

Űrcsillagászat keleten (1. rész) – a Szovjetunió és Oroszország

Varga Krisztián

amatőrcsillagász,
műkedvelő űrkutató

ELŐSZÓ

Jelen dolgozatban szeretném bemutatni az orosz „szubkontinens”, valamint Ázsia számos országának űrcsillagászati erőfeszítéseit és eredményeit. Még a tudományos folyóiratokat és portálokat böngészve is csak elvétve találkozunk ezekkel, leginkább az Egyesült Államok idevágó projektjei kerülnek előtérbe, pl. a Hubble- vagy jelenleg a James Webb-űrtávcsövek észlelései. Tény, hogy utóbbiak szerepe valóban nagyobb keleti társaikénál, de azért azoké sem elhanyagolható. Ráadásul – mint azt jelen részből látni fogjuk – ez nem, vagy nem minden tekintetben volt mindig így.

A szovjet és az orosz űrtevékenységet valószínűleg minden olvasó többé-kevésbé figyelemmel kíséri. Ezek nagy része technológiai és/vagy katonai jellegű demonstráció volt a Nyugattal, de leginkább az USA-val szemben. Ezek után talán meglepőnek hangzik, amikor valaki egy teljes cikket kíván szentelni az orosz űrcsillagászatnak. A következőkben kiderül, hogy ilyen kísérletek voltak és folynak napjainkban is, csupán nem kapnak akkora publicitást, mint a fentebb nevezettek.

Űrcsillagászatnak a világűrből (hagyományosan Föld körüli pályáról) elvégzett csillagászati észlelésekkel, megfigyelésekkel foglalkozó tudományágat nevezzük. A csillagászat pedig távoli égi objektumokat vizsgál távérzékeléssel. Ez az állapot változott meg az űrkorszak beköszöntével hamarosan munkába álló bolygóközi szondák megjelenésével, melyek segítségével a célégitest a helyszínen (*in situ*) tanulmányozható. Ennek ellenére a klasszikus megközelítés szerint az űrszondás kísérletek nem tartoznak az űrcsillagászat tárgykörébe, így – főként terjedelmi okok miatt – mi is erre fogunk szorítkozni. Ugyanakkor témánk részét képezik a ballonokkal és szuborbitális repülések során magasba juttatott csillagászati berendezések, valamint a keringő napobszervatóriumok is.

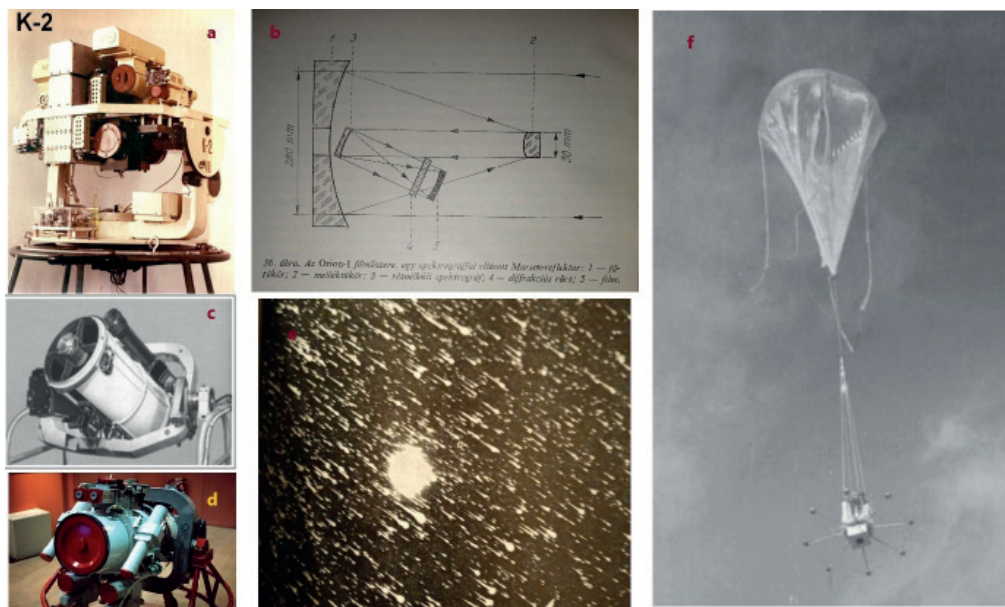
A KEZDETEK

A Szovjetunióban az 1960-as évektől folytak űrcsillagászati programok: a Kapusztjin Jar-i rakéta-kísérleti telepről ekkortájt küldtek a magasba R-5 *Pobjeda* balisztikus rakétákkal ultraibolya (UV) és röntgentartományban működő műszer-csomagokat a Nap kutatására. A K-2, K-3 és K-4 jelzéssel ellátott obszervatóriumok (1.a ábra) – különböző kombinációkban és módosításokkal – az alábbi berendezéseket tartalmazták:

- Lyman-alfa távcső a kromoszféra fényképezéséhez (fókusz távolság: 500 mm, rés mérete: 70 mm)
- Résspektrográf a napkorona észleléséhez 500–1300 Å (ångström, 1 Å = 10 nm = 10⁻¹⁰ m) közti tartományban, 0,1 Å felbontással
- Spektrográf a kromoszféra vizsgálatához 700–1800 Å között, 0,1 Å felbontással
- UV-távcső 2000–3000 Å között a korona leképezésére a napkorongtól 24 napsugárnyi távolságig
- Monokromatikus leképező berendezés 250 mm fókusz távolsággal és 50 mm-es réssel a semleges hélium (He I) 584 Å és az egyszerűen ionizált hélium (He II) 304 Å hullámhosszú vonalaira
- 150 mm fókusz távolságú távcsövek a Nap képének rögzítésére 60 Å-nél rövidebb hullámhosszakon 1 ívperces szögfelbontásig
- Röntgenspektrográf a napkorona tanulmányozására 10–150 Å között (diszperzió: 3 Å/mm)

A műszeregyütteseket a rakéta 500 km magasba vitte, ahol szabadesésben kb. 8–9 percig végezték feladatukat, majd ejtőernyők segítségével tértek vissza a Földre. A program legelső indítására 1961. február 15-én került sor egy napfogyatkozás alkalmával. Szintén megemlítendő az 1965. október 1-jei észlelés, melynek során Napunk az addig megfigyelt legerősebb röntgenflert produkálta [1].

Szintén az égitest jobb megismerését szolgálta a *Szaturn* nevű vállalkozás is (1.f. ábra), melynek keretében összesen négy ízben (1966. november 1., 1967. szeptember 22., 1970. július 30., 1973. június 20.) küldtek a sztratoszférába egy-egy távcsővel felszerelt ballont szovjet csillagászok. Az első három felszállás 0,5 m-es, míg az utolsó már 1 m átmérőjű optikával történt – utóbbi esetben a képek felbontása elérte a 0,12 ívmásodpercet [2].



