začiatkom roku 2004 pri-

znal, že začal pracovať aj na programe výroby dokonalejších odstrediviek P-2. Podobne sa až do roku 2003 pokúsil skrývať program obohacovania uránu pomocou laserovej technológie.

Jadrová elektráreň v Bušeri mala byť pôvodne vybavená nemeckými reaktormi, ale tento projekt bol po iránskej revolúcii a iracko-iránskej vojne zrušený. Spoločnosť Siemens navrhla prekonštruovať elektráreň na zemný plyn, ale Irán to odmietol a v roku 1995 podpísal s Ruskom dohodu o dodaní reaktora VVER-1000 (1 000 MW). Reaktor by mal začať pracovať v roku 2006. Uvažuje sa aj o vybudovaní druhého reaktora v Bušere. 27. februára 2005 Irán a Rusko podpísali dohodu, podľa ktorej Rusko dodá pre reaktor v Bušeri jadrové palivo, ktoré sa po využití vyvezie späť do Ruska na recyklovanie. Reaktor pri plnom výkone ročne vyprodukuje vo vyhorenom palive asi 250 kg plutónia, ktoré by sa po separácii dalo použiť na výrobu jadrových zbraní, ak by Irán dohodu porušil a vyhorené palivo si ponechal. Štúdie a pokusy ukázali, že dokonca aj neupravené plutónium získané z ľahkovodného reaktora sa môže použiť na skonštruovanie jadrovej zbrane.

Irán má rozvinutý program vývoja a výroby balistických riadených striel, pri ktorom úzko spolupracuje najmä s KĽDR. Vo výzbroji má desiatky starších riadených striel sovietskeho pôvodu R-11/R-17 (Scud A/B/C/D), možno konštrukčne upravené. Ako nosiče jadrových hlavíc ale prichádzajú do úvahy predovšetkým riadené strely Šahab 3 (Zelzal 3, zrejme existuje viacero variantov), ktoré sú verziou severokórejských striel No-dong 1. Ich dolet sa odhaduje na približne 1 600 km a nosnosť na 700 až 1 200 kg. Vo výzbroji by ich mohlo byť až 100 kusov. Irán údajne obnovil aj práce na prerušených projektoch Šahab 4 (dolet 2 800 km) a Šahab 5 (dolet 4 900 až 5 300 km). Pri týchto projektoch pravdepodobne využíva technológiu, ktoré sa mu údajne podarilo získať z Ruska a z Číny.

Izrael [76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83]

Izraelská komisia pre jadrovú energiu (zriadená v roku 1952) predstavuje hlavný poradný orgán izraelskej vlády vo veciach jadrovej energie. Komisia implementuje vládnu politiku v tejto oblasti a zároveň reprezentuje štát Izrael v medzinárodných organizáciách zaoberajúcich sa jadrovou problematikou. Prevádzkuje dve nukleárne výskumné centrá: Soreq a Negev (Dimona). Izrael nie je signatárom zmluvy o nešírení jadrových zbraní (Non-Proliferation Treaty) a preto nie je viazaný podmienkou pripustiť, aby MAAE kontrolovala jeho jadrové zariadenia.

Izraelský jadrový program sa začal realizovať už v koncom 40. rokov minulého storočia prieskumom ložísk prírodného uránu. Výskumný jadrový reaktor IRR-1 Soreq sa začal stavať s pomocou USA v roku 1955 a pracuje od roku 1960. Má výkon 5 MW a jeho prevádzka je pod dozorom MAAE a USA. Koncom 50. rokov minulého storočia sa začali práce na budovaní jadrového komplexu v Dimone (púšť Negev), ktorý nie je pod kontrolou MAAE. Jadrovú technológiu dodalo Francúzsko. Súčasťou komplexu je jadrový reaktor IRR-2 s pôvodným výkonom 26 MW (termálnym). Výkon bol neskôr pravdepodobne zvýšený a v súčasnosti sa odhaduje na 75 až 150 MW (reálnejšie je nižšie číslo). Od toho závisí, koľko plutónia na výrobu jadrových zbraní dokáže Izrael vyprodukovať (odhaduje sa na 20 až 40 kg ročne). Súčasťou komplexu v Dimone je údajne aj závod na separáciu plutónia z vyhoreného paliva a zariadenie na obohacovanie uránu.

Odhady súčasného izraelského arzenálu jadrových hlavíc sa podľa rôznych zdrojov pohybujú od 60 až do 400 kusov. Vzhľadom na technickú vyspelosť Izraela sa predpokladá, že vlastní nukleárne aj termonukleárne zbrane, zbrane so zvýšeným radiačným účinkom, s premennou výbušnou silou, zbrane s malou mohutnosťou a možno aj neutrónové zbrane. Montáž a demontáž jadrových zbraní prebieha údajne v podzemných zariadeniach v lokalite Jodefat.

Pokiaľ ide o potenciálne nosiče, Izrael má k dispozícii viacero druhov a typov. Predpokladá sa, že vyrobil 50 – 100 dvojstupňových balistických riadených striel na tuhé pohonné látky

Jericho 1 / YA-1/2 (dĺžka 13,4 m, priemer 0,8 m, štartovacia hmotnosť 6 700 kg, dolet 500 km, bojová hlavica 450 – 500 kg (konvenčná alebo jadrová kalibru 20 kt). Tieto RS už možno boli vyradené z výzbroje a nahradili ich dvojstupňové balistické riadené strely na TPL Jericho 2 / YA-3 (dĺžka 14 m, priemer 1,6 m, štartovacia hmotnosť 26 000 kg, dolet 1 500 km s bojovou hlavickou s hmotnosťou 1 000 kg (konvenčnou alebo termojadrovou s mohutnosťou 1Mt), ktoré sa vypúšťajú buď z podzemných síl alebo z cestných či železničných prepravnovypúšťacích zariadení. Počet RS Jericho 2 sa odhaduje na 50 ks. Oba typy RS sú údajne rozmiestnené v lokalite Sedot Micha (Bejt Zachariáš) neďaleko leteckej základne Tel Nof, najnovšie informácie ale toto tvrdenie spochybňujú.

Izrael má aj neznámy počet trojstupňových balistických RS na TPL Šavit 1/2/3 (dĺžka 17,7 – 20,9 – 26,4 m, priemer 2,3 m, štartovacia hmotnosť 23,8 – 27,4 – 63,7 t, dolet 4 500 km s nákladom 150 – 250 kg), ktoré používa ako kozmické nosiče vo svojom kozmickom programe. Predpokladá sa vývoj balistickej riadenej strely (zrejme odvodenej od RS Šavit) s doletom > 4 800 km a s nosnosťou 1 000 kg. (Tabuľka 1.30)

Izraelské vzdušné sily sú vyzbrojené viacúčelovými bojovými lietadlami F-16I (modifikovaná verzia F-16C/D Block 52+) s taktickým doletom až 1 500 km (s konformnými prídavnými nádržami) a schopnosťou nosiť presne navádzané zbrane kategórie stand-off – objednaných je 102 ks, prvé prišli do Izraela vo februári tohto roku, v súčasnosti je dodaných asi 10 ks, kompletne majú byť dodané do roku 2008. Okrem nich má Izrael 75 lietadiel F-16A/B (67/8) Block 5/10/15 Netz + 50 ks starších F-16A/B Block 10 modernizovaných na štandard Netz-2 (doplnenie a náhrady strát), ako aj 135 lietadiel F-16C/D Block 30 a Block 40 (Barak a Barak-2). Potenciálnymi nosičmi jadrových zbraní môže byť aj 25 lietadiel F-15I (modifikované F-15E) s doletom takmer 4 500 km s výzbrojou bez tankovania počas letu (to znamená taktický dolet vyše 2 000 km), prípadne niektoré z približne 70 lietadiel F-15A/B/C/D, modernizovaných na štandard Baz-2000, ktoré môžu byť tiež vybavené CFT (conformal fuel tank) ako F-15I, ale ktoré sú primárne určené na plnenie stíhacích úloh. Vo výzbroji zostáva aj približne 50 lietadiel Kurnas 2000 (modernizované F-4E Phantom II).

Jadrovými hlaviciami by možno mohli byť vybavené aj nebalistické riadené raketové strely vzduch – zem Popeye 1 (Have Nap, AGM-142) – dĺžka 4,8 m, priemer 0,53 m, hmotnosť 1 360 kg, bojová hlavica 340/360 kg, dolet vyše 110 km, programový INS navádzací systém so systémom dátového prenosu a s koncovým IIR (Imaging Infra Red – man-in-the-loop) /TV navedením. Ich ďalším vývojom vznikla zmenšená a odľahčená verzia Popeye 2 (Have Lite), ktorú môžu nosiť aj lietadlá kategórie F-16 – dĺžka 4,2 m, priemer 0,53 m, hmotnosť 1 125 kg, bojová hlavica 350/450 kg, dolet 150 km navádzací systém ako Popeye 1 doplnený o GPS (CEP je 3 m) a údajne aj verzia Popeye 3 tzv. Turbo Popeye s malým prúdovým motorom a sklopnou nosnou plochou, s doletom 200 – 350 km (ale môže existovať aj variant s podstatne predĺženým doletom > 1 000 km).

Na základe riadenej strely vzduch – zem Delilah (ktorá slúžila aj ako vzdušný terč) vyvinul Izrael riadenú strelu s plochou dráhou letu kategórie zem – zem s doletom vyše 300 km.

Izraelské námorné sily majú tri moderné nemecké ponorky triedy Dolphin / Type 800 (INS Dolphin, INS Leviathan a INS Tekuma). Tieto plavidlá majú údajne desať torpédometov, z toho šesť štandardného kalibru 533 mm a štyri kalibru 650 mm, z ktorých by bolo možné vypúšťať strely s plochou dráhou letu (potenciálne s jadrovou hlavickou). Plavebný dosah ponoriek na hladine je 8 000 nm (15 000 km) pri rýchlosti 8 uzlov (15 km.h⁻¹) a 400 nm (740 km) pri rovnakej rýchlosti pod hladinou. Izrael sa usiloval získať z Nemecka ďalšie dve až tri ponorky rovnakého typu, ale z ekonomických dôvodov sa nákup dosiaľ nerealizoval. Objavili sa aj nepotvrdené informácie, že izraelské námorné sily v máji 2000 skúšobne vypustili z ponorky riadenú strelu s plochou dráhou letu, ktorá zasiahla cieľ vzdialený 1 500 km – nie je ale jasné, o aký typ strely malo ísť. Niektoré zdroje uvádzajú, že Izrael prekonštruoval

americké riadené strely lod' – lod' RGM/UGM-84 Harpoon na protizemné strely s plochou dráhou letu.

Korvety Saar 4, Saar 4,5 a Saar 5 sú vyzbrojené riadenými strelami Harpoon a Gabriel III. Riadená raketová strela lod' – lod' Gabriel III je dlhá 3,75 m, má priemer tela 0,33 m, štartovaciu hmotnosť 560 kg, hmotnosť bojovej hlavice 150 kg a dolet 36 km. Verzia vzduch – lod' má pri rovnakých rozmeroch o niečo menšie rozpätie krídel, hmotnosť 590 kg a s bojovou hlavickou s hmotnosťou 150 kg má dolet vyše 60 km. Najnovšia verzia Gabriel IV LR je údajne poháňaná prúdovým motorom a má mať dĺžku 4,7 m, priemer tela 0,44 m, štartovaciu hmotnosť 960 kg, hmotnosť hlavice 240 kg a dolet 200 km.

Izrael má popri USA a Rusku ako jediný vo výzbroji systém obrany proti balistickým riadeným strelám domácej konštrukcie (aj keď vyvinutý v spolupráci s USA). Dve batérie systému Homa s riadenými strelami Arrow 2 sú už operačne nasadené a ďalšia sa pripravuje. Sú schopné ničiť balistické riadené strely krátkeho a stredného dosahu vo výškach do 50 km a vzdialenostiach do 90 km. Systém velenia a riadenia s rádiolokátorom Green Pine je schopný navádzať strely Arrow súčasne až na 14 cieľov s rýchlosťou do $3\,000\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Tabuľka 1.26: Jadrový potenciál USA [38, 39, 40]

Prostriedok	Počet	Dosah v km	Výzbr oĳ/typ hlavice	Mohutnosť v kt	Počet hlavíc ^{***}
Bombardéry / nosiče RS: B-52H Stratofortress B-2A Spirit	94/56* 21/16*	~ 14 000 / 2 400 /3 600 ~ 11 000	ALCM AGM-86B / W80-1 ACM AGM-129/W80-1 B61-7, B61-11, B83-1	5 – 150 5 – 150 10 – 350, 1,2 Mt	450/25 400/20 200/55
Pozemné strategické RS: LGM-118A Peacekeeper/MX LGM-30G Minuteman III Mk-12 Mk-12 Mk-12A	10 150 50 300	> 10 000 ~ 13 000	10 x W87 (MIRV Mk-21) 1 x W62 3 x W62 (MIRV) 2 – 3 x W78 (MIRV)	10 x 310 1 x 170 3 x 170 2 – 3 x 335	100 150 150/15 750/30
Strategické RS na ponorkách triedy Ohio: UGM-96A Trident I C4 UGM-133A Trident II D5 Mk-4 Mk-5	48/2 ^{***} 288/12 ^{***}	~ 7 400 ~ 11 000	6 x W76 (MIRV) 6 x W76 (MIRV) 6 x W88 (MIRV)	6 x 100 6 x 100 6 x 455	288 1 344/150 384/20
Nestrategické prostriedky: TLAM/N UGM-109A Tomahawk Bomby B61-3, -4, -10	200 580 ^a	~ 2 500	1 x W80-0	1 x 5 – 150 0,3 – 170	304 580 ^a
Spolu ^{****}					~ 5 100/315

* Celkový počet/operačné stroje

** Aktívne/v zálohe

*** Počet RS/počet ponoriek

**** Ďalších približne 5 000 bojových hlavíc je uložených v zálohe alebo deaktivovaných
a 480 bômb je uložených na ôsmich základniach v šiestich európskych krajinách NATO

Tabuľka 1.27: Jadrový potenciál Ruska [41, 42, 43, 44, 45]

Prostriedok	Počet	Dosah v km	Výzbroj/typ hlavice	Mohutnosť v kt	Počet hlavíc
Bombardéry/nosiče RS: Tu-95 MS6 (Bear H6)	34	10 500 / >2 500	6 x Ch-55M (AS-15A Kent), bomby	1 x 200	204 (Ch-55)
Tu-95 MS16 (Bear H16)	30	10 500 / >2 500	16 x Ch-55M, bomby	1 x 200	480 (Ch-55)
Tu-160	14	14 000 / >2 500 /150	12 x Ch-55SM / Ch-102 12 x Ch-15P (AS-16 Kickback)	1 x 200 1 x 350	168 (Ch-55 /Ch-15P)
Pozemné strategické RS: R-36M/M2 Vojvoda / RS-20V (RS: 15A18, SS-18 Satan) UR-100NUTCh / RS-18 (RS: 15A30, SS-19 Stiletto) RT-23UTCh Molodc / RS-22B (15Ž61, SS-24 Mi Scalpel) RT-2PM Topol / RS-12M (15Ž58, SS-25 Sickle) RT-2UTCh Topol-M / RS-12MR (15Ž62, SS-27)	108 130 15* 315 40	11 – 15 000 10 000 10 000 10 500 10 500	10 x 15F175 (MIRV) 6 x (MIRV) 10 x (MIRV) 1 x 1 x	10 x 750 6 x 550/750 10 x 550 1 x 550 1 x 550	1 080 780 150 315 40
Strategické RS na ponorkách: Projekt 941 Akula (Typhoon) Projekt 667 BDRM Delfin (Delta IV): RSR-29RM Šif (3M37, RSM-54, SS-N-23 Skiff) Projekt 667 BDR Kalmar (Delta III): RSR-29R Volna (3M40, RSM-50, SS-N-18 Stingray)	-/1** 96/6** 96/6**	- 8 300 6 500	- 4 x (MIRV) 3 x (MIRV)	- 4 x 100 3 x 200	- 384 288
Nestrategické prostriedky: Spolu***	3 400				3 400 ~7 289

* Len mobilná (železničná) verzia

** Počet RS/počet ponoriek

*** Odhaduje sa, že ďalších približne 8 800 bojových hlavíc je uložených v zálohu alebo deaktivovaných

Tabuľka 1.28: Jadrový potenciál Veľkej Británie [46, 47]

Prostriedok	Počet	Dosah v km	Výzbroj/typ hlavice	Mohutnosť v kt	Počet hlavíc
Strategické RS na ponorkách tr. Vanguard: UGM-133A Trident II D5 (RV Mk-4)	64/4*	~11 000	1 - 3 x W76	1 - 3 x 100	192

* Počet RS/počet ponoriek

Tabuľka 1.29: Jadrový potenciál Francúzska [48, 49, 50, 51]

Prostriedok	Počet	Dosah v km	Výzbroj/typ hlavice	Mohutnosť v kt	Počet hlavíc
Lietadlá Mirage 2000N s RS ASMP	60	2 750 / 300**	1 x TN 81	1 x 300	50
Strategické RS na ponorkách: trieda L'Inflexible / M4 trieda Le Triomphant/ M45	16/1* 48/3*	5 000 6 000	6 x TN 71 6 x TN 75	6 x 150 6 x 100	96 288
Lietadlá Super Étendard s RS ASMP (Lietadlová loď R 91 Charles de Gaulle)	24	650 / 300**	1 x TN 81	1 x 300	10
Spolu					~450

* Počet RS/počet ponoriek

** Dolet lietadla (bez tankovania počas letu) / dolet RS

Tabuľka 1.30: Izraelské riadené strely – potenciálne nosiče jadrových hlavíc [76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83]

Názov riadenej strely	Delilah 1	Jericho I (Luz, YA-1)	Jericho II (YA-3)
Druh	s plochou dráhou letu	balistická jednostupňová	balistická dvojestupňová
Dĺžka		13,4 m	14,0 m
Priemer tela		0,8 m	1,56 m
Štartovacia hmotnosť	180 kg	6 700 kg	26 000 kg
Hmotnosť hlavice	50 kg	450 kg	1 000 kg
Dolet	400 km	480 - 650 km	1 500 km
Odhadovaný počet	?	100 (vyradené?)	~90

Tabuľka 1.31: Jadrový potenciál Číny [52, 53]

Prostriedok	Počet	Dosah v km	Výzbroj/typ hlavice	Mohutnosť v kt	Počet hlavíc
Bombardéry Hong-6 (B-6, var. Tu-16)	100	4 300	bomby 1 – 3	10 kt – 3 Mt	100 ?
Pozemné strategické RS: Dong Feng 3A (DF-3A, CSS-2)	32	2 900	1 x	1 x 3,3 Mt	32 ?
Dong Feng 4 (DF-4, CSS-3)	20	5 500	1 x	1 x 3,3 Mt	20 ?
Dong Feng 5/5A (DF-5/5A, CSS-4)	24	13 000	1 x	1 x 4 – 5 Mt	24 ?
Dong Feng 21A (DF-21A, CSS-5)	60	1 800	1 x	1 x 200 – 300	60 ?
Dong Feng 31 (DF-31, CSS-X-10)	8	8 000	1 x	1 x 200 – 300	8 ?
Strategické RS na ponorky triedy Xia: Ju Lang I (CSS-N-3)	12/1*	> 1 000	1 x	1 x 200 – 300	12 ?
Nestrategické prostriedky: lietadlá Qian-5 (A-5A), RS DF-15 (M-9), DF-11, delostrelectvo	?	?	?	?	150 ?
Spolu					~400 ?

* Počet RS/počet ponoriek

1.7.3 SÚČASNOSŤ A PERSPEKTÍVY LIKVIDÁCIE JADROVÝCH ZBRANÍ

Až po celkovom uvoľnení napätia medzi dominujúcimi veľmocami v roku 1991, USA a Rusko začali odtajňovať svoj jadrový arzenál. Dohodli sa, že zničia spoločne vyše 60 000 jadrových hlavíc. Tak sa začala pripravovať likvidácia častí jadrových zbraní prostredníctvom mohutných hydraulických lisov a drviacich zariadení. Najväčším problémom bola jadrová náplň – rádioaktívne plutónium – pre svoj vysoký polčas rozpadu (24 360 rokov).[29]

V období studenej vojny sa na oboch stranách deklarovalo, že výroba jadrových hlavíc je rozhodujúcim kľúčom existencie postavenia veľmocí. Pri výrobe jadrových zbraní sa neuvážovalo, aké zložité problémy budú spojené s ich likvidáciou. Vo všeobecnosti sa počítalo s tým, že budú zlikvidované použitím na území protivníka. Až neskôr pri príprave likvidácie prvých jadrových hlavíc sa vedci začali zaoberať danou problematikou.

Ako príklad možno uviesť postup pri likvidácii jadrových zbraní v špeciálnom zariadení Pentex v americkom Texase. Vyše 40 rokov bol Pentex strediskom záverečnej montáže väčšiny amerických jadrových bômb a teraz slúži na demontáž a uskladnenie. Vo vnútri Pentexu sa bojové hlavice rakiet a bomby starostlivo vykladajú a prevážajú do skladov. Pentex má za úlohu ročne demontovať 1 500 až 2 000 hlavíc. Pred demontážou musia byť všestranne prehliadnuté, či neboli poškodené, rozbité alebo či nemajú poškodený bezpečnostný mechanizmus. Výkonné defektoskopické prístroje potvrdia, že všetky zaistovacie prvky sú v poriadku. Potom sa bomba prevezie na zhromaždisko (masívne železobetónové bunkre), kde sa vykonáva demontáž. [29]

Bomba sa rozoberie na súčiastky (v niektorých prípadoch ich môže byť až 6 000 kusov). Najprv sa odstráni zložitá armatúra, potom objemný padákový brzdiaci súbor, ktorý tvorí najväčšiu časť jadrovej bomby a má za úlohu dať pilotovi šancu uniknúť pri spomalenom páde bomby na cieľ. Takzvaný fyzikálny balíček obsahuje plutóniovú bojovú hlavicu, tá sa oddelí od ostatných častí a odvezie na bezpečné miesto. Zlaté a strieborné spoje v bombách sa odoberajú a recyklujú, zatiaľ čo zostávajúce plastické a kovové súčiastky sa drvia na malé kúsky a potom sa odkladajú natrvalo do skladov ako málo rádioaktívny materiál.

Jadro bomby, takzvaná kôstka s plutóniom (pit), zostáva nedotknuté. Nedá sa rozdrviť, spáliť ani zničiť. Neexistuje na to žiadna technológia, a preto sa zatiaľ musí odkladať do dočasného skladu. Kôstky sa odkladajú do kovových sudov, obalia celulózovým výliskom a sud sa jednoducho uzatvorí. Zložitejšie zbrane, ako hlavica rakety Tomahawk, sa podrobujú ďalším testom. Vo vnútri obalu z nerezovej ocele je hlavica obklopená vysoko rádioaktívnym plynným trícium, ktoré sprostredkúva výbušnú reakciu. Aj veľmi malý únik tohto plynu je nebezpečný. Preto sa hlavica ukladá do veľmi výkonných vákuových komôr. Po odčerpaní vzduchu, až na niekoľko milióntin atmosféry, obrovský rozdiel tlakov ukáže aj na mikroskopické trhlinky a každý únik plynu sa hneď zistí. Po otestovaní sa hlavice odvážajú do skladiška. [29]

Sudy s kôstkami sa stohujú do štvoríc alebo šestic k stenám bunkra pomocou hydraulického zakladača s oloveným štítom na ochranu obsluhy pred žiarením. Mohutný nakladač umiestni pred každé dvere 40-tonový betónový blok. Tieto bloky slúžia ako zámky na dverách. Uložené sudy sú označené čiarovým kódom. Laserové senzory, pravidelne od vrchu po spodok, po radoch kontrolujú, či sudy nevyžarujú zvýšenú rádioaktivitu, poukazujúcu na prasklinu alebo iné poškodenia. V súčasnom období sa tu skladuje okolo 20 tisíc kôstok s plutóniom. Všetka činnosť v Pentexe vyžaduje veľmi vysokú úroveň zaistenia bezpečnosti. Odborníci hovoria o termíne akosti „6 sigma“, t.j. šanca na haváriu je 1:1000 000. [29]

V Pentexe však bojujú aj s problémami. V podstate všetkých 17 zariadení na demontáž jadrových hlavíc je kontaminovaných. V 80. rokoch bola stanovená cena dekontaminácie na desiatky miliárd dolárov. Začiatkom 90.rokov bol tento odhad zvýšený na sto miliárd dolárov. Jeho posledný odhad však predstavuje tristo miliárd dolárov. Väčšina zainteresovaných od-

borníkov sa ale zhoduje v názore, že táto suma je nepostačujúca. Zrejme pôjde o podstatne vyššiu sumu, pretože zatiaľ neexistujú technológie na úspešné odstránenie kontaminácie

Zdroje obáv

Najpresnejšie to sformuloval veľvyslanec USA v Japonsku a bývalý senátor Howard Baker spolu s bývalým poradcom Bieleho domu Lloydom Cutlerom: *“najurgentnejšou nevyriešenou hrozbou pre národnú bezpečnosť Spojených štátov je nebezpečenstvo, že zbrane hromadného ničenia, alebo materiál použiteľný na zbrane v Rusku, môžu byť ukradnuté a predané teroristom alebo nepriateľským štátom a použité proti americkým jednotkám v zahraničí, alebo občanom doma. Táto hrozba je jasným a prítomným nebezpečenstvom pre medzinárodné spoločenstvo rovnako ako pre americké životy a slobody“* [30].

Niektoré zdroje udávajú odhady celkových ruských zásob nukleárnych materiálov až 150 ton plutónia (na jednu nukleárnu nálož je potrebné asi 8-12 kg) a 1 500 ton vysoko obohateného uránu. Z toho množstva je asi 700 ton priamo v zbraniach (ten je relatívne najlepšie strážený). Presné čísla je nemožné zistiť napriek spolupráci ruských úradov. Štiepny materiál, ktorý nie je v zbraniach, je rozptýlený po Rusku na viac ako 53 miestach stovkách budov s naozaj rozmanitou úrovňou zabezpečenia (niekedy chýbajú dokonca aj informácie o množstve a mieste, vyskytli sa aj prípady zabudnutých či takmer nestrážených materiálov) [29]. Pašovanie nukleárnych materiálov z Ruska predstavuje akútne riziko pre rozširovanie nukleárnych zbraní a medzinárodná agentúra pre atómovú energiu MAAE potvrdila viac ako tucet takýchto prípadov. Stovky pokusov o pašovanie bolo hlásených v priebehu uplynulých desiatich rokov.

Ďalším zdrojom obáv sú tisíce, možno dokonca desaťtisíce mizerne platených, či nezamestnaných ruských vedcov a expertov na všetky typy zbraní hromadného ničenia. Niektorí sa po páde komunizmu a postupnej dezintegrácii krajiny ocitli priamo na ulici a v zúfalej životnej situácii. Ich vedomosti sú pritom unikátne. Sú teda ľahkým a veľmi žiaducim terčom záujmu krajín a pravdaže aj teroristických skupín, ktoré chcú získať nukleárne zbrane a zároveň disponujú značnými finančnými prostriedkami.

1.8 LITERATÚRA

- [1] DIETZ, D.: Atomová energie v nastávajícím věku. Vydavatelství Družstevní Práce, Praha 1947.
- [2] MATEJČÍK, Š.: Elektón – v pondelok častica v utorok vlna. Časopis Quark, č.:1 Bratislava 1999.
- [3] Chýrne osobnosti vedy. Časopis Quark č.:5, Bratislav 2001.
- [4] JUNGK, R.: Jasnejšie ako tisíc slnc (osudy atómových vedcov). Československá spoločnosť pre šírenie politických a vedeckých poznatkov, Osveta, Bratislava 1964.
- [5] Kolektív autorov: Jaderné zbraně 1.díl. Vydavatelství Naše vojsko, Praha 1988.
- [6] FLOREK, M.: Sovietska atómová bomba – tajné stránky histórie jej vývoja. Historická revue, číslo 1, ročník XV, Bratislava 2003.
- [7] FEYDMAN, P., R.: QED - Nezvyčajná teória svetla a látky. Enigma, Nitra 2000.
- [8] ORAVEC, J.: Atómová a jadrová fyzika II., Bratislava 1982.
- [9] HEŘMANSKÝ, B.: Jaderné reaktory. Brno 1981.
- [10] MEITNER, L., FRISCH, O. R.: Nature 143/1939 – February 11, p. 239.
- [11] PONTECORVO, B., POKROVSKIJ, V.: Enrico Fermi v vospominanijach učeníkov i družej, Izd. Nauka, Moskva 1972.
- [12] HOFFMANN, K.: Otto Hahn – Stationen aus dem Leben eines Atomforschers, Verlag Neues Leben, Berlin 1978.

- [13] ŠIMANĚ, Č.: Příspěvek k historii objevu štěpení uranu neutrony, FJFI ČVUT, časopis „Jaderná energie“, ročník 35, číslo 6, Praha, červen 1989.
- [14] SEDLÁK, L., GLONČÁK, P., DURDIÁK, J.: Jadrové a chemické zbrane (História a súčasnosť). VVTŠ Liptovský Mikuláš, 1988.
- [15] Armed Forces Journal International, 1998.
- [16] Vývoj hvězd, článok, Planeta Země 3, 1998.
- [17] ELIÁŠ, E. a kol.: ZHN a ochrana proti nim I., Liptovský Mikuláš 1982.
- [18] MARKO, Š.: Jadrová fúzia včera, dnes a zajtra, Quark 1999.
- [19] CIMRA, J. a kol.: Neutrónová bomba, Prehľadná informácia. Lipt. Mikuláš 1977.
- [20] ŠÁRO, Š., TÖLGYESSY, J.: Rádioaktivita prostredia, ALFA VTEL, Bratislava 1985.
- [21] <http://www.autamnavl>
- [22] <http://www.armee.admin.ch>
- [23] <http://www.dne.bul.gov>
- [24] <http://www.balkano.unep.ch>
- [25] Vyhláška MZdr SR č.:12: O požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany, 2001.
- [26] SUŠKO, M.: Nukleárny terorizmus. Zborník Vojenskej akadémie, roč. X, č. 1, Liptovský Mikuláš 2003.
- [27] SUŠKO, M.: Využitie ochudobného uránu v ozbrojených silách. Zborník Vojenskej akadémie, č. 2, roč. X. Liptovský Mikuláš, 2003.
- [28] SUŠKO, M.: Nové možnosti hrozieb zbraní hromadného ničenia v súčasnom svete. Vojenské obzory, roč. 6, číslo 1. Bratislava 1999.
- [29] PULIŠ, P., : Objav storočia - problém tisícročia. Vojenské obzory. Roč. 7, Bratislava, 2000.
- [30] Kolektív autorov: Panoráma globálneho bezpečnostného prostredia. Inštitút bezpečnostných obranných štúdií, Ministerstvo obrany SR, 2004.
- [31] <http://www.stimson.org/cwc/caint.htm>
- [32] MIKA, O.: Aktuální problémy jaderného odzbrojení. Mezinárodní politika 4/96, roč. XX, str. 26 – 28.
- [33] Putinova superzbraň Ameriku nestraší. Denník Pravda z 9. 11. 2004.
- [34] SEDLÁK, L.: Návrh radiačnej, chemickej a biologickej ochrany ľahkej brigády v obrane. Dizertačná práca. Vojenská akadémia, Liptovský Mikuláš, 2003.
- [35] [web nuclearweaponarchive.org](http://web.nuclearweaponarchive.org)
- [36] <http://nuclearweaponarchive.org/Safrica/Vela.html>
- [37] <http://www.globalsecurity.org/wmd/library/news/dprk/2005/dprk-050211-kcna01.htm>
- [38] http://www.thebulletin.org/article_nn.php?art_ofn=jf05norris
- [39] <http://www.nrdc.org/nuclear/euro/contents.asp>
- [40] <http://www.af.mil/factsheets/>
- [41] <http://www.astronautix.com/lvs/r29.htm>
- [42] <http://russianforces.org/eng/>
- [43] <http://www.missilethreat.com/systems/gorgon.html>
- [44] <http://lenta.ru/russia/2004/11/29/pro/>
- [45] http://www.thebulletin.org/article_nn.php?art_ofn=ma05norris
- [46] <http://www.royal-navy.mod.uk/static/pages/177.html>
- [47] http://www.thebulletin.org/article_nn.php?art_ofn=nd01norris
- [48] <http://www.defense.gouv.fr/sites/air/>
- [49] <http://www.defense.gouv.fr/sites/marine/>
- [50] http://www.thebulletin.org/article_nn.php?art_ofn=ja01norris
- [51] <http://nuclearweaponarchive.org/France/index.html>
- [52] <http://80-www.periscope.ucg.com.proxy.www.merln-europe.org/nations/asia/china/stratfor/index.html>,

- [53] http://www.thebulletin.org/article_nn.php?art_ofn=nd03norris
- [54] http://www.thebulletin.org/article_nn.php?art_ofn=ma02norris_038
- [55] <http://nuclearweaponarchive.org/India/index.html>
- [56] <http://www.dae.gov.in/>
- [57] <http://80-www.periscope.ucg.com.proxy.www.merln-europe.org/weapons/nubiochm/nuclear/w0005859.html>
- [58] <http://80-www.periscope.ucg.com.proxy.www.merln-europe.org/weapons/nubiochm/nuclear/w0005858.html>
- [59] <http://nuclearweaponarchive.org/Pakistan/PakArsenal.html>
- [60] http://www.globalsecurity.org/wmd/world/dprk/other_nuke.htm
- [61] http://www.thebulletin.org/article_nn.php?art_ofn=ma03norris
- [62] Senate Committee on Foreign Relations Hearing on “Visit to the Yongbyon Nuclear Scientific Research Center in North Korea”. Siegfried S. Hecker, Senior Fellow, Los Alamos National Laboratory University of California. January 21, 2004.
http://www.globalsecurity.org/wmd/library/congress/2004_h/HeckerTestimony040121.pdf
- [63] <http://80-www.periscope.ucg.com.proxy.www.merln-europe.org/weapons/nubiochm/nuclear/w0005879.html>
- [64] <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/dprk/nuke.htm>
- [65] <http://80-www.periscope.ucg.com.proxy.www.merln-europe.org/weapons/nubiochm/nuclear/w0006019.html>
- [66] <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/iran/bushehr.htm>
- [67] <http://www.npec-web.org/projects/hubbard.pdf>
- [68] <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/iran/nuke.htm>
- [69] <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/iran/nuke2002.htm>
- [70] <http://www.iaea.org/NewsCenter/Transcripts/2005/derspiegel21022005.html>
- [71] http://www.iaea.org/Publications/Documents/Board/2003/gov2003-75_annex2.pdf
- [72] http://www.iaea.org/Publications/Documents/Board/2004/gov2004-83_derestrict.pdf
- [73] http://www.missilethreat.com/missiles/shahab-3_iran.html
- [74] <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/iran/missile.htm>
- [75] <http://memri.org/bin/articles.cgi?Page=archives&Area=ia&ID=IA18104>
- [76] http://www.iaec.gov.il/pages/card_eng.asp
- [77] <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/israel/popeye-t.htm>
- [78] <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/israel/jericho-1.htm>
- [79] www.israeli-weapons.com
- [80] <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/israel/jericho-2.htm>
- [81] <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/israel/facility.htm>
- [82] http://www.globalsecurity.org/wmd/world/israel/sedot_mikha.htm
- [83] <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/israel/sub.htm>
- [84] http://www.nti.org/f_wmd411/f1b2_2.html
- [85] <http://www.ctbto.org/>
- [86] <http://www.carnegieendowment.org/pdf/npp/03-Nukes.pdf>

2 CHEMICKÉ ZBRANE

Chemické zbrane (CHZ) spolu s jadrovými a biologickými zbraňami patria do kategórie prostriedkov hromadného ničenia. Jednoznačne nemožno konštatovať, že CHZ sa začali používať až v prvej svetovej vojne. Pravdou by nebolo ani tvrdenie, že ich začali používať „starí Gréci“. Bol to totiž už predhistorický človek, ktorý sa snažil vypudíť zver z úkrytu dráždivým plynom zo surového dreva. Neskôr začal skúsenosti z lovu využívať aj proti nepriateľovi.

2.1 HISTÓRIA POUŽITIA CHEMICKÝCH ZBRANÍ

Jednou z prvých písomných správ o použití dusivých dymov v boji pochádza od gréckeho historika Thukydidu, ktorý vo svojich dejinách pelopónézskej vojny popisuje, že Sparťania pri obliehaní mesta Plataje (r. 428 p. n. l.) používali dym zo smoly a síry, a to práve vtedy, keď ostatné obliehacie prostriedky zlyhali. Preslávený bol tiež „grécky oheň“, ktorého objav sa pripisuje staviteľovi Kallinikovi zo Sýrie. Táto receptúra obsahovala liadok, síru, antimón, asfalt, miazgu egyptského figovníka a pálené vápno. Grécky oheň bol obľúbený nielen pre svoje zápalné účinky, ale aj pre vznik množstva dusivých plynov. Zmes horela aj na vode a používala sa aj v námorných bitkách na vojenských lodiach dromónach za použitia špeciálnych plameňometov.[1]

2.1.1 VYUŽITIE ŠÍPOVÝCH JEDOV A PSYCHOAKTÍVNYCH LÁTOK

Myšlienka spojiť účinok jedu s účinkom šípu bola príčinou vzniku šípových jedov. Šípové jedy sú prírodné toxíny, ktorými sa natierajú hroty šípu, ale aj oštepov a kopijí za účelom zvýšenia ich účinnosť. Otrávené šípy možno považovať za jednu z prvých chemických zbraní, avšak bez efektu hromadného ničenia. Takéto šípy síce používali všetci lovci a bojovníci dávnych kmeňov, no ich výroba bola tajomstvom a výsadou kmeňových kúzelníkov. Účinnou zložkou šípových jedov boli a sú výťažky z rastlín a živočíšne toxíny. Po potretí hrotov šípu vhodnými konzervačnými a fixačnými prostriedkami je ich jed účinný aj niekoľko rokov, ba i desaťročí.

Šípové jedy juhoamerických indiánov (kurare) majú svoj pôvod v povodí Amazonky a Orinoka. Nezáleží na tom, ako jednotlivé domorodé kmene nazývajú tieto jedy (borore, ticuma, či mecavure), ich pomenovanie znamená vždy jedinú: „padne ten, ku ktorému príde“. Príznaky otravy spôsobenej kurare majú najčastejšie charakter ochabnutosti až ochrnutia svalstva, spôsobenej neschopnosťou prenosu vzruchu z nervového zakončenia na sval. Neskôr nastáva smrť zadusením. Najčastejšie používanou rastlinou na výrobu kurare býva Chondrodendron tomentosum.

Do Európy bola prvá vzorka kurare dovezená v roku 1596, no príprava tohto jedu bola po prvýkrát popísaná až v roku 1880 prírodovedcami a cestovateľmi Alexandrom Humboldtom a Aimé Bonplandom. Veľkou výhodou kurare je jeho schopnosť účinkovať len pri mimočrevnom vstupe do organizmu. Mäso zvierat ulovených pomocou tohto jedu sa teda môže bez problémov požívať.[2]

Typickou zbraňou, pomocou ktorej sú otrávené šípy dopravované na cieľ, je tzv. servanta (u nás známa ako „fúkačka“). Táto zbraň vysiela šípy na vzdialenosť úmernú sile dychu strelca, čo môže byť až 60 metrov. Zbraňou rozumieme trubicu z mladej palmy dlhú 2 - 3 m. Strelou je šíp dlhý asi 30 cm. Jeho ostrý, otrávený hrot je na konci otrávenej časti narezaný. Po vniknutí do tela obete sa odlomí a tým prakticky znemožňuje jeho odstránenie z rany bez chirurgického zásahu. Ďalším príkladom prírodných jedov je jed nazývaný kokoi. Tento jed

sa pripravuje z niektorých druhov žiab. Je vlastne produktom žliaz, ktoré ho vylučujú vtedy, keď je zviera v nebezpečenstve.

Africké šípové jedy sú rozšírené prakticky po celom kontinente pod rôznymi názvami. Napríklad v povodí rieky Senegal je to kidi sarané, v povodí rieky Kongo zasa owamba. Najrozšírenejšie typy jedov pochádzajú z rastlín druhu *Strophantus*, ktoré obsahujú glykozidy strofantidín a ouabain. Tieto látky majú silný účinok na srdečný sval. Jed je olejovitá kvapalina červenej farby pochádzajúca či už z rozdrvených semien, alebo z extraktu semien a koreňov. Domorodí obyvatelia Pobrežia slonoviny zvyšujú účinnosť jedu tak, že nechajú kvasiť zmes rozdrvených listov a semien s kvetmi banánovníka. Niekoľko takto otrávených šípov dokáže zabiť aj dospelého slona, čo svedčí o jeho vysokej toxicite.

Veľkými znalcami šípových jedov bol záhadný ľud trpasličieho kmeňa Bambuti, obývajúci hlboké pralesy povodia rieky Kongo. Používali kôru rastlín druhu *Stychnos*, s obsahom alkaloidov strychnínu a brucínu, ktoré paralyzujú celý nervový systém.[2]

Jedom napúšťali hroty svojich šípov aj Slovania. Ako jedy sa používali hlavne výťažky z rastlín *Aconitum napellus*, ktoré boli používané na Pyrenejskom poloostrove až do 17. storočia. Rastlina obsahuje veľmi účinný alkaloid akonitín, ktorý spôsobuje ochrnutie srdečného svalu a dýchacieho ústrojenstva.

V Indočíne doteraz patrí medzi najpoužívanejšie jedy jed z latexu stromu *Antiaris toxicaria*, známeho ako upas. Jed pôsobí leptavo a vyvoláva srdečnú zástavu. Tento jed domorodci využívali aj na otrávenie studní holandských kolonizátorov. Na Jáve našiel využitie pri poraneniach, kde sa dostával do tela cez narezanú pokožku.

Psychoaktívne látky sa v dávnych vojnách využívali dvojakým spôsobom, a to na zvýšenie sily, rýchlosti a zlepšenie duševného stavu vlastných jednotiek, alebo na otupenie zmyslov a zoslabenie odporu protivníka.

Najznámejším spôsobom, ako Vikingovia zvyšovali odvalu a agresivitu, bolo vypitie odvaru z muchotrávky červenej (*Amanita muscaria*). Tiež veľmi zaujímavou rastlinou je aj konope, najmä *Cannabis indica*. [7] Konope vo forme hašiša používala mohamedánska sekta hašišinov. Na potlačenie únavy a na zvýšenie fyzickej sily používali domorodí Indiáni kaktus peyotl, ktorý sa tiež prikladá na rany spôsobené šípami. Medzi viac ako pätnástimi alkaloidmi, ktoré tento kaktus obsahuje, je aj mezkalín. V modernej dobe je mezkalín považovaný za látku vhodnú pri vývoji moderných psychoaktívnych bojových látok.[3]

2.1.2 POUŽITIE CHZ V OBDOBÍ PRVEJ SVETOVEJ VOJNY

Prvá svetová vojna sa od predchádzajúcich vojen odlišovala svojim zákopovým a pozíčným charakterom. Všetky snahy o prelomenie nepriateľskej línie sa ukázali ako márne a málo efektívne. Tak sa dostala do popredia myšlienka využitia otravných látok (najmä plynov) v boji.

Už v auguste 1914, krátko po nemeckej invázii na západný front, použila francúzska armáda proti útočiacim vojskám puškové 26 mm náboje plnené 19 ml slzotvorného etylbrómacetátu. Tak sa začala písať história chemickej vojny. Pre malé množstvo účinnej látky nemal útok požadovaný efekt a nemecké jednotky prakticky vážnejšie ohrozené neboli.

Obe bojujúce strany počas trvania vojny vyvinuli a použili veľké množstvo slzotvorných látok. Boli to najmä bromacetón, brómbenzylkyanid, benzylbromid, chloracetón, vyznačujúce sa malou účinnosťou, ktorá by sa dala zvýšiť len ich masovým použitím.[1]

Keďže vojna na západnom fronte zostala aj naďalej statickou, hľadali sa spôsoby použitia účinnejších otravných látok. Dobrým riešením sa javilo použitie dostupného a dostatočne toxického chlóru (obrázok 2.1).



Obrázok 2.1: Príprava na chemický útok [1]

Pripravovaný útok mal byť vykonaný vo Flandersku. Nemecká strana mala k dispozícii až 30 000 fliaš plnených chlóróm. Vhodná príležitosť na vypustenie 180 ton chlóru nastala 22. apríla 1915 o šiestej večer.[8] Následne sa vytvoril 6 km široký oblak, proti ktorému francúzsky vojaci nemali žiadnu možnosť sa brániť. Nemci po 35 minútach uskutočnili výpad do hĺbky štyroch kilometrov bez akéhokoľvek odporu. Do dejín armád Dohody sa táto udalosť zapísala ako Čierny deň pri Yprés. Išlo o prvé zdokumentované masové použitie otravnej látky. Bolo zasiahnutých 15 000 osôb, z toho 5 000 smrteľne.[9]

V priebehu prvej svetovej vojny nemecká armáda uskutočnila spolu 50 vlnových útokov. Na jar 1915 sa uskutočnil nemecký vlnový útok pri meste Bolimove. Tu sa po prvýkrát použila kombinácia chlóru s fosgénom, ktorý má nižšiu prchavosť, avšak niekoľkonásobne vyššiu toxicitu. Pomer objemov chlóru a fosgénu bol 95:5, neskôr sa pomer ustálil na hodnotách 60:40 v zimných mesiacoch a 40:60 v lete.

Ďalšou z mocností, ktorá uskutočnila síce iba jeden vlnový útok, bolo Rakúsko-Uhorsko. V júni 1916 vypustili rakúsko-uhorské vojská na talianske postavenia asi 100 ton zmesi chlóru s fosgénom. Bolo usmrtených približne 5 000 vojakov, a tým sa tento útok zaradil medzi tie najničivejšie.[21]

Ako prvým sa podarilo odpovedať na nemecké vlnové útoky Angličanom. Prvý takýto útok uskutočnili na západnej fronte v septembri 1915. Anglická armáda najskôr používala samotný chlór, potom v zmesi s fosgénom, chlórpicrínóm a chloridom sírnym. Briti využívali vlnové útoky najčastejšie a počas celého trvania vojny. Francúzska armáda vykonala svoj prvý vlnový útok vo februári 1916 a počas vojny ich použila dvadsať. Rusi po prvýkrát vlnové útoky použili až v roku 1917. S výsledkom však velenie cárskej armády spokojné nebolo.

Postupom času sa ukazovalo ako jedna z najsilnejších zbraní vojny delostrelectvo. Intenzívny vývoj vedenia chemického boja umožňoval stále väčšie uplatnenie chemickej munície v delostrelectve. Takýmto spôsobom sa delostrelecká paľba stala jedným z najdôležitejších spôsobov použitia otravných látok.

Konstruktéri delostreleckých granátov sa snažili znížiť hrúbku stien tak, ako to len bude možné, a zároveň použiť čo najmenšie množstvo trhaviny. Takýto typ munície prvýkrát použila francúzska armáda v kombinácii s klasickým strelivom proti nemeckým postaveniam pri

meste Verdun. Pre nemeckú stranu bola použitá chemická látka záhadou, pretože k zjavnej intoxikácii dochádzalo až po určitej dobe latencie. K vysvetleniu došlo až po dvoch dňoch po pitve usmrtených vojakov. Vznik ťažkého edému pľúc dokazoval pôsobenie fosgénu. Odzvuou nemeckej armády bolo zavedenie difosgénu. Táto kvapalná otravná látka zabezpečovala ľahšie plnenie granátov a jej toxicita je porovnateľná s fosgénom. Granáty tzv. zeleného kríža plnené difosgénom boli prvýkrát použité v máji 1916 pri palbe na pevnosť Fort Souville.

Francúzska armáda prvýkrát použila delostrelecké granáty s kyanovodíkom pri útoku na Somme v júli 1916. Kyanovodík patrí medzi krvné jedy s vysokým toxickým účinkom na organizmus. Tento útok však nemal očakávaný účinok, pretože pary kyanovodíka sú ľahšie ako vzduch a rýchlo unikli z kontaminovaného priestoru. Francúzska armáda vyskúšala aj chlór-kyan a perchlórmetylmerkaptán. Anglická armáda okrem munície francúzskeho typu s fosgénom, chlórpicrínom a kyanovodíkom zaviedla aj vlastné granáty s jódetylacetátom. Rusi zaviedli granát so zmesou oxidu siričitého s chloridom sírnym, alebo chlórpicrínom [16].

Nemcom sa podarilo do armády zaviesť nový typ dráždivých látok na báze aromatických arzínov, najmä difenylchlórarzín (Clark I) a difenylkyanarzínu (Clark II). Látku Clark I použila nemecká armáda v roztoku s fosgénom a difosgénom. Munícia obsahovala kryštalický arzín plnený do sklenených guľčiek uzavretých zátkou a zaliatych trinitrotoluénom. Otravná látka sa uviedla do bojového stavu po explózii rozprášením za vzniku dráždivého dymu, ktorý aj v nízkych koncentráciách prenikal filtrami ochranných masiek a vplyvom jeho silných dráždivých účinkov nútil k ich zloženiu. Pre túto jeho vlastnosť dostali arzíny označenie drviče masiek. Živá sila so zloženými maskami bola teda úplne nechránená proti iným otravným látkam so smrteľným účinkom. Ochrana proti dráždivému aerosólu sa ukázala ako veľmi ťažká a uspokojivo nebola vyriešená do konca vojny.

13. júla 1917 nemecká armáda použila oveľa nebezpečnejšiu otravnú látku s chemickým označením bis(2-chlóretyl)sulfid. „Kráľ plynov“, ako sa neskôr začalo hovoriť tejto látke, dostal kódové označenie Lost podľa nemeckých chemikov W. Lommenda a W. Steinkopfa, ktorí navrhli jeho bojové použitie. Látka bola použitá na fronte pri Yprés. Použitie tejto pľuzgierotvornej otravnej látky v podstate zmenilo charakter a priebeh chemickej vojny. Išlo totiž o prvú látku schopnú kontaminovať terén, bojovú techniku, výzbroj a výstroj jednotiek na dlhú dobu a prenikať do organizmu nielen dýchacími cestami, ale najmä pokožkou. Táto látka našla využitie hlavne vo vedení obranného boja. Francúzi a Rusi ju začali nazývať yperit, podľa miesta jej prvého použitia.

Yperitom bol údajne zasiahnutý aj Adolf Hitler, v tom období iba poddôstojník nemeckej armády. Vo svojej knihe Mein Kampf uvádza: „Do rána moja bolesť narastala a o siedmej hodine som už len klipkal a žmurkal páliacimi očami. Už za niekoľko hodín sa moje oči premenili na žeravé uhlíky a okolo mňa sa zatmilo.“ Hitler bol prevezený do poľného lazaretu na severovýchode Nemecka. Mnoho historikov tvrdí, že práve táto skutočnosť ovplyvnila Hitlerov názor na chemickú vojnu.

V USA prezident Woodrow Wilson rozhodol o zriadení výskumných a vývojových inštitúcií pre potreby vojska. Centrami sa stali napr. Katolícka univerzita vo Washingtone, univerzity Harvard a Yale, ktoré sa zaoberali štúdiom chemickej vojny po jej zdravotníckej stránke. Dôraz sa kládol na vývoj TCHL (toxických chemických látok) na báze arzénu. Výsledok sa dostavil 23. augusta 1918 objavom látky so silne pľuzgierotvorným účinkom a to 2-chlórvinylidichlórarzénu. Podľa vedúceho skupiny Winforda Lewisa dostala látka pomenovanie lewisit, príp. „rosa smrti“ (The Dew of Death).[1]

V 1. svetovej vojne na všetkých jej frontoch armády použili najmenej 45 druhov toxických chemických látok. Z nich bolo 18 so smrtiacim účinkom (14 dusivých, 4 pľuzgierotvorné) a 27 dráždivých. Efektivita TCHL oproti výbušným látkam bola asi 20-krát vyššia. Na vojenské účely sa vyrobilo viac než 210 000 ton TCHL a použilo sa minimálne 113 500 ton (tab. 2.1).

Tabuľka 2.1: Množstvo použitých otravných látok v I. svetovej vojne v tonách [1]

	1915	1916	1917	1918	SPOLU
NEMECKO	2 900	7 000	15 000	28 000	52 900
FRANCÚZSKO	300	3 500	7 500	15 000	26 300
ANGLICKO	200	1 600	4 900	7 700	14 400
RAK.-UHORSKO	-	800	2 700	4 400	7 900
TALIANSKO	-	400	2 500	3 400	6 300
RUSKO	200	1 800	2 700	-	4 700
USA	-	-	-	1 000	1 000
CELKOM	3 600	15 100	35 300	59 500	113 500

Straty spôsobené použitím chemických zbraní predstavovali asi 1,3 milióna osôb (z toho vyše 90 000 mŕtvych). Prvá svetová vojna zanechala ľudstvu dedičstvo, o ktorom pri preberaní Nobelovej ceny profesor Haber povedal: „V budúcej vojne nebude môcť žiadna armáda otravný plyn ignorovať, je vyššou formou zabíjania“. Túto myšlienku potvrdzujú i údaje uvedené v (tab.2.2).

Tabuľka 2.2: Prehľad významných chemických vojen [19]

Vojna	Obdobie	Rozsah	
		zasiiahnutých	z toho mŕtvych
1. svetová	1914 – 1918	1 296 853	91 198
taliansko-habešská	1935 – 1936	250 000	5 000 – 10 000
čínsko-japonská	1937 – 1945	viac ako 1 000 chemických útokov	
2. svetová	1941 – 1945	4 000 000 ^a	4 000 000 ^a
egyptsko-jemenská	1963 – 1967	2 300	1 380
vietnamská	1961 – 1971	1 536 016	1 620 – 3 500
iracko - iránska	1983 – 1988	100 000	30 000
Spolu	1914 – 1988	7 185 169	4 136 070

^a – plynové komory, koncentračné tábory

2.1.3 OBDOBIE MEDZI SVETOVÝMI VOJNAMI

Tridsiate roky minulého storočia boli poznačené obrovským nárastom zbrojenia potom, čo sa Nemecko začalo pripravovať na chemickú vojnu.

Do marca 1936 tvorili zásoby otravných látok asi 1 000 ton yperitu a 300 ton chlóracetofenónu. [1] Po nástupe fašizmu v Nemecku vojenská vývojová základňa zosilnela. Vojensko-chemický výskum bol zameraný na niekoľko hlavných oblastí. Prvoradou úlohou bola výroba doposiaľ známych a v prvej svetovej vojne aj vyskúšaných látok. Ďalej to bol výskum pľuzgierotvorných látok a snaha o dosiahnutie ich vyššej účinnosti. Výskum však smeroval aj ku novým toxickým zlúčeninám fosforu. A tak v roku 1934 dostal dr. Gerhard Schrader (pracujúci v laboratóriu vo Farbenfabriken Bayer) príkaz na vývoj prostriedkov na ochranu rastlín. So svojimi spolupracovníkmi objavil veľmi toxické zlúčeniny fosforu. [15]

Objavom tabunu sa však vývoj organofosfátových TCHL nezastavil. Dr. Schrader v roku 1938 pripravil ešte toxickejšiu látku. Bol ňou izopropylmetylfosfonofluorid. Neskôr dostala názov sarin podľa vedúcich osobností pracujúcich na jej vývoji: Schrader, Ambros, Ritter a Linde.

Veľká príležitosť na masové použitie otravných látok sa naskytla pri útoku Talianska na Etiópiu, ktorý začal 4. októbra 1935. Taliani nasadzovali chemické zbrane od decembra 1935

a využívali ich počas vedenia takmer všetkých vojenských operácií. Z použitého množstva asi 700 ton otravných látok bolo 60 % látok pľuzgierotvorných. Zasiahnutých bolo asi 250 000 ľudí. Z toho zahynulo 10 000 vojakov a 5 000 civilistov. Najväčšie využitie našiel yperit, ktorý bol pri vysokých teplotách v Etiópii veľmi prchavý. Obzvlášť účinný bol na nechránenú pokožku domorodých obyvateľov. Posledný chemický útok vedený hlavne proti civilnému obyvateľstvu sa uskutočnil 7. apríla 1936 v oblasti Alamaty.

Skúsenosti Talianska v Etiópii sa snažilo čo najviac využívať Japonsko pri svojej invázii do Číny. Bolo to najmä používanie dráždivých látok typu Clark II vo forme aerosólu vyvíjaného dymovnicami alebo mínami. Popri tom však našiel svoje využitie aj yperit a lewisit. [21]

2.1.4 POUŽITIE CHZ V OBDOBÍ DRUHEJ SVETOVEJ VOJNY

Druhá svetová vojna sa od prvej líšila hlavne tým, že na jej frontoch neboli chemické zbrane použité masovým spôsobom. Dôvodom, prečo sa tak nestalo, bola obava z odvetného nasadenia takýchto látok. Na konci druhej svetovej vojny zásoby otravných látok predstavovali okolo 400 tisíc ton. Takéto množstvo bolo dvojnásobkom celkového množstva vyrobeného v 1. svetovej vojne. Najväčší podiel tvorili pľuzgierotvorné látky yperit a lewisit, ktorých sa vyrobilo asi 270 tisíc ton. [18]

Nemecko pri realizácii plánov na dobytie Veľkej Británie počítalo aj so začatím leteckej chemickej vojny. Luftwaffe počítala s nasadením 76 000 bômb typu KC-250 plnených yperitom, 5 000 bômb plnených fosgénom alebo difosgénom a 8 000 bômb s dráždivými látkami. Okrem chemických bômb sa uvažovalo aj o použití otravných látok formou postreku. Nakoniec sa v bojoch o Britániu otravné látky našťastie nepoužili.

Dostupné údaje potvrdzujú nemecké plány na chemickú vojnu. V čase od mája 1940 do apríla 1941 vyrobili nemecké továrne okolo 13 052 ton otravných látok, z toho asi 6 212 ton yperitu, 2230 ton difosgénu a 1985 ton chlóracetofenónu. Chemická munícia mala tvoriť 18 % celkového množstva munície. Stav chemickej munície k 1. júnu 1941:

- 401 000 granátov pre ťažké poľné húfnice;
- 1 293 500 granátov pre ľahké poľné húfnice a ľahké pechotné granáty;
- 248 600 striel do vrhačov (Werfergeschosse);
- 822 500 chemických mín.

Útoku na Sovietsky zväz sa zúčastnili štyri špeciálne chemické pluky (Werferregiment 51, 52, 53, 54), ktoré mali vo výzbroji 106 raketometov Nebelwerfer 35 pre rakety kalibru 100 mm a 180 raketometov Nebelwerfer 41 pre rakety kalibru 150 mm (tab.2.3). Každý pluk mal k dispozícii 324 kusov zbraní a v jedinej salve mohol odpáliť až 6 ton otravných látok.

Tabuľka 2.3: Výzbroj nemeckých chemických plukov [1]

Prostriedok	Dostrel (m)	Hmotnosť strely (kg)	Rýchlosť streľby
100 mm Nb. Wf. 35	3 025	7	10 striel.min ⁻¹
100 mm Nb. Wf. 40	6 350	8	8 striel. min ⁻¹²
150 mm Nb. Wf. 41	6 900	34	3 salvy/ 5 min ^a
210 mm Nb. Wf. 42	7 850	112	2 salvy/ 5 min ^b
300 mm Nb. Wf. 42	4 550	127	6 striel.min ⁻¹

^a – šesťhlavňový raketomet, ^b – päťhlavňový raketomet

Generálny štáb nemeckej pozemnej armády plánoval použitie chemických zbraní na dobytí Leningradu. Nakoľko vojna začala nadobúdať pozitívny charakter a dochádzala aj klasická munícia, do popredia sa dostala otázka použitia munície chemickej. [1]

Sovietsky veľvyslanec Ivan Majskij sa 16. marca 1942 zišiel v Londýne s britským pred-

sedom vlády Winstonom Churchillom a odovzdal mu správu od Stalina o otvorení druhej fronty. Churchilla tiež informoval o podozrení z použitia chemických zbraní nemeckou armádou pri Borisove v Bielorusku. Navrhoval mu aby britská vláda varovala Hitlera pred ďalším použitím chemickej munície pod hrozbou odvetného úderu. Po hlásení z Krasnodaru sovietska agentúra TASS informovala o chemickom útoku nemeckej armády proti sovietskym postaveniam na Kryme. V správe bolo uvedené použitie mín plnených otravnými látkami s vplyvom na dýchacie orgány. Takéto vážne obvinenie viedlo Churchilla, aby splnil sľub, ktorý dal Stalinovi. Preto sa 10. mája do rozhlasu vyjadril: „Teraz chcem prehlásiť, že nevyprovokované použitie otravného plynu proti nášmu ruskému spojencovi budeme posudzovať presne tak, akoby ho použil proti nám, a ak budeme uistení, že Hitler sa dopustil tohoto nového zločinu, použijeme svoju veľkú a narastajúcu leteckú prevahu na západe k tomu, aby sme preniesli plynovú vojnu v najväčšom možnom rozsahu široko ďaleko proti vojenským cieľom v Nemecku. Hitler má teda možnosť voľby, či chce pridať ešte túto hrôzu k vzdušnému boju.“

Niekoľko dní po tomto varovaní došlo k použitiu chemických zbraní proti partizánom na Krymskom polostrove Kerč. Do obklúčenia tam Nemci dostali okolo 10 000 sovietskych občanov. Po piatich mesiacoch neúspešného dobývania ich postavení zaviedli do katakomb veľké množstvo otravných látok, ktorými usmrtili 3 000 obrancov. Na jeseň 1943 bol zase proti partizánom na Kryme použitý plyn na báze acetylénu. Na následky tohto brutálne vykonaného útoku zomrelo až niekoľko tisíc ľudí.

Nemecko nemalo dostatočné informácie o chemickej výzbroji spojencov. Rad odborníkov sa domnieval, že aj ostatné krajiny sú schopné vyrobiť sarin alebo tabun. Pred tabunom dokonca bežná maska nechránila, pretože pri jeho styku s aktívnym uhlím sa uvoľňoval kyanovodík. Až po vojne sa ukázalo, že Nemecko bolo monopolným vlastníkom tohto typu otravných látok.

Chemická výzbroj nemeckej pozemnej armády na konci roku 1944 zahŕňala viac ako 5,7 milióna delostreleckých granátov a striel plnených otravnými látkami. Ich ďalšia výroba nebola možná pretože suroviny na ich výrobu boli vyčerpané a jednotlivé časti chemického priemyslu zničené spojeneckým bombardovaním. Otázka vývoja chemických zbraní bola naposledy riešená ešte v marci 1945 ako posledná možnosť odvrátenia porážky Nemecka. Hitler vtedy navrhoval aj použitie legendárneho gréckeho ohňa.

Medzi bežné postupy pri vývoji a výskume chemických zbraní patrili aj experimenty na ľuďoch. Tie sa začali vykonávať v koncentračnom tábore Sachsenhausen od septembra 1939 a pokračovali prakticky až do konca vojny. Zo všetkých doposiaľ známych TCHL sa v najväčšej miere testovali yperit a difosgén. V tábore Natwzeiler-Struthof sa vykonávali práce na chemoterapii po zasiahnutí yperitom a pokusy s prostriedkom proti otrave fosgénom. Podobné pokusy sa vykonávali aj v táboroch Osvienčim a Lublin. V koncentračnom tábore Sachsenhausen boli vykonávané skúšky otrávených striel. Náboje kalibru 9 mm Parabellum obsahovali sklenenú ampulku s jedom, pravdepodobne kyanidom draselným alebo nikotínom. Snahy o vyrobenie takejto munície boli inšpirované podobnou muníciou nájdenou v Sovietskom zväze.

K fašistickému spôsobu vedenia vojny neodmysliteľne patrila aj fyzická likvidácia vojnových zajatcov, antifašistov, Židov, Slovanov a iných „nečistých rás“ prostredníctvom plynových komôr. Vyhľadzovanie sa uskutočňovalo hlavne v koncentračných táboroch Buchenwald, Osvienčim, Sachsenhausen, Neuengamm, Lublin, Gross-Rossen, Ravensbrück, Treblinka a ďalších. Prevádzka plynových komôr v Mauthausene sa začala v máji 1942. [25]

V koncentračnom tábore v Lubline skúšali zabíjať oxidom uhoľnatým, ktorý bol produkován spaľovacími motormi vo výfukových plynch. Zo začiatku sa obeť zatvárali na korbu nákladného automobilu, kde bol zavedený výfuk od motora. Neskôr nechal policajný komisár Wirth postaviť špeciálne sprchy, ktoré boli potrubím prepojené s dieselovým motorom.

V septembri 1941 bola v Osvienčime vyskúšaná nová metóda likvidácie väzňov za použitia cyklónu B (Zyklon B). Táto metóda výrazne prekonala tzv. Wirthovov-Heckenholtov výfukový plyn. Cyklón B bol vyvinutý v roku 1922 dr. Walterom Heerdtom ako vysoko účinný prostriedok na ničenie hmyzu a hlodavcov. Pôvodne to bola sublimujúca látka, pravdepodobne metylkyanoforniát, z ktorého sa následkom hydrolyzy vzdušnou vlhkosťou uvoľňoval kyanovodík. Nový prípravok už obsahoval nosič nasýtený kyanovodíkom. Počas celého trvania vojny boli takýmto spôsobom (tzv. Sonderbehandlung – zvláštne zaobchádzanie), vyhladené takmer 4 milióny ľudí z celkového počtu 8 miliónov obetí koncentračných táborov. Najmä po porážke v Stalingrade sa mŕtvolky „z ekonomických dôvodov“ používali aj na ďalšie účely. Z kostí sa vyrábalo umelé hnojivo, z tuku mydlo a mäso sa využívalo ako živná pôda pre rozmnožovanie baktérií pre vývoj biologických zbraní. [23]

Chemické zbrane používala aj japonská armáda v roku 1939 vo vojne s Čínou. Jeden z rozsiahlych japonských chemických útokov bol zaznamenaný v čínskej provincii Shaanxi. Japonská taktika spočívala v dlhodobom ostreľovaní obranných pozícií protivníka granátmi plnenými dráždivými látkami. Potom nasledoval prekvapivý útok pľuzgierotvornými TCHL. Takýmto spôsobom bolo v Ichangu otrávených asi 1 600 Číňanov, z ktorých 600 zomrelo.

CHZ plánovali použiť proti Japonsku aj USA. Pre ofenzívne použitie chemických zbraní proti japonskej armáde hovorilo niekoľko dôležitých faktorov, najmä vhodné klimatické podmienky, hlavná zodpovednosť USA na vojne v Tichom oceáne a snaha obmedziť vlastné straty. Do Japonska smeroval napríklad aj náklad fyto toxických látok. Tieto látky obsahovali estery kyseliny 2,4-dichlófenoxyoctovej. Vezené množstvo mohlo zničiť až 30 % japonskej úrody ryže. Na poslednú chvíľu Spojené štáty zmenili svoj postoj a rozhodli sa nepoužiť chemické zbrane. Prednosť dali atómovej bombe vyvinutej v rámci gigantického projektu Manhattan. V poslednej fáze vojny však veľkú úlohu zohrali aj zápalné zbrane, ktoré sa stali bežnou metódou boja.

