Podplukovník RNDr. Jaroslav F i e d l e r, CSc.

K MONITOROVÁNÍ PODZEMNÍCH JADERNÝCH EXPLOZÍ

V článku se zabývám využitím seismických metod k monitorování podzemních jaderných explozí a ke kontrole dodržování jejich zákazu, příslušnou mezinárodní spoluprací, podmínkami v ČSFR k uvedené problematice a důsledky pro ČSA.

Problematika konvenčních zbraní se bezprostředně týká ČSFR, protože nevlastní, ani na svém území nemá rozmístěné chemické a jaderné zbraně. To ovšem neznamená, že by těmito zbraněmi nemohla být ohrožena.

Vývoj a výroba jaderných zbraní končí jejich vyzkoušením. Ať již utajovaným, s cílem ověřit, zda zbraň má skutečně požadované účinky, nebo neutajovaným proto, aby odstrašila nebo vydírala možného protivníka.

Lze vytvořit mezinárodní kontrolní systém, založený na inspekcích na místě (v laboratořích, továrnách, zkušebních cvičištích, místech podezřelých jevů atd.), který však pracuje jen za ideálních podmínek vzájemné důvěry všech zúčastněných států. Dokud takový systém není, mají jednotlivé státy své národní technické prostředky monitorování jaderných zkoušek. Mezi nimi zaujímají důležité místo **seismické prostředky**, které poskytují objektivní informace na velké vzdálenosti od místa výbuchů.

Každý svrchovaný stát potřebuje zprávy o aktivitách zemí v této oblasti, protože mají bezprostřední dopad na jeho bezpečnost. Jejich získávání patří do kompetence armády. ČSA se touto problematikou zabývá již od roku 1966. Vzhledem k měnící se vojenskopolitické situaci vzniká v současné době potřeba přehodnotit současnou koncepci seismického monitorování v ČSA.

Seismické metody lze též účinně využít k objektivnímu určování prvků jaderných úderů: místa, času, ráže.

Seismické monitorování se skládá z nepřetržitého záznamu seismických vln (registrace), z okamžitého vyhledávání vln od přírodních a umělých jevů na pozadí šumu (detekce), z určování místa a času vzniku vln (lokalizace), z rozlišování mezi přírodním a umělým jevem (identifikace).

Seismické monitorování jaderných výbuchů je založeno na využití vědeckých poznatků o geofyzikálních vlastnostech naší planety a možností soudobé techniky. Představuje uplatnění poznatků a přístrojového vybavení z klasické seismologie, která se věnuje studiu zemětřesení.

Při výbuchu vznikají v Zemi vlny, obdobně jako při zemětřesení, ty se šíří na velké vzdálenosti. Např. seismická stanice ČSA zaznamená podzemní jaderný výbuch ze

zkušebního cvičiště USA v Nevadě od ráží 10 kt TNT (vzdálenost přes 9000 km) a francouzského na ostrově Muroroa dokonce od 5 kt TNT. V těchto případech vlny procházejí zemským jádrem, které pro ně představuje obdobu čočky v optice, stanice ČSA leží v jeho "ohnisku". Švédské stanice zaznamenávají chemické výbuchy o velikosti 3 t TNT z území SSSR na vzdálenost 1 500 km.

Protože se jaderný výbuch fyzikálně liší od zemětřesení (velikostí oblasti s plastickými deformacemi, dobou trvání jevu, explozivním mechanismem ohniska), lze ze záznamu seismických vln poznat, zda se jedná o přírodní jev, nebo o jaderný, či chemický výbuch (identifikace jevu).

Monitorování všech jevů na zeměkouli jedinou stanicí není možné. Protože dochází k pohlcování energie seismických vln prostředím, lze slabé jevy zaznamenat jen do určité vzdálenosti stanice od epicentra, v důsledku stavby Země jsou některé oblasti v "seismickém stínu". Proto lze nejlepších výsledků dosáhnout pomocí celosvětové sítě stanic.