1. ábra: A szovjet űrcsillagászat kezdetei: a K-2 szuborbitális obszervatórium (a), az Orion-1 optikai elrendezése (b), az Orion-1 távcső (c), az Orion-2 teleszkóp makettje (d), az Orion-2 objektívprizmás felvétele a Capella csillagról (e), a Szaturn napobszervatórium egyik felszállása (f). (Források: russianspaceweb.com, astronautix.com, [5,1])

TÁVCSÖVEK A VILÁGŰRBEN

Az ember tartós űrbéli jelenléte minőségi változást hozott a csillagászatban is. Bár pl. az 1968-ban pályára állt a Kozmosz-215 nyolc darab 7 cm-es átmérőjű [3], 1969-ben a Kozmosz-309 műhold egy UV-távcsővel (*Prokion*) repült, és 1974-ben a *Meteyor-1-16* meteorológiai holdon is egy röntgentávcső működött [4], a legsikeresebb időszak talán e szempontból a Szaljut űrállomások felbocsátásával kezdődött (minden szovjet űrállomást vagy modult és űrtávcsövet Proton rakétával indítottak a kazahsztáni Bajkonurból). Ekkor áll „csatasorba” az Orion-1 távcső (1.b ábra), mely szintén ultraibolya tartományban dolgozott a Szaljut-1-en (az állomás 1971. április 19. és 1971. október 11. között volt használatban). Az Orion-1 főműszere egy Mersenne-reflektor, mely egy résnélküli diffrakciós ráccsal felszerelt spektrográffal volt ellátva. A főtükör átmérője 30 cm volt (ebből az 5 cm-es melléktükör kitarakása miatt 28 cm volt a hasznos átmérő). A berendezéssel mintegy félórás expozíció esetén 5 magnitúdóig készülhettek színeképek. A távcsövet egy űrhajós állíthatta rá a kívánt célpontra, utána a követést egy 6,8 cm átmérőjű, fotoelektromos eszközzel felszerelt refraktor biztosította (de manuálisan is lehetett végezni). A felvételek 16 mm széles mozgó filmre készültek. Az Orion-1 akkor működött, mikor a Szaljut-1 éppen földárnyékban volt [5]. A távcsövet Viktor Pacajev, a Szojuz-11 űrhajósa használta először (Pacajev sajnos a legénység két másik tagjával együtt a visszatérés során életét veszítette). Számos csillagról sikerült spektrogramokat rögzíteni, pl. a sokak által ismert Vegáról (α Lyrae) és a β Centauriról is 2000–3800 Å között [1].

Továbbfejlesztett változata, az Orion-2 (1.c ábra) már egy űrhajó, a Szojuz-13 orrára került (ezen az űrhajón nem volt dokkolószerkezet). Ez már egy 24 cm átmérőjű, 100 cm fókusz-távolságú, nagylátószögű (5° -os), spektrográffal ellátott Makszutow-rendszerű (más források szerint Cassegrain [1,3]) távcső volt. A nagy látószög, a pontosabb automatikus követő és az ún. kétszallagos stabilizáló rendszer és a fényerő lehetővé tette, hogy akár 10 000 csillagról 12 magnitúdóig (20 perces felvétel esetén) színeképet kapjanak [5]. (Összehasonlításképpen: az ekkor már pályán lévő amerikai Skylab űrállomás hasonló eszközével ez az érték „csak” 7,5 magnitúdó volt [4]). Az eszközt Valentyin Lebegyev kozmonauta kezelte a küldetés során. Az Orion-2-vel UV-spektrum készült az IC 2149 jelű planetáris ködről, mellyel először sikerült ilyen objektumokban kimutatni a titán és az alumínium jelenlétét. Megemlítendő felfedezés még, hogy szintén e távcsővel észlelték spektroszkópiai úton a szilícium (Si) anomális mennyiségét egy forró (B1e színeképtípusú) csillag, a SAO 077308 környezetében. A színeképben mutatkozó, egymáshoz igen közel álló Si vonalak (szextet) jelenlétéből a csillagászok egy porburokra következtettek, melyet a csillag pöfögött ki magából [10].

Egy kicsit kanyarodjunk el az orbitális űrtávcsövek ismertetésétől, mert bár a Hold-verseny leszállóágban volt, még mindig tartogatott érdekes mozzanatokat! A szovjetek, hogy azért mégis mutassanak fel szép eredményeket a holdkutatásban, a Luna program végén (1970. november 17-én és 1973. január 15-én) két Lunohod rovert juttattak égi kísérőnk felszínére. Ezek – azon kívül, hogy teljesen távvezéreltek voltak – vittek magukkal egy-egy röntgentávcsövet is, melyek így az első csillagászati műszerek voltak a Holdon. A Lunohod-1 távcsőve két proporcionális számlálóval és szűrőkkel volt ellátva, a 2000–10000 eV (1–6 Å) hullámtartományban működött, folyamatosan a helyi zenitre állítva (feltéve, hogy a jármű vízszintesen állt) [11]. Óránként 0,5^o-os égterületet pásztázott végig, amivel jóval érzékenyebben tudta

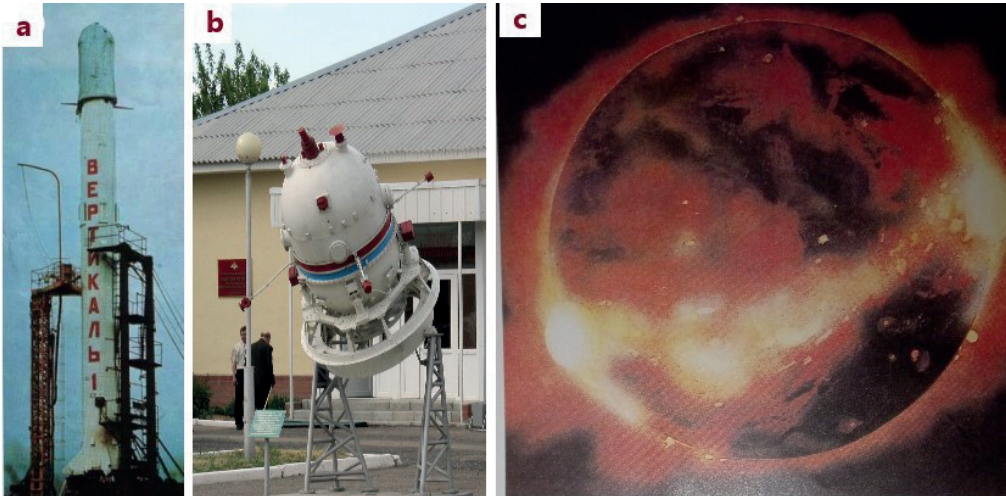
vizsgálni a röntgenégboltot, mint egy hasonló méretű, de Föld körüli pályán keringő röntgenteleszkóp. A Lunohod-1 és -2 távcsöveivel Nap- és galaktikus észleléseket végeztek [12,13].

A Szaljut-4 (1974. december 26. – 1977. február 2.) már nem egy, hanem öt csillagászati eszköz is helyet kapott: az OSZT-1 (*Orbitalnij Szolnyecsnij Tyeleszkop*) egy 25 cm átmérőjű, a Napot UV-sávban észlelő távcső, mely egyes alakzatokról, de akár a teljes napkorongról képes volt színeképeket felvenni (850–1350 Å között működött 3–4 ívmásodperces felbontással). Megfigyelései célja a Nap hőmérsékleti viszonyainak feltárása volt (érdekesség, hogy a távcső tükrét – kísérleti jelleggel és elsőként – az űrállomáson újraalumíniumozták, hogy megvizsgálják, hogyan változik a fényvisszaverő képessége). Némileg hasonló eszköz volt a KSZSZ spektrométer (*Kompleksz Szolnyecsnih Szpektrometrov*) is. A FI-LIN egy röntgenteleszkóp volt, mellyel e sugárzás kozmikus forrásait észlelhették az 1–10 és a 6–60 Å közti sávokban. Szintén ilyen berendezés volt az RT-4, ez azonban már az észlelt röntgenforrás „fényességét” mérte. A Szaljut-4-en elhelyeztek egy infravörös (IR) csillagászati távcsövet (ITSZ-K). Ez a bolygók légkörének sugárzását mérte, de használták a Hold, a Szaturnusz, az Androméda-köd és a Magellán-felhők, továbbá egyes csillagok tanulmányozására is [6]. Az észlelés 1–7 µm-es tartományban történt. A 30 cm tükörátmérőjű műszer spektrumok előállítására is képes volt, amiben a fluorittal bevont prizmának és a mellette elhelyezett forgótükörnek kulcsszerepe volt (ez utóbbi feladata, hogy a „széthúzott” spektrum minden egyes része eljusson a detektorra). Az eredményeket magnószalagon rögzítették [3]. A berendezések egy helyen, az állomás legszélesebb részében egy tölcseáramú házban voltak (6.b ábra).

