

MOŽNOSTI VYUŽITÍ RADIOAKTIVNÍCH ISOTOPŮ PRO VOJENSKÉ ÚČELY

Inženýr kapitán Ing. Jaroslav Tomášek a
plukovník zdravotnické služby MUDr. Otakar Tvrď

Dnes již není pochyb o tom, že odhalení tajemství využití atomové energie je počátkem nové éry lidstva. Všichni si uvědomujeme, jaký dalekosáhlý technický i politický význam má nedávné zahájení výroby elektrické energie pomocí atomové energie v Sovětském svazu. Atomová energie je síla, která změní během dvou desetiletí velmi podstatně svět a celý náš život. Bude pomáhat člověku snad ve všech vědních oborech jeho činnosti.

Možnosti využití atomové energie pro vojenské účely jsou již dnes dalekosáhlé. Větší význam než atomové pumy bude mít využití atomové energie k pohonům vojenské techniky. Uvážíme-li, jakého podstatného snížení váhy pohonných hmot se dosáhne proti dnešním motorům, na příklad u válečných lodí, dálkových střel, obrněných vozidel a v letectví, vidíme, že zavedení atomových pohonů bude znamenat převratné změny v možnostech použití bojové techniky. Tato perspektiva není příliš vzdálená vzhledem k tomu, že se na vyřešení atomových pohonů v celém světě velmi intenzivně pracuje, zejména pokud se týče jejich použití v námořní a letecké dopravě. Ohromný význam atomové energetiky vyplývá též z toho, že množství energie, které představují dnes známé zásoby uranu a jiných těžkých prvků, je desettisíckrát větší než množství energie, kterou by bylo možno vyrobit ze světových zásob uhlí a nafty. Zavedení atomové energetiky v naší republice bude vyřešeno v několika příštích letech.

Již několik let využíváme u nás atomové energie k mírovým účelům, a to díky Sovětskému svazu, který nám dodává radioaktivní isotopy. Možnosti jejich využití jsou velké a neustále přibývá nejrůznějších aplikací ve všech oborech vědy i v průmyslu. Za pomoci Sovětského svazu vybudojeme již v tomto roce první náš pokusný atomový reaktor, v kterém si budeme sami vyrábět radioaktivní isotopy.

Účelem tohoto článku je ukázat na možnosti využití radioisotopů k účelům, souvisejícím přímo nebo nepřímo s vojenskou potřebou.

Nejprve, co jsou radioaktivní isotopy? Isotopy jsou různé těžké atomy téhož prvku, které jsou v stejném místě v periodické tabulce. Dnes je známo přes tisíc isotopů. Mimořádně důležité jsou isotopy uranu a zvláště pak isotope U 235, který se stal východiskem štěpných a řetězových reakcí. Radioaktivní isotopy (radioisotopy) jsou chemicky nerozeznatelné od isotopů neaktivních. Radioisotopy vyzařují záření, které je možno zjistit i z nepatrného množství radioaktivní látky (10^{-12} g). Každý radioaktivní isotope má charakteristický poločas rozpadu a emisní spektrum záření, podle nichž jej lze jednoznačně určit. Radioisotopy jsou přirozené nebo umělé. Dnes je známo asi 45 radioisotopů, z nichž nejznámější a nejdůležitější jsou radium, uran, radon a jiné. Dnes, kdy je

v chodu již řada reaktorů a cyklotronů, je význam přírodních radioisotopů odsunut umělými, které jsou mnohem levnější.

Umělé radioaktivity se podařilo dosáhnout prvně manželům Joliot-Curieovým již v roce 1934. Umělé radioisotopy jsou pojmenovány tak, že se na příklad známý radioisotop kobaltu Co^{60} nazývá »radiokobalt«, radioisotop fosforu P^{32} »radiofosfor« a p. Těmito názvy je zdůrazněna radioaktivita izotopů připravených uměle na rozdíl od přírodních radioisotopů. Původní získávání umělých radioisotopů bombardováním atomových jader částicemi alfa je velmi ne hospodárné. Bombardováním jader neutrony urychlenými ve speciálních urychlovačích, na př. cyklotronech, byl podstatně rozmnožen počet uměle získaných radioisotopů. Nevýhodou cyklotronů je jejich poměrně malá produktivita. Mnohem výkonnějším zdrojem umělých radioisotopů je atomový reaktor, prvně zkonstruovaný za druhé světové války. Produkce i menšího reaktoru je i několik desítek kilogramů radioisotopů za rok. Hlavní výhodou je, že atomový reaktor vyrábí radioisotopy nejrozličnějších druhů podle potřeby, bez zvlášť velkých nákladů. U nás dosud nejužívanější radioisotopy jsou: radioaktivní kobalt Co^{60} , radioaktivní iridium Ir^{192} , radioaktivní jod J^{131} a radioaktivní fosfor P^{32} .

