

7 ZBRANĚ HROMADNÉHO NIČENÍ

Jan Píšala, Petr Skřehot

7.1 Chemické zbraně

7.1.1 Nebezpečné vlastnosti bojových chemických látek

Velké množství chemických látek vykazuje určitou míru toxicity. Tyto sloučeniny jsou tudíž pro člověka i ostatní živé organismy nebezpečné. Pokud jsou takové látky použity jako součást zbraňových systémů, jsou považovány za chemické zbraně. Primárně jsou tyto prostředky určeny k cílenému usmrcení, zranění či zneschopnění lidí a dalších živých organismů (např. zvířat nebo rostlin) (Chemical Weapons Information, online). V minulosti, zejména v průběhu 20. století, se nasazení chemických zbraní omezovalo především na vojenské konflikty. V současnosti naopak vzrůstá riziko teroristického útoku vedeného toxickými látkami. Pro své hrůzné účinky byly chemické zbraně zařazeny mezi zbraně hromadného ničení a jejich použití, vývoj, výroba i skladování jsou dnes zakázány Úmluvou o zákazu chemických zbraní z roku 1993 (Organisation for the prohibition of chemical weapons, online).

Chemické zbraně působí především na živé organismy, bez poškození zasažené infrastruktury. Kromě samotného fyzického účinku je jejich nedílnou součástí také značný vliv na psychiku obětí. Efektivita použití závisí na meteorologických podmínkách v místě útoku, především pak na teplotě a vzdušném proudění. Vliv má také topografie terénu. Z vojenského hlediska klade nasazení bojových chemických látek zvýšené nároky na logistiku v místě útoku, protože účinkům mohou být nechtěně vystaveny také vlastní jednotky (například při změně meteorologických podmínek). Protivník je naopak nucen používat prostředky individuální ochrany (plynové masky apod.), aby co nejvíce snížil účinek nasazených bojových chemických látek, což vede ke zpomalení jeho postupu (U. S. Department of Defense, 1996; Manahan, 2005).

Látky v minulosti vyvíjené pro použití v chemických zbraních měly být:

- vysoce toxické,
- vysoce stálé (což je nezbytné pro bezproblémové skladování i použití v terénu),
- snadno vyrobitelné z běžně dostupných chemických surovin,
- bezbarevné,
- bez zápachu,

- bez korozivních vlastností,
- obtížně detekovatelné.

Chemické sloučeniny užívané v chemických zbraních můžeme podle jejich účinku rozdělit do několika základních skupin na látky (Chemical Weapons Information, online; Weapons of Mass Destruction Intelligence Threat Assessments, online; Mahan, 2005):

- dusivé,
- zpuchýřující,
- dráždivé,
- slzotvorné,
- inhibující dýchání,
- nervově paralytické,
- psychoaktivní,
- s fytotoxickými účinky.

Naprostá většina sloučenin, které jsou využívány jako chemické zbraně, má za pokojové teploty plynnou či kapalnou povahu. Jejich šíření je proto relativně snadné a zasažený prostor jimi lze zamořit buď v podobě plynu, nebo aerosolu. Na místo útoku mohou být dopraveny jakožto součást standardní munice (bomby, dělostřelecké či ruční granáty, miny apod.). V případě teroristického útoku mohou být k šíření využity také běžně dostupné civilní prostředky, jako jsou například práškovací letadla nebo pozemní aerosolové generátory (zmlžovače) používané k šíření pesticidů apod.

Výroba chemických zbraní

Náklady na výrobu chemických zbraní jsou relativně nízké a technologické postupy nejsou příliš náročné, protože se jedná o metody, které byly vyvinuty před mnoha desítkami let v období mezi 1. a 2. světovou válkou. První generace chemických zbraní v podstatě vycházela z běžných průmyslových chemikálií (např. z chlóru) a jejich derivátů (příkladem může být fosgen). Co se přípravy týče, jsou nejnáročnější skupinou nervově paralytické látky, avšak i v tomto případě lze technologický postup zvládnout s pomocí komerčně dostupného vybavení chemických laboratoří. Příkladem může být teroristický útok v tokijském metru, který provedli členové japonské sekty Óm šinrikjó v roce 1995. K útoku tehdy použili vlastnoručně vyrobený sarin.

7.1.2 Jednotlivé skupiny bojových chemických látek

Většina bojových chemických látek má obvykle běžné jednoslovné jméno, které může být nahrazeno dvoupísmennou zkratkou v rámci označení NATO (například Sarin/GF, Fosgen/CG apod.) (Chemical Weapons Information, online; NIST Standard Reference Database, online).

Dusivé látky

Jedná se o nejstarší typ bojových chemických látek, které byly nasazeny již v průběhu 1. světové války. Jde o relativně jednoduché, kyselinotvorné chemické sloučeniny, které mají žíravý účinek. Protože jsou distribuovány v plynné podobě, zasahují zejména dýchací cesty (pálení v hrdle, bolest v oblasti hrudníku) a plíce, které se v důsledku zasažení plní vodou a oběť se proto udusí. Zasažení očí má za následek silné pálení, slzení a rozmazané vidění. Dalšími příznaky je například zvracení či bolest hlavy. Jednotlivé symptomy se objevují okamžitě po zasažení, popř. se zpožděním několika hodin (Chemical Weapons Information, online; U. S. Department of Defense, 1995 a 1996; Manahan, 2005). Hustota těchto plynů je vyšší než hustota vzduchu, takže se drží při zemi a vyplňují prohlubně v terénu. Jedná se o nejméně efektivní skupinu chemických zbraní, jejich účinek do značné míry závisí na meteorologické situaci a z místa útoku mohou být rozptýleny již mírným vánkem.

Klasickými zástupci této skupiny jsou například chlór (Cl_2), fosgen (CG, karbonylchlorid, COCl_2), difosgen (DP, trichlorometyl chloroformát, $\text{ClCO}_2\text{CCl}_3$) či chlorpikrin (PS, trichloronitrometan, Cl_3CNO_2). V dostatečné koncentraci mají tyto látky smrtící účinek, u přeživších obětí je velmi časté trvalé poškození plic (Chemical Weapons Information, online; U. S. Department of Defense, 1995; Manahan, 2005). Z uvedených látek je nejedovatější fosgen – za pokojové teploty je to bezbarvý plyn s hustotou 3,4krát vyšší než vzduch. Ve větší koncentraci připomíná jeho vůně tlející seno. Při zasažení fosgenem se příznaky dostaví v plné síle zpravidla až po dvanácti hodinách, přičemž v rozmezí 24 až 48 hodin následuje smrt (U. S. Department of Defense, 1995 a 1996).

Zpuchýřující látky

Zpuchýřující látky mají vliv především na kůži, oči a sliznice. Opět se jedná o kyselinotvorné, žíravé sloučeniny. Zasažená místa doprovází prudká bolest a pocit dráždění. Na kůži se objevuje zarudnutí a vznikají velké, tekutinou vyplněné puchýře, do kterých může posléze proniknout i infekce. Pokud jsou zasaženy oči, je jedním ze symptomů také zánět spojivek. Zasažení sliznic se projeví po 4 až 6 hodinách, zasažení pokožky je patrné v rozmezí 2 až 48 hodin.

Mezi zpuchýřující látky patří zejména nechvalně známý yperit (hořčičný plyn, bis (2-chloretyl) sulfid, $\text{C}_4\text{H}_8\text{Cl}_2\text{S}$). Tento bojový prostředek byl poprvé použit v roce 1917 v 1. světové válce u francouzského města Ypres Němci. Později byly vytvořeny

také dusíkaté či sírné yperity, které byly na rozdíl od klasického yperitu bez zápachu a tím pádem i vhodnější pro nasazení v boji. Dalším významným zástupcem je lewisit (2-chloroetenylodichloroarsin, $C_2H_2AsCl_3$), který byl rovněž vyvinut v průběhu 1. světové války, ale k jehož nasazení nakonec nedošlo. Na rozdíl od yperitu a dalších hořčičných plynů je jeho účinek okamžitý. Do skupiny zpuchřujících látek patří také fosgenoxim (CX, dichloroformoxim, CCl_2NOH), který má nejen zpuchřující, ale také dráždivý a dusivý účinek (Chemical Weapons Information, online; U. S. Department of Defense, 1995; Manahan, 2005).

Jak yperit, tak lewisit jsou za pokojové teploty a v čistém stavu bezbarvé, viskózní kapaliny. Ve znečištěné formě však mají žlutohnědé zabarvení a páchnou po česneku či hořčici (yperit) nebo pelargóniích (lewisit). Jedná se o poměrně stálé sloučeniny, které mohou kontaminovat například oděv apod. (U. S. Department of Defense, 1995 a 1996). Střední inhalační smrtelná dávka LC_{50} pro 10 minutovou expozici pro yperit činí $150 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (NIOSH, online).

Slzotvorné látky

Primárním účelem slzotvorných látek není smrtící účinek, ale zneschopnění oběti, která byla účinkům slzotvorné látky vystavena. Zasažení probíhá zejména inhalací, částečně také přímým kontaktem s pokožkou. Výsledkem je okamžitě intenzivní slzení a pálení očí, kýchání a kašláním, pálení nosu vedoucí k dýchání skrze ústa, pálení hrdla a nevolnost či zvracení. V extrémních případech se může dostavit i dočasná slepota. Slzotvorné látky mohou být využity také jako zastírací prostředek před aplikací více toxických látek. Jejich účinek totiž do značné míry znemožní obětem včasné a úspěšné použití prostředků individuální ochrany.

Jako první byl během 1. světové války použit xylyl bromid (metylbenzyl bromid, C_8H_9Br). Za 2. světové války byl jako tzv. slzný plyn používán chloracetofenon (CN, 2-chloroacetofenon, C_8H_7ClO), v následujících letech pak látky označované jako CS (o-chlorbenzalmalononitril, $C_{10}H_5ClN_2$) či CR (dibenz(b,f)-1,4-oxazepin, $C_{13}H_9NO$) nebo sloučenina bromacetofenon (p-bromoacetofenon, C_8H_7BrO) (Chemical Weapons Information, online; Manahan, 2005). V případě inhalace látky CS postačí k zneschopnění zasaženého jedince koncentrace 10 až $20 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, při zasažení očí je koncentrace dokonce ještě nižší (asi 1 až $5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$). Účinek se dostavuje v rozmezí 15 až 60 sekund. Příznaky pomíjí asi 5 až 10 minut poté, co se postižený člověk dostane mimo zamořený prostor (U. S. Department of Defense, 1995 a 1996).

