

A Luna program múltja és jövője I.

Úgy tűnik, hogy a holdkutatás egyre inkább ébredszik több évtizedes Csipkerózsika-álmából, újfajta űrverseny, és remélhetőleg nemzetközi kooperáció kibontakozásának lehetünk a szemtanúi.

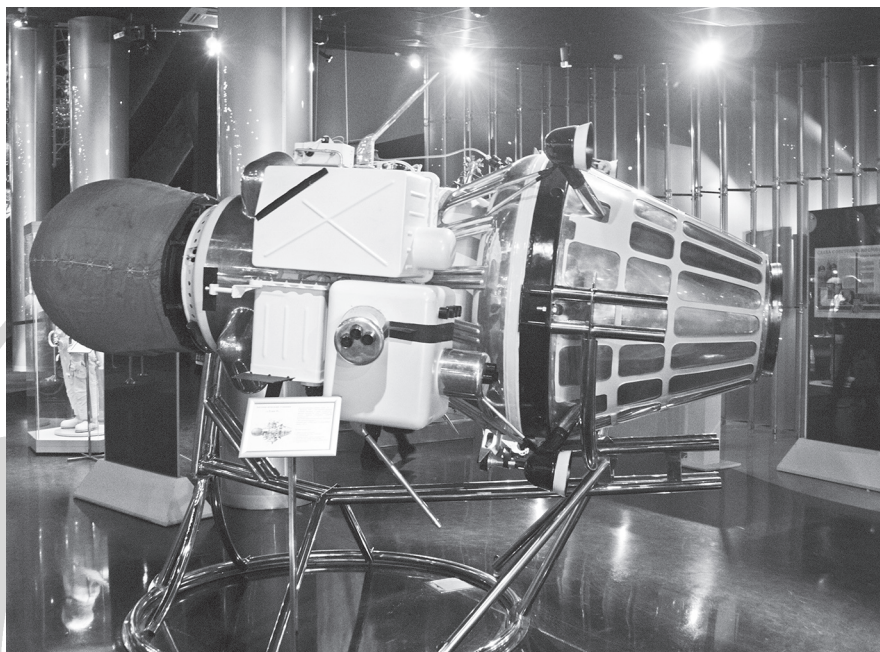
A teljesség igénye nélkül ide sorolhatjuk az egyre ambiciózusabb kínai holdprogramot, amelynek keretében már két holdjárót juttattak a Hold felszínére (a második a tőlünk nem látható oldalon szállt le), 2020 decemberében pedig a Csang'e-5 1976 óta először hozott holdkőzetet a Földre. Az amerikai Artemis program grandiózus terveket vázol fel, amely szerint 2024-ben újra űrhajósok lépnek égi kísérről felszínére. A közelmúltban tanúi lehettünk indiai és izraeli szondák leszállási kísérletének. Láthatjuk, hogy űrügynökségek és magáncégek sora nevez be a holdversenybe, és talán már a nagyközönség számára is feltűnt ez a szokatlan érdeklődés a Hold iránt, a lelkes csillagászatkedvelők pedig már régóta várták, hogy végre történjen elmozdulás.

A felsorolást nézve komoly hiányérzetünk támad. Az űrkorszak hajnalán a Szovjetunió és az USA kozmikus elsőségeikért vívott párharcának egyik fejezete a Hold automata eszközökkel történő felfedezéséről és a Holdra szállás megvalósításáról szólt, mely utóbbit ugyan kétségtelenül az amerikaiak nyerték meg, azonban az automatákkal a szovjetek is kiemelkedő eredményeket értek el. Természetesen adódik a kérdés, hogy mi a jelenlegi helyzet az orosz holdkutatóssal, amelynek kétségkívül számos, buktatóval és kudarccal terhelt múltja prejudikálja, hogy valamilyen módon Oroszország is folytassa a saját programját. Jelen cikk egyik célja, hogy egyrészt áttekintést adjon a szovjet holdkutatás keretében felbocsátott, másrészt a közeljövőben tervezett Luna szondákról. Jelen írásnak a Luna-16 és -17 útjának 50. évfordulója, valamint a Luna-25 2021-re tervezett indítása ad aktualitást. A

szovjeteknek és az oroszoknak az emberes holdexpedíciók kapcsán tett erőfeszítéseire csak annyiban térünk ki, amennyire az automata szondák fejlesztési irányainak és prioritásainak megértése szempontjából az feltétlenül szükséges. A Zond űrhajókról és az N-1 rakéta történetéről részletesebben az MCSE archívumában szabadon elérhető korábbi Meteorokban olvashatunk (1999/9., 2000/3. és 4. szám).

A szovjet automata holdszondák legelső generációjáról (Luna 1-3), a Hold elérésének és túlsó oldalának lefényképezéséről szóló korai kísérletekről, a kiemelkedő sikerekről és gyakori kudarcokról bővebben a Meteor 2019/9., 2020/1. és 2. számában jelent meg terjedelmesebb írás. A Luna-szondákat jelen írásban a számozásuk szerinti sorrendben tekintjük át.

