

**SLOVENSKÁ AKADÉMIA VIED
ÚSTAV EXPERIMENTÁLNEJ FYZIKY**

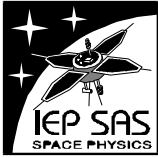
Watsonova 47, SK-043 53 Košice, Slovensko, Tel.: 095-6336320, Fax: 095-6336292

Ing. Jozef Rojko, CSc.

**SLOVENSKÁ ELEKTRONIKA
PRE
KOZMOFYZIKÁLNY VÝSKUM**

Práca SLOVENSKÁ ELEKTRONIKA PRE KOZMOFYZIKÁLNY VÝSKUM informuje o počiatkoch kozmofyzikálnych výskumov na Slovensku, o účasti slovenských pracovísk na programe INTERKOZMOS, o účasti slovenských pracovísk na experimentoch Ruskej akadémie vied a o účasti slovenských pracovísk na pripravovaných experimentoch. Ďalej je prehľad experimentov s účasťou slovenských pracovísk, v ktorom sú uvedené základné informácie o objektoch, o vedeckej aparatúre na nich a o zúčastnených krajinách prípadne inštitúciách. Na záver je uvedený zoznam pracovníkov zúčastnených na tvorbe prístrojov a mená fyzikov, bez vedeckej objednávky ktorých by nebolo ani prístrojov pre kozmofyzikálny výskum.

KOŠICE 1997



**SLOVAK ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF EXPERIMENTAL PHYSICS**

Watsonova 47, SK-043 53 Košice, Slovakia, Tel.: +421-95-6336320, Fax: +421-95-6336292

Ing. Jozef Rojko, CSc.

**SLOVAK ELECTRONICS
FOR
SPACE PHYSICS RESEARCH**

The document "SLOVAK ELECTRONICS FOR SPACE PHYSICS RESEARCH" informs about beginnings of space physical research activities in Slovakia, about the participation of Slovak laboratories in the INTERCOSMOS programme and in the experiments of Russian Academy of Sciences, also about the participation of Slovak laboratories in the experiments which are presently under preparation. The document also includes review of space experiments with Slovak laboratories participation, where basic information about space probes, scientific instrument, participating countries and institutions is listed. Finally list of persons participating in the development of the space instrumentation is enclosed and also list of physicists who ordered and consulted the instrumentation development.

KOŠICE 1997

OBSAH

1. ÚVOD.....	4
2. POČIATKY KOZMOFYZIKÁLNYCH VÝSKUMOV.....	4
3. ÚČASŤ NA PROGRAME INTERKOZMOS.....	5
4. ÚČASŤ NA EXPERIMENTOCH RUSKEJ AKADÉMIE VIED.....	6
5. PRIPRAVOVANÉ EXPERIMENTY	7
6. PREHLAD EXPERIMENTOV S ÚČASŤOU SLOVENSKÝCH PRACOVÍSK....	8
6.1. Družica INTERKOZMOS - 3.....	8
6.2. Družica INTERKOZMOS - 5.....	9
6.3. Družica INTERKOZMOS - 6.....	9
6.4. Družica INTERKOZMOS - 13.....	10
6.5. Družica INTERKOZMOS - 17.....	10
6.6. Družica PROGNOZ - 8	11
6.7. Sonda VERTIKAL - 10.....	11
6.8. Družica PROGNOZ-10 - INTERKOZMOS (Projekt INTERSHOCK).....	12
6.9. Medziplanetárna sonda FOBOS - 1 (let k Marsu)	13
6.10. Družica INTERKOZMOS - 24 (projekt AKTIVNYJ)	14
6.10.1. Subdružica projektu AKTIVNYJ - Magion-2 (ČSSR).....	14
6.11. Družica INTERKOZMOS - 25 (Projekt APEX)	15
6.11.1. Subdružica projektu APEX Magion - 3 (ČSFR).....	15
6.12. Project KORONAS - I.....	15
6.13. Projekt INTERBALL - Chvostová sonda	16
6.13.1. Subdružica chvostovej sondy Magion - 4 (ČR)	17
6.14. Projekt INTERBALL - Aurorálna sonda	17
6.14.1. Subdružica aurorálnej sondy MAGION - 5 (ČR).....	18
6.15. Medziplanetárna sonda MARS '96.....	18
6.16. Orbitálna stanica MIR.....	19
7. PRACOVNÍCI ZÚČASTNENÝ NA REALIZÁCI PRÍSTROJOV	20
8. Z Á V E R.....	21
Literatúra.....	22

1. ÚVOD

Autor tohto článku, pracovník Ústavu experimentálnej fyziky SAV v Košiciach od roku 1975, bol konštruktérom viacerých elektronických prístrojov pre kozmický výskum a predzosilňovačov a merača priemerného atmosferického tlaku pre neutrónový monitor na Lomnickom štíte. V roku 1995 mu bola udelená CENA SLOVENSKEJ AKADÉMIE VIED za vývoj a konštrukciu prístrojov merajúcich energetické častice v kozme. Tento článok je pokusom o prehľad výsledkov v oblasti konštrukcie elektronických prístrojov pre kozmofyzikálny výskum nielen na Ústave experimentálnej fyziky v Košiciach ale aj na iných slovenských pracoviskách.

2. POČIATKY KOZMOFYZIKÁLNYCH VÝSKUMOV

Začiatok histórie skúmania kozmického žiarenia možno položiť na rozhranie 19. a 20. storočia. Na Slovensku možno za začiatok považovať rok 1958, kedy sa z iniciatívy fyzikov z celého Československa laboratórium na Lomnickom štíte (najvýhodnejšom mieste pre pozemné merania) zapojilo do štúdia kozmického žiarenia v rámci Medzinárodného geofyzikálneho roku. Vtedy okolo 60 laboratórií na celom svete začalo súvislo registrovať intenzitu prenikavej zložky kozmického žiarenia.

Po výstavbe observatória (prístavba k stanici lanovky) na Lomnickom štíte v roku 1961, pracovníci Fyzikálneho ústavu SAV v Bratislave umiestnili do prístavby aj kubický teleskop, a Wilsonovu komoru. Takto sa na najvýhodnejšom mieste na Slovensku (i ČSSR) rozšírili i zlepšili podmienky pre dlhodobé i krátkodobé pozorovania kozmického žiarenia.

