

# Na palube kozmických sond

**Úspechy kozmického výskumu na konci dvadsiateho storočia sa už stali neodmysliteľnou súčasťou našej doby a hoci táto doména náleží predovšetkým svetovým veľmociam, aj menšie krajiny – Slovensko nevynechávajú – významne prispievajú k výskumu a mierovému využitiu kozmu. Jedným zo slovenských výskumných pracovísk, ktorého kozmický program siaha už vyše 30 rokov dozadu, je Ústav experimentálnej fyziky SAV v Košiciach.**

Kozmofyzikálny výskum nemohol zostať dlho „na zemi“ a už prvé kozmické sondy vyslané človekom zaznamenali zvláštnu priestorovú konfiguráciu tokov nabitých energetických častíc, ktorú dnes nazývame Van Allenove radiačné pásy. Tento objav ukázal, že Zem svojim magnetickým poľom vychyluje a do radiačných pásov „uväzňuje“ nabitú energetickú časť, ktoré by inak bombardovali atmosféru a povrch Zeme, a tým na nej ohrozovali život. Mnoho ďalších vyslaných sond postupne zmapovali okolozemský priestor, čím bol (a je) upresňovaný model zemskej magnetosféry, ktorá je produktom interakcie slnečného vetra a magnetického poľa Zeme. Až moderná kozmická fyzika ukázala, že Slnko pôsobí na Zem a na život na nej nielen gravitáciou a elektromagnetickým žiarením (sem patrí aj jeho svetlo a teplo), ale aj mohutným korpuskulárnym žiarením, ktorého geofyzikálny význam vôbec nie je zanedbateľný. Brzdzenie nabitých energetických častíc v atmosfére Zeme vo vyšších zemepisných šírkach spôsobuje nielen známu polárnu žiaru, ale predstavuje aj značný energetický prínos s príslušnými dôsledkami napr. na globálny vývoj počasia – známa je napr. chronická tlaková níž nad severným Atlantikom v blízkosti magnetického pólu Zeme, kde častice ľahšie prenikajú do atmosféry. Následkom interakcií nabitých častíc so zemskej magnetickým poľom spôsobujú väčšie slnečné erupcie jeho poruchy, známe ako magnetické búrky. Dôsledky veľkých erupcií bývajú veľmi závažné pre šírenie elektromagnetických vln, činnosť energetických sústav a môžu byť až fatálne pre telekomunikačné družice a pre posádky pilotovaných kozmických letov.

Práve na poli registrácie tokov energetických častíc na umelých družiciach Zeme sa uchytil aj ÚEF-SAV. Vývoj jeho kozmických aparátov však neprebíhal izolovane, každú si objednal medzinárodný vedecký tím s určitým konkrétnym vedeckým zámerom a programom. Bohaté a plodné medzinárodné kontakty s mnohými špičkovými svetovými kozmofyzikálnymi pracoviskami dokázal zabezpečiť predovšetkým doc. Ing. Karel Kudela, DrSc., vedúci Oddelenia kozmickej fyziky ÚEF-SAV.

Prvá časticová aparátúra ÚEF s označením PG-1 bola objednaná na Karlovej univerzite v Prahe a štartovala do kozmu na palube družice INTERKOZMOS-3 (1970), neskôr aj jej ďalšie varianty PG-1 a PG-1B. Vývoj aparátúry SK-1 už bol objednaný na Katedre rádiotechniky EF-VŠT v Košiciach (teraz KEMT-FEI-TU). V roku 1974 napokon vznikla vývojovo-realizačná skupina kozmickej prístrojovej techniky priamo na pôde ÚEF-SAV.