A második generációs automatákkal végzett holdkutatás céljai között egyaránt szerepelt a Hold körüli orbitális állomások és leszálló egységek küldése. Eredetileg két külön szondatípusban gondolkodtak (az ún. E-6 típusú szondákat leszállásra, az E-7 szondákat pedig orbitális tevékenységre tervezték), de végül ugyanazt az alapkoncepciót használták mindkét feladatra. A tervező munkában felhasználták az 1962-ben felbocsátott, első generációs Mars- és Vénusz-szondák építése során szerzett tapasztalatokat. A leszállásra tervezett szonda alapfelépítését tekintve hajtómű-, műszaki és leszálló modulokból állt. A legelső szondáktól eltérően, az E-6 szondákat először Föld körüli pályára állították, majd a hordozórakéta többször indítható negyedik fokozatának segítségével irányították a Hold felé. A Luna 1-3 sikerei, a Venyera-1 és a Marsz-1 technológiai szempontból reményre okot adó indításai indokolatlanul nagy várakozásokat keltettek, melyek fényében az 1963-65. közötti folyamatos kudarcok kijózanítóan hatottak. A sikertelenséget jól



A Luna-9 másolata a Moszkvai Űrkutatási Emlékmúzeumban (Juhász László felvétele)

jellemzi, hogy 1962 és 1965 között a Holdra és a bolygók felé irányuló, összesen 26 indítási kísérlet közül egy sem járt a remélt eredménnyel. Csak egyetlen űreszköz járt a siker határán, nevezetesen a Zond-3, amely mintegy megismételve a Luna-3 teljesítményét, ismét csak képeket továbbított a Hold túlsó oldaláról, ám ez jobb minőségben. (A szonda küldetésének eredeti célja az volt, hogy a Mars távolságába jutva, onnan küldjön mérési eredményeket. A bolygó elérésére nem volt esélye, mivel az indítási ablakot követően startolt.) Amerikában a transzparencia miatt egy ilyen sikertelenségi sorozat egészen biztosan a program végét jelentette volna, a szovjetekre jellemző titkolózás miatt erről akkoriban a közvélemény semmit nem tudott, a politikai vezetés figyelmét azonban nem kerülte el.

Az E-6 típusú szonda három modulból állt. Alul helyezkedett el a pályakorrekciókat és a leszállást biztosító hajtóműegység, középen, egy hengeres egységben kaptak helyet

a navigációs és kommunikációs eszközök, míg a szonda tetejére a leszállóegység került (vagy feladattól függően a keringő egység). A leszállóegység egy 105 kg-os gömb volt, amelyet kettő, félgömb formájú, felfúvódó légszák védett. A gömb belsejében kaptak helyet a működést és a kommunikációt biztosító berendezések és tudományos műszerek. A Holdat érést követően a két légszák elvált egymástól, és ledobódott. Ezt követően szírszerűen szétnyílt a gömbtartályt felülről borító négy burkolólap, amelyek biztosították a szonda vertikális helyzetbe kerülését és antennaként is szolgáltak. A gömb súlypontját kissé eltolták a geometriai középponthez képest, így elősegítve azt, hogy a burkolólapok szétnyílásakor a gömb stabilan helyezkedjen el a felszínen. A légpárnás és a szírszerű burkolatok alkalmazása ötletes mérnöki megoldásnak bizonyult, amelyet továbbfejlesztett formában az amerikaiak is felhasználtak az 1996-os Mars Pathfinder program során.

A sorozat első 11 tagja közül három éven keresztül (1963. január – 1965. december) egy sem lett sikeres. Ennek ellenére közülük néhány, amelyik valamilyen módon elérte a Holdat, megkapta a Luna sorozathoz tartozó számot. A Luna-4 1963 áprilisában elrepült a Hold mellett, a Luna-5 1965. május 12-én becsapódott a Holdba, a Luna-6 1965. júniusában szintén elrepült a Hold mellett, míg a Luna-7 és a Luna-8 ismételtén csak összetört a Hold felszínén 1965 októberében, illetve decemberben. A hosszú sikertelenségi sorozat már a politikai vezetést is zavarta, így a főkonstrukciónak személyesen kellett jelentést tennie Leonid Breznyevnek, a Szovjetunió vezetőjének. Szergej Koroljov megígérte ugyan, hogy a decemberi indítás sikeres lesz, de annak ellenére nem lett az, hogy a szondák tervezése és előállítás az általa vezetett Különlétes Tervező Irodától (OKB-1) átkerült a ma is létező Lavocskin Tudományos Termelő Egyesüléshez (a továbbiakban egyszerűen vállalatnak hívjuk), továbbá a korábbi gyakorlattól eltérően földi tesztek is elvégeztek a szondán. Koroljov 1966. január 14-én egy műtét során meghalt, így neki már nem kellett felelnie a sorozatos kudarcokért.