Látky inhibující dýchání

Účinek těchto vysoce toxických otravných látek spočívá v tom, že brání vstřebávání kyslíku z krve do okolních tkání. Znáмым představitelem popisované skupiny sloučenin je například kyanovodík (HCN). Je to plynná látka hořkomandlové vůně, která je lehčí než vzduch. Jeho vlastnosti tudíž nejsou úplně ideální, protože rychle uniká z místa použití. Z biologického hlediska dochází k blokaci tkáňového dýchání

navázáním kyanovodíku na ionty železa v enzymu cytochromoxidáze, jenž se podílí na dýchacím řetězci v mitochondriích. Účinek těchto látek je téměř okamžitý a smrt nastává během několika vteřin (U. S. Department of Defense, 1995 a 1996; Manahan, 2005).

Kyanovodík vniká do těla zejména dýchacími cestami, může však proniknout také přes pokožku. U obětí se může objevit tzv. cyanóza – modré či modrofialové zabarvení kůže a sliznic v důsledku nedostatečného okysličení krve. Za 2. světové války byl kyanovodík jako tzv. cyklon B používán k masovému vyvražďování vězňů v nacistických koncentračních táborech. Z plynných kyanidů je nebezpečný také chlorkyan (CNCl), který byl použit během 1. světové války Francouzi.

Nervově paralytické plyny

Tato skupina bojových chemických látek byla objevena v průběhu 30. let 20. století v Německu při výzkumu pesticidů. Jako první byl chemikem Gerhardem Schröderem v roce 1936 objeven tabun (GA, o-etyl-N,N-dimethyl amidokyanofosfát, $C_5H_{11}N_2O_2P$), který o tři roky později následoval ještě více jedovatý sarin (GB, o-isopropylmethylfluorofosfonát, $C_4H_{10}FO_2P$). Do první generace nervově paralytických látek se řadí také soman (GD, o-pinakolylmethylfluorofosfonát, $C_7H_{16}FO_2P$) objevený v roce 1944 a cyklosarin (GF, cyklohexylmethylfluorofosfonát, $C_7H_{14}FO_2P$). Toxicita tabunu, sarinu či somanu výrazně převyšuje toxicitu „klasických“ otravných látek, jež byly použity v průběhu 1. světové války. Rychlejší je i jejich účinek. Pokud jsou nervově paralytické látky distribuovány ve formě aerosolu či plynu, jsou první symptomy patrné již za několik vteřin či minut, při zasažení pokožky se příznaky intoxikace mohou objevit za několik minut až hodin (Chemical Weapons Information, online; U. S. Department of Defense, 1995; Manahan, 2005).

Za pokojové teploty mají tyto sloučeniny nikoliv plynnou, ale kapalnou povahu, přesto jsou označovány jako paralytické plyny. Po chemické stránce je možné nervově paralytické látky zařadit mezi organofosfáty. Jejich účinek spočívá v blokování enzymu acetyl-cholinesterázy, který zajišťuje správnou funkci centrální nervové soustavy. Při zasažení (inhalací nebo přímým kontaktem s pokožkou) dochází k paralýze svalů, které jsou nezbytné pro dýchání a k následnému udušení. Mezi další příznaky, které předchází samotnému zadušení, náleží svalové křeče, stažení zorniček, obtížné dýchání, nevolnost, nadměrná tvorba slin s ucpáváním dýchacích cest, kašel, zvýšená potivost, náhodné pomočení či defekace v důsledku ochabování tělesných funkcí, třesavka, apatie, cyanóza a ztráta vědomí. Objevit se může také pálení očí a puchýře na kůži. Pokud oběť zasažení nervovým plynem přežije, zůstává zpravidla trvale postižena po neurologické stránce (Chemical Weapons Information, online; U. S. Department of Defense, 1995; Manahan, 2005).

První generace nervově paralytických látek je dnes označována jako tzv. série G a patří do ní tabun, sarin, soman a cyklosarin. Následující generace těchto sloučenin,

označovaná jako série V, byla vyvinuta v padesátých letech 20. století britskými vědci.

Jedná se o „zdokonalené“, odolnější nervově paralytické látky, které mají přibližně desetkrát vyšší toxicitu než látky série G a snadněji pronikají přes zasaženou pokožku. To zvyšuje jejich bojový potenciál, protože ochrana plynovou maskou je v podstatě neúčinná. Díky vyšší odolnosti a viskozitě jsou určeny k dlouhodobější kontaminaci zasažených materiálů (např. šatů) a území. Nejvýraznějším zástupcem těchto sloučenin je bojová látka označovaná jako VX (o-etyl-S(2-diisopropylaminoetyl)-methylthiofosfonát) (Chemical Weapons Information, online; Manahan, 2005).

Střední inhalační smrtelné dávky LC₅₀ pro 10 minutové expozice pro vybrané nervově paralytické plyny jsou následující:

- Tabun 30 mg.m⁻³
- Sarin 10 mg.m⁻³
- Soman 7 mg.m⁻³
- VX 1,5 mg.m⁻³

Psychoaktivní látky

Psychoaktivní látky jsou chemické sloučeniny, které jsou schopny vyvolat u zasažené osoby psychickou (např. stav opojení) či fyzickou neschopnost. V období studené války byly psychoaktivní látky studovány zejména s ohledem na jejich nedestruktivní účinky. Při jejich nasazení by totiž nedocházelo k úmrtí či k trvalému zdravotnímu postižení zasažených lidí. Netknuta by navíc zůstala i okolní infrastruktura.

V minulosti byly například studovány účinky velice známé psychedelické drogy LSD (dietylamid kyseliny lysergové, C₂₀H₂₅N₃O). Tato polosyntetická látka byla připravena již v roce 1938 švýcarským chemikem Albertem Hofmannem. Mezi intoxikační příznaky patří halucinace, vidění geometrických obrazců a pestrých barev či chybné vnímání času (U. S. Department of Defense, 1995). Známa je také látka BZ (1-azabicyklo[2.2.2]oct-3-yl α -hydroxy- α -fenybenzenacetát), která při koncentraci kolem 110 mg.m⁻³ způsobí zneschopnění 50 % zasažených osob. Typické příznaky se dostavují do hodiny po intoxikaci a zahrnují ztrátu logického uvažování, halucinace, rozšíření zorniček, roztěkanost, nervozitu, rozostřené vidění, nesmyslné mumlání či stavy úzkosti a euforie (U. S. Department of Defense, 1995 a 1996).

Látky s fytotoxickými účinky

Typickými představiteli jsou herbicidy – tedy prostředky určené k hubení nežádoucích rostlin. Herbicidní bojové chemické látky byly vyvíjeny především pro taktické nasazení v terénu, kde měly negativně ovlivňovat zemědělskou činnost. Během války

ve Vietnamu v 60. letech 20. století využívala americká armáda účinku tzv. defoliantů. Tyto sloučeniny ničily rostliny a způsobovaly opadávání listů, čímž docházelo k odkrývání v džungli skrytých vietnamských pozic. Nejznámějším představitelem byl tzv. Agent orange. Byla to herbicidní směs kyseliny 2,4-dichlorfenoxyoctové a kyseliny 2,4,5-trichlorfenoxyoctové. Použití těchto látek vede k velice těžkému a dlouhodobému ekologickému zatížení zasažené oblasti. Běžný je také zvýšený výskyt postižení u narozených dětí (U. S. Department of Defense, 1995).

7.2 Jaderné zbraně

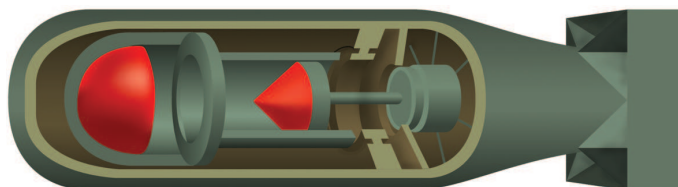
7.2.1 Druhy jaderných zbraní

Atomové a termojaderné zbraně

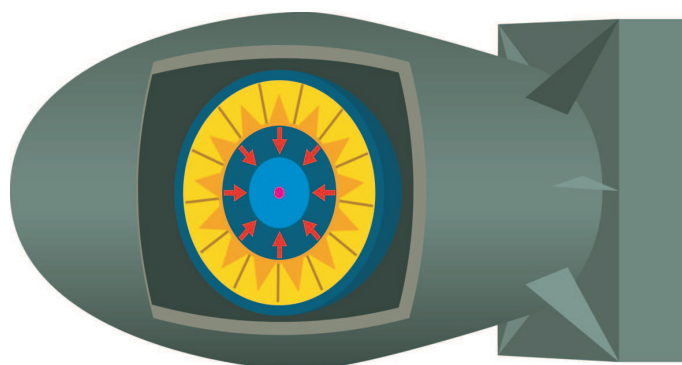
Jaderné zbraně jsou nejúčinnějšími zbraněmi hromadného ničení založené na okamžitém využití energie uvolněné při štěpení nebo syntéze atomových jader. Jaderné zbraně založené na štěpení (^{235}U nebo ^{239}Pu , popř. těžších transuranů v nadkritickém množství) nazýváme atomovými zbraněmi a jaderné zbraně využívající syntézy jader (vodík, deuterium či lithium) zbraněmi termonukleárními.

Jaderného výbuchu způsobeného neřízenou štěpnou reakcí lze docílit pouze dosažením určitých kritických rozměrů nebo kritické hmoty příslušného štěpitelného materiálu. Pro výše uvedené izotopy uranu, resp. plutonia, činí kritická hmotnost přibližně 22, resp. 7 kilogramů, což odpovídá kouli o poloměru 4 až 6 centimetrů⁵². Kritická hmotnost je o to menší, čím vyšší je účinný průřez štěpení příslušného jádra rychlými neutrony, takže v případě těžších transuranů (americium, currium a berkelium) činí kritická hmota jen v řádech desítek až stovek gramů. Dosažení kritického množství se v nejjednodušším případě dosahuje rychlým spojením dvou polokoulí s podkritickým množstvím (tzv. Gun bomba – viz obrázek 141). Po jejich sblížení dojde během několika mikrosekund k explozivní řetězové reakci. Rozštěpením 1 kilogramu štěpného materiálu je vyvolán explozí účinek odpovídající výbuchu cca 20 000 tun trinitrotoluenu (TNT). Jelikož je samotný jaderný výbuch jen velmi krátkým časovým úsekem, nedojde nikdy k zreagování celé jaderné náložky, ale jen její poměrné části (literatura uvádí, že nezreaguje ani polovina materiálu). Hrozí totiž reálné nebezpečí, že se bomba roztrhne ještě dříve, než se vůbec stačí přeměnit všechna jádra uranu či plutonia. Tím pádem by se výkon bomby razantně snížil. Vzniku takové situace má zamezit exploze klasické chemické trhavině obklopující jaderný materiál. Výbuch vyvine na zlomek vteřiny potřebný tlak, který bombě nedovolí rozletět se na kusy (tzv. implozivní bomba – viz obrázek 142). Možností, jak vyřešit problém soudržnosti, jsou také speciálně opláštěvané bomby s vyztuženým

⁵² S použitím vhodného neutronového zdroje a dalších konstrukčních vylepšení lze potřebná množství snížit až na pouhé kilogramy. Bomba svržená na Hirošimu obsahovala kolem 64 kg vysoce obohaceného uranu (střela 25 kg, terč 39 kg). V bombě svržené na Nagasaki bylo pouhých 6 kg plutonia.