Od januára 1958 do februára 1968 pracoval na Lomnickom štíte neutrónový monitor IGY registrujúci 2-hodinové a 15-minútové hodnoty intenzity kozmického žiarenia.

Od februára 1968 do januára 1972 registroval tento neutrónový monitor 1-hodinové a 15-minútové hodnoty.

Od januára 1971 do decembra 1981 neutrónový monitor IQSY(4) s 10-násobnou početnosťou registroval hodinové a 5-minútové hodnoty intenzity kozmického žiarenia.

Od októbra 1981 doteraz neutronový monitor NM64(8) s ešte 2-krát zvýšenou početnosťou registruje hodinové a 5-minútové hodnoty intenzity kozmického žiarenia.

Od júna 1989 doteraz sa registrujú aj 1-minútové a 10-sekundové hodnoty intenzity kozmického žiarenia.

V roku 1969 vzniká v Košiciach Ústav experimentálnej fyziky SAV a jeho súčasťou sa stáva aj Laboratórium na Lomnickom štíte. V roku 1971 k vybudovanému neutrónovému monitoru IQSY(4) bola na ústave zhotovená moderná elektronika s automatickým záznamom údajov na dierne pásky. Pre rozšírený neutrónový monitor NM64(8) bola vyvinutá a zhotovená na ústave ďalšia verzia elektronického zariadenia už s magnetickým záznamom.

V rokoch 1978-1979 sa pracovníci Ústavu experimentálnej fyziky zúčastnili vybudovania neutrónového monitora na registráciu kozmického žiarenia na sovietskej polárnej stanici VOSTOK v Antarktíde. Realizovali, dodali a inštalovali elektronické zariadenie podobné zariadeniu na registráciu údajov na Lomnickom štíte. Sovietska strana dodala detekčnú časť neutrónového monitora.

3. ÚČASŤ NA PROGRAME INTERKOZMOS

V roku 1957 začalo nové obdobie vo výskume kozmického žiarenia. Začali sa používať kozmické rakety a družice, ktoré umožnili objavenie radiačných pásov Zeme (1958). Program výskumu kozmického priestoru INTERKOZMOS (1967) umožnil zúčastniť sa na družicovom výskume aj socialistickým krajinám.

Účasť vedeckých pracovísk zo Slovenska na tomto programe začala v roku 1970, kedy bola vypustená družica INTERKOZMOS-3. Je prirodzené, že prvým účastníkom sa stalo pracovisko, zaoberajúce sa pozemnými meraniami kozmického žiarenia, Ústav experimentálnej fyziky SAV v Košiciach. Prístroj PG-1, určený na meranie tokov elektricky nabitých častíc, vyrobili na objednávku tohto ústavu na MFF KU v Prahe. Prístroj mal 9 rozličných detektorov ionizujúceho žiarenia. Po úspešnom štvormesačnom meraní v okolozemskom priestore bolo rozhodnuté vylepšenú verziu prístroja PG-1-A použiť na družici INTERKOZMOS-5. I táto verzia mala 9 detektorov ionizujúceho žiarenia a úspešne pracovala 4 mesiace.

Družica INTERKOZMOS-6 vyniesla na obežnú dráhu blok jadrových emulzií, ktoré návratný modul po 4-dňovej expozícii tvrdými kozmickými lúčmi dopravil naspäť na Zem. Ožiarené jadrové emulzie sa dlhé nasledujúce roky analyzovali v mnohých krajinách zúčastnených na programe INTERKOZMOS. V Ústave experimentálnej fyziky v Košiciach bola spracovaná jedna šestina emulzií.

Prístroj PG-1-B po ďalšom zdokonalení na MFF KU v Prahe bol vynesený na obežnú dráhu družicou INTERKOZMOS-13.

Prístroj SK-1 určený pre družicový experiment INTERKOZMOS-17 mal dve časti. Blok detektorov, ktorý sa za prispenia Ústavu experimentálnej fyziky v Košiciach pripravoval vo Fyzikálno-technickom inštitúte AV ZSSR v Leningrade a blok elektroniky, ktorého vývoj a realizáciu objednal Ústav experimentálnej fyziky SAV, na Katedre elektroniky Elektrotechnickej fakulty VŠT v Košiciach. Toto bol moment, kedy sa na Slovensko dostal aj vývoj a realizácia prístrojov určených na kozmofyzikálny výskum. V záverečnej etape realizácie bloku elektroniky prístroja SK-1 sa ťažisko prác prenieslo na Oddelenie kozmickej fyziky Ústavu experimentálnej fyziky, kam prešiel pracovať jeden z realizátorov bloku elektroniky Ing. Jozef ROJKO, CSc. On sa stal základom neskoršej "realizačnej skupiny", ktorá vyvíja a realizuje prístroje pre kozmofyzikálne experimenty až do dnešnej doby.

Vo vývojovej etape realizácie prístroja SK-1 bola na katedre realizovaná elektronická časť zariadenia pre balónový stratosférický experiment pripravený vo Fyzikálno-technickom inštitúte v Leningrade pod názvom BANAN. Detekčná časť prístroja BANAN bola zhotovená v Tesle Premyšlení.

Pre experiment s raketovou sondou VERTIKAL-10 bolo rozhodnuté vyvinúť prístroj na meranie úhlového rozdelenia elektrónov URE-1. Práce, začaté na Oddelení kozmickej fyziky Ústavu experimentálnej fyziky SAV, boli dokončené na Katedre elektroniky EF VŠT v Košiciach, lebo pred realizačnou skupinou stála úloha urýchlene vyvinúť a zrealizovať prístroj DOK-T pre družicový experiment PROGNOZ-8.

Prístroj DOK-T bol určený na odskúšanie pasívneho chladenia polovodičových detektorov a vstupných zosilňovačov pred československo-sovietskym experimentom INTERSHOCK (družica PROGNOZ-10 - INTERKOZMOS). Okrem pozitívnych výsledkov skúšky pasívneho chladenia sa dosiahol aj monitorový obraz ionizujúceho žiarenia na trajektórii družice (v okolozemskom prostredí).