A szervezési változások végeredményben jótékony hatással voltak a szovjet holdprogramra, és a vállalat igazgatójának, Georgij Babakinnak a vezetésével módosították az eredeti konstrukciót (E-6M). A Luna-9 végül a világon elsőként, 1966. február 3-án sikeresen végrehajtotta a sima leszállást egy idegen égitest felszínén, ahonnan képeket közvetített. A hidegháború egyik tragikomikus epizódja, hogy a Jodrell Bank rádióteleszkóp által fogott rádiójelek alapján a világsajtóban hamarabb megjelentek képek a Hold felszínéről (habár hibás oldalarányban), mint ahogy azokat a Szovjetunió közölte volna. A Luna-9 három napig működött, és mindössze 9 képet készített, amelyek alapján négy panorámafotót állítottak össze. A mérések azt mutatták, hogy a felszíni sugárzás nem veszélyes az ember számára, valamint bebizonyosodott, hogy a Hold talaja elég tömör ahhoz, hogy meg-

tartsa a leszállóeszközöket. A Luna-9-ről és annak leszállási helyéről bővebben a Meteor 2020/5. számában olvashatunk.

A sima leszállás megvalósítása mellett fontos feladat volt a Hold gravitációs térének felmérése, felszínének feltérképezése az emberes expedíciók potenciális helyszíneinek kiválasztása szempontjából. A Hold körüli orbitális állomás indítása a tudományos szempontok mellett fontos politikai célokat is szolgált. Az USA megelőzése még csak érthető is, de mai szemmel kissé megmosolyogtató, hogy a Voszhoz-3 űrhajó repülésének törlése miatt égetően szükséges volt egy másik grandiózus űrsiker a Szovjetunió Kommunista Pártjának a XXIII. kongresszus megnyitása alkalmából. Igaz, hogy az orbitális használatra tervezett E-7 konstrukció kidolgozását felfüggesztették, de Babakin vezetésével úgy dolgozták át az E-6M leszálló egységet, hogy különböző műszerekkel felszerelve, Hold körüli pályán keringve képes legyen mérési feladatok végrehajtására. Egy közel egy hónappal korábbi sikertelen kísérletet követően 1966. március 31-én felbocsátották, majd április 3-án Hold körüli pályára állították a Luna-10-et. A politikai ambíciók teljesültek, a Luna-10 lett a világon az első, Hold körül keringő űreszköz. Ugyan nem egyenes adásban, hanem műszaki okok miatt csak a kommunikációs főpróba során készült felvételről, de a pártkongresszus delegáltjai így is hallhatták a fedélzeti rádióadó által közvetített Internacionálét. A Luna-10 a Hold szabálytalan gravitációs tere miatt nem a számított pályára állt. Ezt a problémát a szovjet kutatók nemzetközi szinten is publikálták, és ezek az ismeretek nagyon hasznosnak bizonyultak a későbbi amerikai űrprogramok tervezése során. (A pozitív gravitációs anomáliákat az angol „mass concentration” kifejezés összevonásával „mascon”-oknak elnevezett, a Hold belsejében előforduló tömegkoncentrációk idézik elő.) A fedélzeten nem volt kamera, képek készítését eleve nem is tervezték.

A Luna-11 1966. augusztus 28-án állt pályára a Hold körül. Számos műszere meg-

meteor

hibásodott, köztük a felvételeket készítő berendezés is, pedig úgy tervezték, hogy a rádióadásokat kódolják, elkerülvén, hogy a nyugatiak idő előtt megszerezzék a képeket. Ennek ellenére sikeres küldetésnek minősítették. A Luna-12 1966. október 26-án állt Hold körüli pályára. Egy kivétellel minden műszere működött. Fő célja a Hold felszínének fényképezése és a gravitációs anomáliák felmérése volt. Ennek a szondának már sikerült felvételeket készítenie (40 db), bár két hónappal lemaradva az amerikaiak mögött. Érdekes kísérlet volt, hogy a keréngés közben kipróbálták a készülő holdjáró (Lunohod) elektromos motorjait. Mivel az előző repülések során nem sikerült teljesen felmérni a gravitációs anomáliákat, a Luna-12 pályája is jelentősen eltért a számítottól.

A Luna-13 ismét leszálló – lényegében egy tökéletesített, és ebben a sorozatban utolsó, E-6M konstrukciójú – szonda volt. Összesen öt panorámaképet készített. Az infravörös érzékelők a helyi dél idején 117 °C hőmérsékletet mértek. A mérési eredmények alapján hozott elhatározás szerint az első szovjet űrhajósoknak a Viharok Óceánján kellett volna leszállniuk.