Obrázek 141: Konstrukce Gun bomby (Dušek a Píšala, 2006).



Obrázek 142: Konstrukce implozivní bomby (Dušek a Píšala, 2006).

obalem. Přes zmíněná vylepšení se celkové množství rozštěpeného uranu či plutonia v prvních typech jaderných zbraní pohybovalo kolem pouhého jednoho kilogramu.

Daleko účinnější než klasické atomové pumy jsou termonukleární pumy, neboli též pumy vodíkové. V 50. letech 20. století už vědci tušili, že pokud by se jim podařilo uskutečnit reakce podobné těm uvnitř hvězd, získali by termojaderné bomby až tisíckrát silnější než uranové a plutoniové nálože. Na své cestě však museli překonat řadu dílčích problémů. Ukázalo se, že nejvhodnějším palivem pro termojadernou bombu nebude klasický vodík, ale jeho izotopy – deuterium a tritium. Ty se ale za běžných podmínek vyskytují v plynném stavu a navíc se velice špatně skladují. K tomu všemu má tritium velmi krátký poločas rozpadu (12,3 roku), a tak by uvnitř náloží příliš dlouho nevydrželo. Deuterium je naproti tomu stabilní, a v podobě sloučeniny s lithiem jej lze úspěšně využít jako náplň termonukleární bomby. Lithium zároveň vyřešilo také další problém. Jadernými reakcemi z něj lze připravit druhý potřebný izotop vodíku – tritium. Aby bylo možné dosáhnout tak vysokých teplot, byla použita jako rozbuška klasická štěpná bomba (z plutonia), která byla obklopena deuteriem. Po odpálení této štěpné „rozbušky“ vzroste teplota v nitru vodíkové bomby na několik milionů stupňů Celsia. Neutrony, které vzniknou při explozi, přemění část deuteria na tritium, čímž se zažehnou termonukleární reakce. Vše se seběhne v neuvěřitelně krátkém čase. Zatímco štěpné bomby dosahovaly ráže desítek až stovek kilotun TNT, termojaderná bomba uvolňuje energii odpovídající

milionům tun trinitrotoluenu. Na rozdíl od klasických plutoniových či uranových náloží lze ráži termojaderných bomb téměř neomezeně stupňovat, protože nejsou limitovány žádným kritickým množstvím štěpného materiálu. Účinek je možno zvýšit také speciálním opláštěváním pomocí ^{238}U , který se štěpí rychlými neutrony vznikajícími při termojaderných reakcích. Účinky při explozi směsi 1 kilogramu deuteria a tritia jsou ekvivalentní pětinásobku „průměrné“ atomové pumy, tj. cca 100 kt TNT. Energetický ekvivalent výbuchu vodíko-uranové superpumy pak odpovídá výbuchu cca 30 Mt TNT.

Neutronová bomba

Při útoku klasickou jadernou zbraní mohou být zničeny běžné civilní objekty, zcela jinak se ale bude chovat moderní vojenská technika. Příkladem jsou speciálně opancéřované tanky, které ochrání své posádky před účinky exploze. Z tohoto důvodu armádní vědci vymysleli nový typ zbraně – neutronovou bombu. Běžné termojaderné zbraně obsahují soustavu takzvaných reflektorů, které při výbuchu odrážejí uvolněné neutrony nazpátek, aby příslušné jaderné reakce proběhly s lepším výtěžkem a nálož tak získala maximální ráži. Neutronová bomba má zcela opačný cíl. Jejím úkolem je vytvořit co největší tok neutronů. Právě neutrony jsou totiž vysoce pronikavé a dokáží projít i silným stíněním. To má samozřejmě smrtící účinky na osazenstvo zasažených vojenských objektů a techniky.

Při průchodu neutronového záření hmotou dochází k interakci neutronů s jádry atomů. Důsledkem jsou změny v atomovém nitru a vznik nestabilních radioaktivních izotopů. Jinými slovy vše, co bylo vystaveno působení neutronů, bude dočasně radioaktivní. Záleží na příslušné látce a množství neutronů, které jí prošly. Vybuzené radioaktivní záření může být zpočátku tak silné, že bude po několika dnech ohrožovat všechny osoby v blízkosti ozářeného materiálu. Zatímco destrukční účinky tepelnou a rázovou vlnou jsou v případě neutronové pumy minimální, její vliv na živé organismy je mnohonásobně vyšší než u klasických jaderných zbraní.

Kobaltová bomba

Jedná se o modifikovanou termojadernou zbraň, jejímž úkolem je vytvořit co nejsilnější radioaktivní spad. Moderní bomby pracují na principu štěpení → fúze → štěpení. Nejdříve proběhne exploze klasické štěpné pumy, která zapálí termonukleární reakce produkující neutrony. Ty posléze rozštěpí materiál tvořící vnější plášť nálože (např. ^{238}U). Podobná vylepšení zesílí celkový kalibr nálože a nachází se u většiny bomb současné konstrukce. U kobaltových bomb (někdy nazývaných „slané“) je složení svrchního uranového pláště zcela odlišné. Používají se prvky, které podléhají vhodným reakcím s neutrony a přecházejí na silně radioaktivní izotopy. Příkladem může být kobalt ^{59}Co . Ten během exploze zachytí neutron vznikající při termojaderné fúzi a přemění se na nestabilní izotop ^{60}Co , který produkuje nebezpečné záření gama. Vznikající spad je tak mnohonásobně více radioaktivní než v případě běžných jaderných zbraní. Smyslem je likvidace co největšího množství živé síly.

7.2.2 Jaderný výbuch a jeho účinky

Projevy jaderného výbuchu

Jaderný výbuch je provázen náhlým a vysokým ohřátím vzduchu až na teplotu několika milionů °C (v případě termojaderné bomby až stovek milionů °C), vznikem tlakové vlny, intenzivní tepelnou a světelnou radiací, emisí rychlých neutronů a záření gama, elektromagnetického pulzu, seismické vlny a nakonec i vytvořením mohutného oblaku hřibovitého tvaru.

Podle místa exploze, rozlišujeme výbuchy atmosférické (nízký, vysoký), pozemní, podzemní a podvodní. Každý z těchto výbuchů se vyznačuje jiným poměrem rozložení energie výbuchu mezi ničivé účinky. Vedle druhu výbuchu ovlivňuje poměr rozložení energie výbuchu mezi ničivé účinky také mohutnost jaderné munice. Se zvětšující se mohutností výbuchu poměrná část energie vložená do tlakové vlny stoupá, zatímco energie vyzářená ve formě pronikavé radiace relativně klesá. Se zmenšující se mohutností je tomu naopak, a proto má jaderná munice malé mohutnosti relativně významnější radiační účinky proti účinkům tlakovým (Konečný, 2004).

Ničivé účinky pozemního jaderného výbuchu podle mohutnosti jaderné munice shrnuje tabulka 53.

Tabulka 53: Energie výbuchu uplatněná při vzniku specifického projevu jaderného výbuchu (Konečný, 2004).

Specifický projev	Část energie výbuchu uplatněná při vzniku příslušného projevu výbuchu jaderné zbraně	
	Výbuch termojaderné bomby a atomové bomby velké ráže	Výbuch atomové bomby malé ráže a neutronové bomby
Tlaková vlna	50–55 %	20–40 %
Světelné a tepelné záření	25–35 %	15–25 %
Pronikavá radiace	3–5 %	30–60 %
Radioaktivní zamoření	10–15 %	4–10 %

Po jaderném výbuchu nastávají v časové souslednosti tyto projevy:

1. V okamžiku výbuchu a bezprostředně po něm zahálí krajinu intenzivní světelné záření v podobě oslnivé záře (uvádí se, že je až tisíckrát jasnější než Slunce). V tomto okamžiku jsou všichni lidé zcela paralyzováni. Světelné záření působí ještě několik sekund po výbuchu a zahrnuje nejen záření viditelné, ale také ostatní složky spektra od radiového až po gama. Šíří se přímočaře do místa výbuchu a je zdrojem popálenin všech stupňů, poškození zraku, zdrojem požárů, spálení, roztavení a v blízkosti epicentra i vypaření

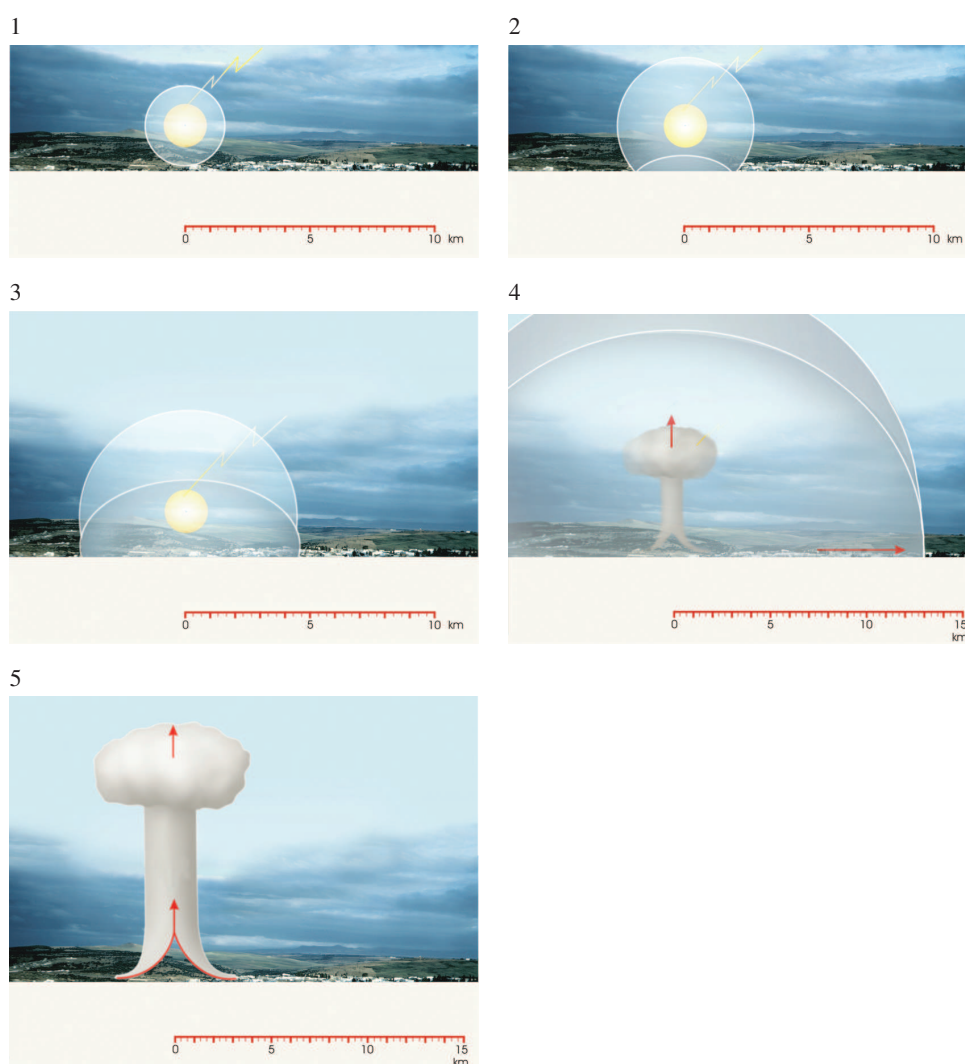
materiálů. Ve stejném časovém období je zasažená oblast vystavena také okamžitému záření. Okamžité záření je mohutná emise záření gama, neutronů a částic beta, která může u živého organismu vyvolat v závislosti na stupni zasažení nemoc z ozáření. Je jím zasažena především oblast v epicentru a jeho okolí a podle ráže zbraně mohou být významné dávky z ozáření až do vzdálenosti několika desítek kilometrů od místa výbuchu. V téže době působí také silný elektromagnetický impuls (EMI). Ten je tvořen elektromagnetickým zářením proměnlivé intenzity, převážně v oblasti rádiových vln. Při výbuchu v dostatečné výšce zabírá oblast zasažená elektromagnetickým impulsem část povrchu až po příslušný horizont. Energie EMI na jednotku plochy je poměrně malá, soustřeďuje se však z větších ploch vhodnými vodiči, jakými jsou kabely, potrubí, antény, telefonní síť, koleje apod. a mění se v silné proudy o vysokém napětí, které mohou probít polovodiče, izolační materiály a citlivé součástky a tím vyřadit elektrické přístroje z provozu.