Seismické vlny, generované jadernými výbuchy, mají kmitočty okolo 1 Hz. Šíří se rychlostmi 8 $km.s^{-1}$. Seismografy neustále zaznamenávají seismický neklid, jehož úroveň závisí na geologické stavbě v místě stanice. Na geologicky starých krystalinických útvarech je malý, na sedimentech velký. Je způsoben jak přírodními zdroji (přesuny vzdušných tlakových útvarů, mořským příbojem atd.), tak i umělými (průmysl, doprava). Vyhledávání vln, generovaných seismickými jevy na pozadí neklidu, se nazývá **detekce**. Čím je vlna slabší, nebo má vlnovou délku blízkou k vlnové délce neklidu, tím je detekce obtížnější. Proto stanice musí být budovány na místech s malou úrovní seismického neklidu.

Seismické vlny se nepřetržitě zaznamenávají spolu s časovým údajem (např. inkoustem na papír, fotograficky citlivý papír), ze kterého se ručně vyhodnocují nebo zaznamenávají digitálně na magnetická média, z nichž se vyhodnocují výpočetní technikou. Protože k pohybu půdy dochází v třírozměrném prostoru, musí být pohyb půdy zaznamenán ve třech směrech (složkách), a to vertikálním a dvou horizontálních, zpravidla orientovaných do světových stran.

Při ručním vyhodnocování je obvykle odečítán čas příchodu vlny na stanici, velikost amplitudy a periody vlny, případně totéž pro další vlnové skupiny příslušné témuž jevu (data první úrovně). Pokud jsou takovéto údaje alespoň ze 4 stanic, je možné vypočítat polohu zdroje seismických vln (lokalizace) a velikost uvolněné energie.

Digitální třísložkové záznamy vln (data druhé úrovně) od dostatečně silných jevů umožňují přibližně lokalizovat a identifikovat jevy z údajů jediné stanice. Vlastní registrace a detekce probíhají automaticky.

K přesnějšímu zjištění místa a ke zlepšení detekce především jaderných výbuchů slouží **ereje.** Původně vznikly jako pokus o náhradu v případě, kdy příslušný stát nemohl budovat rozsáhlou seismickou síť. Jsou to v geometrickém tvaru umístěné seismometry na ploše alespoň 100 km^2 se složitým matematickým zpracováním digitálních záznamů vln.

Problematika zákazu jaderných zkoušek je projednávána jednak mezi USA a SSSR, jednak na Konferenci o odzbrojení v Ženevě. Dvojstranná jednání byla k přípravě kontrolních opatření ke smlouvám o omezení ráží podzemních jaderných zkoušek limitem 150 kt TNT a o zákazu jaderných výbuchů pro mírové účely. Tyto smlouvy byly uzavřeny v letech 1976 a 1974, ale dosud nebyly ratifikovány, i když se v podstatě dodržují. K tomu proběhla společná seismická i neseismická měření (metoda Corttex) na jaderných střelnicích obou států, která zpřesnila především určování ráží (kalibrační měření).

Po schválení těchto smluv by mohlo následovat omezení ráží nižším limitem a stanovení stropu na jejich roční počet. SSSR ustoupil od zásady "vše, nebo nic" a přistoupil na zásadu postupných kroků. USA nadále zastávají názor, že pokud budou jaderné zbraně podstatnou složkou jejich výzbroje, budou nadále pokračovat v jejich zkouškách k ověření funkčnosti skladovaných jaderných zbraní, k odstrašení možného protivníka, ale hlavně k vyzkoušení nových typů jaderných zbraní se zdůrazněnými, anebo naopak potlačenými účinky. V některých případech slouží malý jaderný výbuch jako zdroj energie pro systémy, vyvíjené v rámci výzkumů pro "hvězdné války". Obě velmoci nyní uskutečňují především výbuchy o rážích do 20 kt TNT.

Ostatní státy vlastnící jaderné zbraně se hodlají k jednáním připojit až v době, kdy jejich jaderný potenciál bude srovnatelný s potenciálem USA a SSSR.