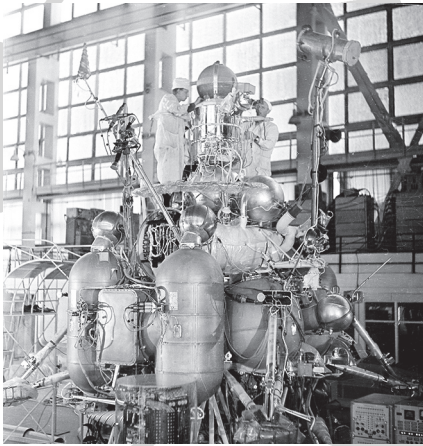
Az 1968. április 10-én indított Luna-14 egy részben sikeres, és egy sikertelen kísérletet követően a módosított E-6 sorozat utolsó orbitális állomása volt. Annak idején nem nagyon közöltek eredményeket a szonda repüléséről, pedig sikeresen elvégzett egy sor, a tervezett emberes űrrepülés szempontjából is fontos feladatot, mint például a holdfelszín térképezését, a gravitációs tér nagy pontosságú felmérését, a kommunikáció megbízhatóságának tesztelését stb.

1968 végén, 1969 elején világossá vált, hogy az amerikaiak nagy valószínűséggel megnyerik a holdversenyt, így a szovjetek számára nem maradt más választás, mint hogy megpróbálják a lehetetlent, és az Apollo-programot megelőzve automata eszközökkel elsőként szerezzenek holdi talajmintákat. Ezt úgy próbálták elérni, hogy a már addig előrehaladott állapotban lévő Lunohod programra kidolgozott, harmadik generációs, E-8 kódjelű platformot oly

módon alakították át, hogy a holdjármú helyén egy mintavevő és visszatérő egységet magába foglaló modul helyeztek el. A Hold felszínére leszálló berendezés is lényegében a Lunohod leszállítására tervezett, és módosított leszállóegység volt (E-8-5), a leszállási műveletek is ugyanazok voltak, mint amiket a holdjáróhoz dolgoztak ki. A leszálló egység egyben indítóállványként funkcionált. A mérnökök számos kompromisszumot kötöttek a rendelkezésre álló idő és a megfelelően erős hordozórakéta hiányában. A Proton rakéta korlátai miatt a teljes repülő komplexum legfeljebb mintegy 5700 kg lehetett, így le kellett mondani egy sor navigációs berendezésről és hajtóműről. Szerencsére találtak egy olyan megoldást, amely lehetővé tette, hogy a Föld-Hold-rendszer kölcsönös helyzetéből adódóan bizonyos indítási ablakokban, korlátozott holdi helyszínekre tervezék a leszállást, amelyekről a mintát tartalmazó kapszulát direkt, nagyobb pályakorrekciókat nem igénylő pályán lehetett a Földre juttatni. Ennek a módszernek nagy hátránya volt, hogy a visszatérő kapszula leszállási helyét nem lehetett pontosan meghatározni, ezért annak földi megtalálását egy beépített rádióadó segítette.

A Holdon a mintavevélés fúrással történt. A fúrófej egy 90 cm hosszú, függőlegesen és horizontálisan is mozgatható kar végén volt elhelyezve. A fúrófej képes volt forgással és ütésekkel is behatolni úgy a puha, mint a kemény talajba. A Luna-16 és a Luna-20 esetében a maximális fúrási mélység 38 cm volt. A talajmintát a kar kiinduló helyzetbe hozásával helyezték el a visszatérő kapszulába. A Hold felszínéről felszálló rakéta egy műszaki egységből, egy fő- és három segédhajtóműből, valamint három gömb alakú üzemanyagtartályból állt. A rakéta tetején helyezkedett el a mintákat tartalmazó, szintén gömb alakú, 50 cm átmérőjű, három részből álló kapszula. A felső szekcióban volt az ejtőernyő és a rádió jeladó, a középsőben helyezkedett el a holdtalaj-minta, az alsóban pedig a műszaki berendezések.

A talajminták megszerzésére tett első indítási kísérlet sikertelen volt 1969. június 14-én. Mivel a szovjetek mindenképpen szerették volna megelőzni az Apollo-11-et, a következő mintavételi szondát 1969. július 13-án bocsátották fel, 10 nappal az első N-1 rakéta pusztulása után, és három nappal az amerikai űrhajó indítása előtt. A Szovjetunió bejelentette, hogy a szonda az Apollo-11 előtt egy nappal fog leszállni a Holdra és valamit a Földre fog szállítani. A Luna-15 két nappal az amerikaiak előtt állt Hold körüli pályára, azonban a szovjet mérnökök alábecsülték a masconok gravitációs