2. Z místa výbuchu se šíří obrovská ohňová plynná koule, která v prvních vteřinách rychle roste. Teplota uvnitř bubliny však velmi rychle klesá a během několika vteřin se ochladí natolik, že přestane zářit. Vše, co se nachází v bezprostřední blízkosti výbuchu, se díky obrovské teplotě vypaří. Na kilometry daleko pak dosahuje tepelná radiace takové intenzity, že barvy, kterými jsou natřeny kovové předměty, se odpaří a dřevěné i papírové předměty se dokonce vznítí.
3. Několik vteřin po výbuchu v závislosti na vzdálenosti od epicentra přicházejí první otřesy země vyvolané odezvou zemského povrchu na sílu výbuchu. Seismickým vlněním se tyto otřesy mohou šířit až do poměrně vzdálených oblastí a registrovatelné jsou i několik stovek kilometrů od místa exploze. V okolí výbuchu tyto otřesy působí destruktivně na stavby pozemní i podpovrchové. Nejmohutnější z ničivých faktorů, přicházející po několika vteřinách po výbuchu, je tlaková vlna. Připadá na ni asi 50 % uvolněné energie a ve vzdálenosti několika kilometrů od epicentra pro ní není problémem převrátit i osobní automobil⁵³. Jedná se o vrstvu stlačeného vzduchu, za kterou následuje přibližně dvojnásobně široké pásmo s nižším tlakem, než je atmosférický tlak.
4. Se vzdáleností od centra výbuchu klesá přetlak v čele vlny, klesá i její rychlost, ale vlna se prodlužuje a nakonec se mění ve zvukovou vlnu. Tlaková vlna způsobuje u lidí mechanická poškození přímým nebo druhotným účinkem (úder, pády, zasypání).
5. Radioaktivní zamoření (radioaktivní spad) vzniká vypadnutím radioaktivních látek, vytvořených při jaderném výbuchu na okolní terén. Může být zdrojem dlouhodobého zevního ozařování na značně rozsáhlých plochách.

⁵³ Například po výbuchu bomby ráže 1 Mt TNT urazí tlaková vlna během prvních 5 sekund vzdálenost větší než 2 kilometry a dosáhne rychlosti 1600 km.h⁻¹. O něco později se bude stále pohybovat s průměrnou rychlostí 300 km.h⁻¹. Destrukční účinek tlakové vlny sice postupně slabne, ale i tak je vlna schopna ve vzdálenosti 20 kilometrů od epicentra výbuchu roztříštit skleněné předměty.

Ve směru vanoucího větru může být tato oblast až několik set kilometrů a osoby mohou být při pobytu v ní během relativně krátké doby (hodiny až dny po výbuchu) ozářeny smrtelnou dávkou ionizujícího záření, především zářením gama. Původci silného gama záření jsou zejména krátkodobé izotopy celé škály prvků. Nejmasivnější radioaktivní zamoření bývá u pozemních výbuchů. Radioaktivní látky z jaderného výbuchu jsou zdrojem vnitřní kontaminace osob a zamoření potravin, vody a předmětů. Osoby chrání před vnitřní kontaminací ochranná maska, potraviny neporušené neporézní obaly.

Graficky jsou jednotlivé fáze jaderného výbuchu znázorněny na sledu obrázků 143.



Obrázek 143: Jednotlivé fáze jaderného výbuchu (Dušek a Píšala, 2006).

Prostor napadení jadernou zbraní

Prostor přímo zasažený jaderným výbuchem nazýváme **prostor napadení jadernou zbraní**. Prostor napadení jadernou zbraní je charakterizován (Konečný, 2004):

- Hromadným rozrušením budov, staveb a technických zařízení.
- Plošnými závaly.
- Vyřazením a poškozením mostů.
- Haváriemi na vodohospodářských, komunikačních a energetických sítích.
- Požáry ve větší části prostoru napadení.
- Okamžitými účinky pronikavé radiace bezprostředně po výbuchu.
- Velkými ztrátami na životech obyvatelstva.

Prostor napadení jadernou zbraní pro účely vyhodnocování ničivých účinků se zpravidla rozděluje na několik zón rozrušení v závislosti na přetlaku v čele tlakové vlny a k vyhodnocování se pak používá tabulek tlakové odolnosti objektů (Konečný, 2004). Rozděluje se na následující zóny:

- **Zóna plného rozrušení** – je daná hodnotou přetlaku v čele tlakové vlny 5 kPa a větší. V této zóně jsou zcela rozrušeny obytné a průmyslové budovy i část stálých tlakově odolných úkrytů. Požáry v této zóně nevznikají. Záchrané práce spočívají především v odstraňování plošných závalů a dodávání vzduchu do zavalených úkrytů s poškozeným filtračním a ventilačním zařízením.
- **Zóna silného rozrušení** – je vymezena hodnotami přetlaku v čele tlakové vlny od 30 do 50 kPa. V této zóně jsou budovy a stavby silně rozrušeny (jsou zříceny části nosných zdí budov apod.) a vytvářejí se plošné a místní závaly. Působením světelného záření vznikají požáry. Stálé tlakově odolné úkryty jsou středně rozrušeny. Většina komunikačních a energetických sítí zůstává zachována. Podstatou záchranných prací je odstraňování závalů, hašení požárů, záchrana lidí ze zavalených a hořících budov.
- **Zóna středního rozrušení** – je vymezena přetlakem v čele tlakové vlny od 20 do 30 kPa.
- **Zóna slabého rozrušení** – je vymezena přetlakem v čele tlakové vlny od 10 do 20 kPa. Budovy jsou zde slabě rozrušeny (jsou poškozeny střechy, okenní a dveřní výplně, příčky v místnostech apod.). Jen ojediněle vznikají závaly nebo samostatná ohniska požárů. Základem záchranných prací je hašení požárů a záchrana lidí z částečně rozrušených a zavalených budov.

Poloměry hranic zón rozrušení při atmosférickém výbuchu bomby různé ráže jsou uvedeny v tabulce 54 (Konečný, 2004).

Tabulka 54: Poloměry hranic zón rozrušení při atmosférickém výbuchu bomby.

Zóny	Dosahy jednotlivých zón podle ráže bomby			
	5 kt	20 kt	200 kt	1 Mt
Zóna plného rozrušení	0,7 km	1,2 km	2,5 km	4,3 km
Zóna silného rozrušení	1,0 km	1,6 km	3,5 km	6,0 km
Zóna středního rozrušení	1,3 km	2,0 km	4,4 km	7,5 km
Zóna slabého rozrušení	2,2 km	3,5 km	7,6 km	13,0 km

Destrukční účinky jaderného výbuchu

Destrukční účinky jaderného výbuchu dobře demonstruje obrázek 144, kde je zachycen pohled na rodinný domek, který je postupně zničen rázovou vlnou vzniklou při jaderném výbuchu. Stavba se nacházela 1 100 metrů od epicentra, kde byla odpálena nálož ráže 16 kt TNT instalovaná na věži s výškou 100 metrů. Na domek nejdříve působila tepelná vlna, pak se kolem prohnal víchř rychlostí asi 250 kilometrů za hodinu. Experiment s kódovým označením Upshot-Knothole Annie proběhl na Nevadské zkušební střelnici 17. března 1953.