A következő tudományos űrlaboratóriumnál, a Szaljut-6-nál (1977. szeptember 29. – 1982. július 29.) megnövelték a műszeres egység hosszát a korábbi 4,1 méterről 6 méterre, így minden eddiginél nagyobb és bonyolultabb kutatóberendezések kerülhettek ide. Ezek közül a legnagyobb a szintén tölcseáramú formájú rekeszben működő BSZT-1M multispektrális távcső és egy gamma-sugár-teleszkóp, a Jelena [7]. Emellett az űrállomás „végéhez” csatlakozva nyílt ki az az új szovjet rádiótávcső, a 10 méter átmérőjű KRT-10 is (6.a ábra; ezt később leválasztották). A Szaljut-6-ot látogató személyzetek és űrhajósok száma messze meghaladta az előzőekét, ami nagyrészt annak köszönhető, hogy megindultak a nemzetközi Interkozmosz űrrepülések, ez azonban nem érinti az űrcsillagászati kísérleteket – az ilyen vonatkozásokat a most következő fejezetben tárgyaljuk.

NEMZETKÖZI EGYÜTTMŰKÖDÉS

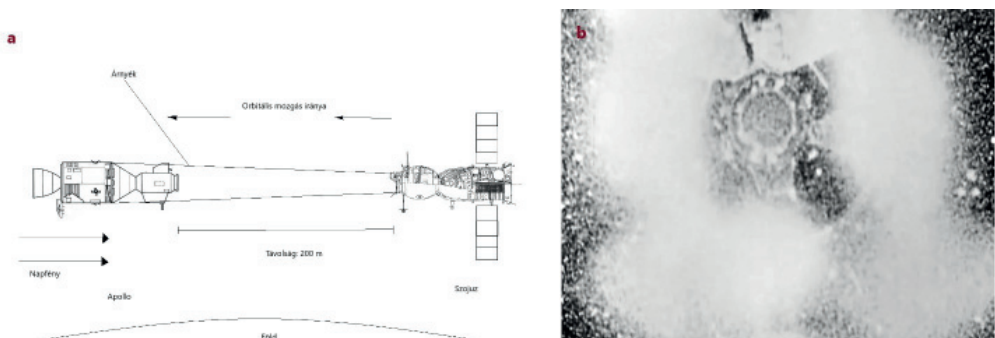
A Szovjetunió nagyon sokáig elzárkózott attól, hogy más államok szakembereit bevonja tudományos-technikai munkájába. Ez a helyzet változott meg, amikor az 1970-es években – még az Apollo-program alatt – szovjet és amerikai politikusok, tudósok és mérnökök nekiláttak egy közös űrrepülés megvalósításának. Ez volt az Apollo–Szojuz, melyre 1975. július 15-én került sor. A küldetés szimbolikus jellege mellett számos tudományos-műszaki eredményhez vezetett [8]. A mi szempontunkból a mesterséges napfogyatkozás létrehozása és a közben végzett mérések a legérdekesebbek: a két űrhajó szétválasztását követően az Apollo 200 méterre eltávolodott. Így a Szojuzról nézve pontosan a Nap irányába került, hogy a korona megfigyelhetővé váljék. Az amerikai űrjármű 2 napátmérőnyi



2. ábra: a Vertyikal-1 rakéta az indítóálláson Kapusztyn Jarban (a), a K65UP műszertartály egyik példánya Kapusztyn Jarban kiállítva (b), Napunk röntgentartományban fényképezve a Vertyikal-1 során (c). (Források: b14643.de, [8], Akadémiai Kislexikon, 1989)

felületet takart ki központi csillagunkból (3.a ábra). A program végén a szovjet szakemberek elemezték és publikálták az eredményeket. Eszerint a napkorona az 55 expozícióból 19-szer volt észlelhető az Ekliptika mentén nyugati irányban közel 25 napátmérőig [9] (3.b ábra).

A nem sokkal később létrejövő Interkozmosz együttműködés a keleti blokk országai – így hazánk – számára kedvező volt űrkutatási szempontból. Egyik nyitánya volt a Vertyikal program, ennek során a Szovjetunió és a többi résztvevő állam (Bulgária, Csehszlovákia, Lengyelország, Magyarország és az NDK) a névadó egylépcsős rakétatípus tetején egy műszertartályban (K65UP, 2.b ábra) elhelyezhette berendezéseit, és a szuborbitális repülések alatt méréseket végezhettek. A csomagok 500 és 1500 km-es magasságokba jutottak attól függően, hogy visszatértek-e a Földre vagy sem. Ennek megfelelően a K65UP kialakítása is különbözött, három különböző típust alkalmaztak: visszatérő (VZA-SZ)

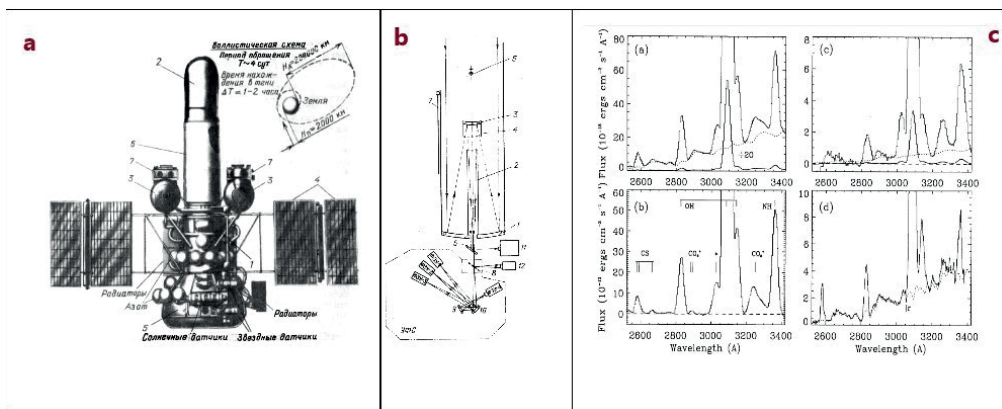


3. ábra: Az Apollo-Szojuz repülés során végrehajtott mesterséges napfogyatkozási kísérlet vázlatja (a) és a napkorona a Szojuz-19 űrhajóból fényképezve (b). (Források: NASA ábrák felhasználásával a szerző munkája; NASA, collectspace.com)

és nem visszatérő (VZA és VZA-N). A Vertyikal rakétatípus sem volt egységes: az első két kísérletben R-5V, a többiben az erősebb R-14U ballisztikus rakétákat alkalmazták. Összesen 11 felszállás történt, az első 1970. november 28-án (Vertyikal-1), az utolsó 1983. október 20-án (Vertyikal-11). Az indításokra Kapusztyn Jarból került sor. A műszeregységek geofizikai és napfizikai kutatásokat végeztek, így pl. sor került a Nap ultraibolya és röntgensugárzásának mérésére is, utóbbi tartományban felvételek is készültek (2.c ábra). (Bár nem témánk része, mégis említést érdemel, hogy a Vertyikal-1 műszercsomagjában helyet kapott a Tanya mikrometeorit-detektor is, melynek elektronikáját a KFKI AEKI munkatársai készítették András László vezetésével. Ezt követően több kísérletben is magyar elektronika működött közre sikeresen [8]).

A Szaljut-7 (1982. április 19. – 1991. február 7.) csillagászati eszközparkjában a Jelena helyett egy röntgenspektroszkóp és egy súrolófényű tükrös (Wolter-rendszerű) röntgenteleszkóp foglalt helyet. Emellett újdonságnak számított két igen érzékeny, látható és IR tartományban működő francia kamera, a Piramig és a PCN. Galaktikus és extragalaktikus objektumokat, valamint a Föld feltételezett, ún. Kordylewski-féle porholdjait kutatták (úgy tűnik, utóbbiak létezését nemrég magyar csillagászok erősítették meg [19,23]).