## TECHNICKY NÁROČNÁ A NÁKLADNÁ

Kozmická technika patrí medzi najnáročnejšie technické disciplíny. Zabezpečenie vysokej dlhodobej spoľahlivosti a stability je v podmienkach otvoreného kozmu vždy problematické, keďže sa prístroje musia podrobiť tvrdému ionizujúcemu žiareniu, extrémnym zmenám teploty, vysokému vákuu a silným akceleráciám a vibráciám počas štartu kozmického nosiča. A to všetko pri zachovaní drastických váhových, rozmerových a energetických limitov. Závažným špecifikom je aj úzky informačný kanál, ktorým musia kozmické meracie prístroje odovzdať informáciu na Zem, čo sa nezaobíde bez dátovej kompresie a predspracovania informácie už na palube kozmickej sondy. Zabezpečenie uvedených kritérií v podmienkach západných pracovísk kozmického výskumu vedie k vysokým nákladom na kozmickú techniku, ktorú vystihuje pomerne kuriózna, ale naozaj platná rovnica, podľa ktorej 1 kg typického kozmického prístroja zaberá objem 1 liter, spotrebuje 1 Watt energie a náklady na jeho realizáciu sú 1 milión USD. Prvé tri položky tejto rovnice približne platia aj pre prístroje realizované v ÚEF, posledná položka býva aj o dva rády nižšia. Ani na takú lacnú výrobu kozmickej techniky sa však nikdy nenašla adekvátna tuzemská podpora a viaceré prístroje z ÚEF by do kozmu zrejme nikdy nepoleteli, keby sa na základe medzinárodných vedeckých kontaktov nepodarilo získať zahraničných partnerov, ktorí mali eminentný záujem o vedecké dáta a zabezpečili aspoň tie najdrahšie komponenty – najmä polovodičové detektory a kozmicky kvalifikované elektronické súčiastky. A pritom smerom „navonok“ vždy išlo o zahraničnú reprezentáciu a smerom

„dovnútra“ o transfer cenného „know-how“ v oblasti moderných kozmických technológií a manažmentu kozmických projektov.

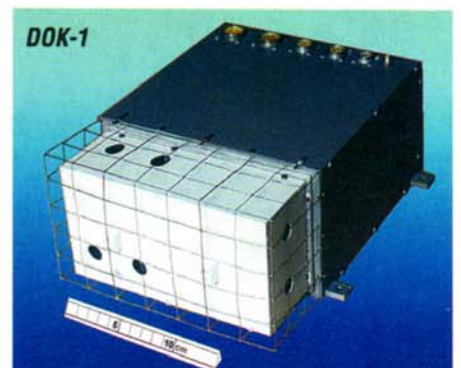
## DOK-T

Aparátúru DOK-T už od začiatku vyvíjal ÚEF pre experiment PROGNOZ-8 a súčasne začala sériu ďalších úspešných časticových spektrometrov typu DOK (Detektor Ochladzovaný Kremíkový) s pasívne chladenými kremíkovými detektormi. DOK-T obsahoval dva polovodičové detektory.

Fyzikálny princíp polovodičových detektorov energetických častíc spočíva v generovaní párov elektrón-diera v dôsledku odovzdania energie ionizujúcej častice materiálu polovodiča. Pritom je počet týchto párov úmerný energii častice, z čoho vieme jej energiu stanoviť zmeraním uvoľneného náboja. O to sa už postará nábojovo citlivý zosilňovač a ďalšie analógové a digitálne elektronické obvody. Limitujúcim faktorom časticovej spektrometrie s polovodičovými detektormi je šum samých detektorov. Pretože šum detektorov klesá s ich teplotou, pristúpilo sa v aparátúre DOK-T ku koncepcii pasívneho chladenia, využívajúcej skutočnosť, že objekt umiestnený na tieňovej strane družice môže vyžiariť svoje teplo do kozmického pozadia, a tým sa významne ochladí. To predpokladá heliocentrickú orientáciu družice (jedna jej os trvalo smeruje na Slnko) a zabezpečenie vysokého tepelného odporu medzi telesom sondy a ochladzovaným objektom. Znížená pracovná teplota detektorov aparátúry DOK-T sa dosiahla vložением tepelnej mnohovrstvovej izolácie medzi teleso radiátora s detektormi a box detektorového bloku a počas experimentu kolísala v okolí -50 °C.