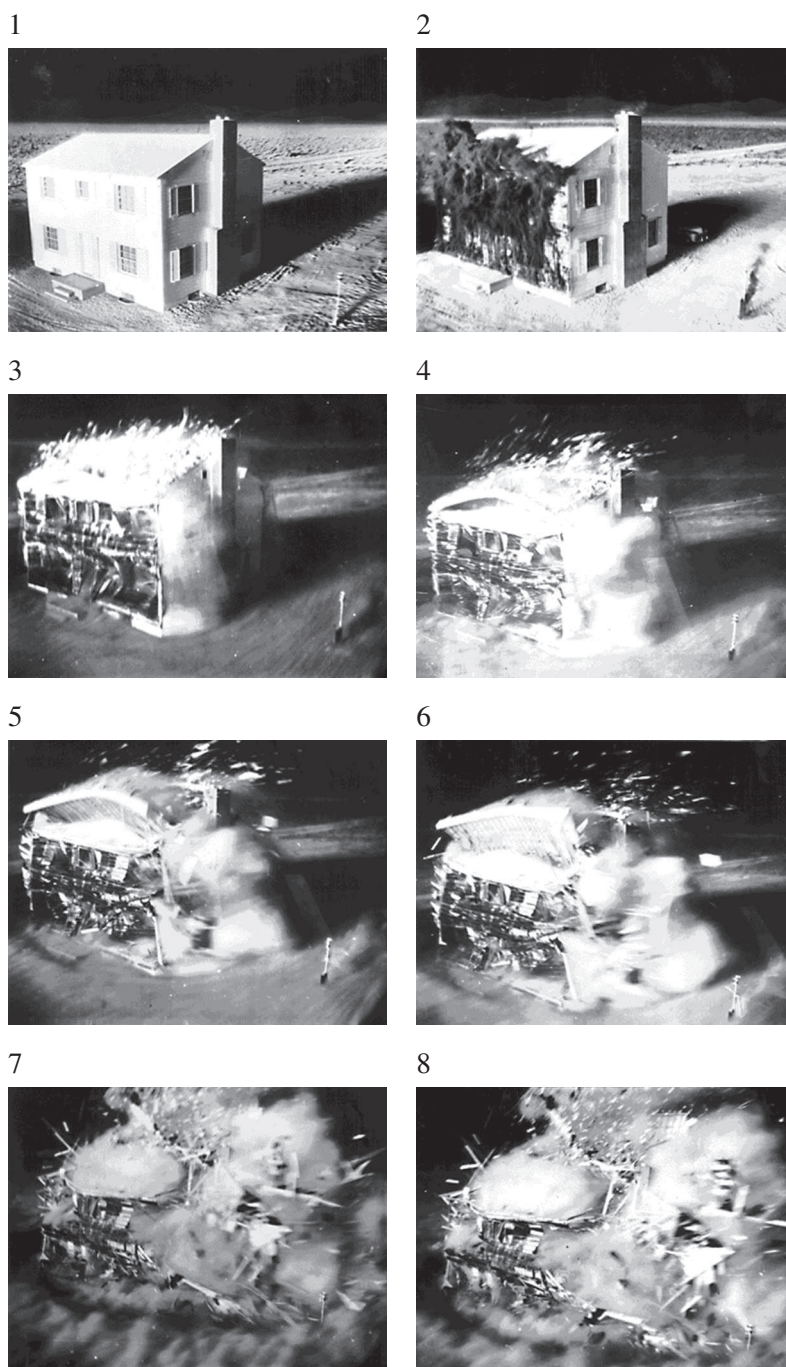
Prostor radioaktivního zamoření

Je-li výbuch proveden jako pozemní nebo v relativně malé výšce nad zemí, dojde v epicentru výbuchu k nasátí zeminy do ohňové koule. To má za následek, že se ve směru výškového větru vytváří na zemi v důsledku vypadávání částic radioaktivní stopa. V této stopě, nazývané též prostor radioaktivního zamoření, vypadávají částice různých průměrů. Blíže k epicentru je převaha větších částic, zatímco jemné částice vypadávají až ve velkých vzdálenostech za dlouhou dobu, čímž přispívají k troposférickému a globálnímu spadu.

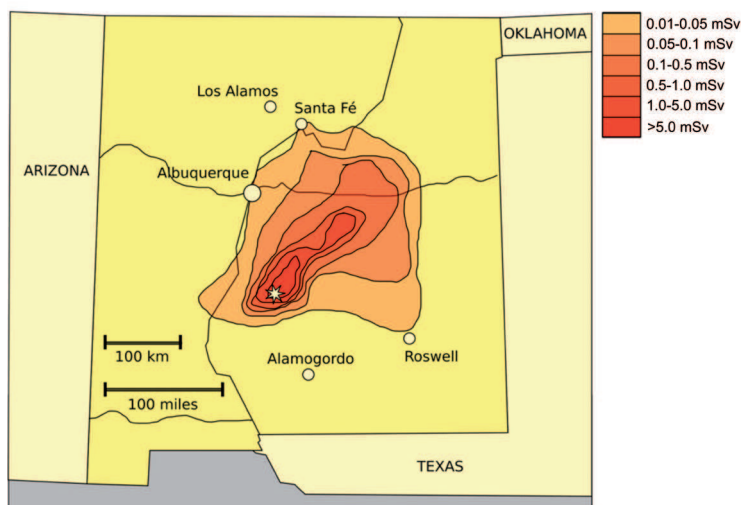
Při atmosférickém výbuchu radioaktivní stopa nevzniká, nebo je jen málo intenzivní, neboť nedojde k nasátí zeminy do ohňové koule a spad je tak charakterizován jemnými, pomalu sedimentujícími částicemi. Je-li však výbuch proveden jako pozemní nebo v relativně malé výšce nad zemí, dochází postupně ke vzniku **prostoru radioaktivního zamoření** s charakteristickou **radioaktivní stopou** (viz obrázek 145).

Předpověď prostoru radioaktivního zamoření se podle předpisů NATO provádí zakreslením dvou zón:

- Zóna I – je z operačního hlediska zónou okamžitého zájmu. V této zóně se budou vyskytovat prostory, kde mohou nechráněné osoby obdržet i dávky nad 15 mGy za dobu 4 hodin po vzniku radioaktivního spadu.



Obrázek 144: Sled obrázků zachycujících destrukci rodinného domku vlivem tlakové vlny po výbuchu atomové bomby (Dušek a Píšala, 2006).



Obrázek 145: Radioaktivní stopa po výbuchu první atomové bomby Trinity (16.7.1945) přepočtená na ekvivalentní dávku, kterou by obdržel jedinec exponovaný gama záření emitovaného radioaktivním spadem (tato hodnota pro gama záření numericky odpovídá dávce, tj. $1 \text{ mGy} = 1 \text{ mSv}$).

- Zóna II – je zónou druhotného nebezpečí. Uvnitř této zóny vzniknou prostory, kde nechráněné osoby mohou obdržet dávku 5 až 15 mGy během prvních 24 hodin po vzniku radioaktivního spadu.

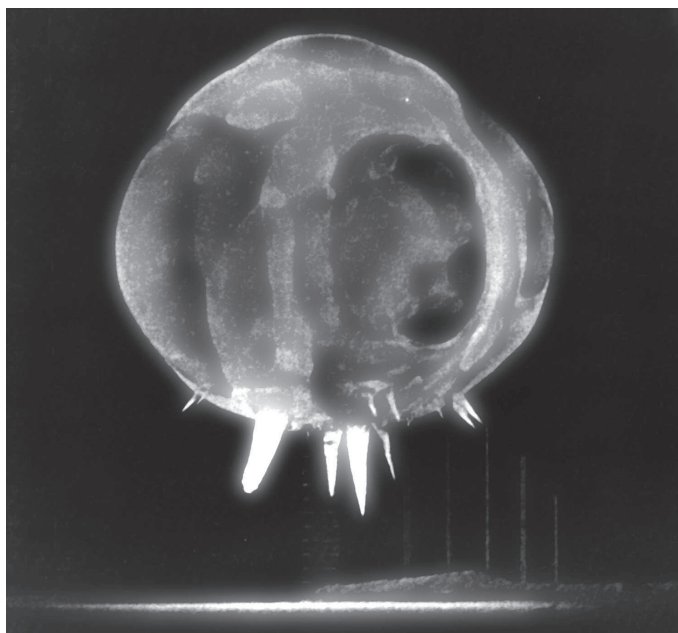
V prostoru mimo uvedené zóny se předpokládá dávka, která nepřekročí 5 mGy za prvních 24 hodin po příchodu radioaktivního spadu. Celková dávka pro trvalý pobyt nepřesáhne 15 mGy. Představu o poloměru uvedených zón radioaktivního spadu v prostoru výbuchu a jejich délce (dosahu) ve směru větru (ve směru šíření radioaktivního oblaku) podává tabulka 55.

Tabulka 55: Dosahy zón I a II podle předpisů NATO (Konečný, 2004).

Mohutnost výbuchu	Zóna I v prostoru výbuchu	Dosah zóny I ve směru větru	Dosah zóny II
5 kt	1,9 km	14 km	28 km
30 kt	4,2 km	34 km	68 km
100 kt	6,8 km	60 km	120 km
300 kt	11 km	100 km	200 km
1 Mt	18 km	160 km	300 km

Atomový hříb

Ohňová koule vzniklá při jaderném výbuchu (viz obrázek 146) začne díky působení vztlačových sil okamžitě po svém vzniku stoupat vzhůru podobně jako horkovzdušný



Obrázek 146: Ohňová koule rozpínající se kolem místa exploze jaderné nálože ráže 14 kt TNT, vyfotografovaná jednu milisekundu po odpálení⁵⁴.

balón. Velikost této koule je v případě výbuchu A-bomby ráže 22 kt TNT cca 200 metrů, v případě výbuchu H-bomby o ráži 1 Mt TNT pak může dosahovat i 1 kilometr, a v případě bomby Tsar o ráži 57 Mt TNT dosáhla velikosti dokonce 8 km (Wikipedie, online). Zatímco se koule rychle zvedá, začne se za ní vytvářet podtlak, čímž je do proudu nasáván další vzduch z okolní přízemní vrstvy. Takto vzniklý proud se při styku s horkým zemským povrchem ohřeje (povrch pod epicentrem má teplotu několika tisíc stupňů Celsia), což celý dynamický proces termické konvekce, který lze přirovnat ke komínovému efektu, se ještě podpoří. Zatímco koule stoupá vzhůru, uvnitř ní se vlivem turbulentního tření o vzduch, který je čelem koule hrnut a vytlačován do stran, horké plyny roztočí v toroidním směru a vznikne tak klobouk hřibovitého oblaku (obrázek 147). Noha hříbu je pak obvykle tvořena prachem a drobnými předměty vtaženými do vystupujícího proudu vzduchu, který může dosahovat rychlosti až $400 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Tento proud existuje tak dlouho, dokud se tlakové rozdíly za vystupující koulí a okolním vzduchem nevyrovnají (v případě výbuchu v atmosféře) anebo dokud se země pod epicentrem dostatečně neochladí (v případě pozemního výbuchu).

⁵⁴ Podivuhodné výčnělky na spodní straně ohňové koule vybíhají podél lan kotvících věž s náloží. Povrch ohňové koule má teplotu přes 20 tisíc °C, proto se kovová lana a kabely rychle ohřívají a vypařují ještě dříve, než je pohltná rozpínající se bublina horkého vzduchu. Nápadné temné skvrny na jejím povrchu pak vytvořily páry pláště samotné jaderné nálože, které byly při odpálení odvrhnuty rychlostí až několik desítek kilometrů za sekundu. Záběr vznikl 5. června 1952 na Nevadské pokusné střelnici.



Obrázek 147: Charakteristické proudění žhavých plynů uvnitř atomového hříbu.