Přípravou všeobecného a úplného zákazu jaderných zkoušek se má zabývat Konference o odzbrojení v Ženevě. Teprve však v červenci 1990 byl při ní ustaven výbor pro zákaz jaderných zkoušek. Práce na textu smlouvy však zatím ještě nezačala. Jediným orgánem Konference o odzbrojení, jehož pracovní náplní jsou vědeckotechnické aspekty jedné z kontrolních metod dodržování budoucí smlouvy, je **Skupina seismických expertů (SSE)**. Je tvořena odborníky pocházejícími z 27 států a jedná v Ženevě. Poslední - 31. zasedání, proběhlo v únoru 1991.

Výsledky jednání mají zpětný vliv na projekt systému. Prvních dvou pokusů se ČSFR zúčastnila prostřednictvím pracoviště ČSAV za účasti ČSA. Předávána byla data první úrovně.

Od roku 1988 je uskutečňován pokus se získáváním přenosem a zpracováním dat druhé úrovně, do něhož se ČSFR zapojila v červenci 1990 prostřednictvím státního podniku Geofyzika Brno. V dohodnutých obdobích jsou data jednou denně předávána Českému hydrometeorologickému ústavu v Praze, odkud jsou přenášena Světovou meteorologickou organizací do Moskvy (jednoho z mezinárodních datových center).

Úkolem připravovaného celosvětového seismického kontrolního systému bude poskytování co nejúplnější seismické informace zúčastněným státům v souladu s dohodnutými postupy. Úplná seismická informace se tak stane výrazným prvkem nového systému bezpečnosti, bude pomáhat státům v jejich národním ověřování dodržování budoucího úplného zákazu jaderných zkoušek nebo dohod o jejich omezení.

Předpokládaná struktura systému zahrnuje:

- minimálně 50 tříslożkových digitálních standardních seismických stanic, rozmístěných na místech s malou úrovní seismického neklidu,

- národní datová centra, která by předávala údaje ze státu do mezinárodních datových center, přijímala od nich výsledky zpracování a identifikovala jevy,

- mezinárodní datová centra pro shromažďování, zpracování, poskytování údajů a úředních zpráv z celosvětové sítě,

- telekomunikační kanály mezi národními a mezinárodními datovými středisky i mezinárodními údajovými středisky.

Pro velmoci by byl tento systém jen doplňkem jejich vlastních kontrolních prostředků, pro ostatní státy jediným prostředkem kontroly. Např. SRN, USA, Kanada, Švédsko, Norsko, Finsko, Austrálie vynakládají na uvedené účely, ve srovnání s východoevropskými státy, mnohem větší prostředky a na jednáních předkládají konkrétní teoretické i praktické výsledky.

Seismologické práce pro tyto účely jsou ve většině států dotovány z rozpočtů armády, popř. z jiných vládních zdrojů, uskutečňovány jsou obvykle s využitím seismických zařízení civilního sektoru. Ministerstva obrany jsou jednatelem, zadavatelem.

Součástí ČSAV jsou Geofyzikální ústavy ČSAV a SAV, které mají seismické stanice v Kašperských Horách a Průhonicích, jež zatím nejsou vybaveny technikou pro získávání, zpracování, vyhodnocování a přenos údajů druhé úrovně. Stanice Průhonice je v místě s velkou úrovní seismického neklidu. V Kašperských Horách se uvažuje o obnovení těžby zlata, proto tuto stanici rovněž nelze považovat za perspektivní. ČSAV připravila návrh rozsáhlé inovace seismické sítě, která by vedle jiného využití mohla zabezpečovat ve spolupráci s ČSA i úkoly prvků celosvětového seismického kontrolního systému. ČSAV zahájila jednání o možnosti umístit jednu z automatických stanic sítě na seismickou stanici ČSA.

V Ostravsko-karvínském revíru bylo vybudováno oblastní diagnostické seismické cvičiště ke sledování důlních otřesů. Vzhledem k velkému průmyslovému seismickému neklidu však není dostatečně citlivý na vzdálené seismické jevy.

Velké zkušenosti se získáváním, zpracováním a archivací lokálních údajů druhé úrovně z měření v místech uvažovaných pro výstavbu jaderných elektráren má státní podnik Geofyzika Brno.