## ŠTÚDIUM RÁZOVEJ VLNY

Pre experiment INTERSHOCK zameraný na štúdium rázovej vlny (bow-shock) zemskej magnetosféry vyvinul ÚEF spektrometer energetických častíc DOK-1. Tento prístroj už obsahoval 6 kremíkových detektorov (3 páry), každý pár obsahoval jeden elektrónový a jeden iónový detektor. Odlišenie elektrónovej a iónovej zložky toku





častic zlepšili deflekčné samárium – kobaltové magnety, ktoré odkláňali elektróny zo zorného poľa iónových detektorov. Každý pár mal inú priestorovú orientáciu a s využitím rotácie sondy PROGNOZ-10 bol zabezpečený záznam uhlového rozdelenia toku častíc. Aj prístroj DOK-1 mal pasívne chladenie detektorov, čím sa dosiahol dolný energetický prah 10keV. Konštrukcia prístroja už bola kompaktniešia, blok detektorov a blok elektroniky boli spojené do jedného celku, pričom účinná tepelná izolácia medzi týmito blokmi zabezpečila podstatne nižšiu pracovnú teplotu detektorovej časti. Daňou za toto dobré teplotné oddelenie bolo nedokonalé elektrické prepojenie, čo sa pri testoch elektromagnetickej kompatibility v komplexe družice prejavilo prenikaním rušivých signálov z telemetrických vysieláčov do citlivých predzosilňovačov prístroja. Tento nežiaduci efekt potlačila dodatočne inštalovaná tieniaca mriežka, ktorá obklopuje detektorovú časť. DOK-1 úspešne pracoval na palube sondy PROGNOZ-10 po celý čas jej existencie (7 mesiacov) a poskytol veľké množstvo cenných vedeckých údajov.

### PÄŤ ROKOV AKTÍVNY V KOZME

Významným kozmickým projektom s účasťou ÚEF bol experiment ACTIVE (IK-24). Vynesenie družice typu AUOS-Z spoločne so subsatelitom MAGION-2 zabezpečila nosná raketa typu CYKLON z kozmodrómu Pleseck v septembri 1989. V experimente išlo nielen o pasívne monitorovanie geofyzikálnych procesov v okolí Zeme, ale aj aktívnu stimuláciu tohto prostredia elektromagnetickými a plazmovými generátormi – so synchronizovaným monitorovaním ich účinku na okolité kozmické prostredie celým radom vedeckých aparátúr. Medzi tieto monitorovacie systémy možno zaradiť aj aparatúru SPE-1 (Spektrometer Protónov a Elektrónov), vyvinutú a realizovanú v ÚEF.

Družica IK-24 mala geocentrickú orientáciu (stabilizáciu gravitačným dipólom), čo umožnilo využiť princíp pasívneho chladenia detektorov prístroja SPE-1. Preto boli detektory chladené aktívne pomocou šiestich Peltierových článkov, ktoré prečerpávali teplo z detektorov na kosť prístroja. Na chladenie bol pridelený výkon 3 W, čo umožnilo schladiť detektory asi o 40 °C voči bloku elektroniky. Prístroj SPE-1 pracoval veľmi úspešne po celý čas existencie družice (5 rokov) a poskytol veľké množstvo zaujímavých vedeckých dát.

Ďalší, mierne modifikovaný exemplár tohto prístroja pod označením SPE-1M, bol inštalovaný na výskumný modul PRIRODA a nákladná kozmická loď PROGRES ho transportovala v roku 1996 na orbitálny komplex MIR.