Na objednávku Geofyzikálneho ústavu SAV v Bratislave bol pre tento experiment pripravený na Matematicko-fyzikálnej fakulte UK v Bratislave 10-kanálový analyzátor kozmického rádiových frekvenčného žiarenia v pásme 100 kHz - 2,3 MHz.

Pre projekt INTERSHOCK bol na Ústave experimentálnej fyziky v Košiciach vyvinutý a zhotovený prístroj DOK-1. Prístroj mal 3 páry kremíkových detektorov s pasívnym chladením, čo umožnilo merať energetické častice už od 10 keV. Zaujímavosťou tohoto projektu bolo prvé použitie mikropočítača na predspracovanie údajov na palube družice v programe INTERKOZMOS. Mikropočítač umožňoval flexibilný zápis údajov do telemetrie a využitie tzv. predhistórie pri prechode na meranie v zaujímavých oblastiach. V prvej fáze vývoja bol palubný počítač BROD financovaný Slovenskou akadémiou vied.

Na Matematicko-fyzikálnej fakulte UK v Bratislave bol na objednávku Geofyzikálneho ústavu SAV v Bratislave vyvinutý a zhotovený 6-kanálový analyzátor kozmického rádiových frekvenčného žiarenia AKR-2M. Stojí za povšimnutie, že medzi prvými úvahami o uskutočnení experimentu INTERSHOCK a vypustením družice uplynulo 10 rokov.

Na Astronomickom ústave SAV v Starej Lesnej v spolupráci s Ústavom merania SAV v Bratislave a FI AN v Moskve vyvinuli a realizovali Koronograf TEREK. Tento bol umiestnený na medziplanetárnej sonde k Marsu FOBOS-1 a neskoršie použitý v zostave vedeckej aparatúry experimentu KORONAS-I ako TEREK-K.

Pre experiment AKTIVNYJ bol na Ústave experimentálnej fyziky SAV vyvinutý a realizovaný spektrometer protónov a elektrónov SPE-1. Prístroj mal 3 páry detektorov a spektrometer prepínateľný na 7, 15 alebo 31 energetických kanálov. Prístroj na družici pracoval 5 rokov, čo je zatiaľ najdlhšia doba medzi prístrojmi zhotovenými na Ústave experimentálnej fyziky v Košiciach (vďaka dlhej životnosti družice).

Zo slovenských pracovísk, ktoré vyrábali elektroniku pre kozmofyzikálny výskum, treba ešte spomenúť podnik TESLA VÚST Praha, závod Košice, v ktorom sa v rokoch 1987 až 1989 vyrobilo viac ako 100 pozemných telekomunikačných prijímačov aj pre spojenie s družicami a vyrábali sa tiež pre materský podnik diely palubných telekomunikačných zariadení pre družice.

4. ÚČASŤ NA EXPERIMENTOCH RUSKEJ AKADEMIE VIED

Práce na experimente INTERBALL začali ešte v rámci programu INTERKOZMOS. V rámci experimentu boli vypustené dve družice. V roku 1995 tzv. CHVOSTOVÁ SONDA a v roku 1996 tzv. AURORÁLNA SONDA. Spolu s družicami boli vypustené aj subdružice MAGION-4 a MAGION-5. Jedným z cieľov experimentu bolo súčasné meranie na dvoch (štyroch) miestach okolozemského priestoru. Pre obe sondy bol vyvinutý na Ústave experimentálnej fyziky v Košiciach prístroj DOK-2. Prístroj má dva páry detektorov. Jeden pár detektorov môže v zaujímavých oblastiach kývať v rozmedzí 135° , čo pri rotácii družice umožňuje skúmať celý priestor s výnimkou kužeľa 45° smerom na Slnko. Je to prvý prístroj vyvinutý na Ústave experimentálnej fyziky, ktorého súčasťou je mikropočítač. Mikropočítač umožňuje flexibilnú prípravu dát do telemetrie a automatickú zmenu režimu práce po splnení zadaných podmienok.

S podstatným finančným príspevím Ústavu experimentálnej fyziky v Košiciach bol na MFF KU v Prahe vyvinutý pre tento experiment prístroj MONITOR-2, určený na meranie nízkoenergetických elektrónov a protónov.

Pre chvostovú sondu experimentu INTERBALL bol na MFF UK v Bratislave pripravený 6-kanálový analyzátor rádiových frekvencií žiarenia AKR-M (na objednávku Geofyzikálneho ústavu SAV v Bratislave).

Pre subdružice MAGION-4 a MAGION-5 bol pripravený na Ústave experimentálnej fyziky v Košiciach prístroj DOK-S. Prístroj má dva páry detektorov a podobne ako DOK-2 je určený na registráciu energetických elektrónov a protónov. DOK-S pre experiment INTERBALL je zdokonalená verzia obdobných prístrojov (bez analógových intenzimetrov), vyvinutých na Katedre elektroniky EF VŠT v Košiciach pre experimenty AKTIVNYJ a APEX na subdružiciach MAGION-2 a MAGION-3.

Pre experiment KORONAS-I bola na Ústave experimentálnej fyziky v Košiciach vyvinutá časť prístroja SONG. Detektorovú časť vyvinuli a zhotovili v Ústave jadrovej fyziky Moskovskej štátnej univerzity pod názvom SONG-D. Druhá časť pod názvom SONG-E bola vyvinutá a zhotovená na Ústave experimentálnej fyziky. SONG-E bol určený na palubné spracovávanie meraných údajov a ich prenos do teletmetrie. Prístroj SONG slúži na meranie energetických spektier neutrónov, gama žiarenia, elektrónov a protónov.

K najzaujímavejším experimentom so slovenskou účasťou patril MARS '94, ktorý z dôvodov nepripravenosti bol odložený o 2 roky so zmeneným názvom MARS '96. Pre tento experiment bol v roku 1994 za spolupráce pracovísk zo Slovenska, Írska, Nemecka, Maďarska, Česka a Ruska odovzdaný prístroj SLED-2. Prístroj bol určený na meranie uhlového a energetického rozdelenia elektrónov a iónov na približovacej trajektórii k Marsu a okolo neho. Nemecká strana pripravila pre prístroj 5 teleskopov, slovenská vstupné zosilňovače, amplitúdové analyzátory, napájaciu časť a mechanickú konštrukciu, írsky počítač s registračnými počítačmi a maďarská pozemné testovacie zariadenie. Kozmickú sondu MARS '96 sa však pre zlyhanie nosnej rakety nepodarilo vyniesť na dráhu k Marsu a po niekoľkých obletoch Zeme zanikla v Pacifiku.