V ČSFR dosud není operativní civilní seismická služba, která by byla schopna během několika hodin poskytnout informace o seismických jevech, majících původ na našem území, nebo na něm pocítěných, o které se zajímají státní orgány a sdělovací prostředky.

ČSA má v současné době seismickou stanici v Orlických horách, jejíž nepřetržitý provoz zabezpečuje od roku 1975 Vojenský topografický ústav v Dobrušce. Je vybavena třísložkovým analogovým přístrojem s inkoustovým záznamem na papír, který umožňuje okamžité ruční odečítání údajů první úrovně, které jsou dálnopisem předávány do SSSR pro potřeby Sovětské armády. Stanice je zařazena do zvláštní sítě SSSR, která slouží operativnímu monitorování všech seismických jevů, s důrazem na jaderné výbuchy. Zvláštní přístroje dodala sovětská strana. ČSA byla do července 1990 pouhým dodavatelem údajů. Na základě našeho požadavku nyní získáváme souhrnně každý den vyhodnocené seismické informace, které mohou být využity pro národní potřeby ČSFR.

Po určitou dobu ČSA provozovala dvě seismické stanice. Druhá byla v Kašperských Horách. To umožňovalo samostatně, případně ve spolupráci s civilními stanicemi, přibližně lokalizovat a identifikovat silnější seismické jevy. ČSA mohla jako jediná operativně poskytovat státním orgánům údaje o místních i vzdálených silných seismických jevech.

Seismické informace z vojenské stanice byly ČSAV poskytovány jen ve zvláště vyžádaných případech. Většina velmi cenných, unikátních a pro civilní sektor potřebných dat nebyla využita, i když náklady na jejich získání byly značné. Podrobný porovnávací rozbor údajů svědčí o tom, že tato stanice má v ČSFR nejlepší geofyzikální a geologické podmínky, je nejcitlivější, i když není vybavena nejmodernější technikou. I proto byla její činnost a kvalita předávaných výsledků velice kladně hodnocena vysokými představiteli Sovětské armády.

ČSA se začala zabývat výměnou seismických dat na základě dvojstranné dohody mezi náčelníky generálních štábů ČSA a Sovětské armády. Tou byl stanoven i rozsah činnosti ČSA. V současné době se zvažuje možnost vypovězení této dohody Československou armádou.

V letech 1988-1989 byla na základě požadavku Federálního ministerstva zahraničních věcí (FMZV) velením ČSA posuzována i možnost zabezpečení československé účasti při

mezinárodním seismickém výzkumu. Vzhledem k tomu, že vojenská stanice není vybavena potřebnou technikou, objekt stanice byl utajován a vojenskopolitická situace měla jiné rysy než nyní, bylo rozhodnuto, že se ČSA výzkumu nezúčastní, ale že má i nadále zájem zůstat v expertní činnosti Skupiny seismických expertů.

V současné době se ČSA snaží bezprostředně získávat zkušenosti z probíhajícího výzkumu a informace o připravovaném seismickém kontrolním systému tak, aby v případě potřeby mohla převzít technickou gesci československé účasti v budoucím kontrolním systému smlouvy. Tím má i možnost se aktivně podílet na tvorbě jeho koncepce v souladu s bezpečnostními zájmy ČSFR.

Účast na zasedání SSE umožnila ČSA navázat osobní kontakty, získávat informace, zkušenosti z vojenskovýzkumných pracovišť vyspělých západních států, které se zabývají na vědecké úrovni problematikou kontroly zbrojení, odzbrojení a evropské bezpečnosti. Získané poznatky jsou a budou využívány v Úseku strategického řízení i v Institutu pro strategické studie FMO.

Americká armáda, prostřednictvím agentury DARPA, úzce spolupracuje s Norskem, SRN, Kanadou, Austrálií. Poskytla bezplatnou pomoc Číně, Polsku, Španělsku a SSSR. V Polsku jsou v činnosti od podzimu 1990 ve spolupráci s Polskou akademií věd dvě nejmodernější vybavené stanice ve střední Evropě, které průběžně předávají prostřednictvím norského seismického zařízení NORSAR údaje do USA. Nejsou tedy určeny jen pro potřeby pokusu.