### ŠTYRIKRÁT DO KOZMU

Charakteristickou črtou družicových meraní je nejednoznačnosť meraných fyzikálnych veličín spôsobená pohybom družice po jej trajektórii (napr. 7,9 km/s na nízkej orbite). Odlíšenie časovej a priestorovej štruktúry tokov energetických častíc teda nie je principiálne možné s použitím len jediného satelitu, ale sú potrebné korelované merania viacerými satelitmi. Medzi merania tohto



druhu s účasťou ÚEF-SAV patria experimenty ACTIVE, APEX, INTERBALL-X a INTERBALL-A, v ktorých hlavnú družicu vždy sprevádzal mikrosatelit typu MAGION. Mikrosatelit vynášal na obežnú dráhu ten istý kozmický nosič spoločne s hlavným satelitom. Preto sa tiež označoval ako „subsatelit“. K jeho oddeleniu od hlavného satelitu došlo na základe pozemného povelu až po určitom čase, keď sa už parametre orbity stabilizovali. Pretože vektor oddeľovacieho impulzu bol orientovaný v smere trajektórie, subsatelit sa pohyboval prakticky po tej istej orbite, avšak jeho vzdialenosť od hlavného satelitu sa postupne zväčšovala, čím boli dosiahnuté dvojbodové merania relevantných fyzikálnych veličín.

Na monitorovanie toku častíc na palube mikrosatelitov typu MAGION bol v spolupráci ÚEF-SAV a TU v Košiciach vyvinutý malý spektrometer DOK-S. Prístroj obsahuje dva páry detektorov, jeden pár je orientovaný rovnobežne s hlavnou osou mikrosatelitu, druhý je k osi orientovaný kolmo. K prvému „nasadeniu“ prístroja DOK-S došlo na palube mikrosatelitu MAGION-2 v rámci experimentu ACTIVE (1989), ďalšie tri exempláre sa postupne dostali do kozmu na mikrosatelitoch MAGION-3, 4 a 5.

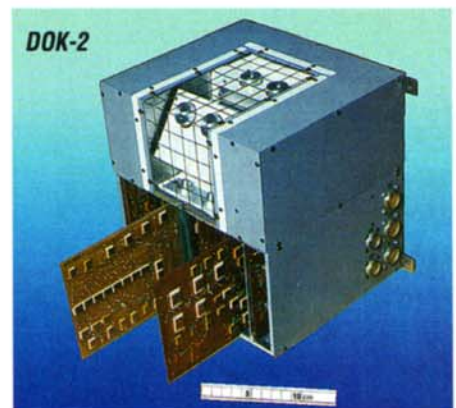
### ZNOVU NA ŠTART

Aparatúra SONG (Solar Neutron and Gamma-ray detector) vznikla v rámci spolupráce ÚEF-SAV s Ústavom jadrovej fyziky Moskovskej štátnej univerzity (NIIJAF-MGU) pre projekt CORONAS-I, pričom jej detektorovú časť SONG-D realizoval NIIJAF a jej elektronickú časť SONG-E vyvinul a realizoval ÚEF-SAV. Prístroj SONG-E zabezpečoval registráciu širokej škály impulzných signálov z detektorovej časti, kompresiu nameraných dát a formátovanie dátových blokov pre telemetrický systém družice. Mal tri mikroprocesory, z ktorých dva zabezpečovali registráciu a tretí spracovanie dát a styk s telemetrickými systémami. Aparatúra SONG štartovala v komplexe družice CORONAS-I v roku 1994 a poskytla mnoho veľmi cenných vedeckých dát o distribúcii neutrónového a gama žiarenia v okolí Zeme, ktoré sa priebežne spracúvajú a fyzikálne interpretujú aj v súčasnosti.

Ďalší variant tohto prístroja realizovaný ÚEF pod typovým označením SONG-EM je pripravovaný pre experiment CORONAS-F. V súčasnosti prebiehajú jeho pozemné testy na pôde NIIJAF-MGU, vynesenie na orbitu je plánované koncom roku 2000.