Hřibovitý oblak roste tak dlouho, dokud se plyny v něm neochladí na teplotu okolního vzduchu. Rychlost růstu oblaku vzniklého výbuchem H-bomby ráže 1 Mt TNT činí zpočátku asi $8 \text{ km} \cdot \text{min}^{-1}$, přičemž po dvou minutách vystoupá do výšky 12 kilometrů a za dalších 10 minut dosáhne jeho vrchol až do výšky 22 kilometrů, kde se jeho růst zastaví⁵⁵ (Dušek a Píšala, 2006). Ke kondenzaci vodní páry přítomné ve vystupujícím vzduchu pak uvnitř oblaku dochází ve vyšších výškách, kde se nachází kondenzační hladina. To je způsobeno tím, že vystupující vzduch je oproti vzduchu během termické konvekce vznikající přirozeným způsobem mnohem teplejší. I vyvinuté atomové hříby mají vizuálně pevně ohraničený okraj a jejich horní partie mají obvykle kupovitou, výjimečně hladkou strukturu (obrázek 148). Někdy se nad kloboukem nebo kolem nohy hříbu vytváří závojové oblaky menšího nebo i velkého rozsahu. Ty vznikají tehdy, když se horní okraj oblaku přiblíží ke spodnímu okraji inverzní vrstvy, čímž vzduchová hmota, kterou před sebou vystupující koule hrne, pronikne do pásma s větší relativní vlhkostí. Těchto závojových oblaků může během růstu atomového hříbu vznikat i několik. Zvlášť výrazné jsou tyto závojové oblaky zejména při termojaderných explozích.

7.2.3 Jaderná apokalypsa

Zatímco dálkové bombardéry mohou se smrtícím nákladem doletět nad vytipované cíle protivníka v průběhu několika hodin, mezikontinentální balistické střely tuto dobu zkrátily na pouhé desítky minut. Nové technologie si proto už na sklonku

⁵⁵ Klobouk atomového hříbu vzniklého výbuchem sovětské superbomby Tsar o ráži 57 Mt TNT vystoupal až do výšky 64 km a měl šířku 40 km.



Obrázek 148: Atomový hřib 25 sekund po výbuchu termojaderné nálože. Při tomto testu ohňová koule žhnula ještě dalších 15 sekund, než vychladla a vyvinula se v bílý klobouk hřibu (zdroj: flickr.com). (Experiment Francie s kódovým označením Canopus; ráže nálože 2,6 Mt TNT; ostrov Fangataufa v atolu Mururoa; 24. 8. 1968)

50. let 20. století vyžádaly novou strategii. Zatímco při útoku konvenčními zbraněmi měly generální štáby na klíčová rozhodnutí čas v rozmezí týdnů až dnů, v případě rozsáhlého raketového útoku se tato doba zkrátila na pouhé minuty. Obě tehdejší supervelmoci si tudíž postavily výstražné systémy upozorňující na protivníkův útok s natolik velkým předstihem, aby stačily před dopadem nukleárních hlavic odpálit vlastní mezikontinentální střely.

Armádní stratégové na obou stranách totiž zcela logicky předpokládali, že protivníkův první útok povede především na odpalovací rampy mezikontinentálních balistických střel, vojenské základny, velitelská centra, klíčová ministerstva a hlavní města. Pokud by tedy nebyla vlastní armáda připravena k okamžité odvetě, zahájené ještě před dopadem protivníkových jaderných hlavic, nemusely by jí zůstat zbraně k protiútok v podobné síle.

Obě největší armády dodnes udržují většinu vojenských systémů v přibližně patnáctiminutové pohotovosti: několik minut je vyhrazeno na detekci blížících se střel a dalších několik minut k rozhodnutí nejvyššího velení o zahájení protiútok. Přibližně stejnou dobu pak trvá odpálení vlastních mezikontinentálních balistických střel. Jakkoli je celá procedura jistěna řadou kontrolních mechanismů a neustále se rutinně procvičuje, je zřejmé, že se jedná o velmi křehký systém, který se může díky selhání lidského činitele vymknout kontrole.

Názorným příkladem může být událost ze středy 25. ledna 1995, kdy ruské obranné velitelství zpozorovalo neznámou raketu směřující od norského pobřeží k Ruské federaci. Událost přitom specialisté vyhodnotili jako střelu Trident vypuštěnou z americké jaderné ponorky, která může za patnáct minut explodovat nad Moskvou. Vygenerovaný elektromagnetický puls by pak vyřadil z provozu většinu elektronických systémů a zajistil tak „snazší“ útok dalších desítek mezikontinentálních balistických raket. Ostatně právě tak nějak vypadal jeden z možných scénářů zahájení 3. světové války.

Ruská armáda vzápětí informovala nejvyšší státní představitele a tehdejší prezident Boris Jelcin přistoupil k aktivaci „jaderného kufříku“, s nímž se zahajuje protiútok. Naštěstí pro budoucnost, asi po devíti minutách analytici u radarů zjistili, že „hlavice“ směřuje nad oceán a nemůže Rusko jakkoli ohrozit. Borisu Jelcinovi přitom do zahájení odvety zbývaly pouhé dvě minuty. Falešný poplach způsobila norská výšková raketa Black Brant určená pro výzkum svrchních vrstev zemské atmosféry, především polárních září. Následné vyšetřování dokonce prokázalo, že Norsko o tomto experimentu ruské představitele informovalo s předstihem několika týdnů, avšak zpráva o startu výškové rakety se nakonec k patřičným „uším“ nedostala...

Scénář jaderné války

Událost, která se přihodila v roce 1995 (viz výše), vede k myšlence, co by se stalo, kdyby ruský prezident vydal rozkaz k protiútok. Je nesporné, že by tento jediný okamžik vedl k jaderné válce s katastrofálními celosvětovými následky. Je vůbec ale možné domyslet, jak by tato 3. světová válka probíhala? Při znalosti vojenské taktiky a moderního způsobu vedení války lze říci, že ano. Podívejme se tedy na iluzorní scénář jaderné apokalypsy, který se, doufejme, nikdy nebude realizovat.

Vraťme se teď zpátky k okamžiku, kdy ruský prezident stisknutím knoflíku ve svém „jaderném kufříku“ vydává pokyn k protiútok. Je nesporné, že by tento jediný okamžik vedl k jaderné válce s katastrofálními celosvětovými následky. Je vůbec ale možné domyslet, jak by tato 3. světová válka probíhala? Při znalosti vojenské taktiky a moderního způsobu vedení války lze říci, že ano. Podívejme se tedy na iluzorní scénář jaderné apokalypsy, který se, doufejme, nikdy nebude realizovat.

Vraťme se teď zpátky k okamžiku, kdy ruský prezident stisknutím knoflíku ve svém „jaderném kufříku“ vydává pokyn k protiútok. Je nesporné, že by tento jediný okamžik vedl k jaderné válce s katastrofálními celosvětovými následky. Je vůbec ale možné domyslet, jak by tato 3. světová válka probíhala? Při znalosti vojenské taktiky a moderního způsobu vedení války lze říci, že ano. Podívejme se tedy na iluzorní scénář jaderné apokalypsy, který se, doufejme, nikdy nebude realizovat.

Vraťme se teď zpátky k okamžiku, kdy ruský prezident stisknutím knoflíku ve svém „jaderném kufříku“ vydává pokyn k protiútok. Je nesporné, že by tento jediný okamžik vedl k jaderné válce s katastrofálními celosvětovými následky. Je vůbec ale možné domyslet, jak by tato 3. světová válka probíhala? Při znalosti vojenské taktiky a moderního způsobu vedení války lze říci, že ano. Podívejme se tedy na iluzorní scénář jaderné apokalypsy, který se, doufejme, nikdy nebude realizovat.

Vraťme se teď zpátky k okamžiku, kdy ruský prezident stisknutím knoflíku ve svém „jaderném kufříku“ vydává pokyn k protiútok. Je nesporné, že by tento jediný okamžik vedl k jaderné válce s katastrofálními celosvětovými následky. Je vůbec ale možné domyslet, jak by tato 3. světová válka probíhala? Při znalosti vojenské taktiky a moderního způsobu vedení války lze říci, že ano. Podívejme se tedy na iluzorní scénář jaderné apokalypsy, který se, doufejme, nikdy nebude realizovat.

První mezikontinentální balistické střely Minuteman III z ramp ukrytých v podzemí amerického středozápadu odstartují ještě předtím, než na území Spojených států amerických dopadnou ruské jaderné hlavice. Jenom o pár minut později je bude následovat tři sta raket Trident odpálených z atomových ponorek třídy Ohio. Krátce poté však začnou nad americkým územím explodovat první ruské termonukleární hlavice. Jejich cílem se stanou vojenské základny, velká města a důležité průmyslové oblasti. Každá nálož zlikviduje vše v okruhu pěti kilometrů. Lidé budou umírat po milionech. Americké rakety se nad území Ruska dostanou pouhých padesát minut po začátku ruského útoku. Jenom na Moskvu zamíří dvě stě náloží, tato metropole bude v průběhu několika sekund srovnána se zemí, téměř všichni Moskvané se vypaří. Ruské a americké ponorky na sebe vzápětí zaútočí nukleárními torpédy. Svě cíle vyhledají střely s plochou dráhou letu a posádky dálkových bombardérů. K bitvě se připojí britské a francouzské jaderné síly, odstartují rakety na palubách ponorek. Na vybrané cíle v Rusku, Indii a Tchaj-wanu zaútočí Čína. Vláda v Izraeli dostane jedinečnou možnost zlikvidovat okolní arabské státy. Vodíkové exploze sežhnou celý evropský kontinent, Severní Ameriku a velkou část Asie. V průběhu prvních dvou hodin jaderné války zahyne asi půl miliardy lidí. Požáry zachvátí plochu o velikosti Evropy... Z nebe bude padat černý déšť, před radiací nebude úniku. Sedmdesát procent veškerého světového průmyslu, většina armád světa přestane jednoduše existovat. Evropanům, Rusům a Američanům začnou vypadávat vlasy, velká část z nich pozvolna zemře na bolestivou akutní nemoc z ozáření. Radioaktivním spadem bude v následujících měsících zamořeno několik desítek procent území Spojených států amerických, Evropy i Ruska. Zcela ustane zásobování nejen potravinami (zemědělská výroba v Evropě a v USA klesne na setinu předválečné produkce), ale také pitnou vodou, léky a otopem. Během nejbližší zimy řada lidí jednoduše umrzne. Přes planetu se v následujících týdnech přežene několik epidemií. S ohledem na nedostatek jakýchkoli léků se smrtelnými chorobami stanou banální nemoci – chřipka, zápal plic, zánět slepého střeva. Zemře většina špičkových odborníků, vědců i umělců, vypaří se výjimečná umělecká díla, shoří knihovny a počítače s rozsáhlými databázemi. Ušetřeny však nezůstanou ani země, které se vyhnou jadernému bombardování. Do ovzduší se totiž dostane několik miliard tun prachu a kouřových částic, které zastíní sluneční záření. Průměrná teplota naší planety poklesne až o několik stupňů Celsia, což zavíní katastrofální neúrodu a bezútěšný hladomor. Není také vyloučeno, že jaderné exploze změní trasy atmosférických (oceánských) proudů, které přispějí k dalším výkyvům počasí a výraznému poškození ozonové vrstvy chránící nás před nebezpečným ultrafialovým zářením. V extrémním případě by dokonce mohla nastat tzv. nukleární zima, během níž dojde na několik měsíců k ochlazení až o desítky stupňů Celsia.