Űrcsillagászati téren a következő fontos mérföldkő az önálló, nem emberes űrjárművekre szerelt űrobservatóriumok színre lépése volt: 1983. március 23-án az Asztron (4.a ábra) igen elnyúlt (~2000 × 200 000 km), négy napos keringési idejű pályára állt – utóbbira azért volt szükség, mert így legnagyobb részét a Föld sugárzási övezeteitől (Van Allen-övek) távol működhetett, másrészt a pálya hosszabb ideig tette lehetővé az irányítókkal a kommunikációt. Az obszervatórium váza lényegében ugyanaz a 4V szerkezet, melyre a kései Venyera szondák is épültek [16]. Fő műszere a szovjet készítésű Szpika (4.b ábra) volt, mely egy 80 és 26 cm tükörátmérőjű, 8 méteres fókuszu, Ritchey-Chrétien-rendszerű UV-távcső (eredetileg a Szaljut program részére tervezték, de műszaki gondok miatt ez nem valósult



4. ábra: Az első „valódi” szovjet űrtávcső, az Asztron szerkezete (a), a Szpika optikai szerkezete (b), az Asztron által 1986. április 9-én rögzített spektrumok a Halley-üstökös különböző részeiről (a mag spektruma, ugyanaz a szórt napfény levonása után a molekulaemisszió felfedezésére, az üstökös színe kb. 200 000 km-re a magtól, az IUE ultraibolya űrtávcső korábbi spektruma az égitestről). (Források: Nauka 1994, drewexmachina.com, Feldman et al.)

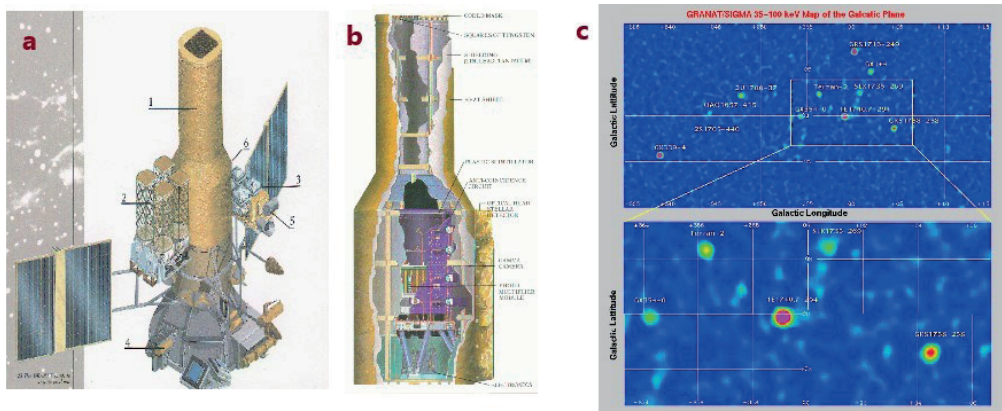
meg). A távcsövet „napellenző” védte a napfénytől. Az észleléseket egy 20 cm átmérőjű és 1 m fókuszú műszer segítette. A fókuszban található szovjet-francia fejlesztésű fotométer 105–350 nm között vizsgálta a csillagok színekét (ez a tartomány nagyon sok elem ún. rezonanciavonalát tartalmazza, ami megkönnyíti kimutatásukat) [14]. Az SKR-02M egy 0,17 m² hasznos felülettel rendelkező röntgentávcső volt, ezzel 3 × 3 fokalap területe volt képes egyidejűleg megfigyelni a 2–25 keV energiatartományban. Az Asztron 1989 júniusáig volt üzemképes, amivel jóval túlszárnyalta a tervezett egyéves élettartamot [15]. Tudományos programja során adatokat szolgáltatott a Hercules X-1 erős röntgenforrás nyugalmi és aktív szakaszáról, számos sugárforrást megfigyelt az Orion, a Taurus és a Leo csillagképekben, de főképp a neutroncsillag-vörös óriás kettős rendszerekben végbemenő anyagbefogási (akkréciós) folyamatokat vizsgálta.

1983. július 1-jén érdekes feladattal bocsátották fel a Prognosz-9 (8.a ábra) műholdat: Relikt nevű műszerével vizsgálja meg a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzást, mely a modellek szerint az Univerzum születése után „mindössze” kb. 270 000 évvel későbbi állapotokról hordoz információkat. Ehhez a műholdat igen elnyúlt (380 × 720 000 km) pályára állították. A Relikt 8 mm-es hullámhosszon (37 GHz frekvencián) működött 5,8° szögfelbontással. Eredményei nagyon közel állnak a későbbi amerikai COBE DMR hasonló méréseihez [20]. A műholdon röntgen- és gamma-detektorok is helyet kaptak. A programban a Szovjetunió mellett Franciaország és Csehszlovákia is részt vett [19]. Elkezdődött a jóval érzékenyebb Relikt-2 fejlesztése is, ám ezt 1997-ben – feltehetőleg gazdasági okokból – leállították (8.f ábra, [21]).

Eközben a Mars nagyobbik holdja felé tartó Fobosz szondák is végeztek csillagászati észleléseket: a Fobosz-1 1988. július 23-án megkezdte a Nap röntgenfényben történő fényképezését Tyerek nevű műszerével, összesen 140 felvételt készített. Szintén napkutató, emellett gamma-csillagászati megfigyeléseket végzett testvére, a Fobosz-2 is (a program széles körű nemzetközi együttműködésben folyt, sajnos később mindkét űreszközzel megszakadt a kapcsolat [17]).

Az Asztron sikerén felbuzdulva tervezték meg a hasonló felépítésű, de már röntgen- és gamma-tartományban működő Asztron-2-t, mely végül francia és dán közreműködéssel Granat (5.a ábra) néven valósult meg és állt pályára 1989. december 1-jén. Pályája kezdetben szintén 2000 × 200 000 km volt, melyet fokozatosan 60 000 × 180 000 km-re módosítottak. Fő műszere a francia fejlesztésű SIGMA, mely egy ún. kódolt maszkkal és egy irányérzékeny Na(Tl) detektorral ellátott nagylátószögű (5×5°) távcső volt (5.b ábra). A kemény röntgen- és a lágy gamma-tartományban dolgozott, 35–1300 keV energiatartományban, nagy felbontású felvételeket készítve [18]. Az ART-P hasonló eszköz volt, de kisebb látószöggel (1,8×1,8°) és energiákon (4–60 keV) észlelt. Ezeken kívül a Granat még egy kisebb látószögű röntgen- (WATCH), valamint három, gamma-kitörések után nyomozó és a teljes égboltot monitorozó eszközzel (PHEBUS, KONUS-B, TOURNESOL) is el volt látva. A Szovjetunió szétesése az obszervatórium működését komolyan befolyásolta, mivel a vezérlésben leginkább szerepet játszó krími Jevpatorija állomás Ukrajna területére került – a problémát végül a francia partner közbelépése oldotta meg [1]. 1994 szeptemberében újabb gond adódott: a helyzetstabilizálásra használt gáz elfogyott, így az űreszköz irányítás nélküli módban dolgozott a kommunikáció megszűnéséig (1998. november 27.). Ennek ellenére számos felfedezés és eredmény köthető a hozzá: ilyen többek között a Tejútrendszer köz-

ponti régiójának leképezése (több mint 5 millió másodperces expozícióval), számos feketelyuk-jelölt sugárzásának nyomon követése, valamint új röntgensugárforrások felfedezése (az ezekre egységesen alkalmazott GRS rövidítés egyben az obszervatórium nevére is utal).