Do konca 2. svetovej vojny bolo vyrobených viac ako 390 tisíc ton bojových TCHL, ale k hromadnému použitiu týchto látok našťastie neprišlo. [1]

2.1.5 POUŽITIE CHEMICKÝCH ZBRANÍ V OBDOBÍ STUDENEJ VOJNY

Po období relatívneho nezáujmu o chemické zbrane spôsobenom eufóriou z atómového monopolu vypracovali v priebehu päťdesiatych rokov americkí odborníci množstvo špeciálnych štúdií, ktoré viedli k oživeniu vojenského chemického programu. Chemické zbrane v tomto období boli považované za alternatívu zbraní nukleárných.

História jedného z najväčších konfliktov studenej vojny, spájaného s použitím zbraní hromadného ničenia, sa začala v podstate už 15. augusta 1945.

Kóreu, ktorú anektovalo Japonsko, rozdelili v roku 1945 na dve okupačné zóny – sovietsku na sever od 38. rovnobežky a americkú na juhu. Predpokladalo sa konečné zjednotenie krajiny, ale okupačné sily v obidvoch zónach vytvorili vlády, ktoré odrážali ich ideológie. Severná Kórea v roku 1950 podnikla rozsiahlu inváziu na juh. Začala sa tzv. Kórejská vojna, ktorá trvala celé 3 roky (1950 – 1953). [27]

Vo vojne v Kórei vyskúšala americká armáda chemické zbrane. Išlo hlavne o bojové herbicidy, látky dusivé a vo veľkom rozsahu aj zbrane zápalné, najmä ohňomety a napalмовé bomby. Podľa štatistických údajov predstavovalo množstvo použitého napalmu 32 557 ton.

Po osemročnej koloniálnej vojne Francúzska v Indočíne došlo k rozdeleniu Vietnamu dočasou demarkačnou čiarou pozdĺž 17. rovnobežky na dve časti. V októbri 1955 vznikla Juhovietnamská republika a na severe neskôr Vietnamská demokratická republika. Prezident USA Johnson nebol ochotný pripustiť, že by sa južný Vietnam mal dostať do rúk komunistov zo severu. [26] V decembri 1964 sa proti severnému Vietnamu začala operácia pod názvom „Flaming dart“, osemročná letecká vojna, ktorá svojou intenzitou nemala v dejinách obdoby.

Podľa oficiálnych amerických údajov predstavovali výdavky USA na vietnamskú vojnu v rokoch 1965 – 1971 spolu 120 miliárd dolárov (podľa neoficiálnych prameňov až 200 miliárd). Americké straty tvorili viac ako 50 000 mŕtvych a 150 000 zranených vojakov. Oveľa väčšie straty, takmer milión vojakov, utrpel protivník. Celkové vojnové straty, vrátane civilného obyvateľstva Indočíny, dosiahli neuveriteľný počet 3,6 milióna.

Aj keď sa vojna viedla tou najmodernejšou bojovou technikou, jej charakter v mnohom pripomínal zákopovú vojnu v rokoch 1915 – 1918. Tento fakt mal za následok masové nasadzovanie zápalných prostriedkov (obr. 2.2), herbicídov a dráždivých látok. Indočina sa v šesťdesiatych a sedemdesiatych rokoch stala atraktívnym polygómom pre testovanie úplne nových druhov bojových látok a prostriedkov na ich použitie.



Obrázok 2.2 Zranenie spôsobené napalmom [1]

Herbicídy boli postupne nasadené do všetkých oblastí južného Vietnamu od demilitarizovanej zóny až po deltu Mekongu, a tiež do niektorých oblastí Laosu a Kambodže. Všade tam, kde sa predpokladalo rozmiestnenie partizánskych oddielov Národnej fronty oslobodenia a na dôležité spojovacie komunikácie. Spočiatku bolo cieľom zlepšiť vertikálnu i horizontálnu vizuálnu kontrolu, neskôr sa už išlo o systematické ničenie poľnohospodárskych plôch a lesov s úmyslom likvidovať výživovú základňu obyvateľstva. Tieto operácie prebiehali v rámci programu Farm Hand.

Najpoužívanejším prostriedkom bol rozprašovač A/A 45-Y-1 s objemom nádrže 3 780 litrov, ktorá stačila na postrek plochy viac ako jeden kilometer štvorcový, takže mohlo byť zamorené pásmo dlhé až 15 kilometrov a široké 80 metrov. K vytváraniu aerosólu dochádzalo na mechanickom princípe u všetkých lietadiel s pretlakovým systémom, kde sa u závesných rozstrekovačov využíval nápor vetra. Koncentrácia herbicídov priemerne 13-krát prevyšovala koncentrácie odporúčané ministerstvom pôdohospodárstva USA a bola ešte ďalej zvyšovaná opakovanými postrekmi. Výnimkou neboli dva až tri vzlety lietadiel nad tú istú oblasť v priebehu dvadsiatich dní. Od roku 1966 začala americká armáda používať aj primitívnu, ale veľmi účinnú aplikáciu herbicídov. Lietadlá zhadzovali na ryžové polia sudy

a plastické obaly, ktoré sa po dopade na zem roztrhli a vytvárali zvlášť koncentrované ložiská chemikálií.

Okrem lietadiel a vrtuľníkov počítal program defoliácie aj s nasadením ďalších prostriedkov, napríklad pozemných prenosných rozprašovačov, špeciálne upravených vozidiel a člnov. V druhej polovici šesťdesiatych rokov, v priebehu rozsiahlych vojenských operácií na území provincií Song Be a Tay Ninh, sa herbicídy používali kombinovane s palebnými zbraňami a leteckými bombami pri tzv. kobercovom bombardovaní.

V Indočíne sa používali najmä tri základné receptúry a to Agent Orange, White a Blue, označené podľa farebného kódu na prepravných sudoch. Najpoužívanější látka Orange je v podstate zmesou kyseliny 2,4-dichlórfenoxioctovej (2,4-D) a kyseliny 2,4,5-trichlórfenoxioctovej (2,4,5-T), resp. ich n-butylestero. Táto látka bola špeciálne vyvinutá pre tvrdé porasty a širokolisté rastliny. Jej účinnosť dokladá zistenie, že na zasiahnutých mahagónových hájoch sa dodnes neobnovil plný rast.

Látka White, zmes 2,4-D a picloramu (kyselina 4-amino-3,5,6-trichlórpikolinová), je moderný herbicíd s vysokou stabilitou. Receptúra Blue je vysoko toxická pre trávy, preto sa používala na ničenie ryžových polí. Obsahuje kyselinu dimetylarzínovú (kakodylovú) a jej sodnú soľ. Jej výrobca priznáva, že pracovníci v prevádzke sa musia pravidelne podrobovať testom na prítomnosť arzenu v moči. Na vyvolanie symptómov nebezpečnej otravy u človeka stačí rádovo niekoľko kvapiek.

Okrem týchto zmesí použila americká armáda receptúru Purple (zmes esterov 2,4-D a 2,4,5-T), ďalej mala k dispozícii herbicídy bromacil (3-bróm-sec.butyl-6-metyluracil) a monuron, čo je 3-(4-chlórfenyl)-1,1-dimetylmočovina. [1]

V priebehu desiatich rokov bola zasiahnutá jedna desatina celého územia južného Vietnamu so 44 % všetkých jeho lesných plôch. Výsledkom týchto akcií bolo okrem iného poškodenie 4 miliónov hektárov (60 %) džungle a viac ako 100 000 hektárov (30 %) rovinného lesa. Úroda kaučukových plantáží klesla od roku 1960 o 75 %. Došlo k zničeniu 40 - 100 % banánovníkov, ryže, sladkých zemiakov, papáje, 70 % kokosových plantáží (tab 2.4).

Tabuľka 2.4: Rozsah používania fytotoxických látok vo Vietname [1]

Rok	Zasiahnutá plocha (km ²)	Počet osôb	
		otrávených	mŕtvych
1961	6	180	-
1962	110	1 120	38
1963	3 200	9 000	80
1964	5 002	11 000	120
1965	7 000	14 640	351
1966	8 765	258 000	-
1967	9 033	279 700	233
1968	9 893	302 890	-
1969	10 870	342 886	500
1970	4 150	185 000	300
Spolu	58 029	1 536 016	1 620

Ešte v päťdesiatych rokoch predstavoval export ryže asi milión ton, ale v roku 1971 už museli byť dovezené 2 milióny ton ryže, z toho väčšina z USA. Celkový objem poľnohospodárskej výroby klesol o 30 %. Defoliácii boli vystavené aj pohraničné oblasti Laosu, Kambodže a severného Vietnamu. Napríklad v Kambodži po operáciách vykonaných v apríli až máji 1969 a v máji až novembri toho istého roku poklesol výnos kaučuku v postihnutých oblastiach o 35 – 45 %. Chemickou vojnou boli zničené potraviny, ktoré mohli nasýtiť 2 milióny

ľudí. Rovnaký počet ľudí bol otrávený, z toho 3 500 smrteľne. U zasiahnutých osôb vznikali chronické ochorenia s vážnym ohrozením genetického materiálu.

Časom sa zistilo, že použitie herbicídov v Indočíne zanechalo vážne následky aj na veteránoch tejto vojny, najmä na amerických a austrálskych. Okrem herbicídov a defoliantov používala americká armáda v Indočíne tiež klasické toxické chemické látky. [19] Už od roku 1964 sa na bojisku objavila dráždivá munícia plnená chlóracetofenónom, adamsitom, zmesou chlóracetofenónu s chlórpicrínom, brómetylacetátom a najmä o-chlórbezylden malónonitrilom, ktorý bol v päťdesiatych rokoch študovaný v britských laboratóriách a dostal kódové označenie CS. Použitie uvedených látok (okrem látok zápalných, dymotvorných a fyto-toxických) vychádzalo z vojenského predpisu Armed Forces Doctrine For Chemical And Biological Weapons Employment And Defence (FM 101-40) vydaného v apríli 1964.

Do roka 1964 patrili medzi základné prostriedky použitia dráždivých látok ručné granáty, napríklad typu M7A2, zaradené do výzbroja začiatkom šesťdesiatych rokov. V roku 1970 sa vo výzbroji americkej armády objavilo až 18 typov rôznej munície. Jednalo sa o ručné granáty, delostrelecké granáty, letecké bomby, explozívne sudy, vaky, kanistre a aerosólové generátory. Ako účinné látky sa používali štyri základné receptúry: technická CS, pyrotechnická zmes, receptúra CS-1 a CS-2. Technická CS predstavovala 96 % čistý preparát rozptyľovaný pomocou termogenerátorových zariadení. Pyrotechnická zmes obsahovala účinnú látku zmiešanú s pyrotechnickou náložou a pod kódom CS-1 sa skrýval mletý mikroprášok obsahujúci 5 % silikagelu, používaný vo všetkých typoch zbraní s vysoko explozívnou náložou, alebo v špeciálnych rozptyľovacích zariadeniach. CS-2 bola v podstate stabilnou, upravenou receptúrou CS-1 (tab. 2.5). Podľa vietnamských údajov si táto receptúra po rozptýlení americkými lietadlami v júli 1970 uchovala svoju účinnosť až do decembra. [16]

Tabuľka 2.5: Množstvá látky CS objednané americkou armádou v čase vojny vo Vietname (v tonách) [1]

Receptúra	Rok						Spolu
	1964	1965	1966	1967	1968	1969	
CS	112	46	188	220	362	1 009	1 929
CS-1	71	80	605	480	1 625	80	2 941
CS-2	0	0	0	0	145	1 950	2 095
Spolu	183	126	783	700	2 132	3 039	6 965

V marci 1966 sa prvý krát objavila v juhovietnamskej provincii Bongsan v rámci operácie White Wing psychoaktívna látka BZ s účinkom na nervový systém. Navyiac bolo zistené, že v tropických krajinách z horúcim a suchým podnebím ako vo Vietname môže inhalácia aerosólu viesť k narušeniu termoregulácie a hospodáreniu tela s vodou, pričom tieto poruchy môžu mať aj smrteľné následky. [14] Americké ozbrojené sily používali vo Vietname aj dusivé bojové chemické látky fosgén a tiofosgén. Je pomerne málo známe, že ku koncu vojny v Indočíne použila americká armáda aj nervovoparalytické látky typu VX a sarin. [1]

Osobitnou kapitolou v použití chemických zbraní je vojna v Afganistane. Sovietski chceli zabrániť tomu, aby sa aj Afganistan stal prozápadným štátom, preto za každú cenu podporoval skorumpovaný režim Háfizulláha Amína. Dňa 12. septembra 1979 sa Moskva rozhodla pre inváziu sovietskych vojsk do Afganistanu [11]. K ich stiahnutiu došlo až po desiatich rokoch. Najvyšší stav sovietskych jednotiek v Afganistane predstavoval 120 000 mužov. Straty na ľudských životoch prevyšovali 14 000. Strategické ciele, priebeh a výsledok bojov natoľko pripomínajú americkú intervenciu vo Vietname, že sa afgánska vojna niekedy označuje ako „sovietsky Vietnam“. [28]

Na 35 zasadaní Valného zhromaždenia OSN v novembri 1980 Spojené štáty informovali, že v priebehu vojny v Afganistane sovietske jednotky používali chemické aj biologické zbrane. V prvej fáze bojov vyskúšali účinok dráždivého chlóracetofenónu a látky označovanej kódom K, pravdepodobnej totožnej s látkou CS. Neskôr nasadili yperit, kyanovodík, nervovoparalytické látky a novú neznámu vysoko účinnú látku „Blue X“. Chemické zbrane používalo letectvo, delostrelectvo a diverzné skupiny pri otravovaní vodných zdrojov. Bolo potvrdené, že sovietske ozbrojené sily v Afganistane mali vo svojej zostave špeciálne chemické jednotky, údajne určené výhradne na defenzívne účely, ktorých prítomnosť bola vysvetľovaná obavami pred chemickými útokmi afgánskych povstalcov. V priebehu vojny tieto jednotky v niekoľkých prípadoch rozvinuli miesta dekontaminácie.

Americká vláda v roku 1982 oznámila celkom štyridsaťsedem prípadov použitia chemických zbraní a až 3 042 obetí, obvinenie však nepodložila nijakými dôkazmi. Naopak list *Süddeutsche Zeitung* dňa 22. októbra 1981 citoval vedúceho delegácie Medzinárodného výboru Červeného kríža v pakistanskom Pěšaváre, ktorý uviedol, že lekári tejto organizácie v inkriminovanej dobe nezaznamenali žiadnych pacientov s príznakmi zasiahnutia toxickými chemickými látkami.

Po sérii pohraničných konfliktov medzi Irakom a Iránom, vyvolaných spormi o strategické ostrovy v Perzskom zálive a pohraničnú rieku Shatt al-Arab, vypukla v septembri 1980 otvorená, aj keď nevyhlásená vojna. Pokračovanie „storočného boja medzi Arabmi a Peržanmi“ bolo zastavené až v roku 1988 na základe rezolúcie OSN č. 598 bez toho, aby niektorá zo strán dosiahla svoj cieľ. V rokoch 1983 – 1988 v tejto vojne Irak vo veľkom rozsahu používal aj chemické zbrane. V priebehu bojov bolo hlásených okolo 50 prípadov použitia TCHL proti iránskym jednotkám aj proti civilnému obyvateľstvu. Iracká armáda používala v útoku najmä okamžite účinkujúce nervovoparalytické látky poľným a raketovým delostrelectvom. V obrane spočiatku nasadzovala yperit (obr.2.3), ale vzhľadom na jeho oneskorený účinok pristúpila v neskoršej fáze vojny rovnako k používaniu organofosfátov. Odhaduje sa, že straty spôsobené chemickými zbraňami predstavovali okolo 10 000 osôb, z toho 13 % so smrteľnými následkami krátko po explózii. Asi 20 % smrteľných otráv spôsobil yperit, ostatné možno pripísať tabunu, sarinu a kyanovodíku. Asi 60 000 zasiahnutých osôb muselo byť hospitalizovaných. Jednou z príčin vysokých strát je skutočnosť, že iránska armáda nedisponovala profesionálnymi chemickými jednotkami, a výcvik a vybavenie bojových jednotiek prostriedkami protichemickej obrany neboli na patričnej úrovni. [19]



Obrázok 2.3: Následky použitia yperitu [1]

V období osemdesiatych rokov Irak opakovane použil chemické zbrane aj pri riešení svojich vnútropolitických problémov s kurdským hnutím, aj keď to nikdy nepriznal. Jedným z najbarbarskejších chemických útokov v histórii bolo letecké bombardovanie mesta Halab-dža, ležiaceho v horských oblastiach irackého Kurdistanu. Dňa 16. marca 1988 vo večerných

hodinách nasadili iracké sily proti mestu, ktoré bolo v tom čase okupované iránskou armádou, lietadlá typu Mirage F1 naložené bombami s obsahom yperitu, nervovoparalytických látok a kyanovodíku. Z celkového počtu 70 000 obyvateľov bolo v dôsledku chemického bombardovania usmrtených 5 000 ľudí a ďalších 7 000 bolo priotrávených. [21]

Predmetom rozsiahlych diskusií je i otázka použitia chemických zbraní v druhej vojne v Perzskom zálive. Po vojne v Zálive sa u niektorých amerických veteránov začali totiž vyskytovať príznaky ochorenia označovaného ako „púštna horúčka“, alebo „syndróm vojny v Zálive“. Prejavovali sa chronickou únavou, bolesťami hlavy a zubov, vypadávaním vlasov. Od roka 1997 týmito príznakmi trpelo okolo 65 000 – 75 000 osôb z celkových 600 000 amerických vojakov.

Verziu o použití chemických zbraní v Perzskom zálive podporila aj česká vláda, ktorá začiatkom októbra 1993 predala Pentagonu správu o výsledkoch chemického prieskumu vykonávaného v čase vojny československou protichemickou jednotkou. Na žiadosť USA česká vláda vyslala o rok neskôr do Spojených štátov skupinu chemických expertov českej armády vedenú profesorom Emilom Halámkom, ktorá bola vybavená technikou používanou vojakmi chemickej jednotky na Strednom východe. V amerických chemických laboratóriách v Aberdeene prebehli náročné testy poľného laboratória AL-1, prenosného laboratória PCHL-90, chemického preukazníku CHP-71, automatického signalizátoru otravných látok GSP-11 (sovietskeho pôvodu) a biosenzoru pre detekciu nervovoparalytických látok Detehit. Tieto skúšky preukázali spoľahlivosť techniky, jej vysokú citlivosť a selektivitu.

Objavilo sa niekoľko teórií, ktoré sa pokúšali vysvetliť prítomnosť TCHL v Perzskom zálive a ich súvislosť s príznakmi „púštnej horúčky“. Skúmaná bola možnosť použitia chemických zbraní irackou armádou, objavili sa aj názory, že toxické látky pochádzali z americkej chemickej munície. Najpravdepodobnejším vysvetlením výskytu TCHL je možnosť, že sa uvoľnili z irackých tovární a chemických skladov po spojeneckých leteckých útokoch. Medzi najdôležitejšie ciele útokov amerických a britských leteckých síl v prvej fáze vojny patrilo totiž asi sto objektov zaoberajúcich sa výskumom, výrobou a skladovaním chemických a biologických zbraní. Hlavné vytipované objekty boli zničené už v prvom dni vojny, 17. januára 1991. Len objekt bombardovania v Muthane vtedy skladoval 13 000 delostreleckých granátov kalibru 155 mm, 6 200 rakiet, 8 000 leteckých bômb a 28 bojových hlavíc pre strely typu Scud, to znamená 75 ton sarinu, 70 ton tabunu a 250 ton yperitu

Na vysvetlenie ako mohla vzniknúť „púštna horúčka“ existuje aj iná teória. Ochorenie veteránov zo Stredného východu sa okrem vplyvu chemických zbraní vysvetľuje nepriaznivými klimatickými podmienkami, umocnenými vysokými koncentraciami sploďín z horiacich naftových vrtov, ktoré zapálila ustupujúca iracká armáda. Môže ísť najmä o chronickú otravu oxidom uhoľnatým, prejavujúcim sa poruchami základnej funkcie krvi, ktorou je zaistenie prísunu kyslíka do tkanív. Pretože príznaky sú podobné chorobe z ožiarenia, mnoho odborníkov si myslí, že veteráni boli vystavení vysokej dávke mikrovlnného žiarenia pri intenzívnom vedení rádioelektronického boja. S podnetnou teóriou prišiel epidemiológ Dr. Robert Haley z Texaskej univerzity v Dallase, ktorý upozornil na negatívne pôsobenie dlhodobého používania antidot proti nervovoparalytickým látkam a prostriedkom proti hmyzu. Najnovšie britské poznatky vysvetľujú „syndróm vojny v Zálive“ ako nežiadúcu reakciu na kombináciu očkovacích látok, ktoré vojaci obdržali pred bojovým nasadením. [1]

2.2 DEFINÍCIA A OBSAH CHEMICKÝCH ZBRANÍ

Chemické zbrane spolu s jadrovými a biologickými zbraňami patria do kategórie prostriedkov hromadného ničenia. Ako zbrane hromadného ničenia boli chemické a biologické zbrane proklamované komisiou Organizácie spojených národov v roku 1948. Dňa 13. januára 1993 bola v Paríži otvorená k podpisu Zmluva o zákaze vývoja, výroby, hromadenia zá-

sob a použitia chemických zbraní a o ich zničení (ďalej v texte Zmluva). Je to prvá multilaterálna odzbrojovacia dohoda, poskytujúca možnosť pre elimináciu jednej úplnej kategórie zbraní hromadného ničenia pod všeobecne používanou medzinárodnou kontrolou. Zmluva vstúpila do platnosti 29. apríla 1997, temer 100 rokov potom, čo bola podpísaná prvá dohoda zakazujúca použitie dusivých a jedovatých plynov. K aprílu 2004 ju podpísalo a ratifikovalo 151 členských štátov, 25 signatárov ju doposiaľ neratifikovalo a 17 štátov ju ešte ani nepodpísalo. Štáty, ktoré Zmluvu nepodpísali, nie sú ňou viazané a mohli by chemické zbrane použiť. Vlastnia totiž potrebné suroviny a technológie nutné pre výrobu TCHL a niektoré i pre konštrukciu CHZ. K implementácii Zmluvy bola vytvorená medzinárodná Organizácia pre zákaz chemických zbraní (Organisation For The Prohibition Of Chemical Weapons, ďalej OPCW) so sídlom v Haagu. [65]

Pre účely tejto Zmluvy boli definované chemické zbrane, ktoré znamenajú samostatne alebo spoločne:

- toxické chemické látky a ich prekurzory;
- muníciu a prostriedky určené na usmrtenie, alebo iné poškodenie zdravia prostredníctvom toxických chemických látok;
- ľubovoľné zariadenia určené na priame použitie v náväznosti na použitie už uvedenej munície.

Toxická chemická látka podľa definície Zmluvy znamená akúkoľvek chemickú látku, ktorá môže svojím chemickým pôsobením na životné procesy zapríčiniť smrť, dočasné ochromenie alebo trvalú ujmu na zdraví ľudí alebo zvieratám. Toto zahŕňa všetky chemické látky nezávisle na ich pôvode či metóde výroby a nezávisle na tom, či vznikajú v objektoch, v munícii alebo inde. [29]

TCHL sú plnené do chemickej munície, ako sú chemické granáty, míny, delostrelecké a raketové náboje, hlavice riadených striel, letecké a kazetové bomby, aerosólové generátory a rozstrekovacie zariadenia. Modernjšou formou chemickej munície je binárna munícia.

Veľká rôznorodosť chemických látok z hľadiska ich chemického zloženia, fyzikálnych a bojových vlastností prirodzene vedie k potrebe ich klasifikácie. Vytvoriť jedinou, univerzálnu klasifikáciu TCHL je prakticky nemožné. Špecialisti z rôznych oborov za základ klasifikácie berú to najcharakteristickejšie z hľadiska ich špecializácie. Preto klasifikácia TCHL napríklad z lekárskeho hľadiska môže byť neprijateľná pre odborníkov z iných oborov.

Za krátku históriu existencie bojových TCHL sa objavilo a existuje ich delenie na základe najrôznejších kritérií. Sú známe pokusy klasifikácie v závislosti na prítomnosti aktívnych funkčných chemických skupín, podľa stálosti a prechavosti, na základe prostriedkov použitia a toxicity, metód dekontaminácie a liečenia zasiahnutých, alebo podľa patologických reakcií organizmu, ktoré spôsobujú TCHL, a podobne. Avšak najbežnejšie používaná je klasifikácia podľa fyziologických účinkov. Postihuje základnú vlastnosť látok, a to je ich toxicita.

Pri uplatnení toxikologického hľadiska, posudzujúc hlavné vonkajšie príznaky otravy, je možné bojové TCHL rozdeliť na nervovoparalytické, všeobecne jedovaté, pľuzgierotvorné, dusivé, dráždivé, fytotoxické a psychoaktívne látky.

Podľa toho, či TCHL zasiahnutých ľudí usmrtní alebo len na určitú dobu zneschopní, rozoznávame látky smrteľné (podľa americkej terminológie smrtonosné agensy, kde patria nervovo-paralytické, pľuzgierotvorné, všeobecne jedovaté a dusivé látky) a dočasne vyradujúce, ktoré zasiahnuté osoby vyradia na dobu niekoľko minút až niekoľko dní (dráždivé látky a psychoaktívne látky).

Z nových druhov chemickej munície si zasluhuje pozornosť munícia spôsobujúca kombinované poranenia (mixty) a binárna munícia. [50]

2.2.1 MUNÍCIA SPÔSOBUJÚCA KOMBINOVANÉ ZRANENIA

Má zmiešaný, črepinový otravný účinok. Účinok je založený na vniknutí TCHL do organizmu mechanicky poškodenou pokožkou, k čomu sa používajú otrávené ihličky alebo guľičky, ktoré pôsobia do vzdialenosti cca 150 m. Po výbuchu sú vrhnuté do všetkých strán, prerážajú odev a kožu a zavádzajú TCHL do organizmu. Ďalšie zdokonalenie tejto munície spočíva v riadenej fragmentácii delostreleckých granátov a leteckých bômb, alebo v munícií s tvarovateľnými črepinami. Iným smerom vo vývoji chemickej munície sú tzv. mikrokapsuly. Metóda je založená na vzniku mikrokapsúl obsahujúcich TCHL. Mikrokapsuly rozptýlené pri výbuchu vytvárajú oblak aerosólu a vnikajú do organizmu dýchacími cestami. V organizme sa rozpúšťa obal mikrokapsule a nastupuje účinok TCHL. [50]

2.2.2 BINÁRNA CHEMICKÁ MUNÍCIA

Podstatou tohoto systému chemickej munície, ktorého vývoj sa začal už v roku 1954, je vznik toxickej látky rýchlou syntézou z relatívne netoxických poloproduktov (prekurzorov), po vystrelení, resp. spustení chemickej munície. V zmysle Zmluvy (1993) sa prekurzory, resp. komponenty binárnych zbraní považujú za chemické zbrane a sú vo verifikácii režimu likvidácie postavené na najprísnejšiu úroveň – rovnakú, ako majú supertoxické letálne látky (sarin, soman, VX látka a iné).

Hlavná pozornosť bola sústredená na zmesi pre vznik sarinu a látky VX. Okrem nich sa vývoj v tejto oblasti sústreďoval aj na látku IVA.

Pre binárne receptúry nervovo-paralytických TCHL boli stanovené tieto požiadavky:

- nízka toxicita prekurzorov umožňujúca bezpečné zaobchádzanie s nimi;
- vysoká stálosť jednotlivých komponentov umožňujúca ich dlhodobé skladovanie;
- vysoká chemická stálosť voči používaným konštrukčným materiálom;
- vysoká rýchlosť chemickej reakcie medzi prekurzormi zaisťujúca vysoký výtťažok počas letu chemickej munície na cieľ.

Pri riešení binárnej munície bolo nutné pre splnenie poslednej z uvedených požiadaviek brať do úvahy niekoľko základných skutočností:

- a) prekurzory musia po zmiešaní reagovať rýchlo a spontánne, ak je to možné bez zdroja energie a bez rozpúšťadla, ktoré by predstavovalo nevyužitú zložku pre tvorbu TCHL;
- b) výtťažok prípadných vedľajších reakcií znižujúcich výtťažok hlavnej reakcie musí byť zanedbateľný;
- c) ak pri hlavnej reakcii vzniká okrem TCHL ďalší produkt, musí mať nízku molekulovú hmotnosť, aby čo najmenej znižoval obsah TCHL vo vzniknutej zmesi.

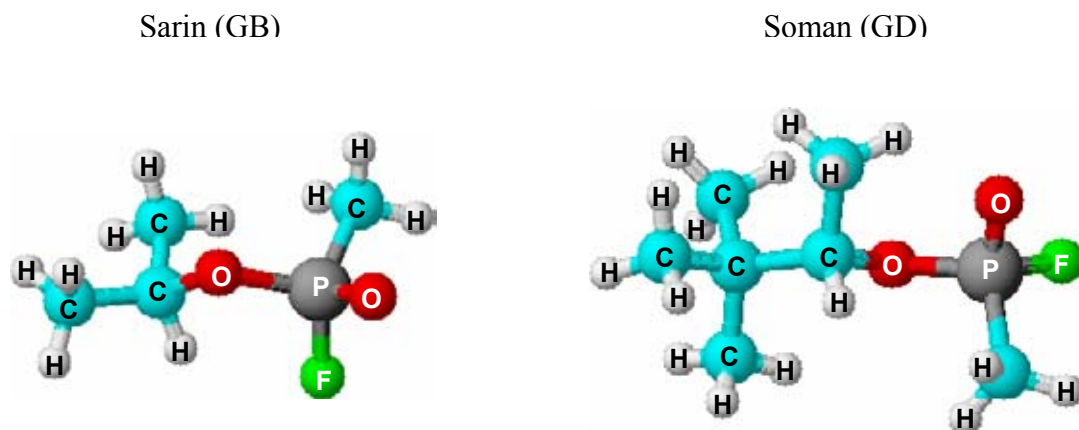
Reakcií, ktoré pripadajú do úvahy pre prípravu sarinu a VX látky je niekoľko. Napríklad u prípravy VX sa najčastejšie používajú dva varianty. V oboch prípadoch jedným z prekurzorov je O-ethyl-O-(2-diizopropylaminoethyl) methylfosfonit, nazývaný látka QL, ktorý reaguje s práškovou sírou za vzniku O-ethyl-O-(2-diizopropylaminoethyl) methylthiofosfonátu, ktorý ihneď izomerizuje za vzniku látky VX. Tento systém je vzhľadom k charakteru prekurzora označovaný ako „Liquid / Solid Binary VX – 2“.

V druhom systéme sa miesto síry používa obdobne reagujúci kvapalný dimethylpolysulfid, označovaný MN. Tento systém sa preto nazýva „Liquid / Liquid Binary VX – 2“. [60]

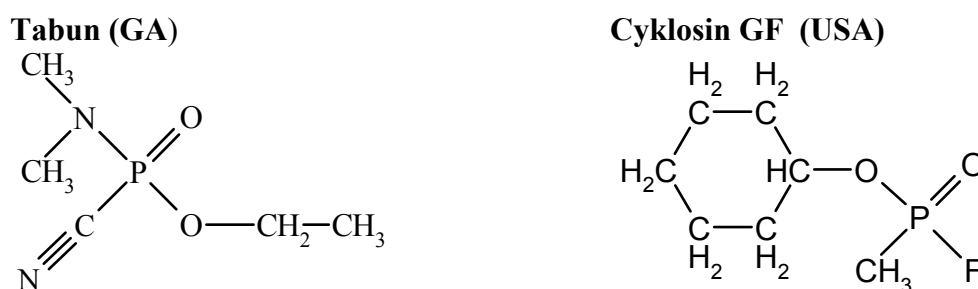
2.2.3 NERVOVO-PARALYTICKÉ LÁTKY

Nervovo-paralytické látky (NPL) patria medzi organické zlúčeniny fosforu. Vyznačujú sa mimoriadnou toxicitou. Sú najvýznamnejšou a najnebezpečnejšou skupinou bojových TCHL. Vyznačujú sa tiež rýchlym nástupom účinku a prienikom do organizmu všetkými bránami

vstupu. Ich syntéza je pomerne lacná a jednoduchá. Delia sa na dve skupiny, ktoré sa všeobecne označujú ako G-látky a V-látky. Medzi **G-látky** patria sarin (O-izopropylmetylfluorofosfonát) [66], soman (O-pinakolylmetylfluorofosfonát) [67], tabun (O-etylдимetylamidokyanofosfát), cyklosin (cyklohexylmetylfluorofosfonát). Ich štruktúrne vzorce sú uvedené na obrázkoch 2.4 a 2.5.



Obrázok 2.4: Priestorové rozmiestnenie atómov v molekulách sarinu a somanu



Obrázok 2.5: Štruktúrne chemické vzorce tabunu a cyklosinu

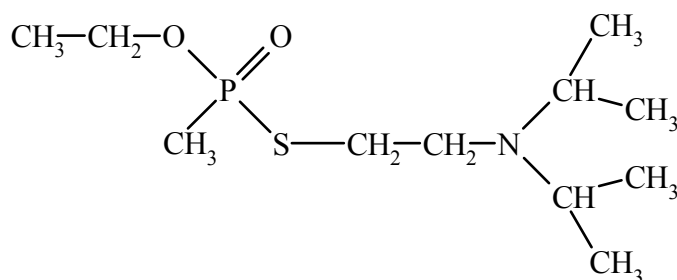
Tabuľka 2.6: Porovnanie vybraných fyzikálnych charakteristík G-látok [32, 41, 50]

Vlastnosť		Sarin	Soman	Tabun	Cyklosin
Fyzikálna stav		kvapalina	kvapalina	kvapalina	kvapalina
Zápach		ovocný	ovocný	ovocný	ovocný
Teplota varu (°C)		146	167	108	239
Teplota rozkladu (°C)		180 – 190	150 – 170	140	-
Teplota tuhnutia (°C)		-56	-42 (-80)	-50	-
Hustota (g.cm ⁻³)		1,094	1,035	1,073/20 °C	-
Výparnosť (g.m ⁻³)		16,4/25 °C 13,2/20 °C	3/20 °C	0,56/20 °C	-
Rozpustnosť vo vode v organických rozpúšťadlách		dobrá	1,6 – 1,8 %	-	dobrá
		dobrá	dobrá	dobrá	dobrá
Hutnosť pár		4,86	6,33	5,63	6,32
Stálosť v teréne hodiny	V lete	2 – 6 hod.	v lete 6 – 8	1 – 4 dni	6 – 8 hod.
	V zime	6 – 12 hod.	aj niekoľko dní	niekoľko dní	aj niekoľko dní

Tieto látky sú bezfarebné, pohyblivé kvapaliny podobné vode, bez výraznejšieho zápachu. Sú čiastočne rozpustné vo vode a dobre rozpustné v organických rozpúšťadlách. V dôsledku vyššej prchavosti budú najpravdepodobnejšou bránou vstupu práve dýchacie orgány. Bez straty toxicity vydržia v teréne 12 – 14 hodín.

Stredná letálna koncentrácia v ovzduší, spôsobujúca po 1 minútovej expozícii smrť 50 % zasiahnutých nechránených osôb, sa pohybuje medzi 0,03 – 0,08 mg.l⁻¹. Pri inhalácii pár je cyklosin menej toxický ako sarin, ostatnými bránami vstupu je jeho toxicita porovnateľná so sarinom. Stredná smrteľná dávka pri kontaminácii nechránenej pokožky sa pohybuje medzi 0,7 – 7 mg.kg⁻¹ hmotnosti exponovaného jedinca. [50] Rozhodujúce fyzikálne vlastnosti G-látok sú pre porovnanie uvedené v tabuľke 2.6.

Z V-látok je významná len látka VX (O-etyl-S-2-diizopropyl-aminoetyl/-metyl-thiofosfónát). Jej štruktúrny vzorec je uvedený na obrázku 2.6.



Obrázok 2.6: Štruktúrny chemický vzorec VX látky

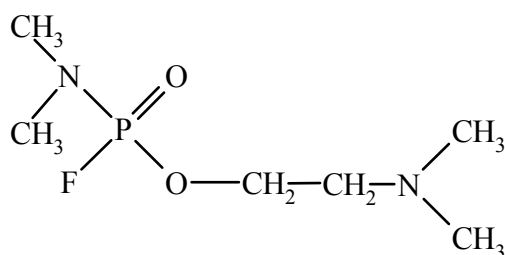
Vzhľadom na relatívnu nízku prchavosť VX látka kontaminuje terén a vodu veľmi dlhú dobu. V chemicky čistom stave je bezfarebná, menej pohyblivá kvapalina bez výraznejšieho charakteristického zápachu. Vo vode je zle rozpustná, ale veľmi dobre sa rozpúšťa v organických rozpúšťadlách a tukoch. Jej toxicita v závislosti na bráne vstupu do organizmu je uvedená v tabuľke 2.7.

Tabuľka 2.7: Toxicita NPL pre človeka [32, 35, 46]

Chemická látka	Inhalačne LC ₅₀ (mg.min.m ⁻³)	Perkutánne LD ₅₀ pre 70 kg človeka (mg)
sarin	150-1000	500-2000
soman	70-500	500-1500
VX	15-40	10-60

Látka so strednou prchavosťou IVA (dimetylamido-O-2-dimetylaminoetyl - fluorofosfónát) sa svojimi fyzikálno-chemickými vlastnosťami príliš nelíši od ostatných NPL. Jej výparnosť je vyššia než u VX látky, ale nižšia než u G-látok. Nebezpečné sú preto všetky brány vstupu. Stredná smrteľná dávka pri kontaminácii nechránenej pokožky sa pohybuje okolo 1,36 mg.kg⁻¹ hmotnosti exponovaného jedinca. V americkej armáde jej bol priradený kód GP. V literatúre je tiež uvádzaná pod skratkou GV. Do výzbroje síce zavedená nebola, ale podľa svojich vlastností do skupiny NPL patrí. Jej štruktúrny vzorec je uvedený na obrázku 2.7.

Je potrebné uviesť, že zlúčeniny rovnakej základnej štruktúry ako uvedené nervovo-paralytické látky sa často používajú v priemysle a poľnohospodárstve a sú bežne dostupné. Ako insekticídy, určené k hubeniu hmyzu, sa používajú napríklad Metathion, Malathion, Acetelic a iné.



Obrázok 2.7: Chemická štruktúra NPL GV

2.2.3.1 Mechanizmus účinku nervovo-paralytických látok

Nervovo-paralytické otravné látky prenikajú do organizmu sliznicou dýchacích orgánov vo forme pár alebo aerosólov, ďalej tráviacim ústrojenstvom, kontaminovanou potravou alebo vodou, očnou spojivkou, ale i neporušenou pokožkou. Na mieste vstupu NPL nevyvolávajú žiadne dráždenie, takže postihnutý nebude na zasiahnutie upozornený žiadnym alarmujúcim subjektívnym pocitom.

Tabuľka 2.8: Prehľad príznakov otravy NPL [32, 33]

Príznaky	Prejav príznakov
Muskarinové	<ul style="list-style-type: none"> • zúženie zorníc (mióza), porucha akomodácie - zaostrovanie do diaľky a blízka; • prekrvenie a opuch spojiviek a nosnej sliznice; • zvýšenie potenie, slinenie a slzenie; • zvýšenie sekrécie bronchiálnych žliazok a zúženie bronchov na sliznici a hladkej svalovine dýchacích ciest; • na hladkej svalovine tráviaceho ústrojenstva a močového mechúra (zvýšená črevná peristaltika, bolesti až kolikového charakteru); • pokles krvného tlaku.
Nikotínové	<ul style="list-style-type: none"> • svalová ochabnosť, triaška, zášklby jednotlivých priečne pruhovaných svalov; • svalové kŕče môžu vyústiť až do ochrnutia kostrového svalstva; • môže nastať i paralýza dýchacieho svalstva, s následkom obmedzeného dýchania.
Centrálne príznaky	<ul style="list-style-type: none"> • bolesti hlavy, úzkosť nadmerná emočná labilita, napätie, nepokoj, závrate, depresívne stavy, zmätenosť poruchy hybnosti; • nezriedka i bezvedomie; • ťažká dychová nedostatočnosť vedie k zástave dychu s následnou zástavou srdca.

Prenos nervového vzruchu z jednej nervovej bunky (neurón) na druhú sa deje prostredníctvom chemickej látky (neuromediátor) na spojení neurónov (synapsie) tým, že neuromediátor sa naviaže na bielkovinu v neuróne (receptor). Aby neuromediátor pôsobil len minimálne potrebnú dobu pre prenos vzruchu, musí byť ihneď po vykonanom naviazaní a prenose vzruchu rozložený. U NPL je mechanizmom účinku je zásah do cholinergného nervového systému cestou zníženia aktivity acetylcholinesterázy (ACHE). Je to enzým, ktorý rozkladá cholinergný neuromediátor-acetylcholin (ACH) na cholin a kyselinu octovú. Základnou fyziologickou funkciou ACHE je teda hydrolýza neuromediátora acetylcholinu. Inhibícia ACHE vedie k dlhodobému narušeniu cholinergného prenosu nervového vzruchu cestou nahromadeného

acetylcholínu na receptoroch, s následným dlhodobým nadmerným dráždením cholinergných receptorov. Hromadenie neštiepeného ACH sa potom klinicky prejavuje pocitom tiesne a zovretia na hrudníku, zvýšenou sekréciou nosnej sliznice, dýchacími ťažkosťami, zúžením zorníc, bolesťou v očiach, nejasným videním, najmä za šera. Pre akútnu fázu intoxikácie sú charakteristické muskarinové, nikotínové a centrálné klinické príznaky (tabuľka 2.8). Súboru klinických príznakov intoxikácie NPL v dôsledku nadmerného dráždenia cholinergných receptorov sa tiež hovorí akútna cholinergná kríza. Spontánne znovu obnovenie aktivity blokovanej ACHE prebieha veľmi pomaly. Reaktiváciu inhibovanej ACHE je možno urýchliť látkami, ktoré sa nazývajú reaktivátory. [35]

Po vstupe do organizmu sa NPL viažu aj na iné bielkoviny. Sú to predovšetkým butyrylcholinesteráza, karboxylesterázy a fosforylfosfatázy v plazme. Väzba na tieto esterázy však nevyvoláva žiadne klinické príznaky intoxikácie. Esterázy pôsobia ako vychytávače NPL a zabráňujú rozvoju klinických príznakov intoxikácie tým, že na seba viažu časť NPL. Predpokladá sa, že len 1 – 3 % z celkovej dávky NPL sa dostane na miesto toxického účinku. Ostatné sú detoxikované. [35]

U všetkých NPL boli pozorované i účinky nesúvisiace priamo so zásahom do cholinergného prenosu nervového vzruchu. Medzi najvýznamnejšie nešpecifické účinky patrí účinok charakterizovaný všeobecnou stresogénnou reakciou, zásahom do metabolizmu nukleových kyselín a bielkovín, čo vedie až k mutagénnemu efektu, ovplyvneniu imunity a hepatotoxickému efektu. V dôsledku morfológického poškodenia oblastí mozgu zostávajú po akútnej intoxikácii dlhodobé neurologické následky, ktoré môžu byť evidentné i niekoľko rokov po expozícii NPL. [36]

2.2.3.2 Klinické formy intoxikácie

Podľa závažnosti delíme otravy NPL na:

- ľahké otravy,
- stredne ťažké otravy,
- ťažké otravy.

Príznaky ľahkej otravy (štatisticky asi 30 % prípadov) vznikajú po určitej dobe latencie (od niekoľkých minút do 1 až 2 hodín) po kontakte s látkou. Otrava sa prejavuje bolesťou hlavy a pocitom tlaku i bolesťami v očiach. Pri priamom účinku na oko vzniká výrazná mióza, svetloplachosť a prekrvenie spojiviek. Takmer súčasne sa objavuje zvýšené vylučovanie nosného sekrétu, mierne potenie, ťažké dýchanie a kašeľ. Môže byť pritom nutkanie na zvracanie, celková únava a stupňujúca sa vyčerpanosť. Môžu vzniknúť ľahké zmeny v nervovoparalytickej sfére, najviac sa prejavujúcou neurotickou reakciou. Prognóza ľahkej otravy je priaznivá, liečenie väčšinou nepresahuje 5 až 7 dní.

Stredne ťažká otrava (štatisticky asi 10 % prípadov) začína rovnako ako ľahká, lenže príznaky otravy sa postupne zhoršujú. Už k popísaným príznakom sa pripája nepokoj, stavy úzkosti, ťažké dýchanie a kašeľ sú výraznejšie. Objavuje sa pocit napätia vo svaloch. Vedomie zostáva zachované. Symptómy majú obvykle funkčný charakter, ďalej sa už nerozvíjajú, ale po určitej dobe (7 až 10 dní) sa môžu objavovať (najčastejšie v noci) recidívy, sprevádzané pocitom strachu, poruchami močenia a ďalšími ťažkosťami vegetatívnej povahy. Doba liečenia tejto formy otravy sa pohybuje v rozmedzí od 2 až 3 týždňov, s približne rovnakou dĺžkou dobou rekonvalescencie. Je nutná hospitalizácia.

Pri ťažkých otravách (asi 60 % prípadov) postihnutý stráca vedomie, dýchanie sa spomaľuje, je povrchné, nepravidelné, z úst vyteká veľké množstvo speneného sekrétu, sliznica a pokožka dostávajú cyanotické sfarbenie. Krčovitý stav sa opakujú najprv v niekoľkominútových odstupoch, postupne sa však intervaly skracujú a krče sa generalizujú. Za tejto situácie ťažko trpí zásobovanie tkaniva kyslíkom a zasiahnutý je krčovitým stavom rýchlo vyčerpáva-

ný. Zvýšené slinenie mechanicky zhoršuje ventiláciu pľúc. Krvný tlak po počiatocnom prechodnom zvýšení rýchlo klesá. [33]

Smrteľnému ukončeniu predchádza vymiznutie kŕčov, na srdci sa postupne vyvíja výrazné spomalenie tepu, často rôzne arytmie, nezriedka životu nebezpečné. Kardiovaskulárne zlyhanie nastupuje spravidla o niekoľko minút po zástave dychu. Pri zasiahnutí kože prebieha intoxikácia sarinom alebo somanom oveľa pomalšie. Ťažko postihnutí jedinci vyžadujú trvalý starostlivý ošetrovateľský dozor a priemerne 1 až 2 mesiace hospitalizácie s rovnakou dobou rekonvalescencie. [46]

2.2.3.3 Terapia akútnych intoxikácií NPL

Pre zasiahnutie NPL je charakteristická niekoľkominútová doba latencie. Po tejto dobe pri závažnejšej intoxikácii dochádza k vážnym narušeniam základných životných funkcií, končiacich bez adekvátnej terapie smrťou behom 20 – 30 minút. Terapia musí byť začatá čo najskôr po zasiahnutí, preto má zásadný význam poskytnutie prvej pomoci. Pri správnom poskytnutí môže zachrániť život a zasadne ovplyvniť i ďalší priebeh otravy. Mala by zahŕňať:

- zamedzenie prenikaniu NPL do organizmu, opustenie kontaminovaného priestoru;
- nasadenie prostriedkov individuálnej ochrany a odmorenie zasiahnutých miest;
- v prípade perorálnych otráv výplach žalúdka s prísadou živočíšneho uhlia;
- podanie látok špecificky zabraňujúcich toxickému účinku NPL – antidot;
- zabezpečenie základných životných funkcií (umelé dýchanie, nepriama masáž srdca, stabilizovaná poloha pri bezvedomí).

Základom terapie otravy NPL je terapia **antidotná** [40]. Je založená na čo najrýchlejšom podaní anticholinergík spoločne s reaktivátormi cholinesteráz. Anticholinergiká sú označované ako funkčné antidotá blokujúce účinok nahromadeného acetalcholínu na cholinergných receptoroch. Reaktivátory cholinesteráz (oxímy), označované ako kauzálne antidotá, obnovujú aktivitu inhibovanej ACHE, a tým umožňujú jej normálnu funkciu. Dávkovanie jednotlivých anticholinergík a reaktivátorov ACHE je uvedené v tabuľke 2.9.

Tabuľka 2.9 Dávkovanie niektorých anticholinergík a reaktivátorov ACHE [35]

Anticholinergikum	Dávka (mg)		
	p. o.	i. m.	i. v.
atropín		2 – 5	2 – 5
benaktyzin	1 – 2		
skopolamin		0,5 – 1,0	0,5 – 1,0
tihpen	20 – 30		
tropacin	10 – 12,5		
parpanit	25 – 100		
Reaktivátor	Dávka (g)		
pralidoxim jodid		0,5 – 1,0	0,5 – 1,0
pralidoxim chlorid		0,5 – 1,0	0,5 – 1,0
obidoxim		0,25	0,25
trimedoxim		0,2 – 0,25	0,2 – 0,25
methoxim		1,0	1,0
HI-6		0,8 – 1,0	0,8 – 1,0

2.2.3.4 Ochrana a prevencia

Vzhľadom k vysokej toxicite a rýchlosti účinku NPL nadobúda význam realizácie ochranných a preventívnych opatrení s cieľom zabrániť prieniku látky do organizmu. V Ozbrojených silách SR je ochrana zaistená vykonávaním opatrení chemickej ochrany a zdravotníckymi opatreniami, z ktorých najdôležitejšími sú použitie prostriedkov individuálnej a kolektívnej ochrany, dekontaminácie zasiahnutej pokožky a farmakologickej profylaxie. Pre každého príslušníka je pripravený Individuálny protichemický balíček (IPB – vzor 80), ktorý obsahuje mikromletý bentonit. Preň je charakteristická vysoká absorpčná schopnosť. Včasným nasypáním tohto prášku na miesto kontaminácie sa sorbuje NPL na vnútorný povrch bentonitu a zabráni tak jej prieniku do organizmu. [35]

Taktiež zložky Civilnej ochrany majú k dispozícii ochranné masky pre obyvateľstvo, ktoré sú však uložené v skladoch. Zneužitie NPL teroristami neumožní obyvateľstvu tieto prostriedky využiť. Jedinou možnosťou je v tomto prípade použitie improvizovaných prostriedkov ochrany dýchacích ciest a pokožky, okamžité opustenie kontaminovaného priestoru s následným začatím antidotnej terapie. Okamžité vykonanie dekontaminácie osôb zasiahnutých na pokožke a očiach NPL je problematické. Odmorenie je možné účinne realizovať len silami a prostriedkami záchranných tímov. V prípade nutnosti je možné vykonanie prvotnej dekontaminácie.

2.2.4 VŠEOBECNE JEDOVATÉ TOXICKÉ CHEMICKÉ LÁTKY

Do tejto skupiny sa radia také látky, ktoré svojím spektrom účinku postihujú celý rad životne dôležitých funkcií. Môžu to byť krvné jedy, ako je oxid uhoľnatý. Ten sa pevne viaže na červené krvné farbivo hemoglobín a bráni tak prenosu kyslíka do tkaniva. Kyanovodík zase blokuje dýchací ferment cytochromoxidázu, ale viaže sa i na hemoglobín. Do tejto skupiny patria i tkanivové protoplazmatické jedy. Sú to niektoré anorganické a organické kovové zlúčeniny, niektoré alkyhalogenidy, fosforovodík a arzenovodík. Najdôležitejšími látkami z tejto skupiny sú kyanovodík (HCN) a chlórkyan (ClCN) a oxid uhoľnatý (CO).

Do organizmu prenikajú prevažne dýchacími orgánmi, pričom v mieste vstupu nevyvolávajú význačnejšie patologické zmeny. Exponovaných jedincov však vážne ohrozujú zásahom a narušením základných životných funkcií (respiračnej funkcie krvi, tkanivového dýchania, pečene, obličiek, kardiovaskulárneho systému, riadiacej činnosti centrálnej nervovej sústavy – CNS). Kyanovodík v kvapalnom stave môže prenikať tiež neporušenou pokožkou, ale hlavne poškodenou sliznicou dutiny ústnej. Na mieste vstupu ani v tejto podobe nespôsobuje žiadne lokálne zmeny.

2.2.4.1 Kyanovodík a chlórkyan

Kyanovodík (HCN) bol prvý krát použitý v 1. svetovej vojne. V auguste 1916 francúzska armáda použila túto TCHL na francúzsko-nemeckom fronte v zmesi nazývanej "VINCENTITE". Táto zmes obsahovala 50 % HCN, 30 % AsCl₃, 15 % SnCl₄, 5 % HCCl₃. V druhej svetovej vojne sa HCN používal pod označením CYKLON B v zmesi s CO ako nástroj na likvidáciu ľudí v koncentračných táboroch. [41]

Chemický čistý HCN (AC-GAS) je bezfarebná, vysoko prchavá kvapalina, čo je dané veľmi nízkym bodom varu (b.v. 26 °C). Vyznačuje sa typickým horko mandľovým zápachom, ale časť populácie tento zápach necíti. Niektoré jeho fyzikálne vlastnosti v porovnaní s vlastnosťami chlórkyanu (ClCN) sú uvedené v tabuľke 2.10.

Technický HCN má farbu nahnedlú a veľmi ľahko polymerizuje v tmavú tvrdú hmotu. Zmes pár so vzduchom pri obsahu 6 – 47 % HCN má pri styku s otvoreným plameňom ten-

denciu explodovať. Táto skutočnosť je z praktického hľadiska krajne nežiadúca, pretože behom výbuchu chemickej munície sa až 50 % chemicky rozkladá.

Nízka doba kontaminácie terénu sa zvyšuje v členitom teréne v lete asi na 10 - 15 minút, kým v zime na 60 minút. Jeho perzistencia v terénu a účinnosť sa dá údajne zvýšiť prevedením do stuženej formy, alebo využitím techniky mikrokapsulácie. Táto spočíva v obalení jemných častíc aerosólov tenkým filmom z plastickej hmoty, ktorý ich chráni pred vplyvom poveternostných prvkov a zároveň zabraňuje koagulácii. Takto upravené aerosóly sú potom schopné prenikať i na veľké vzdialenosti bez výraznejšej straty svojich toxických vlastností.

Tabuľka 2.10: Porovnanie vybraných fyzikálnych charakteristík HCN a C1CN
[24,35,50]

Vlastnosti	HCN	C1CN
Fyzikálna stav (20 °C)	kvapalina	plyn
Zápach	horoko mandľový	
Teplota varu (°C)	26	12,8
Teplota tuhnutia (°C)	-13	-6,9
Hustota (kg.m ⁻³)	6.9.10 ²	1,18.10 ³
Výparnosť (g.m ⁻³)	1080 (25 °C)	6,1.10 ³
Tlak nasýtených pár (Pa)	98 686 (25 °C)	133 000 pri (25 °C)
Hutnosť pár	0,93	2,1
Stálosť v teréne	v lete	5 minút
	v zime	10 minút
		10 minút
		20 minút

2.2.4.2 Mechanizmus účinku

Toxický kyanidový CN⁻ ión sa viaže v organizme na enzýmy obsahujúce železo v trojmocnej forme, ktoré sú bezpodmienečne nutné k prenosu kyslíka z krvi do tkaniva. Najdôležitejším z týchto enzýmov je cytochromoxidáza a₃. Väzbou CN⁻ iónu s cytochromoxidázou dochádza k prerušeniu metabolických procesov poskytujúcich energiu a k smrti v dôsledku vnútorného dusenia na bunkovej úrovni.

Tento proces je reverzibilný. Akonáhle sa CN⁻ ión v organizme premení na tiokyanátový (SCN⁻), funkčná aktivita inhibovaného enzýmu sa plne obnoví.

Blokáda metabolických pochodov je realizovaná viac na tkanive ako v krvi. Hemoglobín je nasýtený kyslíkom, teda cyanóza nie je evidentná. Pokožka dostáva typické ružové zafarbenie ako pri otrave CO. Intenzita metabolickej acidózy, ku ktorej dochádza, je závislá na trvaní blokády enzýmu cytochromoxidázy. [35]

Účinok C1CN sa prejavuje v podstate okamžite po zasiahnutí. Vo vysokých koncentráciách pôsobí obdobne ako HCN, teda ako tkanivový jed. Spôsobuje poruchu normálnej biologickej oxidácie tkaniva a v dôsledku centrálnej obrny dýchania i smrť. V dôsledku inhalácie dochádza u zasiahnutého k toxického opuchu pľúc. Poškodenie pľúc môžeme pri dlhších dobách inhalácie prirovnáť k pôsobeniu fosgenu. Rozdiel je len v tom, že tekutina spôsobujúca edém pľúc sa hromadí pri zasiahnutí C1CN omnoho rýchlejšie. [33]

2.2.4.3 Toxicita

Kyanovodík predstavuje pri inhalačnej expozícii jednu z najtoxickejších látok. Príznaky akútnej otravy môžu v extrémnych prípadoch nastúpiť s latenciou niekoľko málo sekúnd. Ako

veľmi slabá kyselina je pri slabo zásaditom pH vnútorného prostredia len nepatrne ionizovaný, približne len z 1,5 %. Preto je jeho absorpcia všetkými bránami vstupu ľahká, veľmi ľahko prechádza i bunecnými membránami. Aj pri perorálnej bráne vstupu sa prvé príznaky objavujú už po niekoľkých minútach. [57]

CICN je vysoko toxický hlavne pri vstupe do organizmu dýchacími cestami. Menej účinný je pri absorpcii pokožkou a očnými spojivkami.

Tabuľka 2.11: Toxicita kyanovodíka a chlórkyanu inhalačnou cestou [24, 33]

Letálne koncentrácie	HCN	CICN
LC ₅₀ (mg.min. m ⁻³) pri 200 mg.m ⁻³	2 000	-
LC ₅₀ (mg.min.m ⁻³) pri 150 mg.m ⁻³	4 500	-
LC ₅₀ (mg.min.m ⁻³)	-	7 000
LC ₅₀ (mg.min.m ⁻³)	-	11 000

2.2.4.4 Klinické prejavy, príznaky a symptómy

U inhalačných otráv sa rozlišujú tri formy a to super akútna, akútna a ľahká. K super akútnej intoxikácii dochádza pri zasiahnutí vysokou koncentráciou. Jeden alebo niekoľko málo vdychov vyvoláva pocit silného zovretia krku, nepravidelné křčovité dýchanie a rýchlu stratu vedomia. Smrť môže nastať za 2 až 3 minúty. U akútnej otravy sa zrýchľuje dychová frekvencia, hĺbka dychu sa stáva neregulovateľnou, dochádza k rozšíreniu zreníc a pocitom úzkosti. Po strate vedomia srdečná činnosť pokračuje ešte asi 4 minúty po poslednom dychu a potom ustáva. Ľahká otrava prebieha bez straty vedomia a prejavuje sa bolesťami hlavy, závratmi, bolesťami brucha. Môžu sa dostaviť i prechodné poruchy videnia. Dychové ťažkosti môžu prejsť pri dlhodobej intoxikácii do pľúcneho opuchu. [35]

2.2.5 PĽUZGIEROTVORNÉ TOXICKÉ CHEMICKÉ LÁTKY

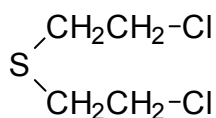
Pľuzgierotvorné toxické chemické látky patria medzi látky so smrtiacim účinkom na človeka, ktorý sa však v bojových podmienkach prejavuje s pomerne dlhou latenciou v závislosti na celkovej obdržanej dávke. Je pre ne charakteristický devastujúci, ťažko sa hojaci efekt na tkanivá, založený na ich cytotoxicite. Do organizmu môžu vstupovať všetkými cestami. Charakteristickým rysom zasiahnutia živej sily je zdĺhavý, zápalovo-nekrotický proces s mnohými klinicky závažnými komplikáciami a následnými stavmi, ktoré v prípade prežitia môžu človeka vyradiť z bojovej činnosti na veľmi dlhú dobu. V mieste vstupu zanechávajú tieto látky charakteristické morfológické zmeny, ako sú erytém, opuch a pľuzgiere.

Tieto látky v súčasnej dobe nepovažujeme za najperspektívnejšie. I tak stále zostávajú v odhadoch pravdepodobnosti ich použitia na poprednom mieste. Z hľadiska odhadov použitia sú zaradované hneď za toxické chemické látky nervovo-paralytické, a to z dôvodu veľkého množstva doposiaľ skladovaných zásob. Medzi ne patria i zásoby určené k likvidácii v duchu medzinárodnej Zmluvy o zákaze chemických zbraní a tiež nedostatočne zlikvidované nemecké a japonské chemické zbrane po 2. svetovej vojne, ktoré boli predovšetkým potopené v moriach.

Taktické použitie pľuzgierotvorných látok je mnohostranné. Dajú sa používať ako náplň delostreleckej granátov, raketových hlavíc, leteckých bômb a chemických mín, ale tiež do leteckých rozstrekovacích zariadení a aerosólových generátorov.

2.2.5.1 Prehľad hlavných predstaviteľov pľuzgierotvorných TCHL

Najdôležitejšou látkou tejto triedy je sírny yperit H, HD (Mustard gas, Sulphur mustard), ktorý bol nazývaný kráľom bojových chemických látok (obrázok 2.8). Yperit (bis-(2-chlor-etyl) sulfid bol prvýkrát syntetizovaný v roku 1866. Kódom HD je označovaný destilovaný yperit. Produkt obsahujúci približne 30 % iných sírnych zlúčenín je označovaný ako H. [63]



Obrázok 2.8: Sírny yperit

V čistom stave je yperit bezfarebná olejovitá kvapalina (v technickom stave nažltlá až hnedočervená) so slabým zápachom pripomínajúcim chren, horčicu, cibuľu či spálenú gumu.

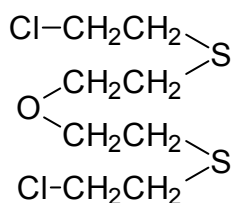
Vo vode je málo rozpustný, no i napriek tomu je v nej schopný vytvoriť zdraviu nebezpečnú koncentráciu. Rýchlosť rozpúšťania je malá a jeho kvapky majú sklon plávať na povrchu vody, aj keď má väčšiu hustotu. Dobré sa rozpúšťa v organických rozpúšťadlách.

Yperit má schopnosť zmäčať a dobre prenikať tkanivami a materiálom. Tiež jeho pary sa dobre zachytávajú v tkaninách, z ktorých je yperit veľmi dlho cítiť, a to i po samotnom odmorení. Fyzikálne vlastnosti yperitu sú zhrnuté v tabuľke 2.12

Tabuľka 2.12 Fyzikálne vlastnosti yperitu [15, 41, 50]

Vlastnosť		Číselný údaj	Jednotka
M	Molekulová hmotnosť	159,08	kg.kmol ⁻¹
b. v.	Bod varu	228 (za rozkladu)	°C
b. t	Bod topenia, tuhnutia	14	°C
ζ	Hustota	1,27.10 ³	kg.m ⁻³
c _{max}	Max. koncentrácia	610 (20 °C)	mg.m ⁻³
	Tlak nasýtených par	9,576 (20 °C)	Pa
d	Hutnosť pár	5,4	-

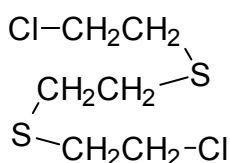
Yperit má schopnosť kontaminovať terén v lete 3 – 7 dní a v zime až niekoľko týždňov. Jeho výraznou nevýhodou z hľadiska bojového použitia je fakt, že tuhne pri teplote okolo 14 °C. Aby sa dal použiť aj v zimných mesiacoch mieša sa s oxolovým yperitom (T-yperitom), chemicky bis-(2-chloretylmerkaptóetyl)éter (obrázok 2.9), v pomere 3:2. Táto zmes sa nazýva yperitová zmes T alebo zimná yperitová zmes HT a je použiteľná do teploty - 30 °C.



Obrázok 2.9: Oxolový yperit

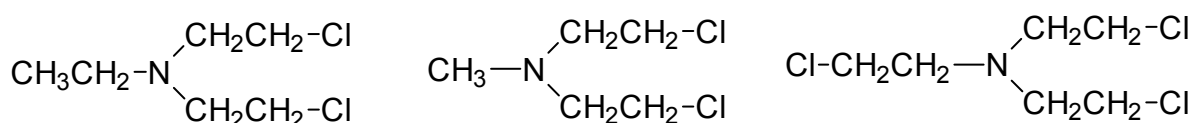
V širokom rozmedzí teplôt sa yperit môže používať po zmiešaní s rôznymi rozpúšťadlami, akými sú chlórbenzén, nitrobenzén, alebo tetrachlórmetán.

Ďalším reprezentantom yperitov sú tzv. seskviyperit (Q-yperit), chemicky 1,2-bis-(2-chlór-etylmerkapt)etán (obrázok 2.10)



Obrázok 2.10: Seskviyperit (Q-yperit)

a dusíkové yperity (HN-1, HN-2 a HN-3). Chemicky sú to chlórované deriváty terciárnych alkylamínov (obrázok 2.11).



Obrázok 2.11: Dusíkové yperity HN-1, HN-2, HN-3

Ich zavedením sa eliminujú niektoré nepriaznivé fyzikálnochemické vlastnosti yperitu H, HD, a to predovšetkým vysoký bod tuhnutia a zápach.

N-yperity chemicky čisté sú olejovité kvapaliny, nepáchnuce, nažltlé až nahnedlé. Technický produkt má svetlohnedú farbu a aromatický zápach. Sú zvlášť dobre rozpustné v organických rozpúšťadlách. Vo vode sa rozpúšťajú veľmi málo. Ich rezistencia v teréne je väčšia ako u S-yperitov. Považujú sa za mimoriadne stále TCHL. Toxicitou sa príliš nelíšia od S-yperitu. Porovnanie fyzikálnych vlastností jednotlivých dusíkatých yperitov je v tabuľke 2.13.

Tabuľka 2.13: Vybrané fyzikálno-chemické vlastnosti N-yperitov [15, 41, 50]

Vlastnosť	HN-1	HN-2	HN-3
Hustota kvapaliny pri 20 °C (kg.m ⁻³)	1,09.10 ³	1,15.10 ³	1,24.10 ³
Bod varu (°C)	85	75	137 – 138
Bod tuhnutia (°C)	-34	-65	-4
Výparnosť pri 20 °C (mg.l ⁻¹)	1,59	0,007	0,07
Stálosť pri skladovaní	dostatočná	nestabilný	dostatočná
Korozívne vlastnosti	nemá	nemá	nemá
Hydrolyza	veľmi pomalá	rýchla	veľmi pomalá
Relatívna stálosť ² (pre vodu = 1)	5,5	6,5	351

Do skupiny pľuzgierotvorných látok patria tiež niektoré ďalšie chemické zlúčeniny, a to predovšetkým lewisit-L, chemicky dichlór-(2-chlórvinyl)arzín, fosgenoxim chemicky dichlorformaldoxim (obrázok 2.12), známy pod názvom koprívkový plyn, fenylarzindichlorid, etylarzindichlorid, metylarzindichlorid.