Pre použitie na module, ktorý mal byť pripojený k ruskej orbitálnej stanici s ľudskou posádkou MIR, bol pripravený záložný prístroj SPE-1 z experimentu AKTIVNYJ. Spektrometer bol upravený na 7 energetických kanálov bez prepínania a na teletmetriu používanú na stanici MIR. Prístroj bol umiestnený na modul PRIRODA, ktorý bol v roku 1996 pripojený k orbitálnej stanici MIR. Prístroj SPE-1 pracuje na orbitálnej stanici od 7. októbra 1996.

5. PRIPRAVOVANÉ EXPERIMENTY

Pre experiment KORONAS-F bolo rozhodnuté upraviť záložný prístroj SONG-D a SONG-E z experimentu KORONAS-I. V časti SONG-E bol rozšírený počet registrovaných kanálov, čo bude umožňovať registráciu dát aj z ruského prístroja AVS. Bol tiež zmenený algoritmus spracovania registrovaných údajov voči experimentu KORONAS-I. Uskutočnenie tohto experimentu bolo odložené na rok 1998.

Pre pripravovaný experiment RELIKT-2 (do libračného bodu) sa v prvej etape upravil technologický prístroj DOK-2 z experimentu INTERBALL. Úpravy sú spojené

so zmenami napájania prístroja, zmenami v povelovaní a zmenami v telemetrii experimentu RELIKT-2 voči experimentu INTERBALL. V nasledujúcom období bude takto upravený aj záložný prístroj DOK-2 z experimentu INTERBALL. Úpravy prístrojov pre experimenty KORONAS-I a RELIKT-2 si vyžiadali zmeny a inovácie aj v pozemných testovacích aparátúrach.

Od roku 1993 sa vyvíja na Ústave experimentálnej fyziky v Košiciach prístroj EPD pre experiment CESAR (Central European Satellite for Advanced Research). CESAR je projekt, ktorý koordinujú talianske výskumné pracoviská. Prístroj EPD je určený na meranie spektra energetických častíc. V tomto období sa rozhoduje o odštartovaní prác na realizácii tohoto experimentu, ktoré majú byť ukončené v roku 2000 vypustením družice. Je predbežný dohovor, že detektorovú časť prístroja vyvinú a zhotovia na Univerzite v Bostone a elektronickú časť s počítačom a rozhraním s telemetriou na Ústave experimentálnej fyziky v Košiciach.

Od roku 1996 sa na Ústave experimentálnej fyziky v Košiciach vyvíja pre experiment COMPASS (preverenie eventuálneho predpovedania zemetrasení) programovateľný spektrometer energetických častíc MEP-1. Na skúšky tzv. technologického komplexu bol už odovzdaný tzv. technologický prístroj. Vypustenie družice je plánované na koniec roka 1997.

6. PREHĽAD EXPERIMENTOV S ÚČASŤOU SLOVENSKÝCH PRACOVÍSK

V tejto časti sú uvedené jednotlivé objekty, na ktorých boli umiestnené prístroje vyvinuté a zhotovené na slovenských pracoviskách, prípadne objednané v zahraničí. Ďalej sú tu uvedené počiatočné parametre dráhy objektov, zoznam prístrojov na objektoch a krajín a niekedy aj inštitúcií, kde ich pripravili.

6.1. Družica INTERKOZMOS - 3

Dátum vypustenia : 7.8.1970 **Koniec existencie :** 6.12.1970

Počiatočné parametre dráhy :

Perigeum : 206 km

Apogeum : 1315 km

Doba obletu : 99,79min

Orientácia : žiadna

Náklon dráhy k rovine rovníka : 48,43°

Na príprave vedeckej aparatury sa zúčastnili :

ZSSR : Inštitút kozmických výskumov AV ZSSR , Moskva

Vedecko-výskumný ústav jadrovej fyziky MŠU , Moskva

Inštitút zemského magnetizmu a rádiovln AV ZSSR

ČSSR : Geofyzikálny ústav ČSAV v Prahe

Ústav experimentálnej fyziky SAV v Košiciach

Matematicko-fyzikálna fakulta KU v Prahe

Zostava vedeckej aparatury :

APČ-1 (Analyzátor nízkych frekvencií)
UKV-ČM (Vysielač informácie z ANČ)
PG-1 (Monitor elektrónov a protónov)

Literatúra :

Otčet po sputniku Interkosmos 3, VEDA , Bratislava , 1977.

6.2. Družica INTERKOZMOS - 5

Dátum vypustenia : 2.12.1971.

Doba fungovania : 4 mesiace

Počiatkové parametre dráhy:

Perigeum : 196 km

Apogeum : 1202 km

Doba obehu : 98,56 min.

Orientácia : magnetická

Náklon dráhy k rovine rovníka:48,56°

Na prípravu vedeckej aparatury sa zúčastnili :

ZSSR : Inštitút kozmických výskumov AV ZSSR , Moskva

Vedecko-výskumný ústav jadrovej fyziky MŠU , Moskva

Inštitút zemského magnetizmu a rádiovln AV ZSSR

ČSSR : Geofyzikálny ústav ČSAV v Prahe

Ústav experimentálnej fyziky SAV v Košiciach

Astronomický ústava ČSAV v Ondřejove

PER : Inštitút geofyziky PER

MLR : Centrálny vedecký fyzikálny inštitút AV MLR

Zostava vedeckej aparatury :

APČ-2 (Analyzátor nízkych frekvencií)

PG-1-A (Monitor elektrónov a protónov)

Literatúra :

Otčet po sputniku Interkosmos 5, VEDA , Bratislava , 1980.

6.3. Družica INTERKOZMOS - 6

Dátum vypustenia : 7.4.1972

Dátum návratu : 11.4.1972

Počiatkové parametre dráhy :

Apogeum : 250 km

Perigeum : 210 km

Náklon dráhy k rovine rovníka : 51°.