### VLAKOVÁ LOĎ

Aparatúra DOK-2 bola výsledkom spolupráce s Demokritovou univerzitou v Xanthi (Grécko) a Ústavom kozmických výskumov v Moskve. Na základe jej komplexnosti, množstva a kvality získaných vedeckých dát, ju možno označiť za „vlajkovú loď“ aparátúr ÚEF-SAV. DOK-2 štartoval do kozmu dvakrát, a to v rámci projektu INTERBALL so širokou medzinárodnou účasťou, ktorého cieľom bolo štvorbodové korelované meranie v zemskej magnetosfére. Experiment zabezpečili dva hlavné satelity typu PROGNOZ, a to INTERBALL-X (chvostová sonda), INTERBALL-A (aurorálna sonda) a k nim príslušné, už spomenuté subsatelity MAGION-4 a MAGION-5. Vypustenie týchto štyroch satelitov na excentrické orbity



zabezpečili dva kozmické nosiče typu MOLNIA-M z kozmodrómu Pleseck.

Medzi významnejšie špecifiká aparatúry DOK-2 patria dva páry pasívne chladených kremíkových detektorov, pričom jeden pár je permanentne orientovaný v smere od Slnka (t. j. 180°), zatiaľ čo druhý mechanicky skanuje priestor od smeru 180° až po uhol 45° k Slnku. Tento pohyb je synchronizovaný s rotáciou kozmickej sondy a počas jednej otáčky družice vykoná šesť úplných kyvov. Takto sa získava informácia o uhlovej distribúcii časticového toku s pomerne vysokým rozlíšením.

Ďalším zaujímavým špecifikom sú prvky umelej inteligencie zakomponované do softvéru aparatúry, ktoré rozhodujú o spôsobe a hustote záznamu vedeckej informácie. Takto môže DOK-2 na základe vlastného rozhodnutia zaznamenať s vyšším rozlíšením niektoré fyzikálne zaujímavé fenomény. Pri prechode do režimu zvýšenej informatívnosti sa do výstupnej informácie zaznamená aj predhistória prechodového procesu asi 5 sekúnd dozadu, pretože táto informácia je ešte k dispozícii vďaka cyklickému prepisu vyhradenej oblasti v pamäti RAM.

Obe aparatúry DOK-2 priniesli veľké množstvo kvalitných vedeckých dát o štruktúre a procesoch prebiehajúcich v aurorálnej a chvostovej časti zemskej magnetosféry, čo potvrdili aj porovnávacie štúdie s dátami obdobných aparátúr na japonských a amerických družiciach. DOK-2A pracuje na aurorálnej sonde ešte aj v súčasnosti.

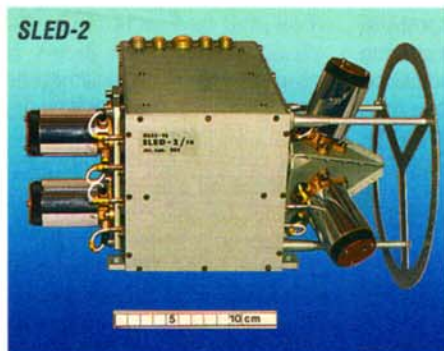
(Pokračovanie na str. 38)



(Dokončenie zo str. 15)

**VELKÉ NÁDEJE, VELKÉ SKLAMANIE**

Aparatúra **SLED-2** (SoLar wind Energetic particle Detector) vznikla v rámci širšej medzinárodnej spolupráce pre misiu k planéte Mars, nazvanej MARS-96. Jej mechanickú konštrukciu, analógovú elektroniku, obvody A/D konverzie, DC/DC konvertor, systémovú zbernicu a termoreguláciu vyvinul UEF-SAV, polovodičové detektory zabezpečil Max-Planck Institut für Aeronomie v Lindau (Nemecko), mikropočítač zabezpečila spoločnosť Space Technology Ireland v Maynooth



(Írsko), a o softvérové vybavenie sa podelili Astronomický ústav AVČR v Prahe a Ústav kozmických výskumov v Moskve. Celková integrácia a pozemné testy prebiehali na pôde KFKI v Budapešti.