Obrázok 2.12: Lewisit a fosgenoxim

Lewisit patrí medzi vojensky najvýznamnejšie pľuzgierotvorné látky. Existuje v dvoch stereoizomérnych formách ako cis a trans. Jedná sa o bezfarebnú olejovitou kvapalinu bez zápachu, avšak technický produkt páchne po pelargóniách. Je dobre rozpustný v organických rozpúšťadlách. Jeho stálosť je menšia ako u yperitov, pričom v zimných mesiacoch sa udrží v teréne až 1 týždeň, v letných mesiacoch maximálne 1 deň. [50]

2.2.5.2 Mechanizmus účinku pľuzgierotvorných látok

Mechanizmus účinku týchto látok nie je doposiaľ uspokojivo vysvetlený. Najväčšia pozornosť je venovaná zásahu pľuzgierotvorných látok do metabolizmu nukleoproteínov bunkových jadier, predovšetkým do metabolizmu dezoxyribonukleovej kyseliny (DNK). Naviazaním alkylovej skupiny tu pôsobia ako alkylačné činidlá. Inhibičný vplyv na niektoré enzýmy a enzýmové systémy patrí medzi ďalšie charakteristické účinky týchto látok. Sú tiež schopné interakcie s niektorým aminokyselinami a bielkovinami, čo môže viesť k zmene imunobiologických vlastností bielkovín, k tvorbe protilátok proti vlastným bielkovinám a následnej alergizácii zasiahnutého organizmu.

Účinok na organizmus je charakterizovaný celým radom zvláštností. Typická je dlhá doba latencie so zdĺhavým priebehom intoxikácie a hojenia. Zákernosť pôsobenia týchto látok je v tom, že vyššie uvedené mechanizmy účinku prebiehajú už v latentnom období, takže v okamihu začiatku klinických príznakov intoxikácie je už ireverzibilné poškodenie funkcií organizmu dokončené. [30]

2.2.5.3 Toxicita pľuzgierotvorných látok a príznaky otravy

Aj keď táto skupina nedosahuje toxicity najvýznamnejšej skupiny TCHL NPL, ich toxicita nie je zanedbateľná. U sírneho yperitu LD_{50} sa pri perkutánnej intoxikácii pohybuje medzi 40 – 60 $mg \cdot kg^{-1}$ hmotnosti, kým pľuzgierotvorný efekt je dosiahnutý už pri dávke 0,03 – 1,0 $mg \cdot kg^{-1}$. V prípade perorálnej otravy sa LD_{50} pohybuje okolo 10 $mg \cdot kg^{-1}$. Pri inhalačnej otrave dosahuje LC_{50} hodnotu 1,5 $g \cdot min^{-1} \cdot m^{-3}$. Podobnou inhalačnou toxicitou sa vyznačuje i lewisit, ktorého hodnota LC_{50} sa pohybuje medzi 1,2 – 1,5. [33]

Pri akútnej intoxikácii organizmu pľuzgierotvornými látkami je v zásade nutné rozlišovať medzi lokálnymi a systémovými účinkami. Príznaky vyvolané lokálnym poškodením závisia hlavne na bráne vstupu chemickej látky. Oči sú najcitlivejšia časť tela. Dochádza u nich k začervneniu, opuch viečok, slzeniu. Dostavuje sa pocit cudzieho telesa v oku, svetloplachosť, poškodenie rohovky s vredmi, zápal dúhovky a nekróza celej očnej bulvy.

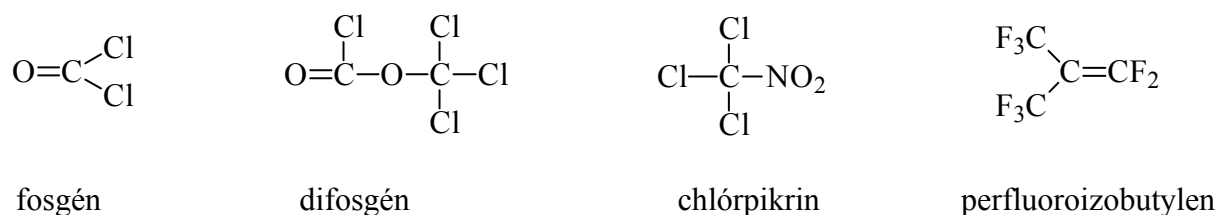
Pľuzgierotvorné TCHL pokožku po vstupe nedráždia, vsakovanie je urýchľované prítomnosťou väčšieho počtu mazových žliaz a je naopak pomalšie v miestach zrohovatelej pokožky. K páleniu a svrbeniu pokožky dochádza až za 4 – 6 hodín po zasiahnutí. Ďalej nasleduje sčervenanie, vznik drobných pľuzgierov, ich postupné zlievanie do veľkého pľuzgiera s čírym obsahom. Potom nasleduje vznik kožných vredov.

Zasiahnutie dýchacieho systému sa prejavuje bolesťou za hrudnou kosťou a dušnosťou, bolesťou v krku, pocitom sucha, neskôr zápalom dýchacích ciest a pľúc. U stredne ťažkých a ťažkých foriem zasiahnutia yperitom sa rozvíjajú príznaky celkovej otravy, ktoré sa prejavujú poruchami pľúcnej ventilácie, poškodením srdcovocievneho systému, nervových funkcií, ako aj poruchami látkovej výmeny vo svaloch, obličkách a pečeni. Veľké nebezpečenstvo pre zasiahnutých predstavuje sekundárna infekcia. [24]

Pri zasiahnutí lewisitom existuje kratšia doba latencie. Prítomnosť arzenu v jeho molekule môže viesť u ťažkej otravy okrem iného i k ťažkej intoxikácii arzénom, ktorá sa prejavuje predovšetkým poškodením obličiek a pečene. Na druhej strane je lewisit v porovnaní s yperitmi menej jedovatý. [35]

2.2.6 DUSIVÉ TOXICKÉ CHEMICKÉ LÁTKY

Skupina látok dusivých vyvoláva celkové ochorenie organizmu s najvýraznejšími zmenami v dýchacích cestách a pľúcach. Najzávažnejším prejavom otravy je toxický opuch pľúc. Na stenách pľúc vznikajú pľuzgiere, ktoré môžu popraskať a krváčať, alebo uvoľňovať kvapalinu. Edém bráni výmene plynov v pľúcach a vedie k duseniu. Akákoľvek fyzická námaha obeti spôsobí len zhoršenie závažnosti pľúcneho edému. Do organizmu vstupujú dýchacími cestami vo forme plynu alebo aerosólu. Predstaviteľmi týchto látok sú fosgén (CG), chemický dichlorid kyseliny uhličitej (karbonylchlorid), difosgén (DG), chemický trichlornitrometán a chlórpicrín (PS). Fosgén a difosgén patria do kategórie záložných bojových TCHL. Medzi ostatné látky, ktoré za určitých okolností môžu vytvoriť nebezpečnú koncentráciu, patrí perfluoroizobutylén (PFIB) [50]. Ich chemické štruktúrne vzorce sú uvedené na obrázku 2.13.



Obrázok 2.13: Chemické štruktúrne vzorce dusivých TCHL

2.2.6.1 Fyzikálna charakteristika dusivých TCHL

Fosgén je za nízkych teplôt rýchlo sa odparujúca bezfarebná kvapalina. Zapácha po zachtutom sene alebo tlejúcom listí. Nemá dráždivý účinok, čo spôsobuje, že môžeme jeho prítomnosť vo vonkajšom prostredí prehliadnúť. Je dobre rozpustný vo vode i v organických rozpúšťadlách. Vo vodnom prostredí sa ľahko rozkladá. Je relatívne málo stály, v teréne sa udrží 5 – 10 minút v lete a 10 – 20 minút v zime. [69]

Difosgén je číra olejovitá kvapalina podobného zápachu ako fosgén. Je dobre rozpustný v organických rozpúšťadlách a zle rozpustný vo vode. Jeho prchavosť je menšia než u fosgénu a preto vydrží v teréne dlhšie, konkrétne 1 – 3 hodiny.

Tabuľka 2.14: Porovnanie fyzikálno-chemických vlastností dusivých látok [15, 41, 50, 69]

Vlastnosti	Dusivé TCHL			
	Fosgén	Difosgén	Chlórpicrín	PFIB
Fyzikálny stav	bezfarebný plyn	bezfarebná kvapalina	bezfarebná kvapalina	bezfarebný plyn
Bod varu (°C)	7,6	127 – 128	112 – 113	5 – 6
Bod tuhnutia (°C)	-120	-57	-69	-135
Hutnosť pár	3,4	6,9	5,7	6,95
Hustota (g.cm ⁻³)	1,27 (20 °C)	1,65 (20 °C)	1,66 (20 °C)	–
Maximálna koncentrácia (mg.m ⁻³)	2,2 (-10 °C) 4,3.10 ⁶ (7,6 °C)	4,5.10 ⁴ (20 °C)	184 000	9,0.10 ⁶ (5 °C)
Tlak nasýtených pár (Pa)	48 545 (-10 °C) 15 609 (20 °C)	559 (20 °C)	2 261 (20 °C)	167 580 (20 °C)

Chlórpicrín je bezfarebná až nažltlá olejovitá kvapalina so silným dusivým zápachom a dráždivým účinkom na oči a dýchacie cesty. Vo vode je temer nerozpustný, dobre sa rozpúšťa

v organických rozpúšťadlách. Chemicky je pomerne stály, v teréne vydrží v lete až 4 hodiny, v zime asi týždeň. [41]

Komplexné porovnanie ostatných vybraných fyzikálno-chemických vlastností je uvedené v tabuľke 2.14.

2.2.6.2 Toxicita dusivých TCHL a príznaky otravy

Dusivé TCHL vzhľadom na svoje fyzikálne vlastnosti kontaminujú organizmus hlavne inhalačnou cestou. Hodnoty letálnych a prahových koncentrácií (LC_{t50} , IC_{t50}) pre jednotlivé látky sú uvedené v tabuľke 2.15.

Tabuľka 2.15 Toxicita dusivých TCHL [24, 35, 50]

LETÁLNA KONCENTRÁCIA	DUSIVÉ TCHL			
	Fosgén	Difosgén	Chlorpikrín	PFIB
LC_{t50} (mg.min.m ⁻³)	3 200	3 200	50	400
IC_{t50} (mg.min.m ⁻³)	1 600	1 600	20 000	150

Pri vdychovaní veľmi vysokých koncentrácií dusivých látok vzniká super akútna otrava. Charakterizuje ju prudké podráždenie dýchacích ciest, ťažká dušnosť, dezorientácia, šok a rýchla smrť behom niekoľkých minút následkom zástavy dýchania.

U akútnej otravy sa rozlišuje 5 klinických období. V období počiatkových príznakov sa dostávajú príznaky, ktoré sa prejavujú ako mierne škrabanie a pálenie v nosohltane a za hrudnou kosťou, pocit tlaku na hrudníku, zvracanie, podráždenie pokožky, bolesti hlavy a pocit celkovej slabosti. Spravidla do jednej hodiny počiatkové príznaky ustúpia a sú vystriedané obdobím zdanlivého zdravia (latencie). Toto obdobie trvá 3 – 6 hodín. Po tomto období prichádza k nárastu klinických príznakov, ktoré je charakterizované zrýchľovaním dychu, dusnosťou, kašľom a cyanózou. Obdobie plného rozvoja príznakov sa začína po 6 - 12 hodinách a trvá 2 – 3 dni. Zasiahnutý vykašľáva značné množstvo tekutiny s prímiesou krvi. Ak zasiahnutý prežije akútne štádium, začína sa edémová tekutina vstrebávať a celkový stav sa zlepšuje. Dušnosť a cyanóza postupne miznú. Existuje však reálne nebezpečenstvo vzniku následnej infekcie. [35]

2.2.7 LÁTKY PSYCHICKY A FYZICKY ZNESCHOPŇUJÚCE

Psychicky a fyzicky zneschopňujúce látky môžu už v malých koncentráciách vyvolať psychické alebo fyzické zneschopnenie, poprípade oboje. Sú preto potenciálne použiteľné pre vojenské účely a súčasné dokumenty NATO (STANAG 2463) počítajú s reálnou možnosťou použitia minimálne jednej takejto látky (BZ látky) vo vojnových operáciách. Tieto látky nie sú bežne dostupné vo forme chemickej munície, ale mohli by byť zneužitú i vo forme substancií pre niektoré špeciálne účely, vrátane teroristického použitia. [48]

2.2.7.1 Látky psychicky zneschopňujúce (psychotomimetiká)

Ako psychicky zneschopňujúce je možné definovať látky, ktoré bez hlbšej poruchy vedomia vyvolávajú u psychicky zdravého človeka zmeny vo sfére emočnej a vo sfére vnímania. V iných prípadoch vedú i k poruchám myslenia, a to všetko bez výraznejšieho ovplyvnenia telesných funkcií. Ich toxicita je nízka. Vyvolávajú niekoľkohodinové až niekoľkodenné zneschopnenie jedinca, ale nemajú smrtiaci účinok. [44]

V USA boli intenzívne študované glykoláty ako syntetické psychotomimetické látky. Tieto látky sú ľahko a lacno vyrábiteľné. Sú to pevné látky a môžu byť rozširované vo forme

aerosólu. Látka BZ, ako jeden z reprezentantov tejto skupiny zlúčenín, bola plnená do munície, aj keď len v malých množstvách. Účinky psychotomimetických látok na skupinu ľudí v bojových podmienkach sú ťažko predvídateľné. Pre tieto látky sa používajú synonymá: halucinogény, fantastiká, psychodysleptiká, psycholytiká.

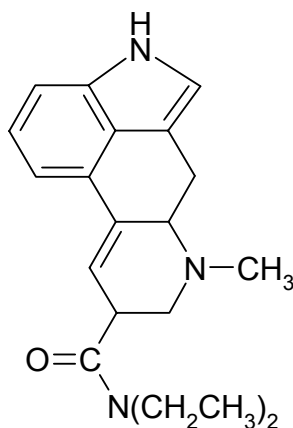
Na základe chemickej štruktúry je možné rozlišovať niekoľko skupín látok s psychotomimetickým účinkom [35]:

- kyselina d-lysergová a jej deriváty,
- fenyletylamíny,
- indolalkylamíny,
- ostatné indolové deriváty (anticholinergiká),
- arylcyklohexylamíny,
- rôznorodá skupina.

Porovnanie toxicity najdôležitejších psychicky zneschopňujúcich látok pri perorálnej intoxikácii je uvedené v tabuľke 2.16.

Tabuľka 2.16: Toxicita najdôležitejších psychicky zneschopňujúcich látok [35]

Skupina	Predstavitelia	Perorálne účinná dávka pre človeka (mg.kg ⁻¹)
kyselina d-lysergová a jej deriváty	LSD-25 ALD-52 LAE-32	0,0005 – 0,001 0,0005 – 0,001 0,007 – 0,01
fenyletylamíny	MESKALIN AMFETAMIN	4 – 8 1 – 2
indolalkylamíny	PSYLOCIN PSYLICIBIN DMS	10 5 – 10 1 – 3
anticholinergiká	ATROPIN SKOPOLAMIN DITRAN BZ	0,50 0,30 0,30 0,05
arylcyklohexylamíny	FENCYKLIDIN	0,05 – 0,30
rôznorodá skupina	CANNABINOL KOKAIN	0,01 – 0,3 1 – 3



Obrázok 2.14: Štruktúrny vzorec LSD-25

Medzi psychotomimetické látky zaradujeme predovšetkým **LSD-25 (dietylamid kyseliny d-lysergovej)** a **látku BZ (3-chinuklidinyl benzilát)**. [44]

LSD-25 patrí do skupiny derivátov serotonínu a je jednou z biologicky najúčinnějších látok. Ide o polysyntetickú zlúčeninu, ktorú pripravil pri hľadaní látok s analeptickým účinkom v roku 1938 švajčiarsky chemik dr. Albert Hoffman. Halucinogénny účinok tejto látky objavil v roku 1943 pri jej náhodnom požití samotný Hoffmanom.

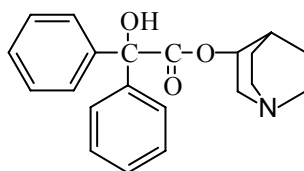
Ako soľ kyseliny vinnej sa LSD-25 dobre rozpúšťa vo vode a pri perorálnom podaní sa dobre vstrebáva zo zažívacieho ústrojenstva. Rýchle difunduje do krvného obehu, takže maximálnu hladinu je možné dokázať po 10 – 15 min. Prírodným zdrojom látok potrebných k príprave LSD-25 je v našich podmienkach huba *Claviceps purpurea* (kyjanička purpurová). LSD-25 je oxidovaná v pečeni a produkty jej metabolizmu sú vylučované ako komplexy s kyselinou glukurónovou do žlče. [34]

Celkový klinický obraz intoxikácie LSD-25 je prakticky rovnaký pri perorálnom alebo injekčnom podaní. K charakteristickým príznakom intoxikácie patria prechodná akútna porucha myšlienkových procesov, prejavujúca sa urýchlením myšlienok až myšlienkovým tryskom. Len vzácné sa pozoruje proces spomalenia myslenia. Z porúch reči je najnápadnejšia tendencia k hraniu sa so slovami, často spojená s nemotivovaným smiechom. Častý je výskyt halucinácii, pri ktorých je charakteristický rýchly sled kaleidoskopických obrazov. Intoxikovaným osobám sa zdá, že vidia geometrické obrazce, figúry ľudí alebo zvierat. Tieto predstavy bývajú spojené s priestorovou deformáciou a zmenami vo vnímaní času. K emocionálnym reakciám zaradujeme eufóriu, alebo naopak stavy depresie. Motorické poruchy majú povahu nekoordinovaných pohybov, sprevádzaných často kŕčmi v lýtkových svaloch, mimických svaloch tváre a očných viečkach. Už vo veľmi malých koncentráciách ($1 - 2 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) vyvoláva taký stupeň psychických porúch, ktoré v praxi nedovoľujú plniť bežné povinnosti. Vo vojenskej praxi bol skúmaný účinok LSD-25 na prácu veliteľského štábu. Bola zistená výrazná alternácia vyššej nervovej činnosti a neschopnosť jednotlivých členov štábu plniť funkčné povinnosti v poľných podmienkach pre poruchu syntézy prijímaných informácií a neschopnosť správneho rozhodovania a vydávania príslušných rozkazov a nariadení. Klinický obraz intoxikácie sa u človeka začína rozvíjať za 0,5 – 1 hod., vrcholí za 2 – 3 hod. a odznieva za 3 – 6 hod. Oneskorené reakcie na intoxikáciu môžu pretrvávať 24 hod. až týždeň.

Ochranu pred účinkami derivátov kyseliny D-lysergovej plne zabezpečujú prostriedky protichemickej ochrany jednotlivca. V prvom rade ochranná maska, ktorej filter zachycuje a zneškodňuje tieto látky. Najväčšie percento strát by zapríčinilo neskoré použitie týchto prostriedkov. Personál, ktorý by bol v trvalom kontakte s LSD-25, by mal používať celohlavovú ochrannú masku, aby nedošlo k prieniku látky cez zvukovody a ušný bubienok. Psychické poruchy môžu vyvolať pri danom spôsobe prieniku aj nepatrné množstvá látky. [35]

Látka BZ (3-chinuklidinyl benzilát) Patrí medzi deriváty acetylcholinu, ku ktorým patria niektoré klinicky dobre známe anticholinergiká ako atropín, skopolamín, deriváty kyseliny benzilovej a benaktyzín. Vyvolávajú v určitých dávkach halucinácie, v mnohých smeroch pripomínajúce psychózu po LSD-25 alebo meskalíne. Látka BZ (obr. 2.15) bola zavedená ako psychotomimetická TCHL do výzbroje americkej armády, armád NATO a armády bývalého ZSSR. V súčasnosti sa považuje za záložnú bojovú toxickú chemickú látku so zneschopňujúcim účinkom.

Predpokladá sa použitie týchto látok v lokálne ohraničenom boji k vyvolaniu zmätkov a paniky, k paralyzovaniu činnosti veliteľských miest armády a riadiacich centier štátu, pri diverzných akciách a pod. Je možné predpokladať ich použitie vo forme aerosólu. Pri diverzných akciách je možné počítať s kontamináciou vodných zdrojov a potravín. Miestami vstupu do organizmu sú dýchacie cesty a zažívacie ústrojenstvo.



Obrázok 2.15: Štruktúrny chemický vzorec látky BZ

Látka BZ tvorí biele kryštály horkej chuti. Molekulová hmotnosť je $337,39 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, teplota topenia $167 \text{ }^\circ\text{C}$, teplota varu vyše $400 \text{ }^\circ\text{C}$, výparnosť je nepatrná. V základnej forme je vo vode nerozpustná, avšak používaný hydrochlorid je veľmi dobre rozpustný. Táto látka je veľmi stála v tuhej forme i v roztoku, čo sa prejavuje jej stálosťou na teréne. Rýchlosť hydrolýzy pri pH 7 ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) je 3 – 4 týždne. So zvyšovaním pH prostredia sa hydrolýza urýchľuje (1,8 minúty pri pH 13). Predpokladaná hustota kontaminácie terénu aerosólom látky BZ sa udáva $0,2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$. BZ látka, podobne ako i iné podobné látky zo skupiny anticholinergných halucinogénov, patrí k relatívne malo toxickým zlúčeninám. Ovplyvnenie psychiky je však schopná vyvolať už vo veľmi nízkych dávkach. Zneschopňujúca koncentrácia aerosólu látky BZ má pre človeka hodnotu $0,07 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ telesnej hmotnosti.

Látka BZ účinkuje podobne ako atropín, vyvoláva rôzne poruchy vyššej nervovej činnosti, ktoré sú známe ako „centrálny anticholinergný syndróm“, charakterizovaný alternáciou myslenia, ochabnutím pamäte a halucináciami. Účinky látky BZ sa u ľudí dostávajú asi 30 minút po expozícii, vrchol pôsobenia sa dostaví medzi 4 – 8 hodinou. Účinky môžu v rôznej intenzite pretrvávať 2 – 5 dní v závislosti od veľkosti dávky. Prvé toxické príznaky sú vegetatívnej povahy a objavujú sa za 30 – 60 minút po podaní látky, pretrvávajú obvykle niekoľko hodín s výnimkou očných príznakov, ktoré trvajú aj niekoľko dní. Vo väčšine prípadov boli pozorované sčervenanie kože, retencia moču, trasenie prstov na rukách, znížená reakcia zreničiek na svetlo. Zo subjektívnych príznakov pocit pálenia v hrdle a v ústach, pocit tepla a bolesti hlavy. Po určitej dobe latencie nastupujú ďalšie príznaky, ako znížená koordinácia pohybov, závrate a bolesti hlavy. [35]

Prvá pomoc pri hromadných otravách zahŕňa nasadenie ochrannej masky, opustenie kontaminovaného prostredia, izolácia zasiahnutých a ich prípadný transport do zdravotníckych zariadení, kde môže byť poskytnutá špecializovaná zdravotnícka pomoc.

2.2.7.2 Látky fyzicky zneschopňujúce (dysregulátory)

Tieto látky svojimi účinkami na CNS vyvolávajú zvýšenú únavu až paralýzu, podráždenosť, nervozitu, poruchy pohybovej koordinácie, poruchy zrakovej ostrosti až prechodnú slepotu, poruchy sluchu, tremor, kŕče, Parkinsonov syndróm a paralýzu. Spoločným znakom tejto skupiny je skutočnosť, že prostredníctvom CNS viac postihujú funkciu fyzickú než mentálnu. Najdôležitejšími zástupcami sú aziridíny, tremorogénne látky (tremorin) a lathyrogénne látky, ktorých hlavným predstaviteľom je imino-dipropionitril (IDPN). [35]

Vyššie uvedené látky fyzicky zneschopňujúce pre svoju malú toxicitu nie sú vhodné pre rozsiahle vojenské použitie, ale v každom prípade sú vhodné na účely diverzné.

2.2.8 DRÁŽDIVÉ TOXICKÉ CHEMICKÉ LÁTKY

Dráždivé látky patria do kategórie dočasne vyradujúcich. Ich použitie znižuje bojaschopnosť protivníka, prípadne sťažuje použitie prostriedkov individuálnej ochrany. Vyznačujú sa charakteristickým dráždivým účinkom na oči, pokožku a sliznicu zažívacieho a dýchacieho traktu. Organizmus má snahu sa brániť proti ich účinkom reflexnými reakciami ako slzením, sekréciou z nosa, uvoľňovaním hlienov, kašľom a zvracaním, čím sa obmedzuje činnosť za-

siahnutých osôb. Látky sú určené pre použitie na vojenské a policajné účely. Používajú sa na ochranu dôležitých objektov, na potlačenie nepokojov, demonštrácií, vyvolanie paniky a na diverzné účely. Z vojenského hľadiska je použitie dráždivých látok určené k vyčerpaniu až zneškodneniu živej sily dlhodobým používaním ochranných prostriedkov, a ako krycí manéver pre bojové nasadenie toxickejších TCHL so smrtiacim účinkom. Takýto kombinovaný útok využíva skutočnosť, že dráždivé TCHL vyvolávajú neznesiteľné podráždenie dýchacích ciest, ktoré znemožňuje dlhodobé použitie ochranných masiek. Je tu tendencia sňať ochrannú masku.

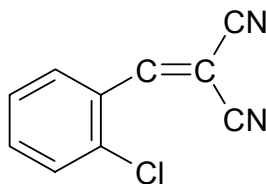
Dráždivé látky nie sú zahrnuté do zoznamu chemických látok Zmluvy, ale každý zmluvný štát je povinný deklarovať tie dráždivé látky, ktoré používa k potláčaniu nepokojov v rámci policajných operácií. [29]

Podľa prevládajúcich príznakov a účinku sa dráždivé TCHL rozdeľujú na:

- slzotvorné (lakrimátory),
- dráždiace horné cesty dýchacie (sternity).

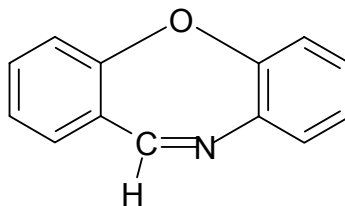
2.2.8.1 Chemické látky slzotvorné (lakrimátory)

Najvýznamnejším predstaviteľom lakrimátorov je látka CS, chemicky 2-chlorbenzalmalonitril (obrázok 2.16), ktorá bola v USA v 50. rokoch zavedená ako štandardná TCHL s dráždivým účinkom namiesto do tej doby používaného chlóracetofenonu [39].



Obrázok 2.16: Chemický štruktúrny vzorec CS látky

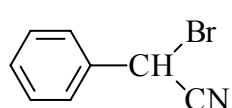
Ide o tepelne stálu bielu kryštalickú látku s vôňou po korení, s bodom topenia 94 – 96 °C. Vo vode je len málo rozpustná, ale v organických rozpúšťadlách sa rozpúšťa dobre. Vo vode sa rozkladá pomaly, ale v alkalickej prostredí je reakcia rozkladu rýchla za vzniku netoxických produktov. CS je pomerne stabilná látka, ktorá umožňuje v lete kontaminovať terén na niekoľko dní, kým v zimných mesiacoch až niekoľko týždňov. [38] Najčastejšie sa plní do ručných granátov a delostreleckých striel, ale môže sa použiť aj pomocou aerosólových generátorov alebo v leteckých bombách a to ako CS-pyrotechnická zmes, alebo zmes CS-1 a CS-2. Zmes CS-1 je zložená z jemne rozomletého prášku CS, zmiešaného s 5 % silikagelom na zníženie aglomerácie. Po rozprášení na zem zostáva receptúra aktívna po dobu 5 dní. Receptúra CS-2 je prášková látka CS obsahujúca silikagel a hexymethylendisiloxan, ktorý znižuje ako aglomeráciu, tak aj rýchlosť hydrolýzy, čím sa stálosť zvyšuje na dobu asi 45 dní.



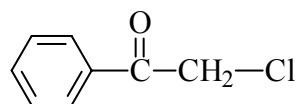
Obrázok 2.17: Chemický štruktúrny vzorec látky CR

Najúčinnejšou, ale z hľadiska praktického uplatnenia menej významnou dráždivou látkou typu lakrimátora je látka CR, chemicky dibenzo-1,4-oxazepin (obrázok 2.17), vyrobený pre vojenské účely vo Veľkej Británii v roku 1973.

Látka CR je vo vode málo rozpustná a nepodlieha hydrolyze. Vedľa týchto dvoch perspektívnych TCHL medzi lakrimátory môžeme zaradiť i dve staršie: brombenzylkyanid (CA) a chloracetofenonom (CN) (obrázok 2.18).



brombenzylkyanid



chloracetofenón

Obrázok 2.18: Chemický štruktúrny vzorec brombenzylkyanidu a chloracetofenónu

V niektorých krajinách môžu pretrvávať ich zásoby. Charakteristické fyzikálne vlastnosti látky CR v porovnaní s látkou CS, brombenzylkyanidom (CA) a chloracetofenónom (CN) sú uvedené v tabuľke 2.17.

Tabuľka 2.17: Niektoré vlastnosti vybraných lakrimátorov [41, 50]

Vlastnosti	Lakrimátory			
	CS	CR	CA	CN
Fyzikálny stav (20 °C)	pevná látka	bledožltá kryšt. pevná látka	pevná látka	biela kryštalická pevná látka
Bod topenia (°C)	93 – 95 °C	71 – 72	25,4	54
Bod varu (°C)	310 – 315 °C (za rozkladu)	125	242 za rozkladu	248
Hustota kvapaliny (g.ml ⁻¹) (58 °C)	–	–	1,47 (25 °C)	1,187
Hutnosť pár	–	–	6,7	5,3
Max.koncentrácia (mg.m ⁻³)	0,71 mg.m ⁻³ (25 °C)	–	17 (0 °C) 115 (20 °C)	2,36 (0 °C) 34,3 (20 °C)
Tlak nasýtených pár (Pa)	–	0,787 (20 °C)	1,463 (20 °C)	0,3458 (0 °C) 0,5453 (20 °C)

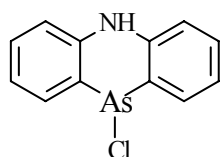
2.2.8.2 Chemické látky dráždiace horné cesty dýchacie (sternity)

Túto skupinu tvoria organické zlúčeniny trojmocného arzénu. Väčšinou sú to látky pevného skupenstva. Majúce vysoký bod varu. Využívajú sa vo forme dymu. Jedovaté dymy sú tvorené využitím tepelným účinkom pri horení dráždivých dymotvorných zmesí dymovníčiek, tepelného a tlakového účinku pri explózii mín a granátov plnených dráždivými látkami.

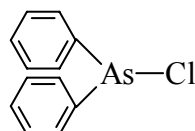
Najvýznamnejším sternitom je Adamsit (DM) (obrázok 2.19). Dostal pomenovanie podľa chemika Adamsa, ktorý prvý navrhol túto látku pre bojové použitie.

Jedná sa o kanárikovožltú kryštalickú látku nevýrazného zápachu. Je pomerne prchavý, v bojových koncentráciách kontaminuje terén len 0,5 – 1 hodinu. Pri vyššej teplote podlieha hydrolyze, pričom produkty hydrolyzy sú toxické a kontaminujú vodu a potraviny. Podrobnejšie sú fyzikálne a fyzikálno-chemické vlastnosti uvedené v tabuľke 2.18. Medzi sternity patria i dráždivé látky používané predovšetkým v dobe prvej svetovej vojny, ktoré však môžu byť stále súčasťou zásob chemických zbraní niektorých štátov. Ide o látky Clark I. a Clark II. Clark I (DA), chemicky difenylchlórarzín, je bezfarebná kryštalická látka so slabým ovocným

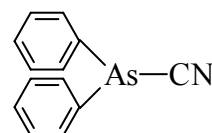
zápachom. Je veľmi prchavá. V bojových koncentráciách je schopná kontaminovať terén len 5 – 10 minút. Clark II. (DC) chemicky difenylkvanarzin je tiež bezfarebná kryštalická látka s veľmi slabým zápachom po cesnaku, alebo horkých mandliach. Je menej prchavá než Clark I. V bojových koncentráciách kontaminuje terén 10 – 30 minút. [41]



Adamsit (DM)



Clark I (DA)



Clark II (DC)

Obrázok 2.19: Štruktúrne chemické vzorce najvýznamnejších sternitov

Tabuľka 2.18: Niektoré vlastnosti sternitov [50]

Vlastnosti	Sternity		
	Adamsit (DM)	Clark I (DA)	Clark II. (DC)
Fyzikálny stav (20 °C)	pevná látka, žlto až žltozelená	pevná látka	pevná látka
Bod topenia (°C)	195	40	31,5 – 35
Bod varu (°C)	410	333 (za rozkladu)	350 (za rozkladu)
Hustota kvapaliny (g.ml ⁻¹)	–	1,387 (50 °C)	1,334 (35 °C)
Max.koncentrácia (mg.m ⁻³)	veľmi malá	0,68 (20 °C)	1,5 (20 °C)
Tlak nasýtených pár (Pa)	–	0,0665 (20 °C)	0,0266 (20 °C)
Stupeň hydrolyzy	pri nižších teplotách nehydrolyzuje	pomalá	veľmi pomalá
Stálosť v teréne	krátka	krátka	krátka

2.2.8.3 Mechanizmus účinku a toxicita dráždivých látok

Mechanizmus účinku dráždivých TCHL spočíva v selektívnom podráždení receptorov senzorickej a senzitivnej nervov v rohovke, v spojivkách, sliznici dýchacích ciest a zažívacieho traktu a koži. V prípade ťažkých intoxikácií sternitmi by mohlo vzhľadom k prítomnosti arzenu v molekule dôjsť i k intoxikácii arzénom.

Dráždivý účinok týchto látok nastáva už pri veľmi nízkych koncentráciách vo vzduchu. Najúčinnšia je látka CR, ktorá vyvoláva veľmi nepríjemné podráždenie už pri koncentrácii 0,001 mg.m⁻³. Najužívanejšia látka CS dráždi už v koncentrácii 0,05 – 0,1 mg.m⁻³, zatiaľ čo najúčinnší sternit Adamsit vyvoláva prvé podráždenie v koncentrácii 0,1 mg.m⁻³ [38].

Tabuľka 2.19: Toxikologická charakteristika dráždivých TCHL [35]

TCHL	Prah dráždivosti (mg.m ⁻³)	Max. tolerovaná dávka (mg.m ⁻³)	EC ₅₀ (mg.min.m ⁻³)	LC ₅₀ (g.min.m ⁻³)
CN	0,3 – 1,0	5,0 – 20,0	80	8,5 – 25
CS	0,05 – 0,10	2,0 – 5,0	20	15 – 30
CR	0,001	–	2,0 – 5,0	–
DM	0,04	1,0 – 5,0	10	40 – 75
DA	–	–	–	15
DC	–	–	–	10

Dráždivé toxické chemické látky sú však veľmi málo toxické, čo dokazujú aj hodnoty toxikologických charakteristík uvedené v tabuľke 2.19.

Ako vyplýva z uvedených hodnôt, na dosiahnutie smrtiaceho účinku po minútovej expozícii by bola potrebná asi 100 000-krát vyššia koncentrácia v porovnaní s dráždivým účinkom.

2.3 PROCES CHEMICKÉHO ODZBROJOVANIA

Začiatky snahy o likvidáciu chemických zbraní je možné hľadať už v 17. storočí. Z tohto obdobia pochádza najstarší dokument, a to dvojstranná zmluva medzi Francúzskom a Nemeckom, ktorá zakazuje akékoľvek použitie jedov, ako je napríklad otravovanie studní, potravín, či použitie vo forme zbraní (tabuľka 2.20).

Tabuľka 2.20: Najvýznamnejšie mierové iniciatívy v oblasti chemických zbraní [19, 21]

Rok	Miesto	Obsah iniciatívy
1868	Petrohrad	Zákaz použitia určitých striel vo vojne
1874	Brusel	Medzinárodná deklarácia o vojnovom práve
1899	Haag	1. medzinárodná mierová konferencia
1907	Haag	2. medzinárodná mierová konferencia
1925	Ženeva	Protokol o zákaze používania vo vojne dusivých, otravných alebo podobných plynov a prostriedkov bakteriologických
1972	Ženeva	Zmluva o zákaze vývoja, výroby a hromadenia bakteriologických (biologických) a toxínových zbraní a o ich zničení
1977	Ženeva	Zmluva o zákaze vojenského použitia prostriedkov meniacich životné prostredie
1993	Paríž	Zmluva o zákaze vývoja, výroby, hromadenia zásob a použitia chemických zbraní a ich zničení

Petrohradská deklarácia z roku 1868 zase hovorí, že jediným cieľom štátov vo vojne by malo byť oslabenie vojenských síl protivníka. Tento cieľ by bol však prekročený použitím zbraní, ktoré by zvyšovali utrpenie ľudí vyradených z boja, alebo robia ich smrť nevyhnutnou. Použitie takýchto zbraní by bolo v rozpore so zákonmi humanity.

Bruselská Medzinárodná deklarácia o zákonoch a spôsoboch vedenia vojny z roku 1874 mala už priamy vzťah k budúcim chemickým zbraniam. Napríklad v čl. 13 zakotvila princíp, podľa ktorého sa zakazuje použitie jedovatých a otravných zbraní a použitie zbraní, striel a látok, ktoré by spôsobovali nadmerné útrapy. Tento dokument síce nebol ratifikovaný a nevstúpil do platnosti, ale stal sa podkladom pre ďalšie mierové jednania.

Na I. medzinárodnej mierovej konferencii v Haagu v roku 1899, kde sa zúčastnilo 26 štátov, bola prijatá Zmluva o zákonoch a obyčajoch pozemnej vojny. Ďalšia Haagska konferencia v roku 1907 predĺžila platnosť predchádzajúcej konvencie a odsúdila používanie striel, ktorých jediným cieľom je šírenie dusivých a iných otravných plynov.[70]

V mierovej zmluve z roku 1919 podpísanej s Nemeckom vo Versailles bolo zakázané použitie dusivých, jedovatých a ostatných plynov článkom 171, kde sa konštatuje: „Použitie dusivých, jedovatých a iných plynov a všetkých analogických kvapalín, látok a prístrojov sa zakazuje, ich výroba a dovoz do Nemecka je prísne zakázaný. To isté sa týka aj látok pre ich výrobu, skladovanie a použitie uvedených produktov a prístrojov.“

Podobný zákaz bol vyjadrený v roku 1922 vo washingtonskej Zmluve o použití ponoriek a škodlivých plynov, uzavretej medzi Francúzskom, Talianskom, Japonskom, Veľkou Britániou a Spojenými štátmi. Túto zmluvu veľmoci podpísali, ale neratifikovali. V čl. 5 tejto zmluvy sa uvádza: „Pretože používanie dusivých, jedovatých a iných plynov a všetkých po-

dobných kvapalín, látok a prístrojov bolo právom odsúdené všeobecnou mienkou civilizovaného sveta, a tento zákaz bol vyjadrený v zmluvách, ku ktorým väčšina civilizovaných štátov pristúpila, vyhlasujú signatárske štáty, že sa budú považovať za zaviazané medzi sebou, a v tomto zmysle vyzývajú ostatné civilizované štáty, aby sa k tejto dohode pripojili.“

Najdôležitejším dokumentom medzivojnového obdobia bol Protokol o zákaze vojnového použitia jedovatých a iných plynov a bakteriologických metód vedenia vojny zo 17. júna 1925 – tzv. Ženevský protokol. Protokol podpísalo pri jeho otvorení celkom 38 štátov a k 1. januáru 1989 sa jeho účastníkmi stalo 115 štátov [78]. Mnohé z nich si však k nemu pripojili vlastné prehlásenia alebo výhrady, podľa ktorých si mimo iného vyhradili právo odvetného použitia chemických zbraní v prípade, že proti nim bude chemickými zbraňami zaútočené. Ženevský protokol sa stal široko uznávanou normou medzinárodného práva a väčšina štátov sveta dodržiavala jeho záväzky. Protokol však žiadnym spôsobom neobmedzoval prípravu k vedeniu vojny za použitia chemických a bakteriologických zbraní. Nedefinoval tiež presne predmet zákazu, teda chemickú zbraň, ani neobsahoval žiadne opatrenia k zničeniu týchto zbraní a hlavne nevytváral kontrolný systém dodržiavania ustanovení tohto Protokolu. Má teda ako odzbrojovací dokument len limitujúcu platnosť. Tým, že nezakazuje vývoj, výrobu, iný spôsob získavania, predávania a skladovania chemických či biologických zbraní, ale len ich použitie, dovoľuje vlastníť tieto zbrane pre prípadné odvetné údery. V skutočnosti zakazuje len prvé použitie týchto zbraní. [21]

V prvej polovici 30. rokov prebiehali jednania s cieľom ďalej redukovať úroveň chemického vyzbrojovania. Vplyvom zhoršujúcich sa vzťahov medzi Európou a Áziou boli tieto aktivity okolo roku 1936 zastavené. Problematika zákazu chemických a biologických zbraní bola prejednávaná ako samostatná otázka až od roku 1968, a to v rámci Výboru 18 štátov pre odzbrojenie, resp. neskôr Konferencie o odzbrojení v Ženeve. Dosiahnutie spoločnej dohody o chemických a biologických zbraniach sa ukázalo značne problematické. Bol preto zvolený dvojstupňový prístup, pri ktorom sa riešila najskôr otázka biologického odzbrojovania. Zmluva o zákaze vývoja, výroby a hromadenia zásob bakteriologických (biologických) a toxínových zbraní a o ich zničení bola podpísaná v Londýne, Moskve a Washingtone 10. apríla 1972 a vstúpila v platnosť 26. marca 1975. Až po tomto období sa pozornosť jednacieho fóra sústredila na vypracovanie Zmluvy o všeobecnom zákaze CHZ. Na odzbrojovacích jednaniach v rámci OSN sa však v rokoch 1973 - 1976 dosiahnuť pokroku v oblasti CHZ nepodarilo. Séria bilaterálnych jednaní medzi ZSSR a USA vedených koncom 70. a počiatkom 80. rokov bola neúspešná. Napriek tomu jednotlivé štáty, alebo skupiny štátov predkladali rozsiahly počet pracovných dokumentov zahrňujúcich návrhy konvencií.

Jedným z najdôležitejších momentov pokroku v oblasti chemického odzbrojenia bol 18. apríl 1984, kedy USA predložili ucelený návrh Zmluvy o zákaze CHZ. Tento návrh vznikol ako reakcia na sovietsky návrh Zmluvy, ktorý ZSSR predložil v roku 1982 na VZ OSN v New Yorku. Z návrhu USA sa vychádzalo pri ďalších jednaniach. Od roku 1984 sa práce na Konferencii zaktivizovali a bol vytvorený Výbor pre zákaz chemických zbraní s jasne vyhradeným mandátom pre tvorbu textu budúcej Zmluvy. Hlavnou prekážkou bola neochota vtedajšieho vedenia ZSSR pripustiť kontrolu na mieste. Konkrétny návrh na inšpekciu vykonateľnú kedykoľvek a kdekoľvek predložil v roku 1984 vtedajší viceprezident USA George Bush. Michail Gorbačov a Ronald Reagan pri svojom stretnutí v novembri 1985 v Ženeve dohodli dvojstranné rokovania o zákaze CHZ, ktoré potom prebiehali od roku 1986 v Ženeve. USA tiež odsúhlasili ukončenie programu výroby binárnej chemickej munície, ktorý sa začal v roku 1987. Ďalším sporným bodom pri príprave Konvencie bola nedostatočná ochrana výrobného tajomstva pri inšpekcii „na mieste“, čo sa podarilo vyriešiť na základe presne definovaných kontrolných mechanizmov.

Vo februári 1988 predložil ZSSR návrh na mnohostrannú výmenu údajov o vlastníctve CHZ a k uskutočňovaniu medzinárodného experimentu kontroly objektov chemického prie-

myslu. Myšlienka sa stretla s priaznivým ohlasom a celkom 23 štátov vykonalo experimentálnu kontrolu v civilnom chemickom priemysle na národnej úrovni z hľadiska výroby chemických zbraní. Behom jarného kola v roku 1989 prebehlo ich vyhodnotenie a bol začatý proces spracovania ich výsledkov do návrhu kontrolných opatrení Zmluvy. Súčasne štáty ČSSR, NDR, Taliansko, Holandsko, Veľká Británia, NSR, Rakúsko a Austrália zverejnili základné údaje o svojom chemickom potenciáli. Viac než 50 štátov prehlásilo, že nevlastní CHZ.

Významnú úlohu v úsilí o dosiahnutie všeobecného a úplného zákazu a likvidácie CHZ zohrala medzinárodná konferencia, ktorá sa uskutočnila v dňoch 7. – 11. januára 1989 v Paríži, ktorú zvolal francúzsky prezident F. Mitterand. Zúčastnilo sa jej 149 štátov, vrátane 113 štátov, ktoré boli v tej dobe signatármi Protokolu z roku 1925. Zúčastnené štáty sa tu zaviazali, že nepoužijú chemické zbrane, jednoznačne ich odsúdili a vyslovili sa pre urýchlené rokovanie o ich úplnom zákaze.

Významným zlomom pre dokončenie konvencie o zákaze CHZ bola aj schôdzka Georgea Busha a Michaila Gorbačova vo Washingtone v júni 1990. Títo predstavitelia podpísali dňa 1. júna 1990 Vyhlásenie o likvidácii a zákaze ďalšej výroby CHZ. U vlastníkov s najväčším potenciálom týchto zbraní sa situácia riešila dvojstrannou dohodou. Podľa nej mala byť zničená polovica všetkých zásob do konca roka 1999 a začiatkom roka 2002 mali mať obidve zmluvné strany maximálne 5 000 ton bojových otravných látok.

Konvencia o zákaze vývoja, výroby, skladovania a použitia chemických zbraní a ich zničení bola podpísaná v dňoch 13. – 15. januára 1993 v Paríži. Nadväzuje na známy ženevský protokol z roka 1925 a Konvenciu o zákaze bakteriologických (biologických) a toxických zbraní z roka 1972. Táto prvá multilaterálna odzbrojovacia dohoda poskytuje možnosť pre elimináciu jednej kompletnej kategórie zbraní hromadného ničenia pod všeobecne používanou medzinárodnou kontrolou [72]. Zmluva vstúpila do platnosti 29. apríla 1997, temer 100 rokov potom, čo bola podpísaná prvá dohoda zakazujúca používanie dusivých a jedovatých plynov. Pri vstupe Zmluvy do platnosti deklarovali celkove štyri zmluvné štáty, vlastníci CHZ, vyše 70 000 ton bojových TCHL a temer 8,4 mil. kusov chemickej munície.

Zmluva spočíva v 4 základných pilieroch a to chemickom odzbrojení, kontrole nešírenia CHZ, v pomoci a ochrane, a v medzinárodnej spolupráci. [82] Požiadavka chemického odzbrojenia predstavuje záväzok zmluvných štátov nevyvíjať, nevyrábať a nepoužívať CHZ, a zlikvidovať zostávajúce arzenály a zariadenia pre ich výrobu do 10 rokov potom, kedy Zmluva vstúpi do platnosti pre daný zmluvný štát. Kontrola nešírenia je zabezpečená systémom deklarácií (t. j. slávnostným prehlásením niektorých medzinárodných zmlúv) a notifikáciou (oznámením štátneho orgánu pre zahraničné styky o akejkoľvek skutočnosti) údajov zmluvnými štátmi podľa požiadaviek Zmluvy medzinárodnej Organizácii pre zákaz CHZ a následnou verifikáciou týchto údajov medzinárodnými inšpekčnými tímami. Princíp pomoci a ochrany umožňuje zmluvným štátom, ktoré nemajú vybudované zodpovedajúce systémy ochrany pred účinkami CHZ, požiadať o pomoc a obdržať ju v prípade napadnutia chemickými zbraňami. V rámci princípu medzinárodnej spolupráce Zmluva predpokladá intenzívnu medzinárodnú spoluprácu a medzinárodnú výmenu vedeckých a technických informácií, chemických látok a zariadení pre výrobu, spracovanie, alebo použitie látok pre účely nezakázané touto Zmluvou v záujme posilnenia technického rozvoja všetkých zmluvných štátov.

Text Zmluvy obsahuje takmer 200 strán. Definuje základné terminologické pojmy, ako sú chemické zbrane, otravná látka, prekursor, ničenie chemických zbraní a pod.. Hlavným predmetom Zmluvy je zákaz používania, vývoj a výroba CHZ, ako aj zákaz predávania technologických zariadení pre ich výrobu, zákaz ich predávania ďalším štátom a zničenie závodov na výrobu chemických zbraní. Obsahuje tiež časovo vymedzenú likvidáciu zostávajúcich zásob CHZ. [71] Osobitným je ustanovenie tejto Zmluvy, že dráždivé látky nie je možné používať na vojenské účely, ale iba na potláčanie nepokojov a demonštrácií vo vlastnom štáte. Môže sa teda používať len na policajné účely.

Zmluva má neobmedzené trvanie. Depozitárom Zmluvy je Generálny tajomník Organizácie spojených národov. K implementácii Zmluvy bola vytvorená medzinárodná organizácia pre zákaz chemických zbraní (Organisation For The Prohibition Of Chemical Weapons – OPCW) so sídlom v Haagu. [81]

Časový plán likvidácie sa však pravdepodobne nedodrží. Rusko ako jeden z najväčších vlastníkov chemického arzenálu sa vyjadrilo, že zbrane nebude môcť zlikvidovať bez zahraničnej finančnej pomoci. Na siedmich základniach deklarovalo uloženie 40 000 ton chemických zbraní. Bohaté skúsenosti z likvidácie majú USA. V roku 1990 úspešne zničili všetky zásoby psychoaktívnej látky BZ. Likvidácia 500 ton a 1 500 kusov nábojov trvala Američanom vyše 13 rokov a celkové náklady sa vyšplhali na 160 miliónov USD. Ani posledná dohoda o zákaze chemických zbraní však nemôže úplne vylúčiť ich výrobu či vývoj, napríklad pod pláštikom civilného chemického priemyslu.

2.4 CHEMICKÝ TERORIZMUS

Chemický terorizmus je tiež jedným zo sprievodných javov vývoja ľudskej spoločnosti. Dnes sa mu venuje mimoriadna pozornosť preto, lebo sa stal popri klasickom terorizme neodmysliteľným fenoménom súčasnej doby. Najväčšou hrozbou je chemický terorizmus podporovaný štátom, kde niektoré štáty financujú tajné medzinárodné teroristické skupiny na podporu ich politiky, a tiež terorizmus veľkých nezávislých organizácií, ako je napríklad Óm šinrikjó. Najmenšie riziko pramení od jednotlivcov alebo malých organizácií. [84]

Najefektívnejším a najpoužívanejším prostriedkom chemického terorizmu je využitie psychologického efektu spojeného s panikou a strachom vyvolaným v dôsledku hrozby, alebo použitia toxických chemických látok v rôznej forme. Teroristi chcú dosiahnuť kriminálnych, ideových, sociálnych alebo politických cieľov, pričom obeť pôsobenia nebezpečných chemických látok nie sú spravidla pravým objektom teroru. Cieľom chemických útokov sa stáva civilná populácia, na rozdiel od klasického chemického napadnutia vo vojnovom konflikte, kedy sú rozhodujúcim cieľom chemickej kontaminácie vojská. Chemický terorizmus je teda ekvivalentom vojnových zločinov v období mieru. [86]

Mnoho odborníkov sa zhoduje na fakte, že súčasný chemický terorizmus má začiatky v roku 1994, i keď už rok predtým bolo plánované použitie kyanovodíkových bômb v Svetovom obchodnom centre v New Yorku. K úplne prvému pokusu použiť sarin na teroristické účely došlo na jar roka 1994. Duchovný otec sekty Óm šinrikjó si objednal sarinový útok na vodcu veľkej budhistickej organizácie Sôka Gakkai. Muži z akčnej skupiny sekty zaparkovali auto pri budove, kde prednášal cieľ ich útoku, a spustili rozprašovací systém. Ten však zlyhal a výpary sarinu vnikli do auta. Jeden muž z teroristickej skupiny bol intoxikovaný a bol liečený v nemocnici sekty.

Chemický útok v japonskom meste Matsumoto, s počtom obyvateľov asi 300 000, v roku 1994 mal slúžiť ako test účinnosti sarinu pre chystaný útok v Tokiu v roku 1995. Išlo o teroristickú akciu už spomínanú sekty Óm šinrikjó na sudcov, ktorí rozhodovali spor o veľké pozemky, ktoré sekta viedla. V ochranných odevoch začali teroristi rozptyľovať bojovú toxickú chemickú látku (TCHL). V dôsledku zmeny prízemnej meteorologickej situácie sa oblak rozšíril i nežiaducim smerom. Toto zapríčinilo, že okrem troch sudcov bolo otrávených ďalších asi 500 ľudí, z ktorých sedem krátko po otrave zomrelo.

Ďalší útok sarinom bol vykonaný 20. marca 1995 v tokijskom metre. Sarin bol zatavený vo vreckách asi po pol kilograme a uvoľniť sa mal prepichnutím pomocou dáždnika so zaostrenou špičkou. Teroristi mali k dispozícii 11 takýchto časovaných bômb. Účinok tejto akcie bol však obmedzený tým, že sa nepodarilo prebodnúť všetky vrecká v rozmedzí troch až 5 minút a tiež skutočnosťou, že čistota GB bola len 20 – 30 %. I napriek tomu bolo celkovo intoxikovaných 5500 ľudí a 12 z nich zomrelo. Predpokladá sa, že keby čistota sarinu bola

70 – 80 %, trvalo by niekoľko dní, kým by sa podarilo metro zbaviť sarinu, a počet obetí by bol rádovo v tisíckach. [24]

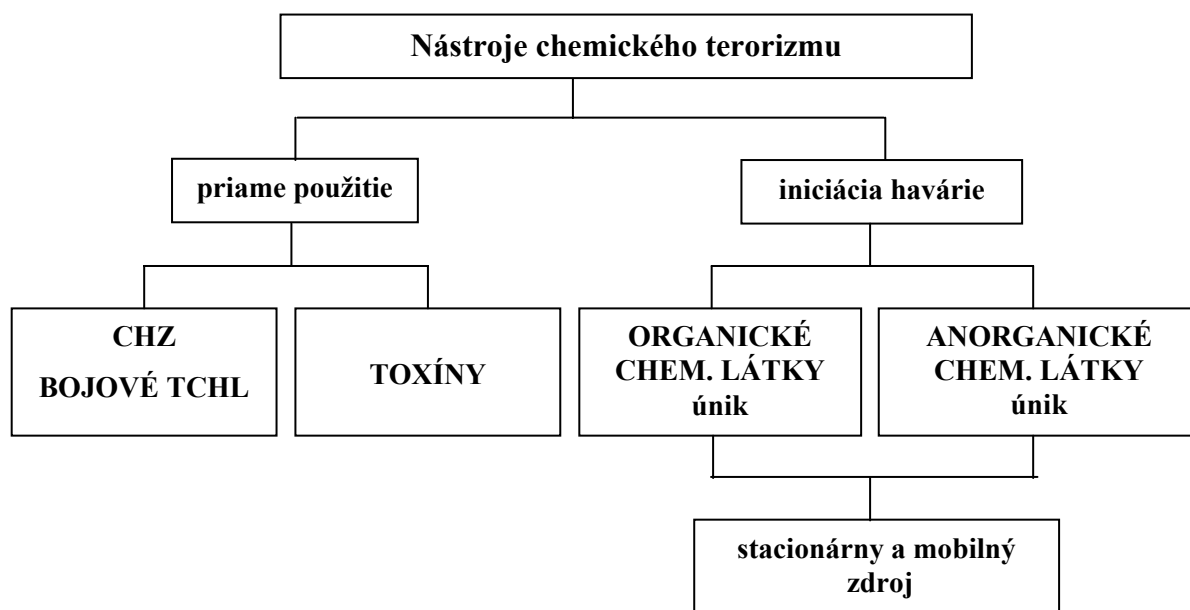
2.4.1 VÝCHODISKÁ PRE VYUŽITIE TOXICKÝCH CHEMICKÝCH LÁTOK NA TERORIZMUS

Chemické látky, ktoré môžeme považovať za účinný nástroj chemického terorizmu, musia vo všeobecnosti spĺňať základné kritériá, medzi ktoré patria predovšetkým:

- zodpovedajúce fyzikálne, fyzikálno-chemické a chemické vlastnosti;
- vysoká toxicita, pričom doba latencie môže mať rozdielne hodnoty;
- rozmanité spôsoby intoxikácie organizmu;
- žiadne, alebo len malé demaskujúce príznaky ich použitia;
- obťažnosť alebo nemožnosť ich rýchlej detekcie;
- náročnosť stanovenia správnej diagnózy po intoxikácii a komplikovanosť následnej terapie.

Okrem toho by chemické látky nemali vyvolávať v bráne vstupu do organizmu postrehnuteľné patologické zmeny a v období klinického rozvoja symptómov intoxikácie by nemalo byť k dispozícii žiadne účinné antidotum.

Podľa uvedených kritérií, a tiež podľa podrobnej analýzy jednotlivých prípadov použitia CHL na teroristické účely s vplyvom na civilné obyvateľstvo v minulosti, je možné s veľkou pravdepodobnosťou vymedziť skupiny látok, ktoré pri chemickom terorizme môžu pripadať do úvahy i v súčasnosti, a to v ktorejkoľvek časti sveta. Chemický terorizmus používa ako nástroj násilia chemické toxické látky, či už niektoré bojové TCHL, alebo iné chemické látky. V rámci chemického terorizmu je nutné uvažovať jednak o priamom použití chemických látok, ako tomu bolo napríklad v Japonsku, alebo o teroristickom útoku na objekty, kde sa toxická chemická látka skladuje, spracováva alebo vyrába. Zdrojom rozsiahlej chemickej kontaminácie životného prostredia môžu byť tiež havárie pri preprave nebezpečných priemyslových toxických chemických látok. Skupiny chemických látok, ktoré môžu byť potenciálne využité k realizácii teroristických útokov na území ktoréhokoľvek štátu, sú schematicky uvedené na obrázku 2.20.



Obrázok 2.20: Predpokladané nástroje chemického terorizmu [86]

Z veľkého množstva chemických látok sa dá len nepatrné množstvo využiť ako účinný nástroj chemického terorizmu. Takáto látka, okrem vysokej toxicity, musí disponovať výhodnými vlastnosťami fyzikálneho a chemického charakteru, ktoré naplno v čo najširšom meradle umožnia uplatniť ich patologické a fyziologické účinky. Fyzikálne vlastnosti charakterizujú danú látku, ale hlavne kvantitatívne ilustrujú mieru vhodnosti pre použitie určité látky ako nástroja chemického terorizmu.

Mnoho fyzikálnych vlastností, ako je relatívna molekulová hmotnosť, hustota, relatívna hustota pár a kvapalín, teplota topenia, teplota deštrukcie, výparnosť, tlak nasýtených pár, rozpustnosť, viskozita, prípadne i ďalšie veličiny určujú mieru vhodnosti využiť chemickú látku pre účely chemického terorizmu.

Teplota topenia/tuhnutia a varu (body zvratu) majú prvoradý vplyv na stálosť (perzistenciu) TCHL na teréne. Na základe bodu varu môžeme usudzovať o možnostiach ich použitia, o dĺžke ich toxického účinku a následne o najúčelnejších ochranných opatreniach. Napríklad väčšinu nízko vriacich CHL možno použiť k časovo krátkodobej kontaminácii atmosféry. TCHL s teplotou varu okolo 150 °C patria medzi látky nestále. Ich ničivý účinok na teréne je okolo jednej hodiny.

Relatívna molekulová hmotnosť je súčtom relatívnych atómových hmotností všetkých prvkov tvoriacich molekulu chemickej látky.

Teplota termickej deštrukcie je teplota, pri ktorej dochádza k rozkladu TCHL (ilustruje tepelnú stálosť). Tepelná stálosť je určujúca pre spôsob rozširovania TCHL v priestore cieľa, a tým aj konštrukcie prostriedkov napadnutia, stálosti v poľných podmienkach a efektívnosti dekontaminácie teplom.

Hustota je hmotnosť m³ látky v kilogramoch za definovaných podmienok (teplota, tlak). Spravidla klesá s rastom teploty a rastie so zvyšovaním tlaku. Hustota TCHL je určujúca pre posudzovanie problémov spojených s aerodisperznými systémami (napr. rýchlosť sedimentácie častíc). Oblaky aerosólov, ktoré majú vysokú hustotu, sa rýchlejšie rozrušujú a ich častice rýchlejšie sedimentujú v porovnaní s časticami chemických látok, ktoré majú hustotu menšiu. Je nutné tiež podotknúť, že v reálnych podmienkach veľký rozdiel medzi hustotou TCHL a rozpúšťadlom bude brániť dokonalejšiemu premiešaniu oboch zložiek, čo má vplyv na rýchlosť a kvalitu dekontaminačného, resp. odmorovacieho procesu.

Relatívna hustota pár (hutnosť) (d) je bezrozmerná veličina udávajúca pomer mernej hustoty pár TCHL k mernej hustote vzduchu za rovnakých podmienok. Napríklad relatívna hustota pár fosgénu je 3,48, pre sarin 4,86. Ak sú hustoty plynov (pár) podľa Avogadrovho zákona úmerné svojim relatívnym molekulovým hmotnostiam, a ak berieme hustotu vzduchu ako jednotkovú, strednú relatívnu molekulovú hmotnosť vzduchu ($M_{r,vzduchu} = 28,964$), potom získame vzťah pre relatívnu hustotu pár danej TCHL voči vzduchu, ktorý má nasledovný tvar:

$$d_{TCHL} = \frac{M_{TCHL}}{M_{VZDUCHU}} = \frac{M_{TCHL}}{28,964}$$

Umožňuje vykonávať závery o chovaní plynnej fázy a jej stabilite v prízemných vrstvách atmosféry (predpoklad k vytvoreniu účinnej koncentrácie). Chemické látky s hustotou pár vyššou ako 1 sa za priaznivých poveternostných podmienok hromadia v prízemnej vrstve atmosféry (hlavne v priehlbínach, údoliach), zatiaľ čo TCHL s nízkou hustotou pár (predovšetkým menšou ako 1) rýchlo stúpajú do vyšších vrstiev atmosféry, čím strácajú schopnosť zasiahnuť inhalačne živú silu.

Relatívna hustota kvapalín je vzťahnutá na hustotu destilovanej vody pri teplote 4 °C a tlaku 760 mm ortuťového stĺpca. Napríklad sarin má relatívnu hustotu kvapaliny pri teplote 20 °C 1,0943 ($d_4^{20} = 1,0943$). Inak povedané, hustota sarinu pri teplote 20 °C je 1,0943-krát väčšia ako hustota vody pri teplote 4 °C.

Rozpustnosť charakterizuje schopnosť látky vytvárať zmesi s inými látkami, rovnorodé (homogénne) systémy – roztoky. Kvantitatívne je rozpustnosť vyjadrovaná koncentráciou nasýteného roztoku. Najčastejšie sa rozpustnosť vyjadruje maximálnym počtom gramov látky, ktoré je možné rozpustiť v 100 gramoch rozpúšťadla pri zadanej teplote. Často je rozpustnosť vyjadrovaná v percentách. Táto veličina ukazuje, koľko gramov rozpustenej látky obsahuje 100 gramov rozpúšťadla. Ak hovoríme o rozpustnosti, je potrebné vždy uvádzať aj teplotu. S narastaním teploty sa rozpustnosť obvyčajne zvyšuje. Existujú samozrejme výnimky. Jednou z nich je rozpustnosť látky VX vo vode, ktorá pri 20 °C je rovná 5 % a znižuje sa so zvyšovaním teploty.

Rozpustnosť CHL má veľký význam pri výbere správnych metód odmorovania. K likvidácii CHL rozpustných vo vode sú vhodné vodné roztoky odmorujúcich látok. Likvidácia látok nerozpustných, alebo málo rozpustných vo vode vyžaduje použitie takých odmorovacích zmesí, v ktorých sa bude TCHL rozpúšťať.

Rozpustnosť TCHL má veľký význam aj z hľadiska korekcie ich nevyhovujúcich vlastností pri použití. Napríklad obmedzené využitie yperitu je ovplyvnené jeho vysokou teplotou tuhnutia (14,5 °C). Po rozpustení v niektorých rozpúšťadlách môže byť yperit použitý i pri relatívne nízkych teplotách. Je známa zmes yperitu a lewisitu v pomere 66:34, ktorá je svojím pľuzgierotvorným účinkom porovnateľná s yperitom. Jej teplota tuhnutia je však -30 °C. Vzájomná rozpustnosť látok je využívaná i z iných dôvodov. V USA a Veľkej Británii bola skúmaná zmes yperitu so sarinom, ktorej cieľom bolo sťažiť práce pri identifikácii, odmorovaní a pri liečení zasiahnutých osôb. Vzájomná rozpustnosť TCHL sa môže využiť k zosilneniu toxického účinku pri súčasnom použití dvoch toxických látok. Tento jav sa nazýva synergizmus. [6]

Tlak nasýtených pár. Každá tuhá alebo kvapalná látka má snahu prejsť do plynného skupenstva, pričom sa nad ňou vytvára vrstva pár, ktorá vyvíja tlak na okolité prostredie. V dôsledku tohto javu, nazývaného tenzia pár danej látky, je nad pevnou alebo kvapalnou fázou vždy určitý podiel látky v plynnom stave. Tenzia pár, ktorá je teda mierou schopnosti uvoľňovať molekuly látky do plynnej fázy, silne vzrastá s teplotou.

Tlak pár, ktorý je v rovnováhe s kvapalinou alebo pevnou látkou pri danej teplote, sa nazýva tlakom nasýtených pár. Od tenzie pár závisí rýchlosť vyparovania (doba kontaminácie povrchov eventuálne doba života častíc aerosólu).

Výparnosť je hodnota vyjadrujúca hmotnosť pár chemickej látky v určitom objeme vzduchu pri tlaku jej nasýtených pár. Koncentrácia pár CHL dosiahne v uzavretom systéme po určitej dobe istú rovnovážnu maximálnu hodnotu, ktorá je obvykle nazývaná maximálna koncentrácia alebo prchavosť.