Na príprave experimentu a spracovaní emulzií sa zúčastnili :

ZSSR, ČSSR, MLR, PLR, RSR.

Literatúra :

Po programme "INTERKOSMOS", Mašinstrojenie, Moskva, 1976.

6.4. Družica INTERKOZMOS - 13

Dátum vypustenia : 27.1.1975

Koniec existencie : júl 1975

Počiatkové parametre dráhy :

Apogeum : 1681 km

Perigeum : 278 km

Doba obletu : 105 min.

Orientácia : magn.

Náklon dráhy k rovine rovníka : 83,5°

Na príprave vedeckej aparatury sa zúčastnili :

ZSSR, ČSSR.

Zostava vedeckej aparatury :

APČ-2 (Analyzátor nízkych frekvencií)

PG-1-B (Monitor elektrónov a protónov)

EMA-1 (Monitor nízkoenergetických elektrónov a protónov)

6.5. Družica INTERKOZMOS - 17

Dátum vypustenia : 24.9.1977

Koniec existencie : 30.9.1978

Počiatkové parametre dráhy :

Apogeum : 514 km

Perigeum : 466 km

Náklon dráhy k rovine rovníka : 83°

Doba obletu : 94,44 min

Orientácia : gravitačným dvojpólom

Na príprave vedeckej aparatury sa zúčastnili :

ZSSR, RSR, MLR,

ČSSR : Astronomický ústav ČSAV v Ondřejove

MFF KU v Prahe

Geofyzikálny ústav ČSAV v Prahe

Ústav experimentálnej fyziky SAV v Košiciach

Zostava vedeckej aparatury :

NS-2 Merač elektrónov, protónov, alfa častíc a jadier C,N,O

PERO Merač vysokoenergetických elektrónov a protónov

SEZ-10 Merač vysokoenergetických elektrónov

ESA-1 Merač nízkoenergetických elektrónov

DOZE Dozimetrický prístroj

K-1-4 Detektor mikrometeorov

SK-1 Prístroj na meranie neutrónov a gama kvantov

KM Merač plazmy

NAM-2 Hmotnostný spektrometer

TP-2 Spektrometer energetických nabitých častíc

6.6. Družica PROGNOZ - 8

Dátum vypustenia : 25.12.1980

Koniec existencie : 20.9.1981

Počiatkové parametre dráhy :

Apogeum : 197 390 km

Perigeum : 980 km

Doba obletu : 96,82 hod

Orientácia : na Slnko

Náklon dráhy k rovine rovníka: 65°

Doba rotácie : 120 sek.

Na príprave vedeckej aparatury sa zúčastnili :

ZSSR,

ČSSR : Ústav experimentálnej fyziky SAV v Košiciach

Matematicko-fyzikálna fakulta UK v Bratislave

MFF KU v Prahe

Zostava vedeckej aparatury :

DOK-T Monitor elektrónov a protónov

AKR-2 Analyzátor kozmického rádiových frekvenčného žiarenia

MONITOR-1 Merač zloženia plazmy slnečného vetra.

6.7. Sonda VERTIKAL - 10

Dátum vypustenia : 21.decembra 1981

Dosiahnutá výška : 1510 km.

Na príprave vedeckej aparatury sa zúčastnili:

ZSSR , PLR , MLR , RSR , BER a

ČSSR : Ústav experimentálnej fyziky SAV v Košiciach

Katedra elektroniky EF VŠT v Košiciach

Zostava vedeckej aparatury :

Prístroje na výskum hornej atmosféry.

Prístroje na meranie ionosféry,

Prístroje na meranie krátkovlnného žiarenia Slnka

URE-1 Merač úhlového rozdelenia elektrónov (ÚEF SAV a EF VŠT Košice)

Literatúra:

Informačný bulletin č.12, Interkozmos, Moskva, 1982

6.8. Družica PROGNOZ-10 - INTERKOZMOS (Projekt INTERSHOCK)

Dátum vypustenia : 26.4.1985

Koniec existencie : 11.11.1985

Počiatkové parametre dráhy :

Perigeum : 421 km

Apogeum : 200 520 km

Doba obletu : 5785,12 min

Orientácia : na Slnko

Náklon dráhy k rovine rovníka : 65°

Doba rotácie : 120 sek

Na príprave vedeckej aparatury sa zúčastnili :

ZSSR : Inštitút kozmických výskumov AV ZSSR , Moskva

Šternbergov štátny astronomický ústav MŠU , Moskva

Inštitút zemského magnetizmu, ionosféry a šírenia rádiovln AV ZSSR

Inštitút fyziky a mechaniky AV USSR , Lvov

Metrologický inštitút , Leningrad

ČSSR : Astronomický ústav ČSAV v Prahe

Geofyzikálny ústav ČSAV v Prahe

Ústav experimentálnej fyziky SAV v Košiciach

Geofyzikálny ústav SAV v Bratislave

Katedra experimentálnej fyziky MFF UK v Bratislave

Observatórium GFÚ SAV v Hurbanove

Katedra elektroniky a vákuovej fyziky MFF KU v Prahe

Fyzikálny ústav ČSAV v Prahe

Ústav VVVJT , Praha

TESLA-VÚST , Praha

Zostava vedeckej aparatury :

BROD Palubný počítač

ORION Telemetria pre palubný počítač

BUDVAR Analyzátor nízkofrekvenčných fluktuácií

SG-7 Magnetometer

TP-3 Spektrometer energetických nabitých častíc

BIFRAM Plazmový spektrometer

DOR Monitor vysokoenergetických elektrónov

AKR-2M Analyzátor kozmického rádiových frekvencií žiarenia

AKME Monitor energetických protónov a uhlového rozdelenia elektrónov

DOK-1 Prístroj na meranie spektier a uhlového rozdelenia elektrónov a protónov

RF-2P Fotometer X-žiarenia

Literatúra :

INTERSHOCK PROJECT, AuÚ ČSAV, Ondřejov, 1985.

6.9. Medziplanetárna sonda FOBOS - 1 (let k Marsu)

FOBOS-1 bol vypustený 7. júla 1988.

S FOBOSOM-1 bolo stratene spojenie 1. septembra 1988.