Hlavnou úlohou experimentu SLED-2 bol záznam uhlového rozdelenia iónov v magnetosfére Marsu, ktorý má podstatne slabšie magnetické pole ako Zem. Absencia silnejšieho magnetického poľa má pre túto planétu závažné dôsledky, pravdepodobne je zodpovedná aj za to, že Mars pod tlakom slnečného vetra na atmosféru stratil v minulosti vodu – o jej niekdajšej prítomnosti svedčia známe marfanské kanály.

Závažným špecifikom bola trojosová heliocentrická stabilizácia sondy MARS-96, pri ktorej je hlavná os orientovaná na Slnko, ďalšia os je fixovaná v rovine ekliptiky – stabilizáciu kontroluje slnečný a hviezdny senzor (orientovaný na hviezdu CANOPUS). Pretože takto orientovaná sonda nerotuje a mechanické skanovanie bolo vylúčené kvôli nízkemu energetickému limitu, bol navrhnutý pevný senzorový systém pozostávajúci zo štyroch senzorov v tetraedrickom usporiadaní (osi orientované kolmo na steny pravidelného tetraédra). Kvôli špeciálnemu zornému poľu bol SLED-2 umiestnený až na koniec slnečného panela tak, aby voľne „videl“ do všetkých štyroch smerov. Pretože počítačové simulácie odhalili pre túto lokalizáciu nebezpečenstvo podchladenia na orbite Marsu, aparatúra mala aj systém automatickej termoregulácie.

Tri iónové teleskopy s SmCo magnetmi boli na stenách tetraedrickej pyramídy. Pred slnečným svetlom a teplom ich chránil kruhový „slnečník“ z hrubej termovakúovej izolácie (jeho nosnú konštrukciu vidieť na snímke). Štvrtý iónový teleskop sa nachádzal na plochej platforme z opačnej strany bloku

(180° od Slnka), paralelne s ním bol fixovaný jediný elektrónový teleskop. Každý teleskop obsahoval dva iónovo-implantované detektory. Na valcových častiach teleskopov boli fixované posuvné prstence (nie sú na snímke) upevňujúce termoizolačný obal aparatúry, ich poloha určovala jej odkrytý tepelno-radiačný povrch. Tieto opatrenia definovali spoločne s jednotkou termoregulácie optimálny tepelný režim od počiatkovej vzdialenosti 150 miliónov km od Slnka (orbíta Zeme) po až po vzdialenosť 250 miliónov km od Slnka (afélium orbity Marsu), pričom k podchladeniu elektroniky nemalo dôjsť ani na nočnej strane tejto planéty. SLED-2 absolvoval náročné pozemné kvalifikačné testy a splnil všetky požiadavky na výbornú.

Štart misie MARS-96 bol 16. 11. 1996 z kozmodrómu Bajkonur. Kozmický nosič PROTON-K spoľahlivo vyniesol ťažkú sondu na požadovanú kruhovú orbitu vo výške 160 km, ale zlyhal prídavný raketový motor D2, potrebný na prekonanie druhej kozmickej rýchlosti a navedenie na medziplanetárnu trajektóriu k Marsu. Na príkaz z riadiaceho stredu nasledovalo odpojenie D-dvojky a zapálenie hlavného motora sondy. Tá však nemala dostatok paliva na dosiahnutie druhej kozmickej rýchlosti a udelený impulz iba zmenil jej dráhu na excentrickú s perigeom vo výške iba 87 km. Prvý prelet týmto nízkym perigeom v atmosfére Zeme aerodynamicky a teplotne poškodil jej komunikačný systém, čím sa s ňou stratilo spojenie. Pri druhom prelete perigeom sa medziplanetárna sonda MARS-96 v hodnote vyše 1 miliardy dolárov zrútila do južného Pacifiku kdesi medzi Veľkonočným ostrovom a Chile. A s ňou aj SLED-2...

**PREDPOVEDE ZEMETRASENÍ?**

Zatiaľ posledným dokončeným kozmickým prístrojom UEF je programovateľný časticový spektrometer **MEP-1** (Monitor of Energetic Particles). Bol vyvinutý v spolupráci s Univerzitou v Campinas (Brazília), Ústavom fyziky Zeme a Ústavom zemského magnetizmu Ruskej akadémie vied pre prácu na palube mikrosatelitu COMPASS.