Tabuľka 2.21: Perzistencia nervových látok a yperitu pri rôznych meteorologických podmienkach [32, 35, 50]

Chemická látka	Slnечно, slabý vietor, 15 °C – 10 °C	Vietor, dážď, 15 °C – 10 °C	Slnечно, sneh
sarin	¼ – 4 hod.	¼ – 1 hodina	1 – 2 dni
tabun	1 – 4 dni	½ – 6 hod.	1 deň – 2 týždne
soman	2,5 – 5 dní	3 – 12 hod.	1 – 6 týždňov
yperit	2 – 7 dní	½ – 2 dni	2 – 8 týždňov
VX	3 – 21 dní	1 – 12 hod.	1 – 16 týždňov

V intervale 0 – 30 °C dochádza zvýšením teploty o 10 °C k zdvojnásobeniu výparnosti TCHL. Toto však platí pre uzavretý systém, kde je možné dosiahnuť časom rovnovážneho stavu, a tým aj príslušnej koncentrácie. V reálnych podmienkach, v závislosti na stabilite at-

mosféry v prízemných vrstvách atmosféry, bude hodnota výparnosti dosahovať 0,01 až 0,1 teoretickej hodnoty. Z uvedeného je pravdepodobné, že k tomu, aby bolo možné použiť určitú TCHL ku kontaminácii atmosféry parami, je nevyhnutné, aby jej výparnosť presahovala o 1 – 2 rády, za obzvlášť nevýhodných podmienok o 3 rády ich fyziologicky účinné koncentrácie. Pokiaľ táto požiadavka nemôže byť splnená, je nutné ju použiť v inej účinnej forme, napr. vo forme aerosólu. Výparnosť výrazne ovplyvňuje perzistenciu TCHL (tabuľka 2.21).

Maximálna koncentrácia býva udávaná najčastejšie pre teplotu 20 °C (c_{\max}^{20}). V teréne je možné dosiahnuť prakticky len zlomok maximálnej koncentrácie. Uvádza sa 2 až 10 % vypočítanej hodnoty. Maximálne a niektoré účinné koncentrácie bojových TCHL sú uvedené v tabuľke 2.22.

Z tabuľky je zrejmé, že dosiahnuteľné koncentrácie v atmosfére vyparovaním prchavých bojových TCHL prevyšujú i pri krátkych expozíciách hodnoty ich letálnych koncentrácií.

Tabuľka 2.22: Maximálne a účinné koncentrácie vybraných TCHL [32, 35]

Chemická látka	Maxim. koncentrácia c_{\max}^{20}	Maxim. koncentrácia $c_{\max}^{20}/50$	Letálna konc. LC, $t_e=10$ min.
sarin	13	0,2	* 0,1
soman	3,01	0,06	* 0,025
VX	0,035	0,0007	* 0,003
yperit	0,6	0,01	0,15
fosgén	6 370	127	0,50
kyanovodík	900	18	0,20

t_e je doba expozície (pôsobenia) – pri nervovo-paralytických TCHL (označené *) sú uvedené hodnoty vzťahnuté na dobu 1 minúty.

2.4.2 PÔSOBENIE TOXICKÝCH CHEMICKÝCH LÁTOK NA ORGANIZMUS

Stupeň a rozsah poškodenia organizmu, vyvolaný určitou TCHL, a rýchlosť, s akou tieto funkčné a morfológické poruchy prebiehajú, sú závislé na mnohých faktoroch. Toxický účinok CHL konkrétne závisí:

- na samotnej toxickej chemickej látke (štruktúre, chemických a fyzikálnych vlastnostiach, na jej forme predovšetkým v prostredí miesta aplikácie);
- na organizme (druhu, pohlaví, starobe, zdravotnom stave, individuálnych a geneticky získaných vlastnostiach, na výžive, súčasných psychických indispozíciách atď.);
- na spôsobe kontaktu (na dávke, koncentrácii v danom prostredí, na dobe expozície, na podmienkach kontaktu, na fyzickej záťaž organizmu a charaktere penetrácie);
- na ďalších podmienkach (ako prítomnosť pôsobenia ďalšej TCHL – kumulácia účinku, zaťaženie metabolického systému, vznik sekundárneho kontaktu a pod.).

Toxické vlastnosti CHL sú charakterizované niektorými toxikologickými charakteristikami. Všetky tieto konštanty sa vyjadrujú súčinom koncentrácie látky, času expozície a objemu vzduchu (napr. $\text{mg} \cdot \text{min} \cdot \text{m}^{-3}$, $\text{g} \cdot \text{min} \cdot \text{m}^{-3}$, $\text{g} \cdot \text{min} \cdot \text{l}^{-1}$). Pre inhalačnú otravu to sú:

- stredná prahová koncentrácia ICt_{50} (koncentrácia TCHL, ktorá u 50 % zasiahnutých jedincov vyvolá po čase t rozvoj prahových príznakov otravy);
- stredná zneschopňujúca koncentrácia ECt_{50} (koncentrácia TCHL, ktorá po čase t vyvolá u 50 % zasiahnutých jedincov dočasné zneschopnenie);
- stredná letálna koncentrácia LCt_{50} (koncentrácia TCHL, ktorá po čase t usmrtí 50 % zasiahnutých jedincov).

Pre použitie chemických látok v kvapalnom alebo pevnom skupenstve sa účinok charakte-

rizuje týmito konštantami:

- stredná prahová dávka ID_{50} (dávka TCHL, ktorá u 50 % zasiahnutých jedincov vyvolá prahové príznaky poškodenia);
- stredná zneschopňujúca dávka ED_{50} (dávka TCHL, ktorá u 50 % zasiahnutých jedincov vyvolá dočasné zneschopnenie);
- stredná letálna dávka LD_{50} (dávka TCHL, ktorá usmrtí 50 % zasiahnutých jedincov).

Hodnoty týchto konštant sa vyjadrujú v hmotnostných jednotkách látky na jednotku telesnej hmotnosti (napr. v $mg \cdot kg^{-1}$, $g \cdot kg^{-1}$). [32]

Príznaky zasiahnutia organizmu CHL sa podľa rýchlosti rozvoja klinického obrazu otravy prejavujú buď bezprostredne po vzájomnom kontakte organizmu s kontaminovaným prostredím, alebo až za dlhšiu dobu. Pri pomaly pôsobiacich TCHL je rozvoj klinických príznakov pomalý. Doba latencie, po ktorej sa len prejavujú príznaky otravy, bude trvať v závislosti na type CHL obyčajne niekoľko minút, výnimočne 10 až 12 dní. Rýchlo pôsobiace CHL pôsobia na organizmus takmer okamžite po kontakte, alebo v priebehu veľmi krátkej doby. Rýchly rozvoj klinických príznakov vyžaduje vykonať neodkladné ochranné a záchranné opatrenia na zníženie účinku a na zabránenie smrteľnému skončeniu otravy.

2.4.2.1 Cesty prenikania TCHL do organizmu

Prenikanie TCHL do organizmu uľahčuje rozdiel koncentrácie medzi vonkajším a vnútorným prostredím. Organizmus človeka je od vonkajšieho prostredia oddelený bariérou, ktorá je ale po morfolologickej a funkčnej stránke značne diferencovaná. Výrazným faktorom ovplyvňujúcim konečný toxický efekt látky sú časti vonkajšej bariéry, zvyčajne označované ako brány vstupu.

Poškodenie organizmu CHL môže byť spôsobené týmito mechanizmami:

- zasiahnutím dýchacích orgánov u nechránených osôb, kedy CHL preniká do pľúc vo forme pary a jemného aerosólu. Účinok je závislý od koncentrácie, doby inhalácie TCHL a pľúcnej ventilácie;
- zasiahnutím neporušenej pokožky alebo častejšie prienikom cez poškodenú pokožku v dôsledku odrenín, poranenia, popálenia, poleptania. Čím je pokožka podráždenejšia, tým je možnosť prieniku väčšia;
- zasiahnutím očnej spojivky;
- zasiahnutím tráviacich orgánov – po konzumácii kontaminovaných potravín, alebo po vypití kontaminovanej vody sa TCHL dostáva do žalúdka a odtiaľ do tráviaceho ústrojenstva, kde je vstrebávaná v pôvodnej, alebo premenenej forme.

2.4.2.2 Pohyb toxickej látky v organizme

Každá toxická látka pri pôsobení na organizmus prechádza štyrmi základnými dejmi, a to je vstrebávanie /resorpcia/, transport, metabolický efekt vrátane vylučovania a toxický efekt. Vstrebávanie je pochod, ktorým sa toxická látka dostáva do krvného obehu. Pri vstrebávaní vznikajú určité straty. Napríklad pri inhalačnom zasiahnutí dochádza k vydychovaniu časti jedu, kým pri zasiahnutí perorálne dochádza k absorpcii toxických látok (TL) potravou. Krvný obeh umožňuje prísun TCHL k orgánom, kde môže byť metabolizovaná (premenená na menej jedovaté alebo jedovatejšie látky), alebo kde vyvoláva toxický efekt. Pri transporte je veľká časť TCHL naviazaná na bielkoviny alebo krvné elementy, a tak rozvádzaná po tele. Niektoré látky sa v organizme hromadia, pričom sa postupne uvoľňujú a spôsobujú ďalšiu vlnu otravy. Metabolický efekt je realizovaný predovšetkým v pečeni, ale existujú jedy, ktoré sú metabolizované aj v obličkách alebo pľúcach. U látok, ktoré v organizme podliehajú rýchlej detoxikácii, sú ich patofyziologické účinky pri opakovanom zasiahnutí nižšie a odpovedajú účinkom

jednorazového zasiahnutia sumárnou dávkou. Ľadviny sú dôležitým orgánom pre vylúčenie TCHL močom. Toxický efekt je charakteristický pre každú TCHL individuálne. Niektoré jeddy majú vysokú schopnosť viazať sa v určitých orgánoch, napr. v mozgu, pľúcach, pečeni a podobne. [87]

Vlastná resorpcia toxických látok z tráviaceho ústrojenstva môže prebiehať v rôznych častiach organizmu a to v dutine ústnej, žalúdku, tenkom a hrubom čreve, prípadne v konečníku. Toxická látka pri aplikácii zažívacím traktom vchádza najprv do ústnej dutiny. Tu sa nachádzajú sliny, ktorých pH sa pohybuje okolo 7. Sliznica v ústach sa chová ako typická biomembrána. Vstrebávanie v ústach je pomerne rýchle a TCHL sa tak dostáva priamo do krvného obehu, bez toho, aby musela prechádzať cez pečeňový substrát. Prakticky to znamená, že nie je metabolizovaná a nemôžu sa napríklad uplatniť detoxikačné mechanizmy organizmu. V žalúdku sa kvapalné TCHL vstrebávajú rýchlo, pevné látky sa buď rozpadajú a rozpúšťajú, alebo ním prechádzajú bez zmeny do tenkého čreva. Z hľadiska rýchlosti tohto pochodu je možné konštatovať, že pevná potrava a s ňou i TCHL vymiznú zo žalúdka po 3,5 až 4 hodinách. Táto znalosť je užitočná pri podávaní vhodných protijedov (antidot).

Významnou charakteristikou tenkého čreva je pomerne veľký povrch jeho steny. Predstavuje temer 1 m^2 . Pretože sú steny čreva silne členité, zväčšuje sa plocha pre účely resorpcie TL z čreva temer na 10 m^2 . Posúvanie črevného obsahu a s ním i aplikovanej TL je umožňované pomalými a rýchlymi peristaltickými vlnami. Rýchlosť posunu je asi $1 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$, čo znamená, že doba potrebná k prechodu látky tenkým črevom je asi 3 až 5 hodín.

Tenké črevo je miesto, kde dochádza nielen k intenzívnemu vstrebávaniu živín, ale aj chemickej látky. Sliznica tenkého čreva sa chová ako biomembrána s malým počtom pórov. Preto veľmi dobre prepúšťa nedisociované látky. Priechod sa riadi jednoduchou difúziou riadenou koncentračným gradientom. Na rozdiel od žalúdka sa tu lepšie vstrebávajú slabé zásady, než slabé kyseliny, čo vyplýva z prostredia v tenkom čreve.

Na rozdiel od tenkého čreva je povrch, na ktorom môže dôjsť k resorpcii TCHL, nepomerne menší a činí asi $0,5$ až 1 m^2 . Prechod obsahu hrubým črevom trvá asi 8 až 14 hodín. Črevná trávenina sa v hrubom čreve zahusťuje. Črevná šťava je slabo alkalická. Z hľadiska kvantitatívnej bilancie môžeme konštatovať, že podiel resorpcie TCHL v hrubom čreve je temer zanedbateľný. Záverom je možné zmieniť sa o tom, že k prieniku môže dôjsť aj konečníkom. Tu je pre vlastnú resorpciu dôležitá okolnosť, že konečníková sliznica je bohato prekrvená, predovšetkým rozvetvenými žilnými cievami. Krv sa nimi dostáva priamo do systémového krvného obehu a obchádza pečeň. Nemôže preto dôjsť k prípadným biotransformáciám detoxikačnej povahy. Toto môže mať za následok, že pomerne malé množstvo chemickej látky vniknuté do organizmu touto cestou môže byť príčinou intoxikácie.

Prienik TL môže prebiehať mechanizmom difúzie aj cez pokožku, alebo prienikom pomocou mazových žliaz. Tretia cesta je pomocou potných žliazok, pokiaľ je veľkosť ich molekuly malých rozmerov. Prienik pokožkou sa môže radikálne zmeniť pri porušení pokožky napr. poleptaním, ochorením pokožky, popálením, mechanických poškodením. Takéto zranenia umožňujú ľahší prienik TL. Tiež v tomto prípade sa dostáva látka do systémového krvného obehu bez detoxikačnej účasti pečene.

Organizmus môžu intoxikovať TCHL aj respiračným ústrojenstvom (inhalačne). Nosnou sliznicou sa resorbujú len látky lipofilnej povahy. Mechanizmus prieniku je riadený jednoduchou difúziou. Niektoré látky sa môžu primárne zachytávať na nosnej sliznici a môžu tu lokálne pôsobiť. Jedná sa predovšetkým o vznik zápalových zdurenín. O hĺbke prieniku TL do pľúc rozhoduje veľkosť častíc. U plynov a pár je prienik nekontrolovaný až do pľúcnych skliepkov (alveol). V prípade látky pevnej alebo aerosólu tam môžu prenikať len častice, ktoré sú menšie než 2 mikrometre. Častice väčšie, hlavne nad 5 mikrometrov, sa usadzujú v tracheobronchiálnom strome a sú zachytávané sliznicou. Tu môžu lokálne pôsobiť, alebo môžu byť vykašliavané s prieduškovým hlienom. Celková plocha pľúcnych alveol je asi

90 m² a je tvorená vrstvou plochých buniek. Steny týchto buniek sú charakterizované biomembránou s veľkým množstvom pórov. Tým sa stáva prestupnou pre TL lipofilnej a hydrofilnej povahy. Mechanizmus prestupu je riadený jednoduchou difúziou. Vstrebávaná látka sa dostáva priamo do okysličenej krvi odvádzanej z pľúc do srdca, a odtiaľ do tepnovej krvi do veľkého obehu. Preto je v tomto prípade nástup intoxikácie tak rýchly. [126]

2.4.3 POTENCIÁLNE NÁSTROJE CHEMICKÉHO TERORIZMU

Chemický terorizmus používa ako nástroj násilia širokú škálu chemických jedovatých látok. Možno uvažovať o priamom použití chemických zbraní (bojových toxických chemických látok), niektorých toxínov a iných super toxických chemických látok (napr. oxid osmičelý OsO₄).

Okrem zneužitia týchto prostriedkov teroristi môžu chemicky kontaminovať ovzdušie deštrukciou objektov, ktoré chemické anorganické alebo organické látky skladujú, prepravujú alebo vyrábajú. Táto činnosť je spojená s intenzívnym únikom chemických látok (ako sú amoniak, chlór, sírovodík, sírouhľik, formaldehyd a iné). [99] Špecifickým prípadom chemického terorizmu je iniciácia požiarov, a to najčastejšie skladov chemických látok, pri ktorých sa v dôsledku termických procesov vytvárajú zvlášť toxické produkty horenia so závažným vplyvom na zdravie obyvateľstva (dioxín, dibenzofurán, fosgén a iné).

2.4.3.1 Chemické zbrane

Použitie chemických zbraní bolo v minulosti realizované vo väčšine prípadov v ozbrojených konfliktoch. I napriek celosvetovej snahe zlikvidovať bojové toxické chemické látky stále existujú v súčasnosti reálne hrozby ich zneužitia teroristami ako nástroja na dosiahnutie svojich cieľov.

Za príčiny záujmu teroristických skupín a bojové TCHL možno v rozhodujúcej miere považovať:

- relatívnu nízku výrobnú cenu, v porovnaní s jadrovými zbraňami;
- zodpovedajúce fyzikálne, fyzikálno-chemické, chemické a toxikologické vlastnosti;
- relatívne ľahká dostupnosť, vyplývajúca z nenáročnosti ich chemickej syntézy;
- potreba malých množstiev toxického materiálu;
- možnosť využitia pracovných nehôd a havárií na ich skryté použitie;
- vznik panických reakcií, ktoré sú charakterizované strachom a následnou panikou civilného obyvateľstva. [100]

Analýzou fyzikálnych, chemických a predovšetkým toxikologických vlastností je možné dôjsť k záveru, že zneužitie na teroristické útoky môžu byť predovšetkým nervovo-paralytické látky, dusivé, ale aj niektoré potenciálne otravné látky (karbamáty, bicyklické organofosforové estery).

Nervovo-paralytické látky (NPL) patria medzi organické zlúčeniny fosforu a sú podrobnejšie popísané v kapitole 2.2.3. Vyznačujú sa mimoriadnou toxicitou, a v súčasnosti predstavujú najaktuálnejšiu skupinu bojových TCHL použiteľných na teroristické účely. Vyznačujú sa rýchlym prienikom do organizmu všetkými bránami vstupu. Jednou s príčin záujmu teroristov o využitie týchto látok je možnosť ich relatívne nenáročného spôsobu prípravy. Ich syntéza je pomerne lacná a jednoduchá. Teroristické nasadenie tejto skupiny látok je pomerne ľahko realizovateľné. Delia sa na dve skupiny, ktoré sa obecné označujú ako G-látky a V-látky. [100]

Medzi **G-látky** využiteľné na teroristické účely patria sarin (O-izopropylmetyl fluorofosfonát), soman (O-pinakolylmetylfluorofosfonát), tabun (O-etyl dimetylamidokyanofosfát), cyklosin (cyklohexylmetylfluorofosfonát).

Za kvantitatívnu a kvalitatívnu mieru vhodnosti využitia uvedených toxických chemických látok pre vyradenie veľkého množstva civilných obyvateľov je možno považovať ich fyzikálne vlastnosti. Tieto látky sú bezfarebné, pohyblivé kvapaliny podobné vode, bez výraznejšieho zápachu. [33]

V dôsledku vyššej prchavosti budú najpravdepodobnejšou bránou vstupu práve dýchacie orgány. Bez straty toxicity vydržia v teréne 12 – 14 hodín. Stredná letálna koncentrácia v ovzduší spôsobujúca po 1 minútovej expozícii smrť 50 % zasiahnutých nechránených osôb sa pohybuje medzi 0,03 – 0,08 mg.l⁻¹. Pri inhalácii pár je cyklosin menej toxický ako sarin. Ostatnými bránami vstupu je jeho toxicita porovnateľná so sarinom. Stredná smrteľná dávka pri kontaminácii nechránenej pokožky sa pohybuje medzi 0,7 – 7 mg.kg⁻¹ hmotnosti exponovaného jedinca. [50]

Tabuľka 2.23: Porovnanie toxicity G-látok [50]

	IC₅₀ (mg.min.m ⁻³)	LC₅₀ (mg.min.m ⁻³)	LC₉₀₋₁₀₀ (mg.min.m ⁻³)	LD₅₀
sarin	75	100	-	1,7 g kvapaliny perkutánne
soman	15	30	0,07	0,5 g kvapaliny *perkutánne
tabun	300	400	-	1 – 1,5 g kvapaliny perkutánne
cyklosin	-	75 – 120	-	20 mg.kg ⁻¹

* soman je schopný efektívne vyradiť v kontaminovanom teréne osoby účinkom pár cez nechránenú pokožku už pri teplote nad 10 °C

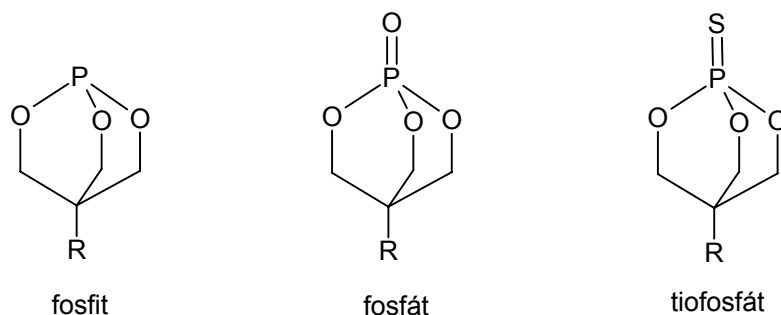
Látka VX má pre teroristov len čiastočne obmedzený význam, vzhľadom na jej relatívnu nízku prchavosť, čo obmedzuje využitie ju na zasiahnutie osôb inhalačne.

Dusivé toxické chemické látky možno považovať tiež za reálny nástroj chemického terorizmu. Ako je uvedené v kapitole 2.2.6, patria medzi ne fosgén, difosgén, chlorpikrín a iné. Vyvolávajú celkové ochorenie organizmu s najvýznamnejšími zmenami v dýchacích orgánoch. Realita súčasnej doby potvrdzuje, že i táto skupina sa môže stať využiteľná na presadzovanie cieľov teroristov. Pre potreby rýchlej inhalačnej otravy prichádza do úvahy predovšetkým fosgén. Za normálnych podmienok je to totiž ľahko sa vyparujúca kvapalina, so zápchom po zatuchnutom sene alebo tlejúcim listí. Je 3,4-krát ťažší ako vzduch. [119] I napriek tomu je v poľných podmienkach málo stály, v letnom období sa účinná koncentrácia udrží v teréne len 5 až 10 minút. [35] Tento fakt ho však predurčuje k použitiu v uzavretých priestoroch, kde sa jeho doba pôsobenia a účinok podstatne zvyšuje.

2.4.3.2 Potenciálne bojové toxické chemické látky

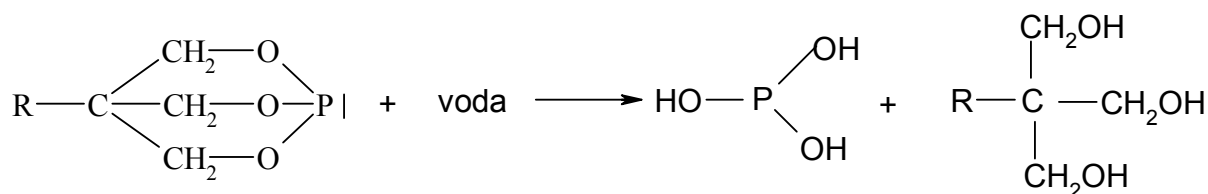
Medzi potenciálne bojové toxické látky môžeme zaradiť také noxy, ktoré spĺňajú kritériá pre ich možné zneužitie ako hlavných komponentov chemických zbraní. V minulosti bolo o nich uvažované ako o možných zložkách chemických zbraní a v súčasnej dobe hrozí ich zneužitie silami terorizmu hlavne proti živej sile. Jedná sa o bicyklické fosforové estery a karbamáty.

Význam **bicyklických fosforových esterov** spočíva v ich vysokej toxicite pri parenterálnej expozícii a v ich ľahkej príprave z dostupných surovín. Okrem toho spôsob priamej detekcie týchto toxických látok nebol dosiaľ vyvinutý, pretože zatiaľ nepredstavovali reálne nebezpečenstvo zneužitia ako chemické zbrane. U niektorých derivátov je toxicita porovnateľná s nervovo-paralytickými látkami. Sú chemicky charakterizované ako deriváty 2,6,7-trioxa-1-fosfabicyklo[2,2,2] oktanu. [35] Podľa chemickej štruktúry je možné ich rozdeliť do troch skupín a to na fosfity, fosfáty a thiofosfáty (obrázok 2.21).



Obrázok 2.21: Štruktúrne vzorce jednotlivých bicyklických fosforových esterov

Ide o stabilné kryštalické zlúčeniny s bodom topenia u fosfitov medzi 50 a 100 °C, u fosfátov a tiofosfátov cez 200 °C. Ich syntéza je pomerne jednoduchá a ľahko realizovateľná. Tieto chemické zlúčeniny sú za bežných atmosferických podmienok stabilné, avšak v prítomnosti zvýšenej vlhkosti ľahko podliehajú hydrolyze za vzniku netoxických produktov (obr. 2.22). Rýchlosť hydrolyzy sa zvyšuje pôsobením alkalického prostredia.



Obrázok 2.22: Príklad hydrolyzy bicyklických fosforových esterov

Táto skutočnosť predurčuje účinné použitie týchto látok na diverznú činnosť v uzavretých priestoroch, kde by nedochádzalo k ich samovoľnému odmorovaniu.

Toxicita bicyklických fosforových esterov značne kolíše v závislosti na chemickej štruktúre, predovšetkým na polohe a rozvetvenosti alkylov. Toxicita niektorých bicyklických fosforových esterov je uvedená v tabuľke 2.24.

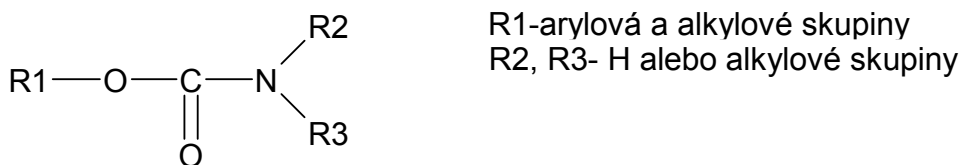
Tabuľka 2.24: Toxicita niektorých bicyklických fosforových esterov [35]

Látka	LD ₅₀ pre myš (i. p., mg.kg ⁻¹)	Látka	LD ₅₀ pre myš (i. p., mg.kg ⁻¹)
t-butylfosfát	0,036	n-propylfosfát	0,38
t-butylthiofosfát	0,04	n-propylthiofosfát	0,79
t-butylfosfit	0,053	n-propylfosfit	0,39
i-propylfosfát	0,18	ethylfosfát	1
i-propylthiofosfát	0,26	ethylthiofosfát	1
i-propylfosfit	0,22	ethylfosfit	1

Otrava bicyklickými fosforovými esterami prebieha pomerne rýchlo. Prvé príznaky sa objavujú už po niekoľkominútovej expozícii, smrť nastáva obvykle zástavou dychu a srdcevej činnosti behom 15 – 20 minút.

Z hľadiska teroristického použitia je nutné pozornosť venovať skupine CHL nazývaných aj **karbamáty**. Riziko zneužitia niektorých ich reprezentantov pre účely teroristických útokov je vzhľadom na vysokú toxicitu, dostupnosť základných surovín na výrobu a ich ľahkú syntézu

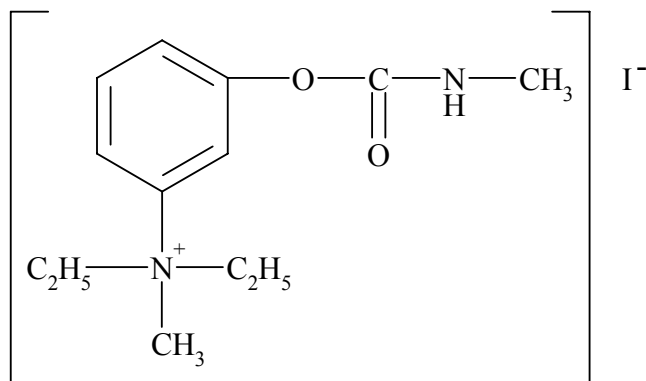
zu stále vysoké. Význam karbamátov spočíva aj v tom, že sa tieto látky vyrábajú vo veľkom množstve ako insekticídy. Sú označované ako na dusíku substituované estery hypotetickej kyseliny karbamidovej, obecného vzorca (obrázok 2.23).



Obrázok 2.23: Obecný štruktúrny vzorec karbamátov

Karbamáty, estery hypotetickej kyseliny karbamidovej patria medzi najvýznamnejšie a najčastejšie používané insekticídy. Navyše niektorí zástupcovia karbamátov majú i herbicídne a fungicídne účinky. Od 40. rokov minulého storočia bola vo Veľkej Británii, Francúzsku, USA a v Kanade skúmaná možnosť ich využitia ako bojových chemických látok. Ukázalo sa, že niektoré karbamáty vykazujú mimoriadne vysokú toxicitu voči teplokrvným organizmom, a sú preto vhodné aj pre akcie spojené s chemickým terorizmom. Ide o chemické látky, ktoré inhibujú aktivitu acetylcholinesterázy, takže mechanizmus účinku a priebeh intoxikácie je podobný ako u ostatných nervovo-paralytických látok.

Z vysoko toxických karbamátov je najväčšia pozornosť venovaná zlúčenine nazvanej T-1123, chemicky 3-diethylaminofenyl-N-methylkarbamát methojodid (obrázok 2.24) a to nielen z dôvodu vhodných toxikologických vlastností, ale tiež pre ľahkú prípravu a dostupnosť surovín.



T-1123

Obrázok 2.24: T-1123

Tabuľka 2.25: Porovnanie toxicity karbamátu T-1123 so sarinom [35]

Veličina	T-1123	Sarin
LD ₅₀ i.m. (μg.kg ⁻¹)	122,5 (102,9 – 145,3)	133,0 (114,0 – 150,0)
CT ₅₀ (min)	2,2 (1,65 – 2,9)	2,2 (1,8 – 2,2)
LT ₅₀ (min)	9,5 (7,8 – 11,5)	14,5 (9,8 – 21,5)

Je to kryštalická značne stabilná zlúčenina s vysokou toxicitou (tab. 2.25) a rýchlym nástupom účinku. Vzhľadom na to, že sa jedná o pevnú kryštalickú látku, do úvahy prichádza jej použitie vo forme jemného prachu, alebo vo forme inkapsulovaného aerosólu pevných mikromletých častíc.

Vzhľadom k základnému mechanizmu účinku karbamátov je možné využiť na ich detekciu rovnakého biochemického princípu ako u NPL. To znamená, že je možné detekovať karbamáty chemickým preukazníkom CHP-71 pomocou preukazníkových trubičiek.

2.4.3.3 Toxíny

Mnohé živé organizmy produkujú chemické látky, ktoré môžu na iné organizmy pôsobiť negatívne, poškodzovať ich, poprípade ich usmrtiť. Tieto látky sú označované ako toxíny. Môžeme ich definovať ako chemické látky biologického pôvodu, schopné poškodiť živý organizmus svojím zásahom do biochemizmu jeho fyziologických funkcií. Spektrum toxínov je neobyčajne široké a zahŕňa veľký počet látok s rozmanitou chemickou štruktúrou a rozličnými biologickými účinkami. [24]

Popri skupine bojových toxických chemických látok, ktoré sú súčasťou jednozložkovej chemickej munície a sú tiež produktmi jednostupňových reakcií v binárnych chemických systémoch, aj toxíny je nutné považovať za potenciálne prostriedky, pomocou ktorých môžu teroristické skupiny naplňať svoje ciele. V posledných rokoch vzrastá totiž záujem o toxíny zo strany teroristov a obavy z ich zneužitia vedú k akcelerácii štúdia ich vlastností, biologických účinkov, možnosti použitia a terapie intoxikovaných osôb.

To, že sa toxíny stávajú reálnym nástrojom terorizmu, zapríčinil vedecký pokrok posledných rokov a vypracovanie nových metód v organickej syntetickej chémii a hlavne rozvoj molekulárnej genetiky, genomiky, proteomiky a génového inžinierstva. Doposiaľ nedostupné látky sa totiž stali dostupnými v množstvách využiteľných, ak už nie na vedenie chemickej vojny, tak aspoň na vedenie teroristických útokov.

Vhodnosť toxínov použiteľných reálne na teroristické akcie limitujú konkrétne faktory. Medzi ne možno zaradiť:

- dostupnosť alebo jednoduchá produkcia v dostatočnom množstve,
- schopnosť toxínu usmrtiť, alebo dočasne vyradiť živú silu,
- možnosť použitia formou aerosólu,
- stabilita behom skladovania,
- odolnosť voči vonkajšiemu prostrediu.

Samotná intoxikácia cieľovej populácie je pri teroristických akciách spojených s použitím toxínov možná prostredníctvom pôsobenia aerosólu. Vo forme aerosólu je možné šíriť aj toxíny, ktoré sa za prirodzených podmienok týmto spôsobom šíria minimálne, alebo vôbec nie. Do organizmu pritom vnikajú inhalačnou cestou. Nie sú ľudskými zmyslami identifikovateľné. Voda sa uplatňuje pri šírení toxínov vtedy, keď si toxín zachováva toxické účinky i pri veľkom zriedení. Konzumácia vody, poprípade potravín môže vyvolať závažné poškodenie organizmu. Realizovanie chemickeho terorizmu takouto formou sa predpokladá po vniknutí teroristov do skladov potravín, zdrojov a úpravnej vody. [24]

Pokožka je tiež jednou z brán vstupu chemických látok do organizmu. Proti vniknutiu toxínov do ľudského organizmu však predstavuje pomerne dobrú bariéru, s výnimkou pôsobenia mykotoxínov. Jej poranenie uľahčuje v podstatnej miere prienik toxínu z kontaminovaného povrchu do krvného riečišťa. Vstupnou bránou môžu byť tiež sliznice a očné spojivky.

Podľa súčasných znalostí sa za najpravdepodobnejšie využiteľné toxíny považuje asi 19 látok. 5 z nich patrí do kategórie rastlinných jedovatých proteínov (ricín, abrin, medocin, viscumun a volkensin), 5 do kategórie bakteriálnych toxínov (botulotoxín, cholero toxín, shigatoxín, toxíny *Clostridium perfringens* a toxíny *Staphylococcus aureus*), ďalších 5 do kategórie živočíšnych toxínov (bungarotoxín, ciguatoxín, conotoxín, saxitoxín a tetradotoxín) dva do kategórie toxínov siníc (anatoxín a mikrocyстин) a dva do kategórie toxínov húb, teda mykotoxínov (aflatoxíny a trichotheceny). [90]

Jeden z trichothecenových toxínov T-2-toxín, saxitoxín, ricín a tetrodotoxín boli už v minulosti použité k výrobe experimentálnych toxínových zbraní. V súčasnosti sú veľkým lákadlom pre nastupujúci chemický, resp. biologický terorizmus. [89]

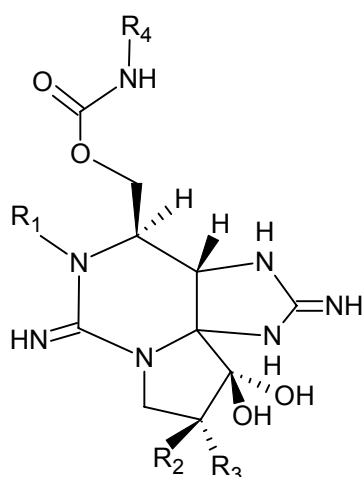
T-2 toxín

Je najznámejším mykotoxínom produkovaným plesňou rodu *Fusarium*. Tento toxín silne inhibuje syntézu bielkovín. Vyznačuje sa mutagénnymi, genotoxickými a karcinogénnymi účinkami. Účinky mykotoxínov boli popísané podrobne v prípade epidémie, ktorá sa objavila v Rusku už v roku 1936, kde mortalita dosahovala až 60 %. Detekcia je realizovaná len v dobre vybavenom analytickom laboratóriu za využitia moderných analytických metód. Dostatočnú ochranu pred účinkami celej skupiny mykotoxínov poskytuje ochranná maska a všetky prostriedky ochrany pokožky, pretože najpravdepodobnejším spôsobom aplikácie je kontaminácia vo forme aerosólu. [96]

Saxitoxín

Saxitoxín nie je iba jedna látka. Je známa celý rad saxitoxínov, ktoré tvoria chemicky a toxikologicky veľmi podobnú skupinu dusíkatých látok (obrázok 2.25).

Jednotlivé saxitoxíny sa líšia naviazanými skupinami R1, R2, R3, R4 (tabuľka 2.26). Ide o jedny z najtoxickejších a najúčinnějších rastlinných toxínov. [94]



Obecná štruktúra saxitoxínov

Obrázok 2.25: Štruktúrny vzorec saxitoxínu

Tabuľka 2.26: Označenie niektorých saxitoxínov podľa naviazaných skupín [35]

Označenie	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
STX	H	H	H	H
GTX-1	OH	H	OSO ₃ H	H
GTX-2	H	OSO ₃ H	H	H
GTX-3	H	H	OSO ₃ H	H
C 1	H	H	OSO ₃ H	SO ₃ H
C 2	H	OSO ₃ H	H	SO ₃ H
C 3	OH	H	OSO ₃ H	SO ₃ H
C 4	OH	OSO ₃ H	H	SO ₃ H

Saxitoxín je biela amorfna hygrokopická látka, ktorá je veľmi stabilná v kyslom prostredí. Neničí ho ani vysoká teplota. Vodné kyslé roztoky vydržia aj po dobu niekoľko rokov bez výraznej straty toxicity. Naopak v alkalickom prostredí, hlavne v prítomnosti kyslíka, je nestabilný. Toxicita je vysoká. LD₅₀ pre dospelú osobu sa odhaduje na 0,05 mg parenterálnou cestou a 0,1 až 0,5 mg pri perorálnom vstupe. LC₅₀ saxitoxínu pri intoxikácii respiračnou cestou je 5,0 mg.min.m⁻³, pričom účinok sa prejaví asi o 15 minút až 1 hodinu po zasiahnutí.

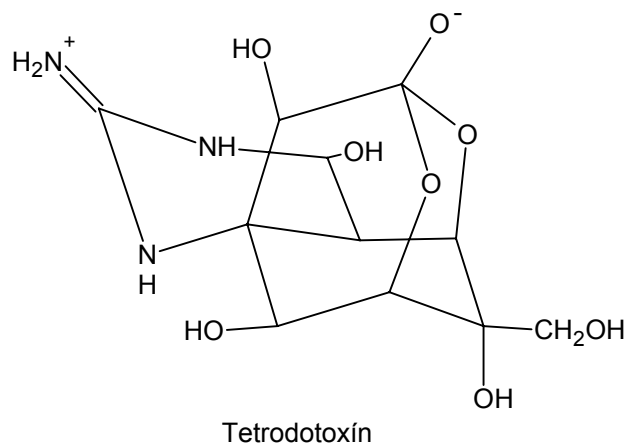
U saxitoxínu prichádzajú do úvahy rôzne formy jeho použitia. Jednou z možností jeho využitia k naplneniu teroristických cieľov je pôsobenie prostredníctvom aerosólu, kedy k intoxikácii zasiahnutých osôb dôjde prostredníctvom vdychovania toxínu. Reálnou hrozbou je tiež možnosť využitia malokalibrovej munície, ktorá môže byť určená k teroristickým útokom na významné osobnosti, respektíve na malé skupiny osôb. Týmto spôsobom je možné intoxikovať osoby temer nepozorovane, pretože prienik miniatúrnej strely je vnímaný ako bodnutie hmyzom, ak si to vôbec zasiahnutý všimne. Smrť nastáva do 15 minút. Je tiež považovaný za najvhodnejší toxín pre mixtové zbrane. Munícia, náplň ktorej tvorí saxitoxín, je plnená segmentami (ihličky, gulôčky), spôsobujúcimi primárne poškodenie zasiahnutého organizmu, čím sa vytvárajú podmienky pre následný vstup toxínu. [24]

K počiatočným príznakom otravy saxitoxínom, už v priebehu niekoľkých minút, patrí znecitlivenie pier, jazyka a končekov prstov. Príznaky sa ďalej rozvíjajú znecitlivením končatín a šije, celkovou svalovou slabosťou a poruchou svalovej koordinácie. Smrť je spravidla spôsobená zlyhaním respiračných svalov a nastáva za 2 až 12 hodín v závislosti na obdržanej dávke. Pokiaľ jedinec prežije prvých 24 hodín, je jeho vyhliadka na uzdravenie dosť veľká.

V súčasnej dobe nie je známy žiadny špecifický účinný antitoxín ani iné antidotum využiteľné pri terapii. Dekontaminácia roztokov saxitoxínu je možná pôsobením hydroxidov. [35]

Tetrodotoxín

Je prudko jedovatá, bázická a vo vode dobre rozpustná látka (Obrázok 2.26). Je produkováný niektorými druhmi cyanobaktérií, ktoré tvoria podstatnú časť morského fytoplanktónu. Morské organizmy žijúce sa planktónom sú voči týmto jedom väčšinou rezistentné. Stávajú sa však nebezpečnými pre ďalšie živočíchy, pre ktoré sú potravou .



Obrázok 2.26: Štruktúrny vzorec tetrodotoxínu

Tetrodotoxín je biela, kryštalická, vo vode dobre rozpustná a stála látka, a to i pri zvýšenej teplote. Jeho toxicita je vysoká. Smrteľná dávka pre dospelého človeka je 0,6 – 1,5 mg. Látku je možné vpraviť do organizmu perorálne, vdýchnutím, alebo dokonca absorpciou neporušenou pokožkou. Najväčšie nebezpečenstvo však predstavuje perorálna intoxikácia. Tetrodotoxín inhibuje napätovo riadené sodíkové kanály nervových buniek a blokuje nervový prenos,

čo vedie v krátkej dobe ku smrti organizmu. Typická intoxikácia týmto toxínom začína asi po 1 minúte brnením a znecitlivením špičky jazyka a pier, ktoré postupne prechádza na celú vnútornú časť úst. Potom sa začínajú objavovať kŕče kostrového svalstva, slinenie, potenie, celková slabosť, tiaž na hrudníku, závrate až mdloby, zvracanie a pocit neodvratnej smrti. Liečenie je obtiažne, pretože neexistuje špecifická antidotná terapia. Dekontaminácia nie je známa. Len čo jed prenikne do organizmu, jeho odstránenie je nemožné. [104]

Ricín

Je najznámejším a najdostupnejším reprezentantom skupiny rastlinných toxických proteínov. Jeho zdrojom sú semená (*Ricinus communis*) kra domáceho v tropickej či subtropickej oblasti, ktorý je u nás pestovaný len ako jednorročná okrasná rastlina. Pri spracovaní olejnatých semien, z ktorých sa získava tzv. ricínový olej, je možné lacno a ľahko v značnom množstve (asi 5 % váhy semien) získať ako vedľajší produkt tiež ricín. [24]

Ricín je ľahký, slabo nažltlý prášok dobre rozpustný vo vode. Jeho sterilné roztoky majú vysokú stabilitu (až niekoľko mesiacov), ale podliehajú ľahko mikrobionálnemu rozkladu. V suchom stave je stabilita veľmi dobrá a trvá až niekoľko rokov.

Má teda vlastnosti hodné pre použitie k teroristickým účelom, predovšetkým formou vytvárania aerosólu. Predpokladaná letálna dávka u nechránených osôb pri inhalačnej otrave je odhadovaná na $30 \text{ mg} \cdot \text{min} \cdot \text{m}^{-3}$. Dermálna toxicita je nízka, dávky 50 mikrogramov ricínu aplikovaného na pokožku nevyvolali toxické prejavy. Ricín nemá karcinogénny, teratogénny ani mutagénny účinok. Pre zaujímavosť, letálna dávka pre deti je množstvo ricínu získané z troch vyzretých semien, pre dospelého človeka zo 4 – 8 semien. [89]

Pri intoxikácii je charakteristické pomerne dlhé bezpríznakové obdobie, ktoré v závislosti na dávke a stave organizmu trvá niekoľko hodín až dní. Potom sa dostavuje bolestivé pálenie v ústach a hrdle, spojené s nechutenstvom. Následne dochádza ku zvracaniu, krvavým hnačkám, ktoré sú sprevádzané ťažkou dehydratáciou, kŕčmi a cirkulačným kolapsom. Intoxikovaný človek je cyanotický, objavujú sa u neho početné neurologické poruchy, ospalosť a celková dezorientácia. Časté sú i halucinácie, a v prípade, že príde človek do kontaktu s aerosólom, dochádza k ťažkému zápalu spojiviek. Smrť nastáva obvykle 3. až 4. deň po objavení sa prvých príznakov intoxikácie.

Proti pôsobeniu tohto supertoxického toxínu neexistuje vakcína, teda ani účinné očkovanie. V rámci prvej pomoci je nutné vyvolať zvracanie a uskutočniť výplach žalúdka. Špecifická antidotná terapia nie je známa. Ochranu pred jeho účinkami v aerosólovej forme však plne zabezpečujú bežné typy ochranných masiek, ale aj improvizovaná ochrana pomocou inhalačných rúšok. Oči je nutné pritom chrániť priliehavými okuliarami. Ochrana kože oblekom je dostatočná. [35]

2.4.4 TERORIZMUS A NEBEZPEČNÉ PRIEMYSLOVÉ CHEMICKÉ LÁTKY AKO SÚČASŤ INFRAŠTRUKTÚRY ŠTÁTU

Terorizmus neustále mení svoje formy a metódy a nikto nie je pred ním dostatočne chránený. Jednou z foriem chemického terorizmu, popri využití bojových toxických chemických látok a toxínov, je hromadná intoxikácia obyvateľstva v dôsledku únikov nebezpečných priemyslových chemických látok (NCHL). Riziko vzniku mimoriadnych udalostí v dôsledku teroristickej činnosti spojenej s únikom nebezpečných priemyselných chemických látok je úmerné rozvoju chemickej anorganickej a organickej výroby. S najväčšou pravdepodobnosťou prichádzajú do úvahy úniky NCHL, ktoré sú skladované a používané v technologických procesoch ako východiskové produkty a medzi produkty vo veľkej časti infraštruktúry na území jednotlivých štátov. Vzhľadom na to, že väčšina týchto zariadení je kooperačne spojená, sú ešte značné množstvá NCHL prepravované aj po komunikačnej sieti štátu. [102]

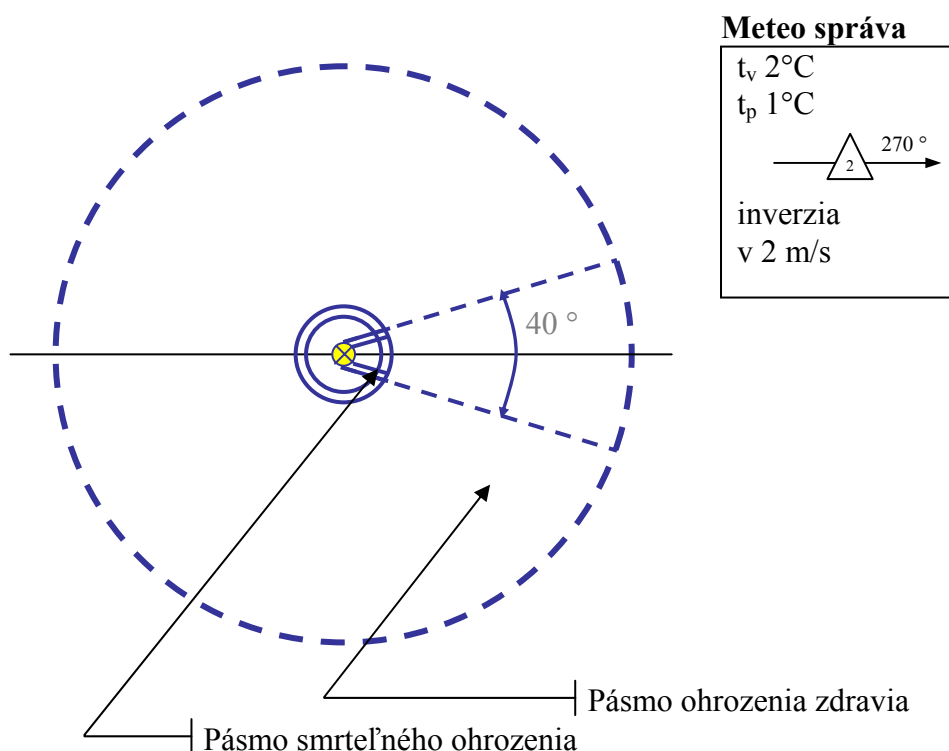
Ved' napríklad len na území nášho štátu je vytipovaných viac ako 300 rôznych potenciálnych zdrojov ohrozenia. Z uvedeného počtu je v Slovenskej republike evidovaných okolo 250 zdrojov ohrozenia chemickými látkami (tabuľka 2.27), z toho je okolo 120 zdrojov priemyselných NCHL republikového významu s viac ako 100 tonami skladovaných NCHL

Okrem toho sa na našom území nachádza ďalších viac ako 30 objektov so skladovaným množstvom NCHL nad 50 ton. V Slovenskej republike je ďalej evidovaných viac ako 100 objektov skladujúcich, manipulujúcich, alebo využívajúcich vo výrobnom procese rôzne NCHL vo väčšom množstve ako 1 tona. [99]

Tabuľka 2.27: Súhrnný prehľad zdrojov priemyselných NCHL na teritóriu SR [99, 105]

➤ 120 zdrojov NCHL republikového významu:	• VIAC AKO 100 TON NCHL
➤ 30 objektov (OBT.) skladujúcich a manipulujúcich s NCHL:	• VIAC AKO 50 TON NCHL
➤ viac ako 100 OBT. skladujúcich a manipulujúcich s NCHL:	• VIAC AKO 1 TONA NCHL
NA ÚZEMÍ SR	SPOLU VYŠE 250 ZDROJOV OHROZENIA

Najzávažnejšie sú oblasti ohrozenia NCHL stacionárnymi zdrojmi, ktoré sa podľa účinku na obyvateľstvo a životné prostredie členia na pásmo smrteľného ohrozenia a pásmo ohrozenia zdravia. Pásmo smrteľného ohrozenia je pásmo, v ktorom sa pôsobenie NCHL prejaví ohrozením života a životného prostredia, kým v pásme ohrozenia zdravia sa pôsobenie týchto látok prejaví ohrozením zdravia a životného prostredia. [113]



Obrázok 2.27: Grafické zobrazenie situácie po havárii NCHL [113]

Popri objeme, respektíve hmotnosti skladovaných NCHL je najdôležitejším faktorom, ktorý určuje charakter a spôsob účinku, toxicita. Účinky mnohých priemyselných NCHL sú totiž

blízke a porovnateľné s účinkami tabuľkových, záložných alebo náhradných bojových TCHL, ktoré môžu tvoriť v súčasnej dobe účinnú zložku jednozložkovej chemickej munície, alebo sú produktom jednostupňových reakcií v binárnych systémoch.

Porovnaním údajov letálnych koncentrácií pri rovnakej alebo blízkej dobe intoxikácie je možné konštatovať, že napríklad chlór a amoniak sa vyznačuje približne len desaťnásobne nižšou toxicitou pri zasiahnutí organizmu inhalačnou cestou, ako je to u nervovo-paralytickej bojovej TCHL sarin [57]. Vzhľadom na veľký počet možných zdrojov úniku týchto vojensky významných priemyselných NCHL predstavujú tieto látky vážne nebezpečenstvo nielen pre civilné obyvateľstvo, ale v nemalej miere i pre ozbrojené sily. Porovnanie toxicity niektorých dusivých, pľuzgierotvorných a nervovo-paralytických látok s toxicitou vybraných nebezpečných CHL je uvedené v tabuľke 2.28.

Tabuľka 2.28: Porovnanie toxicity vybraných bojových TCHL s priemyslovými NCHL [32, 35, 57, 58]

Bojová TCHL			Priemyselná NCHL		
Názov TCHL	LC ₅₀ [mg.l ⁻¹]	t [min]	Názov NCHL	LC ₅₀ [mg.l ⁻¹]	t [min]
Fosgén COCl ₂	0.5	1	Amoniak NH ₃	20	5
Yperit S(CH ₂ -CH ₂ -Cl) ₂	0.15	1	Chlór Cl ₂	1.24	10
Sarin (CH ₃) ₂ -CH-O \ // P / \ CH ₃ F	0.1	10	Sírovodík H ₂ S	0.97	5
Soman CH ₃ CH ₃ -C-CH-O \ // CH ₃ CH ₃ P / \ CH ₃ F	0.025	10	Sírouhlík CS ₂	0.8	30
VX R-O O R ₁ R ₁ \ // \ / P N / \ CH ₃ S-CH ₂ -CH ₂	0.003	10	Etylénoxid O / \ CH ₂ -CH ₂	1.5	4 hod.
Kyanovodík HCN	0.2	1	Formaldehyd HCOH	0.31	4 hod.

LC₅₀ – letálna koncentrácia, ktorá po čase t usmrť 50 % exponovaných jedincov

Z hľadiska ochrany, odstraňovania následkov, prvej pomoci a samotnej terapie je veľmi dôležitá znalosť chemickej štruktúry NCHL, ktorá v dôsledku úniku kontaminuje terén alebo ovzdušie. Pri úniku je preto bezpodmienečne nutné získať prvotné informácie o chemických látkach. U stacionárnych zdrojov únikov je spravidla typ uniknutej látky známy. Problém na-

stáva pri úniku NCHL zo zdrojov mobilných. V tomto prípade pri absencii spoľahlivých prostriedkov detekcie v Ozbrojených silách Slovenskej republiky a pre širokú škálu priemyselných NCHL do určitej miery pomáha medzinárodne zavedený informačný systém [107].

Pre účely vyhodnocovania kontaminovaných priestorov sa priestor po úniku NCHL člení na pásmo smrteľného ohrozenia (Hs) a pásmo ohrozenia zdravia (Hz). Grafické znázornenie jednotlivých pásiem po úniku je znázornené na obrázku 2.27.

V dôsledku teroristického pôsobenia na objekty infraštruktúry môže teda dôjsť k úniku anorganických chemických látok, ako sú chlór, amoniak, oxidy dusíka, oxid uhoľnatý, ťažké kovy a iné. Porovnateľný vplyv na obyvateľstvo majú i organické chemické látky, ako sú pesticídy, herbicídy, insekticídy, z ktorých v dôsledku termických procesov môžu tiež vzniknúť zvlášť nebezpečné chemické kontaminanty, ako je fosgén, uhľovodíky a tiež dioxíny či dibenzofurány. Závažnou hrozbou pre civilné obyvateľstvo môže byť teda i teroristické pôsobenie zamerané k iniciácii rozsiahlych požiarov v objektoch skladujúcich toxické chemické látky. Jednou z najzávažnejších a nezanedbateľných hrozieb pre zdravie ľudí sa javia v súčasnosti supertoxické látky, ako je napríklad oxid osmičelý (OsO_4), s ktorého použitím podľa zverejnených britských zdrojov teroristi reálne počítali a počítajú. Vybrané chemické látky sú podrobnejšie charakterizované v ďalšej časti tejto kapitoly.

2.4.4.1 Anorganické priemyselné nebezpečné chemické látky

Veľmi nebezpečné sú najmä plyny a prchavé kvapaliny, ktoré sú schopné po úniku dosiahnuť vysokých koncentrácií a letálnych účinkov.

Amoniak je za normálnych podmienok bezfarebný, ostro páchnuci jedovatý plyn s charakteristickým štipľavým zápachom. Uvoľnený kvapalnú amoniak veľmi rýchlo prechádza do plynnéj fázy za tvorby studenej hmly. Vzhľadom na hustotu pár vzťahnutú na vzduch (tabuľka 2.29) má amoniak malú tendenciu držať sa pri zemi. Amoniak je vo vode mimoriadne dobre rozpustný. Jeden liter vody rozpúšťa pri 0 °C asi 1200 mililitrov a pri 20 °C asi 700 mililitrov amoniaku.

Zmes amoniaku so vzduchom, ktorá obsahuje 16 až 27 % amoniaku, je výbušná. Za tepla sa amoniak rozkladá za vývinu toxických látok. [109]

Tabuľka 2.29: Fyzikálno-chemické charakteristiky niektorých NCHL [101, 102, 110]

NCHL	Bod varu [°C]	Teplota vzplanutia [°C]	Teplota vznietenia [°C]	d	Rozpustnosť vo vode [g.l ⁻¹]	Hustota [kg.m ⁻³]	Teplota tuhnutia [°C]	Medza výbuš. [obj. %]
Amoniak	-33,4	nehorľavý	650	0,59	pri 20 °C 531 pri 50 °C 230	pri -33,4 °C 681	-77,74	16 – 27
Chlór	-33,8	nehorľavý	–	2,5	pri 20 °C 7 223	pri -40 °C 1 507 pri 0 °C 3 214	-101	–
H ₂ S	-60	horľavý plyn	270	1,19	pri 20 °C 2,6 litra v jednom litre vody	pri 0 °C 1 539	-86	4,3 – 45,5
Sírouhľík	46	- 30	102	2,64	malá	1 260	-112	1 – 60

V prípade, že dôjde k úniku skvapalneného amoniaku, ten v dôsledku značne nízkeho bodu varu vo veľmi krátkom časovom intervale prechádza do plynného skupenstva. Tento fakt však neznamená, že sa pri teplote napríklad 20 °C v priestore úniku nemôže vyskytovať amoniak kvapalnú. Prudkým odparovaním, varom, v dôsledku vysokého výparného tepla tejto chemickej zlúčeniny, sa totiž prudko znižuje okolitá teplota. To je príčina, prečo amoniak vy-

drží ešte nejakú dobu v kvapalnom skupenstve, i keď je okolitý vzduch relatívne teplý. Väčšina tepelnej energie ovzdušia je spotrebovaná na premenu kvapaliny na plyn.

Zníženie okolitej teploty vzduchu pri úniku NH_3 je príčinou ochladenia a zvýšenia špecifickej hmotnosti jeho pár oproti vzduchu. Ten sa potom šíri po zemskom povrchu a postupne sa ohrieva. Akonáhle sa dostatočne prehreje, začne sa uplatňovať jeho pôvodná vlastnosť a zdvíha sa smerom hore. Túto skutočnosť je potrebné mať tiež na zreteli, lebo týmto spôsobom sa pary amoniaku môžu dostať do omnoho väčšej vzdialenosti od miesta úniku, ako by sme na základe špecifickej hmotnosti predpokladali. Nezanedbateľnú úlohu pri rozptyle a šírení sa uniknutého amoniaku, popri veľkosti zdroja, rozsahu jeho poškodenia, zástavbe a reliéfe krajiny, hrá i vertikálna stabilita atmosféry, smer, rýchlosť, stálosť, nárazovosť vetra a vlhkosť vzduchu.

Amoniak intenzívne dráždi spojivky a sliznice horných ciest dýchacích, vo vlhkom filme sa na ich povrchu dobre rozpúšťa (pH 11,5). Dochádza k poškodeniu organizmu alkalickou reakciou. Dlhodobé pôsobenie nižších koncentrácií spôsobuje podráždenosť spojiviek, slizníc nosohltanu a priedušiek, kašeľ s možnosťou vzniku edému pľúc. Vysoké koncentrácie vyvolávajú edém pľúc a nosohltanu, často tiež zástavu dychu a zlyhanie srdčej činnosti. V extrémnych koncentráciách perforuje rohovku a vytvára pľuzgieru na pokožke. [57] Toxikologické vlastnosti amoniaku sú uvedené v tabuľke 2.30.

Tabuľka 2.30: Toxikologické vlastnosti amoniaku [57, 112]

Koncentrácia NCHL		Príznaky zasiahnutia
($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	(ppm)	
3, 475	5	je ho cítiť v ovzduší
250	360	vyvoláva neznesiteľné dráždenie, ktoré však dovoľuje únik, príznaky jednohodinovej expozície sa hoja bez následkov
3500	5 040	usmrcuje počas 10-minútovej expozície
7 000	10 080	veľmi rýchla smrť.
21 000	30 240	ihneď pľuzgierotvorné účinky

Chlór bol objavený v roku 1774 švédskym chemikom C.W. Schelom, a to pri oxidácii kyseliny chlorovodíkovej burelom (MnO_2). Pomenovanie dostal podľa charakteristického žltozeleného zafarbenia (gréč. chloros = žltozelený).

V kvapalnom stave je chlór svetlá, bezfarebná kvapalina. Uvoľnený kvapalný chlór prechádza veľmi rýchlo do plynnej fázy. V plynnom skupenstve je chlór štiplavo zápachajúci, žltozelený a leptavý. Za normálnych podmienok nie je zápalný a so vzduchom netvorí výbušné zmesi. [110]

Chlór, ako aj ostatné halogény, sa dobre rozpúšťa v nepolárnych rozpúšťadlách, menej v polárnych. Jeden liter vody pri 20 °C rozpúšťa 2,3 l chlóru (chlórová voda). Ďalšie vlastnosti sú uvedené v tabuľke 2.29.

Bližšie zhodnotenie a analýza fyzikálnych vlastností tejto veľmi toxickkej, ale pritom reálne sa vyskytujúcej a často prepravovanej NCHL, hovorí jednoznačne o forme existencie a pôsobení chlóru na živú silu po úniku. Chlór sa skladuje a prepravuje stlačený alebo skvapalnený. Uvoľnený prechádza veľmi rýchlo do plynnej fázy, pričom sa tvorí chladná hmla. Príčinou je veľmi nízky bod varu, ktorého hodnota je 33,8 °C.

Uniknutý plyn a hmla sú asi 2,5-krát ťažšie ako vzduch. Preto sa držia nízko pri zemi a pri určitých meteorologických podmienkach v prízemnej vrstve atmosféry sa šíria i do značných vzdialeností. (tabuľka 2.31)

Hutnosť pár chlóru vytvára taktiež podmienky pre jeho zatekanie do podzemných priestorov, okopov, zákopov, úkrytov a pivníc, čo predurčuje v rozhodujúcej miere aj spôsob realizácie ochranných opatrení.

Tabuľka 2.31: Prehľad hĺbky pasiem vzniknutých únikom NCHL (teplota 10 °C, čas trvania úniku 1 minúta, inverzia) [113]

NCHL	Polomer	
	smrteľného pásma pre 10 ton NCHL	pásma ohrozenia zdravia pre 10 t NCHL
Formaldehyd	1,964 km	9,119 km
Amoniak	0,928 km	4,308 km
Chlór	3,452 km	16,022 km
Oxid siričitý	0,461 km	2,140 km
Sírovodík	4,355 km	20,216 km
	smrteľného pásma pre 50 t	pásma ohrozenia pre 50 t
Formaldehyd	5,745 km	26,665 km
Amoniak	2,713 km	12,596 km
Chlór	10,093 km	46,850 km
Oxid siričitý	1,348 km	6,257 km
Sírovodík	12,735 km	59,111 km

Chlór je silný dráždivý a žieravý jed. Hlavným nebezpečenstvom u tejto látky je dráždenie respiračného traktu. Intenzívny dráždivý účinok sa uvádza ako následok reakcie chlóru s vlhkosťou za vzniku kyseliny chlorovodíkovej, čím dochádza k oxidačnému účinku a pôsobeniu kyseliny. Po inhalačnej expozícii sa objavuje kašeľ, bolesti na prsiach, zvracanie, ktoré býva v niektorých prípadoch i krvavé, pocit dusenia a bolesti hlavy. I napriek pomerne dobrým varovným vlastnostiam chlóru dochádza ľahko k expozíciám, ktoré majú za následok edém, alebo zápal pľúc. Pri dlhodobom pôsobení vysokých koncentrácií chlóru v ovzduší je silne dráždená i pokožka, hlavne ak je vlhká. Dochádza tiež k poškodeniu očí. [57] Účinky chlóru na ľudský organizmus dokumentuje tabuľka 2.32.

Tabuľka 2.32: Toxické vlastnosti chlóru [57, 112]

Koncentrácia chlóru		Príznaky zasiahnutia
(mg.m ⁻³)	(ppm)	
1,45 – 2.29	0,5 – 1	minimálna koncentrácia, pri ktorej je chlór už rozpoznateľný čuchom
8,7 – 17	3 – 6	spôsobuje pálenie očí, škrabanie v nose, u citlivých kašeľ a chraptot, 30 – 60 minút trvajúci pobyt sa nepovažuje za zdraviu škodlivý
58	20	pobyt trvajúci 30 – 60 minút je veľmi nebezpečný
145	50	spôsobuje vznik toxického edému pľúc, so značným krvácaním už pri krátkodobých expozíciách
290	100	spôsobuje vážne následky už pri jedno minútovej expozícii (bezvedomie)
2 900	1 000	usmrcuje po niekoľkých vdýchnutiach
1 ppm = 2,9 mg.m ⁻³		1 mg.l ⁻¹ = 334 ppm

Sírovodík (H_2S) je bezfarebný plyn. Aj pri veľmi veľkom zriedení nepríjemne zapácha po skazených vajciach. Pri vysokých, veľmi nebezpečných koncentráciách je bez zápachu. Je to mimoriadne horľavá látka, ľahko vznetlivá pri všetkých teplotách. Pri horení vzniká veľmi jedovatý oxid siričitý. Tento plyn je ťažší ako vzduch, s ktorým tvorí výbušné zmesi. Kvapalina prechádza rýchlo do plynnej fázy. Nad kvapalným sírovodíkom sa tvoria chladné hmly ťažšie ako vzduch. Vo vode je sírovodík dobre rozpustný, v 1 litri sa rozpustí 2,6 litra H_2S (tabuľka 2.29).

V teréne sa bude po úniku vyskytovať pri klimatických podmienkach nášho teritória výlučne v plynnej fáze. Vzhľadom na jeho hutnosť pár sa v priestore nad zemským povrchom udrží len v prípade veľmi dobrých meteorologických podmienok, čo ovplyvňuje stabilitu a šírenie toxického oblaku v ovzduší. Labilná vertikálna stabilita atmosféry, vysoká rýchlosť vetra a jeho nárazovosť spôsobia rýchle zníženie koncentrácie sírovodíka nad povrchom.

Sírovodík je temer tak jedovatý ako kyselina kyanovodíková. Pri ťažkej otrave nasleduje po náhlom bezvedomí smrť ochrnutím dýchania a srdčným zlyhaním. Pôsobí škodlivo už pri nízkych koncentráciách.

Nízke koncentrácie plynu vedú k extrémne ťažkému dráždeniu a zápalu očí, dýchacích ciest a pľúc. Po dobe dvoch dní môže nastať edém pľúc. Stredná a ľahká otrava sa prejavuje okrem už uvedeného dráždenia a kašľa tiež bolesťami hlavy, silnou nevoľnosťou, zvracaním, hnačkou, kŕčmi v žalúdku, tiež bezvedomím a poruchami srdčnej činnosti.

Akútna otrava pri vysokých koncentráciách prebieha veľmi rýchlo. Je charakterizovaná okamžitou stratou vedomia, zástavou dychu a srdčnej činnosti. Pri veľkej expozícii trvá hlboké bezvedomie, objavujú sa tiež kŕče. Zrenice sú zúžené, dýchanie a srdcová činnosť môžu byť nepravidelné. Pri návrate k vedomiu trpí postihnutý halucináciami, zúrivosťou a neskôr dojmom opitosti, niekedy sa objavuje zvracanie. Hlavná je expozícia inhalačná, ale dôležitý je i fakt, že sa vstrebáva i pokožkou. Príznaky zasiahnutia v závislosti od koncentrácií NCHL v ovzduší sú uvedené v tabuľke 2.33.