A Luna-16 visszatérő egységének összeépítése a leszálló platformmal (www.roskosmos.ru)

hatását, valamint a kiszemelt leszállóhely is túlságosan sziklásnak bizonyult, így többször módosítani kellett a keringési pályát. A Luna-15 küldetése bizonyos aggodalmakat keltett az óceán túlsó oldalán, hiszen időközben Hold körüli pályára állt az Apollo-11 is. Drámai helyzet állt elő. Míg az amerikai program teljes nyúltsággal zajlott, a szovjet küldetés célja titokban maradt, és félt volt, hogy a szovjet szonda esetleg valamilyen módon veszélyeztetheti az Apollo-11-et. Frank Borman, az Apollo-8 parancsnoka kapta azt a feladatot, hogy kérdezze meg a Szovjet Tudományos Akadémiát arról, hogy a Luna-15 kommunikációja okozhat-e

rádiózavarokat az Apollo-11 kommunikációjában? A szovjetek azt a megnyugtató választ adták, hogy a szonda veszélytelen az amerikai küldetés számára és az amerikaiak rendelkezésére bocsátották a pályaelemeket, valamint a kommunikációs rádiófrekvenciákat. Az amerikaiak aggodalmai, akik végig bizonytalanságban voltak a szonda valódi célját illetően, végül feleslegesnek bizonyultak. A terven felüli pályamódosítások miatt a Luna-15 a repülési tervhez képest jelentős késésben, akkor kezdte meg a leszállást, amikor Armstrongék már a Holdon voltak, és máig tisztázatlan okokból lezuhant a Válságok Tengerén. Utólag megállapítható, hogy a sorozatos pályamódosítások miatt elszenvedett idővesztés miatt a Luna-15 még sikeres mintavételezés esetén is csak az Apollo-11 visszatérése után kb. egy nappal később ért volna Földet.

Ezt követően további három, kudarcra végződött indítási kísérlet történt, míg végre 1970. szeptember 12-én elindult a Luna-16, és szeptember 17-én leszállt a Termékenység Tengerén. A Holdat érést követő egy óra múlva kezdődött a mintavételezés. A fúró 35 cm mélységig jutott, és 7 perc működés után a mintavevő berendezés elhelyezte a mintát a visszatérő kapszulába. Mintegy 26 óra Holdon tartózkodás után a visszatérő egység felszállt, és szeptember 24-én a 101 gramm mintát tartalmazó kapszula Kazahsztánban sikeresen Földet ért. A kevés minta ellenére a Luna-16 nagy siker volt, hiszen mégiscsak elsőként a világon automata eszköz hozott mintákat egy másik égitestről. Az más lapra tartozik, hogy az ideológiai magyarázatok sem maradtak el. A hivatalos szovjet propaganda az automata szondák előnyét hangoztatta, hogy úgy-mond az emberes Holdra szállásra nincs is szükség, sőt utóbb már azt is tagadta, hogy a Szovjetunió egyáltalán készült az emberes holdexpedícióra.

A sorban következő Luna-szonda ismeretése előtt érdemes egy kis kitérőt tennünk, hogy áttekintsük a Lunohod program célját és eszközeit. A holdjáró koncepciója eredetileg a szovjet emberes holdprogram

meteor

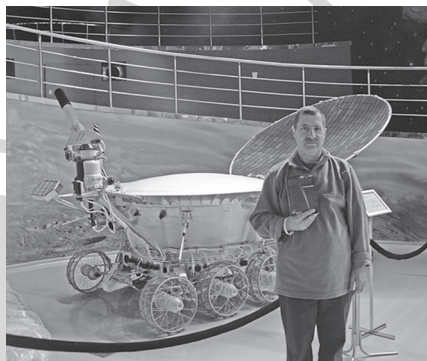
támogatását szolgálta volna. Az első vázlatok az 1960-as évek közepén készen álltak. A Lunohod funkciói közé tartozott az emberes leszállóhelyek előzetes felderítése, „rádióvilágítótoronyként” való működés az űrhajó leszállításához, a leszállt űrhajó ellenőrzése, továbbá szükség esetén szállítójárműként szolgált volna az űrhajósok számára, hogy átszállítsa őket az automata üzemmódban korábban leszállt tartalék űrhajóhoz. A komplexum három fő részből állt: a leszálló egységből, a holdjáróból, valamint a navigációs berendezéseket és hajtóanyag tartályokat magába foglaló műszaki egységből.

A Lunohod teste jellegzetes, felfelé szélesedő csonka kúp formájú volt, melyben egy sor műszert helyeztek el. A Lunohodnak nyitható fedele volt, amelyet éjszaka zárva tartottak a műszerek melegen tartása miatt, míg nappal kinyitották, hogy a belső oldalon lévő napelemek energiát termeljenek. A Lunohod nyolc kerék kapott, a talajjal érintkező felület titánból készült. Mindegyik keréknek külön felfüggesztése volt, a kenéshez speciális, vákuumtűrő, fluorvegyületet tartalmazó kenőanyagot használtak. A Lunohod akkor is mozgásképes maradt, ha egy oldalon csak két kerék működött. A Lunohod-1 sebessége max. 800 méter/óra volt, míg a Lunohod-2 képes volt 2000 méter/óra sebességre is. A Lunohodokat a Földről irányították. Egy váltásban 5 fő szolgált. Az irányító személyzet televíziós kamerapár által közvetített, alacsony felbontású kép alapján vezérelte a holdjárművet, amely a Lunohod-1 esetében 20, míg a Lunohod-2 esetében 3,2 mp sebességgel frissült. Az irányítást rendkívül megbonyolította, hogy a Hold távolsága, és az elektronika működésének sajátosságai miatt a terep észlelése és a jármű reakciója között a legjobb esetben is mintegy 20 másodperces, de sokszor még hosszabb késedelemmel kellett számolni.