I když by 3. světová válka zcela jistě nevyhladila člověka jako živočišný druh, pravděpodobně by vedla ke konci moderní civilizace tak, jak ji známe v dnešní podobě. Na území Spojených států amerických, Evropy a Ruska by klesl počet obyvatel na méně než polovinu, celkové ztráty na životech by se ale vyšplhaly na dvě a půl miliardy lidí. Zcela jistě by zanikly současné světové velmoci a hlavní roli v dalším vývoji naší planety by tak s největší pravděpodobností začaly hrát státy,

jako je Japonsko, Čína, Austrálie či jihoamerické země. Není tak od věci srovnání, že důsledky případné jaderné války by se vyrovnaly největší přírodní katastrofě, kterou je střet Země s menší planetkou nebo kometárním jádrem. Otázkou však zůstává, zda by s ohledem na masivní radioaktivní spad byl život na naší planetě po této válce dlouhodobě udržitelný.

7.3 Biologické zbraně

7.3.1 Hrozba použití biologických zbraní

Biologické zbraně jsou podobně jako zbraně chemické primárně určeny k usmrcení, zranění či zneschopnění lidí. Jejich cílem však také mohou být zvířata či zemědělské plodiny. Nezbytnou součástí biologických zbraní jsou patogeny (bakterie, viry či jiné organismy způsobující onemocnění), které jsou schopny vyvolat u zasažené oběti chorobný stav (Biosecurity and Biodefence Resource, online). Pokud jsou jako útočné látky využity produkty podobných organismů (například toxiny), řadí se takové zbraně mezi chemické. Biologické zbraně jsou považovány za zbraně hromadného ničení a jejich vývoj, výroba, skladování i použití jsou proto zakázány Úmluvou o zákazu biologických zbraní z roku 1972 (Convention on the Prohibition of the Development, online). Specifikum biologických zbraní spočívá v jejich multiplikačním faktoru – zasažená oběť totiž zpravidla může nákazu sama aktivně šířit mezi zdravé jedince.

Nasazení biologických zbraní sebou přináší vysoké riziko, protože lze jen velmi obtížně vymezit skupinu, která má být účinkem těchto bojových látek zasažena. Součástí biologických zbraní jsou totiž patogeny vyvolávající poměrně snadno přenosná onemocnění, která se v zasažené populaci mohou nekontrolovatelně šířit. V případě skutečně účinných biologických zbraní by tak útok mohl snadno přerůst v celosvětovou pandemii, která by si mohla vyžádat desítky milionů či dokonce miliardy obětí! Z tohoto pohledu mají biologické zbraně pouze malý taktický význam pro použití v boji. Problém spočívá také v rychlosti jejich účinku, který není okamžitý, ale projeví se zpravidla až během několika hodin či dní. Pro svou nebezpečnost a nekontrolovatelnost jsou podobné patogeny proto cílem zejména řady teroristických skupin.

Výzkum a vývoj patogenů vhodných pro použití v biologických zbraních byl stejně jako v případě chemických bojových látek urychlen zejména dvěma světovými válkami. Během 2. světové války se do této činnosti zapojily kromě Spojených států amerických a Německa například také Velká Británie, Japonsko či Kanada. V období studené války disponovaly Spojené státy americké i Sovětský svaz velkými zásobami biologických zbraní. Americké biologické zbraně byly zničeny již počátkem 70. let 20. století a jejich vývoj byl zastaven (omezil se pouze na výzkum obranných prostředků). V bývalém Sovětském svazu probíhal výzkum biologických zbraní včetně jejich produkce pravděpodobně i nadále až do roku 1989 v programu Biopreparat.

Sovětský svaz tak disponoval biologickými zbraněmi dokonce i přesto, že se stal jedním ze signatářů Úmluvy o zákazu biologických zbraní. Celá řada států dnes vyvíjí obranné prostředky a strategie, kterými by bylo možné případný biologický útok včas zastavit. Pokud má být biologická zbraň co nejvíce účinná (Manahan, 2005), je vhodné, aby:

- Využívala vysoce nakažlivé nemoci, které se snadno přenáší z osoby na osobu.
- Použité patogeny byly silně infekční a vyvolaly onemocnění s vysokou úmrtností.
- Nákaza byla odolná a existovala ve formě, kterou lze snadno šířit např. jako aerosol.
- Její použití vedlo k panice a k narušení zažitých pořádků ve společnosti.
- Zasažená strana nebyla schopna okamžitě a aktivně zakročit proti šíření a účinkům nasazených patogenů (např. léčbou či vakcinací).

7.3.2 Přehled hlavních biologických zbraní

Do skupiny biologických zbraní patří především tato závažná infekční onemocnění (Manahan, 2005):

- antrax (*Bacillus anthracis*),
- mor (*Yersinia pestis*),
- pravé neštovice (*Variola major*),
- tularémie (*Francisella tularensis*) či
- virové krvácivé horečky (filoviry jako například Ebola či Marburg nebo arenaviry typu Lassa a Machupo).

Mezi méně nebezpečná onemocnění, stále však vhodná pro použití v biologických zbraních, patří (Manahan, 2005):

- brucelóza (*Brucella species*),
- vozňivka (*Burkholderia mallei*),
- psitakóza (*Chlamydia psittaci*),
- Q-horečka (*Coxiella burnetii*),
- melioidóza (*Burkholderia pseudomallei*),
- skvrnitý tyfus (*Rickettsia prowazekii*),

- virová encefalitida,
- patogeny přijímané s jídlem (*Salmonella species*, *Escherichia coli* O157:H7, *Shigella*) a
- patogeny přijímané s vodou (*Vibrio cholerae*, *Cryptosporidium parvum*).

Velké riziko pramení také z vývoje zcela nových patogenů, které by mohly vycházet z některých známých nemocí, např. z neštovic či virových krvácivých horeček. Takovéto uměle vyšlechtěné patogeny by byly pravděpodobně velice nebezpečné (vyšší mortalita, kratší inkubační doba, vysoká nakažlivost) a klasická léčba či očkování by v jejich případě nejspíše selhávaly. V biologických zbraních může být užito velké množství různých patogenů, jejichž účinky i projevy jsou velmi odlišné. Z ilustračních důvodů proto budou podrobněji zmíněny pouze dva patogeny, jež měly na lidskou populaci neobyčejně zhoubný vliv v minulosti (mor, neštovice), a jeden patogen obzvláště vhodný pro biologický útok (antrax).

Mor

Morové epidemie byly pro lidstvo hrozbou zejména v období středověku a oběti rozsáhlých morových ran se počítají v desítkách milionů. Nemoc tehdy přenášely blechy, které parazitovaly na nakažených krysách. Mor je také jednou z prvních chorob, která byla záměrně použita jako biologická zbraň (U. S. Department of Defense, 1998). Již ve středověku byly oběti moru praky vystřelovány do obléhaných měst, aby vyvolaly vznik epidemie mezi obyvatelstvem. Nemoc, jejímž původcem je bakterie *Yersinia pestis*, dnes lze v případě včasného zásahu velmi úspěšně léčit antibiotiky. Mor se vyskytuje ve dvou variantách:

- **Dýmějový mor** – tato forma moru se přenáší bleším kousnutím, z člověka na člověka však snadno přenosná není. Je charakteristická zejména hnisavým zánětem mízních uzlin v oblasti třísel a podpaždí a vznikem bouli v těchto místech. Mezi další symptomy patří všeobecná slabost, horečka, bolest hlavy a třesavka. Hnisající ložiska mohou prasknout a infekce se pak rozšíří krví do celého organismu. Následuje vznik krevních sraženin a krvácení do kůže a orgánů. Neléčený dýmějový mor vykazuje přibližně 60 % úmrtnost a má velice rychlý vývoj – většina nakažených zemře ve stejný den, kdy se u nich objeví první příznaky nemoci (Biosecurity and Biodefence Ressource, online; General Fact Sheets on Specific Bioterrorism Agents, online; U. S. Department of Defense, 1996 a 1998; WHO, 2004).
- **Plicní mor** – infekce zasahuje plíce a vyznačuje se horečnatými stavy (bolest hlavy a kloubů, zvýšená teplota, třesavka), po kterých následuje kašel, bolest na hrudi, zrychlené dýchání a zápal plic. Inkubační doba se pohybuje v rozmezí několika hodin až dnů. Samotná nemoc pak vrcholí zpravidla po několika dnech. Plicní forma moru se může šířit kapénkovou infekcí, takže je nebezpečnější než dýmějový mor. Bez léčení je úmrtnost značně vysoká

a dosahuje až 90 % (Biosecurity and Biodefence Ressource, online; General Fact Sheets on Specific Bioterrorism Agents, online; U. S. Department of Defense, 1996 a 1998; WHO, 2004).

Neštovice

Původcem nemoci jsou viry ze skupiny neštovičných virů Poxviridae, které v minulosti stály za vznikem dvou variant neštovic. Nebezpečnější a těžší formou byly pravé neštovice (*Variola major*), lehčí průběh pak mělo onemocnění označované jako alastrim (*Variola minor*). Zatímco v případě neléčených pravých neštovic dosahovala úmrtnost 10 až 30 %, lehčí forma alastrim vedla k úmrtí 1 až 2 % nakažených. I když původ nemoci není zcela jasný, pochází pravděpodobně z Indie, odkud se rozšířila do celého světa. V minulosti měly neštovice na lidskou populaci stejně devastující účinky jako například epidemie moru (Havlík a Machala, 1996).

Jediným hostitelem neštovic je člověk a nákaza tak v přírodě nemůže přežívat mimo lidské jedince například v nakažených zvířatech, jak je to obvyklé u jiných onemocnění. To se velice pozitivně projevilo v boji s neštovicemi. Díky rozsáhlému celosvětovému očkovacímu programu ve druhé polovině 20. století byly neštovice jakožto první a jediná nákaza zcela vymáčeny. Světová zdravotnická organizace oficiálně prohlásila neštovice za vymáčené v roce 1980. I po tomto datu však neštovice uchovávaly některé výzkumné laboratoře ve Spojených státech amerických (Center for Diseases Control and Prevention v Atlantě) a v Sovětském svazu (v současném Rusku jsou vzorky uloženy ve Státním výzkumném centru virologie a biotechnologie v Koltsovu) za účelem dalšího studia a výzkumu (Havlík a Machala, 1996). Je otázkou, do jaké míry se mohlo jednat o vývoj biologických zbraní, a pochybnosti zůstávají zejména na Ruské straně.