Tabuľka 2.33: Toxické vlastnosti sírovodíka [57, 110]

KONCENTRÁCIA H_2S		PRÍZNAKY ZASIAHNUTIA
($mg.m^{-3}$)	(ppm)	
3.10^{-8}	$2,2.10^{-8}$	čuchom rozpoznateľný zápach
278	200	silné dráždenie očí, práca pri takejto koncentrácii sa však považuje za bezpečnú
695 – 973	500 – 700	ľahké príznaky otravy (závrät, bolesti hlavy, silná nevoľnosť pri dobe intoxikácie do 15 minút, po 30 minútach bezvedomie a zástava dych)
973 – 1 188	700 – 900	táto koncentrácia vedie k rýchlemu bezvedomiu a o niekoľko minút neskôr k zástave dychu
1 370	Nad 1 000	okamžitá zástava dychu
1 ppm = $1,39 mg.m^{-3}$		1 $mg.l^{-1}$ = 719 ppm

Sírouhlík je v čistom stave bezfarebná kvapalina aromatickej vône, silne lomiaci svetlo. Zvyčajne obsahuje rôzne prímеси, ktoré ho sfarbiajú do žltá, a nepríjemne zapácha vplyvom primiešaných nečistôt. Zaraduje sa medzi rozpúšťadlá, ktoré veľmi dobre rozpúšťajú nepolárne organické látky, tuky, živice, síru, fosfor, kaučuk. Používa sa tiež ako extrakčné činidlo. Rozpustnosť sírouhlíka je malá. Pri teplote $20\text{ }^{\circ}C$ sa rozpúšťa asi $0,10\text{ g }CS_2$. Pri nižšej teplote (pod $-3\text{ }^{\circ}C$) tvorí s vodou hydrát $2 CS_2.H_2O$ (tabuľka 2.29).

CS_2 je silný jed centrálnej nervovej sústavy. Pary pôsobia narkoticky. Pri styku sírouhlíka s okom dochádza k jeho poleptaniu. Pri dlhšom pôsobení leptá i pokožku, ktorá vyzerá ako

popálenina druhého stupňa, a zároveň sa škodlivina vstrebáva do organizmu. Spôsobuje eufóriu, stav opilosti, bezvedomie, kŕče a ochrnutie dýchania. Sírouhlik sa teda môže vstrebávať aj pokožkou. Udáva sa však, že pre vznik otráv nemá táto skutočnosť väčší význam. Styk s pokožkou vedie k podráždeniu, v dôsledku ktorého pokožka sčervená, poprípade sa vytvorí pľuzgiere. Pomerne riedko dochádza pri zasiahnutí sírouhlikom k akútnej otrave. Táto chemická zlúčenina je totiž už v malých množstvách čuchovo identifikovateľná. Príznaky zasiahnutia sírouhlikom v závislosti od koncentrácie v atmosfére sú uvedené v tabuľke 2.34.

Tabuľka 2.34: Toxikologické vlastnosti sírouhlika [57, 112]

Koncentrácia CS ₂		Príznaky zasiahnutia
(mg.m ⁻³)	(ppm)	
936	Pod 300	nespôsobuje akútnu otravu
936 – 1 500	300 – 500	ľahšie účinky asi po jednod hodinovej expozícii
3 120 – 9 360	1 000 – 3000	po 30 minútach dochádza k vážnemu ohrozeniu života
15 000	5 000	smrť po 30 minútach expozície
1 ppm = 3,12 mg.m ⁻³		1 mg.l ⁻¹ = 321 ppm

Oxid uhoľnatý (CO) je horľavý, bezfarebný plyn, bez chuti a zápachu, nedráždi dýchacie cesty. Má rovnakú hustotu ako vzduch, s ktorým sa ľahko mieša. Jeho najobvyklejším zdrojom sú splodiny vznikajúce pri akomkoľvek horení. Pretože afinita hemoglobínu k CO je približne 220-krát väčšia ako ku kyslíku, predstavuje CO reálne nebezpečenstvo už pri veľmi nízkych koncentráciách. Tak napr. pri koncentrácii CO 0,01 % je saturovaných 11 % hemoglobínu, pri 0,02 % asi 19 % a pri 1 % až 92 % z celkového množstva hemoglobínu. Navyše je táto väzba pevnejšia ako v prípade kyslíka.

Príznaky akútnej otravy sa objavujú už pri 10 – 20 % podiele karboxyhemoglobínu v krvi, čo zodpovedá približne 0,01 – 0,02 % koncentrácii CO vo vdychovanom vzduchu. U detí a ľudí so srdcovými chorobami môžu byť hraničné koncentrácie pre vyvolanie prvých príznakov ešte nižšie. [35]

2.4.4.2 Organické priemyselné nebezpečné chemické látky

Závažný vplyv na obyvateľstvo v dôsledku teroristického pôsobenia možno predpokladať v súvislosti s reálnou možnosťou existencie fytotoxických látok na území jednotlivých štátov.

Sú to chemické zlúčeniny určené primárne k potlačaniu rastu a hubeniu buriny v poľnohospodárstve, v záhradníctve a v lesnom hospodárstve. Je možné ich tiež hodnotiť ako nebezpečné bojové TCHL spôsobujúce ničenie životného prostredia, ale aj bezprostredne ohrozujúce zdravie a životy intoxikovanej skupiny osôb. Využitie herbicídov na teroristické účely sa líši od ich mierového používania cieľom, ktorý má byť dosiahnutý, použitou koncentráciou herbicídu, spôsobom a formou jeho pôsobenia.

Organické herbicídy

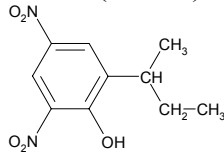
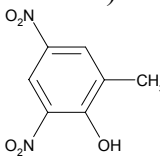
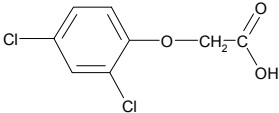
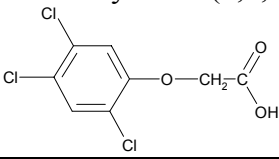
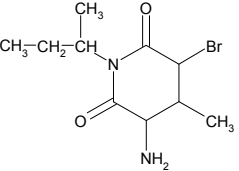
Podľa chemickej klasifikácie možno organické herbicídy začleniť do väčších skupín podľa ich chemického zloženia. Ich prehľad je uvedený v tabuľke 2.35.

Ako vyplýva z prezentovanej tabuľky, existuje veľmi široká škála herbicídov, z ktorých mnohé boli použité i vo vojnových konfliktoch, predovšetkým vo Vietname. Z tohoto veľkého množstva toxických chemických látok možno vytipovať pre účely teroristického pôsobenia tie najtoxickejšie, a to sú karbamáty a dipyridylové herbicídy. Okrem toho sú mnohé herbicídy v dôsledku termických procesov pri požiaroch tiež zdrojmi veľmi toxických produktov.

Dipyridylové herbicídy

Sú to široko používané herbicídne látky, vysoko jedovaté pre rastliny, zvieratá i človeka. Hlavným predstaviteľom takýchto herbicídov je paraquat (PQ) a diquat (DQ). Z minulosti je známych mnoho prípadov, kedy spôsobili veľký počet poškodení zdravia a úmrtí. Zatiaľ čo PQ spôsobuje ťažké poškodenie pľúc, DQ je v tomto smere menej nebezpečný, ale zato spôsobuje závažné gastrointestinálne poruchy a má zároveň výraznejší efekt na obličky. K selektívnej orgánovej kumulácii nedochádza, snáď s výnimkou ľadvín, u ktorých môže dôjsť k úplnému zlyhaniu. [35]

Tabuľka 2.35: Chemická klasifikácia organických herbicídov [34, 35]

P. č.	Organické herbicídy	Názov herbicídu a štruktúra
1.	Deriváty fenolu a homológy	6 -sek. butyl 2,4-dinitrofenol (DNBP)  4,6 -dinitro-o-krezol (DINOSEB) 
2.	Deriváty fenoxymastných kyselín	2,4-dichlórfenoxyoctová kyselina (2,4-D)  2,4,5-trichlórfenoxyoctová kyselina (2,4,5-T) 
3.	Deriváty triazínu a diazínov	4-amino -5-chlór -1-fenyl -6-pyridazon (PYRAZON) 1-sek.butyl-5-bróm-6-metylracil (BROMACIL) 
4.	Deriváty močoviny	N-4-chlórfenyl-N,-methyl-N, -izobutynyl-močovina (BUTURON) (N-(4-(4)chlórfenoxy)-fenyl)-N, N-dimethyl-močovina (CHLOROXUNON)
5.	Karbamáty a tiokarbamáty	3-dietylmetylamoniumfnyl-N-metylkarbamát-jodid

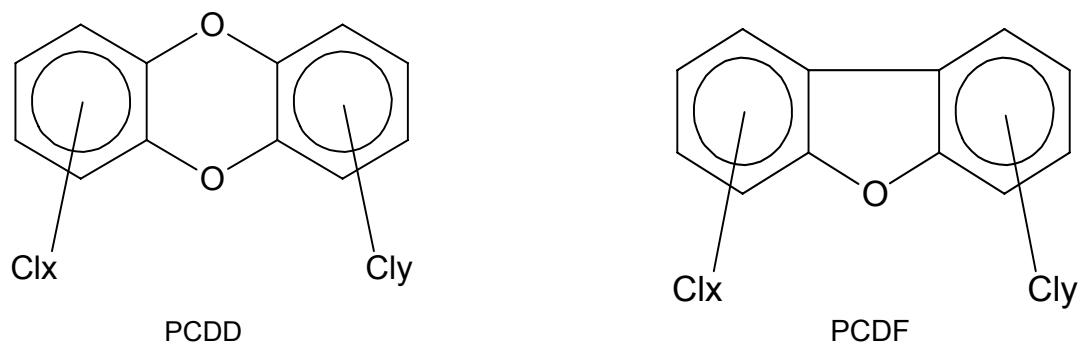
P. č.	Organické herbicídy	Názov herbicídu a štruktúra
6.	Chlórované masné kyseliny	mono a trichlóroctová kyselina $\text{Cl}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ $\text{Cl}_3-\text{C}-\text{COOH}$
7.	Kvartérne amóniové soli	1-ethylén -2,2-dipyridilium dibromid (DIQUAT), 1,1-dimetyl -4,4-bipyridilium dichlorid (PARAQUAT),
8.	Ostatné organické herbicídy	kyselina 4-amino-3,5,6-trichlórpikolinová (PICLORAM) kyselina dimetylarzínová (KAKODYLOVÁ) $(\text{CH}_3)_2-\text{AsOOH}$

2.4.4.3 Supertoxické syntetické jedy ako potenciálne teroristické zbrane

Polychlorované dibenzodioxíny(PCDD) a dibenzofurány (PCDF)

Táto špecifická skupina chemických látok sa tiež môže stať reálnym nástrojom teroristických skupín. PCDD a PCDF môžu vznikajúť v dôsledku chemickej transformácie z chlórovaných aromatických uhlíkovodíkov, alebo v dôsledku termických procesov spojených s explóziou, prípadne horením organických zlúčenín obsahujúcich chlór.

Polychlorované dibenzo-p-dioxíny (PCDD) sú reprezentované skupinou aromatických éterov. Tvoria ju celkom 75 rôznych chlorovaných analógov a izomérov. Počet atómov chlóru v molekule sa pohybuje v rozmedzí od jedného do osem.



Obrázok 2.28: Štruktúrne vzorce a PCDD a PCDF

Polychlorované dibenzofurány (PCDF) tvoria celkom 150 analógov a izomérov. Chemicky sú veľmi podobné PCDD (obrázok 2.28) a vykazujú porovnateľnú toxicitu. [58]

Najtoxickjším izomérom z uvedených typov chemických látok je 2,3,7,8-tetrachlórdibenzo-p-dioxín (alebo dioxín), ktorý si právom vyslúžil prídavok najtoxickéjši nízkomolekulárny toxín. Jeho toxicita v závislosti na živočíšnom druhu, na ktorý pôsobí a spôsobe podania, sa pohybuje v rozmedzí od $1 \cdot 10^{-3}$ až $1 \cdot 10^{-1}$ mg.kg⁻¹. Prehľadné zaradenie dioxínu medzi najtoxickéjšie známe látky syntetického a prírodného pôvodu približuje obrázok 2.29.

Pri zasiahnutých osobách možno klinické prejavy toxického účinku rozdeliť na kožné (chlórakné, hyperpigmentácia a iné), systémové (zvýšená hladina cholesterolu, triglyceridov, strata chuti k jedeniu, zažívacie poruchy, bolesti svalov a kĺbov, zdurené lymfatických uzlín, kardiovaskulárne poruchy, poruchy močového a respiračného traktu a slinivky brušnej), neurologické (sexuálna dysfunkcia, poruchy zraku, sluchu, chuti, čuchu, bolesti hlavy a iné) a dlhodobé (teratogénny a karcinogénny účinok, spontánne potraty, chromozómové aberácie a iné). [35]

Dioxín sa okrem mimoriadnej toxicity vyznačuje i vysokou stálosťou, čo znemožňuje účinnú dekontamináciu kontaminovaného prostredia. Jeho perzistencia je daná nízkou rozpustnosťou, malou výparnosťou a nepatrnou reaktivitou. Polčas rozpadu je dlhší ako jeden rok, presnejšie okolo 463 dní. Pre svoju extrémnu toxicitu a schopnosť dlhodobo kontaminovať terén sa uvažuje aj o použití vo forme bojovej chemickej látky a samozrejme ju musíme tiež považovať, spolu s ďalšími chemickými látkami herbicídneho typu, za reálnu hrozbu pôsobenia teroristov na civilné obyvateľstvo.

Oxid osmičelý (OsO₄)

V marci 2004 stovky britských policajtov a príslušníkov protiteroristických jednotiek vykonávali razie po celom Londýne a zatkli 8 britských občanov pakistanského pôvodu údajne zapojených do plánovacích fáz teroristického útoku. Neskoršie sa ukázalo, že zaistení skúmali potenciál odpálenia chemickej bomby v zaľudnenej časti Londýna. Títo muži plánovali útoky na letisko Gatwick, londýnske metro a iné uzavreté priestory s veľkým pohybom ľudí. V tréningových manuáloch skupiny Al-Kajdá sa nachádzali plány na útoky pomocou dusivých látok, ale odteraz je treba reálne počítať aj s oxidom osmičelým.

Tabuľka 2.36: Fyzikálne vlastnosti osmium tetraoxidu [125]

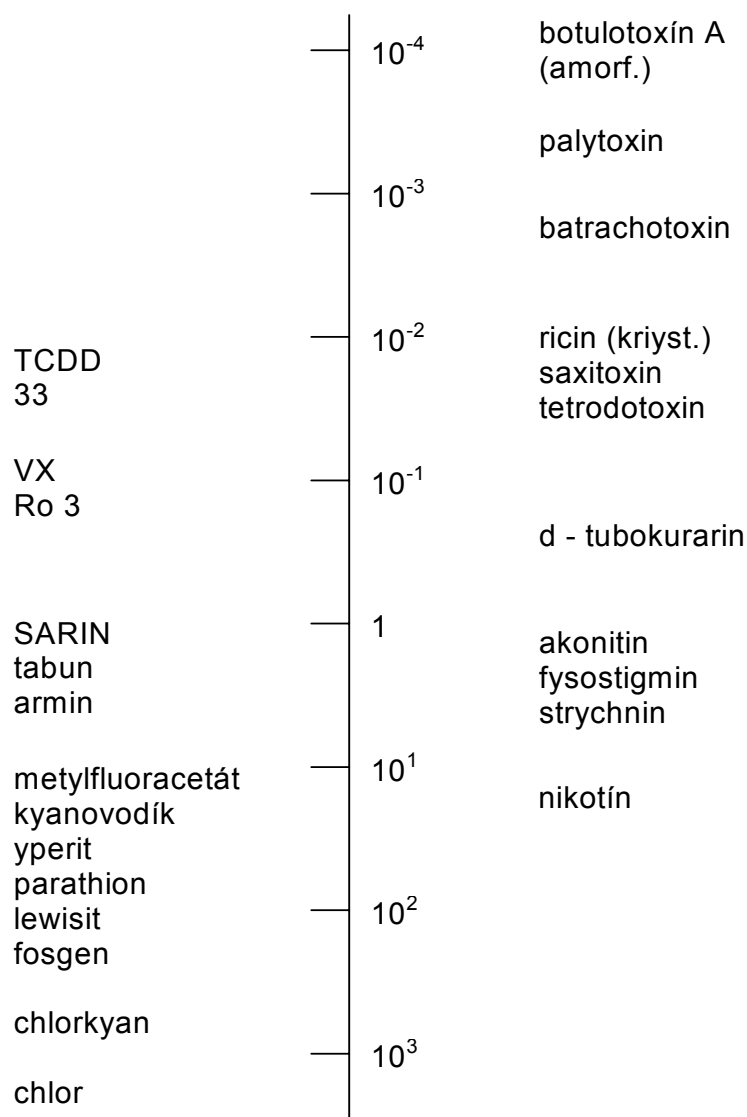
Fyzikálna vlastnosť		Jednotka	Hodnota
Mólová hmotnosť		–	254,20
Teplota topenia		°C	40
Teplota varu		°C	130
Hustota pri 20 °C		kg.m ⁻³	$4,91 \cdot 10^3$
Relatívna hustota pár (hustnosť pár)		-	8,78
Tlak pár pri 20 °C		hPa, mbar	10
Tlak pár pri 50 °C		hPa, mbar	52
Rozpustnosť (20 °C)	vo vode	g.l ⁻¹	65
	v KOH, NaOH		rozpustný
	v alkohole		rozpustný
	v éteri		rozpustný
	v uhľovodíkoch		rozpustný

Poznámka : 1 hPa = 100 Pa

Táto vysoko toxická chemikália sa ukázala ako kľúčová časť údajného teroristického plánu na Londýn. Legitímne využívanie na biologický výskum a v špecializovanom chemickom

priemysle robí oxid osmičelý vhodným potenciálnym prostriedkom chemického terorizmu. Jeho cena je na americkom trhu u popredných amerických dodávateľov chemikálii okolo 118 dolárov za 1 gram v pevnom skupenstve. Komerčne dostupný oxid osmičelý je v balíčkoch po 5 gramoch a viac viazaný na polymér, ktorý má za úlohu eliminovať riziko výparu tejto látky v pevnej forme. Táto úprava sa používa pre zvýšenie ochrany pre pracovníkov v priemysle. [115]

OsO₄ je pomerne málo známa zlúčenina. Základné údaje o vybraných vlastnostiach sú uvedené v tabuľke 2.36.



Obrázok 2.29: Porovnanie toxicity najtoxickejších látok prírodného a syntetického pôvodu [32, 89, 95, 96,]

Z tlaku pár vyplýva, že látka sa už pri izbovej teplote ľahko vyparuje, hoci sa nachádza v tuhom skupenstve. Pri číselnom vyjadrení je výparnosť 7 mm Hg pri 20 stupňoch Celzia. Pre porovnanie výparnosť vody je 17 mm Hg, sarinu 2,1 mm Hg a VX je 0,0007 mm Hg. Výparnosť je dôležitá pri stanovení rizika vdýchnutia. Pevné látky a kvapaliny s minimálnou výparnosťou sa nevyparujú, a preto nespôsobujú riziko vdýchnutia, ak nie sú mechanicky premenené na aerosól. Kvapaliny s nízkou výparnosťou, ako napríklad VX, sa nevyparujú ľahko a preto sa za najväčšiu hrozbu považuje kontakt s pokožkou. [127]

Otvorená nádoba s tetraoxidom v uzavretom priestore je ľahko identifikovateľná najmä kvôli prenikavému zápachu, pripomínajúcemu ozón alebo chlór.

Osmium tetraoxid je vysoko toxická látka pôsobiaca ako silné oxidačné činidlo. Reaguje rýchlo a spôsobuje vážne následky pri vdychovaní, požití, kontakte s očami, sliznicami, alebo aj pokožkou. Je to látka nestála, preto sa u nej zdôrazňuje riziko spojené s jej vyparovaním a následnou inhalačnou intoxikáciou. Vystavenie pôsobeniu pár môže spôsobiť vážne chemické popáleniny očí, pokožky a už spomínaného dýchacieho ústrojenstva. Veľmi krátky kontakt s parami môže spôsobiť následné slzenie očí, kašeľ, bolesti hlavy a závrate. Medzi najzákernejšie účinky OsO_4 patrí jeho schopnosť vyvolať úplné a nezvratné oslepnutie. Doslava príde k začerneniu očných rohoviek. Symptómy ochorenia sa neprejavia hneď, ale až za niekoľko hodín po kontaminácii touto látkou. A práve spomínaná doba latencie je vlastnosť, ktorá robí túto chemickú látku atraktívnou pre teroristov. Ľudia totiž nezistia rozsah toxického účinku hneď po styku s OsO_4 , ale s určitým časovým odstupom, ktorý v konečnom dôsledku umožňuje zvýšenie rozsahu zasiahnutia. Ďalším závažným účinkom tejto CHL po vdýchnutí je vytváranie vody (tekutiny) v pľúcach. Vzniká takzvaný pľúcny edém, ktorý vedie k zaplaveniu pľúc tekutinou a následne k sťaženiu až nemožnosti dýchania. Rozsah zasiahnutia pokožky formou kožných popálenín závisí od koncentrácie. Doteraz sa však nepodarilo potvrdiť, či OsO_4 spôsobuje aj rakovinu.

Toxicitu OsO_4 môžeme porovnať s tradičnými chemickými bojovými látkami. Ako je možno vidieť z tabuľky 2.37, jeho prahová koncentrácia je menšia ako napr. u fosgénu (dusivá TCHL, sarinu (nervovoparalytická TCHL), či yperitu (pľuzgierotvorná TCHL). Na prvý pohľad je teda riziko inhalačnej otravy tetraoxidom porovnateľné s tradičným fosgénom a s pľuzgierotvorným yperitom. Problém je však v tom, že na rozdiel od yperitu sa letálna koncentrácia v priestore vytvára oveľa ľahšie u osmiumtetraoxidu, čím je riziko intoxikácie inhalačnou cestou podstatne vyššie, čo vyplýva z hodnôt výparnosti. Kým výparnosť yperitu pri 20 °C je $626 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, pri OsO_4 dosahuje hodnotu $97\,300 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. To znamená, že v uzavretom priestore sa bude nachádzať asi 150-krát vyššia koncentrácia pár osmium tetraoxidu ako pár yperitu.

Tabuľka 2.37: Porovnanie toxicity OsO_4 a troch tradičných bojových TCHL
[32, 122, 124]

Chemické látky	Prahová koncentrácia (mg/m^3)	LC_{50} ($\text{mg}\cdot\text{min}/\text{m}^3$)	LD_{50} (mg/kg)
OsO_4	0.1 - 0.6	1 316	162
Fosgén	2	3 200	nevodná aplikácia
Sulfidický yperit	12 – 500	1 500	100
Sarin (GB)	2	70	24.3

V porovnaní s tradičnými bojovými chemickými látkami ako je sarin, soman, fosgén, difosgén, yperit a iné, má oxid osmičelý najbližšie vlastnosťami k dusivým látkam. Ich spoločný menovateľ sú dusivé účinky a relatívne malá stálosť. Z yperitom má spoločné vlastnosti v tom, že podobne ako rôzne druhy yperitov (sulfidický, dusíkatý) spôsobuje po kontaminácii pokožky jej poškodenie. Mechanizmus účinku je však odlišný a niektoré účinky môžu byť i oneskorené. OsO_4 poškodzuje tiež v prípade zasiahnutia očí. Môže vyvolať i trvalú slepotu. Podobnosť so sarinom môžeme zaregistrovať v jeho stálosti, ktorá je nižšia, a vo vysokej toxicite. Nenapáda však nervové zakončenia kardiovaskulárneho a dýchacieho systému.

Je to smrtiaca toxická chemická látka, avšak na základe jej nízkej tepelnej stálosti. ju nemožno považovať za vhodnú pre výrobu takzvanej špinavej bomby. V kombinácii s klasickou trhavinou sa totiž pri explózii spojennej so zvýšením teploty rozkladá, čím stráca schopnosť

spôsobovať závažné ochorenia. [124]

Najväčšia účinnosť a teda pravdepodobnosť použitia je formou samostatného OsO₄. Hlavné nebezpečenstvo v použití jeho kvapalnej formy tkvie vo vniknutí do organizmu perkutánne cez pokožku a tráviacim ústrojenstvom. Dôležitým faktorom zabezpečujúcim účinok OsO₄ ako teroristickej zbrane je, že je to veľmi rýchly nešpecifický oxidant, ktorý nerozlišuje medzi ľudským okom, plúcami, gumou alebo iným objektom pôsobenia. Zatiaľ čo má potenciál spôsobiť zranenia ľudskému organizmu, nešpecifikuje sa na jednotlivé kritické fyziologické funkcie organizmu ako napríklad NPL.

2.5 LITERATÚRA

- [1] PITSCHMANN, V.: Historie chemické války. Military system line., Praha 1999
- [2] http://www.pmfhk.cz/VZL/VZL%203_2003/Vzl3_7.pdf
- [3] <http://botany.upol.cz/prezentace/havrp/ab3.ppt>
- [4] <http://www.abicko.cz/Clanek4576.htm>
- [5] <http://www.ibiblio.org/herbmed/eclectic/kings/cannabis.html>
- [6] <http://web.quick.cz/honzapolak/kapitola%204.htm>
- [7] <http://www.ibiblio.org/herbmed/eclectic/ellingwood/cannabis.html>
- [8] <http://encyklopedia.sme.sk/clanok.asp?cl=893789>
- [9] http://www.mod.gov.sk/e-ziny/armada/2001_09/007.html
- [10] KUNCEVIČ, NAZARKIN.: Chimičeskoje oružije pod polnyj zapred. Moskva 1987
- [11] http://odkazy20storocia.webpark.sk/studena_vojna.htm
- [12] <http://www.zoznam.sk/obrazky?W=FR&PC=http://chemi.muni.cz/~n19n/bchl/cn.gif&UR=http://chemi.muni.cz/~n19n/bchl/chemick.htm>
- [13] GROEHLER, O.: Der lautlose. BERLÍN 1978
- [14] SIPRI, I.: The Problem of Chemical and biological Warfare. Stockholm 1971
- [15] PŘIKRYL, F.: Bojové otravné látky. Vyškov 1975
- [16] BAJGAR, J. Historie používání chemických zbraní a jednání o jejich zákazu. Učební texty, VLA JEP Hradec Králové (ed. PAČES, J.), sv. 302, 1996, 113 s.
- [17] SOFRONOV, G., ROUMAK, V., AN, NQ., POYNZAKOV, S., OUMNOVA, N. The longterm consequences of agent orange in Vietnam. Oj. Zdrav. Listy, 70 Suppl. 2, 2001.
- [18] MIKA, O.: Z histórie chemických zbraní. Apológia 2/1994, str. 13.
- [19] HALÁMEK, E.: Boj ohněm, dýmem a jedy. Military system line., Praha 2001
- [20] STŘEDA, L.: Úmluvy o zákazu chemických zbraní. Státní úřad pro jadernou bezpečnost., Praha 2000
- [21] DURDIÁK, J., GLONČÁK, P., SEDLÁK, J.: Jadrové a chemické zbrane. História a súčasnosť. (Skriptá) – 1.vyd. – Liptovský Mikuláš: VVTŠ, 1988, – 110 s.,
- [22] DURDIÁK, J., GLONČÁK, P.: Chemické zbrane a chemické odzbrojenie. In: Zborník vedeckých prác VVTŠ , č.1 (1989), s.161–171
- [23] http://www.shoa.de/zyklon_b.html
- [24] PRYMULA, R.: Biologický a chemický terorizmus. Grada, 2002.
- [25] <http://www.szpb.sk/mathauss.htm>
- [26] http://odkazy20storocia.webpark.sk/studena_vojna.htm
- [27] http://www.gymzv8rocne.edu.sk/i_cerovsky/icstorocie/korv.htm
- [28] <http://www.galeje.sk/gew/stranky/praceziakov/septima/vojny20storocia/id23.htm>
- [29] Zmluva o zákaze vývoja, výroby, hromadenia zásob a použitia chemických zbraní a o ich zničení. MO SR, Bratislava, 1993
- [30] PAPIRMEISTER, B., GROSS, C. L. Pathology produced by sulphur mustard in human skin grafts on athymic nude mice. I. Light microscopic changes. J. Toxicol.-Cut. Ocul. Toxicol., 3, 1984

- [31] PROKEŠ, J. a kol.: Základy toxikologie I. Obecná toxikologie a ekotoxikologie. Praha: Karolinum, 1997.
- [32] BAJGAR, J., FUSEK, J., HRDINA, V.: Vojenská toxikologie. Učební texty, VLA JEP, Hradec Králové, 1991,
- [33] HRDINA, V. a kol.: Toxikologie bojových chemických látek a zdravotnicko-protichemická ochrana. 1. díl, sv. 189, VLVDÚ JEP, Hradec Králové, 1983.
- [34] HRDINA, V. a kol.: Toxikologie bojových chemických látek a zdravotnicko-protichemická ochrana. 2. díl, sv. 189, VLVDÚ JEP, Hradec Králové, 1983.
- [35] PATOČKA, J. a kol.: Vojenská toxikologie. Praha: Grada Publishing, 2004.
- [36] ZAJTCHUK, R. (Ed.): Medical Aspekts of Chemical and Biological Warfare. Borden Institute, Walter Reed Army Medical Center, Washington D. C., 1997, p.20307-5001
- [37] http://www.opcw.org/html/db/cwc/rus/cwc_russian_frameset.html
- [38] BALLANTINE, B., CALLAWA, S.: The toxikology and phatology of animals exposed to O-chlorobenzylidene malononitrile (CS), med. Sci. Laww, 12, 1962, p. 34 – 65.
- [39] STEIN, A. A., KIRWAN, W. E.: chloracetophenone (Tear Gas) poisoning: a clinico-pathologick report. Cur. Top, 9, 1970, p. 3374 – 3382
- [40] KASSA, J., KRS, O., CABAL, J.: Základy vojenské toxikologie a ochrany proti BChL. Učební texty Vojenské lékařské akademie Jana Evangelisty Purkyně, Hradec Králové, 1992.
- [41] TOMEČEK, I. – MATOUŠEK, J.: Analýza bojových otravných látok. Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry Bratislava, 1963.
- [42] CLARK, K.: The Chemical Weapons Convention: Chemical and Toxin Warfare Agents and Disarmament. Royal Military College of Science, Cranfield University, Shrivenham, 1997.
- [43] COMPTON, J. A. F.: Military Chemical and Biological Agents. The Telford Press, 1987.
- [44] FUSEK, J., HRDINA, V.: Zneschopňujúci otravné látky s psychotomimetickým účinkem. VLVDÚ JEP Hradec Králové, 1984
- [45] LINCOVÁ, D., FARGHALI, H. a kol.: Základní a aplikovaná farmakologie. Praha, Galén, 2002
- [46] MARRS, T. C. Organophosphorus poisoning. Pharmacol. Ther., 58, 1993
- [47] MARRS, T. C., MAYNARD, R. L., SIDELL, F. R.: Chemical Warfare Agents. Toxikology and Treatment. Chicester, New Zork, Brisbam, Toronto, Singapore: Jon Wiley and Sons, 1996
- [48] STANAG 2463 AmedP-6 (6). Part III, NATO Handbook on the medical aspects of NBC defensive operations.
- [49] SOMANI, S. M.: Chemical Warfare Agents. Academic Press, Inc. New York 1992.
- [50] STŘEDA, L., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z.: Zapojení České republiky do mezinárodní spolupráce k zajištění Úmluvy o zákazu chemických zbraní. Úvod do problematiky bojových chemických látek. Státní úrad pro jadrovou bezpečnost. Praha 2000.
- [51] ALEKSANDROV, V. N., EMELJANOV, V. I.: Otravljajuščije vješčestva. Vojennoje izdatelstvo, Moskva 1990.
- [52] SIPRI: Chemical Warfare (A FOA briefing book on chemical warfare No. 16). FAO, Sundbyberg 1992.
- [53] BAJGAR, J.: Some Toxic Chemicals as Potential Chemical Warfare Agents – The Threat for the Future ? The ASA Newsletter 98-6, December 18, 1998, issue number 69.
- [54] DURDIAK, J., SZUPERÁK, K.: Chemické zbrane ako potenciálne nástroje terorizmu. In: Zborník vojenskej akademie. – Roč. 10, č.1 (2003), s. 67 – 74.
- [55] SUŠKO, M.: Nové možnosti hrozieb zbraní hromadného ničenia v súčasnom svete. In:

- Vojenské obzory. – Roč. 6, č. 1 (1999), s. 102-108.
- [56] KURUCZ, J.: Možnosti biologického a chemického terorizmu. Monografia, Liptovský Mikuláš, 2002
- [57] MARHOLD, J. : Přehled průmyslové toxikologie. Anorganické látky. Praha: Avicenum, 1980. 528 s.
- [58] MARHOLD, J. : Přehled průmyslové toxikologie. Praha: Organické látky zv. 1. a 2. Avicenum, 1986. 1700 s.
- [59] Material Safety Data Sheet (MSDS) – Lethal Nerve Agent Sarin (GB), <<http://www.gulfweb.org/bigdoc/report/appgb.html>>.
- [60] <http://www.zoznam.sk/obrazky?W=FR&PC=http://chemi.muni.cz/~n19n/bchl/cn.gif&UR=http://chemi.muni.cz/~n19n/bchl/chemick.htm>
- [61] <http://www.hzspk.cz/OOP/bol.htm>
- [62] http://www.shoa.de/zyklon_b.html
- [63] <http://www.bristol.ac.uk/Depts/Chemistry/MOTM/mustard/mustard.htm>
- [64] <http://ourworld.compuserve.com/homepages/kylet1/gas.htm>
- [65] http://www.mod.gov.sk/e-ziny/armada/2001_09/007.html
- [66] <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Sarin>
- [67] <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Soman>
- [68] <http://www.heffter.org/Graphics/pics/LSD25.html>
- [69] Material Safety Data Sheet (MSDS) – Phosgene, <<http://www.boc.com/gases/pdf/msds/G067.pdf>>, and ATSDR Medical Management Guidelines for Phosgene, <<http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg176.html>>.
- [70] MIKA, O.: Chemické odzbrojenie je proces. Apológia 1/1994, str. 10.
- [71] http://www.mod.gov.sk/e-ziny/armada/2001_09/007.html
- [72] http://www.csp.sk/pages/leg/276_1997.pdf
- [73] STŘEDA, L.: Úmluva o zákazu chemických zbraní a nebezpečné odpady. Odpady, č. 2, 1999, str. 18 - 19.
- [74] STŘEDA, L.: Chemické odzbrojení - aktuální úkol současnosti. Vojenský profesionál, č. 4 – 5 – 6, 1999, str. 109 – 113.
- [75] STŘEDA, L., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z.: Je likvidace chemických zbraní do roku 2007 reálná? Aliance, č. 4, 1999, str. 18 – 19.
- [76] STŘEDA, L., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z. : Úmluva o zákazu chemických zbraní. Sborník VVŠ PV Vyškov.
- [77] STŘEDA, L., HALÁMEK, E., KOBLIHA, Z. : Současný stav a perspektivy chemického odzbrojení. Mezinárodní vztahy, č. 2/2000, str. 62 – 72.
- [78] MATOUŠEK, J.: Současné problémy chemického a biologického odzbrojení I. Historie úsilí za zákaz chemických a biologických zbraní. Mezinárodní politika 23 č.4, 35 – 37 (1999).
- [79] MATOUŠEK, J.: Současné problémy chemického a biologického odzbrojení II. Chemické arzenály a plnění Úmluvy o úplném a všeobecném zákazu chemických zbraní. Mezinárodní politika 23, č.5, 28 – 33 (1999).
- [80] DURDIÁK, J., WEIS, F.: Proces likvidácie chemických zbraní u signatárov ženevskej konvencie z 15. 1. 1993. In: Zborník vojenskej akadémie. – Ročník 5, č.1 (1998), s. 32 – 40.
- [81] <http://www.opcw.org/>
- [82] <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Chemical%20Weapons%20Convention>
- [83] <http://www.bwpp.org/resources/cwc.pdf>
- [84] KULICH, M.: Všeobecné východiská terorizmu. Bratislava, MO SR, 2002.
- [85] <http://www.egozlin.cz/data/01.html>
- [86] DURDIÁK, J.: Toxické chemické látky a terorizmu. In: Zborník vojenskej akadémie. –

- Roč. 10, č.1 (2003), s. 59 – 66.
- [87] FUSKA, J.: Toxikológia, hygiena a bezpečnosť práce. Slovenská vysoká škola technická v Bratislave, Chemickotechnologická fakulta, 1982.
- [88] SEDLÁK, L., SUŠKO, M.: Biologické zbrane a podiel radiačnej, chemickej a biologickej ochrany proti nim. In: Zborník Vojenskej akadémie. – Roč. 5, č.2 (1998), s. 17 – 27.
- [89] DURDIÁK, J., SZUPERÁK, K.: Toxíny ako potenciálny nástroj chemického terorizmu. In: Zborník vojenskej akadémie. – Roč. 10, č.2 (2003), s. 29 – 36. ISSN 1335-0935
- [90] BETINA, V.: Mykotoxíny. Chémia-biológia-ekológia. Bratislava: Vydavateľstvo ALFA, 1990.
- [91] HUSSEIN, S., BRASEL, J. M.: Toxicity, metatabolizm and impact of mycotoxins on humans and animals. Toxicology, 2001,
- [92] WYLLIE, T. D., MOREHOUSE, L. G.: Mycotoxic Fungi, Mycotoxins, Mycotoxicoses. An Encyklopedic Handbook. Vol. 3, Mycotoxicosias of Man and Plants: Mycotoxin Control and Regulatory Aspects, New York: Marcel Dekker, Inc., 1978.
- [93] STŘEDA, L., CÍSAŘOVÁ, V., BAJGAR, J.: Saxitoxin. Vojenské zdravotnícké listy, Ročník LXVIII, 1999, č. 1 – 2, str. 19 – 22.
- [94] STŘEDA, L., BAJGAR, J.: Saxitoxin – aktuální problém Úmluvy o zákazu chemických zbraní z pohledu ekonomického a technického rozvoje smluvních států. Vojenské zdravotnícké listy. Ročník LXIX, 2000, č. 3, str. 103 – 107.
- [95] PATOČKA, J.: Abrin and ricin: Two dangerous poisonous proteins. ASA Newsletter, 85, No.4, 2001, p. 20 – 22.
- [96] PATOČKA, J.: Toxíny jako potencialně zneužitelné chemické a biologické prostředky. Vojenské rozhledy, 2001, zvláštní číslo, s. 160 – 167
- [97] <http://www.asanltr.com/>
- [98] <http://www.nbc-med.org/SiteContent/HomePage/WhatsNew/MedAspects/contents.html>
- [99] DURDIÁK, J.: Technologické havárie spojené s únikom TCHL, ako potenciálny zdroj kontaminácie ovzdušia a terénu. In: Zborník vedeckých prác Vojenskej leteckej akadémie gen. M. R. Štefánika, č. 1 (1998), s. 55 – 65.
- [100] DURDIÁK, J., SZUPERÁK, K.: Chemické zbrane ako potenciálne nástroje terorizmu. In: Zborník vojenskej akadémie. – Roč. 10, č.1 (2003), s. 67 – 74.
- [101] BELLOVÁ, R.: Pôsobenie anorganických látok na životné prostredie. In: Zborník Vojenskej akadémie. – Roč. 8, č.1 (2001), s. 135-143.
- [102] DURDIÁK, J.: Fyzikálne a chemické metódy likvidácie únikov priemyslových škodlivín a ich využitie jednotkami chemickej ochrany v praxi. (Rezortná úloha 419/2-10). – Liptovský Mikuláš: Vojenská akadémia, 1999. 144 s.
- [103] KURUCZ, J.: Chemické riziká v priemyselnom zázemí. In: Obrana. - Roč. 11, č. 5 (2003),
- [104] PULIŠ, P.: Biologické zbrane. Monografia. VLA Košice, 1999,
- [105] 5. RADIAČNÉ STREDISKO: Stav zásob nebezpečných škodlivín v SR. Trenčín: (Chemické látky), 1996.
- [106] Zbierka zákonov, 1996, čiastka 102, Vyhláška MV SR o zabezpečení ochrany obyvateľstva pri výrobe, preprave, skladovaní a manipulácii s nebezpečnými škodlivinami č. 300. s. 1933 – 1934
- [107] PULIŠ, P.: Piktogramy a číselné označenie nebezpečných látok a predmetov. Košice: Zborník vedeckých prác VLA č. 1/98, 1998. s. 140 – 146.
- [108] Priemyselné škodliviny na teritóriu SR. č. 602/53-89. Trenčín: Veliteľstvo armády SR, Oddelenie chemického vojska, 1993.
- [109] MATOUŠEK, J.: Havárie v chemickom priemysle s výronem škodlivých plynu a par do životného prostredia. Obrana vlasti, 12, č.3, 1980. s.47 – 51
- [110] STEINLEITER, H. D.: Brandschutz und sicherheitstechnische Kennwerte gefährlicher

- Stoffe. Berlin: Staatsverlag, 1988. 1280 s.
- [111] GAŽO, J. a kol. : Všeobecná a anorganická chémia. Bratislava: ALFA, 1981. 804 s.
- [112] CIKRT, M., KRIVUCOVÁ, M., BITTNEROVÁ, D.: Určenie prípustných havarijných koncentrácií plyných škodlivín. Praha: Výskumný ústav CO ČSSR, 1987. 86 s.
- [113] MILAN, K., ČERNÁK, M., STRMENSÝ, C.: Vyhodnocovanie chemickej situácie po úniku chemických látok. Trenčín: Radiačné stredisko Generálneho štábu Armády SR, č. 520, 1999. 56 s.
- [114] KOVÁČ, J., KOVÁČ, Š., FIŠERA, A., KRUTOŠÍKOVÁ, A.: Organická chémia. Bratislava: ALFA 1990. 1292 s.
- [115] <http://cns.miis.edu/pubs/week/040413.htm>
- [116] <<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>>. Centers for Disease Control IDLH Documentation,
- [117] <<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>>. Value derived from laboratory results done on multiple animal species.
- [118] Material Safety Data Sheet (MSDS) – Osmium tetroxide. No human toxicity data reported; values based on reported animal acute toxicity data, <<http://www.proscitech.com.au/catalogue/msds/c010.pdf>>.
- [119] Material Safety Data Sheet (MSDS) – Phosgene, <<http://www.boc.com/gases/pdf/msds/G067.pdf>>, and ATSDR Medical Management Guidelines for Phosgene, <<http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg176.html>>.
- [120] SIDELL, F. R., URBANETTI, J. S., SMITH, W. J., HURST, C. G.: "Vesicants" in Textbook of Military Medicine: Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare (Washington, DC: Office of the Surgeon General Department of the Army, 1997),
- [121] <<http://www.nbc-d.org/SiteContent/HomePage/WhatsNew/MedAspects/contents.html>>. Values of 12-70 mg-min/m³ are cited as threshold for eye damage and 100-500 mg-min/m³ are noted for inhalation airway injury.
- [122] Material Safety Data Sheet (MSDS) – Lethal Nerve Agent Sarin (GB), <<http://www.gulfweb.org/bigdoc/report/appgb.html>>.
- [123] www.uni-bayreuth.de/ZT4/gefarstoffe/betriebsanweisungen/e-218.htm
- [124] BERNABEI, D.: Sicherheit, Handbuch für das Labor, 2. Auflage, 1991, Seite 181
- [125] BBC News 6. april 2004: What is osmium tetroxide?
- [126] <<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>>.
- [127] MATRKA, M., RUSEK, V.: Průmyslová toxikologie. Úvod do obecné a speciální toxikologie. Vysoká škola chemicko- technologická, Pardubice, 1991.
- [128] Army Field Manual No 3-9, Potential Military Chemical/Biological Agents and Compounds (Washington, DC: Department of the Army), December 1990, p. 94.

3 BIOLOGICKÉ ZBRANE

Zásluhou pozitívnych zmien v polarizácii svetovej scény sa skončilo akútne nebezpečenstvo globálneho a všestranne totálneho konfliktu. Skončilo sa do určitej miery aj výsadné postavenie ZHN. Táto skupina zbraní zostáva síce fyzicky, humánne a ekologicky najničivejšia a z psychologického hľadiska najobávanejšia, avšak jej vojenský význam osciluje na oveľa nižšej úrovni ako v minulosti. O to viac sú ZHN v súčasnosti stredobodom pozornosti niektorých menej vyspelých štátov, ktoré usilujú o ich vlastníctvo.

Biologické zbrane majú za sebou dlhú históriu a práve preto by bolo naivné si myslieť, že vývoj v danej oblasti stagnuje. Súčasný stav vedeckého poznania umožňuje ďalší rozvoj týchto zbraní vopred určeným smerom. Je potrebné poukázať na vývoj biologických zbraní, ktoré môžu v konečnom dôsledku nadobudnúť charakter tzv. etnických zbraní, napádajúcich špecifické skupiny obyvateľstva. Odborníci v danej oblasti predpokladajú, že biologické zbrane budú z viacerých dôvodov zohrávať veľmi významnú úlohu. Odôvodňujú to tým, že je predsa oveľa lacnejšie vyvíjať biologické než jadrové zbrane a infraštruktúra pre ne už existuje vo viac než sto štátoch sveta. Potvrdzujú to samozrejme dispozície farmaceutických a potravinárskych zariadení. [1]

Biologické zbrane, ktoré šíria onemocnenia a strach, sa pri bojovej, a to najmä pri útočnej činnosti vojsk, príp. teroristov ľahko používajú a postihnutí sa im len ťažko môžu bez výstrahy a dôkladnej prípravy brániť. V súčasnosti aj tie najvyspelejšie štáty sveta sú zrejme na efektívnu ochranu proti biologickým zbraniam nedostatočne pripravené. Je to dané celým radom faktorov, z ktorých vystupuje do popredia najmä „zákernosť“ ich použitia útočníkom, obtiažnosť výstrahy a vlastnej účinnej ochrany.

Biologické zbrane vlastní stále väčší počet štátov. Dnes je ich podľa dostupných údajov okolo dvanásť a tento počet sa stále zvyšuje. Revolúcia v biologickom inžinierstve, a s tým súvisiaci rozvoj biotechnológií, umožňuje stále jednoduchší vývoj smrtiacich organizmov a biologické zbrane nie je možné na rozdiel od chemických alebo jadrových zistiť štandardnými prostriedkami technického prieskumu. Sú totiž rozoznateľné len pod mikroskopom. Pre ilustráciu vážnosti problému jedno prirovnanie: priemyselný prevrat v minulosti vytvoril nové sociálne skupiny, spoločenské vzťahy, ekonomiku, politiku, kultúru a morálku. Je predpoklad, že vývoj biotechnologickej revolúcie sa prejaví na civilizácii oveľa hlbšie. Príčina je jednoduchá – biotechnológie úzko súvisia nielen s technikou, ale aj so samotnými základmi života vôbec a ľudského života osobitne. Otázka teda znie, akým smerom sa bude vývoj biotechnológií ďalej uberať? [2]

Po dôkladnej analýze vplyvu biotechnológií na vývoj života na Zemi, ohraničenej súčasnými poznatkami vedy v skúmanej oblasti, bol na pôde OSN vyslovený zákaz klonovania ľudí (správa z oznamovacích prostriedkov 20. 11. 2004).

3.1 OD INFEKCIÍ PO BIOLOGICKÉ ZBRANE

Už dávno v minulosti sa infekčné onemocnenia podieľali na bytí či nebytí jednotlivcov a v konečnom dôsledku skupín, národov, či národností. Pri rôznych bojoch a vojnách často až niekoľkonásobne prevyšoval počet obetí zapríčinený nákazlivými onemocneniami straty na ľuďoch usmrtených zbraňami. V prvom speve Homérovej Iliady máme správu o epidémii, ktorá postihla Grékov pri obliehaní Tróje. Pri križiackej výprave v roku 1099 zostalo z 300 tisíc mužov, ktorí obliehali Jeruzalem, len 60 tisíc. Ostatné vojsko bolo z boja vyradené nákazlivými chorobami.

3.1.1 INFEKCIE A VOJENSKÉ ŤAŽENIA

Anglická armáda po expedícii v Afrike v roku 1809 pri plavbe domov musela pristáť v Holandsku, pretože zo 40 tisíc mužov ochorelo viac než 26 tisíc na maláriu. Z toho ich zomrelo 4 tisíc, zatiaľ čo v boji padlo len 260 mužov. Pripomeňme si trpký osud i ďalšieho expedičného zboru, ktorý bol v roku 1817 vyslaný do Indie. Z 18 tisíc vojakov pôvodného stavu ochorelo v krátkej dobe 13 tisíc na cholera. Je pochopiteľné, že takto zdecimovaný zbor nebol schopný ďalších bojových akcií. Týfus napadol Maurov v Španielsku a je známe, že po neúspechu Napoleona v Rusku v roku 1812 dovърsili porážku jeho armády nákazlivé ochorenia. Z veľkej polmiliónovej armády sa vrátilo do vlasti len 20 tisíc mužov. Okrem hrdinstva ruského ľudu boli tieto ochorenia najúspešnejším Napoleonovým nepriateľom. V Krymskej vojne v rokoch 1854 až 1856 stratili Francúzi 20 tisíc mužov zbraňami a 75 tisíc nákazlivými chorobami, Angličania 1 700 mužov na bojisku a 16 tisíc nákazlivými chorobami.

Podobne bol týfus silným nepriateľom pre Veľkú Britániu v Južnej Afrike v tzv. búrskej vojne (1899 až 1902). „Veselá prechádzka“, ako túto výpravu za väčšie koloniálne panstvo nazývali Angličania, sa premenila pre Veľkú Britániu vďaka statočnosti Búrov a nemociam na málo slávnú, tri roky trvajúcu vojnu.

Ak sledujeme historické fakty, zistíme, že i v prvej svetovej vojne zahynulo ešte veľké množstvo ľudí nákazlivými ochoreniami. Je možné poukázať na epidémiu malárie v anglo-francúzskom vojsku na Balkáne v roku 1916, pri ktorej ochorelo asi 60 tisíc vojakov. Táto udalosť spolu s inými okolnosťami podstatne prispela k neúspechu Balkánskej operácie. Nie je však potrebné chodiť pre ďalšie príklady ďaleko do minulosti. Veď na začiatku druhej svetovej vojny napadla malária americké jednotky v Južnom Pacifiku a fašistické vojská boli postihnuté škvrnitým týfusom pri útoku na Rusko. Tiež na severoafrickom fronte a neskôr na talianskom fronte opakovane vznikali epidémie nákazlivých chorôb, ktoré vážne rušili vojnové operácie. [3]

Z niekoľko málo príkladov vybraných z histórie vidíme, že skutočne sa veľakrát choroby podieľali na výsledku ozbrojeného stretnutia dvoch znepriatelených strán a mali často dôležitejšiu úlohu než ich vodcovia spolu s účastníkmi. Avšak v týchto prípadoch sa nedá ešte hovoriť o biologických zbraniach, pretože tu nešlo o vedomé použitie zárodkov nákazlivých chorôb jednou bojujúcou stranou proti druhej. Tieto epidémie nákazlivých chorôb vznikali a šířili sa v bojujúcich armádach „prirodzenou cestou“, bez vedomého zásahu človeka. To sú historické skutočnosti, ktoré však neboli pravou príčinou vzniku biologických zbraní ako zbraní hromadného ničenia. Spoločné sú len výsledky – tisíce obetí.

Podobne by bolo možné z historických záznamov vybrať v určitých cykloch sa opakujúce morové epidémie a pandémie, ktoré výrazne znížili počet civilného obyvateľstva v jednotlivých regiónoch a na kontinentoch.

3.1.2 PRVÉ POUŽITIE BIOLOGICKÝCH ZBRANÍ

K prostriedkom biologickej vojny sa uchýľovali vo vyspelých armádach ihneď, ako boli známe základné vedomosti o rozširovaní nákazlivých chorôb a epidémiách nimi vyvolávaných. Prvé obmedzené pokusy, ruka v ruke s neustálym rozvojom biológie, prerastali do rozsiahlych príprav na vedenie biologickej vojny.

Už v 14. storočí v Krymskej vojne katapultovali Tatári ponad hradby obliehaného mesta Kaffa (súčasná Fedossija) mŕtvolu ľudí, ktorí zomreli na mor. Po pár dňoch sa mesto vzdalo bez boja. [4]

Biologické prostriedky boli použité tiež v koloniálnych vojnách. V knihe bratov Stearnovcov „Vplyv čiernych kiahní na osud Indiánov“ sú uvedené dokumenty o umelom rozširovaní epidémie kiahní medzi indiánskymi kmeňmi. Autori uvádzajú citáty zo zachovaných doku-

mentov, podľa ktorých vychádza najavo, že podľa príkazu generála Amhersta, miestodržiteľa Nového Škótska v roku 1763, odovzdal kapitán Ecuyer, podriadený náčelníka pevnosti Fort-Pitt, dvom indiánskym vodcom prikrývky od chorých na čierne kiahne. Výsledkom tohto činu bola obrovská epidémia medzi indiánskymi kmeňmi v Ohiu.

V prvej svetovej vojne sa pokúšali nemeckí agenti vyvolať epidémiu medzi koňmi armád spojencov. Vo Francúzsku bol napríklad v roku 1917 zadržaný záškodník, u ktorého boli objavené inštrukcie a prostriedky k infikovaniu koní sopl'avkou. Ak si uvedomíme, akú dôležitú úlohu mal v tejto dobe koň ako všestranný dopravný prostriedok, je ľahké si domyslieť následky týchto akcií. Nemeckým agentom sa podarilo v roku 1917 infikovať 4 500 oslov zakúpených spojencami v Mezopotámii, ktorí zahynuli skôr, ako mohli byť použítí. V rovnakom čase rozšírili agenti slintavku medzi dobytkom objednávaným Francúzskom z Južnej Ameriky. Francúzi boli donútení tento dovoz zastaviť.

Nemci pripravovali útoky i proti ľuďom, a to ako proti vojskám na fronte, tak i proti civilnému obyvateľstvu v zázemí. Existujú údaje o tom, že sa nemeckí agenti pokúšali rozšíriť cholera medzi obyvateľstvom susedných štátov, predovšetkým v Taliansku. V Rusku bolo v rokoch 1915 až 1916 odhalené sprisahanie a boli zadržaní agenti, ktorí mali vyvolať medzi obyvateľstvom epidémiu moru. Boli nájdené smernice, ako nakaziť potraviny a zdroje zásobovania vodou. Podľa údajov knihy H. Klotza „Nová nemecká vojna“, ktorá bola vydaná v roku 1937 v Paríži, vykonala nemecká armáda v roku 1918 pokusy o biologické napadnutie spojeneckých vojsk na západnom fronte. Porážka cisárskeho Nemecka a uzatvorené prímerie znemožnilo tieto plány realizovať v širšej miere. [5]

3.1.3 BIOLOGICKÉ ZBRANE PO PRVEJ SVETOVEJ VOJNE

Výskumy v oblasti biologických zbraní po prvej svetovej vojne nielenže neboli prerušené, ale pokračovali vo zvýšenej miere. V tlači sa objavili články a práce, v ktorých sa diskutovalo o novej možnej zbrani. Už v roku 1921 napísal kapitán Mayer v časopise Volkszeitung „Ten národ zvíťazí, ktorý dokáže nájsť najnákazlivejšie mikroorganizmy k rozšíreniu na nepriateľskom území a najúčinnjšie očkovanie k vlastnej obrane“.

Článok L.A. Foxa „Bacterial Warfare“ v časopise The Military Surgeon z roku 1933 podal už konkrétnu analýzu možností, ako zapojiť mikroorganizmy do vojny. Uvedení autori sa zhodovali v jednom, že použitie mikroorganizmov vo vojne je reálne. Rozhádzali sa iba ich názory na to, ktoré zárodoky nákazlivých chorôb sú pre tento účel najvhodnejšie. Všetky ich údaje nemali doposiaľ riadny praktický podklad. Opierali sa len o výsledky dosiahnuté v laboratóriách. Skoro však boli tieto názory a predpoklady prakticky preverené.

Materiály o súdnom procese s vysokými dôstojníkmi japonskej armády obvinenými z prípravy a použitia biologických zbraní odhalili pred celým svetom neľudské zločiny japonských vojakov. [6]

Zločinná činnosť sa však neobmedzovala len na výskum a prípravu na použitie. Už v roku 1939 sa pokúsili Japonci použiť biologické zbrane proti sovietsko-mongolským vojskám v oblasti rieky Chalgin-gol. V roku 1940 použili biologické zbrane proti Číne v oblasti mesta Nimbo. Bakteriologická expedícia vyslaná do Strednej Číny vyvolala pomocou nakazených blch epidémiu moru medzi čínskym obyvateľstvom.

V roku 1940 podala Čína opodstatnenú a presvedčivú sťažnosť na to, že japonské lietadlá nad provinciou Čekiang rozhádzali blchy infikované morom, zabalené v malých hodvábných sáčkoch s ryžou, ktoré mali privábiť potkany. Najväčšia výprava špeciálnych bakteriologických oddielov do Strednej Číny bola podniknutá v roku 1942 pri ústupe japonských vojsk. V tejto dobe bol zhadzovaný infikovaný hmyz na obývané miesta, rozprašované baktérie z lietadiel a vo veľkom použité záškodnícke akcie za účelom rozšírenia moru a cholery. Japonské vojská kontaminovali pri ústupe vodné nádrže, rieky, rybníky a polia. Japonskí vo-

jaci na rozkaz svojich veliteľov rozhadzovali na miestach, kde odpočívali pri pochode, infikované pečivo, cukrovinky a pod..

Výskum biologických zbraní organizovalo i hitlerovské Nemecko. Už rok po uchvátení moci Hitlerom bol v jednom anglickom časopise vytlačený článok bývalého hlavného redaktora Times, Wickhama Steeda, ktorý vznášal voči hitlerovskému Nemecku obvinenie z príprav biologickej vojny. Článok uvádzal údaje o ďalekosiahlych pokusoch so zárodkami nákazlivých ochorení, ktoré vykonávali hitlerovci na území iných štátov. Agenti hitlerovských ozbrojených síl chceli umelo kontaminovať podzemnú dráhu v Paríži a v Londýne, rozšíriť nákazu vo francúzskej vojenskej akadémii atď... Pri Norimberskom procese sa zistilo, že hitlerovci pripravovali použitie biologických zbraní vo veľkom rozsahu.

Preto v okolí Poznane bol vybudovaný ústav, v laboratóriách ktorého sa pestovali vo veľkom zárodky nákazlivých chorôb a škodcov rastlín. Ústav bol tiež zariadený na vykonávanie pokusov na ľuďoch. Začiatkom roku 1945, keď sa priblížil front, bolo zariadenie premiestnené a práca pokračovala v bakteriologickom stredisku neďaleko Sachsenburgu. [7]

V druhej svetovej vojne už biologické zbrane vážne prekročili prah laboratórií a objavili sa na bojiskách, neboli však použité vo svojej úplnej ničivej sile. Porážkou japonských a nemeckých vojsk boli zmarené plány a zámery použiť biologické zbrane vo veľkom merítke, čím bolo ľudstvo zachránené pred strašnou katastrofou.

3.1.4 BIOLOGICKÉ ZBRANE PO DRUHEJ SVETOVEJ VOJNE

Po druhej svetovej vojne boli postavení pred súd mnohí japonskí vedci, ktorí v smutne preslávenom tábore 731 vyvíjali nové biologické zbrane. Hrozné experimenty stáli tisíce životov, ale väčšina z týchto vedcov bola výmenou za výsledky svojho bádania súdom oslobodená. Ich objavy sa stali základom povojnového vývoja biologických zbraní v USA. Ten bol sústredený najmä do Armádneho biologického laboratória vo Fort Detrick, kde sa v šesťdesiatych rokoch až 600 vedcov z radov armády a civilu podieľalo na ich výskume. Odborníci sa tu špecializovali na rôzne odbory medicíny, bakteriológie, virológie a iných príbuzných vedných disciplín.

Od 23. júla 1950 prešli k priamemu použitiu biologických zbraní proti vojakom, ale i civilnému obyvateľstvu v Kórejskej vojne. Išlo o baktérie moru, ktorými boli infikované najmä blchy – prenášači tohto onemocnenia. Laboratórnymi analýzami bolo potvrdené, že zhadzovaný hmyz bol infikovaný aj zárodkami cholery a iných nebezpečných infekcií. Išlo o nasledovné druhy mikróbov: *Vibrio cholerae*, *Pasteurella pestis*, *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi A* a *B*, *Rickettsia prowazeki* a *Shigella dysenteriae*. [8]

Hlavným cieľom vojny vedenej v Kórei bolo vyskúšať rôzne elementy biologickej vojny a potom rozšíriť pokusy až na pravidelné bojové operácie. Skúmali sa bojové podmienky, rôzne druhy zbraní, bômb, typy lietadiel, či sú vhodné na šírenie a k doprave biologických prostriedkov na stanovené ciele. Okrem toho boli vykonávané pokusy v rôznych geografických a najmä teplotných podmienkach. Skúšali sa aj taktické metódy použitia biologických zbraní.

Od začiatku roka 1964 viedli USA vojenské operácie proti Severnému Vietnamu, ktorý podporoval partizánov bojujúcich proti vláde v Saigone (Južný Vietnam). V tomto skoro deväť rokov trvajúcom konflikte (vojna skončila podpisom Parížskych dohôd 27. januára 1973), boli na území Vietnamu použité biologické zbrane. Išlo o chemické látky na ničenie poľných a lesných kultúr – herbicidy, zložené toxické organické zlúčeniny označené ako Agent Orange, White a Blue (tabuľka 1). [9]

Vzhľadom na vysokú chemickú a biochemickú stálosť herbicídov sa prejavujú aj ich druhotné nežiaduce účinky, ktorých následky v podobe „mŕtvej krajiny“ sú zaznamenávané až do súčasnosti. [10]

Tabuľka 3.1: Druhy vegetácie, proti ktorej boli použité herbicídy vo vietnamskej vojne (údaje v tonách)

Vegetácia	Agent Orange	Agent White	Agent Blue
Lesný porast	39 816	19 094	1 684
Dreviny	709	529	312
Polia	3 813	212	6 185
Spolu	44 338	19 835	8 181

Existujú obvinenia z použitia biologických zbraní (napr. mykotoxínov) aj vo vojnových konfliktoch z neskoršej doby, ako bola vojna v Kambodži, Laose a Afganistane, ale aj iracko-iránska vojna. [11]

Rozsiahlym výskumom bolo veľmi skoro nezvratne zistené, že pokrok v oblasti vývoja biologických zbraní ďaleko predbehol napredovanie v oblasti ochrany proti nim. USA si vtedy uvedomili svoju zraniteľnosť v prípade potenciálneho použitia biologických zbraní. Dôsledkom toho bolo v roku 1969 ich vyhlásenie, na základe ktorého sa zbavujú svojich biologických zbraní v nádeji, že ich krok ostatné štáty budú nasledovať.

„Bakteriologické (biologické) zbrane môžu mať nepredvídateľné a neovládateľné následky, mohli by vyvolať celosvetové epidémie a ohroziť zdravie budúcich generácií, preto sa USA rozhodli vzdať všetkých druhov biologických zbraní, ktoré zabíjajú, alebo vyradujú z boja“ – vyhlásil vtedy prezident USA Richard Nixon. O tri roky neskôr sa skutočne objavila celosvetová zmluva, tzv. Konvencia o biologických zbraniach, ktorá tento typ zbraní úplne zakazovala. [12]

Od nadobudnutia platnosti Konvencie o zákaze biologických zbraní (23. marca 1975) sa predovšetkým veľmi občas vzájomne obviňujú z vývoja a prípravy nových typov biologických zbraní. Situáciu značne komplikuje to, že rad výskumných a vývojových prác v oblasti biológie, mikrobiológie a genetického inžinierstva prebieha v civilnom sektore a objektívna kontrola možného vojenského zneužitia výsledkov takýchto prác je neobyčajne zložitá.

3.1.5 ŠTÁTY ZAOBERAJÚCE SA BIOLOGICKÝMI ZBRAŇAMI

Podľa údajov Americkej agentúry pre kontrolu armády a odzbrojenie z roku 1997, existovalo vo svete najmenej 12 štátov zaoberajúcich sa biologickými zbraňami, ktoré charakterizovali nasledovne:

- **Taiwan** ako spojenec Washingtonu pokračuje v bojovom biologickom programe;
- **Rusko** vlastní kapacitu pre produkciu biologických zbraní po ZSSR; [13]
- **Čína** začala bojový biologický program pred rokom 1984 a sú tu silné náznaky, že pracuje na ofenzívnom programe;
- **Sýria** pravdepodobne vyvíja biologické zbrane s cieľom rozšíriť svoje útočné schopnosti;
- **Irán** pravdepodobne vyprodukoval biologické látky a laboroval malé množstvá týchto látok aj do munície;
- **Egypt** vyrobil bojové biologické látky ešte pred rokom 1972 a je veľmi pravdepodobné, že má kapacitu na výrobu i dnes;
- **Líbya** sa snaží získať kapacity na vývoj a výrobu biologických látok;
- **Irak** nepresvedčil inšpektorov OSN, že ukončil bojový biologický program, ktorý bol odhalený prebehlikom (zaťom Saddáma Husajna) v roku 1995.

Okrem týchto štátov aj **Severná Kórea, Izrael, Pakistan** a **Kuba** môžu vyvíjať biologické bojové systémy, tvrdí sa v materiáloch spomínanej agentúry. [14] Podľa názoru odborníkov je štátov, ktoré sú schopné realizovať, hoci len v obmedzenej miere, biologický program, podstatne viac. Tento počet sa bude zväčšovať s postupným prenikaním biotechnológií aj do

menej vyspelých štátov. Odborníci tvrdia, že ich v súčasnosti môže byť až 100. Odôvodňujú to najmä jednoduchou a na zariadenie nenáročnou výrobou, ktorú možno realizovať už v stredne veľkých laboratóriách. Uvedené fakty potvrdzuje skutočnosť, že všetky vyspelé armády sa zaoberajú výskumom biologických zbraní z pohľadu biologickej ochrany vojsk.