Vedecké ciele projektu COMPASS sa týkajú predovšetkým štúdia vzťahu medzi seizmickými procesmi a niektorými vytypanými geofyzikálnymi fenoménmi, pozorovateľnými v ionosférických výškach, t. j. z nízkej orbity Zeme. Medzi uvedené fenomény patria aj variácie tokov



nabitých energetických častíc. Aj keď celkom evidentné dôkazy zatiaľ nie sú, viaceré analýzy dát z nízkoorbitálnych družíc poukázali na prítomnosť anomálnych disturbancií ionosférickej plazmy a časticových tokov už niekoľko hodín pred rozsiahlymi zemetraseniami. Zatiaľ hypotetickým mechanizmom, zodpovedným za uvedené javy, je vyžarovanie veľmi dlhých vln piezoelektrického pôvodu, keďže zemetraseniam spravidla predchádza značný nárast materiálového prnutia vo väčších hĺbkach zemskej kôry. Zemská magnetosféra, ako vodivý objekt dostatočne veľkých rozmerov, môže interagovať aj s veľmi dlhými elektromagnetickými vlnami, a teda môže byť pre ne vhodnou „anténou“. To poskytuje určitú nádej pre budúcnosť – využití nepretržité monitorovanie a „on-line“ vyhodnocovanie ionosférických časticových tokov ako jeden z citlivých prekurzorov zemetrasení, ktorý by sa mohol stať súčasťou budúceho globálneho systému včasnej výstrahy.

Ciele experimentu a špecifiká mikrosatelitu COMPASS vyústili do návrhu hardvérového jednoduchej, z hľadiska obsluhy a spracovania dát veľmi transparentnej aparatúry, ktorej dominantnou črtou je možnosť adaptability, resp. fokusácie jej činnosti na aktuálne fyzikálne zábery experimentátora, a to aj počas celého trvania kozmického experimentu. Takto možno jej nové pracovné režimy definovať a naprogramovať zo Zeme, napríklad na základe priebežnej analýzy už nameraných dát.

Mikrosatelit COMPASS mal byť vynesenej na kruhovú orbitu vo výške 350 km pomocou upravenej balistickej rakety z atómovej ponorky v Barentsovom mori ešte v roku 1997. Odvtedy došlo z ruskej strany k viacerým odkladom a zmenám scenára technického zabezpečenia, pričom dátum štartu je zatiaľ stále neznámy. Aj keď je MEP-1 už od roku 1997 dokončený a skalibrovávaný, jeho vyslanie do kozmu zatiaľ bránia chronické problémy s financovaním realizácie samotného mikrosatelitu. Je smutné, ako ťažko sa hľadajú prostriedky na realizáciu jedného z najsľachtiliejších zámerov vedy na poli mierového využitia kozmu. Hoci záruku na úspech nemožno poskytnúť, už len sama nádej na predpovedanie zemetrasení, ktoré ročne zabíjajú desaťtisíce ľudí na celej Zemi, by určite stála za to.

Nová nádej pre MEP-1 nastala v súvislosti s prípravami medzinárodnej orbitálnej stanice ISS (International Space Station). Na základe dohovorov s Ústavom kozmických výskumov Ruskej akadémie vied, Moskovskou štátnou univerzitou a raketovo-kozmickej komplexom Energia je účasť vedeckých experimentov a prístrojovej techniky z UEF-SAV na ruskom module stanice ISS už zmluvne potvrdená. Prisľúbená je aj možnosť inštalovať MEP-1 na orbitálnom komplexe MIR, pravda, za predpokladu, že jeho zotrvanie na orbite bude ešte dostatočne predĺžené. Posledné poznatky totiž nasvedčujú tomu, že MIR je po svojom 14-ročnom pobyte v kozme unikátnou pokladnicou nenahraditeľných kozmických skúseností.

■ Ing. JÁN BALÁŽ, Ph.D.