5. ábra: A Granat űrtávcső felépítése (a), fő műszere, a SIGMA berendezései (b, az előző képen 1. számmal jelölve), a teleszkóp által készített felvétel a galaktikus fősík környezetéről 35–100 keV tartományban (c). (Források: hea.iki.rssi.ru, [1])

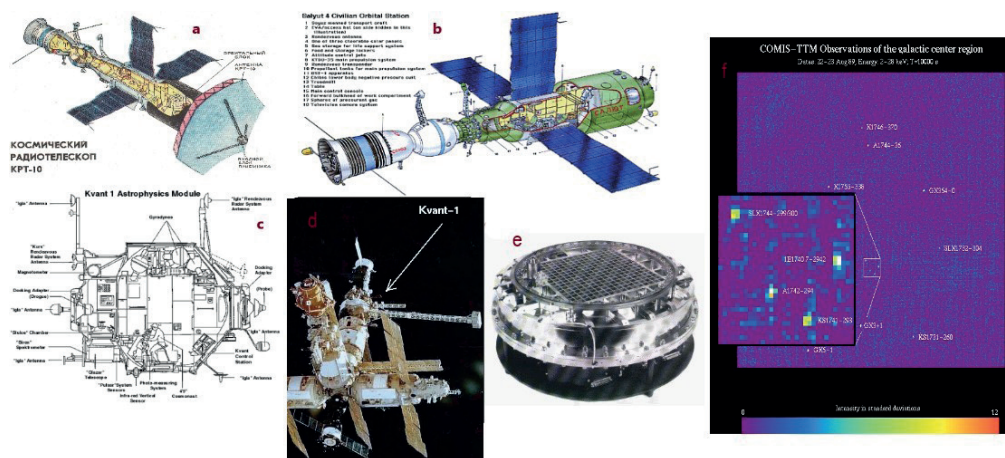
Új platform nyílt a csillagászok számára, amikor 1987. április 12-én csatlakozott a Mir űrállomáshoz (1986. február 19. – 2001. március 23.) a Kvant nevű kutatómodulja. Ez két csillagászati műszeregyeséget, összesen öt távcsövet foglalt magában (6.c ábra). A Röntgen műszeregyüttes a következőket tartalmazta:

- TTM: szovjet röntgenteleszkóp, mely magában foglalja a brit-holland fejlesztésű, kódolt maszkos (vagy kódolt apertúrájú) COMIS detektort (6.e ábra) és spektrométert (valójában az angol COMIS és az orosz TTM rövidítések lényegében ugyanazt takarják). A műszeregyüttes 2–30 keV között működött 2 ívperces szögfelbontással. $7,8 \times 7,8^\circ$ -os látómezejével az egyetlen nagylátószögű berendezés volt az állomáson.
- Sirene-2: 2–100 keV energiatartományban dolgozó, nagynyomású gázzal töltött érzékeny szcintillációs proporcionális számláló. Az ESA hollandiai ESTEC részlegének eszköze volt.
- HEXE: az NSZK-ban fejlesztett $1,6 \times 1,6^\circ$ -os látómezejű, 15–200 keV energiasávban működő NaI/CsI röntgendetektor (valójában egy sorozat része, melynek tagjait korábban ballonokon használták).
- Pulsar X-1: szovjet fejlesztésű, 3° látómezejű, 4 darab 20 cm átmérőjű NaI/CsI detektorral felszerelt berendezés az 50–800 keV tartományra [24].

A Glazar pedig egy szovjet-svájci fejlesztésű, érzékeny ultraibolya teleszkóp volt [22]. Az igazsághoz tartozik, hogy egy hasonló modul fejlesztését a szovjet tudósok már korábban kezdeményezték a Szaljut-7 számára, melyhez az Európai Űrügynökségen (ESA) kívül Hollandia, Nagy-Britannia, Svájc és az NSZK is társult összesen 5 tudományos eszközzel. Mivel a tervezet késett, így végül a már ismert formában valósult meg. Kezdetben a COMIS és a Sirene-2 eszközökkel voltak elektromos jellegű

problémák és a detektorokban lévő gáz instabilitása ideiglenesen rontotta a spektrális felbontást. Emellett kisebb üzemzavar mutatkozott a Röntgen csomag működésében, amikor a 2. keringés során a Mir elhaladt a dél-atlanti anomália felett: a mágneses mező által felgyorsított töltött részecskék időlegesen megrongálták a berendezéseket [24]. Számos röntgenforrás és esemény észlelését, mérését végezték el, de talán a legjelentősebb az 1987-ben a Nagy Magellán-felhőben feltűnt szupernóva (SN 1987A) nyomon követése volt.

1990. július 11-én egy érdekes koncepció első tagjaként került egy űrobszervatórium földkörüli pályára: a Gamma-1 nevű gamma-csillagászati eszköz a Mir kiszolgálását végző Progressz teherűrhajókból lett kialakítva, de a dokkolószerkezet helyére a két teleszkóp került, így ez sosem csatlakozhatott az űrállomáshoz [37]. Az egység napelemtábláit is átszerkesztették, így azok megjelenése némileg a Hubble-re emlékeztet. A későbbi példányoknál a dokkolás már lehetséges lett volna a Mir, vagy a tervezett, de meg nem valósult Mir-2 állomásokhoz, azonban előbbieik fejlesztése is megrekedt (Kína jelenleg egy hasonló űrtávcső megépítésén dolgozik).

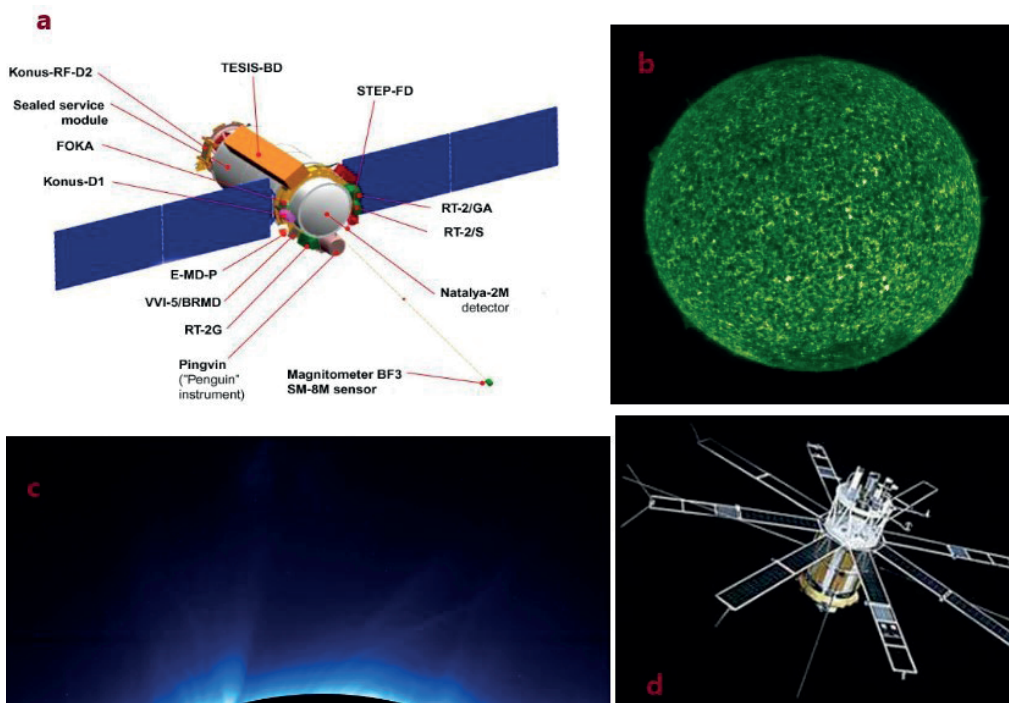


6. ábra: A KRT-10 rádiótávcső a Szaljut-6-hoz rögzítve (a), a Szaljut-4 belső szerkezete, az OSZT-1 távcsövet magában foglaló tölcészerű ház 11-gyel jelölve (b), a Mir/Kvant modul belseje a tudományos berendezésekkel (c), a Mir űrállomás fényképe, nyíl jelzi a Kvant egységet (d), a TTM röntgenteleszkóp COMIS detektora (e), a TTM/COMIS együttes által készített felvétel a Tejútrendszer központi vidékéről (f). (Források: space.stackexchange.com, [1], sron.nl)