Neštovice se přenášejí především kapénkovou infekcí a do lidského těla nákaza vstupuje přes horní cesty dýchací. Rizikový je také přímý kontakt s nakaženým nebo s věcmi jeho denní potřeby (ložní prádlo, spodní oblečení apod.). Inkubační doba neštovic činí přibližně 12 dnů, poté se objeví horečnaté stavy a bolest hlavy, svalů či kloubů. Po několika dnech následuje mírné zlepšení a horečka opadá. Tento stav je však záhy vystřídán opětovným zhoršením, silnými horečkami a pro neštovice typickým vznikem vyrážky na kůži, popřípadě i na sliznicích. Poté se vyrážka poměrně rychle mění na puchýře vyplněné průhlednou tekutinou. V období kolem sedmého dne nemoci dochází ke zhnisání puchýřů a nakažený se tak dostává do nejtěžšího období, které se vyznačuje silnou horečkou. Právě v tomto období zemře většina infikovaných osob. V následujících dnech se stav nakaženého zlepšuje, horečka ustupuje a puchýře se mění ve strupy. Odpadávaní strupů probíhá po další tři až čtyři týdny. Díky zhnisání však po strupech zůstávají četné jizvy. Nákazou bývá postižena i oční rohovka, což může vést až k trvalé slepotě (Biosecurity and Biodefence Ressource, online; General Fact Sheets on Specific Bioterrorism Agents, online; U. S. Department of Defense, 1996).

V prvotním stádiu nejsou neštovice příliš nakažlivé a nebezpečí vzrůstá teprve v okamžiku, kdy se na kůži objeví vyrážka a puchýře. Infikovaná osoba sice může chorobu šířit v průběhu celého onemocnění, nejnakažlivější je však v období jednoho týdne po prvotním výskytu vyrážky. Nakažlivost klesá v následujících 7 až 10 dnech, kdy nad puchýřky začínají převažovat odlupující se strupy. Nebezpečí nákazy pak pomíjí teprve až s odpadnutím posledního strupu. Díky své nakažlivosti (k nákaze stačí vdechnout pouze 10 až 100 virových částic) by mohly být neštovice použity jakožto biologická zbraň. S očkováním proti neštovicím se navíc po jejich vymícení přestalo, protože vakcína měla u jisté části populace negativní vedlejší účinky. V případě útoku lze lavinovitému šíření pravých neštovic poměrně úspěšně zabránit včasným očkováním nakažených. Lidský organismus je vůči nákaze imunní přibližně osm dní po naočkování. Protože inkubační doba pravých neštovic činí asi 12 dní, je nezbytné očkovat infikované jedince nejpozději třetí den od okamžiku jejich nakažení. Tímto způsobem lze postup nemoci rychle zastavit.

Antrax

Antrax (sněť slezinná) je infekční nemoc, kterou způsobuje tyčinkovitá bakterie *Bacillus anthracis*. Za nepříznivých životních podmínek je tato bakterie schopna vytvářet velice odolné endospory, jenž mohou v klidovém stavu přežít i desítky let. To z antraxu činí vhodný materiál pro výrobu biologických zbraní. Nemoc často postihuje dobytek, je ale velice nebezpečná i pro člověka. Nákaza se do těla může dostat přes trávicí trakt s jídlem, inhalací dýchacími cestami nebo oděrkami na kůži. Endospory antraxu lze poměrně jednoduše vypěstovat ve větším množství a v podobě jemného prachu či aerosolu mohou být snadno použity při teroristickém útoku. To dokládají například teroristické útoky antraxem ve Spojených státech amerických v roce 2001 a 2002, při kterých byl antrax šířen poštou. Zatímco výroba antraxu není příliš náročná, obtížné je jeho zpracování do podoby vhodné pro šíření vzduchem. Částice totiž musí být dostatečně malé a nesmí docházet k jejich shlukování.

Proti běžným formám antraxu existuje účinné očkování a léčba antibiotiky. Obecně však platí, že léčba závisí na včasném rozpoznání nákazy. Průběh nemoci závisí na cestě, kterou se bakterie dostanou do organismu. Onemocnění se tak může rozvinout v plicní, střevní nebo kožní formu (Biosecurity and Biodefence Ressource, online).

K přímému přenosu nemoci z nakaženého na zdravého člověka nedochází a onemocnění se šíří pouze pomocí endospor. Pokud však nakažený jedinec na následky onemocnění zemře, představuje jeho tělo díky velkému obsahu odolných endospor dlouhodobé potenciální riziko. Kvůli nízké přenositelnosti antraxu z nakaženého na zdravého člověka je antrax vhodný především pro cílený útok na určitou skupinu lidí. Riziko přenosu na další osoby, např. při jejich náhodném kontaktu s nakaženým, je totiž poměrně malé. Také antrax má několik forem:

- **Plicní antrax** – nejnebezpečnější ze všech forem nemoci. Vzniká průnikem bakterií do dýchací soustavy a plic. Inkubační doba plicního antraxu se pohy-

buje v rozmezí několika dní. Zpočátku má nemoc příznaky chřipky, později připomíná těžký zápal plic. Plicní antrax se léčí silnými antibiotiky, aby však byla léčba úspěšná, je nezbytná včasná diagnóza. Bez léčení vykazuje plicní antrax 97 % úmrtnost. Jako letální dávka postačí asi deset až dvacet tisíc endospor (U. S. Department of Defense, 1996; Biosecurity and Biodefence Ressource, online; General Fact Sheets on Specific Bioterrorism Agents, online; Manahan, 2005).

- **Střevní antrax** – pokud nemoc pronikne do trávicího traktu, může se rozvinout ve střevní formu, která má podobu silné infekce v oblasti žaludku a střev. Nákazu doprovází nechutenství, silné průjmy a zvracení. Ve stolici a zvracích se objevuje krev. K léčbě se používají silná antibiotika. Pokud není nemoc léčena, pohybuje se úmrtnost v rozmezí 25 až 60 % (U. S. Department of Defense, 1996; Biosecurity and Biodefence Ressource, online; General Fact Sheets on Specific Bioterrorism Agents, online; Manahan, 2005).
- **Kožní antrax** – kožní antrax se objevuje tehdy, pokud se infekce dostane do organismu přes kůži. Prvním příznakem (po několika dnech od nákazy) je svědivý pocit v místě průniku, později se objevují tmavší až černé puchýře následované nebolestivými a nekrotickými vředy. Neléčený kožní antrax vykazuje 20 % úmrtnost. K léčbě jsou používána antibiotika. Právě černé zabarvení puchýřů vyskytujících se u kožní formy dalo onemocnění jméno. Název antrax totiž pochází z řeckého výrazu pro antracit (druh černého uhlí) „anthrakitis“ (U. S. Department of Defense, 1996; Biosecurity and Biodefence Ressource, online; General Fact Sheets on Specific Bioterrorism Agents, online; Manahan, 2005).

Literatura ke kapitole

Biosecurity and Biodefence Resource [online]. Federation of American Scientists [cit. 2009-08-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.fas.org/programs/ssp/bio/resource/index.html>>.

Biological Weapons Technology [online]. U. S. Department of Defense, Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition and Technology, 1998. Dostupný z WWW: <<http://www.fas.org/irp/threat/mct198-2/p2sec03.pdf>>.

Chemical Weapons Information [online]. Federation of American Scientists [cit. 2009-08-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.fas.org/programs/ssp/bio/chemweapons/index.html>>.

Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on their Destruction [online]. Organisation for the prohibition of chemical weapons [cit. 2009-08-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.fas.org/nuke/guide/usa/doctrine/dod/fm8-9/3toc.htm>>.

Convention on the Prohibition of the Development, Production and Stockpiling of Bacteriological (Biological) and Toxin Weapons and on Their Destruction: signed at London, Moscow and Washington on 10 April 1972 [online]. Dostupný z WWW: <<http://www.fas.org/programs/ssp/bio/resource/documents/btwctext.pdf>>.

Documentation for Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLH): NIOSH Chemical Listing and Documentation of Revised IDLH Values [online]. National Institute for Occupational Safety

and Health, May 1994 [cit. 2009-08-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>>.

DUŠEK, J.; PÍŠALA, J. 2006. *Jaderné zbraně*. Brno: Computer Press, 2006. ISBN 80-251-0817-1.

General Fact Sheets on Specific Bioterrorism Agents [online]. Centers for Disease Control and Prevention [cit. 2009-08-18]. Dostupný z WWW: <<http://emergency.cdc.gov/bioterrorism/factsheets.asp>>.

HAVLÍK, J.; MACHALA, L. 1996. 200 let očkování proti pravým neštovicím. *Vesmír*, 1996, roč. 75, č. 11, s. 633.

KONEČNÝ, R. 2004. *Jaderné zbraně: charakteristika a rozdělení jaderných zbraní a jejich účinky*. [online]. Hasičský záchranný sbor ČR, 2004. Dostupný z WWW: <<http://www.hzsmk.cz/sklad/prezentace/kraoo/10.ppt>>.

MANAHAN, S. E. 2005. *Environmental chemistry*. 8th. ed. Boca Raton: CRC Press, 2005. ISBN 1-56670-633-5.

Medical Management of Chemical Casualties Handbook: Second Edition [online]. U. S. Department of Defense, Army Medical Research Institute of Chemical Defense, 1995 [cit. 2009-08-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.fas.org/nuke/guide/usa/doctrine/army/mmch/index.html>>.

NATO Handbook on the Medical Aspects of NBC Defensive Operations AMedP-6(B): part III: chemical [online]. U. S. Department of Defense, Department of the Army, 1996 [cit. 2009]. Dostupný z WWW: <<http://www.fas.org/nuke/guide/usa/doctrine/dod/fm8-9/3toc.htm>>.

NATO Handbook on the Medical Aspects of NBC Defensive Operations: part II: biological [online]. U. S. Department of Defense, Department of the Army, 1996. Dostupný z WWW: <<http://www.fas.org/nuke/guide/usa/doctrine/dod/fm8-9/2toc.htm>>.

<<http://flickr.com/photos/7969902@N07/511103951/sizes/o/>>.

NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. Cincinnati: NIOSH Publications. [online], Dostupný z WWW: <<http://www.cdc.gov/Niosh/database.html>>.

NIST WebBook Chemie: NIST Standard Reference Database Number 69 [online]. National Institute of Standards and Technology, c2008 [cit. 2009-08-18]. Dostupný z WWW: <<http://webbook.nist.gov/chemistry/>>.

Public health response to biological and chemical weapons: WHO guidance [online]. World Health Organization, 2004 [cit. 2009]. Dostupný z WWW: <<http://www.who.int/csr/delibered/biochemguide/en/>>.

Termická konvekce. *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online], stránka naposledy editována 29. 4. 2009. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Termick%C3%A1_konvekce>.

Tsar bomba. *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online], stránka naposledy editována 26. 8. 2009. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Tsar_bomb>.

Trinity (nuclear test). *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online], stránka naposledy editována 26. 8. 2009. Dostupný z WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Trinity_\(nuclear_test\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Trinity_(nuclear_test))>.

Weapons of Mass Destruction Intelligence Threat Assessments: appendix B: chemical agents [online]. Federation of American Scientists [cit. 2009-08-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.fas.org/irp/cia/product/go.appendixb.032796.html>>.