Az első holdjárót 1969. február 19-én indították, azonban a hordozórakéta felrobbant, és a roncsok 25 km-es körzetben szétszóródtak.

A jármű éjszakai melegen tartását szolgáló radioizotópos sugárforrást hivatalosan

soha nem találták meg, de kitartó pletykák szóltak arról, hogy a katonák a téli hidegben a sugárforrás hőjével melegedtek a saját barakkjukban. E felbocsátási kísérlet után a szovjetek figyelme a holdminták megszerzésére összpontosult. Bár nem sikerült megelőzni az amerikaiakat, a mintavételezési misszió továbbra is elsődlegességet élvezett, és csak a Luna-16 sikere után határozták el, hogy ismét megkísérlik a holdjáró küldetést.



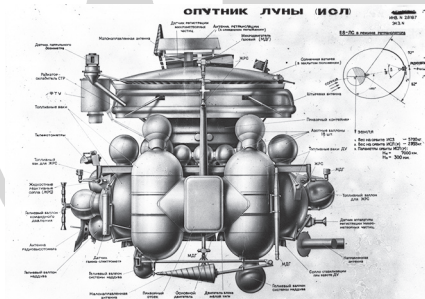
A Lunohod a Moszkvai Űrkutatási Emlékmúzeumban, mellette a szerző

A Luna-17 – fedélzetén a Lunohod-1-gyel – felbocsátására végül 1970. november 10-én került sor, és november 17-én sikeresen le is szállt az Esők Tengerén. Miután a Szovjetunió bejelentette az eszköz sima leszállását, nyugaton mindenki azt hitte, hogy ez is egy mintavevő program lesz. Azonban a leszállás után három órával a holdjáró legördült a lehajtott rámpáról és 20 méterre elhagyta a leszálló egységet. A Lunohod-1 egy napnyi töltést követően, a következő két nap megtett a holdfelszínen 90, illetve 100 métert, majd bezárta fedelét és kikapcsolódott az elkövetkező holdi éjszakára.

A Lunohod-1 sikereiről szóló híradások keleten és nyugaton egyaránt pozitív sajtóvisszhangot váltottak ki. Érdekes módon egy holdjáró robot leszállása és működése sokkal jobban megmozgatta az emberek fantáziáját, mint a Luna-16 mintavevő kül-

detése. Lehet, hogy ehhez hozzájárult a jármű kétségkívül futurisztikus, már-már groteszk kinézete is.

A Lunohod-1 túlélte az első holdi éjszakát, és folytatta útját. Az irányító személyzetnek azonban számtalan nehézséggel kellett szembenéznie. A kamerák túlságosan alacsonyan helyezkedtek el, ami miatt nem látták jól az akadályokat, a képrfrissítésre sokat kellett várni, és a közvetített kép kontrasztja is nagyon alacsony volt. Paradox módon, az első időkben a tudósokat nem nagyon engedték be az irányító terembe. A mérnökök célja a minél nagyobb megtett távolság volt, de tudományos értelemben nem tudták feldolgozni a holdjáró által közvetített képeket. Végül azért lassanként kiépült a megfelelő munkakapcsolat a mérnökök és a tudósok között. A Lunohod-1 tíz hónapig működött, mialatt összesen 10 540 métert tett meg, és bár kétszer is elakadt, ki tudta magát szabadítani. Az utolsó kapcsolatra 1971. szeptember 14-én került sor, a küldetés befejezését szimbolikusan október 4-én jelentették be.



Az E-8LSZ típusú szonda (Luna-19, -22) vázlata (www.roscosmos.ru)

A Luna-18 mintavételre indult útnak 1971. szeptember 2-án. Szeptember 11-én megkezdte a leszállási műveleteket, azonban mintegy 100 m-es magasságban váratlanul megszakadt vele a kapcsolat. Kiderült, hogy a hajtómű az összes hajtóanyagot elhasználta, így a szonda a Termékenység Tengersé mellett, az Appoloniusz hegyvidéki területén lezuhant.