Velký význam má využití radioisotopů ve zbrojním průmyslu ke zkušebním a měřicím účelům. Pro zbrojní techniku je nutné vyžadovat odlitky, výkovky a sváry bez jakýchkoli místních vad, jako jsou trhliny, vměstky, bubliny a p. Dosavadní zkušební metody k zjišťování těchto vad, jako je prozařování materiálu rentgenovými paprsky, magnetická metoda polévání a novější metody fluorescenční nebo barevné indikace a zkoušení ultrazvukem, nedávají ve všech případech záruku 100% vyřazení vadného materiálu a v mnoha případech se obtížně provádějí nebo jich nelze použít vůbec.

Metoda prozařování kovů zářením radioaktivních izotopů, na příklad radiokobaltem Co^{60} nebo radioiridiem Ir^{192} , založená na změně intenzity radioaktivního záření průchodem zkoušeného materiálu, je zvlášť výhodná pro kontrolu zbrojní techniky. Tak na příklad při výrobě tanků by bylo možno kontrolovat ocelové pancéřové plechy do tloušťky 200 mm i více bez použití speciálních přístrojů a elektřiny. Dosud nejčastěji používané technické rentgeny prozáří maximálně ocel o tloušťce 130 mm, pracují s napětím 300 000 V, váží průměrně 1 t a vyžadují velmi odbornou obsluhu. Výhodou zařízení ke kontrole radioaktivním zářením je snadná přenosnost přístrojů a nezávislost na vnějším energetickém zdroji. Těchto důležitých předností by bylo možno s výhodou použít k periodické kontrole již používané zbrojní techniky, jako na příklad dělostřeleckých hlavních, svarů lafet, motorových skříní, zalomených hřídelů, všech velmi namáhaných svarů a p. i v polních podmínkách.

Ke kontrole kvality potrubí je vhodné použít metody stopování radioaktivního materiálu. Radioaktivní izotop přidávaný do proudící kapaliny nebo plynu se identifikuje vhodným detektorem. V místech trhlin nebo zeslabení stěny intenzita záření stoupne a tím se prozradí vada materiálu.

Dalekosáhlého významu nabylo používání radioaktivních izotopů v disciplínách biologických a lékařských. V těchto oborech slouží radioaktivní izotopy především k stopovému vyšetřování ve fyziologii, farmakologii, biochemii a diagnostice. Největší úsilí bylo vynaloženo a také největších úspěchů bylo dosaženo ve výzkumu výměny látkové a práce o tom pojednávající jdou do set až tisíců. Při studiu pochodu výměny látkové se používá látek, v nichž jeden stabilní uhlík molekuly je nahrazen radioaktivním izotopem C^{14} nebo C^{13} , nebo v nichž stabilní dusík je nahrazen radioaktivním izotopem N^{15} . Často se provádějí seriové pokusy s touž látkou, v níž byly postupně různé stabilní prvky nahrazeny radioaktivními izotopy. Sledováním osudu těchto látek v živé tkáni poznáváme pochody, které ve tkáni probíhají. Osud těchto značkových látek se sleduje jak v celistvém živém organismu, tak i v jednotlivých izolovaných orgánech a tkáních. Sleduje se vstřebání látky rozmístěné v organismu, štěpení a rozklad látky, sledují se vzniklé štěpné produkty a jejich vylučování. Tímto studiem bylo dosaženo pozoruhodných výsledků v poznání mechanismu látkové výměny bílkovin, uhlovodanů a tuků.

Touto metodou byl rovněž studován mechanismus účinku různých léků, sulfonamidů a antibiotik, stejně jako vitaminů a hormonů. Z jednotlivých radioisotopů je nejlépe prostudován radioisotop fosforu P^{32} a radioisotop jodu I^{131} . Všechny klasické práce s radioaktivními izotopy byly konány s nimi, protože v prvních letech toliko tyto dva radioisotopy byly k dispozici v dostatečném množství pro biologické pokusy.