Je několik možností, jak zabezpečit **československou účast** v případných dalších **mezinárodních seismických pokusech** nebo v budoucím **kontrolním systému**, a to:

- technickou inovací stanice ve spolupráci s ČSAV; vlastní zpracování a výměnu dat by uskutečňovala ČSA,
- spoluprací, technickou pomocí a finančním podílem armád států NATO, především USA; vlastní vypracování a výměnu údajů by buď prováděla ČSA, nebo jiná pověřená instituce, ovšem na základě požadavku, zadání a kontroly ČSA, která za tuto oblast zodpovídá; v současné době se již vyvíjí konkrétní technická aktivita (s. p. Geofyzika Brno), včetně dvojstranné spolupráce s armádními pracovišti západních států.

Výzkumné údobí a celková součinnost je v působnosti Úseku strategického řízení FMO. Provoz seismické stanice a praktické technologie jsou záležitostí topografické služby ČSA, správa zahraničních vztahů by zabezpečovala mezinárodní kontakty, spolupráci s FMZ včetně vyhotovení příslušných dokumentů na mezinárodních jednáních.

❑

Další rozvoj seismiky v ČSA bude pravděpodobně záviset na skutečnosti, zda budou mít armády vyspělých západních států zájem na spolupráci s ČSA v oblasti výměny seismických údajů tak, jak tomu bylo dříve v případě Sovětské armády a jak je tomu mezi armádami států NATO.

V kladném případě bude třeba vyhledat nejvhodnější možnost zabezpečení mezinárodní výměny seismických údajů, včetně stanovení příslušných kompetencí. Toto členění by bylo podřízeno evropské bezpečnostní struktuře. Mohla by být využita v budoucích výzkumech i kontrolním systému smlouvy o všeobecném a úplném zákazu jaderných zkoušek.

Seismické monitorování bude pravděpodobně jedním z mezinárodně uznávaných prostředků kontroly dodržování smlouvy o všeobecném a úplném zákazu jaderných

zkoušek. V případě potřeby má ČSA předpoklady pro zapojení do celosvětového kontrolního systému po doplnění seismické stanice odpovídající přístrojovou technikou. ČSA, která odpovídá za obranu státního území, by měla otázkám seismického monitorování věnovat v příštím období potřebnou pozornost. To bude vyžadovat zejména:

- rozvoj spolupráce s civilním sektorem (ČSAV); tím, že se jí umožní umístit na vojenské seismické stanici špičkovou aparaturu, získá ČSA možnost využívat jedinečných údajů pro své potřeby téměř bez dodatečných investic, ČSAV ušetří čas a prostředky, které by musela vynaložit na výstavbu nové, citlivé, moderní stanice,
- zahájení spolupráce s ostatními státy ve výměně údajů k operativnímu vyhodnocování seismických jevů pro potřeby velení ČSA i státních orgánů, včetně monitorování jaderných výbuchu; vytvořit předpoklady pro získávání nezprostředkovaných informací, předávat zainteresovaným státům vlastní údaje, zapojit ČSA do systému výměny seismických dat se státy NATO,
- pokračovat v přímé účasti ČSA při práci Skupiny seismických expertů při Konferenci o odzbrojení v Ženevě s cílem aktivně se podílet na přípravě budoucího mezinárodního seismického kontrolního systému; získávat zkušenosti z pokusů tak, aby při uzavření smlouvy o všeobecném a úplném zákazu jaderných zkoušek byla jedna ze seismických stanic na území ČSFR (ČSA by byla gestorem kontrolní činnosti související s připojením ČSFR k této smlouvě),
- na teoretické úrovni se zabývat problematikou identifikace a využití údajů, získaných při mezinárodním pokusu.

Rovněž využití seismických metod k určování parametrů jaderných úderů v době války je možné jedině v případě, že je již v míru vybudovaná a vyzkoušená síť seismických stanic.

❑ ■ ❑