Az 1971. szeptember 28-án indított Luna-19 ismételten egy orbitális állomás volt, de teljesen más alapokra épült, mint a korábbi keringő egységek. Ezt a szondát a Luna-17 alapjain alakították ki úgy, hogy a lehető legtöbb technikai megoldást fel tudják használni (E-8LSZ). Eltávolították a leszállóegység lábait, és a jármű legördülését szolgáló rámpát. A Lunohod kerekek nélküli korpuszát használták fel a műszerek elhelyezésére. A misszió fő célja a Hold felszínének nagy felbontású (max. 100 m) fényképezése, a potenciális emberes leszállóhelyek, valamint a sugárzási viszonyok, és a gravitációs anomáliák Hold körüli térségben történő pontos felmérése volt. A Luna-19 keringési pályáját többször módosították, a legkisebb periszelénium 11 km volt. Működését 13 hónap, 4000 keringés után, 1972. október 3-án fejezte be.

Ismét a hegyvidéki területről való mintavételezést kísérte meg a Luna-20. 1972. február 14-én indították, és 21-én szállt le, mindössze 1,8 km távolságra a szerencsétlenül járt Luna-18 becsapódási helyétől. A szonda a mintavételezés előtt készített néhány képet, majd megkezdte a talajfúrást. Annyira kemény volt a holdtalaj, hogy a fúrást háromszor is meg kellett állítani. Végül a mintavevő fúrófej 25 cm mélységig jutott, és sikeresen gyűjtött be talajmintát. A mintákat tartalmazó kapszula február 25-én, erős hóvihárban ért Földet egy Karginir nevű kazahsztáni folyó kis szigetén. A havas, szeles idő nagyon megnehezítette a kutatócsapatok dolgát, és csak egy nappal később találták meg a kapszulát, amely csupán 55 g holdkőzetet tartalmazott.

Az 1973. január 8-án indított Luna-21 szállította a tőkéletesített Lunohod-2 holdjárót. A leszállásra január 15-én került sor, a Taurus hegységben fekvő Le Monnier-kráterben. A leszálló egységről való legördülés és az akkumulátorok feltöltése után a Lunohod-2 megkezdte a programját. Egy holdi nap alatt nagyobb távolságot tett meg, mint az elődje a teljes működése során. 1973 januárjában egy nemzetközi bolygó-kutatási konferencián az amerikai tudósok

meteor

átadtak a szovjeteknek egy 17 darabból álló, az Apollo-17 legénysége által készített fényképkészletet, amelyet a szovjetek felhasználhattak a holdjáró navigálására. A Lunohod-2 négy hónapig működött, mialatt 37 km távolságot tett meg. A jármű 1973. május 9-én váratlanul begurult egy ötméteres kráterbe, ahonnan ki tudott ugyan mászni, de közben a nyitott fedél hozzáért a kráter falához. Amikor a következő holdi éjszakára becsukták a fedelet, a fedélen lévő por behullott a jármű belsejébe. A holdpor tönkretette a hőmérséklet-szabályzást, és zárlatot is okozhatott, amely a fedél következő nyitásakor a jármű végzetes meghibásodásához vezetett. A misszió végét július 3-án jelentették be.

A holdjárók számos eredménye közül megemlítenéd, hogy több mint 20 000 fényképet, köztük 200 panorámaképet készítettek, röntgenspektroszkópiával analizálták a holdkőzeteket, vizsgálták a holdtalaj mechanikai tulajdonságait. Mindkét eszköz el volt látva lézertükrökkel, amelyek segítségével a franciaországi Pic du Midiről, illetve a Krimben levő Szimeizi Observatóriumból mérték a Föld-Hold távolságot (3 méter, illetve 40 centiméter pontossággal). A Lunohodokkal végzett fotometriai mérések alapján megállapították, hogy a nappal felemelkedő, lebegő por miatt a Holdról látható éjszakai égbolt kb. 15-ször fényesebb, mint a földi égbolt telihold idején. Ez a felfedezés azt sugallta, hogy értelmetlen dolog lenne csilagvizsgálót létesíteni a Hold felszínén.

A Luna-22 keringő holdszonda konstrukcióját, és feladatait tekintve megegyezett a Luna-19-cel. Indítására 1974. május 29-én került sor, és június 2-án állt Hold körüli pályára. A program során számos pályamódosítást hajtott végre, míg szeptember 2-án kifogyott a hajtóanyaga. Ezt követően még 1975 novemberéig tudták tartani vele a kapcsolatot. A tudományos eredményekből csak keveset publikáltak.

A Luna-23 mintavevő szondát úgy alakították ki (E-8-5M), hogy a fúrófej 2,5 m mélységig tudjon lehatolni, és a kiemelt mintában a talaj rétegei az eredeti sor-

rendben maradjanak. Ehhez egy speciális, sínes emelő mechanizmust készítettek. A szonda sikeresen startolt 1974. október 28-án, és le is szállt november 6-án a Válságok Tengerén, azonban a felszínhez képest nagy, 11 m/s sebességgel, így egy sor berendezése, többek között a mintavételi egysége is megsérült, ezért nem tudott mintát venni, és a visszatérő egysége sem indult be. A szondával még három napig volt kapcsolat, mielőtt végleg elvesztették. A Luna-23 utáni következő indítási kísérletre 1975. október 16-án került sor, azonban a hordozórakéta negyedik fokozatának hibája miatt nem állt rá a Holdra irányuló pályára, így nem is kapott számot a Luna sorozatból.