OROSZ ŰRCSILLAGÁSZAT

Az 1990-es évek elején megkezdődött a Koronasz program keretein belül négy műhold tervezése, melyek feladata a naptevékenység és Földre gyakorolt hatásainak (űrirdőjárás) kutatása volt (Koronasz-I, Koronasz-F, Koronasz-Foton, Koronasz-Nuklon). A program ukrán közreműködéssel folyt, mert két hold AUOS-SM vázát (ezt kezdetben Interkozmosz holdaknál alkalmazták), valamint a hordozórakétát (Ciklon-3) is itt gyártották. Az eredeti tervek szerint a Koronasz-I 1993-ban, a Koronasz-F (7.d ábra) 1994-ben, míg a Koronasz-Foton (7.a ábra) 1995-ben indult volna, de gazdasági

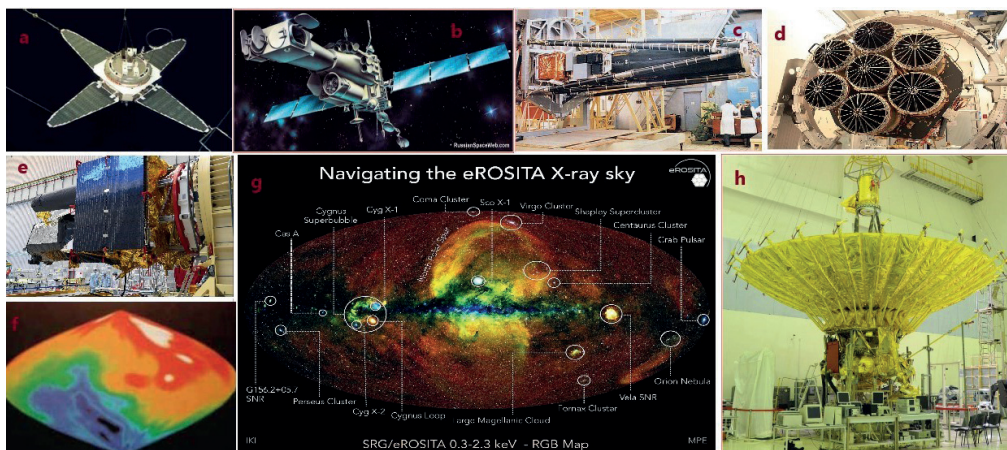
problémák miatt ezek késtek. Először a Koronasz-I állt pályára 1994. március 2-án, majd 2001. július 31-én a Koronasz-F követte. Utóbbi 15 tudományos berendezést vitt magával, melyeket orosz, grúz, szlovák, lengyel, német, brit és amerikai kutatók használtak. A küldetés során problémák léptek fel a tudományos adatok továbbításában. A Koronasz-Foton startját ekkor már 2004-ben határozták meg, de az orosz űrügynökség (Roszkoszmosz) javaslatára a műhold megépítését Ukrajnából Oroszországba helyezték át, aminek eredményeként egy, a Metyeor-3 meteorológiai holdakhoz szabványosított platformon készült el. Tizenkét tudományos berendezéssel szerelték fel, melyek a Nap elektromágneses és részecskesugárzását (elektronok, protonok, neutronok, könnyebb atommagok) követték nyomon széles intervallumban [35]. A kísérletben Oroszország, Ukrajna, Lengyelország és India vett részt, mely része volt a Nemzetközi „Együttélés egy Csillaggal” programnak. Az űreszköz 2009. január 30-án állt napszinkron pályára, két elődjéhez hasonlóan Pleszeckből. Itt is felléptek műszaki problémák, és 2010 januárjában az energiaellátó rendszer hibájából végleg megszakadt a kapcsolat a műhoddal: a problémát valószínűleg a nem megfelelő kialakítású műholdváz okozta, aminek következtében az nem egyenletesen melegedett fel, az áramkörök tönkrementek [36]. Ennek ellenére TESIS nevű távcsövével jó minőségű felvételek készültek a napkoronáról és az átmeneti rétegről [28].



7. ábra: Két orosz napkutató műhold: a Koronasz-F (d) és a Koronasz-Foton (a), utóbbi TESIS távcsöve által készített felvétel Napunk átmeneti régiójáról (b) és koronájáról (c). (Források: russianspaceweb.com, space.skyrocket.de)

Emellett Oroszország megkezdte korszerű űrobszervatóriumokból álló „flottájának” kiépítését az elektromágneses spektrum csaknem teljes lefedésére. A projekt valójában még az 1980-as években megkezdődött, de a kezdődő gazdasági nehézségek miatt csaknem három évtizedet kellett várni a megvalósulásig. Először a Szpektr-R – más néven Ragyioasztron (8.h ábra) – állt elnyúlt ($10\,651,6 \times 338\,541,5$ km-es) pályára 2011. július 18-án, mely nevéből adódóan rádiótartományban (1,3, 6, 18 és 92 cm-es hullámhosszakon) végzett észleléseket és méréseket, az alkalmazott hullámhossztól függően 7, 35, 100 és 500 milliívásodperces felbontással [26]. Fő műszere egy 10 méteres kinyitható antenna volt, emellett a Plazma-F kísérlet négy berendezése a napszél erősségét mérte, valamint mikrometeoroid-számlálójával is el volt látva. A programban számos ország részt vett akár műszerrel, akár a nagyon hosszú bázisvonalú interferometriás (VLBI) kísérleteket tekintve (Oroszország, India, Ausztrália, Németország, Hollandia, Finnország, Ukrajna, Kína, Mexikó, Dél-Korea, Dél-afrikai Köztársaság, Japán, Chile, Mexikó és az USA). Az űreszközzel önálló, és a földi rádiótávcsövekkel hálózatot alkotva, ún. űr-VLBI-méréseket szerettek volna megvalósítani – a pálya kialakítása nagyrészt ennek volt köszönhető. Megfigyelései kozmikus mézerekre, pulzárokra, kvazárokra és aktív galaxismagokra terjedtek ki. 2019. január 11-én az űreszköz nem válaszolt a földi parancsokra, ezért – bár tudományos műszerei még működőképesek voltak – ezt a dátumot tekinthetjük a program végének [1]. A következő űrtávcső, a Szpektr Röntgen-Gamma (röviden csak Szpektr-RG vagy SRG, 7.b ábra) tervei is még a szovjet időkig nyúlnak vissza: a tervezők egy komplex nagyenergiás keringő obszervatóriumot képzeltek el, akár más államok bevonásával is. Így indult el a SODART röntgentávcső (8.c ábra) Dániával, a JET-X röntgentávcső-páros az Egyesült Királysággal, Olaszországgal és az NSZK-val, valamint a TAUVEX UV-teleszkóp építése Izraellel közösen (további berendezések voltak a MART-LIME, FUVITA, és SPIN/MOXE röntgen- és gamma-detektorok). Később Finnország, Svájc, Magyarország, Kirgizisztán, Kanada és Törökország is csatlakozott [27]. A program sorozatos csúszása miatt a partnerek többsége visszahozott, eszközeik a Földön maradtak (egyedül a JET-X egyik tükre került fel a NASA Neil Gehrels Swift obszervatóriumára) [1]. Szó volt róla, hogy Oroszország „kárpótlásként” biztosítja Proton rakétáját az ESA és a többi résztvevő számára az épülő INTEGRAL röntgen-gamma-obszervatóriumhoz – ez végül teljesült is, noha az akkori álláspont szerint a Szpektr-RG megvalósulását leginkább épp a Proton magas üzemeltetési költsége gátolta [27]. Végül két távcső került a végleges változatba: az orosz ART-XC és a német eROSITA. (8.d és e ábrák). Előbbi egy 7 modulból álló Wolter-tükrös röntgentávcső, mely 30 ívperces látómezővel 6–30 keV energiatartományban észlel, utóbbi hasonló elrendezésű eszköz 1 fokos látómezővel és 0,3–10 keV működési tartománnyal. A Szpektr-RG 2019. július 13-án indult útnak a Nap-Föld rendszer L_2 ponja környékére (előnyös elhelyezkedése és égi mechanikai tulajdonságai miatt számos űrtávcső részére ezt a régiót választják ki). Mindkét berendezés kb. fél év alatt sikerrel feltérképezte a teljes égboltot, közben aktív galaxismagokat, pulzárokat, aktív mágneses csillagokat, csillagkeletkezési régiókat, stb. figyelt meg. A küldetés tervezett időtartama 6,5 év, melyet később meg is hosszabbíthatnak.