Zostava vedeckej aparatury :

LIMA-D Hmotový spektrometer (ZSSR, Rakúsko, BĽR, NDR, NSR, Fínsko, ČSSR)

DION Hmotový spektrometer (ZSSR, Rakúsko, Fínsko, Francúzsko)

MPK Spektrometer SOVIKOMS a TAUS (ZSSR, Rakúsko, MLR, NSR)

TEREK Teleskop-koronograf (ZSSR, Astronomický ústav SAV v Starej Lesnej)

VSK Videospektrometrický komplex (ZSSR, BĽR, NDR)

ESTER Spektrometre elektrónov (ZSSR, MLR, NSR, ESA, Írsko)

APV-F Analyzátor plazmových vĺn (ZSSR, PLR, ČSSR, ESA)

KRFM-ICM Radiometer-spektrometer (ZSSR, Francúzsko)

LILAS Spektrometer RTG-žiarenia (ZSSR, Francúzsko)

TERMOSKAN Radiometer-spektrometer (ZSSR)

GS-14SCF Spektrometer gama-žiarenia (ZSSR)

FGMM MAGMA Magnetometre (ZSSR, Rakúsko, NDR)

AUGUST Slniečny spektrometer (ZSSR, Francúzsko)

PROP Komplex prístrojov na sonde k Fobosu (ZSSR)

ASPERA Spektrometer (ZSSR, Fínsko, Švédsko)

RF-15 Fotometer (ZSSR, ČSSR)

RLK Radiolokátor (ZSSR)

VGS Spektrometer gama-žiarenia (ZSSR)

SUFR Slniečny UF-radiometer (ZSSR)

IFIR Fotometer (ZSSR, Francúzsko, Švajciarsko, ESA)

MORION Registrácia vedeckej informácie (ZSSR)

Literatúra :

Informačný bulletin č.19, Interkozmos, Moskva, 1989

6.10. Družica INTERKOZMOS - 24 (projekt AKTIVNYJ)

Dátum vypustenia : 28.9.1989.

Doba fungovania : 5 rokov

Počiatkové parametre dráhy :

Perigeum : 511 km

Apogeum : 2487 km

Náklon dráhy k rovine rovníka : 82,6°

Doba obletu : 116 min.

Orientácia : gravitačným dvojpólom

Náklon dráhy k rovine rovníka: 82,6°

Zostava vedeckej aparatury :

Nízkofrekvenčný vlnový komplex NVK (BĽR)

Merač mäkkých elektrónov DME (ZSSR)

Plazmový rádiospektrometer SAS (PLR)

Merač elektrónov ANAPURNA (ZSSR)

Merače plazmy KM-6 (ČSSR,ZSSR) a NAM-5 (ČSSR, ZSSR)

Merač nízkofrekvenčného žiarenia ONČ-2 (BĽR, ČSSR)

Langmuirova sonda (ZSSR , ČSSR)

Spektrometer protónov a elektrónov SPE-1 (ÚEF SAV Košice)

Budiče prostredia:

ONČ-generátor (ZSSR),

Anténa ORA-20 (ZSSR),

Plazmový generátor (ZSSR)

Injektor inertného plynu (ZSSR)

Literatúra :

Informačný bulletin č.20, Interkozmos, Moskva, 1990

6.10.1. Subdružica projektu AKTIVNYJ - Magion-2 (ČSSR)

Experimenty :

Magnetometer SGR-7 (Rumunsko,ZSSR,ČSSR)

Rádiospektrometer PRS-2-S (Poľsko)

Merač častíc DANI-S (Bulharsko)

Merač častíc MPS (ČSSR)

Merač častíc EPS (ČSSR,ZSSR)

Fotometer FDS (Bulharsko)

Magnetometer SGR-6 (Rumunsko,ZSSR)

Vlnový komplex KEM-1 (ČSSR,Bulharsko)

Merač plazmy KM-12 (ČSSR)

Langmuirova sonda ZL-A-S (NDR)

Spektrometer elektrónov a protónov DOK-S (ÚEF SAV a EF VŠT Košice)

Literatúra :

Informačný bulletin č.20, Interkozmos, Moskva, 1990

6.11. Družica INTERKOZMOS - 25 (Projekt APEX)

Dátum vypustenia : 18.12.1991

Koniec existencie :

Počiatkové parametre dráhy :

Apogeum : 3050 km

Perigeum : 440 km

Náklon dráhy k rovine rovníka : 82,5°

Doba obehu : 115 min

6.11.1. Subdružica projektu APEX Magion - 3 (ČSFR)

Expermenty :

Magnetometer SGR-7 (Rumunsko, ZSSR, ČSFR)

Rádiospektrometer PRS-2-S (Poľsko)

Merač častíc DANI-S (Bulharsko)

Merač častíc MPS (ČSFR)

Merač častíc EPS (ČSFR, ZSSR)

Fotometer FDS (Bulharsko)

Magnetometer SGR-6 (Rumunsko, ZSSR)

Vlnový komplex KEM-1 (ČSFR, Bulharsko)

Merač plazmy KM-12 (ČSFR)

Langmuirova sonda ZL-A-S (NDR)

Spektrometer elektrónov a protónov DOK-S (ÚEF SAV a EF VŠT Košice)

Literatúra :

Informačný bulletin č.22, Interkozmos, Moskva, 1992

6.12. Projekt KORONAS - I

Dátum vypustenia : 2.3.1994

Koniec existencie :

Počiatkové parametre dráhy :

Apogeum : 500 km

Perigeum : 500 km

Doba obletu : 90 min

Orientácia : na Slnko

Náklon dráhy k rovine rovníka : 83°

Na príprave vedeckej aparatury sa zúčastnili :

Rusko, Česko, Slovensko, Poľsko

Zostava vedeckej aparatury :

Prístroje na meranie Slnka :

TEREK-K (FI AN Rusko a **AÚ SAV v Starej Lesnej**),

RES-K, DIOGENESS, GELIKON, IRIS, SUFR-Sp-K, VUSS, DIFOS, SORS.

Spektrometer kozmických lúčov :

SONG (NIIJaF MGU Moskva a **ÚEF SAV Košice**)

MLK (NIIJaF MGU Moskva)

SKI-3 (NIIJaF MGU Moskva).