V popředí zájmu vojenských fyziologů a toxikologů stojí pathofysiologický výzkum účinku různých škodlivin, jako jsou bojové chemické látky a pronikavé záření a reakce organismu na vniklou škodlivinu. Především běží o poznání pathofysiologického účinku bojových chemických látek. V literatuře bylo uveřejněno dosud málo zpráv, které by se dotýkaly přímo tohoto problému. Tento nedostatek zpráv je způsoben zejména utajením, ale jistě k němu přispívá i ta okolnost, že chlor, který je součástí skoro všech klasických otravných látek, má radioaktivní izotop s velmi krátkým poločasem, který značně ztěžuje práce. Byl popsán vztah diisopropylfluorofosfonátu (DFP) s radioaktivním fosforem P^{32} a jeho vztah k cholinesterase a je popsáno několik pokusů s radioaktivním dusíkatým yperitem, které mají osvětlit jeho vztah k různým enzymatickým systémům, aniž však tato otázka byla definitivně rozřešena. Studium pathofysiologie značkových bojových chemických látek může značně rozšířit naše vědomosti, zvláště o toxickém edému, o vztahu bojových chemických látek k ústřednímu systému nervovému a enzymům, a na základě těchto poznatků bude lze studovat nové možnosti léčby. Při studiu mechanismu léčebného účinku dimerkatopropanolu (BAL) bylo rovněž použito značkové látky a byl hlouběji poznán účinek této látky. Také studium ochranného účinku látek se sulfhydrylovými skupinami pomocí radioisotopů rozšířilo naše vědomosti o biologických pochodech probíhajících v organismu.

V lékařství se používá radioaktivních izotopů jak k účelům diagnostickým, tak i k účelům léčebným. V diagnostice se používá radioisotopů fosforu a jodu k diagnostice nádorů, zvláště nádorů mozkových a nádoru prsu, dále k diagnostice porušené činnosti štítné žlázy. Rovněž dobré služby konají izotopy při studiu oběhových poměrů krve. Pro účely

vojenské je zvláště důležité sledování oběhu krve při tak zvaném traumatickém šoku, který je nejběžnější komplikací střelných poranění a kde život raněného často je úplně závislý na zvládnutí tohoto šoku. Zajímavá a vojensky důležitá jsou rovněž pozorování konaná v souvislosti se studiem hojení ran. I tu nám konají radioisotopy neocenitelné služby.

K léčebným účelům používáme radioisotopů jak k zevnímu ozařování, tak k léčbě vnitřním podáváním radioisotopů. I když počáteční naděje na tyto metody nespĺnily zcela očekávání, staly se radioisotopy cenným lékem zvláště při chorobách štítné žlázy, jak povahy nádorové, tak i dysfunkční, a při řadě chorob krevních, zvláště při zvýšené tvorbě červených krvinek t. zv. polycytemii.

V lékařské diagnostice se také používá radioisotopů k účelům rentgenového snímkování. V cizí literatuře jsou již uveřejněny zprávy o snímkovacích přístrojích, kde rentgenová lampa je nahrazena radioaktivním thuliem. Tyto přístroje jsou jednoduché, lehké a jsou nezávislé na zdrojích energie, takže se mohou úplně uplatnit za polních podmínek. Dosud popsané přístroje umožňují diagnostiku zlomení kostí pomocí snímku, ale vývojem lze očekávat zlepšení možností tohoto přístroje. Tyto snímkovací přístroje váží asi 20 kg a jeden muž je může pohodlně přenášet na zádech.

V bakteriologii se hojně používá radioaktivních isotopů k studiu metabolismu bakterií a k studiu obranných reakcí organismu a k studiu vzniku resistance proti antibiotikům a chemoterapeutikům. Všechny tyto pokusy jsou vojensky důležité, neboť výsledků těchto pokusů může být použito k vypracování method k urychlenému pěstování bakterií pro válečné účely.

Dobré služby nám mohou konat bakterie, které při svém metabolismu přijaly do svého organismu radioaktivní isotope, při kontrole našich přístrojů k zjišťování mikrobů ve vzduchu a při kontrole činnosti bakteriálních filtrů jak pro vzduch, tak i pro vodu.

Rozsáhlé je použití radioisotopů v chemii při studiu průběhu chemických reakcí, zvláště reakcí katalytických, absorpce a při studiu styčných ploch. Pomocí radioisotopů lze velmi přesně zjistit efekt protiplynového filtru masky stejně, jako můžeme přesně určovat dobu průniku látek typu yperitu určitou látkou. Tyto radioisotopy se mohou rovněž uplatnit při kontrole method odmořovacích, zvláště mechanických.