Bár a teleszkópok sikerrel végezték dolgukat, a 2022. február 24-én háborúvá eszkalálódott orosz-ukrán konfliktus eredményeként a német fél úgy döntött, kiszáll a projektből és lekapcsolja az eROSITA-t (voltak olyan kijelentések az orosz űrügynökség akkori vezetője részéről, hogy ők önhatalmulag mégis visszakapcsolják, ez azonban nem történt meg).



8. ábra: A Prognoz-9 műhold a Relikt berendezéssel (a) és utóbbi mérései számítógépes feldolgozása és vetületi ábrázolása (f), a Szpektr-RG kezdeti látványrajza (b) és az elkészült eszköz a szerelőcsarnokban (e), az obszervatórium eROSITA műszere szemben a hét távcsővel (d) és az általa készített teljeségbolt-felvétel (g), a készülő SODART műszer (c), a megépült Ragyioasztron a szerelőcsarnokban (h). (Források: space.skyrocket.de, russianspaceweb.com, eoportal.org, [1,21])

2016. április 28-án útnak indult Szojuz-2.1a rakétával egy orosz nagyenergiás obszervatórium, a Mihajlo Lomonoszov. Feladata a gamma-kitörések, a kozmikus sugárzás, valamint földi felsőlégkör tranzienis jelenségeinek vizsgálata volt. Eredetileg 2011-ben, a névadó születésének 300. évfordulóján startolt volna. Különlegessége, hogy nem hagyományosan Bajkonurból, hanem a nemrég létrehozott orosz kozmodromról, Vosztocsnijból bocsátották fel. Pályája közel 500 km magas napszinkron pálya volt. Hat kutatóműszerrel szerelték fel. Sajnos ez a műhold sem volt túl szerencsés, 2017 végén a kozmikusugár-teleszkóp (TUS) működése leállt, majd a kommunikációs rendszerben adódtak problémák. Végül 2019 elején az összes tudományos berendezés leállt, így nem volt értelme tovább folytatni a programot [1].

Napjainkban a Nemzetközi Űrállomás (1998. november 20. -) a legnagyobb tudományos platform a világűrben, így csillagászati észlelések is folynak ott, pl. a NICER nevű eszközzel. Orosz részről nem találunk rajta ilyeneket, de talán ide sorolhatók a Platan, BTN és Vszpleszk külső kozmikusugár-detektorok. A BTN a neutronfluxust méri, míg a Vszpleszk a gamma-sugárzást és a nagyenergiás töltött részecskéket érzékeli [25].

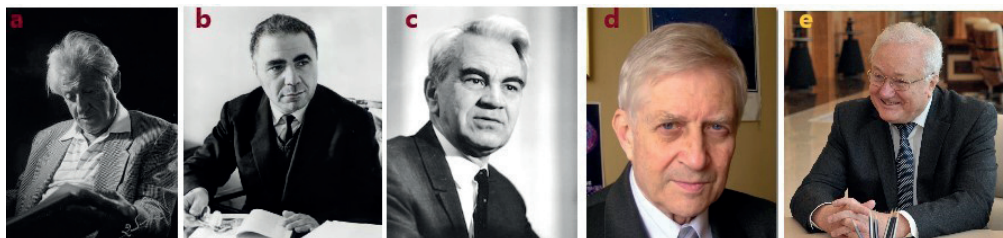
AZ OROSZ ŰRCSILLAGÁSZAT NAGY ALAKJAI

Az alábbiakban néhány, a témában komoly szerepet játszó személyről lesz szó (kiválasztásuk némileg önkényes, és minden bizonnyal korántsem teljes).

A korai K-2, K-3 és K-4 obszervatóriumok fejlesztése és észleléseik az örmény származású Grigor Gurzadjan (1922-2014) vezetésével történtek. Az ő csoportja fejlesztette az Orion-1 és -2, valamint a

Meteyor-1-16 és a Kozmosz-309 holdakra felkerült távcsöveket is a Bjurakani Observatóriumban. Az űrcsillagászati kutatások lekes szöszölője volt, szorgalmazta egy távcsővel felszerelt űrhajó megalkotását. Még az 1960-as években előrejelezte a planetáris ködök mágneses tereinek létét, melyeket csak 2005-ben fedeztek fel (Jordan, Werner, O'Toole). Egyik munkájában „megjósolta” a flercsillagok ún. infravörös flereit, a 90-es években elméleteket állított fel a kettős gömbhalmazok fejlődéséről, valamint a szoros kettőscsillagok közös kromoszféráiról. A Bjurakani Observatórium alapító tagjai között volt a szintén örmény Viktor A. Hambardzumjan (vagy ahogy itthon, oroszosan ismerik: Ambarcumjan; 1908–1996) vezetése alatt, aki szintén kiállt az űrcsillagászati projektek megvalósítása mellett, olykor politikai befolyását is latba vetve [1,4]. Ebben mindkettejüknek nagy segítségére lehetett Msztyiszlav V. Keldis (1911–1975) matematikus és mérnök, aki a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának elnöke volt 1961–1975 között, így döntő szava volt az ország űrkutatása terén.

Nyikolaj Sz. Kardasov (1932–2019) orosz csillagász nevét sokan bizonyára a SETI-vel kapcsolatos munkássága miatt ismerik, de részben ennek volt köszönhető, hogy szorgalmazta egy orbitális rádiótávcső megépítését – ez lett később a KRT-10 és a Ragyioasztron. Végül megemlíteném még Rasid A. Szunyajev (1943–) orosz-német csillagászt és asztrofizikust, akit leginkább a részben róla elnevezett kozmológiai jelenség (Szunyajev–Zeldovics-effektus) okán ismernek, de jelentős szerepe volt a legtöbb orosz nagyenergiás űrobservatórium megvalósulásában és a kutatásokban: az általa vezetett kutatócsoport végzett észleléseket a Mir/Kvant Röntgen műszeregyüttesével, valamint a Granat és az INTEGRAL űrtávcsővel is. Az 1980-as években az ő javaslatára kezdődött meg a Szpektr-RG program is. Amellett, hogy az orosz akadémia űrkutató intézetének (IKI), a *Max Planck Institut für Astrophysik* (Garching, Németország, az eROSITA üzemeltetője) igazgatója is volt [1].

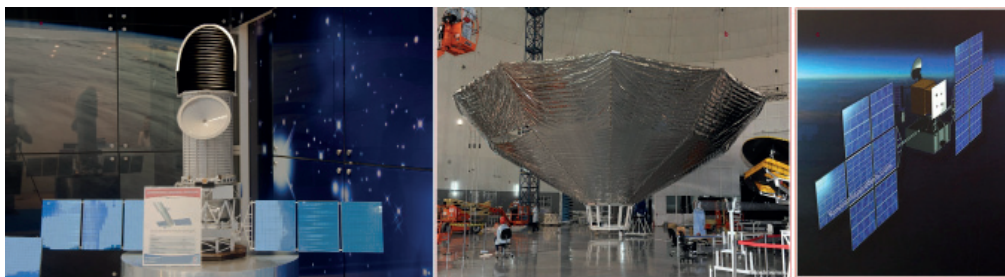


9. ábra: A szovjet-orosz űrcsillagászat úttörői: Grigor Gurzadjan (a), Viktor Hambardzumjan (b), Msztyiszlav Keldis (c), Nyikolaj Kardasov (d) és Rasid Szunyajev (e). (Források: stjohnarmanianchurch.org, [1], ufn.ru, wikidata.org)

ELVETÉLT TERVEK ÉS A JÖVŐ

Az itt ismertetett űrcsillagászati programokon kívül számos kísérlet nem jutott tovább a tervezőasztalnál, melyeket itt most csak felsorolásszerűen ismertetnék: Aiszt-Sztruve, Lomonoszov (csillagászati hold terve a 70-es évekből), Regatta-Asztro (asztrometriai hold terve 1989-ből), Sztart-M (űr-VL-BI rendszer terve 1968–70 tájáról), Rentgenovszkij Mikrofon (asztrofizikai műhold, 2012 óta tervfázisban) [29].