Amplitúdovo-časový analyzátor AVS

Merač magnetického poľa IMAP-5

Systém registrácie vedeckej informácie KSSNI.

6.13. Projekt INTERBALL - Chvostová sonda

Dátum vypustenia : 3.8.1995

Koniec existencie :

Počiatkové parametre dráhy :

Perigeum : 371 km

Apogeum : 193 000 km

Doba obletu : 92 hod

Orientácia : na Slnko

Náklon dráhy k rovine rovníka : 65°

Doba rotácie : 120 sek.

Na príprave vedeckej aparatury sa zúčastnili :

Rusko, Francúzsko, Švédsko, Fínsko, Česko, Bulharsko, Taliansko, Ukrajina, Nemecko, Poľsko, Spojené Kráľovstvo, Slovensko a Grécko.

Zostava vedeckej aparatury :

Meranie plazmy :

SKA-1, ELECTRON, PROMICS-3, VDP, AMEI-2, MONITOR-3, ORAL, ALPHA-3.

Meranie vln a polí:

ASPI, OPERA, MIF-M, IFPE, ADS, FGM-1, KEM-3, PRAM, FM-31,

AKR-X (MFF UK Bratislava).

Meranie energetických častíc :

SKA-2, RF-15-1, SOSNA-3, RKI-2,

DOK-2 (ÚEF SAV Košice)

Literatúra :

INTERBALL, Mission and Payload, CNES-IKI-RSA, Paris 1995.

6.13.1. Subdružica chvostovej sondy Magion - 4 (ČR)

Experimenty a zúčastnené krajiny :

Vlnový komplet KEM-3 (Česko, Bulharsko)

Spektrálny analyzátor SAS (Poľsko)

Analyzátor tvaru vln ULF (Česko, Maďarsko, Rusko)

Magnetometer SG-R8 (Rumunsko)

Detektor toku plazmy VDP (Česko, Rusko)

Langmuirova sonda (Rusko, Česko, Ukrajina)

Fotometer X-žiarenia RF (Česko)

Spektrometer elektrónov a protónov DOK-S (ÚEF SAV Košice)

Spektrometre elektrónov a protónov MPS a SPS (Česko, Rusko)

Literatúra :

INTERBALL, Mission and Payload, CNES-IKI-RSA, Paris 1995.

6.14. Projekt INTERBALL - Aurorálna sonda

Dátum vypustenia : 29.8.1996

Koniec existencie :

Počiatkové parametre dráhy :

Perigeum : 7144 km

Apogeum : 25 502km

Doba obletu : 6h 47min

Orientácia : na Slnko

Náklon dráhy k rovine rovníka : 62,8°

Doba rotácie :120 sek.

Na prípravu vedeckej aparatury sa zúčastnili :

Rusko, Francúzsko, Švédsko, Fínsko, Česko, Bulharsko, Poľsko, Rakúsko, Holandsko, Kanada, Slovensko a Grécko.

Zostava vedeckej aparatury :

Prístroje na meranie aurorálnej plazmy :

SKA-2, ION, PROMICS-3

Prístroje na meranie aurorálnej plazmy :

HYPERBOLOID, KM-7, ALPHA-3

Prístroje na meranie vln a polí :

IMAP-3, IESP-2M, POLRAD, MEMO, NVK-ONCH

Prístroj na meranie energetických častíc :

DOK-2 (ÚEF SAV Košice)

Prístroj na meranie potenciálu :

RON

Prístroje na optické pozorovanie :

UVAI, UVSIPS

Prístroje na technologické experimenty :

RD-1M, ANOD

Literatúra :

INTERBALL, Mission and Payload, CNES-IKI-RSA, Paris 1995.

6.14.1. Subdružica aurorálnej sondy MAGION - 5 (ČR)

Experimenty a zúčastnené krajiny :

Vlnový komplet KEM-3 (Česko, Bulharsko)

Spektrálny analyzátor SAS (Poľsko)

Magnetometer SG-R8 (Rumunsko)

Magnetometer FGM-M5 (Nemecko)

Analyzátor tvaru vln LF-ICARE (Česko, Francúzsko, Maďarsko, Rusko)

Spektrometer elektrónov a protónov DOK-S (ÚEF SAV Košice)

Spektrometre elektrónov a protónov MPS,SPS (Česko,Rusko)

Detektor teploty elektrónov a hustoty iónov KM-14 (Česko, Rusko)

Literatúra :

INTERBALL, Mission and Payload, CNES-IKI-RSA, Paris 1995.

6.15. Medziplanetárna sonda MARS '96

Dátum vypustenia: 16.11.1996

Experimenty a zúčastnené krajiny :

TV-stereokamery (RF, NSR, Maďarsko)

OMEGA/VIMS (RF, Francúzsko, USA, Taliansko)

PFS (RF, Nemecko, Poľsko, Taliansko, Francúzsko)

Dlhovlnný radar (RF, USA, Nemecko)

SPIKAM+EVRIS (RF, Francúzsko, Belgicko, Bulharsko)

Neutrónový spektrometer (RF, Rumunsko)

LILAS-2 (RF, Francúzsko)

TERMOSKAN (RF)

ASPERA (RF, Švédsko, Fínsko, Poľsko)

DIMIO (RF, USA, Francúzsko, Nemecko)

MARIPROB (RF, Belgicko, Maďarsko, Írsko, Česko)

SLED-2 (RF, Írsko, Nemecko, Slovensko, Česko)

ELISMA (RF, Spojené Kráľovstvo, Dánsko, Bulharsko, Taliansko, Poľsko, Francúzsko)

FONEMA (RF, Spojené Kráľovstvo, Česko, Írsko, Francúzsko)

MAREMF (RF, Rakúsko, Belgicko, Spojené Kráľovstvo, Maďarsko, Nemecko, Írsko, USA, Francúzsko)

Gama-spektrometer + snímač gama-erupcií (RF, Francúzsko)

Hmotový spektrometer neutrálneho plynu vrchnej atmosféry (RF)

Literatúra :

Ekspluatacionnyje uslovja funkcionirovania i sopriaženia naučnoj apparatury s kosmičeskim apparatom "MARS-94",
Naučno-ispytatel'nyj centr im. G.N.Babakina, Moskva 1989.