Podľa údajov vojenských odborníkov USA je okolo 43 druhov biologických prostriedkov, ktoré sú vo väčšej alebo menšej miere naďalej predmetom úvah a záujmu mnohých armád. [15]

Je len otázkou času, kedy sa biologické prostriedky stanú „zbraňou teroristických skupín a organizácií“, a to buď na priame napadnutie, alebo k teroristickému vydieraniu. Obzvlášť nebezpečné a zákerné sú diverzné spôsoby, kedy biologické zbrane môžu byť použité skryte a tajne pri kontaminácii potravín, pitnej vody alebo vzduchu v uzatvorených priestoroch. Napriek významu medzinárodnej konvencie o zákaze biologických zbraní je potrebné venovať tejto otázke primeranú pozornosť. [16]

3.2 BIOLOGICKÉ PROSTRIEDKY

Organizácia spojených národov pri svojich rokovaniach definovala a upresnila pojmy nasledovne: „Biologické zbrane, alebo biologické prostriedky, sú živé organizmy akéhokoľvek pôvodu, alebo infekčný materiál z nich odvodený, ktoré sú určené na spôsobenie ochorenia alebo smrti ľudí, zvierat, či rastlín. Ich účinnosť závisí od schopností množiť sa v napadnutom organizme a v širokom rozsahu zasiahnuť osoby, zvieratá alebo rastliny.“ [17]

Názvoslovná norma RCHBO pod pojmom bakteriologické (biologické) zbrane uvádza: „... sú zbraňové systémy založené na účinku biologických prostriedkov. Sú tvorené jednotlivými druhmi alebo zmesami biologických prostriedkov. Na cieľ môžu byť dopravované delostrelectvom, raketami, letectvom, aerosólovými generátormi a pod.“

Biologické prostriedky tvoria hlavnú ničivú náplň a základ biologických zbraní. Preto sú veľmi často označované ako bojové biologické prostriedky resp. agents. Za pojmom agents sa skrýva príčina chorobného procesu alebo pôvodca infekčnej nákazy. Jednotlivé druhy biologických prostriedkov sa môžu použiť samostatne, alebo v zmesiach.

Bojové biologické prostriedky sú teda choroboplodné (patogénne) mikroorganizmy (*baktérie, rickettsie, vírusy a plesne* resp. huby), toxické produkty ich metabolizmu (*toxíny*), niektoré živé organizmy (*vektory*) a niektoré syntetické látky (*biologicky účinné chemické zlúčeniny*). Tieto prostriedky vyvolávajú hromadné ochorenie alebo smrť ľudí a zvierat, alebo ničia hospodárske kultúry. [18]

Medzi vektory (prenášače pôvodcu infekčnej choroby) patria živočíchy so schopnosťou preniesť chorobu z jedného nosiča na druhého napr. *hmyz, kliešte, hlodavce*, prípadne aj iné živočíchy, ktoré je možné použiť vo forme živých prenášačov na rozširovanie infekčných ochorení ľudí a zvierat. Význam vektorov je však z hľadiska vojenského použitia obmedzený, pretože najvýhodnejší a najrozšírenejší spôsob rozptýlenia choroboplodných mikroorganizmov je biologický aerosól. [19]

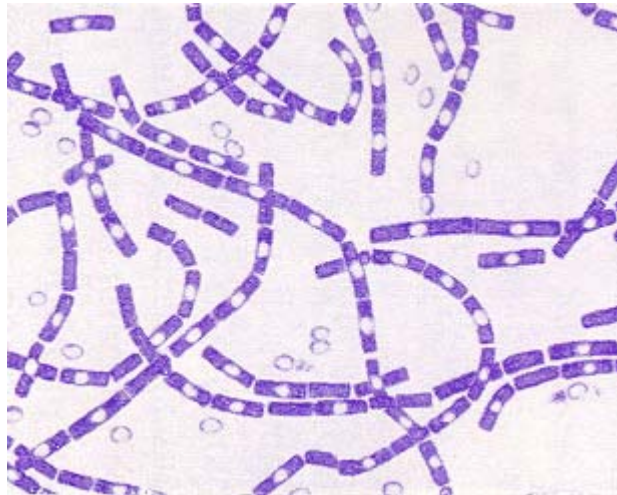
Do biologických prostriedkov patria biologicky účinné chemické zlúčeniny, ktoré sa vyznačujú schopnosťou brániť rastu rastlín (herbicídy), regulovať rast rastlín (fytohormóny) ničiť poľné kultúry zámerným vysychaním nadzemnej časti rastliny pred jej zberom (desikanty), ničiť lesné kultúry odpadávaním listov (defolianty) a vytvárať zámernú neschopnosť pôdy produkovať rastliny (sterilizanty).

3.2.1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA PATOGÉNNYCH MIKROORGANIZMOV

3.2.1.1 Baktérie

Sú to jednobunkové mikroorganizmy, ktoré predstavujú zvláštny stupeň vývoja rastlinného sveta (s rastlinami majú spoločný vývojový základ – prvú podobu organizácie života). Odlišná je schopnosť ich samostatného pohybu a celé usporiadanie bakteriálnej bunky. Veľkosť baktérií sa pohybuje v rozmedzí od 0,1 až do 10 μm . Pri zhlukovaní baktérií sa vytvárajú vláknité zhluky o hrúbke niekoľko μm a dĺžke až 1 cm (obr. 3.1). Tvar bakteriálnych buniek môže byť guľový, tyčinkový a vláknitý. Tvary baktérií sú veľmi premenlivé v závislosti na podmienkach a prostredí, v ktorom žijú. Medzi bakteriálnych pôvodcov väčších rozmerov sa zaraďuje bacil sneti slezinnej.

Dôležitou vlastnosťou väčšiny bakteriálnych buniek je schopnosť pohybovať sa v prostredí pomocou tzv. bičikov. Je len veľmi málo baktérií bez bičikov. Tie sa potom pohybujú hadovitým spôsobom. Vo vhodnom živnom prostredí sa baktérie množia delením. Za priaznivých podmienok sa uskutoční jedno takéto delenie za 25 až 30 minút. [20]

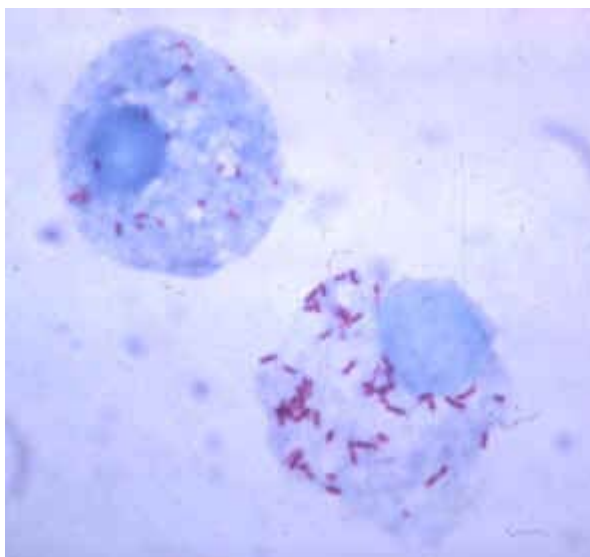


Obr. 3.1: Baktérie *Bacillus anthracis* (zväčšené 1000 x) [VVÚ Košice]

3.2.1.2 Rickettsie

Sú choroboplodné parazitické mikroorganizmy nesúce názov podľa ich objaviteľa J. Rickettsa. Z pohľadu veľkosti stoja na rozhraní medzi baktériami a vírusmi. Tvar ich buniek môže byť rôzny. Býva guľovitý, alebo koko-bacilárny, tyčinkový, alebo aj vláknitý s dĺžkou vlákna 10 μm a viac (obr. 3.2).

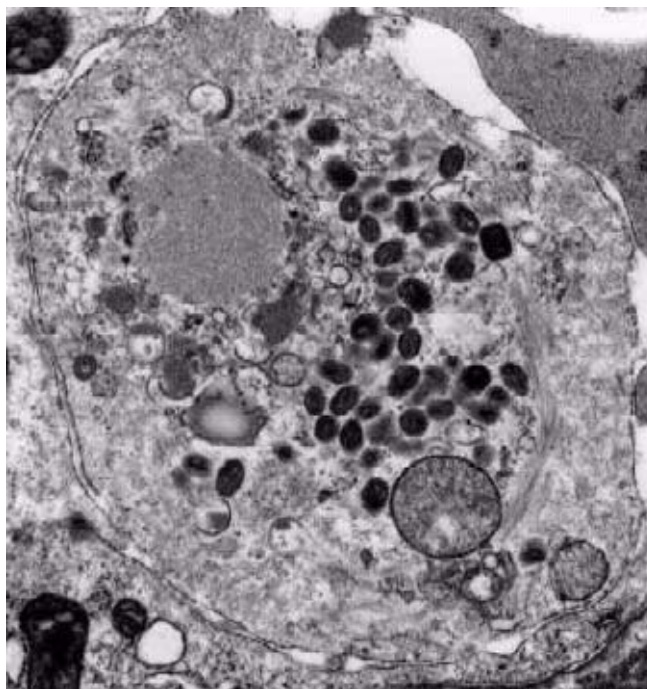
Proti pôsobeniu dezinfekčných prostriedkov sú rickettsie väčšinou málo odolné, obvykle menej než baktérie. Veľmi odolné sú ale proti vysušovaniu. Napr. v suchých výkaloch infikovaných vší si zachovávajú schopnosť vyvolať infekčné ochorenie po dobu 11 až 40 dní a pri nízkych teplotách až 2 $\frac{1}{2}$ roka. Väčšina rickettsií sa rýchlo množí na tkanivových kultúrach pri teplotách 32 až 37 $^{\circ}\text{C}$, ale pri teplotách vyšších ako 55 $^{\circ}\text{C}$ obyčajne za 30 až 45 minút zahynú. [21]



Obr. 3.2: Rickettsia rickettsii (zväčšené 2000 x) [VVÚ Košice]

3.2.1.3 Vírusy

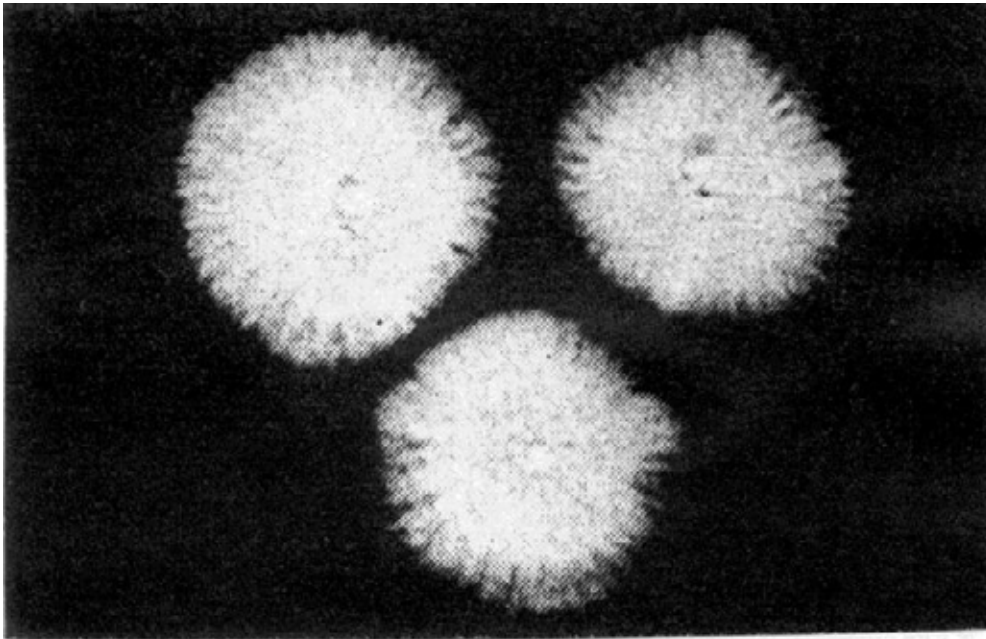
Tvorí prechod od živých jednobunkových organizmov k neživým organickým zlúčeninám. Sú 100- až 1000-krát menšie než baktérie a rickettsie. Ich rozmery sa pohybujú od 0,01 do 0,27 μm (obr. 3.3). Veľkosťou patria medzi najmenšie častice živej hmoty a sú schopné prenikať aj veľmi hustými filtračnými hmotami, ktoré sa bežne používajú na zachytávanie baktérií a rickettsií. Tvar vírusov je rozmanitý. Vírusy sa množia len v živých organizmoch, alebo v živých bunkách tkanivových kultúr. Ich životnosť je úzko spojená s prítomnosťou vyšších živočíšnych a rastlinných organizmov alebo mikrobov, predovšetkým baktérií. [22]



Obr. 3.3: Vírus variolae (zväčšené 40 000 x) [VVÚ Košice]

3.2.1.4 Plesne (huby)

Sú jednobunkové, prípadne viacbunkové rastlinné organizmy, ktoré majú v porovnaní s ostatnými mikroorganizmami podstatne väčšie rozmery (obr. 3.4). Svojimi vlastnosťami sa najviac podobajú baktériám. Sú dostatočne stále v suchých prostrediach, odolné proti slnečnému žiareniu a bežným typom dezinfekčných prostriedkov. Vzhľadom na svoje biologické vlastnosti sú plesne málo vhodné pre úmyselné použitie ako pôvodcovia infekčných ochorení. [23]



Obr. 3.4 Plesň (nešpecifikovaná) [20]

3.2.2 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA TOXÍNOV

Toxíny patria k pomerne málo stálym antigenným látkam chemicky podobným proteínom. Toxíny sú buď mikrobiálneho, rastlinného alebo zvieracieho pôvodu a nie je možné ich priradiť k ostatným prírodným jedom, napr. alkaloidom, glykosidom, alebo k ostatným toxickým chemickým látkam. Toxíny sa za antigénne považujú preto, že vo vhodnom prostredí vyvolávajú tvorbu zodpovedajúcich antitoxínov. Príznaky zasiahnutia organizmu jednotlivými toxínmi sa prejavujú v krátkej latentnej dobe. Jej dĺžka závisí predovšetkým od druhu použitého toxínu.

V súčasnosti je známe presné chemické štrukturálne zloženie väčšiny toxínov, čím sa vytvárajú podmienky pre ich umelú prípravu.

Mikrobiálne toxíny sú teda prudko jedovaté látky, produkované niektorými druhmi baktérií, ricketsií a vírusmi, ktoré môžeme rozdeliť na:

- exotoxíny (rozpuštné toxíny, ktoré difundujú zo živých baktérií),
- endotoxíny (uvoľňujú sa len pri hynutí, alebo pri delení baktérií).

Exotoxíny sú jedovatejšie, ale podstatne menej odolnejšie proti vonkajším vplyvom (teplo a protolytické enzýmy). Výnimku tvorí botulotoxín, ktorý patrí k najzávažnejším bakteriálnym toxínom. Exotoxíny väčšinou ľahko podľahnú bežným dezinfekčným látkam, napr. formaldehydu. Stimulujú s oveľa väčšou účinnosťou než endotoxíny vznik antitoxínov v tele zvierat. Virulentné exotoxíny produkujú predovšetkým bacily, vyvolávajúce ochorenia botulizmu, záškrtu, angíny, tetanusu a bacilárnej dyzentérie. Erythrogénne exotoxíny produkujú

niektoré druhy streptokokov.

Endotoxíny sú produktom choroboplodných mikroorganizmov vyvolávajúce ochorenia moru, cholery, týfusu, paratýfusu a zápalu mozgových blán.

Významnú skupinu látok tvoria **zootoxíny**. Jedná sa o jedy produkované rôznymi druhmi zvierat, hmyzu, rýb a rias. Celý rad z nich sa vyznačuje výnimočnými toxickými vlastnosťami, a preto sú predmetom záujmu aj z pohľadu syntetickej výroby. Táto oblasť je taktiež predmetom záujmu výskumu a vývoja chemických zbraní, podobne ako je to pri prírodných jedoch – **fytotoxínoch** – získavaných spracovaním rôznych druhov rastlín, ktoré obsahujú alkaloidy, glykosidy a niektoré iné toxické látky. Niektoré mikroskopické huby (je ich 30 až 40 %), presnejšie plesne pravé a huby vlákňité, v praxi bežne označované ako plesne, sú schopné vytvárať toxíny. Táto skupina je nazývaná podľa pôvodcov – **mykotoxíny**. [24]

3.2.3 PROSTRIEDKY NA NIČENIE POĽNÝCH A LESNÝCH KULTÚR

Do tejto skupiny patria: herbicídy, regulátory rastu a defolianty. K ich výhodám patrí možnosť hromadnej výroby, dlhodobého skladovania a ľahkého rozširovania.

Herbicídy sú toxické látky, ktoré v dostatočne vysokých koncentráciách nepriaznivo ovplyvňujú rast a vegetáciu rastlín. Patrí sem celý rad anorganických zlúčenín, napr. chlorečnan sodný, arzenitan sodný, oxid arzenitý, tetraboritan sodný, kyanamid vápenatý, kyanid sodný a draselný, rhodanid amónny a amidosulfonan amónny.

Medzi látky herbicídneho charakteru sú zaradené aj rôzne druhy olejov, nafta a petrolej. Významnejšiu skupinu herbicídnych látok tvoria chemické zlúčeniny fenolového charakteru, ako sú alkylsubstituované nitrofenoly a chlórphenoly, ktoré sa tiež pridávali do zmesí olejov, nafty, alebo petroleja. Z organických látok bola najväčšia pozornosť venovaná derivátom kyseliny trichlóroctovej a pentachlórphenolu v období vietnamskej vojny.

Regulátory rastu (niekedy označované ako rastové hormóny alebo fytohormóny) sú špecifické organické zlúčeniny, ktoré ovplyvňujú rast rastlín, napr. spomaľovanie dozrievania poľnohospodárskych plodín, a tým zníženie, alebo dokonca úplné zničenie úrody. Typickým predstaviteľom uvedenej skupiny látok sú deriváty kyseliny fenoxycetovej a karbamáty, ktoré už pri malých koncentráciách spôsobujú veľké škody na úrode.

Defolianty sú chemické zlúčeniny, ktoré spôsobujú opadávanie listov zo stromov, kríkov a iných rastlín. Následkom ich použitia vo vhodných koncentráciách dochádza k postupnému uvädnutiu a zoschnutiu listovej hmoty a potom k jej odpadnutiu. [25]

3.2.4 POŽIADAVKY KLADENÉ NA BIOLOGICKÉ PROSTRIEDKY

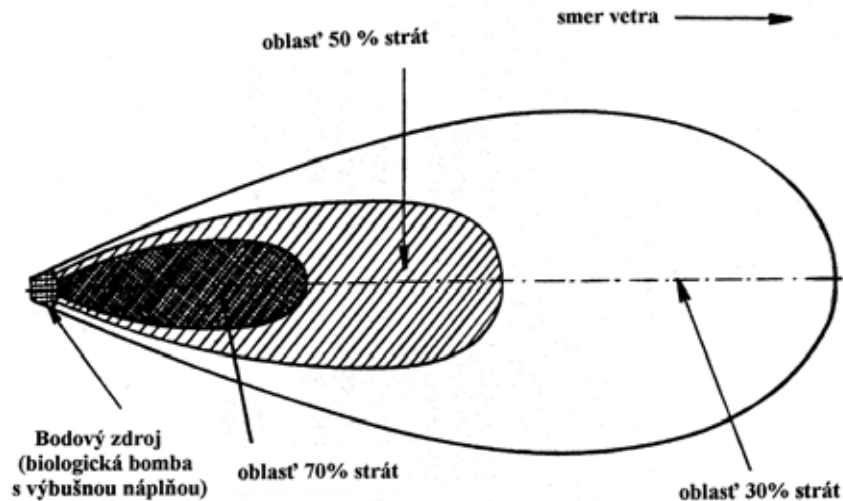
V súčasnej dobe je známe veľké množstvo vysoko účinných pôvodcov infekčných ochorení a otráv osôb, zvierat a rastlín. Biologické prostriedky určené na vojenské účely musia spĺňať niektoré základné požiadavky: predovšetkým požiadavky na **vysokú účinnosť**, čo znamená schopnosť vyvolávať i vo veľmi malých dávkach ťažké infekčné ochorenia a otravy, ďalej je to **možnosť ich hromadnej výroby** tak, aby bola zabezpečená ich **dostatočná stálosť pri skladovaní**, ako aj **možnosť bezproblémového použitia** v bežnej munícii a ďalších dostupných prostriedkoch napadnutia.

V biologických zbraniach môžu byť použité kombinované receptúry, obsahujúce niekoľko druhov biologických prostriedkov. Taktiež sa nedá vylúčiť použitie kombinácie biologických prostriedkov a toxických chemických látok.

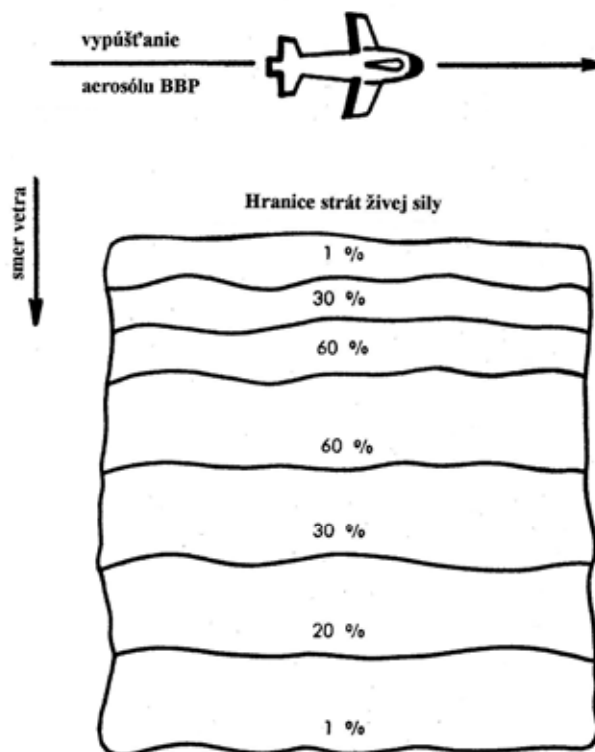
Pri výbuchu munície plnenej rôznymi druhmi receptúr, alebo pri ich vypustení zo špeciálnych prostriedkov a zariadení, vzniká „biologický oblak“. Ten sa skladá z veľmi malých kvapôčok alebo pevných častíc a pohybuje sa v smere vetra. Biologický oblak sa môže šíriť do značnej hĺbky územia v závislosti od druhu a veľkosti použitej munície, od meteorologických

podmienok, od členitosti terénu a charakteru jeho pokrytia (od charakteru jeho zástavby). V priestore výbuchu biologickej munície, v smere pohybu biologického oblaku, sa vytvára v dôsledku postupného usadzovania sa kvapôčok alebo častíc kontaminovaný priestor. Tento je veľmi nebezpečný, máva značný rozsah a dobu aktívneho pôsobenia. [26]

Šírenie biologického aerosólu a predpokladaný rozsah strát na živej sile v smere prevládajúceho vetra je na obrázku 3.5 a 3.6. Hranice so 70, 50 a 30 % stratami na živej sile nie sú stále, ale menia sa v závislosti od druhu a účinnosti bojového prostriedku a od meteorologických podmienok.



Obr. 3.5: Šírenie biologického aerosólu z bodového zdroja a predpokladaný rozsah strát [21]



Obr. 3.6: Šírenie biologického aerosólu z pozdĺžnej vypúšťacej základne a predpokladaný rozsah strát na živej sile v smere prevládajúceho vetra [21]

3.2.5 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA JEDNOTLIVÝCH OCHORENÍ

V závislosti od druhu ochorenia sa choroba môže prejavovať po niekoľkých hodinách, alebo až o niekoľko dní. Tomuto obdobiu sa hovorí inkubačná doba (skryté pôsobenie choroby). Od okamihu zistenia prvých príznakov ochorenia, čo je obyčajne vysoká teplota, bolesti rôznych častí tela, kašeľ, zvracanie, hnačka a pod., je chorý zdrojom nákazy, pretože v tomto čase vylučuje veľké množstvo choroboplodných zárodkov. Preto je nutné osoby okamžite po zistení choroby izolovať.

3.2.5.1 Pôvodcovia veľmi nebezpečných bakteriálnych nákaz

Mor vyvoláva mikrób *Yersinia pestis*. Ochorenie sa vyskytuje v troch hlavných formách, a to: bubonickej, pľúcnej a septickej. Bubonický mor patrí k najčastejším formám ochorenia. Prejavuje sa obvykle náhlym zvýšením teploty, triaškou a veľkou malátnosťou. V miestach miazgových uzlín vznikajú bubony – veľmi bolestivé zatvrdnuté miesta, dochádza k opuchom okolitého väziva a v ďalšom priebehu k zhnisaniu postihnutých miazgových uzlín až k ich vredovému rozpadu.

Zdrojom nákazy sú infikovaní ľudia, hlodavce a blchy. Inkubačná doba sa pohybuje od 1 do 7 dní. Pri ochorení bubonickým morom dosahuje **úmrtnosť u neliečených osôb 30 až 60 %, pri pľúcnej forme je to 90 až 100 %**. Na liečenie sa používajú antibiotiká a sulfónamidy. [19]

Tularémia je akútne infekčné ochorenie rôznych druhov zvierat, predovšetkým hlodavcov, vyvolané mikróboom *Francisella tularensis*. Je prenosné na človeka. Onemocnenie osôb tularémiou môže prebiehať v štyroch klinických formách: galndulárnej, týfoidnej, a pľúcnej.

Typickým príznakom všetkých foriem je rýchly rozvoj choroby. Dostávajú sa horúčkovité stavy, únava, slabosť, veľké bolesti hlavy a svalov. Po 2 až 3 dňoch sa rozvíjajú špecifické príznaky jednotlivých klinických foriem.

Zdrojom nákazy sú predovšetkým infikované zvieratá, vtáctvo a hmyz. Inkubačná doba je 1 až 10 dní. Tularémia patrí medzi nákazlivé choroby, nie je však priamo prenosná z chorých osôb na zdravé. **Úmrtnosť je u neliečených osôb malá – 4 až 8 %**, ochorenie je však dlhodobé, s ťažkým priebehom. Na liečenie sa používajú antibiotiká. [20]

Sneť slezinná (antrax) vyvoláva *Bacillus anthracis*. Ochorenie prebieha v troch formách: pľúcnej, črevnej a kožnej. Pľúcna forma je sprevádzaná vysokými horúčkovitými stavmi s príznakmi ťažkého zápalu pľúc, prejavujú sa poruchy krvného obehu. Črevná forma je veľmi vážne ochorenie, pri ktorom vznikajú početné vrede v tenkom čreve. Je charakteristické nevoľnosťou, veľkými bolesťami brucha, krvavými hnačkami a zvracaním.

Zdrojom nákazy osôb sneťou slezinnou sú infikované hospodárske zvieratá. K infekcii osôb môže dôjsť pri spracovaní alebo spotrebe mäsa, alebo po bodnutí hmyzom. **Úmrtnosť u neliečených osôb je takmer 100 %**. Úspešné je včasné liečenie antibiotikami v kombinácii so sulfónamidmi. [27]

Úplavica (dysentéria) je spôsobená gramnegatívnou, aeróbnou, nepohyblivou, nesporulujúcou tyčinkou *Shigella dysenteriae*, ktorá je málo odolná voči slnečnému žiareniu a dezinfekčným prostriedkom.

Shigella dysenteriae vyvoláva infekčné hnačkové črevné onemocnění osôb bacilovou úplavicou. Onemocnenie je sprevádzané horúčkami, bolesťami brucha a príznakmi celkovej otravy organizmu. Akútna forma sa prejavuje veľmi častými hnačkami. V ťažkých prípadoch

sa objavuje v stolici krv.

Zdrojom nákazy sú infikované potraviny, najmä voda a mlieko, alebo choroboplodné zárodoky zanesené do organizmu predmetmi znečistenými výkalmi nemocných, najmä však muchami. **Úmrtnosť u neliečených osôb je od 2 do 20 % i viac** (v závislosti od fyzického a zdravotného stavu organizmu). Uspokojivé výsledky pri liečení sa dosahujú podaním sulfónamidov a antibiotík (streptomycín, chlórromycetín a aureomycín). [23]

Brucelóza je infekčné ochorenie spôsobené mikroorganizmom *Brucella melitensis*. Brucely sú jemné, nepohyblivé gramnegatívne tyčinky kokobacilárneho tvaru. Ich rozmer je od 0,5 až 1,5 µm. Nevytvárajú spóry. V pôde, v prachu a na výstroji si môžu zachovať životnosť až 3 mesiace. Vo vode a v potravinách (mäso, syry, maslo) 2 mesiace. Pôvodcovia brucelózy ľahko podliehajú účinkom bežne používaných dezinfekčných prostriedkov.

Brucely spôsobujú infekčné ochorenie domácich zvierat, prenosné na človeka. Ochorenie prebieha v akútnej alebo chronickej forme. Obidve formy sa vyznačujú celým radom málo výrazných príznakov.

Akútna forma prebieha v podobe dlhotrvajúceho horúčkovitého ochorenia sprevádzaného triaškou a zimnicou. V priebehu ochorenia sa objavujú bolesti brucha, svalov, končatín a známky poškodenia pľúc. Nemocný trpí pocitom únavy, bolesťami hlavy a nechutenstvom do jedla. Chronická forma sa prejavuje podobnými, menej výraznými príznakmi.

Úmrtnosť u neliečených osôb sa pohybuje od 2 do 3 % pri ochoreniach vyvolaných Brucellou abortus, a od 3 do 6 % u ochorenií vyvolaných mikróboom Brucella suis, melitensis a leporis. Na liečenie sa používajú rôzne kombinácie antibiotík (streptomycín s terramycinom a iné). [21]

Cholera vyvolávajú zárodoky *Vibrio cholerae*. Je to akútne, vysoko nákazlivé črevné ochorenie, ktoré môže prebiehať v piatich navzájom odlišných formách.

Suchá a blesková forma cholery prebieha tak rýchlo, že sa neobjavia ani hnačky, ktoré sú u ostatných foriem charakteristickým rysom cholery. Zdrojom nákazy sú výkaly a zvratky chorých osôb. V letných mesiacoch patrí k nebezpečným prenášačom hmyz, predovšetkým muchy. **Úmrtnosť u neliečených osôb dosahuje až 50 %.** Liečenie spočíva vo včasnom podaní antibiotík (chlórromycetín, aueromycín, terramicín a sulfónamid). [28]

Sopľavka je ťažké infekčné ochorenie ľudí i hospodárskych zvierat. Je vyvolávané baktériami *Malleomyces mallei*. Ochorenie môže prebiehať v akútnej alebo chronickej forme. Akútna forma je charakterizovaná prudkým zvýšením teploty, ktoré sa strieda so zimnicou. V miestach vstupu nákazy vznikajú zápalové ložiská, ktoré sa vredovo rozpadajú. Zápalové ložiská vznikajú neskôr na slizniciach, v prieduškách, na očných spojivkách a na koži.

Zdrojom nákazy sú infikované domáce zvieratá. Inkubačná doba je 3 až 5 dní. **Pri akútnej forme je úmrtnosť u neliečených osôb takmer 100 %, u chronickej formy 50 až 70 %.** Liečenie je úspešné len v prípade včasného začatia liečby sulfadiazinom a streptomycínom. [22]

Melioidóza – toto ochorenie spôsobuje bacil *Malleomyces pseudomallei*, ktorý je pohyblivý, nesporulujúci, gramnegatívny, aeróbný, tyčinkového tvaru. (dĺžka 1 až 2 µm, šírka 0,5 µm). Je pomerne málo odolný voči slnečnému žiareniu a dezinfekčným prostriedkom (usmrtenie v priebehu 10 minút). Vo vode a vlhkej pôde môžu zárodoky prežívať tri až štyri týždne.

Po vniknutí do organizmu osôb a zvierat vyvoláva infekčné ochorenie, ktoré sa svojím priebehom veľmi podobá sopľavke. Melioidóza prebieha v dvoch klinických formách – akút-

na a chronická. Akútna forma sa vyznačuje veľmi ťažkým priebehom. Prejavuje sa bolesťami hlavy a horúčkovitými stavmi, príznakmi zápalu pľúc a sťaženým dýchaním. V závere nemo-ci aj hnisavými ložiskami na koži a v svaloch. Chronická forma je sprevádzaná vznikom veľ-kého počtu vredov, zápalových procesov v pľúcach, v svaloch a v kostiach. Choroboplodné zárodoky môžu vnikat' do organizmu dýchacími cestami, zažívacím ústrojenstvom a sliznicou.

Úmrtnosť na melioidózu je vysoká, dosahuje 40 až 95 %. Uspokojivé výsledky v liečení akútnej formy sa dosahujú podaním antibiotík: chlórromycetínu samotného, v kombinácii s aureomycínom, alebo terramycínom so sulfadiazínom. [20]

Brušný týfus spôsobuje *Salmonella typhi*, ktorý je gramnegatívny, pohyblivý, nesporulu-júci mikroorganizmus tyčinkového tvaru. Salmonely sú pomerne odolné proti vonkajším vplyvom, ale var v trvaní 20 min, teplota 60 °C a bežné dezinfekčné prostriedky mikróby ľahko ničia. Vo vode salmonely prežívajú dva až tri týždne, pod snehom tri mesiace a vo vý-kaloch jeden až dva mesiace.

Onemocnenie je charakterizované dlhotrvajúcim horúčkovitým stavom, poškodením lym-fatického tkaniva, postihnutím tenkého čreva, zväčšením sleziny a ďalšími príznakmi. K nákaze môže dôjsť po vniknutí biologického aerosólu do organizmu, alebo priamym aj ne-priamym stykom s nemocným, alebo bacilonosičom.

Úmrtnosť u neliečených osôb je 10 %. Bezprostredné použitie antibiotík chlórromycetí-nu a aureomycínu je podmienkou úspešného liečenia a zoslabenia priebehu ochorenia. [29]

3.2.5.2 Pôvodcovia veľmi nebezpečných rickettsiálnych nákaz

Škvrnitý týfus vyvoláva *Rickettsia prowazekii*, čo je nepohyblivý, gramnegatívny, pleo-morfný mikroorganizmus, vytvárajúci kokovité alebo kokobacilárne, tyčinkové a vláknité formy. Mikrób má dobrú odolnosť voči vonkajším vplyvom a najmä v suchom prostredí pre-žíva dlhú dobu. Je však málo odolný voči vysokým teplotám (pri teplote 45 °C uhynie za 15 až 30 min) a dezinfekčným prostriedkom.

Ochorenie je sprevádzané ťažkými bolesťami hlavy a vysokou horúčkou (okolo 40 °C). Medzi 5. až 9. dňom ochorenia sa na trupe, na bruchu a neskôr po celom tele objavuje typická vyrážka.

Prenos ochorenia škvrnitým týfusom sa uskutočňuje infikovaným hmyzom, najmä všou šatovou, prípadne i všou vlasovou. Vo vyschnutých výkaloch vši prežívajú rickettsie po dobu niekoľkých mesiacov. **Úmrtnosť je 10 až 80 %.** Liečenie ochorenia je úspešné pri podávaní rôznych antibiotík. [21]

Q-horúčku vyvoláva *Coxiella burneti* – filtrabilný, gramnegatívny mikroorganizmus vy-tvárajúci rôzne morfológické tvary. Vyskytuje sa v tyčinkovej, alebo niťovej forme s roz-mermi od 0,25 do 1,5 µm. Mikrób je pomerne odolný voči vonkajším vplyvom. Prežíva pri teplote 22 až 70 °C, v poľných podmienkach 5 až 60 dní. Je však málo odolný voči dezin-fekčným prostriedkom ako formalín.

Ochorenie sa prejavuje triaškou, silnými bolesťami hlavy a horúčkovitými stavmi, ktorými nemocný môže trpieť až dva týždne.

Prenos ochorenia sa uskutočňuje z domácich zvierat na človeka a infikovaným hmyzom (kliešťami). **Úmrtnosť je do 4 %.** Účinnými liečebnými prostriedkami sú antibiotiká (aure-omycín, chlórromycetín a terramycín). [23]

Horúčku Skalistých hôr vyvoláva *Rickettsia rickettsi* – nepohyblivý, gramnegatívny mikroorganizmus polymorfného charakteru vyskytujúci sa v tvare tyčinky veľmi malých

rozmerov (dĺžka 1 μm a šírka 0,2 až 0,3 μm). Sú pomerne málo odolné voči vonkajším vplyvom (pri teplote 45 °C hynú za 10 min) a dezinfekčným prostriedkom.

Rickettsia rickettsi vyvoláva akútne infekčné horúčkovité ochorenie označené podľa miesta prvotného výskytu ako Horúčka Skalistých hôr. Klinické príznaky tohoto ochorenia sú podobné škvrnitému týfusu.

Prenos ochorenia sa uskutočňuje infikovaným hmyzom – kliešťami, ktoré sú schopné odovzdávať choroboplodné zárodoky svojmu potomstvu. **Úmrtnosť u neliečených osôb je 20 až 60 %**. Účinnými prostriedkami pri liečení ochorenia je podávanie antibiotík (chlóromycetínu, aureomycínu a terramycínu). [20]

3.2.5.3 Pôvodcovia veľmi nebezpečných vírusových nákaz

Zápal mozgu a zápal mozgu a miechy spôsobujú malé neurotrofné mikroorganizmy o veľkosti 20 až 30 nm, *Virus encephalitis* a *Virus encephalomyelitis*. Sú veľmi odolné voči nízkym teplotám, najmä ak sú uložené v glycerínovom roztoku. Pri teplote 70 °C sa vírusy ničia v priebehu 5 minút a varom za 2 až 3 minúty. Bežné dezinfekčné prostriedky tieto choroboplodné zárodoky usmrcajú v priebehu niekoľkých hodín až 2 dní.

Rôzne druhy týchto vírusov vyvolávajú celý rad nákazlivých ochorení centrálného nervového systému. K najčastejším patrí:

- jarný a letný (kliešťový) zápal mozgu,
- japonský (komáří) zápal mozgu,
- americký (saintlouiský) zápal mozgu,
- západný a východný zápal mozgu a miechy koní,
- venezuelský zápal mozgu a miechy koní.

Medzi najobávanejšie patrí vírusové ochorenie mozgu a miechy koní a oslov americkou encefalomyelitídou a venezuelskou konskou encefalomyelitídou. Ochorenia sú sprevádzané bolesťami hlavy, zimnicou, horúčkovitými stavmi, kŕčmi krčných svalov a poruchami vedomia nemocných.

Ochorenia sa prenášajú z komárov a roztočov na človeka – s výnimkou jarného a letného zápalu mozgu, ktorý sa prenáša kliešťami. **Úmrtnosť sa pohybuje od 5 do 65 %**. Na liečenie encefalitíd a encefalomyelitíd nie sú zatiaľ známe účinné špecifické liečebné prostriedky a spôsoby.

Zaznamenané prípady úmrtia na encefalitídu v roku 1999 a ihneď prijaté preventívne opatrenia v maďarskej armáde potvrdzujú závažnosť tohoto infekčného ochorenia aj v mierových podmienkach. [21]

Pravé kiahne vyvoláva *Vírus variolae*, ktorý sa zvyčajne vyskytuje v elementárnej forme označovanej ako Paschenove teliesko o veľkosti 0,15 až 0,2 μm . Vírus je neobyčajne odolný voči vplyvom vonkajšieho prostredia. Preživa na svetle, v suchom aj vlhkom prostredí a za nízkych teplôt niekoľko mesiacov až rokov.

Ochorenie môže prebiehať až v šiestich klinických formách. Začína náhle horúčkou, bolesťami hlavy, zvracaním a celkovou únavou. V priebehu 2 až 3 dní sa objavuje špecifická vyrážka, ktorá postupne prechádza k pľuzgierovej hnisavej forme.

Celková doba ochorenia trvá 10 až 40 dní a v niektorých prípadoch i viac. Počas celej tejto doby je nemocný schopný rozširovať nákazu. K jej prenosu môže dochádzať vzdušnou kvapôčkovou infekciou. **Úmrtnosť u neliečených osôb je 30 %, u niektorých foriem až 80 %**. Liečenie je obtiažne. Doposiaľ neexistujú účinné liečebné prostriedky. [27]

Psitakózu alebo tiež nazývanú ornitózu spôsobuje *Chlamydia psittacosis* – malý, filtrabilný, gramnegatívny mikroorganizmus o dĺžke 0,2 do 0,4 μm . Je veľmi odolný voči vonkajším

vplyvom. V suchom stave prežíva 20 až 30 dní i viac. Je ho možné ľahko pestovať a rozmnožovať na kuračích zárodkoch. Teplota 60 °C, a bežné dezinfekčné prostriedky vírus v priebehu 24 až 36 hodín zničia.

Chlamydia psittacosis vyvoláva akútne nákazlivé onemocnění vtákov prenosné na človeka, ktoré sa prejavuje silnou zimnicou a dlhodobým horúčkovitým stavom s teplotami 39 až 40 °C, silnými bolesťami hlavy, celkovou unavenosťou a pocitom k zvracaniu.

Tabuľka 3.2: Sumárny prehľad použitia zárodkov veľmi nebezpečných nákaz proti ľuďom [30]

Ochorenie	Prostriedky šírenia nákazy	Prenášači nákazy (zdroj nákazy)	Možnosť prenosu z chorého na inú osobu	Inkubačný čas	Úmrtnosť neliečených v %	Čas trvania observácie	Čas trvania karantény
BAKTÉRIE							
Mor*	aerosól, hlodavce, hmyz	hlodavce, hmyz osoby	veľmi veľká	1 až 7 dní	až 100 %	-	6 dní
Tularémia*	aerosól, voda, potraviny, hlodavce	infikované zvieratá	nie je	1 až 10 dní	4 až 8 %	6 dní	nevyhlasuje sa
Sneť slezinová* (antrax)	biologický aerosól	infikované hospodárske zvieratá	nie je	1 až 7 dní	až 100 %	8 dní	8 dní pri hromadnom ochorení
Úplavica (dizentéria)	aerosól, hmyz, voda, potraviny	výkaly chorých, bacilonosiči	veľká	1 až 7 dní	2 až 20 %		
Brucelóza*	stabilizovaný aerosól	infikované ovce a kozy	nie je	6 až 60 dní	3 až 6 %		
Cholera	biologický aerosól	výkaly a zvratky chorých, bacilonosiči	veľmi veľká	1 až 5 dní	až 50 %	-	6 dní
Sopľavka*	aerosól, voda, potraviny	infikované domáce zvieratá	veľká	3 až 5 dní	až 100 %	14 dní	14 dní pri hromadnom ochorení
Melioidóza*	aerosól, voda, potraviny	infikované hlodavce (myši, potkany), osoby	veľká	2 až 3 dni	ťažké formy viac ako 50%	14 dní	14 dní pri hromadnom ochorení
Brušný týfus	kontaminovaná voda, potraviny	osoby, bacilonosiči	veľká	2 až 3 dni	až 10 %		
RICKETSIE							
Škvritný týfus	aerosól, hmyz	infikované osoby	len pri zavisnutí	6 až 15 dní	10 až 80 %	23 dní	23 dní pri hr. rozšírení
Q-horúčka	aerosól, hmyz	teplokrvné zvieratá	malá	14 až 26 dní	až 4 %	26 dní	nevyhlasuje sa
Horúčka Skalistých hôr	aerosól, hmyz	hlodavce, hmyz	nie je	3 až 10 dní	20 až 60 %	14 dní	nevyhlasuje sa
VÍRUSY							
Zápal mozgu a miechy*	hmyz	kliešte, komáre	nie je	2 až 10 dní	10 až 60 %	21 dní	nevyhlasuje sa
Pravé kiahne	aerosól	infikované osoby	veľká	7 až 21 dní	30 až 80 %	20 - 40 dní	40 dní pri hromadnom ochorení
Psitakóza*	aerosól	tropické vtáctvo (papagáje)	veľká	8 až 15 dní	9 až 60 %	15 dní	15 dní pri hr. ochorení

* Označené choroby sú zoonózy – nákazlivé choroby živočíchov prenášajúce sa na človeka

Prenos ochorenia sa uskutočňuje z vtákov na človeka alebo priamym stykom s nemocným. **Úmrtnosť u neliečených je od 9 do 20 % a u osôb starších než 30 rokov dosahuje 40 až 100 %.** Na liečenie psitakózy sa používa penicilín, aureomycín, chlórmycetín a terramycín spolu so sulfónamidmi. [23]

Chlamydie sú mikroorganizmy, ktoré veľkosťou stoja medzi rickettsiami a vírusmi, preto onemocnenia spôsobené chlamydiami sú niekedy zaradené do skupiny vírusových.

3.2.5.4 Pôvodcovia vírusových hemoragických horúčok

Táto skupina vírusových onemocnení sa prejavujú krvácaním do kože a vnútorných orgánov. V ťažkých prípadoch následky ochorenia spôsobujú zlyhanie obehu a často aj smrť. Celý rad týchto onemocnení bol objavený len v posledných desaťročiach a mnohé detaily šírenia sa vírusov v ľudskej alebo zvieracej populácii nie sú doposiaľ úplne poznané.

Z pohľadu biologických zbraní sú ďalej uvedené hemoragické horúčky (horúčka Ebola, Lassa, Dengue a Marburg), ktoré sú veľmi zaujímavé predovšetkým pre ich exotickosť a neskúsenosť zdravotníckych pracovníkov s týmito chorobami. Naviac presná diagnostika založená na polymerázovej reťazovej reakcii (preukázanie nukleovej kyseliny) je zvládnutá len vo vybraných svetových laboratóriách tropického lekárstva.

Horúčku Ebola spôsobuje mnohotvárný vírus Ebola, ktorý patrí do skupiny filovírusov. Má priemer 50 až 70 nm a tvorí lineárne, rôzne zakrivené, rozvetvené alebo i cyklické zhluky. Je citlivý na detergenty, tukové a semipolárne rozpúšťadlá, najmä nižšie étery, aldehydy a fenoly. Neznáša vyššiu teplotu (pri 56 °C dochádza k úplnej dezinfekcii v priebehu 60 minút).

Po inkubačnej dobe dochádza k prudkému zvýšeniu teploty spojenému s bolesťami hlavy a hrude, neskôr i krčných a chrbtových svalov. Súčasne nastáva rozsiahle krvácanie zo slizníc a najmä do čriev, ktoré sa prejavuje krvavými hnačkami a zvracaním krvi. Chorí sú vysoko citliví na sekundárne infekcie, najmä zápal pľúc. Rekonvalescencia je veľmi pomalá.

Vírus Ebola je rozšírený v krvi afrických opíc. Pravdepodobne však ide iba o vedľajšieho hostiteľa a hlavný hostiteľ nie je doposiaľ známy. Ochorenie sa prenáša výlučkami infikovaných zvierat. Vyskytuje sa v strednej Afrike, ale sú známe prípady zavlečenia do Veľkej Británie.

Inkubačná doba kolíše v rozmedzí od 2 do 21 dní, najčastejšie však okolo 16 dní. Dospelé osoby sú podstatne vnímavejšie na ochorenie ako deti. Ochorenie sa veľmi ľahko prenáša medzi osobami krvou, potom, stolicou, močom i spermiami. Prenos hmyzom nebol potvrdený.

Úmrtnosť na ochorenie je vysoká, 50 až 90 % v dôsledku straty krvi a často i vplyvom sekundárnych infekcií. Smrť nastáva okolo 9. dňa ochorenia. Proti Ebole nebol doposiaľ vyvinutý spoľahlivý imunizačný prostriedok. Predpokladaný vznik imunity po prekonanom ochorení nebol potvrdený. Špecifické možnosti liečenia nie sú zatiaľ známe. [29]

Horúčku Lassa vyvoláva vírus Lassa, ktorý patrí do skupiny arenavírusov. Je stabilný najmä pri teplote okolo 4 °C a značne citlivý na pôsobenie tukových rozpúšťadiel. Rozmnožuje sa v bunkách ľudského tkaniva za tvorby intracytoplazmatických prímiesí ribonukleovej kyseliny.

Ochorenie väčšinou začína celkom nešpecificky stúpajúcou horúčkou, bolesťami svalov a kĺbov, najmä v oblasti driekovej chrbtice. Na tretí až štvrtý deň sa objavuje suchý kašeľ s prudkými bolesťami hrdla, neskôr so silnými bolesťami hlavy, kŕčmi v bruchu, ktoré sú sprevádzané zvracaním. Podľa celkového priebehu sú známe 4 klinické formy horúčky Lassa, z ktorých je najnebezpečnejšia dvojfázová forma. Je príznačná mohutným, ťažko zastaviteľ-

ným vnútorným i vonkajším krvácaním, ktoré vedie k poruchám centrálnej nervovej sústavy a až k odumieraníu mozgového tkaniva.

Pôvodcom ochorenia je asi 15 % voľne žijúcich malých potkanov *Mastomys Natalensis*, ktoré sú rozšírené v mnohých domácnostiach južne od Sahary. Vírus vylučujú slinami, močom a výkalmi. Za potenciálneho hostiteľa a prenášača sa považuje i domáci potkan *Ratus Ratus*.

Vírus sa dostáva do organizmu požitím kontaminovaných potravín, dýchacími orgánmi, sliznicami, pri drobných poraneniach pokožky. Je možná aj infekcia spôsobená kontaktom s krvou, slinami, močom, zvratkami, alebo s výkalmi akútne chorých osôb, čiže prenosom z človeka na človeka.

Vyskytuje sa v tropických oblastiach západnej Afriky, čiastočne i strednej. Sú známe prípady zavlečenia ochorenia do Európy a na Blízky Východ. Inkubačná doba horúčky Lassa je 7 až 21 dní po infikovaní, väčšinou sa však pohybuje medzi 7 až 12 dňami.

Úmrtnosť pacientov, ktorí sú liečení v nemocniciach, sa pohybuje medzi 5 až 20 %. Pri neliečenom ochorení sa letalita pohybuje až okolo 40 %, pri dvojfázovom priebehu dosahuje až 53 %. Ochranné očkovanie proti horúčke Lassa neexistuje. Špecifická liečba zatiaľ nie je známa. Najlepšia profylaxia pozostáva z vyhýbania sa kontaktu s potkanmi a chorými osobami.

Vírus Lassa je jedným z najdôležitejších nových potenciálnych bojových biologických prostriedkov. V prvej polovici 80. rokov boli v USA vykonané pokusy s aerosólom obsahujúcim tento vírus a na zvýšenie jeho stability metódami génového inžinierstva bol kultivovaný náhradný hostiteľ z čeľade baktérií *Escherichia coli*. [21]

Horúčka Dengue je spôsobená vírusom Dengue, ktorý je zaradovaný medzi flavivírusy, ale niekedy tiež medzi abrovírusy B. Je tvorený jediným vláknom ribonukleovej kyseliny. Sú známe štyri imunologicky odlišné sérotypy.

Vírus Dengue vyvoláva u ľudí ochorenie, ktoré je známe v dvoch klinických formách: obyčajnej a hemoragickej. Častejšia forma ochorenia začína náhle prudkým zvýšením teploty až nad 41 °C, bolesťami hlavy a svalov, hlavne chrbtice. Na pokožke sa periodicky objavujú škvrnité krvavé vyrážky, ktoré opäť rýchlo zmiznú. Nasledujú žalúdočné obtiaže od nechutenstva až po záchvaty zvracania. Pre ochorenie je typický dvojfázový priebeh s dočasným ústupom obtiaží a poklesom teplôt okolo piateho dňa. Akútne obtiaže miznú po 8 až 14 dňoch, v mnohých prípadoch až po 28 dňoch. Rekonvalescencia, ktorá je sprevádzaná nechutenstvom, slabosťou a depresiou, trvá niekoľko mesiacov. Hemoragická až šoková forma sa rozvíja najčastejšie u detí vo veku do 15 rokov.

Vírus Dengue bol zistený v krvi mnohých tropických vtákov. Prenos nastáva bodnutím tzv. ázijských moskytov tigrvaných. Nie sú vylúčené možnosti prenosu aj inými druhmi, prípadne aj bodavým hmyzom. Pravdepodobnosť vzájomného prenosu ochorenia medzi osobami je nízka. Vyskytuje sa v Južnej a Východnej Ázii, Strednej a Južnej Amerike.

Inkubačná doba môže byť až 15 dní, obvykle sa však pohybuje medzi 5 až 8 dňami. Úmrtnosť na jednoduchú formu ochorenia je nepatrná, pri hemoragickej forme dosahuje až 20 % v dôsledku zlyhania srdcového svalu a centrálnej nervovej sústavy. Metódou génového inžinierstva v USA bola vyvinutá bezpečná vakcína proti dvom sérotypom a pokračuje vývoj vakcíny proti zvyšným sérotypom. Prekonané ochorenie nevytvára imunitu. Pri následnej infekcii sa zvyšuje pravdepodobnosť rozvinutia hemoragickej formy, ale spravidla bez šokových príznakov. Špecifický liečebný prostriedok nie je známy. Dôležité sú protišokové opatrenia a infúzie na udržanie vodnej bilancie a elektrolytov v tele čo najbližšie normálnemu stavu. [29]

Horúčku Marburg vyvoláva vírus Marburg, ktorí patrí do skupiny filovírusov. Má tvar rôzne vinutého vlákna alebo tyčinky. Je dlhý 3 až 4 nm a jeho priemer nepresahuje 0,1 nm. Ľahko ich narušujú a ničia tukové rozpúšťadlá.

Ochorenie začína silnými bolesťami svalov končatín a hlavy, najmä za čelom a v spánkoch. Do tretieho až štvrtého dňa trvale stúpa teplota a dostavuje sa samovoľné vonkajšie i vnútorné krvácanie, sprevádzané mohutným zvracaním a vodnatými hnačkami. Ochorenie trvá 15 až 20 dní a v rekonvalescencii dochádza často k recidíve. Trvalými následkami môže byť ochrnutie končatín, vypadávanie vlasov a duševné poruchy.

Zdrojom nákazy sú zelené opice *Cerpopithecus Aethiops*. Jedná sa však pravdepodobne len o vedľajšieho hostiteľa a hlavný hostiteľ zatiaľ nie je známy. Potenciálnymi hostiteľmi sú i iné druhy opíc a drobné hlodavce, napríklad morčatá a škrečky.

Ochorenie sa prenáša krvou, potom a telesnými exkrementmi infikovaných zvierat. V priebehu klinického štádia je možný prenos infekcie hlienmi, potom a exkrementmi chorých. Ochorenie sa vyskytuje v Strednej a Západnej Afrike, ale laboratórnymi zvieratami bolo zavlečené i do niektorých európskych štátov, napríklad Nemecka.

Inkubačná doba je 5 až 9 dní. Prodromálne príznaky sa prejavujú až tesne pred vypuknutím klinickej formy. Vnímatosť osôb na infekciu vírusom Marburg je všeobecná. Úmrtnosť predstavuje 20 až 50 % v dôsledku straty krvi a zlyhania srdcového svalu. Doposiaľ sa nepodarilo vyvinúť vhodný očkovací prostriedok. Čiastočná imunita po prekonaní ochorenia trvá asi 18 mesiacov. Zatiaľ nebola potvrdená účinnosť žiadneho liečebného postupu alebo prostriedku.

Vírus Marburg sa darí pestovať na rôznych bunkových kultúrach, čo vytvára predpoklady na jeho použitie na napadnutie vojsk i obyvateľstva. [29, 31]

3.2.5.5 Ďalšie nebezpečné vírusy

Na využitie v biologických zbraniach na vojenské účely bol skúmaný celý rad ďalších vírusov. Prehľad vybraných nebezpečných vírusov a druhov spôsobených onemocnení je uvedený v tabuľke 3.3.

Tabuľka 3.3: Prehľad ďalších vírusov skúmaných na vojenské použitie [21]

Názov	Skupina	Spôsobené ochorenie
Vírus Machupo	arenavírusy	bolívijská hemoragická horúčka
Vírus Junin		argentínska hemoragická horúčka
Vírus Lymphocytic Choriomeningitic		zápal mozgových blán
Vírus Mayaro	abrovírusy skupiny A	horúčkovité ochorenie a ďalšie sprievodné znaky
Vírus Ross River		
Vírus O Nyong-Nyong		
Vírus Yellow Fever	abrovírus skupiny B	žltá horúčka
Vírus Rift Valley	bunyavírusy	horúčkovité ochorenie (horúčka údolia Rift)
Vírus Hantan		kórejská hemoragická horúčka
Vírus Kongo		krymská horúčka

Z uvedených mikroorganizmov vírus Rift Valley tvorí jeden zo základných prírodných podkladov pre štúdium etnických zbraní. V prípade vírusu Hantan bolo vykonávané jeho mapovanie a parciálne analýzy segmentov, nie je vylúčená možnosť ich klonovania do iných vírusov. Ďalšie pokusy sa realizovali s príbuzným bunyavírusom druhu *Phlebotomus*, ktorý vyvoláva podobné horúčkovité ochorenia. [21]

Okrem vyššie uvedených biologických prostriedkov sa môžu použiť aj také, ktoré sú určené výhradne na ničenie hospodárskych zvierat, alebo nepriamo na ničenie, resp. poškodenie ľudí (tab. 3.4).

Tabuľka 3.4: Prehľad použitia veľmi nebezpečných vírusových nákaz proti zvieratám [22]

Vírusové ochorenia	Inkubačná doba	Úmrtnosť a spôsob prenosu	Ochrana	Poznámka
Mor hovädzieho dobytká	3 až 9 dní	hovädzí dobytok, 15 až 95 %, vysoko kontagiózný	vakcína	v Európe sa nevyskytuje
Slintačka a krívačka	2 až 5 dní	hovädzí dobytok 5 %, ovce 5 %, ošipané 5 %, vysoko kontagiózný	vakcína, očkovanie sa musí opakovať každých 6 mesiacov	spôsobuje veľké straty v živočíšnej výrobe
Horúčka údolia Rift	1 až 3 dni	ovce 20 až 95 %, hovädzí dobytok 10 %, prenos komármi	vakcína	obmedzuje sa na severnú Afriku a Blízky Východ
Africký mor ošipaných	4 až 7 dní	ošipané 99 %, vysoko kontagiózný	vakcína neexistuje	obmedzuje sa na Afriku a Európu (Stredomorie)
Mor hydiny	1 až 4 dni	kurence 85 až 95 %, vysoko kontagiózný	neexistuje spoľahlivá vakcína	
Newcastleská choroba (pseudomor hydiny)	4 až 8 dní	kurence 10 až 95 %, vysoko kontagiózný	vakcína	spôsobuje veľké straty v produkcii vajec
Venezuelská vírusová encefalitída	3 až 10 dní	jednokopytníci 60 až 90 %, prenos komármi a muchami	vakcína, ničenie prenášačov	prenosná na človeka

Poznámka: Bakteriálne ochorenia zvierat ako antrax, brucelóza, pľúcna nákaza hovädzieho dobytká a sopľavka, by sa tiež mohli použiť proti zvieratám, ale v omnoho menšom rozsahu ako vírusové ochorenia uvedené v tejto tabuľke, pretože vírusové ochorenia sú nákazlivejšie a nebezpečnejšie.

3.2.5.6 Plesňové nákazy

Plesne (huby) sú jednobunkové alebo viacbunkové rastlinné organizmy, ktoré majú v porovnaní s ostatnými mikroorganizmami podstatne väčšie rozmery. Svojimi vlastnosťami sa najviac podobajú baktériám. Sú veľmi stále v suchom prostredí a dostatočne odolné voči vplyvu vonkajšieho prostredia, najmä proti slnečnému žiareniu a voči bežným typom dezinfekčných prostriedkov.

Ochorenia spôsobené plesňami sa nazývajú **mykózy**. Existujú povrchové mykózy (lišaje), pri ktorých ochorejú vlasy, koža, nechty. Značne škodlivé sú však hlboké mykózy. Vzhľadom k svojim biologickým vlastnostiam sú však málo vhodné pre úmyselné použitie ako pôvodcovia kontaginózných ochorení osôb a zvierat. Na druhej strane, na ničenie hospodárskych kultúr je možné podľa viacerých názorov výhodné použiť plesňové ochorenia, a to napr. na obilie, ryžu, zemiaky a ďalšie významné kultúry (viď. tab. 3.5).

Tabuľka 3.5: Prehľad použitia plesňových nákaz proti vybraným rastlinám [20]

Použitie plesňových nákaz	Nákaza	Charakteristika a účinky	Ochrana
<p>Výhody:</p> <ul style="list-style-type: none"> • rozmnožujú sa spórami (roznášané vetrom), • rozsiahla deštrukcia (strata výnosov až 90 %), • schopnosť napádať väčšinu rastlín, • výroba, šírenie a skladovanie je možné vo veľkom meradle. <p>Nevýhody:</p> <ul style="list-style-type: none"> • potreba vhodných poveternostných podmienok. 	<p>Sneť obilná (hrdza)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • odoberanie živín rastline, • prevládajúce vetry môžu šíriť spóry na rozsiahlom území, • sneť môže prezimovať v teplých krajinách na tráve a v chladných krajinách na kríkoch dráča. 	<p>Používanie odolných druhov pšenice a ničenie dráčových kríkov. Nové kmene plesní občas napádajú aj tie druhy pšenice, ktoré boli považované za odolné.</p>
	<p>Sneť ryžová</p>	<ul style="list-style-type: none"> • objavuje sa vo všetkých oblastiach, kde sa pestuje ryža, • rastliny sa odlamujú, zrno je zoschnuté. 	<p>Existujú stredne odolné druhy ryže, ale žiadny druh nie je odolný voči všetkým kmeňom plesní.</p>
	<p>Neskorá sneť (hniloba zemiakov)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • rastliny hynú, veľkosť a množstvo zemiakov sa znižuje. <p>Hniloba zemiakov môže pokračovať aj na povrchu dobrých zemiakov po zbere.</p>	<p>Existujú odolné druhy zemiakov. Niektoré chemické fungicidy sú účinné a dokážu obmedziť výskyt ochorenia na určitú oblasť.</p>

3.2.6 VLASTNOSTI NAJVÝZNAMNEJŠÍCH TOXÍNOV

Z toxikologického hľadiska sú toxíny skupinou značne rozmanitou a bez charakteristických účinkov. Vo väčšine prípadov majú združený účinok a niektorý z účinkov je viac či menej prevažujúci. Podľa tohto je možné toxíny deliť na **neurotoxíny, kardiotoxíny, hepatotoxíny, nefrotoxíny, hemotoxíny, dermatotoxíny** a pod., z čoho je zrejmé, že u toxínov existuje špecifičnosť pôsobenia na jednotlivé orgány. [32]

Základnou klasifikáciou toxínov, ktorá je doposiaľ často používaná, je klasifikácia podľa pôvodu. Najčastejšie sú toxíny delené na **živočíšne, rastlinné, bakteriálne a mykotoxíny**. Samotné zaradenie toxínov do kategórie ZHN nie je jednotné. Niektorí odborníci ich priradujú k chemickým, iní zase k biologickým zbraniam. Pre potreby členenia ZHN v tejto publikácii by bolo najvhodnejšie priradiť živočíšne a rastlinné toxíny k chemickým zbraniam a bakteriálne toxíny a mykotoxíny k biologickým zbraniam.

Botulotoxín A produkuje *Clostridium botulinum* v kaziaciach sa potravinách. Je to kryštalická látka, ktorá sa ľahko resorbuje zo zažívacieho ústrojenstva. Pôsobí výhradne na periférne svalstvo, centrálna nervová sústava nie je na botulotoxín citlivá. Účinkovať začína podľa dávky za niekoľko dní až hodín. K typickým príznakom otravy patrí pocit sucha v ústach, očná paralýza, poruchy prehltnutia a reči. Príčinou smrti býva paralýza dýchania a cirkulačné zlyhanie. **Toxicita je mimoriadna a úmrtnosť vysoká**, ako vyplýva z údajov v tab. 3.6.

Priebeh intoxikácie **stafylokokovým enterotoxínom B** je rýchly, niekedy s nečakane prudkým nástupom. Vyvoláva zvracanie, vysoký stupeň celkového vyčerpania, hnačky, pozorujú sa až príznaky šoku. Akútne prípady majú krátke trvanie, **väčšina osôb sa uzdravuje do 24 až 48 hodín. Úmrtnosť je vzácna.** [32]

Ricín bol pre vysokú toxicitu skúmaný ako potenciálna bojová toxická látka už v prvej a druhej svetovej vojne. Je silným inhibítorom syntézy bielkovín. Pre intoxikáciu je typické

bezpríznakové obdobie, ktoré môže trvať niekoľko hodín až dní. Vyvoláva ťažké zápaly žalúdka a tenkého čreva, zvracanie, hnačky sprevádzané dehydratáciou, kŕče a cirkulačný kolaps. [34]

Saxitoxín pochádza z morskej riasy *Saxidomas giganteus*. Je ľahko rozpustný vo vode a odoláva vyšším teplotám. Pôsobí ako inhibítor iónovej rozpustnosti sodíkových kanálikov. **Účinok sa prejaví do 15 minút až 1 hodiny** po zasiahnutí. K počiatočným príznakom patrí pocit drevenenia prstov, perí a jazyka, svalová slabosť a smäd. Postupne dochádza k paralýze a smrť nastáva obvykle zlyhaním respiračných svalov. **Je považovaný za najvhodnejšiu toxickú látku pre mixtové zbrane.**

Tabuľka 3.6: Najvýznamnejšie toxíny [33]

Toxín	Klasifikácia toxínov	Producent toxínu	Stredná smrteľná dávka cez kožu LD ₅₀ [mg.kg ⁻¹]	Spôsob podania
Botulotoxín A Stafylokokový enterotoxín B	bakteriálne toxíny	baktéria baktéria	0,000001 0,0001 0,0001*	vnútrožilovo (človek), požitím (človek), inhaláciou
Ricín	fytotoxín	rastlina	0,030**	inhaláciou (človek)
Saxitoxín Tetrodotoxín Batrachtoxín Palytoxín	zootoxíny	riasa ryba, mlok žaba mäkkýš	0,003 0,01 0,002 0,00015	požitím (človek), vnútrožilovo (človek), pod kožu (človek), vnútrožilovo (myš)
T-2 toxín Aflatoxín	mykotoxíny	pleseň pleseň	0,15 1	pod kožu (myš), požitím (pes)

Poznámka: * Stredná smrteľná inhalačná koncentrácia IC₅₀ [mg.min.l⁻¹],

** Stredný smrteľný toxický súčin LC₅₀ [mg.min.l⁻¹]

Mykotoxíny sú sekundárne metabolity húb a plesní schopné vyvolávať u hospodárskych zvierat, hydiny i človeka toxickú odpoveď – mykotoxikózu. Významné miesto medzi toxínmi zaujímajú **alfatoxíny** a predovšetkým **trichotheceny**. [35]

Alfatoxíny sú sekundárne metabolity plesní *Aspergillus flavus* a *Aspergillus parasiticus* Okrem alfatoxínov B₁, B₂, G₁ a G₂ je známych viac než 15 typov alfatoxínov alebo ich metabolitov, ktoré vznikajú biotransformáciou alfatoxínov v organizmoch cicavcov. Sú málo rozpustné vo vode, ale dobre rozpustné v organických rozpúšťadlách. Rozpad alfatoxínov nastáva pri teplote nad 250 °C. Za určitých podmienok (vlhkosť a teplota) sa môžu objaviť skoro na všetkých substrátoch krmív. Najvýraznejšia tvorba alfatoxínov prebieha pri teplote 28 až 32 °C. Alfatoxikóza je jednou z najzávažnejších mykotoxikóz hospodárskych zvierat (hovädzieho dobytku, prasiat, ale aj hydiny). K intoxikácii dochádza najčastejšie alimentárnou cestou, ale je možná aj inhalačná. Závažný je aj problém reziduí alfatoxínov a ich metabolitov v masle, mlieku, vajciach a iných živočíšnych produktoch (napr. alfatoxín B₁ nebol zistený v mlieku 4 až 5 dní po vyradení kontaminovaného krmiva).