Radioisotopů se používá dále v chemickém výzkumu a v analytické chemii a při studiu korose kovů. Velmi mnoho se očekává od radioaktivních isotopů v potravinářském a konservačním průmyslu. Záření gama určitých radioisotopů v poměrně velkých dávkách (několik tisíc rentgenů) slouží jednak k sterilisaci konzervovaných potravin, jednak, a to zvláště, k potlačení enzymatických procesů uložených plodin. Tak bylo možno dávkou 20 000 r potlačit klíčení uložených brambor, takže brambory po dvouletém uložení měly vzhled a chuť čerstvě uložených brambor. Tímto způsobem lze zabránit značným hospodářským ztrátám a toto opatření by u četných potravin znamenalo zabránění každoročním velkým ztrátám, způsobovaným znehodnocováním potravin při jejich delším uložení.

Velkým úspěchem vědy bude, dosáhne-li se přímé přeměny atomové

energie v elektrickou. Již nyní se objevují zprávy o možnostech vyřešení atomových baterií. Tyto zdroje elektrické energie, podobné galvanickým článkům, pracují na principu působení radioaktivního záření na polovodič. Záření některého vhodného radioaktivního prvku způsobí v polovodiči lavinovité uvolnění neutronů a tím vznik potenciálního rozdílu. Použitím radioaktivních prvků s velkými poločasy rozpadu bude moci být dosaženo mnohem větší životnosti atomové baterie než u dosud používaných zdrojů typu článků a akumulátorů a jejich nepřetržitého provozu.

K vyřešení atomové baterie schopné praktického použití je třeba ještě překonat značné technologické a fyzikální obtíže v dosažení vyšších výkonů. Využití atomových baterií, jakožto nezávislých a jednoduchých zdrojů elektrické energie s velkou životností, bude velmi široké a bude mít dalekosáhlý význam.

Velké možnosti využití radioaktivního záření jsou v konstrukci bezpečnostních a signalizačních zařízení.

Zajímavý je přístroj popsáný v anglické literatuře, který signalizuje samočinně vznik ohně. Je založen na principu absorpce částic alfa kouřem. Přístroj obsahuje vzorek radioaktivního materiálu vysílajícího paprsky alfa a skládá se ze dvou ionizačních komůrek, jedné otevřené a druhé uzavřené. Obě komůrky jsou spojeny pomocí speciální katodové trubice a stojí pod stejným napětím. V přítomnosti kouřových částic v otevřené trubici dochází k absorpci částic alfa a tím k porušení rovnováhy napětí, což se projeví průchodem proudu signálním zařízením.

Aparatura podobného složení by se mohla uplatnit při požární ochraně vojenských skladů, protože signalizuje oheň v době, kdy požár začíná doutnáním, na rozdíl od fotoelektrických zařízení, která signalizují až plameny.

Radioisotopy by mohly sloužit i jiným způsobem k ochraně vojenského majetku, na př. proti rozkrádání. Tak by bylo na př. možné označovat nepatrným množstvím radioisotopů vojenské pohonné hmoty a zjišťovat je detektorem vhodné konstrukce.

K dodržování předepsaných vzdáleností vozidel při nočních přesunech a k zajištění jejich bezpečnosti by bylo účelné vyřešení automatického ukazatele vzdáleností na principu radioaktivního záření. Detektor radioaktivního záření, umístěný v budce řidiče, by reagoval úměrně se vzdáleností vozidel na zdroj záření, který by byl umístěný v zadní části vozidla a vhodně stíněný ve směru jízdy. Vhodnou konstrukcí detektoru by bylo možno dosáhnout převodu na ukazatel přímé vzdálenosti vozidel.

Jak z uvedených příkladů vyplývá, jsou možnosti využití radioisotopů velké a neustále přibývá nejrůznějších aplikací ve vědě i v průmyslu. Je úkolem všech vojenských techniků a zlepšovatelů, zvláště pak odborníků všech našich vojenských akademií, aby o nich uvažovali a navrhovali nové aplikace využití radioisotopů pro vojenské účely a usilovali o zavádění nových method jak v průmyslu, tak na pracovištích naší armády. Současně je však třeba řešit ochranu všech osob, které budou při stále širším zavádění nejrůznějších aplikací využití atomové energie vystaveny účinkům radioaktivního záření.