6.16. Orbitálna stanica MIR

Dátum vypustenia : 19.2.1986

Parametre dráhy :

Maximálna výška dráhy : 352 km

Minimálna výška dráhy : 324 km

Náklon dráhy k rovine rovníka : 51,6°

Doba obehu : 91,6 min

Modul Príroda : pripojený k stanici MIR roku 1996

Na module umiestnený aj

Spektrometer protónov a elektrónov SPE-1 (ÚEF SAV Košice)

Literatúra :

Ing.Jan Drnec, L + K, 15/86, str.20-22.

7. PRACOVNÍCI ZÚČASTNENÝ NA REALIZÁCII PRÍSTROJOV

Ing. Jozef Rojko, CSc., ÚEF SAV Košice :

SK-1, BANAN, URE-1, DOK-T, DOK-1, DOK-2, SPE-1, SONG-E, DOK-S.

Ing. Ján Baláž, ÚEF SAV Košice :

DOK-2, DOK-S, SPE-1, SONG-E, SLED-2, EPD, MEP-1.

Ing. Linus Michaeli, CSc., EF VŠT Košice :

SK-1, BANAN, DOK-S.

Ing. Peter Opatrný, EF VŠT Košice :

URE-1, DOK-S.

Ing. Július Tomčík, Ing. Ján Šaliga, CSc., EF VŠT Košice :

DOK-S.

RNDr. Tibor Vaško, Tesla Přemyslení :

BANAN.

RNDr. Ján Matišin, ÚEF SAV Košice :

DOK-1, SPE-1, DOK-S.

RNDr. Andrej Jaroševič, CSc., RNDr. Ľudovít Fischer, CSc.,

RNDr. Viktor Martišovits, CSc., RNDr. Andrej Tirpák, CSc., MFF UK Bratislava :

AKR-2, AKR-2M, AKR-M

Ing. L.Chrenka, Ing. M.Minaroviech, AÚ SAV Stará Lesná :

TEREK.

Ing. Igor Strhársky, ÚEF SAV Košice :

EPD, DOK-S, MEP-1.

RNDr. Michal Seman, ÚEF SAV Košice :

Elektronika-1 (pre Lomnický štít).

Tibor Ďuriš, ÚEF SAV :

Elektronika-1 (pre Lomnický štít a VOSTOK), Elektronika-2 (pre Lomnický štít).

8. Z Á V E R

Na tomto mieste treba pripomenúť, že bez vedeckej objednávky fyzikov pracujúcich v oblasti kozmickej fyziky by nebolo ani elektroniky pre kozmofyzikálny výskum. Preto nie je možné neuviesť mená fyzikov, s ktorými sú spojené kozmofyzikálne výskumy na Slovensku.

Počiatky merania na Lomnickom štíte sú spojené s prof. V. Petržílkom, RNDr. P. Chaloupkom a prof. J. Dubinským, neskorším riaditeľom Ústavu experimentálnej fyziky v Košiciach. V súvislosti so stavbou neutrónového monitora IQSY(4) je treba spomenúť RNDr. Jozefa Ilenčíka. S rozšírením monitora NM64(8) a tým aj zvýšením jeho štatistickej presnosti je treba uviesť Doc. Ing. Karola Kudelu, DrSc., vedúceho Oddelenia kozmickej fyziky na Ústave experimentálnej fyziky v Košiciach.

Účasť Ústavu experimentálnej fyziky na programe INTERKOZMOS je spojená s prof. Jurajom Dubinským a od Interkozmosu-3 s Doc. Ing. Karolom Kudelom, DrSc. Z ich iniciatívy sa vytvorila na ústave technická skupina a založila sa tradícia konštruovania prístrojov na meranie častíc v kozme. Zasluhou Doc. Ing. Karola Kudelu, DrSc. a jeho medzinárodného uznania a spoľahlivosti na ústave vyrábaných prístrojov je účasť tohto ústavu na kozmofyzikálnych výskumoch do dnešných dní taká široká.

Nemožno nespomenúť tiež RNDr. Stanislava Fischera, CSc., z Astronomického ústavu AV ČR v Ondřejove a RNDr. Štefana Pintera, CSc., z Geofyzikálneho ústavu SAV v Bratislave, Observatórium v Hurbanove, pre ich nemalú zásluhu pri plánovaní a organizačnom zabezpečení experimentov INTERSHOCK a INTERBALL. RNDr. Štefan Pinter, CSc., má zásluhu aj na objednávke analyzátorov kozmického rádiových frekvenčného žiarenia na MFF UK v Bratislave. RNDr. Stanislav Fischer, CSc., pracoval aj v laboratóriu na Lomnickom štíte a zúčastnil sa expedície na sovietsku polárnu stanicu VOSTOK v Antarktíde.

Pre koronograf TEREK bol autorom optickej časti RNDr. Milan Rybanský, DrSc., z Astronomického ústavu SAV v Starej Lesnej.

Najčastejšie spolupracujúcim fyzikom pri plánovaní, skúškach v Rusku a riadení prístrojov za letu bol a dodnes je Volt Nikolajevič Lucenko, CSc., z Ústavu kozmických výskumov (IKI) Ruskej akadémie vied v Moskve.

Nie sú uvedené mená osôb spracovávajúcich údaje z kozmických experimentov a ani mená lekárov a biológov, ktorí sa zúčastňovali na kozmických biologických experimentoch spojených s návratnými družicami Zeme, pretože tieto oblasti už presahujú rámec tejto publikácie.

Literatúra :

Slovenská akadémia vied 1953-1983, VEDA, Bratislava 1983.

Český, M., Československá elektronika v programe INTERKOSMOS, SNTL, PRAHA 1983.

Dubinský, J., Kudela, K., Kozmické žiarenie, VEDA, Bratislava 1984.

Kudela, K., Shea, M.A., Smart, D.F., Gentil, L.C., Relativistic solar particle events recorded by the Lomnický štít neutron monitor, Proc. 23rd ICRC, Calgary 1993, V.3., p.31-35.

Ďakujem Doc. Ing. Karolovi Kudelovi, DrSc., za poskytnuté podklady k tejto práci a za cenné pripomienky k jej textu.