Trichotheceny sú metabolity celého radu plesní predovšetkým rodu *Fusarium* (pevné neprchavé látky odolné voči vysokým teplotám). Toxicitu nestrácajú ani po hodinovom zahrievaní na 100 °C. Pripraviť ich je možné aj synteticky, efektívnejšia je však ich extrakcia z kultúr (kukurica, jačmeň a podobne). Inhibujú syntézu proteínov a deoxyribonukleovej kyseliny (DNA), dôležitým miestom zásahu sú i bunkové membrány. Špecifická antidotová te-

rapia neexistuje. Preukázané boli v tzv. „žltom daždi“, ktorý bol údajne „novou sovietskou chemickou zbraňou“ použitou v juhovýchodnej Ázii. Odborníci mnohých krajín po serióznom skúmaní všetkých okolností označili obvinenie Ruska za nepodložené. Na základe rozsiahlych prác, z ktorých značná časť bola realizovaná v USA, je nutné trichothecenové toxíny považovať dnes za potenciálne nebezpečné látky biologického pôvodu, za tzv. **mykotoxínové zbrane**. V tejto súvislosti sa najčastejšie uvádza T-2 toxín a jeho metabolit HT-2 toxín [36].

3.2.7 PROSTRIEDKY POUŽITIA BIOLOGICKÝCH ZBRANÍ

Použitie biologických zbraní sa dá očakávať so širokou škálou najrozličnejších prostriedkov, ako napríklad rakety a riadené strely s bojovými hlavicami, letecké bomby, rozstrekujúce a rozptyľujúce zariadenia, aerosólové generátory, delostrelecké granáty, kazetová munícia, balíky, vrecia a kontajnery. Tieto sú plnené priamo biologickými prostriedkami a posledne tri menované sú spravidla plnené vektormi t. j. prenášačmi chorôb (kliešte, hlodavce, hmyz a pod.).

Bojové biologické prostriedky sa môžu používať v podobe tekutých či tuhých receptúr, alebo prostredníctvom prenášačov chorôb. Do receptúr môžu byť pridávané rôzne látky, ktoré zvyšujú odolnosť pôvodcov ochorenia voči vonkajšiemu prostrediu, napomáhajú ich rovnomernému rozptýleniu sa v ovzduší, a taktiež prenikaniu cez pokožku do organizmu. Biologické zbrane majú vysokú bojovú účinnosť, osobitne pri priestorovo neohraničených cieľoch, a majú schopnosť prenikať aj do uzatvorených priestorov. Ich zisťovanie je veľmi ťažké a trvá relatívne dlhú dobu.

Najväčšie nebezpečenstvo pri zasiahnutí biologickými zbraňami hrozí ľuďom. Osoby môžu byť zasiahnuté nasledovnými spôsobmi:

- vdychovaním infikovaného vzduchu;
- preniknutím na sliznicu a porušenú pokožku;
- požitím infikovaných potravín, tekutín, tabakových výrobkov;
- uhryznutím alebo bodnutím infikovaným hmyzom, kliešťami a hlodavcami;
- stykom so zamorenými predmetmi a zvieratami;
- poranením črepinami striel plnených biologickými prostriedkami;
- priamym stykom s chorými osobami.

Použitie biologických zbraní značne ovplyvňuje prostredie (meteorologické podmienky), spôsob použitia a celková a miestna úroveň biologickej ochrany vojsk a obyvateľstva. [37]

3.3 PROLIFERÁCIA BIOLOGICKÝCH ZBRANÍ

Už aj veľmi malé množstvo patogénnych mikroorganizmov môže mať silný účinok. V oblasti chemických zbraní sa na dosiahnutie významného vojenského cieľa počíta rádovo so stovkami ton toxických chemických látok. V prípade biologických zbraní dokážu byť už desiatky kilogramov veľmi účinné. Z hľadiska vojenských kalkulácií sú v usmrcovaní osôb biologické zbrane zo všetkých zbraní hromadného ničenia tie najúčinnnejšie. Pri útoku na mesto s priemernou hustotou osídlenia dokáže usmrtiť 300 kilogramová chemická zbraň do 3 000 ľudí, jadrová zbraň strednej mohutnosti dokáže usmrtiť až 40 000 osôb, avšak iba 30 kg antraxu postačí na usmrcenie až dvojnásobného počtu ľudí, pokiaľ budú biologické látky rozprášené za bezvetria nad mestom. [38]

Ďalším dôvodom, prečo sú biologické zbrane atraktívne, je ich ľahká dostupnosť. Niektoré z látok, ktoré je možné aj legálne používať, sa dajú dokonca získať pomocou objednávacích katalógov u rôznych svetových firiem. Z malej vzorky takejto kultúry je potom možné ľahko získať množstvo predstavujúce určitý bojový biologický potenciál. Najprv sa baktérie, napr. antraxu, naočkujú do banky s bežne dostupným živným roztokom, kde môžu rásť. Roztok sa

zahrieva a mieša. Za 12 hodín sa vytvoria miliardy nových baktérií, ktoré teoreticky dokážu usmrtiť viac ako 10 miliónov ľudí.

Ich použitie je zložitejšie než výroba, ale stačí k nemu zariadenie na postrek poľnohospodárskych plodín. Aby sa dosiahol náležitý účinok, bude potrebné väčšie množstvo baktérií, ale ani to nie je vážny problém. Priemyselné fermentory sú bežne dostupné a ideálne sa hodia na výrobu rôznych mikroorganizmov. Na použitie biologických zbraní v boji väčšina ozbrojených síl nie je dôkladne vybavená ani pripravená. Výskumných pracovníkov čaká ešte veľa práce, než dôjde k zdokonaleniu možnosti odhalenia biologických zbraní. Veľa sa musí tiež vykonať v oblasti imunizácie vojakov pred týmto nebezpečenstvom. [39]

3.3.1 OBAVY Z POUŽITIA BIOLOGICKÝCH ZBRANÍ V OZBROJENÝCH KONFLIKTOCH

Vojna v Perzskom zálive v roku 1991 urobila z biologických zbraní reálnu hrozbu. Bolo pravdepodobné, že ich Irak skutočne použije. Až pri operácii Púštna búrka si ozbrojené sily vyspelých štátov plne uvedomili nebezpečenstvo biologických zbraní. Vtedy sa začalo uvažovať o možnostiach a spôsoboch ich použitia Irakom. Napr. malé lietadlo nad Saudskou Arábiou, alebo rýchly čln v pobrežných vodách by mohli rozptýliť oblak smrtiacich mikroorganizmov a spôsobiť obrovské straty. Takéto myšlienky znepokojovali v priebehu akcií vojenských stratégov, a je možné povedať, že všetky následky podobného útoku neboli ešte stále prebrané do detailov. Tie by totiž v plnej nahote odhalilo len skutočné použitie biologických zbraní. [40]

Podľa materiálov, ktoré boli až do konca vojny v Perzskom zálive tajné, sa ukázalo, že aj najvyspelejšie ozbrojené sily sú zraniteľné nielen chemickými, ale najmä biologickými zbraňami. [41] Zaostávanie v tejto oblasti sa snažia velenia ozbrojených síl vyspelých štátov dobehnúť vyčlenením vysokých finančných čiastok na vývoj a neustále zdokonaľovanie systému detekcie biologických zbraní. S najmodernejšou meracou technikou v mobilných laboratóriách sa odoberajú vzorky a vykonávajú rôzne testy na zachytenie a identifikáciu biologických zbraní. Do počítačov sa ukladajú veľké množstvá údajov s cieľom vyvinúť detekčný systém, ktorý odhalí akúkoľvek biologickú zbraň.

Podobná situácia je aj v prípade diaľkového laserového detektora, ktorý je schopný z virtuálnika až do vzdialenosti 15 km registrovať použitie biologickej zbrane. Vyslaný laserový lúč sa odráža od molekúl vo vnútri baktérií. Jednotlivé fotóny odrazeného lúča sa snímajú späť v prístroji a analyzujú. Na obrazovke počítača sa ukáže rozsah útoku, nie však konkrétny druh mikroorganizmu, ktorý by prezradil budúcu možnú nákazu.

V najvyspelejšom americkom centre na ochranu proti biologickým zbraňam poprední vedci dospeli k záveru, že zavedený informačný systém neposkytuje spoľahlivú záruku včasnej výstrahy o použití biologických zbraní. Problém zistili v tom, že génové inžinierstvo dokáže aj ich najlepšie detektory oklamať. Identifikácia baktérie sa vykonáva podľa jej charakteristických vlastností, t.j. najmä podľa jej vzhľadu. Pokiaľ jej vzhľad niekto zmení, môže sa stať pre daný detekčný systém baktéria neviditeľná. [42]

Teoreticky existuje niekoľko rôznych mechanizmov, ktoré môžu vzhľad baktérie pre detektor zmeniť. Jednou z možností je použitie rekombinantnej dezoxiribonukleovej kyseliny (DNA), čo sa prejaví antigénnou zmenou povrchu baktérie. V prípade, že by niekto chcel relatívne rýchlo zmeniť vzhľad baktérie, musel by využiť najmodernejšie vedecké poznatky. Vzhľadom na rýchle napredovanie výskumu a vývoja zariadení v tejto oblasti sú v súčasnosti, ale najmä už v blízkej budúcnosti takéto pokusy realizovateľné aj pre menšie laboratória a skupiny odborníkov.

Vo svete sa intenzívne pracuje na vývoji nových detektorov, ale na dosiahnutie uspokojivého výsledku bude potrebné vyriešiť ešte veľa vedeckých problémov. Napríklad je tu snaha

pomocou simulovaných biologických zbraní detektormi zachytiť a presne určiť použitú zbraň. Vedci, ktorí sa usilujú tieto otázky vyriešiť, vedia, že Konvencia o biologických zbraniach neplní svoj účel a tak v záujme našej civilizácie nezostáva nič iné, než vyvíjať funkčné a spoľahlivé detekčné systémy. [43]

3.3.2 GÉNOVÉ INŽINIERSTVO A BIOLOGICKÉ ZBRANE

V úvode o biologických zbraniach bola vyslovená otázka, akým smerom sa bude vyvíjať génové inžinierstvo. Cesta k vytváraniu nových biologických zbraní, ktorých účinky si ťažko vieme domyslieť, už bola naznačená. Našťastie tá druhá cesta znamená využitie génového inžinierstva v procese ochrany ľudských životov pred použitím, ale najmä pred účinkami biologických zbraní.

Očkovanie je jednou zo súčastí ochrany proti biologickým zbraniam, avšak vakcíny účinne pôsobia len proti tým onemocneniam, proti ktorým boli pôvodne vyvinuté. Donedávna to nebol problém, pretože v prírode sa vyskytuje len málo mikroorganizmov, ktoré sa hodia pre využitie ako biologické zbrane. Ale veda nečaká, revolučné objavy dali podnet na vznik úplne nových biologických zbraní.

Génové inžinierstvo dnes dokáže takmer nemožné. Biotechnológie umožňujú zistiť pohlavie dieťaťa a zostaviť mapu genetických zvláštností plodu, ktorý sa vyvíja v tele matky. Genetický screening umožňuje diagnostikovať náchylnosť plodu k rôznym chorobám a v ďalšom období vykonávať ciele medicínske opatrenia. Proces manipulácie s génovým materiálom sa dá úspešne použiť v prípade výroby biologických, t.j. etnických zbraní. [44]

To, že génové inžinierstvo dokáže spôsobiť veľké problémy, je možné vidieť pri očkovaní. Vakcíny účinkujú tak, že učia organizmus reagovať na určité antigény – vyvolávajú choroby. Pokiaľ sa podarí tieto antigény zmeniť alebo odstrániť, účinkuje síce vakcína proti pôvodnému mikroorganizmu, ale proti jeho novej modifikácii je bezmocná. Génové inžinierstvo dokáže tým nielen znehodnotiť výsledok očkovania, ale taktiež skomplikovať alebo dokonca znemožniť liečbu. Takto vyvinuli ruskí vedci formu moru, ktorá nie je citlivá na žiadne doposiaľ známe antibiotiká. Stačilo vybrať taký kmeň bežnej baktérie *Escherichia coli*, ktorá je rezistentná, a namnožiť ho.

Proces genetickej manipulácie je vo veľmi zjednodušenej podobe možné popísať nasledovne: centrifugovaním sa všetka DNA usadí na dne skúmavky. Oddelená tekutina sa zleje a zostane belavá masa čistej DNA. Potom sa pridá enzým, ktorý dokáže vystrihnúť sekvenciu DNA, ktorá upravuje rezistenciu na antibiotiká, a nakoniec sa táto časť DNA zabuduje do génov pôvodcu moru. [45]

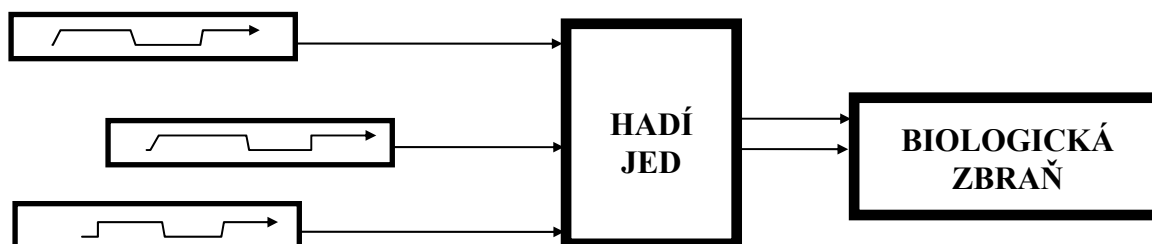
Génové inžinierstvo ponúka aj iné druhy biologických zbraní. Jeho potenciálne zneužitie spočíva v tom, že umožňuje, aby biologický materiál, ktorý bol v minulosti na výrobu biologických zbraní ťažko dostupný, je dnes jeho zásluhou oveľa dostupnejší. [46]

Ako príklad je možné uviesť „výrobu“ toxínu – hadieho jedu. Pokiaľ by niekto chcel v minulosti získať hadí jed, napr. jed štrkáča, v množstve, ktoré by stačilo na výrobu biologickej zbrane, musel by mať veľké množstvo týchto hadov a pravidelne im odoberať jed, čo by bolo príliš zdĺhavé (obr. 3.7).

Dnes vedci môžu vziať gén produkujúci jed štrkáča, vložiť ho do genómu *Escherichia coli*, alebo iného druhu bežnej baktérie a tú potom množiť vo veľkom, tak ako sa množia napr. kvasinky pri výrobe piva. Za krátky čas sa dá získať také množstvo hadieho jedu, ktoré by bolo možné využiť ako biologickú resp. toxínovú zbraň (obr. 3.8).

Génové inžinierstvo však dokáže viac, než vyrábať hadí jed a podobné látky. Dokáže tento jed nasadiť do iných organizmov. Do vysoko infekčného vírusu, akým je napr. vírus chrípky, sa dá zabudovať gén, ktorý umožňuje hadovi produkovať jed. V praxi by to znamenalo, že ak by sme sa nakazili takouto chrípkou, zomreli by sme v kŕčoch ako po uštipnutí hadom

(obr. 3.9). Takéto veci sú pre väčšinu vedeckých pracovníkov zaoberajúcich sa génovým inžinierstvom viac ako reálne. [47]



Obr. 3.7: Schéma výroby hadieho jedu ako biologickej zbrane [47]



Obr. 3.8: Schéma použitia biotechnológií na výrobu hadieho jedu ako biologickej zbrane [47]



Obr. 3.9: Schéma iného spôsobu využitia biotechnológií na výrobu biologickej zbrane [47]

Odborníci z oblasti biotechnológií sa obávajú, že by sa terčom biologických zbraní mohli stať napríklad určité etnické skupiny. Išlo by o akési biologické vyhladzovanie národov, rás či etnických skupín. Niektoré z takýchto predstáv pôsobia dosť nepravdivo, ale veda sa vyvíja veľmi rýchlo, a navyše vo vojenskej odbornej literatúre sa už dlhšiu dobu vyskytuje termín etnická zbraň, ktorá je považovaná za novú generáciu biologických zbraní.

Biotechnológie sú dnes stále dostupnejšie a teda z viacerých dôvodov nebude pre potenciálnych záujemcov zložitý, aby si s ich využitím sami vyrobili biologickú zbraň. Procesy kvasenia, výrobu kvasiniek a výrobu vína ovládajú ľudia už stovky rokov a sú to v podstate postupy, ktoré umožňujú výrobu biologických zbraní. Zavádzajú sa stále nové technológie a pokrok tento trend podporuje. Na celom svete sa vedci snažia riešiť zdravotné problémy, regulovať reprodukciu, šíriť moderné poľnohospodárske a lekárske techniky, avšak šírenie nových technológií a objavov prináša so sebou rad etických problémov, v ktorých sa skrýva nebezpečie ich zneužitia, t.j. výroba biologických (etnických) zbraní. [48]

Na druhej strane ani Konvencia o biologických zbraniach nemôže zakázať vlastniť biologické organizmy, ktoré sa pritom inak môžu hodiť pre výrobu biologických zbraní, pokiaľ existuje legálny dôvod ich prechovávaní. Takýmto dôvodom je napríklad vývoj vakcín a boj proti rôznym ochoreniam. Podľa tejto zmluvy nie je možné nejakému štátu zakázať prechovávať pôvodcu antraxu, pretože potrebuje chrániť svoje obyvateľstvo a hospodárske zvieratá proti jeho prirodzenému výskytu. Ide o rovnaký materiál ako pre vývoj biologických zbraní, a tak zákaz v podobe Konvencie sa vzťahuje len na vojenské využitie, t.j. na plánovaný druh použitia, ktorý sa zistí len veľmi ťažko. Výsledkom tejto situácie je proliferácia biologických zbraní. [49]

3.3.3 BIOTECHNOLÓGIE ROZŠIRUJÚ MOŽNOSTI VÝROBY BIOLOGICKÝCH ZBRANÍ

Pri hľadaní a vývoji nových typov bojových biologických prostriedkov sa vychádza predovšetkým z výsledkov štúdia rekombinantnej technológie dezoxiribonukleových a ribonukleových kyselín. Prelom v tejto oblasti nastal po roku 1983, keď sa dosiahol významný pokrok v mapovaní genetickej štruktúry týchto kyselín u patogénnych vírusov. U niektorých patogénnych arenavírusov, napríklad u vírusu Lassa, bola v tejto dobe odhalená štruktúra a dislokácia génov kódujúcich ich najdôležitejšie vlastnosti.

V súčasnej dobe sú k dispozícii rozsiahle genetické mapy vírusových nukleových kyselín. Ich porovnanie s chemickou štruktúrou týchto zlúčenín umožňuje pomerne exaktnú predpoveď výsledkov génových manipulácií a k ich realizácii už existuje značne široké spektrum restriktívnych endonukleáz a vektorov. Hlavná pozornosť sa venuje manipuláciám a genetickým materiálom kódujúcim patologické, rezistentné a imunologické vlastnosti mikroorganizmov. Výsledkom môžu byť biologické zbrane s celkom novými vlastnosťami, všestrannej alebo prísne selektívnej rezistencie, vysoko nebezpečné pre jednotky a tyl protivníka, so zníženým nebezpečenstvom pre vlastné vojská a obyvateľstvo. [38]

Poznanie génov zodpovedných za patologické vlastnosti umožňuje ich posilňovanie alebo inzerciu mikroorganizmov s nepatogénnymi, ale inak vojensky výhodnými vlastnosťami. V tejto oblasti sa najviac študujú gény kódujúce syntézu rôznych toxínov a proteíny interferujúce s genetickým aparátom bielkovinovej syntézy hostiteľa. Vo vzdialenejšej perspektíve je možné očakávať tendencie k vytvoreniu určitých univerzálnych, multipatogénnych mikroorganizmov.

Posilňovaním alebo enzymatickou transplantáciou génov zodpovedných za rezistenciu mikroorganizmu sa dá podstatne zvýšiť stálosť biologickej receptúry v teréne i pri skladovaní v munícii, alebo tepelná odolnosť proti dezinfekčným činidlám a ultrafialovému žiareniu. Významnejšími sú však možnosti rozšírenia ciest vniknutia do organizmu, skrátenie inkubačnej doby a zvýšenie infekčnosti vyvolaných ochorení a vnímavosti osôb na ne. Toto sa dosiahne manipuláciou s génmi zodpovednými za odolnosť voči proteolytickým enzýmom, žľčovým soliam a ďalším zložkám obrannej bariéry sliznic dýchacej a zažívacej sústavy a s génmi determinujúcimi cestu vírusu k cieľovej bunke hostiteľského organizmu, vrátane prekonávania hematoencefalitických zábran.

Známe sú i opačné tendencie smerujúce k zníženiu stability, pokiaľ by mohla byť prekážkou bojového použitia. Príkladom sú pokusy s extrémne stabilnou sporulujúcou baktériou *Bacillus anthracis*, ktorých cieľom je odobratie génu zodpovedného za tvorbu spór. Rovnakým spôsobom je možné regulovať odolnosť mikroorganizmov proti liekom a liečebným metódam, napríklad kultivovať pôvodcu ochorenia, ktorý nebude liečiteľný metódami a prostriedkami používanými u protivníka, ale bude na druhej strane bezpečne liečiteľný vlastnými, vysoko špecifickými metódami a prostriedkami.

Podobným spôsobom je možné predurčiť odolnosť voči dezinfekčným činidlám bežným u protivníka, a zároveň ľahké zneškodnenie špecifickým spôsobom. Rozšírené sú manipulácie s génmi ovplyvňujúcimi obranné reakcie hostiteľa, najmä antigénov. Ich odoberanie z genetickej štruktúry nukleových kyselín patogénnych mikroorganizmov podstatne skresľuje klinické príznaky ochorenia a prakticky i vylučuje prirodzenú obranu zasiahnutého organizmu. Opačnou možnosťou je posilňovanie antigénu, alebo jeho inzercia do genetickej štruktúry nepatogénneho mikroorganizmu s cieľom zniesť živú silu protivníka neprimeranými obrannými reakciami. V tejto súvislosti sú známe pokusy s vírusom Dengue, najmä s jeho génmi vyvolávajúcimi šokovú formu ochorenia.

Súčasne sa hľadajú možnosti rýchlejšej a lacnej výroby veľkého množstva biologickej receptúry, ktoré by umožnili podstatne obmedziť, alebo i celkom vypustiť ich dlhodobé skladova-

nie a výrazne tak znížiť možnosti dodržiavania medzinárodných konvencií. Jednou z ciest je kultivácia náhradných hostiteľov, ktorá umožní množenie vírusov rovnako ako jeho prirodzení hostitelia. Úspech sa dosahuje najmä genetickou kultiváciou niektorých nepatogénnych, ale vysoko rezistentných baktérií rodu *Escherichia coli*.

Jedným zo zvlášť významných smerov je hľadanie geneticky selektívnych, tzv. etnických zbraní, ktoré je možné právom považovať za novú generáciu biologických zbraní. Zahrňujú súbor zatiaľ málo známych prostriedkov a metód zameraných proti určitým etnickým skupinám obyvateľstva. Majú využívať odlišné imunologické schopnosti ľudských rás, národov a národnostných skupín, ktoré vyplývajú z ich rozdielnych genetických dispozícií.

Rozdielna vnímavosť na niektoré infekčné ochorenia a ich štatisticky rozdielne priebehy vrátane úmrtnosti boli už v 40. rokoch študované v Japonsku. V súčasnej dobe je známych viac než 12 génov ľudskej dezoxiribonukleovej kyseliny, ktoré sú zodpovedné za vnímavosť toxicity a iných virulencií. Pokračuje výskum rozdielov v ich obsadení u rasovo, národnostne a endemicky rozdielnych jedincov. Z prírodných mikroorganizmov študovaných na tento účel je v popredí záujmu vírus Rift Valley. Horúčka vyvolávaná týmto vírusom spôsobuje u černošského obyvateľstva 5- až 20-krát vyššiu úmrtnosť ako u ľudí bielej pleti a u filipínskeho obyvateľstva sú následky ešte horšie. Iným príkladom je vírus Epstein, ktorý vyvoláva u Európanov len ľahkú formu mononukleózy, ale u Afričanov Burkittov lymfóm a u obyvateľov Ázie nasofaringeálny karcinóm. Ide o vysoko nebezpečný smer vývoja, ktorého uplatnenie by viedlo k rozsiahlej genocíde.

Výskum je zatiaľ vykonávaný viac extenzívnou formou a je stále príznačný trvalým rozširovaním okruhu choroboplodných mikroorganizmov pripadajúcich do úvahy pre použitie v bojových biologických receptúrach. Táto tendencia bude pravdepodobne i v blízkej budúcnosti pokračovať. Vo vzdialenejšej budúcnosti však sa dá očakávať postupné zužovanie tohto okruhu a po prehodnotení mnohých rozporných požiadaviek stále vyhranenejšie smerovanie k jednému alebo niekoľkým univerzálnym bojovým biologickým prostriedkom, obdobne ako je to v súčasnosti aj u chemických zbraní. [21]

3.3.4 UNIKÁTNY OBJAV V GÉNOVOM INŽINIERSTVE

Objav zaznamenali genetickí vedci spolu s mikrobiológmi na univerzite v Berkeley v USA. Pri výskumoch baktérií vírusu Ebola zistili, že tieto smrteľne nebezpečné vírusy sú schopné za určitých podmienok prijať pomerne veľké množstvo informácií. Vírusy Ebola vykazujú do istej miery inteligentné chovanie, a keďže sa u nich vyskytuje tzv. kolektívna inteligencia, sú schopné prijať, spracovať a vyhodnotiť veľké množstvo informácií. To sa dá pomerne jednoducho využiť pri výrobe supervýkonných procesorov, do ktorých je možné ľahko aplikovať prvky umelej inteligencie a tiež na výrobu pamäťových médií, ktoré pri veľmi malých rozmeroch budú mať kapacitu rádovo stoviek gigabajtov až niekoľko terabajtov pri veľmi nízkych nákladoch na výrobu.

Celý efekt spočíva v riadenej elektromagnetickej stimulácii vírusových baktérií Ebola, ktoré sú nanosené na špeciálne kremíkovo-strieborné vrstvy a vytvárajú akési mikroinkubátory, v ktorých vírusy prežívajú a riadene sa množia. Elektromagnetické stimuly podporujú komunikáciu medzi vírusmi a umožňujú tak ľubovoľný zápis, čítanie a odstránenie informácie z pamäti, či procesora. Procesor alebo pamäť teda môžu pracovať na relatívne nízkych frekvenciách.

Na projekte sa podieľajú spoločnosti Intel, Siemens a Hitachi a s prvými verziami pre obchodný trh sa počíta okolo r. 2006. Bude to určite znamenať revolúciu v oblasti výpočtovej techniky, pretože pri takmer minimálnych nákladoch na výrobu sa získa výkon mnohonásobne prevyšujúci súčasné najrýchlejšie počítače.

Keďže vírusy Ebola sú smrteľne nebezpečné (4. trieda nebezpečnosti), výskum sa robí v špeciálnych podzemných laboratóriách. Výroba vlastných čipov sa má neskôr preniesť do tovární, ktoré budú obiehať na obežnej dráhe okolo Zeme, aby sa zamedzilo prípadným katastrofám pri haváriách a úniku týchto vražedných vírusov. [50]

3.3.5 PROLIFERÁCIA BIOLOGICKÝCH ZBRANÍ A INŠPEKČNÉ KONTROLY

Niektoré štáty chcú v snahe riešiť problémy proliferácie biologických zbraní sprísniť Konvenciu o biologických zbraniach tak, aby postihovala aj oblasť možného zneužitia civilnej výroby pre vojenské účely. S rozvojom vedy je stále ľahšie vyvíjať biologické zbrane a preto je potrebné nájsť spoľahlivý základ, na ktorom by bolo možné posúdiť, ktoré štáty konvenciu dodržia a ktoré nie, a majú preto byť sankcionované. Sú potrebné fakty, a tie sa dajú získať jedine tak, že sa vyšlú experti do konkrétnych štátov, aby tam skontrolovali činnosť a výrobu v objektoch.

Napr. farmaceutický fermentor dokáže vyrobiť 150 kg botulotoxínu za rok a napriek tomu nie je toto zariadenie súčasťou oficiálnej vojenskej produkcie, pretože je súčasťou vybavenia laboratória, ktoré vykonáva lekárske výskum. Vyrábané mikroorganizmy sú určené pre výskum a výrobu vakcín. Teoreticky by sa dalo každé takéto laboratórium ľahko zneužívať pre výrobu biologických zbraní. Aby sa tomu mohlo zabrániť, je potrebný inštitút dôkladných a premyslených inšpekcií. [51].

Pri každej inšpekcii musí byť umožnené hovoriť s členmi vedeckých tímov, prehliadnúť si dokumentáciu o ich činnosti a vykonať záznam. Potom je možné povedať, že to čo robia, je v súlade s konvenciou. Preto sú pre overenie pracovníkmi inšpekcie potrebné informácie o potenciálne zneužitelnom objekte. Je to jediný spôsob, pri ktorom je reálna šanca odhaliť, či sa konkrétny štát konvenciou neriadi. Dá sa predpokladať, že väčšina štátov zviazaných konvenciou si bude pod hrozbou sankcií vedomá rizík súvisiacich s jej nedodržaním z dôvodu vývoja a výroby biologických zbraní.

Model inšpekčnej návštevy predstavuje overenie údajov zo záznamov priamo pri inšpekciách s vedeckými pracovníkmi z laboratórií. I napriek tomu, že sa javí ako racionálny, stretáva sa s kritikou. Aby člen inšpekčného tímu mohol podniknúť skutočný hĺbkový prieskum, musí mať určitú predstavu o tom, kam ísť a čo preskúmať, inak hrozí nebezpečenie neúspechu. Preto musí ísť o vysoko kvalifikovaných odborníkov známych pomerov v štáte v širokých súvislostiach. A stále pôjde o situáciu, ktorá bude charakterizovaná celým radom pravdepodobných ukazovateľov.

Ako príklad je možné uviesť vyslanie inšpektorov po roku 1991, aby zistili či Irak vyrába biologické zbrane. Keď sa však kompetentné orgány pýtali inšpektorov, či môžu Iráčania stále ešte ukrývať podobné materiály, alebo celé laboratória, ktoré ich vyrábajú, odpovedali, že je to v podstate možné. A to je závažné tvrdenie i napriek tomu, že tento štát bol "plný" inšpektorov OSN, ktorí mohli takmer kdekoli a kedykoľvek ísť a vykonať kontrolu. Pri takýchto kontrolách vzniká naviac neistota z možného premiestnenia zariadení. Zástancovia zavedenia podobných inšpekcií pre presadzovanie konvencie sa naviac stretávajú s kritikou rôznych vplyvných skupín z priemyselnej sféry. [52]

3.3.6 ZÁUJMY BIOTECHNOLOGICKÉHO PRIEMYSLU A SPRÍSNIENIE KONVENCIE

Biotechnologický priemysel zlepšuje starostlivosť o zdravie človeka. Nové postupy umožňujú vedcom nové objavy. Biotechnológie sú jednou z najrýchlejšie sa rozvíjajúcich oblastí svetovej ekonomiky a silné firmy chcú tento stav zachovať. Zisky sú obrovské, ale konkurencia je tvrdá a utajovanie prísne, pretože takýto priemysel závisí na strážení výsledkov

svojich bádaní. Veľké firmy investujú milióny dolárov do každého nového produktu genetickeho inžinierstva. Keď kompetentné orgány chceli poznať ich názor na inšpekcie, odmietli ho prezentovať. Týmto firmám však nejde o utajenie zbraní, ale o ochranu technológií a obchodného tajomstva. Pokiaľ by sa jednalo o skutočne hlbkovú inšpekciu, došlo by k vyzradeniu interných informácií a tým sa pôvodný zámer s inšpekciami stáva nerealizovateľným.

Ako príklad je možné uviesť vakcínu proti hepatitíde B, ktorá sa dnes využíva na celom svete. Vakcína sama sa vyrába za pomoci kvasiniek, ktoré sa používajú pri pečení chleba alebo výrobe vína. Do týchto kvasiniek bol vložený gén umožňujúci produkovať proteíny, ktoré sú potrebné na imunizáciu ľudí proti hepatitíde B. Pokiaľ by inšpektor získal pri inšpekcii vo farmaceutickom laboratóriu vzorku týchto kvasiniek, mal by všetko pre výrobu identickej vakcíny proti hepatitíde B.

Vo všeobecnosti sa prezentujú obavy vlád z ohrozenia vedúceho postavenia štátu v oblasti bioinžinierstva a s tým súvisiacich možných strát ziskov a pracovných miest, ku ktorým by mohlo dôjsť, pokiaľ by inšpekcie mali úplne neobmedzený prístup k informáciám. Odborníci z priemyslu sa obávajú, že i napriek tomu, že inšpekčné tímy tvoria v stopercentnej väčšine čestní ľudia, vznikal by tu priestor pre priemyselnú špionáž a únik informácií pod rúškom medzinárodnej kontroly. Osobitne citlivým problémom sa stal aj projekt tzv. diaľkových inšpekcií. Diaľková inšpekcia znamená prieskum pomocou lietadiel a družíc. Táto forma inšpekcií vyvoláva u štátov, ktoré sú potenciálnym objektom takejto kontroly, negatívne odozvy a tvrdenia o ich možnom zneužití pre špionáž v ozbrojených silách. Postup, ktorý západné mocnosti dnes presadzujú, keď trvajú na diaľkových inšpekciách, je teda veľmi diskutabilnou otázkou a z hľadiska jeho úspešnosti vyvoláva aj celý rad otázok týkajúcich sa jeho efektívnosti. Vzniká tu veľmi silná pochybnosť o tom, či môže letecký alebo družicový prieskum odhaliť výrobu biologických zbraní v nejakom malom laboratóriu. [53]

Najmä rozvojové štáty sú toho názoru, že by sa pri riešení tejto otázky záujmy konvencie minulí účinkom. Poukazujú na to, že konvencia o biologických zbraniach nemala iba zakázať výrobu zbraní, ale taktiež sprístupniť výmenu vedeckých poznatkov. Zmluva totiž obsahuje klauzulu, ktorá vyzýva k technologickej spolupráci medzi stranami v zdravotníckych programoch a k mierovému využitiu biotechnológií. Táto klauzula sa nikdy nenaplnila, ale mnoho štátov v nej dodnes vidí základ zmluvy a účastníkov konferencie signatárov jednotlivých krajín udržuje v nádeji, že konečne dôjde k naplneniu tohoto článku. Žiaľ, u signatárskych štátov, ktoré majú rozhodujúci vplyv, je táto konvencia ponímaná predovšetkým ako vojenská zmluva, ktorá má za cieľ bezpečnosť. Preto plnenie článku o technologickej spolupráci naráža na ťažko prekonateľnú bariéru ekonomických a štátno-bezpečnostných záujmov. To však ale nie je možné považovať za celkom realistický prístup k problému, pretože existuje celý rad rozvojových štátov, ktoré majú na programe dňa dôležité sociálne, existenčné a iné, pre život dôležité problémy, ktoré by bolo možné pri spolupráci v oblasti biotechnológií úspešne riešiť. Pokiaľ má byť z dlhodobého pohľadu konvencia účinná, tak je potrebné vzťahovať tieto problémy aj k biotechnológiám. Je potrebné všetkých presvedčiť o tom, že k biotechnológiám má prístup každý signatár konvencie za predpokladu, že sa otvorí ostatným a umožní medzinárodnému spoločenstvu kontrolovať svoje aktivity pomocou inšpekcií. [54]

Kontrola výroby biologických zbraní sa bezpochyby pre niektoré štáty stala najvyššou prioritou a bola cieľom jednaní o odzbrojení v osemdesiatych a deväťdesiatych rokoch. Americký postoj bol rovnako jednoznačný – sprísnenie zmluvy nestojí za riziko ohrozenia priemyslu. Podľa nej sú USA v oblasti biotechnológií svetovou špičkou. Je málo pravdepodobné, že by napr. kongres USA by súhlasil s klauzulou o otvorenej spolupráci v oblasti biotechnológií z jediného dôvodu. Navrhované opatrenia by ohrozili celý biotechnologický priemysel, a pritom by stále nezaručovali, že sa podarí odhaliť všetky pokusy o prekročenie zákazu. Podľa zástupcov priemyslu takéto riziko nestojí za potenciálne výhody [55].

Rozhovory o konvencii stále pretrvávajú a možno sa svet dočká nejakej inej verzie. Zdá sa však viac nepravdepodobné, že by prešli návrhy na hĺbkové inšpekcie, a keby aj boli presadené, tak to nie je koniec problému, pretože toto sa týka vlád a nie toho, čo podnikajú skupiny alebo jednotlivci. Nie je tajomstvom, že vzhľadom k vysokej účinnosti a nízkej cene budú biologické zbrane ideálne pre aktérov terorizmu. Aj napriek tomu túto predstavu mnohí zainteresovaní pripúšťajú len veľmi neochotne. [56]

3.3.7 BIOLOGICKÝ TERORIZMUS

Biologická hrozba je predmetom diskusií už dlhší čas. Nediskutuje sa o tom, či budú biologické zbrane spolu s chemickými a jadrovými použité, ale kedy budú použité! Teroristické skupiny môžu dať prednosť biologickým zbraniam pred chemickými z týchto dôvodov:

- výroba biologických zbraní je podstatne lacnejšia ako výroba chemických zbraní (podľa niektorých údajov je výrobná cena 1 kg botulotoxínu 500 dolárov, výrobného zariadenia 3 000 dolárov);
- výroba biologických zbraní sa dá pomerne ľahko utajiť a v pomerne krátkej dobe je možné premeniť malé množstvá patogénnych organizmov na množstvá prakticky použiteľné;
- biologické zbrane sa dajú relatívne ľahko získať, napr. z medzinárodných zbierok kultúr, z univerzitných databáň a pod.;
- použitie biologických zbraní sa dá ťažko dokázať, pretože množstvo patogénnych mikroorganizmov a toxínov sa vyskytuje aj v prírodnom prostredí;
- biologické zbrane sa vyznačujú vysokou účinnosťou, majú omnoho vyššiu toxicitu než najnebezpečnejšie bojové chemické látky, nervovo-paralytické látky, ako sú napr. látka VX, soman, sarin alebo tabun (1 g botulotoxínu môže usmrtiť až 1 mil. osôb, 1 g antraxu reprezentuje 100 mil. letálnych dávok) [57].

Výrobné postupy biologických zbraní sú dnes dostupné aj na internete, preto sa názory expertov na jednoduchosť výroby bojových biologických látok značne líšia. Podľa niektorých odborníkov môžu byť tieto látky vyrábané v značne primitívnych podmienkach, pretože príprava rastového média pre baktérie nie je viac komplikovaná než „výroba piva“. Iní sú presvedčení, že dokonca aj výroba najprimitívnejšej biologickej zbrane vyžaduje odborné vedomosti a primeraný výcvik personálu, predovšetkým z dôvodu vlastnej ochrany. Nech sú biologické zbrane akokoľvek účinné, majú závažnú nevýhodu, pretože môžu zasiahnuť aj inú, než cieľovú populáciu, vrátane vlastnej. Na rozdiel od chemických zbraní reagujú so značným oneskorením (čo je však tiež problémom ich včasného odhalenia).

Je známych viacero prípadov, pri ktorých teroristická skupina vlastnila, pokúšala sa získať alebo hrozila použitím biologických látok. Niektoré prípady sú alarmujúce:

- v septembri 1984 použila americká náboženská sekta Bhagwan Shree Rajneesh baktérie *Salmonella typhimurium* z kultúr, zakúpených z centrálnych lekárskeho zásob, pretože sekta mala štátom certifikované lekárske laboratórium. Kontaminovala nimi šalát v desiatich reštauráciách v Dallase v štáte Oregon. Cieľom bolo zmariť voľby. Následkom kontaminácie došlo k nákaze 751 osôb salmonelózou;
- v marci 1995 dvaja členovia pravicového Minnesota Patriots v USA plánovali použitie ricínu k usmrteniu súdnych úradníkov;
- v máji 1995 bol v USA uväznený člen pravicovej skupiny Aryan Nation (Árijský národ) za plánovanie teroristického použitia baktérií moru;
- v decembri 1995 v USA v štáte Arkansas bol uväznený muž za nedovolené držanie 130 g ricínu. [58]

Veľmi aktívna v tejto oblasti bola aj japonská náboženská sekta Óm Šinrikjó, ktorá vyrábala bojové biologické látky a pokúšala sa ich použiť. Sekta zapojila medzi svojich členov skúsených vedcov a technikov, ktorí skonštruovali zariadenia s náplňou antraxu, botulotoxí-

nu, Q-horúčky a dokonca kultúr vírusu Ebola, ktorý chcela sekta získať už v roku 1992 v dobe epidémie Eboly v africkom Zaire. Boli vykonané štyri samostatné pokusy použitia biologických látok (jedenkrát antrax a trikrát botulotoxín):

- v apríli 1990 sa pokúšala sekta rozptýliť botulotoxín v okolí budovy japonského parlamentu pomocou výfukových plynov z motora špeciálne upraveného automobilu;
- začiatkom júna 1993 sa sekta pokúsila prerušiť plánovanú svadbu princa Naruhita v centre Tokia podobným spôsobom ako v predchádzajúcom prípade;
- koncom júna 1993 rozprašovala sekta vo východnom Tokiu štyri dni antrax z rozstrekovacieho zariadenia umiestneného na streche budovy;
- 15. marca 1995 ukryl príslušník sekty v tokijskom metre tri diplomatické kufriky, upravené pre postupné vypúšťanie botulotoxínu – pokus sa nevydaril, pravdepodobne pre obavu z vlastného zasiahnutia. [59]

Ani jeden z týchto pokusov nebol úspešný a podľa dostupných informácií pri nich našťastie nedošlo k usmrteniu alebo zraneniu osôb. Na druhej strane zlyhanie posledne uvedeného útoku viedlo sektu k príprave nového s použitím sarínu (20. marca 1995 v tokijskom metre).

Vytipovať potenciálne bojové biologické prostriedky pre teroristické účely sa snažila pracovná skupina v Johns Hopkins Center For Civilian Biodefense Studies. Hodnotila, ktoré z nich sú v súčasnosti najväčším rizikom pre verejnosť, pričom boli zohľadňované počty ľudí, ktorým môžu tieto biologické zbrane spôsobiť stratu na živote. Nebrali sa pritom do úvahy ďalšie aspekty ako panika a schopnosť zdravotníckych zariadení zvládnuť ošetrovanie osôb.

Pre reálne použitie musí mať biologická zbraň vysokú úmrtnosť u zasiahnutých osôb a musí byť ľahko vyrobiteľná vo veľkých množstvách. Efektívne použitie sa predpokladá vo forme aerosólu (veľkosť rozptýlených častíc je približne 5 až 17 μm). Ďalšia „výhodná“ vlastnosť je prenos choroby na neočkovanú osobu v čo najkratšom čase.

Podľa uvedených požiadaviek sa dostali na prvé miesto dvaja potenciálni adepti s možným najväčšími stratami na ľudských životoch: „antrax“ a „pravé kiahne“, a to z týchto dôvodov:

- oba prostriedky sú vysoko smrteľné (úmrtnosť na antrax pri žiadnej predchádzajúcej liečbe prekračuje 80 %);
- sú stále pre použitie v aerosólovom oblaku (spóry antraxu sú známe svojou životaschopnosťou po dlhú dobu, aj pravé kiahne sú schopné si udržať svoju virulenciu pod dlhú dobu v zmrznutom stave);
- oba boli vyvinuté v zbrojných programoch (Irak vyrábal antrax pre hlavice svojich rakiet a pravdepodobne robil výskum na víruse ľavých kiahní, ktorý je tesne spojený s pravými kiahňami);
- popri usmrcujúcom účinku je významný aj psychologický účinok (vyvolanie mäsovej paniky medzi obyvateľstvom);
- počiatočné rozpoznanie príznakov antraxu všeobecnými lekármi je obtiažne a môže byť diagnostikované až v pokročilom štádiu; aj v prípade pravých kiahní má len málo lekárov klinických skúseností a mohli by si ich pomýliť s podobnými chorobami, napr. nepravými kiahňami;
- dostupnosť a záruka vakcín je obmedzená ich počtom a expiráciou, preto sa uprednostňujú skupiny osôb, ktoré budú alebo boli v kontakte s týmto vírusom (vakcína pre antrax je licencovaná v USA od roku 1970, očkovanie proti pravým kiahňam bolo v USA ukončené v roku 1971).

Vírus pravých kiahní sa na celom svete už nevyskytuje, s výnimkou výskumných ústavov USA a Ruska. Existuje odhad, že nie viac ako 20 % obyvateľstva má odolnosť proti prvým kiahňam z predchádzajúceho očkovania. Neexistuje žiadne prijateľné ošetrenie a preto by prípad rozšírenia pravých kiahní mohol mať katastrofálne následky. Získanie vírusu pravých

kiahní je oproti iným vírusom, napr. antraxu, veľmi obtiažne, ale ak by sa ho podarilo získať a úmyselne rozšíriť, následky by mohli byť nezvládnuteľné pre celú populáciu.

Antrax môže mať oneskorený účinok a aj oneskorené rozpoznanie a účinnú liečbu. V roku 1979, keď došlo k úniku antraxu vo Sverdlovsku, u niektorých pacientov prepuklo ochorenie až po 6-týždňovom pozorovaní v nemocnici. Súčasné odporúčania pre osoby zasiahnuté antraxom radia pre nevakcinované osoby užívať antibiotiká po dobu až 8 týždňov. Množstvo antibiotík potrebné pre postihnuté osoby by mohlo byť enormné.

Ďalšie biologické zbrane, ktoré vyvolávajú znepokojenie, sú botulotoxín a vírusové hemoragické horúčky. Botulotoxín svojimi účinkami prevyšuje aj najtoxickéjšie nervovo-paralytické látky, avšak pri jeho efektívnom použití vo forme aerosólu je potrebné relatívne veľké množstvo pre zasiahnutie veľkého počtu osôb. Tak ako už bolo uvedené, viaceré vírusy môžu spôsobiť hemoragické horúčky. Pre vysokú virulentnosť a smrtiace účinky sú z pohľadu možného zneužitia najčastejšie uvádzané horúčka Lassa z kmeňa arenavirusov, horúčka Rift Valley a krymsko-konzská hemoragická horúčka z kmeňa bunyavirusov, ale tiež horúčky Ebola a Marburg z kmeňa filovírusov. [60]

Uvedené hrozby biologického terorizmu nedali dlho čakať na svoju realizáciu. Teroristi sa orientovali na jednu z najzákernejších metód s použitím spór antraxu (sneti slezinnej). Táto forma sa bežne vyskytuje v niektorých častiach Afriky a Ázie (napr. na Sibíri) a v Európe na Balkáne je zdrojom epidémií, keď spóry prežívajúce niekoľko rokov v pôde preniknú do živného prostredia. Séria poštových zásielok so smrteľne nebezpečným práškom spór antraxu so zámerom kontaminácie adresáta vdýchnutím vyvolá rýchlu pľúcnu formu antraxu s vysokou mortalitou (bežne až 20 %). V USA došlo už k celému radu obetí, najmä medzi zamestnancami, ktorí manipulovali s poštovými zásielkami. Cieľom tohto útoku boli najvyšší štátni a parlamentárni činitelia. Sekundárnym cieľom bolo vyvolanie paniky a strachu, ktorý sa rýchlo rozšíril aj do Európy. Je nanajvýš pravdepodobné, že za týmito útokmi stojí Al-Kajdá, vedená bin Ládinom, ktorý však obvinenia popiera.

Pri posudzovaní účinnosti opatrení proti terorizmu sú si odborníci vedomí, že žiadne riešenie nemôže úplne eliminovať hrozbu použitia biologických zbraní, resp. ZHN teroristami. Môže však významne znížiť následky týchto útokov. Najdôležitejšia je vždy prevencia, ktorá začína od zhromažďovania a spracovania potrebných informácií, pokračuje koordináciou činnosti zúčastnených organizácií a jednotiek, a končí prípravou a výcvikom jednotiek, ale aj obyvateľstva na prípady teroristického použitia ZHN. [61]

3.4 OCHRANA PROTI BIOLOGICKÝM ZBRANIAM

Biologická ochrana patrí k základným prvkom ochrany proti zbraniam hromadného ničenia. Predstavuje súhrn organizačno-ochranných a liečebno-odsunových opatrení, ktoré smerujú k včasnemu odhaleniu príprav protivníka na použitie biologických zbraní, na ich zničenie, k zníženiu účinkov na živú silu, na zabránenie vzniku a šíreniu infekčných ochorení a na likvidáciu biologického napadnutia.

Biologická ochrana, aj keď má vzhľadom na charakter biologických zbraní výrazne špecifický charakter, sa pri realizovaní jednotlivých opatrení prekrýva s radiačnou a s chemickou ochranou. Preto je súčasťou samostatného druhu bojového (operačného) zabezpečenia – radiačnej, chemickej a biologickej ochrany.

Za organizáciu biologickej ochrany vojsk zodpovedajú velitelia a náčelníci všetkých stupňov. Konkrétne opatrenia zabezpečujú jednotlivé druhy vojsk a služieb za využitia špecialistov a jednotiek zdravotníckej služby, radiačnej, chemickej a biologickej ochrany, ženijného vojska a orgánov logistiky. [62]

V odborných otázkach pri zabezpečovaní úloh biologickej ochrany vojsk sa velitelia a náčelníci radia so špecialistami zdravotníckej služby, radiačnej, chemickej a biologickej ochrany

a ženíjného vojska. Najmä pri zabezpečovaní preventívnych opatrení, pri ochrannom očkovaní, pri vyhodnocovaní foriem, spôsobov a druhov biologického napadnutia, pri organizovaní laboratórnych vyšetrení a pri poskytovaní prvej lekárskej pomoci zasiahnutým osobám.

Opatrenia uskutočňované veliteľmi a náčelníkmi na ochranu proti biologickým zbraňam je možné rozdeliť na aktívne a pasívne.

Cieľom aktívnych opatrení, ktoré sú súčasťou biologickej ochrany vojsk, je zabrániť protivníkovi v použití biologických zbraní akýmkoľvek spôsobom a všetkými prostriedkami. Splnenie tejto úlohy si vyžaduje dlhodobu získavať a vyhodnocovať správy o druhoch a vlastnostiach biologických zbraní, zavedených vo výzbroji protivníka, o rozmiestnení skladov biologickej munície, závodov a zariadení na výrobu biologických zbraní. Včasné zistenie o prípravách protivníka na biologické napadnutie umožní veliteľom organizovať účinné opatrenia na ničenie jeho biologických prostriedkov vo výrobných závodoch, laboratóriách a v skladoch, či v priebehu presunu zo skladov na front. Veľká pozornosť sa musí venovať rýchlej likvidácii diverzných skupín určených na rozširovanie pôvodcov infekčných nákaz, alebo iných prostriedkov biologického napadnutia.

Medzi pasívne opatrenia sú zahrňované všetky ostatné, ktoré znižujú účinnosť biologického napadnutia. Jedná sa o nasledovné:

- opatrenia taktického charakteru;
- protiepidemiologické opatrenia;
- hygienické opatrenia;
- využívanie prostriedkov individuálnej a kolektívnej ochrany;
- vykonávanie dezinfekcie postihnutých osôb, zvierat, objektov, výzbroje, výstroja a terénu, dezinfekcie drobného hmyzu a deratizácie hlodavcov;
- poskytovanie prvej pomoci a organizovanie liečebnej starostlivosti pre nemocných, zasiahnutých biologickými prostriedkami.

K dôležitým prvkom biologickej ochrany patrí rad opatrení taktického charakteru smerujúcich k zníženiu efektívnosti použitia biologických zbraní protivníkom a k zvýšeniu bezpečnosti vlastných vojsk počas vedenia operácie pri použití biologických zbraní.

Vhodnou voľbou bojovej zostavy, optimálnym rozptýlením vojsk pri vedení boja, vedení manévrovej činnosti s využitím neohrozených priestorov a komunikácií, obchádzaním kontaminovaných priestorov, včasným vyvedením vojsk z kontaminovaných priestorov, je možné výrazne znížiť efektívnosť použitia biologických zbraní. [63]

3.4.1 BIOLOGICKÝ PRIESKUM

Hlavnou úlohou biologického prieskumu je zistiť bezprostredné začatie biologického útoku zo strany protivníka a zabezpečiť čo najrýchlejšie určenie použitých druhov biologických zbraní.

Včasné zistenie použitia biologických zbraní protivníkom a určenie použitých biologických prostriedkov je vzhľadom k vlastnostiam biologických zbraní a k technickým možnostiam prostriedkov biologického prieskumu obtiažne. Väčšina do úvahy pripadajúcich biologických prostriedkov sa neprejavuje žiadnymi vonkajšími príznakmi, rozpoznateľnými zmyslovými orgánmi a je obtiažne zistiteľná aj dostupnými detekčnými systémami.

Spoločiteľné zistenie a určenie použitých biologických prostriedkov je podľa údajov uvádzaných v poriadkoch zdravotníckej a veterinárnej služby možné len na základe laboratórnych vyšetrení z odobratých vzoriek kontaminovaného materiálu, ktoré boli odobraté príslušníkmi biologického prieskumu. Bezprostredné a predbežné vyhodnotenie pravdepodobného použitia biologického zbraní protivníkom sa zvyčajne opiera o skúsenosti a rozbor činnosti protivníka a o spôsoby a efektívnosť použitia biologických zbraní. Podľa prvotných príznakov použitia

biologických zbraní sa organizujú vhodné protiepidemiologické opatrenia, optimálne využitie ochranných prostriedkov jednotlivca a kolektívnej ochrany vojsk a obyvateľstva.

Vo všeobecnosti biologický prieskum sa sústreďuje na zabezpečenie týchto opatrení:

- na rýchle varovanie živej sily, ktorého cieľom je vystihnúť dobu začatia biologického útoku a priestor, v ktorom je možné pôsobenie biologických zbraní predpokladať;
- na odber vzoriek kontaminovaného vzduchu, vzoriek z terénu, z vojenskej techniky a z materiálu;
- na presné určenie druhu použitého pôvodcu infekčných a neinfekčných nákaz pre stanovenie vhodného spôsobu liečenia postihnutých osôb;
- na epidemiologické hľadiská, ktorými je možné vymedziť účinnosť použitých biologických zbraní na osoby a na teritórium. [64]

3.4.2 VAROVANIE VOJSK PRED POUŽITÍM BIOLOGICKÝCH ZBRANÍ

Medzi najúčinnnejšie opatrenia biologickej ochrany patrí rýchle varovanie vojsk pred účinkami biologických zbraní. Splnenie tejto úlohy vyžaduje vystihnúť vždy a v čo najkratšej možnej dobe použitie biologických zbraní protivníkom. Na rýchle získanie potrebných údajov v ozbrojených silách vyspelých štátov sa počíta so širším použitím automatických preukazníkov. Požiadavky na konštrukciu biologických automatických preukazníkov sú vysoké. Požaduje sa výnimočná citlivosť na zisťovanie i nepatrných množstiev choroboplodných mikroorganizmov v ovzduší a schopnosť určovať jednotlivé typy biologických prostriedkov, ktoré sú zavedené vo výzbroji protivníka. Hodnovernosť získaných údajov musí byť na vysokej úrovni a v žiadnom prípade by nemalo dochádzať ku klamnému varovaniu vojsk.

Presné určenie väčšiny pôvodcov infekčných nákaz je zdĺhavý a zložitý proces. Súčasnými spôsobmi a prostriedkami nie je možné zabezpečiť rýchle stanovenie jednotlivých druhov biologických prostriedkov, ani ich prítomnosť v aerosólových oblakoch. Zdlhavosť tohto procesu potvrdzuje tabuľka 3.7.

Biologický prieskum preto musí venovať mimoriadnu pozornosť zisťovaniu príznakov biologického napadnutia a dôkazu použitia biologických zbraní tzv. nešpecifickými metódami.

Za príznaky použitia biologických zbraní sa vo všeobecnosti považujú:

- vytvorenie dymových clôn po prelete lietadla;
- zhadzovanie podozrivého materiálu a rozširovanie látok, ktorých bojové určenie nie je jasné;
- zistenie neobvyklých typov nevybuchnutých bômb a striel;
- použitie nových, špeciálnych typov striel a leteckých bômb, ktoré sa pri náraze o zem skoro nehlučne rozrušia (otvorí);
- zistenie zariadení na vytváranie biologických aerosólov, alebo iných druhov výzbroje, ktorej bezprostredné bojové použitie nie je jasné;
- nachádzanie rôznych typov schránok na rozširovanie infikovaného hmyzu, nádob alebo ampuliek, rôsolovitých látok, potravín (ktorých objavenie v priestore nie je bežne zdôvodniteľné);
- prítomnosť výsadbárov a diverzných skupín;
- zvláštna príchuť pitnej vody a stravy;
- náhle šírenie infekčných nákaz medzi ľuďmi alebo zvieratami;
- náhle a na veľkej ploche rozšírené postihnutie poľných kultúr;
- hromadný výskyt nezvyčajného hmyzu, kliešťov a hlodavcov.

Sledovanie príznakov použitia biologických zbraní je možné zabezpečiť len na predbežné varovanie živej sily. Použitie biologických zbraní protivníkom musí byť vždy potvrdené preukaznými metódami biologického prieskumu.

Na zabezpečenie tejto úlohy sa v ozbrojených silách vyspelých štátov používa celý rad nešpecifických a špecifických metód a prostriedkov, ktorými je možné zisťovať prítomnosť pôvodcov choroboplodných nákaz.

Nešpecifické metódy a konštrukcie jednotlivých preukazníkov, založené na najmodernejších poznatkoch v oblasti chémie, fyziky a elektroniky, umožňujú vykonávať orientačné určenie prítomnosti živých choroboplodných mikroorganizmov v ovzduší, ktoré postačujú na zabezpečenie predbežného varovania vojsk. Získané údaje musia byť overené podrobným rozborom za využitia špecifických metód umožňujúcich preukazné určenie použitých pôvodcov nákaz, ktoré jednoznačne potvrdia použitie biologických zbraní protivníkom. [66]

Tabuľka 3.7: Doby nutné na určenie zárodkov niektorých nákaz zvierat [65]

Názov ochorenia	Predbežný výsledok		Konečný výsledok		Podľa identifikácie izolovaných kultúr a výsledkov nakažených zvierat
	podľa klinického obrazu, patologicko-anatomických zmien a výsl. mikroskopie	podľa výsledkov kultivácie a bakterioskopie	podľa sérologického vyšetrenia	podľa histologického vyšetrenia	
Sneť slezinná	2 h	24 h	24 h (Ascoliho reakcia 30 min.)	-	3 až 7 dní
Sopľavka	-	-	48 h	48 h	21 dní
Brucelóza	2 h	4 až 10 dní	48 h (rýchla aglutinácia 1 hodinu)	-	6 až 7 týždňov
Pasterelóza	2 h	do 48 h	-	-	do 10 dní
Mor tiav	-	15 až 18 h	-	-	10 až 11 dní
Tularémia	-	6 dní	48 h (rýchla aglutinácia 1 hodinu)	-	do 21 dní
Melioidóza	-	48 h	aglutinácia	-	do 15 dní
Botulizmus	-	24 až 48 h	-	-	do 10 dní
Slintačka a krívačka	4 až 5 h	-	24 h	-	2 až 6 dní
Mor hovädzieho dobytku	24 až 48 h	-	-	-	do 21 dní
Mor ošípaných	4 až 5 h	-	-	48 h	do 3 týždňov
Kiahne oviec	24 h	-	-	-	2 až 5 dní
Horúčka Rift Valley	-	-	48 h	48 h	3 až 4 dni
Q-horúčka	-	-	48 h	-	15 dní

3.4.3 NEŠPECIFICKÁ DETEKCIA BIOLOGICKÝCH PROSTRIEDKOV

Princíp nešpecifickej detekcie spočíva v hodnotení javov a príznakov použitia biologických zbraní protivníkom a v zisťovaní prítomnosti biologických prostriedkov orientačnými metódami.

K prvej skupine metód nešpecifickej detekcie sa radia všetky metódy založené na vizuálnom pozorovaní. Sem patrí predovšetkým hodnotenie všetkých vonkajších príznakov potvrdzujúcich použitie biologických zbraní. Objektívnosť týchto príznakov je založená predovšet-

kým na úrovni a skúsenostiach prieskumníkov vo vyhodnocovaní pozorovaných javov, t. j. všetky vizuálne pozorovania sú považované za málo spoľahlivé, pretože sú subjektívne.

Automatické preukazníky sú založené na registrovaní bezprostredných zmien vyvolávaných fyzikálnymi, fyzikálno-chemickými reakciami pri zachytení biologických prostriedkov na špeciálnych nosičoch.

Ich konštrukcia môže byť rôzna – napríklad zisťovanie náhleho objavenia sa oblaku s aerosólovými časticami, ktorých veľkosť zodpovedá rozmerom choroboplodných mikroorganizmov. Tento spôsob vyžaduje trvalé sledovanie zloženia atmosféry a registráciu náhlych zmien v jej zložení. Objavenie pevných alebo kvapalných častíc o veľkosti 1 až 5 μm môže byť po prelete prostriedku biologického napadnutia jedným z vážnych dôkazov rozširovania biologických zbraní na bojisku.

Konštrukcia iného typu nešpecifického biologického preukazníka môže byť založená na automatickom zachytávaní choroboplodných mikroorganizmov na špeciálnom nosiči, kde za prítomnosti špeciálnych farbív dochádza k sfarbeniu miest, na ktorých sú zachytené mikroorganizmy. [67]

Využitie automatických preukazníkov uvedených typov umožňuje zistiť len prítomnosť živých organických častíc v ovzduší. Toto zistenie v spojitosti s vyhodnotením celého radu ďalších príznakov biologického napadnutia môže v dostatočnej miere potvrdiť použitie biologických zbraní protivníkom. K nevýhodám patrí nemožnosť špecifického určenia druhov použitého biologického prostriedku.

3.4.4 ŠPECIFICKÁ DETEKCIA BIOLOGICKÝCH PROSTRIEDKOV

Hlavnou úlohou špecifickej detekcie je na základe preukazných metód potvrdiť použitie biologických zbraní protivníkom a určiť druhy použitých biologických prostriedkov.

Špecifická detekcia biologických prostriedkov zahŕňa tieto činnosti:

- odber vzoriek kontaminovaného vzduchu a materiálu;
- spracovanie a príprava vzoriek na analýzu;
- izolácia čistých kultúr a určenie pôvodcov, použitých v biologickom napadnutí.

Základom pre priame určenie použitých biologických prostriedkov je správny odber vzorky. Na kvalite odobratej vzorky závisí presnosť rozboru biologického materiálu. Vzorky odoberajú špecialisti biologického prieskumu zo všetkých podozrivých materiálov v ohniskách biologického napadnutia. Obvykle sa odoberajú vzorky vody, pôdy, potravín a poľných kultúr, črepín munície, vzorky z bojovej techniky, častí výstroje a odevu. Včasný odber vzoriek zvyšuje presnosť stanovenia použitých choroboplodných mikroorganizmov v laboratórnych zariadeniach a možnosť organizovať účinné profylaktické a liečebné opatrenia v ozbrojených silách a medzi obyvateľstvom.

Na odber vzoriek používajú prieskumníci vzorkovacie súpravy pre odber vzduchu, pre odber vzorky vody, pôdy a tuhých materiálov, ako aj súpravy na odber vzoriek z kontaminovaných povrchov bojovej techniky.

Spracovanie a príprava vzoriek na analýzu, ako aj izolácia čistých kultúr a určenie pôvodcov biologického napadnutia, je záležitosťou špecialistov analytických biochemických laboratórií odvetvia zdravotníctva, veterinárneho lekárstva a hygienickej služby. [65]

3.4.5 VÝVOJ ZARIADENÍ NA DETEKCIU BIOLOGICKÝCH LÁTOK

Na základe prístupu štátov, ktoré sa nechcú vzdať vývoja a výroby biologických zbraní a pripojiť sa ku konvencii o ich zákaze, vyvíjajú niektoré krajiny integrované systémy biologickej detekcie na použitie v bojových podmienkach.

Francúzsko vyvíja svoj vlastný (Système Intégré de Détection des Agents Biologiques), ktorý bude inštalovaný do letecky prepraviteľných kontajnerov. Systém by mal byť uvedený do prevádzky v roku 2005.

Kanada buduje zdokonalený vývojový model svojho Integrovaného detekčného systému biochemických látok. Detekčný modul CIBADS II nazvaný „Strážca“ sa skladá z viacerých zariadení, ako fluorescenčný aerodynamický merač častíc, meteosenzorov a digitálneho prijímača. Jedná sa o pozemné zariadenie, ktoré je schopné rozlíšiť žijúce organizmy medzi ostatnými časticami vo vzduchu v reálnom čase. „Strážca“ je schopný detekovať extrémne nízke koncentrácie biologických, ale aj toxických chemických látok. Prístrojom je možné spočítať najmenej 5 biologických alebo chemických častíc, obsiahnutých v jednom litri vzduchu. Meraním fluorescencie po ožiarení ultrafialovým svetlom sa rozlíšia častice, ktoré majú biologický pôvod. Podľa požiadaviek by tento proces nemal trvať dlhšie ako 10 s. Poľné skúšky ukázali, že trvá asi 3 s.

„Strážca“ zbiera vzorky, ktoré sú automaticky zaslané do doplnkového identifikačného modulu, ktorý používa na rozpoznanie protilátkovú, alebo inú techniku. Vývoj identifikačného modulu by sa mal ukončiť v roku 1999. Očakáva sa, že identifikácia špecifických biologických látok bude trvať asi 15 minút. CIBADS II by mal pracovať úplne nezávisle, vážiť najviac 45 kg a spotrebovať približne 1 KW energie.

Americká armáda vyvíja Integrovaný systém biologickej detekcie inštalovaný na ľahké vozidlá v dvoch fázach. Prvá fáza, ktorá bola ukončená v októbri 1997, sa týkala montáže a odskúšania systému. Druhá fáza bola naplánovaná na zdokonaľovanie výrobku, ktorý mala za úlohu vylepšiť, zautomatizovať jeho systém a zvýšiť jeho účinnosť. Boli pridané k nemu aj ďalšie zariadenia, ako detektor biologických látok a hmotnostný spektrometer na stanovenie chemických a biologických látok. Dve sady (76 systémov) sa mali v americkej armáde začať využívať už v priebehu roku 1999. [68]

Zdokonaľovanie detektorov biologických látok pre letiská a prístavy sa začalo už v roku 1996. Je určená na vytvorenie sady nástrojov na detekciu, ochranu a odhad kontaminácie na základniach v prístavoch zahraničných spojeneckých krajín. Armádne výskumné laboratórium v spolupráci s výrobnými firmami ponúkajú zdokonalené detekčné a identifikačné technológie. Tieto zahŕňajú aj rýchle vybavenie pre kolektívnu ochranu, jednoduché ústnosné masky pre prístavných robotníkov a ostatných civilných pracovníkov.