Míg nemrégiben a minél szélesebb körű nemzetközi összefogás volt tapasztalható az űrszillagászati kutatások terén (is), addig napjainkban ez a tendencia kissé ellentétes irányt és egyfajta „átpolarizálódást” is mutat. Jelenleg a következő obszervatóriumok felbocsátása szerepel a tervekben vagy áll fejlesztés alatt: *Szpektr-M* (vagy *Millimetron*; egy, az európai *Herschel*hez hasonló működésű, 10 m-es antennaméretű obszervatórium a szubmilliméteres hullámtartományra, valószínűleg 2030-as indulással), *Intergelio-Zond* (a Napot megközelítő, a NASA *Parker Solar Probe* és az ESA *Solar Orbiter* nevű eszközeihez hasonló célú kutatóűrszonda, jelenleg fejlesztés alatt), *Szpektr-UF* (a *Szpektr* sorozat ultraribolya teleszkópja, hosszú ideje fejlesztés alatt, tervezett indítás 2025-ben) [1,29,30]. Sajnos a rendelkezésre álló információkból sokszor nehéz megállapítani, hogy egy régóta meghirdetett projektet töröltek-e, esetleg félbehagyták vagy csak igen hosszú ideje fejlesztik. Mindezek ellenére igyekeztem hiteles, áttekinthető képet adni ezek helyzetét illetően.



10. ábra: A jövő űrszervatóriumai? A *Szpektr-UF* makettje (a), a készülő *Millimetron* a szerelőcsarnokban (b) és a Napot jelentősen megközelítő *Intergelio-Zond* látványterve (c). (Források: russianspaceweb.com és [1])

UTÓSZÓ

A fentiekből láthattuk, hogy a szovjet és orosz űrszillagászat minden nehézsége ellenére igenis létezik, művelői közül pedig sokan az asztrofizikai kutatások élvonalában vannak. Ugyanakkor mint oly sok más terület, ez sem nélkülözheti országok és kutatóintézetek széleskörű összefogását, a tervezéstől az eredményeknek az érdeklődő nagyközönség számára való bemutatásáig. Sajnos napjaink világpolitikai csatározásai nem éppen kedveznek e törekvéseknek, de reméljük, hogy a józan ész győzelme mihamarabb megfordítja ezt a trendet.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetem fejezem ki Alexey Pevtsovnak (National Solar Observatory, Sunspot, New Mexico, USA), amiért engedélyezte egyik munkájának forrásként történő felhasználását és felajánlotta segítségét a cikkhez. Ezúton köszönöm mindenkinek, aki igyekezett olyan forrást összeállítani, amely e munka hi-telességét is emeli (ld. lent). Végül, de nem utolsósorban páromnak tartozom nagy köszönettel, amiért a technikai háttér biztosítása mellett rendkívüli türelmet tanúsítva lelkesített a cikk minél tökélete-sebb megírására.

Felhasznált irodalom

(a teljesség igénye nélkül, tájékoztató jelleggel)

- [1] Szócikkek az angol Wikipédián (en.wikipedia.org)
- [2] Pevtsov A.A., Nagovitsyn Y.A., Tlatov A.G., Demidov M.L. (2016): Solar Physics Research in the Russian Subcontinent – Current Status and Future. *Asian Journal of Physics*, 25, 447
- [3] Ill M. (1975): Távcsovek a világűrben. *Csillagászati évkönyv 1976*, TIT, Gondolat
- [4] Grigor Gurzadyan (armenianbd.com)
- [5] Horváth A. (1974): Űrhajók, űrállomások. *Csillagászati évkönyv 1975*, TIT, Gondolat
- [6] The DOS Space Stations – Salyut 4 (orbitalfocus.uk)
- [7] Part 2 – Almaz, Salyut, and Mir (historycollection.jsc.nasa.gov)
- [8] Szócikkek a magyar Wikipédián (hu.wikipedia.org)
- [9] Apollo-Soyuz Test Project Summary Science Report Vol. I. – Astronomy, Earth Atmosphere and Gravity Field, Life Sciences, and Materials Processing, NASA, 1977 (history.nasa.gov)
- [10] Gurzadyan G.A., Rustambekova S.S. (1975): Silicon-rich stellar envelope? *Nature*, 254, 311
- [11] Kassel S.: Lunokhod-1 Soviet Lunar Surface Vehicle (ARPA, 1971. szeptember, apps.dtic.mil)
- [12] Huntress W.T., Jr., Marov M.Ya. (2011): Soviet Robots in the Solar System: Mission Technologies and Discoveries, Springer
- [13] Tindo I. (1971): Lunokhod's X-ray telescope, *Soviet Life*
- [14] ifj. Kálmán B. (1984): Csillagászati célú mesterséges holdak, *Csillagászati évkönyv 1985*, TIT, Gondolat
- [15] NASA's HEASARC: Observatories – Astron (heasarc.gsfc.nasa.gov)
- [16] Astron: Venera Turned Space Telescope (drewexmachina.com)
- [17] The Fobos mission (russianspaceweb.com)
- [18] Bouchet L. et al. (2001): The SIGMA/GRANAT Telescope: Calibration and Data Reduction. *Astrophysical Journal*, 548, 990
- [19] Horváth A. (1984): Kozmikus Kalendárium 1982. július – 1983. június. Az Élet és Tudomány Kalendáriuma
- [20] Klypin A.A., Strukov I.A., Skulachev D.P. (1992): The Relikt missions: results and prospects for detection of microwave background anisotropy. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 258, 71
- [21] Theoretical and Observational Astronomy and Radiointerferometry Department (részlet az „IKI 50 years” című könyvből, iki.cosmos.ru, 64_booklet_pdf.pdf)
- [22] Horváth A. (1988): Kozmikus Kalendárium 1986. július – 1987. június. Az Élet és Tudomány Kalendáriuma
- [23] Slíz-Balogh J. et al. (2022): First polarimetric evidence of the existence of the Kordylewski Dust Cloud at the L4 Lagrange point of the Earth–Moon system. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 518, 5236
- [24] in, t Zand J. (1992): A Coded-Mask Imager As Monitor Of Galactic X-Ray Sources, ISBN 90-393-0473-4, SRON
- [25] Reference Guide To The International Space Station (NASA, 2010, nasa.gov)
- [26] Kardashev N.S., Kovalev Y.Y., Kellermann K.I. (2012): RadioAstron: An Earth-Space Radio Interferometer with a 350,000 km Baseline. *URSI Radio Science Bulletin*, 343, 22
- [27] The original Spektr-RG satellite (russianspaceweb.com)
- [28] Koronas-Foton (russianspaceweb.com)
- [29] Russia's scientific satellites (russianspaceweb.com)
- [30] Intergelio-Zond (russianspaceweb.com)
- [31] Koronas Foton (Coronas Photon) (Gunter's Space Page, space.skyrocket.de)
- [32] Koronasz-Foton: korai vég (urvilag.hu)
- [33] Portree D.S.F (1995): Mir Hardware Heritage (NASA, Johnson Space Center Reference Series, historycollection.jsc.nasa.gov)