3.4.6 INDIVIDUÁLNA A KOLEKTÍVNA OCHRANA

K efektívnym prostriedkom biologickej ochrany patria všetky dostupné prostriedky individuálnej a kolektívnej ochrany, tak ako v prípade ochrany pred jadrovými a chemickými zbraňami. Nimi je možné zabezpečiť ochranu dýchacích orgánov a nekrytých častí tela pred zasiahnutím bojovými biologickými prostriedkami.

Podľa názorov odborníkov zavedené druhy vojskových ochranných masiek a dýchacích prístrojov poskytujú dostatočnú ochranu pred vniknutím choroboplodných mikroorganizmov do organizmu človeka. V podmienkach ozbrojených silách vyspelých štátov sa jedná o celý rad zavedených typov masiek. Vo filtroch týchto masiek sú zachytávané častice biologického aerosólu, ktorých veľkosť sa pohybuje v rozmedzí od 1 do 5 μm až s 99,99 % účinnosťou.

Ochranu povrchu celého tela pred kontamináciou choroboplodnými zárodkami zabezpečuje používanie izolačných, alebo filtračných ochranných odevov.

Prenikaniu choroboplodných zárodkov do organizmu je v nutných prípadoch možné zabrániť použitím respirátorov, alebo akoukoľvek inou ochranou dýchacích orgánov. Respirátory chránia dýchacie orgány pred zasiahnutím po dobu približne 4 hodín. Na ich improvizovanú prípravu je možné využiť vatú, gázu, šatky, vreckovky a pod.

K účinným prostriedkom kolektívnej biologickej ochrany patria, podobne ako je to v ochrane proti parám a aerosólom toxických chemických látok, dokonale utesnené úkryty a objekty, ktoré sú vybavené filtračným a ventilačným zariadením. K takýmto patria v poľných podmienkach poľné a stabilné ochranné objekty, budované ženijným vojskom na ochranu živej sily, na zabezpečenie činnosti vyšších štábov, na poskytovanie preventívnej liečebnej starostlivosti a na zabezpečovanie celého radu ďalších činností v podmienkach použitia zbraní hromadného ničenia. [30]

K prostriedkom kolektívnej biologickej ochrany patria i bojové prostriedky (tanky, bojové vozidlá pechoty, obrnené transportéry a špeciálne kontajnerové nadstavby vozidiel), vybavené filtračným a ventilačným zariadením.

3.4.7 PROTIEPIDEMIOLOGICKÉ OPATRENIA NA ZVÝŠENIE ODOLNOSTI OSÔB

Za najúčinnjšie opatrenia biologickej ochrany považujú špecialisti v ozbrojených silách vyspelých štátov úmyselné vytváranie umelej imunity. Zvyšovanie odolnosti vojakov voči infekčným chorobám je zabezpečované celým radom preventívnych opatrení. K základným patrí pravidelné ochranné očkovanie, profylaktické podávanie sér, antibiotík a iných liečebných preparátov. Cieľom uvedených opatrení je dosiahnuť v organizme každého jednotlivca taký stupeň odolnosti, aký by sa dosiahol po prežití nákazy prirodzenou cestou.

Na ochranu jednotiek proti infekčným ochoreniam sa používa ochranné očkovanie, predovšetkým proti kiahňam, brušnému týfusu a paratýfusu, tetanu, záškrtu, žltej zimnici, škvrnitému týfusu, cholere, moru, chrípke a iným.

Pre zaistenie profylaktických opatrení sa môžu používať živé, mŕtve alebo chemické očkovačie látky, prípadne anatoxíny. Živé vakcíny sú oslabené choroboplodné mikroorganizmy, ktoré po vniknutí do organizmu nie sú schopné vyvolať jeho nákazu. Len sa v ňom rozmnožujú a vyvolávajú v tele obranné reakcie.

Mŕtve vakcíny sa pripravujú z choroboplodných mikroorganizmov vystavených pôsobeniu rôznych chemických látok, ako napríklad formaldehydu a iných, alebo ultrafialovému žiareniu a podobne.

Chemické vakcíny sa pripravujú za zložitých podmienok z choroboplodných mikroorganizmov a nimi produkovaných látok.

Anatoxíny sa získavajú imunizáciou zvierat opakovanými a zosilovanými dávkami zvoleného antigénu. [23]

Vývojové organizácie zaoberajúce sa obranou jednotlivca vyvíjajú najmä vakcíny proti biologickým látkam, ktoré navodzujú prirodzenú telovú odpoveď. Konečným cieľom je vyvinúť multivalentnú orálnu vakcínu, ktorá by vyžadovala iba jednu dávku bez vedľajších účinkov, ktorá vyvoláva rýchlu imunitu a ponúka komplexnú ochranu, a to s dlhou životnosťou, lacnou výrobou a licencovanú na celosvetové použitie. Tento cieľ je však ešte vzdialený.

3.4.8 LIKVIDÁCIA NÁSLEDKOV BIOLOGICKÉHO NAPADNUTIA

Základným cieľom likvidácie následkov biologického napadnutia je zabránenie vzniku veľkých strát na živej sile, zníženiu bojaskopnosti jednotiek v dôsledku dlhodobého používania ochranných prostriedkov a zariadení, zníženiu časových strát z obchádzania kontaminovaných priestorov a celého radu obmedzení v bojovej činnosti jednotiek. Zodpovednosť za organizáciu opatrení na likvidáciu následkov biologického napadnutia nesú velitelia všetkých stupňov. Návrhy na opatrenia na likvidáciu následkov biologického napadnutia predkladajú náčelníci špeciálnych druhov vojsk a služieb, a to vojská radiačnej, chemickej a biologickej ochrany, ženijného vojska a logistiky, ktorí spoločne so zdravotníckym zabezpečením zodpo-

vedajú za jej efektívnosť a technické zabezpečenie. Všetky opatrenia na likvidáciu následkov biologického napadnutia musia byť zabezpečované v súlade s bojovou situáciou a požiadavkami veliteľov minimálnymi prostriedkami a s maximálnou efektívnosťou.

Likvidácia následkov biologického napadnutia zahŕňa predovšetkým dezinfekciu výzbroje, bojovej techniky, objektov a kontaminovaného terénu, ako aj hygienickú očistu osôb. Po radie, naliehavosť a vykonanie prác je závislé predovšetkým na ich ďalšom predpokladanom použití a na dobe, po ktorú si použitý choroboplodný mikroorganizmus zachováva v danom prostredí svoju biologickú účinnosť. Pri riešení týchto otázok sa taktiež zvažuje, za akú dobu dôjde k prirodzenej dezinfekcii (t.j. k strate biologickej účinnosti biologických prostriedkov v danom prostredí), a aká doba bude potrebná na vykonanie dezinfekčných prác v požadovanom rozsahu.

Vykonanie dezinfekcie je účinné len v tom prípade, keď sa výrazne prejaví v bezprostrednom obnovení bojaskopnosti a zabráni nekontrolovanému šíreniu infekčných nákaz na bojisku, ale aj v zázemí. Na dezinfekciu sa využívajú vojskové prostriedky pre dekontamináciu, ale najmä špeciálna technika jednotiek radiačnej, chemickej a biologickej ochrany. [21]

3.4.9 DEZINFEKČNÉ LÁTKY A PROSTRIEDKY

Na dezinfekčné látky a prostriedky sú vo všeobecnosti kladené požiadavky, aby boli dosiahnuteľné v dostatočnom množstve, vyznačovali sa vysokou účinnosťou, pôsobili rýchle a bolo nimi možné vykonať dezinfekciu všetkých, alebo aspoň väčšiny biologických prostriedkov.

Látky a prostriedky používané v ozbrojených silách vyspelých štátov sa rozdeľujú do dvoch základných skupín:

- prirodzené dezinfekčné látky a prostriedky
- chemické dezinfekčné látky a prostriedky.

Ako **dezinfekčné látky a prostriedky prirodzeného pôvodu** je možné využiť najmä vplyv suchého počasia, slnečného žiarenia, dažďových zrážok, ale aj studenej a vriacej vody, účinky zeminy, suchého tepla a ohňa. Využitie prírodných vplyvov je za priaznivých podmienok považované špecialistami ozbrojených síl vyspelých štátov za dostatočne efektívny spôsob, ktorým je možné bez mimoriadnych nákladov dosiahnuť v primeranom čase potrebný výsledok.

Využitie vplyvu počasia na dezinfekciu kontaminovaných priestorov, objektov, výzbroje a materiálu patrí k najjednoduchším. Z jednotlivých poveternostných prvkov sa využíva najmä vplyv nízkej vlhkosti, dažďových zrážok a slnečného žiarenia. Väčšina choroboplodných zárodkov, ktoré prichádzajú do úvahy pri biologickom útoku, podlieha deštrukcii účinkom **slnečného žiarenia**, a to najmä jeho ultrafialovej alebo infračervenej zložke, v priebehu jedného dňa, avšak niektoré spóry sú voči vplyvom nízkej vlhkosti odolné.

Prirodzený dezinfekčný účinok dažďových zrážok spočíva v tom, že **dažď** choroboplodné mikroorganizmy z kontaminovaných povrchov postupne zmýva a zanáša ich do pôdy. Vlhká zem ich vstrebáva a nedovoľuje ich rozprášenie v podobe sekundárneho biologického aerosólu do ovzdušia. Tým sa účinnosť biologickej kontaminácie znižuje, ale k úplnej dekontaminácii nedôjde.

Rýchlosť dehydratácie choroboplodných mikroorganizmov rozptýlených v prostredí, ovplyvňuje **vlhkosť vzduchu**. Napriek tomu, že rad choroboplodných zárodkov, najmä však niektoré spóry, sú proti vplyvom nízkej vlhkosti odolné, za dlho trvajúceho suchého počasia dochádza ku zničeniu väčšiny biologických prostriedkov.

Úžitková voda sa považuje za vhodný prostriedok na dezinfekciu povrchov kontaminovaných biologickými prostriedkami. Zmývaním kontaminovaných povrchov vodou sa odstraňuje väčšina choroboplodných zárodkov v priebehu krátkej doby. Účinnosť dekontaminácie sa

zvyšuje vodou pod tlakom, zvýšením teploty, pridávaním mydiel alebo detergentných látok do vody. Pri použití pary dôjde k usmrteniu väčšiny choroboplodných mikroorganizmov v priebehu krátkej doby. Použitá voda sa stáva kontaminovanou a preto sa nesmie miešať s čistou vodou. Dekontaminácia použitej vody sa najčastejšie vykonáva pridávaním dezinfekčných látok s jej následnou filtráciou.

Dezinfekcia predmetov, vrátane malého množstva vody, môže byť zabezpečená vriacou vodou alebo **varom** po dobu 15 minút. Ak sa vykonáva dezinfekcia vo vyšších nadmorských výškach, je potrebné ju predĺžiť na dobu až 30 minút. V autoklávoch sa doporučuje vykonávať dezinfekciu kontaminovaných predmetov pri 120 °C po dobu 15 minút a za zníženého tlaku pri teplote asi 110 °C po dobu 1 hodiny.

Využitie **zeminy** na prekrytie kontaminovaných plôch je veľmi účinné najmä v poľných podmienkach pri dezinfekcii terénu po výbuchu biologickej munície a pri likvidácii zvyškov kontaminovaných choroboplodnými zárodkami.

Za výhodných poveternostných podmienok sa môže na zničenie choroboplodných mikroorganizmov využívať **ohň a suché teplo**. Pripadá to do úvahy najmä pri potrebe zničiť uhybnuté infikované zvieratá a hmyz, prípadne kontaminované odpadky a pod.. Suchému teplu nad 170 °C väčšina choroboplodných zárodkov podlieha v priebehu dvoch až troch hodín. Pri vyšších teplotách, ktoré sú dosahované pri horení, je to oveľa skôr.

Medzi **dezinfekčné látky** zavedené do výzbroje ozbrojených síl vyspelých štátov patrí celý rad vysoko účinných chemických zlúčenín vyznačujúcich sa vysokými dezinfekčnými účinkami. Tieto sa používajú vo forme pár, kvapalných, alebo tuhých zmesí.

Na dezinfekciu sa používajú odmorovacie zmesi, ktoré obsahujú chlórové vápno, chlórnan vápenatý alebo dichlóramín. Okrem toho sa používajú špeciálne dezinfekčné látky, ktoré zabezpečuje zdravotnícka a veterinárna služba. Sú to lyzol, formaldehyd, rôzne typy monochlóramínov a persteril.

Lyzol je roztok krezolu v mazľavom mydle. Je to červenohnedá olejovitá kvapalina, dobre rozpustná vo vode.

Formaldehyd je 35 až 40 % vodný roztok nazývaný formalín, ktorý pôsobí dráždivo na kožu. Riedi sa podľa návodu a podľa účelu použitia. V zimných podmienkach je možné ho výhodne riediť etylalkoholom, aby sa znížil bod tuhnutia.

Monochlóramín B a monochlóramín T sú biele kryštalické látky slabo zapáchajúce po chlóre. Veľmi dobre sa rozpúšťajú vo vode. V chlórovaných organických rozpúšťadlách sa nerozpúšťajú. Monochlóramíny v pevnom stave sú látky pomerne stále. Vodné roztoky vydržia v chlade a v tme niekoľko mesiacov bez zmeny.

Persteril je 40 % vodný stabilizovaný roztok kyseliny peroctovej.

Zo špeciálnych dezinfekčných látok je možné spomenúť chlórnan sodný, hydroxid sodný a ďalšie. [69]

Ako **prostriedky na dezinfekciu** výstroje, výzbroje, objektov a terénu sa v ozbrojených silách vyspelých štátov využívajú technické prostriedky na zabezpečenie dekontaminácie. Prostriedky a zariadenia používané na dekontamináciu sú konštruované ako viacúčelové. Umožňujú použitie všetkých základných látok určených na odmorenie, deaktiváciu, ale aj dezinfekciu bojovej techniky, materiálu a výstroja, kontaminovaných priestorov a objektov biologickými prostriedkami.

Dekontaminácia môže byť nereaktívna – používajúca adsorpciu, alebo fyzické čistenie umývaním a reaktívna – využívajúca dezinfekčné látky na likvidáciu biologických prostriedkov.

Vo Veľkej Británii bolo vyvinuté množstvo reaktívnych dekontaminačných látok s modifikáciou komerčných práškov a zosyntetizované samodekontaminujúce farby, ktoré chemicky zničia (nie iba absorbujú) chemické a biologické látky. Natreté povrchy sú účinné na 95 %, s možnosťou rozbehnutia katalytickej reakcie v neskoršom čase. [70]

Americké strednodobé požiadavky sú vymeniť štandardné dekontaminačné látky za podstatne menej korozívne a menej ekologicky škodlivé materiály a vyvinúť spôsob dekontaminácie vnútorných priestorov lietadiel.

Dlhodobé úsilie je zamerané na dekontamináciu výstroja a prepravovaného leteckého tovaru. Výskumníci izolovali charakteristické enzýmy produkované morskými baktériami, ktoré detoxikujú nervové látky dostatočne rýchlo, aby boli zaujímavé pre vojenské účely. Cieľom výskumu je ukázať funkčný enzýmový dekontaminačný systém, ktorý by odmoroval toxické chemické látky, ale dezinfikoval aj biologické látky. [71]

3.4.10 SÚČASNÝ STAV A PERSPEKTÍVY ROZVOJA PROSTRIEDKOV NA BIOLOGICKÚ OCHRANU V OZBROJENÝCH SILÁCH SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Cieľom biologickej ochrany je maximálne oslabiť účinky biologických prostriedkov na vojská a vytvoriť tak nevyhnutné podmienky na splnenie úloh boja a operácie.

Biologická ochrana je súčasťou samostatného druhu bojového (operačného) zabezpečenia – radiačnej, chemickej a biologickej ochrany vojsk, ktorá napriek znižovaniu napätia a postupnej likvidácii zásob zbraní hromadného ničenia vo svete je veľmi aktuálna, pretože jadrové, chemické a biologické zbrane sú stále v arzenáli mnohých armád a pokiaľ nebudú úplne zlikvidované, hrozba z následkov ich použitia je reálna, či už v rôznych formách použitia na bojisku, alebo i v mierových podmienkach prostredníctvom rôznych teroristických skupín. Túto skutočnosť potvrdzujú posledné vojnové konflikty, ale aj vydierania teroristov za účelom dosiahnutia cieľov, ktoré sú v rozpore s medzinárodnými právnymi normami.

Biologická ochrana zahŕňa:

- varovanie pred nebezpečenstvom prechodu na použitie biologických zbraní;
- upovedomovanie vojsk o použití biologických zbraní;
- monitorovanie biologickej situácie;
- individuálnu a kolektívnu ochranu vojsk pred účinkami biologických prostriedkov;
- dekontamináciu útvarov, jednotiek, terénu a objektov.

Uvedené opatrenia realizujú v rámci systému radiačnej, chemickej a biologickej ochrany jednotky a útvary vlastnými silami a prostriedkami, pričom odborné opatrenia sú zabezpečované silami a prostriedkami špecialistov služieb a logistiky Ozbrojených síl Slovenskej republiky.

V súlade s Doktrínou Ozbrojených síl Slovenskej republiky vyplýva ozbrojeným silám (spolu s jednotkami polície a civilnej ochrany) povinnosť podieľať sa na likvidácii krízových situácií a prírodných katastrof. To však vyžaduje špecialistov radiačnej, chemickej a biologickej ochrany nielen výborne teoreticky pripravených, ale predovšetkým primerane technicky vybavených a vycvičených aj pre takéto špeciálne prípady.

V prognóze vývoja radiačnej, chemickej a biologickej ochrany Ozbrojených síl Slovenskej republiky sa hodnotí súčasný stav prostriedkov na plnenie jednotlivých opatrení a možnosti jednotiek ozbrojených síl s výhľadom do roku 2015.

Monitorovanie biologickej situácie sa realizuje prostredníctvom radiačného, chemického a všeobecného biologického prieskumu. Organizuje sa s cieľom získať informácie o skutočnej biologickej situácii a včas varovať jednotky pred ich nebezpečenstvom. Úlohou jednotiek všeobecného biologického prieskumu je vykonávať pozorovanie v priestore rozmiestnenia a jeho okolí. O nezvyčajných javoch podávať informácie svojim veliteľom, z podozrivých miest odoberať vzorky a odosielať ich do zdravotníckych a veterinárnych laboratórií.

Z hľadiska prostriedkov na individuálnu a kolektívnu ochranu osôb majú Ozbrojené sily Slovenskej republiky nasledovné vybavenie:

- ochranné masky M-10, M-10M, PRV-U;

- prostriedky ochrany kože, protichemická súprava JP-75A, protichemický odev OPCH-70 a OPCH-90;
- filtračné a ventilačné zariadenia, ktoré sú zabudované v bojových a niektorých zabezpečujúcich prostriedkoch.

Tieto prostriedky boli vyvinuté na ochranu pred účinkami zbraní hromadného ničenia, teda aj proti biologickým látkam. Ich ochranné vlastnosti pred účinkami nebezpečných látok sú minimálne. Na ochranu kože pred nebezpečnými látkami možno využiť len OPCH-70 a OPCH-90.

Súčasnú zavedenú prostriedky na individuálnu ochranu osôb nespĺňajú v plnom rozsahu požiadavky na ne kladené. Ochranné prostriedky v obmedzenej miere chránia proti účinkom nebezpečných látok.

Technický stav ochranných masiek i prostriedkov na ochranu povrchu tela sa neustále zhoršuje z dôvodu prirodzeného starnutia materiálu. V minulosti nebol doriešený ani komplex ochrany povrchu tela, ktorú protichemická súprava JP-75A neposkytovala v požadovanom rozsahu. Preto v roku 2000 bola zavedená nová ochranná maska OM-99 a po nej ochranná pláštenka OPLA-99 a neskôr aj filtračný odev SARATOGA. Vzhľadom na to, že proces obnovy prebieha postupne, sú najskôr vybavované špeciálne a až potom ostatné jednotky.

V oblasti kolektívnej ochrany sú nedostatky najmä v použiteľnosti filtrov, ktoré sú prestaré. Nie je zabezpečená ochrana proti nebezpečným látkam. Napriek uvedeným nedostatkom by boli využívané tak prostriedky na individuálnu, ako aj na kolektívnu ochranu proti biologickým látkam.

Technický stav prostriedkov na vykonávanie dekontaminácie je rozdielny a zodpovedá dobe výroby jednotlivých druhov techniky. V súčasnosti sú zavedené dekontaminačné automobily ARS-12M, ktorých koncepcia bola prijatá v 50. rokoch, a výroba bola ukončená v roku 1966. V 70. rokoch bola uskutočnená modernizácia doplnením prietokových ohrievačov. Tieto vozidlá sú morálne aj fyzicky zastarané.

Ďalšie kroky v modernizácii prostriedkov na dekontamináciu techniky boli uskutočnené zavedením dekontaminačného automobilu TZ-74, zariadenia pre dekontamináciu LINKA-82 a dekontaminačného automobilu ST-T-815. Aj keď majú tieto prostriedky určité nevýhody, je možné s nimi vykonávať dezinfekciu techniky materiálu a terénu.

V prognóze vývoja Armády Slovenskej republiky do roku 2015 sa z hľadiska monitoringu venuje pozornosť najmä prostriedkom na zisťovanie rádioaktívnych a toxických chemických látok bez ohľadu na ich pôvod (zo zbraní, alebo z infraštruktúry). Podobná situácia je i vo vyvíjanom systéme diaľkovej detekcie látok v atmosfére (DIAL). Je zameraný len na detekciu organických toxických chemických látok na vzdialenosť viac ako 1 km. Z uvedených dôvodov bude potrebné zabezpečiť finančné prostriedky na zakúpenie aj prístrojov biologického prieskumu pre jednotky prieskumu.

U technických prostriedkov na vykonanie dekontaminácie sa uvažuje najmä o náhrade zastaralého a morálne opotrebovaného dekontaminačného automobilu ARS-12M za nový, vhodný do terénnych podmienok. [72]

V nadväznosti na úspešný vstup Slovenska do NATO je možné očakávať v budúcnosti zvýšený dôraz na nákup nových moderných technických prostriedkov zistenia a monitorovania rôznych mikroorganizmov, prostriedkov ochrany osôb pred účinkami biologických látok, ako aj prostriedkov na likvidáciu ich následkov, tak aby tieto zabezpečili plnú kompatibilitu a úroveň štandardov NATO.

Uznesenie vlády č. 1021 zo dňa 24. októbra 2001 „Základný systém biologickej ochrany obyvateľov SR“ uložilo ministerstvu obrany, okrem iných úloh, aj doplniť vybavenie stacionárnych a mobilných laboratórií príslušnou prístrojovou technikou a zriadiť špeciálne mikrobiologické laboratórium na diagnostiku vysokovirulentných nákaz. Nositeľom tejto úlohy

v zdravotníckej službe Ozbrojených síl SR je Vojenský ústav hygieny a epidemiológie v Bratislave.

Stacionárne laboratória Vojenského ústavu hygieny a epidemiológie v Bratislave boli doplnené modernou prístrojovou technikou slúžiacou na základné laboratórne vyšetrenia pre hygienické a protiepidemické zabezpečenie vojsk, rýchle laboratórne vyšetrenie vzoriek potravín, vody, ovzdušia, vonkajšieho prostredia a biologického materiálu, vrátane zamorenia otravnými látkami. Bolo skonštruované poľné mobilné hygienicko-epidemiologické laboratórium (PMHEL), ktoré okrem všetkých vyššie uvedených činností vykonávaných v stacionárnom laboratóriu umožňuje aj identifikovať pôvodcov zvlášť nebezpečných prenosných nákaz, ktoré by potenciálne mohli použiť ako biologická zbraň.

Súpravu PMHEL je zabudovaná v strednom terénnom automobile AKTIS 4x4. 1R (nosič kontajnera ISO) so snímateľnou skriňovou nadstavbou vybavenou klimatizáciou a kúrením a v dvojnápravovom prívese s elektrocentrálou 2 x 4,5 kW diesel a transportným priestorom pre zdravotnícky materiál. Súpravu dopĺňa príslušenstvo (súprava pre odber vzoriek vonkajšieho prostredia, klimatizovaný stan s hygienickým filtrom a vozidlo na prepravu osôb, odber a prepravu vzoriek).

Súprava je určená predovšetkým na činnosť v teréne, pričom z epidemiologických dôvodov je schopná pracovať samostatne, izolovane od ďalších podporných prostriedkov vojskovej zdravotníckej služby. Môže však pracovať aj ako súčasť zdravotníckeho zariadenia – napríklad začlenená do infekčnej poľnej pohyblivej nemocnice (IPPN). Obsluha PMHEL sa skladá z vodiča – strojníka elektrocentrály, dvoch lekárov (prípadne vysokoškolsky vzdelaných zdravotníckych pracovníkov) a dvoch stredných zdravotníckych pracovníkov. Materiálno – technické vybavenie pozostáva zo základnej výbavy a systému modulov.

Pretože vnútorný pracovný priestor laboratória je limitovaný, jednotlivé moduly sa využívajú podľa druhu vyšetřovaného materiálu a zvolených diagnostických postupov. Na prepravu a uloženie modulov, ktoré sa v konkrétnom čase v závislosti na druhu laboratórných vyšetření nepoužívajú, slúži automobilový príves. Jednotlivé moduly obsahujú vysokošpecializované diagnostické prístroje a zodpovedajúce príslušenstvo. Názvy modulov zodpovedajú druhu laboratórnej diagnostiky, pre ktorú sú určené (modul základný, mikroskopovací, bakteriologický, virologicko-sérologický, parazitologický, hygienický, transportný, na prípravu pôd a roztokov, energetický, informačný).

Diagnostické prístroje, ktoré sú súčasťou jednotlivých modulov umožňujú využívať najmodernejšie diagnostické postupy zaručujúce rýchlosť, kvalitu a presnosť výsledkov vyšetření na súčasnej svetovej úrovni. Srdcom celého systému je prenosný prístroj R.A.P.I.D. spoločnosti Idahotech (USA) na rýchlu diagnostiku B-agens metódou real-time PCR. Vycvičená obsluha dokáže pomocou neho do 30 minút diagnostikovať z vyšetřovaných vzoriek pôvodcov zvlášť nebezpečných nákaz ako sú antrax, brucelóza, tularémia alebo mor. [73]

3.4.11 ZÁKAZ VÝVOJA, VÝROBY A LIKVIDÁCIA BIOLOGICKÝCH ZBRANÍ

Použitie biologických zbraní bolo prvýkrát zakázané tzv. **Ženevským protokolom zo 17. júna 1925** (PROTOCOL FOR THE PROHIBITION OF THE USE IN WAR OF ASPHYXIATING, POISONOUS OR OTHER GASES, AND OF BACTERIOLOGICAL METHODS OF WARFARE), ktorý nadobudol platnosť 8. februára 1928, a ktorý prakticky zakazuje iba použitie zbraní, ale nie ich vývoj, výrobu a skladovanie. [39]

Až 10. apríla 1972 bola podpísaná zásadná medzinárodná konvencia, ktorá prvýkrát v dejinách odzbrojovacích rokovaní komplexne zakazuje jednu celú kategóriu zbraní hromadného ničenia. Konvencia o biologických zbraniach nadobudla platnosť 26. marca 1975. Jej presný názov znie: "**Konvencia o zákaze vývoja, výroby a hromadenia zásob bakteriologických (biologických) a toxínových zbraní a ich zničení**" (CONVENTION ON THE

PROHIBITION OF THE DEVELOPMENT, PRODUCTION AND STOCKPILING OF BACTERIOLOGICAL (BIOLOGICAL) AND TOXIN WEAPONS AND ON THEIR DESTRUCTION). Táto významná medzinárodná konvencia bola pripravená a vyhlásená Organizáciou spojených národov a Svetovou zdravotníckou organizáciou. [74]

Biologické zbrane sa v celom rade krajín preukázateľne vyvíjali do podpisu Konvencie. Ide teda o prvý historický akt týkajúci sa skutočného odzbrojenia vrátane zničenia zásob biologických zbraní. Treba však pripomenúť, že slabým miestom Konvencie o biologických zbraniach sú nedostatočné overovacie mechanizmy pre zisťovanie plnenia jej jednotlivých ustanovení.

Slovenská republika podpísala konvenciu o biologických zbraniach už 10. apríla 1972 ešte pod hlavičkou spoločného štátu s Čechmi a ratifikačné listiny odovzdala 30. apríla 1973. Konvencia o biologických zbraniach bola podpísaná v období vzniku a nového rozvoja molekulárnej genetiky a ostatných významných oblastí molekulárnej biológie. Medzi expertmi na problematiku biologických zbraní existujú oprávnené obavy, že molekulárna biológia a najmä génové inžinierstvo by mohli byť zneužitú na vývoj úplne nových typov biologických zbraní (etnických zbraní). Preto s pravidelnosťou jedného až dvoch rokov sa v Ženeve schádzajú zástupcovia jednotlivých krajín z celého sveta na hodnotiacich konferenciách zmluvných strán Konvencie.

V dňoch 14. júla až 1. augusta 1997 sa v Ženeve konalo 7. zasadanie hodnotiacej konferencie (Ad hoc skupiny) zmluvných štátov Konvencie o zákaze biologických zbraní (BWC – Biological And Toxin Weapons Convention And Preventing Biological Warfare). Predmetom jej rokovania bolo posudzovanie prvej verzie **návrhu verifikačného protokolu**, ktorý by sa po zavedení kontrolného mechanizmu v oblasti chemických zbraní mal uplatniť aj v kontrole biologických zbraní .

Je zrejmé, že napriek deklarovanej snahe o posilnenie Konvencie nie všetky krajiny majú skutočný záujem o vytvorenie fungujúceho systému zabránenia zneužívania poznatkov biológie na vojenské, prípadne teroristické účely. V takomto svetle sa prezentoval Irán tým, že spochybnil už vopred dohodnutý text o povinnosti deklarovať vojenské zariadenia zamerané na biologické programy. Hlasy Južnej Afriky a Veľkej Británie, v mene všetkých štátov, ktoré pravidelne ročne deklarujú údaje podľa opatrení na posilnenie dôvery, boli jasne proti spochybňovaniu tejto časti textu. Počet štátov, ktoré pravidelne poskytujú tieto výkazy OSN je 28, pričom Slovenská republika patrí od svojho vzniku medzi ne. Opatrenia na posilnenie dôvery sa jednoznačne osvedčili a stali sa aj základom verifikačného režimu. [75]

Predmetom diskusie hodnotiacej konferencie bola, okrem rôznych odborných a technických aspektov verifikačného protokolu, aj inštitucionalizácia mechanizmu kontroly dodržiavania Konvencie. Aj v tomto prípade je možné pozorovať diametrálne odlišný prístup Ruska a západnej skupiny k podstate kontrolného mechanizmu. Rusko pri každej príležitosti hľadá cestu na oslabenie mechanizmu, zatiaľ čo západná skupina sa snaží o jej posilnenie v čo najvyššej možnej miere.

Rusko predstavilo návrh na vytvorenie orgánov v rámci existujúcej štruktúry OSN, ktoré boli priamo naviazané na Bezpečnostnú radu OSN v prípade uplatňovania verifikačných nástrojov vytvorených v rámci protokolu. Z tohto návrhu je evidentné, že Rusko má záujem presadiť taký mechanizmus, ktorý jej umožní vetovať nepohodlné iniciatívy zamerané na kontrolu dodržiavania Konvencie. Vzhľadom na to, že tento zámer je veľmi priehľadný a iba ťažko presaditeľný, ide zrejme iba o zdržiavaciu taktiku, ktorá by mohla súvisieť s priznanými biologickými programami vojenskej povahy.

Ruský návrh na posilnenie dôvery sa opiera o súčasný mechanizmus, obsiahnutý v článkoch V. a VI. Konvencie. Ten zakotvuje záväzok zmluvných štátov konzultovať a spolupracovať pri riešení otázok spojených s plnením ustanovení Konvencie a možnosť podať sťažnosť Bezpečnostnej rade OSN v prípade, že nie je možné problém vyriešiť prostredníctvom

konzultácií zainteresovaných strán. Rusko zároveň argumentuje, že snaha o vytvorenie Organizácie pre zákaz biologických zbraní je pokusom o spochybnenie prijateľnosti využitia Bezpečnostnej rady OSN ako vykonávateľa vyšetrovaní možných porušení Konvencie.

Uvedená snaha údajne na jednej strane ohrozuje politickú váhu Bezpečnostnej rady OSN, a na strane druhej vytvára predpoklady pre revíziu dohovoru. Rusko zastáva názor, že existujúci mechanizmus je potrebné iba rozpracovať do podrobných postupov vyšetrovania porušenia dohovoru. Takýto mechanizmus by mal zároveň obsahovať ustanovenie, že predbežné dôkazy o porušovaní dohovoru nesmú byť získané v rozpore so zákonmi štátu iniciujúceho vyšetrovanie, ani podozrivého štátu. Celý navrhovaný mechanizmus sa javí ako časovo náročný a preto v prípade biologických aktivít, ktoré sa dajú väčšinou rýchlo zakryť, absolútne neúčinný. [76]

Druhý prúd tohto vývoja ide smerom k vytvoreniu Organizácie pre zákaz biologických a toxínových zbraní (BWCO), ktorá by mala byť obdobou Organizácie pre zákaz chemických zbraní (OPCW), vhodne prispôsobenou odlišnostiam v povahe chemických a biologických zbraní. Vznik takejto organizácie presadzuje západná skupina a do diskusie sa intenzívne zapájajú i niektoré rozvojové krajiny, z čoho možno usudzovať, že majú záujem o vznik samostatnej organizácie. Tento prístup sa z ich hľadiska javí ako výhodnejší, pretože im poskytuje priestor na presadenie svojich záujmov v oblasti výmeny informácií, materiálov a technológií v príslušnej oblasti a tiež na zakotvenie ustanovení o pomoci pri vedecko-technickom rozvoji. Rozvojové krajiny, pre ktoré sú tieto ciele nadradené samotnému zákazu biologických zbraní, využívajú každú príležitosť na uvoľnenie toku know-how smerom k ich vedeckým a priemyselným potenciálom.

Zmluvné štáty Konvencie pri vypracovaní verifikačného protokolu predpokladajú, podobne ako pri samotnej Konvencii, uskutočňovanie hodnotiacich konferencií za účelom hodnotenia fungovania protokolu. Takéto konferencie zmluvných štátov protokolu by sa mali uskutočňovať každých päť rokov a časovo by mali byť naviazané na hodnotiace konferencie Konvencie.

Protokol nadobudne platnosť v závislosti od určitého počtu ratifikácií, ktorý zatiaľ nebol stanovený. Čína poukazuje na potrebu univerzálnosti protokolu a navrhuje časovať termín nadobudnutia platnosti protokolu ihneď po ratifikácii väčšinou zmluvných strán Konvencie. Znamenalo by to, že pri súčasnom počte 139 zmluvných štátov Konvencie by išlo o 70 ratifikácií, čo v porovnaní s podobnými zmluvami je pomerne vysoké ratifikačné kvórum (napr. Konvencia o zákaze chemických zbraní si vyžadovala 65 ratifikácií a Konvencia o všeobecnom zákaze jadrových skúšok iba 44 ratifikácií. [77]

3.5 BIOLOGICKÉ ZBRANE ZOSTÁVAJÚ AKTUÁLNOU HROZBOU

Výhodou biologických zbraní pre užívateľa je ich jednoduchá výroba, nízka cena, ale aj nepozorovaný a ľahko utajený prenos, doprava kamkoľvek je to potrebné aj cez letiskové kontroly. Z hľadiska vyspelých veľmocí, ale aj všetkých demokratických štátov, je nebezpečenstvo teroristického biologického útoku proti zvrchovanosti a politike jednotlivých štátov vysoké a skutočnosť, že útočník sa dá včas len veľmi ťažko vypátrať, nebezpečie použitia biologických zbraní len zvyšuje. Útočník (terorista) bude mať vždy výhodu prvého ťahu; a pripravenosť na žiaden rozsiahly útok vedený proti obyvateľstvu, prípadne hospodárskym zvieratám s použitím biologických zbraní nebude nikdy dostatočujúca. Mnohí by radi verili tomu, že k ich použitiu v súčasnosti ani nikdy v budúcnosti nedôjde. Často sa dnes v odborných kruhoch diskutuje o pravdepodobných variantoch použitia biologických zbraní. Podľa nich by potenciálny protivník s vysokou pravdepodobnosťou použil biologické zbrane nie ako východisko z núdze, ale ako súčasť svojej stratégie. [78]

Génové inžinierstvo dnes už dokáže divy, ale problém ochrany pred jeho zneužitím je veľmi zložitý. Je nositeľom biotechnologickej revolúcie, ktorá môže mať nepredvídateľné dôsledky. Odhliadnuc od problému použitia biologických zbraní si musíme uvedomiť vplyv génového inžinierstva aj v iných oblastiach. Tak napr. nepredvídateľné budú jeho dôsledky aj pre ekológiu. Už dávnejšie je známe, že keď sa niektorý exotický druh živočíchov, rastlín alebo hmyzu dostane do nového priaznivého prostredia, jeho dovtedajší obyvatelia nie sú schopní „cudzinca“ vytlačiť, ale ani s ním udržiavať rovnováhu. Nastane doba, kedy „transgenetické“ živočichy a rastliny začnú útočiť na bežnú faunu a flóru. Len ťažko je možné predstaviť si dôsledky vzniku množstva celkom nových mikroorganizmov, vytvorených génovým inžinierstvom, v našom svete. Pokrok nie je možné zastaviť, zákaz výskumu a práce v tejto oblasti by nikdy nebol možný a efektívny.

Samozrejme, že oblasť biologických zbraní predstavuje, vzhľadom k citovaným ťažkostiam s ich kontrolou, dominantný problém. To preto, že aj špičková technika biologickej ochrany dokáže len zistiť, že biologické zbrane boli už použité. Nedokáže im úspešne odolávať a navyše je určená vojakom a nie civilistom, ktorí zostanú bezbranní pred pôsobením mikroorganizmov, ktoré môžu byť v krátkej budúcnosti geneticky upravené, alebo úplne nové a teda nebude proti nim lieku.

Ak sa hovorí o ochrane pred biologickými zbraňami, hovorí sa o ochrane vojakov, nie civilného obyvateľstva a pri tom sa predpokladá, že biologické zbrane sú najúčinnnejšie proti husto obývaným centrá, najmä mestám. Toho sú si vedomí aj teroristi pri úvahách o použití biologických zbraní. Hoci problém terorizmu bol dostatočne popísaný a je neustále analyzovaný z pohľadu vývoja prostriedkov a metód násilia, ani v najnovšej literatúre nenájdeme vyčerpávajúcu odpoveď na riešenie spoľahlivej ochrany – tohto závažného problému súčasnosti.

Biologické zbrane sú v poslednej dobe charakterizované ako jedna z tých vecí, ktoré sú ako „džin vo fľaši“. Pokiaľ sa dostane von a vymkne kontrole, je skoro nemožné ho späť do fľaše zavrieť.

3.6. LITERATÚRA

- [1] MIKA, O.: Současný terorismus a nebezpečí šíření zbraní hromadného ničení, *Mezinárodní politika* 12/1994, s. 31.
- [2] PULIŠ, P.: Stále aktuálne biologické zbrane, *Zborník vedeckých prác* 1/1999 VA Liptovský Mikuláš, s.101 – 108.
- [3] KONŮPKA, F.: Biologická válka, *Naše vojsko*, Praha 1958.
- [4] EBRINGER, L.: Krutá hrozba biologických zbraní, *PRAVDA*, z 12. marca 1998, s. 9.
- [5] MIKA, O.: Zbrane „chudobných“, *Apológia* 8/1994, s. 22 – 23.
- [6] ROTHSCHILD, J. H.: *Tomorrow's weapons Chemical and Biological*, McGraw-Hill Book Company New York, Toronto, London 1964, p. 11 – 20.
- [7] KOTEK, K.: Pět let před koncem tisíciletí - II, *ZHN v roce 1995 - Chemické a biologické zbraně*, *Vojenské rozhledy* č. 3/1995, s. 36 – 41.
- [8] PITSCHMAN, V.: *Historie chemické války*, Military System Line, s.r.o., Praha 1999, s.70 – 77.
- [9] ŠITA, F. a kol.: *Vietnamská válka*, *Naše vojsko* Praha 1983, s. 180 – 182.
- [10] ANDREJEV, V., KONDRATOV, A.: *Ataka na přírodu*, *Armejskij sbornik* 11/1996, s.92 – 95.
- [11] MATOUŠEK, J.: Je svět ohrožen irackými chemickými a biologickými zbraněmi?, *Mezinárodní politika* 5/1998, **22**, s. 31 – 33.
- [12] COLE, L. A.: *The Eleventh Plague, The Politics of Biological and chemical Warfare*, Printed in the United States of America 1997, p. 197 – 212.

- [13] VENTER, A.: The invisible threat, what does Russia have up its biological warfare sleeve, *Jane's International Defense Review* 9/1998, **31**, p. 25 – 28.
- [14] Redakcia: Iracká kríza poukazuje na hrozbu chemických a biologických zbraní, uverejnené vo Výbere zo zahraničnej tlače 3, Odd. RCHBO GŠ ASR Trenčín 1998, s.18 – 19.
- [15] ERLICH, J.: U.S. Experts Cite Weaknes of Biological War Treaty, *Defense News* 34/1997, **12**, p. 6.
- [16] HERMANN, W. A.: „Superterrorismus“ – Herausforderung des 21. Jahrhunderts, *Europäische Sicherheit* 8/1995, **47**, s. 51 – 53.
- [17] Editorship: Healt aspects of Chemical and Biological Weapons, World Health Organization Geneva 1970, p. 12.
- [18] BELLO, J.: Veterinárna služba, Názvoslovie, MO SR Bratislava 2001, s. 18.
- [19] SOUKUP, V. a kol.: Zbraně hromadného ničení a ochrana proti nim I. díl, VAAZ Brno 1985, s. 126 – 137.
- [20] Zprav-51-8: Biologické zbraně a protibiologická ochrana vojsk americké armády, Praha 1974, s.48 – 97.
- [21] ZAHRADNÍČEK, P.: Biologické zbraně a ochrana proti nim, VVŠ PV 1992, 210 s.
- [22] S-Vet-1-1: Veterinárne opatrenia v ASR, MO SR Bratislava 2000, 76 s.
- [23] PULIŠ, P.: Biologické zbrane, RVO VLA Košice 1999, ISBN 80-7166-035-3, 86 s.
- [24] HRUŠOVSKÝ, J., BENEŠ, J.: Ocrana zvířat, surovin potravín a krmiv před účinky otravných látek (Toxikologie), Naše vojsko Praha 1987, s. 135 - 146.
- [25] TÖLGYESSY, J. a kol.: Otázky a odpovede z biológie životného prostredia, Alfa Bratislava 1989, s. 321.
- [26] PULIŠ, P.: Zbrane hromadného ničenia, VVŠL Košice 1995, s. 202 – 224.
- [27] HRÚZIK, J.: Vademecum medicí 3. rozšírené vydanie, Osveta Martin 1985 s. 633 – 634.
- [28] DURDIÁK, J., GLONČÁK, P., SEDLÁK, L.: OPZHN a chemické zabezpečenie, I. diel, VVTŠ Liptovský Mikuláš 1991, s. 8 – 17.
- [29] PRYMULA, R. a kol.: Biologický a chemický terorizmus, Grada Publishing Praha 2002, ISBN 80-247-0288-6, 150 s.
- [30] Vševojsk-2-1: Radiačná, chemická a biologická ochrana vojsk, Trenčín 1998, 64 s.
- [31] PETERS, C. J., OLSHAKER, M.: Lovec virů, Knižní příloha, Výběr červen 1997, s.139 – 160.
- [32] TRTÍLEK, L.: Příručka pro vojenské chemiky, Naše vojsko Praha 1988, s. 141 – 147.
- [33] ZEMAN, M.: Zbraně hromadného ničení armád NATO, VAAZ Brno, 1987, s. 78 – 91.
- [34] BALOUN, J. a kol.: Rostliny způsobující otravy a alergie, Avicenum Praha 1989, s. 107 – 108,
- [35] BETINA, V.: Mykotoxíny, chémia-biológia-ekológia, ALFA Bratislava 1990, ISBN 80-05-00631-4, 284 s.
- [36] ZAKRAVSKÝ, J. a kol.: Nové druhy prostředků hromadného ničení, UVIS ČSĽA Praha 1984, s. 59 – 66.
- [37] Editorship: Biological Warfare, *Armed Forces Journal International* 10/1998, **135**,p.37.
- [38] Filmový dokument: Biologické zbrane, Vysielačný káblovou televíziou na kanáli HBO 16. 9. 1998.
- [39] POHL, I.: Biologická válka, VLVaDÚ Hradec Králové 1988, s.104 – 126.
- [40] ROBERTS, B., PEARSON, G.: Bursting the biological bubble, how prepared are we for biowar?, *Jane's International Defence Review* 4/1998, **31**, p. 21 – 24.
- [41] PULIŠ, P.: Bagdad-terč útokov ničenia objektov na výrobu chemických a biologických zbraní, Zborník vedeckých prác 1/1999 VLA Košice, s. 64 – 70.
- [42] BEAL, C.: An invisible enemy, *International Defense Review* 3/1995, **28**, p. 36 – 40.
- [43] LARSEN, R. J., KADLEC, R. P.: Biological Warfare, A silent threat to American's

- Defense transportation system, Strategic Review Spring 1998, s. 5 – 10.
- [44] DIAMOND, J.: Mikróby pre vojnu, Apológia 5/1993, prevzaté z ExPRESS 22/1993, s.23.
- [45] EVANCOE, P. R.: Test tube may hold key to new mega-weaponry, National Defence 497/1994, **78**, p. 22 – 23.
- [46] Editorship: Deutsche Studie warnt vor Bedrohung durch Gentechnik und Computerwaffen, Allgemeine Schweizerische Militärzeitschrift 12/1997, **163**, s. 37.
- [47] VAVŘÍNEK, L., PULIŠ, P.: Biologické zbrane a biotechnológie, Vojenské obzory č. 1/1999, **6**, s 90 – 101.
- [48] Editorship: CBW Treat and Protection, Where Do We Stand?, Military Technology 5/1998, **22**, p. 255 – 260.
- [49] GUTZWILLER, F.: Biologische waffen neue aktualität, Allgemeine Schweizerische Militärzeitschrift 9/1996, **162**, s. 20.
- [50] www.gk2-po.sk/heureka/ucastnici/
- [51] KRECH, H.: Die Irakischen Streitkräfte 1998, Europäische Sicherheit 12/1998, **47**, p.49 – 51.
- [52] VENTER, A., J.: Missing in Iraq, the UN charts Saddam's lethal inventory, Lifting the lid on Baghdad's chemical and biological secrets, Jane's International Defense Review 5/1999, **32**, p. 34 – 40.
- [53] SELDEN, Z.: Expose biological terror, Biological threat grows with little attention, Defense News 8/1997, **12**, p. 17.
- [54] STOCK, T., GEISLER, E., TREVAN, T.: Kontrol' nad chimičeskim i biologičeskim oružijem, Mirovaja ekonomika i međunarodnyje otnošenija 1/1996, **27**, s.127 – 133.
- [55] THRÄNERT, O.: Perspektiven der Kontrolle biologische Waffen, Europäische Sicherheit 8/1994, **43**, s. 390 – 392.
- [56] WESTON, M.: Giving teeth to the Biological Weapons Convention, NATO review 3/1997, **45**, p. 33 – 35.
- [57] SCHÜTZ, M.: Terror and Countermeasures; Biological Weapons, Pfp Workshop CWC 2000; Chemical Weapons Convention – NBC Threats and Disarmament. AC-Laboratorium Spiez, Swizeland, 28 – 30 October 1998.
- [58] ZANDERS, J. P.: Assesing the Risk of Chemical and Biological Weapons Proliferation to Terrorists; The Nonproliferation Review, Fall 1999, p. 17 – 34.
- [59] CARUS, W. S.: The Threat of Bioterrorism, NDU Center for Counterproliferation Research, Washington, September 1997, No 127.
- [60] <http://gamesy.host.sk/biolog3.html>
- [61] STŘEDA, L., MATOUŠEK, J.: Ultraterorismus – jaderný, radiologický, chemický a biologický terorismus, Vojenské rozhledy č. 2/2002, s. 23 – 34.
- [62] SUŠKO, M.: Radiačná, chemická, biologická ochrana práporu, roty (oddielu, batérie), VA Liptovský Mikuláš 1996, s. 12-15.
- [63] BOBÁK, J., PULIŠ, P.: OPZHN jednotiek, útvarov a zariadení letectva, VVLŠ Košice 1989, s. 47.
- [64] PULIŠ, P.: Radiačná, chemická a biologická ochrana, 1. diel, Technické prostriedky na plnenie opatrení radiačnej, chemickej a biologickej ochrany, VLA Košice 1997, 109 s.
- [65] S-Vet-1-5: Protiepizootické zabezpečenie vojsk Čs. armády, FMO Praha 1992, s.3 – 19.
- [66] ŠTANGL, M.: Zkušnosti amerických sil z chemického zabezpečení operace, ATM 6/1995, s. 24 – 26.
- [67] ROOS, J. G.: Countering the bio threat, Armed Forces Journal International 1/1997, **134**, p. 16 – 17.
- [68] MIŠKANIN, M., PULIŠ, P.: Možnosti ochrany letiska pred chemickými a biologickými zbraňami, Zborník „The 4th International Conference NEW TRENDS OF DEVE-

- LOPMENT IN AVIATION“, VLA Košice 7. a 8. september 2000, VII, s 141 – 148.
- [69] Vševojsk-2-11/s: Špeciálna očista u vojsk, Praha MNO 1986, s. 42 – 48.
- [70] Redakcia: Británia zahájila zvyšovanie biologickej a chemickej obranyschopnosti, Defence News 33/1999, uverejnené vo Výbere zo zahraničnej tlače 6, Odd. RCHBO GŠ ASR Trenčín 1999, s. 12 – 13.
- [71] Mesačná spravodajská informácia k 30.9.1993: Americké zariadenie špeciálnej očisty XM19 NAEDS, MO SR Bratislava 1998, s. 63 – 64.
- [72] Kolektív: Prognóza vývoja technických prostriedkov RCHBO v OS SR do roku 2015, Podkladné materiály pre rokovanie Kolégia ministra, november 2003, 23 s.
- [73] ŠAVRDA, I. – KMEŤ, P.: Špičkové poľné laboratórium, Obrana/Armáda 5/2003, s. 14 – 15
- [74] VALACH, F.: Alternativní pravděpodobnost snížení hrozeb, Vojenské rozhledy 1/1998, 7, s. 30 – 36.
- [75] LAUŠ, J.: Súčasný stav v realizácii dohovoru o zákaze biologických a toxínových zbraní (BWC), Vojenské obzory 4/1997, 4, s. 108 – 111.
- [76] Redakcia: Dohovor o zákaze biologických zbraní, Správa zo zasadania Ad hoc skupiny v Ženeve, uverejnené vo Výbere zo zahraničnej tlače 1, Odd. RCHBO GŠ ASR Trenčín 1997, s. 14 – 15.
- [77] LAUŠ, J.: Dohovor o zákaze vývoja, výroby, hromadenia a použitia chemických zbraní, Vojenské obzory 4/1997, 4, s. 106 – 108.
- [78] Redakcia: Pentagonští odborníci varují před menšími chem-bio útokmi, uverejnené vo Výbere zo zahraničnej tlače 3, Odd. RCHBO GŠ ASR Trenčín 1998, s. 20 – 21.

ZÁVER

Zbrane hromadného ničenia v druhej polovici dvadsiateho storočia predstavovali a do značnej miery aj v tomto storočí predstavujú jednu z najväznejších hrozieb pre ľudstvo. Kým počas studenej vojny to boli predovšetkým obrovské arzenály jadrových a termojadrových hlavíc a bômb vo výzbroji svetových jadrových mocností, ktoré boli udržiavané v stave vysokej bojovej pohotovosti a schopné v prípade rozpútania svetovej jadrovej vojny prakticky zničiť civilizovaný svet, charakter súčasných hrozieb sa čiastočne zmenil.

Rozpad Sovietskeho zväzu, obnova demokracie vo východoeurópskych krajinách a s tým súvisiaci zánik bipolárneho rozdelenia sveta viedol k výraznému zníženiu rizika vypuknutia celosvetového ozbrojeného konfliktu a tým aj k zníženiu možnosti bojového použitia zbraní hromadného ničenia. Ale už predtým dve vtedajšie jadrové superveľmoci – USA a Sovietsky zväz – podnikli určité kroky, ktoré prispeli k obmedzeniu intenzívneho jadrového zbrojenia a v konečnom dôsledku vyústili do likvidácie značnej časti jadrových hlavíc z ich výzbroje.

Tento jednoznačne pozitívny proces pokračoval aj po zániku Sovietskeho zväzu, ktorého „jadrovým dedičom“ sa stalo Rusko a pripojili sa k nemu i ďalšie jadrové veľmoci – Veľká Británia a Francúzsko, ktoré výrazne znížili počty a typy svojej jadrovej výzbroje. Naopak, opačný postoj zaujala Čína, ktorá svoj jadrový arzenál kvantitatívne i kvalitatívne posilňuje. V roku 1998 pribudla do „jadrového klubu“ India a Pakistan. Obom týmto štátom nezabránili vo vývoji a výrobe jadrových zbraní a ich raketových nosičov ani uvalené sankcie. Prípady Pakistanu je o to varovnejšie, že práve táto krajina je podozrivá z transferu jadrových technológií do ďalších krajín v krízových oblastiach sveta.

Veľké obavy v súčasnosti vyvoláva jadrový program Kórejskej ľudovodemokratickej republiky a Iránu. Aj keď dosiaľ nie je jasné, či sa im jadrové zbrane už podarilo vyrobiť, v každom prípade disponujú technológiami, ktoré to umožňujú.

Namiesto sú aj obavy z možnosti, že do rúk teroristických organizácií sa dostanú chemické zbrane. Napríklad Rusko zdedilo po Sovietskom zväze vyše 40 000 ton toxických chemických látok laborovaných v rôznych typoch munície, ktorých skladovanie a kontrola je značne problematická. Zničenie tejto zásoby v stanovenej lehote v zmysle uzavretých medzinárodných dohôd naráža na vážne finančné i technické problémy. Celý rad štátov vlastní technológie, ktoré im umožňujú kedykoľvek začať výrobu chemických zbraní. Z toho vyplýva aj riziko nekontrolovaného šírenia týchto zbraní a riziko uskutočnenia teroristického chemického útoku.

V centre pozornosti všetkých orgánov, ktoré zodpovedajú za bezpečnosť obyvateľstva, by mali byť stále aj biologické zbrane, a to aj napriek podpísanej konvencii o zákaze ich vývoja, výroby a hromadenia. Vyplýva to predovšetkým z charakteru týchto zbraní – ich relatívne jednoduchšej a lacnej výroby, problematickej kontroly a možnosti jednoduchého a utajeného transportu. Pomocou moderných biotechnológií možno vytvárať nové druhy biologických zbraní so špeciálnymi vlastnosťami.

Z uvedených skutočností vyplýva, že riziko použitia zbraní hromadného ničenia napriek všetkým pozitívnym politickým zmenám v posledných dvoch desaťročiach stále trvá. Dokonca nemožno ani jednoznačne povedať, že je menšie. Zmenil sa len jeho charakter. Zmenšilo sa riziko, že na vojenský alebo civilný cieľ na jednej či druhej strane bývalej „železnej opony“ dopadne mnohokilatonová jadrová hlavica. Naopak, vzrástlo riziko, že sa tak stane v niektorej krízovej oblasti sveta, akou je napríklad Stredný východ. A nepochybne vzrástla nebezpečie, že anonymní teroristi rozptýlia niekde vo veľkomestskom centre aerosól so spórmi antraxu.

Preto treba hrozbu použitia zbraní hromadného ničenia považovať za stále aktuálnu a neslobodno podceňovať potrebu pripravenosti všetkých zodpovedných orgánov aj obyvateľstva na jej potenciálne uskutočnenie. V tomto zmysle je prvoradou podmienkou na realizáciu všet-

kých nutných opatrení dokonale poznať podstatu hrozby vyplývajúcej z existencie a šírenia zbraní hromadného ničenia. Len tak je možné včas a v potrebnom rozsahu prijímať adekvátne opatrenia. Svojim podielom by k tomu mala prispieť aj predložená publikácia.

RESUME

The publication *Weapons Of Mass Destruction – Current Security Threat* brings a complex and comprehensive view of the weapons of mass destruction phenomenon in the context of present military and political situation. It emphasizes the threat posed by proliferation of these destructive devices and their carriers as well as the threat present in their possession by unpredictable totalitarian regimes or terrorist groups.

The publication is structured into four basic parts: *Introduction Into The Topic*, *Nuclear Weapons*, *Chemical Weapons* and *Biological Weapons*.

The *Introduction* reflects the latest developments on the field of military technologies, which lead to the development of new destructive devices with characteristics comparable to basic types of WMDs – nuclear, chemical and biological.

Based on the definition of WMD as “weapon systems with enormous impact causing mass destruction, population, equipment and material losses”, the modern mass destruction devices are assorted here, such as ecological, radiological and beam weapons, aerosol and container intelligent ammunition, the outburst of dangerous chemical substances from infrastructure, non-conventional weapons and military devices.

The *Nuclear Weapons* part depicts the most destructive device of mass destruction mankind ever invented in close detail. It maps the history of most significant discoveries in nuclear physics, development and construction of the first nuclear weapons, accumulation of nuclear warheads and their carriers in the Cold war era, attempts of nuclear disarmament and reducing the number of nuclear weapons in possession of superpowers and their proliferation in the world’s crisis regions including North Korea and Iran. The chapters devoted to theoretical grounds and physical principles of nuclear and thermonuclear weapons’ functioning, the main categories and types, as well as destructive effects and consequences of use contain an adequate mathematical apparatus. This chapter’s conclusion brings the overview of nuclear armament of states that officially own such weaponry and the states that are reasonably suspected to own such weaponry or try to obtain it. All the data are from open and unclassified sources published in professional periodicals and on the Internet. This chapter describes also the potential threats and consequences of terrorists’ obtaining nuclear weapons.

The *Chemical Weapons* remind that this kind of WMD has been in use since ancient history. The chemical weapons development has reached its peak in the twentieth century, along with their first mass use in combat during WW I. The next period brought the development of exceptionally efficient chemical weapons, such as the nerve-paralyzing substances. Use of chemical weapons is documented during WW II, the Vietnam War and in the Iran-Iraq War. Further chapters focus on the detailed description of individual toxic substances – nerve-paralyzing, general toxic, blister, choking, physically and psychically disabling and irritating agents – their attributes, the mechanism of their effects, intoxication symptoms and possibilities of protection. Attention is paid to the process of chemical disarmament and chemical terrorism as well, stressing the threat posed by terrorists abusing dangerous industrial chemical substances present in the states’ infrastructure.

The next part is dedicated to the phenomenon of *biological weapons* nicknamed, along with chemical weapons, “the poor man’s nuclear weapon”. Given the revolutionary progress and wide availability of biotechnologies it presents the most probable weapon of mass destruction that terrorists could use to achieve their goals. The biological weapons are defined here as “pathogenic microorganisms, the toxic products of their metabolism, certain live organisms and some synthetic substances inducing mass disease or death of humans or animals or destroying agriculture. A short description follows of pathogenic microorganisms such as bacteria, rickettsia, viruses, molds, certain toxins that present a cross between chemical and biological weapons of mass destruction and environment substances used to destroy forest

and agriculture. The biological weapons destructive requirements are defined here along with characteristics of individual diseases and properties of the most important toxins. Attention is paid to the problems of biological weapons' proliferation, efficient control as well as the risks resulting from the advances in gene engineering and biotechnology. The opportunities that biological mass destruction devices present to potential terrorists are consequently analyzed along with the possibilities of protection against attacks using biological agents. The analysis focuses on the protection in the armed forces setting and dealing with the consequences of an eventual biological attack. The conclusion deals with the questions of biological disarmament and the risks the democratic states would have to face in case of a terrorist attack using biological weapons

AUTORI PUBLIKÁCIE

Ing. Jaroslav DURDIAK, PhD. (1959) – po skončení Strednej priemyselnej školy chemickej vo Svite študoval na Chemicko-technologickú fakultu Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave, ktorú ukončil v roku 1983. Dva roky pôsobil ako samostatný odborný referent pre radiačnú, chemickú a biologickú ochranu obyvateľstva na Štábe CO okresu Liptovský Mikuláš. V roku 1988 bol aktivovaný za profesionálneho vojaka a prevelený na Katedru vševojskovej prípravy Vysokiej vojenskej technickej školy v Liptovskom Mikuláši, kde zastával funkciu odborného asistenta. Neskôr pôsobil na Katedre radiačnej, chemickej a biologickej ochrany ako vedecko-pedagogický pracovník. Tu začal externé doktorandské štúdium v odbore Operačné a bojové použitie pozemného vojska, ktoré skončil v roku 1999. Po odchode do zálohy začal od 1. 9. 2004 prednášať na Katolíckej univerzite v Ružomberku, kde v súčasnosti zastáva pozíciu odborný asistent – zástupca vedúceho katedry na Katedre chémie. Je riešiteľom rezortných vedeckých úloh a projektov a autorom viacerých vysokoškolských učebníc, skrípt, metodických pomôcok a článkov v zborníkoch a časopisoch, najmä so zameraním na radiačnú, chemickú a biologickú ochranu vojsk. Podieľa sa aj na realizovaní vedecko-výskumných aktivít a publikačnej činnosti v oblastiach štúdia fyzikálnych, chemických a toxikologických vlastností chemických zlúčenín, potenciálne zneužiteľných na teroristické účely.

Pplk. Ing. Andrej GÁFRIK (1954) – po maturite na Gymnázium v Senici vyštudoval Vysokú vojenskú leteckú školu SNP v Košiciach (1978) a po jej skončení pôsobil až do roku 1988 vo výcvikových útvaroch školy ako pilot – učiteľ lietania a veliteľ roja. V rokoch 1988 až 1996 pracoval v civilnom sektore. Od roku 1997 bol redaktorom časopisu Armády SR Apológia a v roku 1999 sa stal členom Európskej asociácie vojenskej tlače (EMPA). V roku 2000 prešiel ako vedúci starší dôstojník do Vydavateľskej a informačnej agentúry MO SR a pracoval najprv v redakcii časopisu Armáda a od roku 2003 v redakcii časopisu Obrana. V týchto periodikách publikoval vyše sto článkov o slovenskej i zahraničnej vojenskej technike a ozbrojených silách rôznych krajín. Ďalšie články s touto tematikou publikoval v časopise Slovak Army Review a v časopise rakúskych ozbrojených síl Truppendienst. Autorsky sa podieľal aj na viacerých neperiodických publikáciách vydaných Vydavateľskou a informačnou agentúrou MO SR. Od júna 2004 pracuje ako vedúci starší dôstojník – špecialista v Oddelení vojensko-strategických štúdií Inštitútu bezpečnostných a obranných štúdií MO SR.

Plk. prof. Ing. Pavel PULIŠ, CSc. (1954) – študoval na VŠT v Košiciach, odbor hutníctvo neželezných kovov. V roku 1984 sa stal vojakom z povolania. Kandidátsku dizertačnú prácu obhájil v roku 1994 na STU v Bratislave v odbore analytická chémia. Po obhajobe habilitačnej práce v roku 1998 vo VA Liptovský Mikuláš bol vymenovaný za docenta v odbore operačné a bojové použitie pozemného vojska, technické a tylové zabezpečenie. Na návrh Vedeckej rady VLA gen. M. R. Štefánika v Košiciach bol v roku 2001 prezidentom SR vymenovaný za profesora v odbore operačné a bojové použitie letectva a PVO. Absolvoval Kurz vyšších štábných dôstojníkov v Ypenburgu v Holandsku (1998) a Kurz podporných mierových operácií NATO v Oberammergau v Nemecku (2003). Zaoberá sa radiačnou, chemickou a biologickou ochranou, letiskovým zabezpečením, ekológiou, ochranou letísk proti nezákonným činom a terorizmu. V súčasnosti pôsobí ako vedúci Katedry vojenskej leteckej prípravy v AOS gen. M. R. Štefánika v Liptovskom Mikuláši. Je členom Vedeckej rady AOS, SOK „Operačné a bojové použitie letectva a PVO“, SOK „Výzbroj a technika letectva“ a SOK „Operačné a bojové použitie pozemného vojska“. Je členom redakčnej rady časopisu Acta Avionica. Je autorom troch monografií, siedmich titulov skrípt, vyše šesťdesiatich článkov v domácich a zahraničných časopisoch. Vychoval troch doktorandov a ďalších päť študuje

pod jeho vedením. Podieľa sa na riešení grantových a inštitucionálnych projektov a rezortných vedeckých úloh

Ing. Miroslav SUŠKO, PhD (1955) – po maturite na Gymnáziu v Medzilaborciach študoval v rokoch 1974 – 1975 dva semestre na Politechnike vo Varšave, odbor všeobecná chémia. Jeden rok pracoval v n. p. Chemko Strážske a v rokoch 1976 – 1980 absolvoval Vysokú vojenskú školu pozemného vojska (VŠ PV) vo Vyškove na Morave, odbor vojenská chémia. Po jej skončení slúžil v mechanizovanom pluku vo Vimperku ako veliteľ roty chemickej ochrany (rcho) a v Havlíčkovom Brode na veliteľstve tankovej divízie. V rokoch 1987 – 1988 vykonával funkciu zástupcu veliteľa práporu chemickej ochrany (prcho) pre výcvik a výzbroj v Havlíčkovom Brode. Po praxi vo vojsku absolvoval v rokoch 1988 – 1990 postgraduálne štúdium (PGŠ) vo Vojenskej akadémii v Brne a po jeho skončení nastúpil ako starší učiteľ do Vojenskej strednej školy v Žiline. V roku 1991 absolvoval doplnkové pedagogické štúdium a od roku 1993 až do septembra 2004 pracoval ako vedúci skupiny taktiky jednotiek a útvarov radiačnej, chemickej a biologickej ochrany (RCHBO) katedry radiačnej, chemickej a biologickej ochrany Vojenskej akadémie v Liptovskom Mikuláši. Na Fakulte pozemného vojska Vojenskej akadémie bol v roku 1995 prijatý na externé doktorandské štúdium, ktoré skončil obhajobou dizertačnej práce v odbore bojové a operačné použitie pozemného vojska. Od 1. septembra 2004 odišiel z aktívnej vojenskej služby do zálohy a až dosiaľ pracuje ako odborný asistent na Katedre pozemných síl, skupiny bojovej podpory Akadémie ozbrojených síl generála Milana Rastislava Štefánika v Liptovskom Mikuláši.