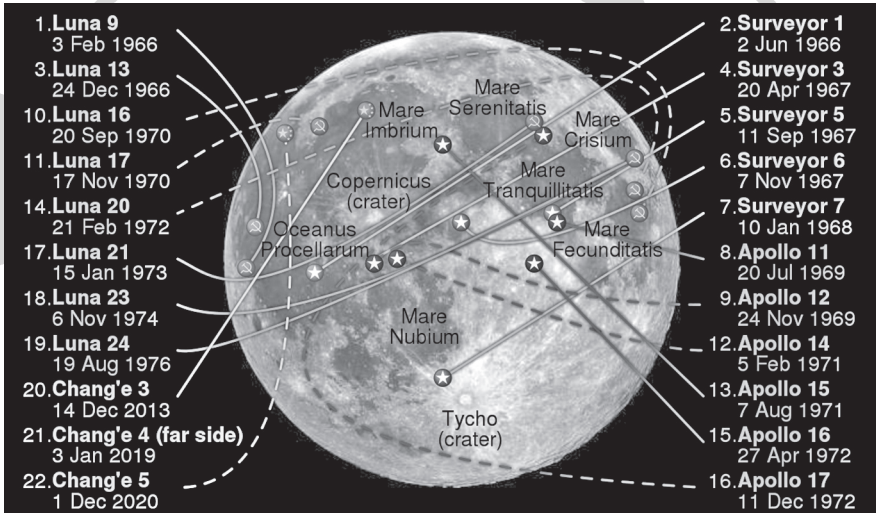
A Luna-24 1976. augusztus 9-én indult. Ez lett végül az utolsó szovjet mintavételi misszió, és egyáltalán a máig utolsó szovjet (orosz) holdszonda. Ennek is ugyanaz volt a célpontja, mint az elődjének, és augusztus 18-án, a holdi éjszakában sima leszállást hajtott végre a Luna-23 leszállási helyétől mindössze 2,4 km-re, nem messze onnan, ahol a Luna-15 becsapódott. A fúrófej 2,25 m hosszán, a függőlegestől kis szögben eltérve hatolt le a regolitba, és 2 m mélyről emelt ki onnan mintát. A visszaindulásra a következő nap került sor, és a Földet érés augusztus 22-én történt a szibériai Szurgut városától 200 km-re északra. Ez a szonda továbbította a legnagyobb mintát, amelynek a tömege így is csak 170,1 g volt.

A Luna-16 által a Termékenység Tengeréről hozott minta fekete, porszerű mare bazaltnak bizonyult, hasonló, mint amit az Apollo-12 hozott a Viharok Óceánjából. A Luna-20 hegyvidéki mintája ettől jelentősen eltért, sokkal világosabb és nagyobb szemcséjű. A benne található ősi anortozit a teljes minta mintegy felét teszi ki, szemben a Luna-16 mintájában található 2%-kal. A Luna-24 mélységi mintáinak négy fő- és mintegy hatvan kisebb rétegeiben elhelyezkedő breccsa, bazalt, különböző ásványok és megüvegesedett anyagok alapján a tudósok arra következtettek, hogy a Mare Crisium feltehetően másodikként keletkezhetett a mare területek közül.

Néhány grammot kitevő mennyiségben a szovjetek és az amerikaiak kicserélték egymás mintáit. A szovjetek ajándékoztak néhány országnak az általuk szerzett holdkőzetekből – sajnos hazánk nincs közöttük. Érdekesség, hogy Leonid Brezsnyev szovjet pártfőtisztár a 70. születésnapjára kapott egy Luna-24 makettet három apró holdkőzetcszemcsével, amelyeket a makettra szerelt nagyítón keresztül lehetett megfigyelni. Szülei halála után Brezsnyev lánya, Galina eladta a makettet egy gyűjtőnek.

másik keringő egység feladata lett volna a Hold felszínének nagy felbontású fényképezése, és a filmek visszajuttatása a Földre.

Sajnos ezek a tervek nem valósultak meg. Ugyan még elkészült a harmadik Lunohod (ma a Lavocskin vállalat saját múzeumában van), valamint a mintavevő szonda, de ezek soha nem repültek. 1977-ben a holdjáró számára készült rakétát egy kommunikációs műhold felbocsátására használták fel. Időközben a szovjet űrkutatás figyelme elfordult a Holdtól, és a Vénuszra összpön-



Leszállóhelyek a Holdon (wikipedia.org)

A közelmúltban a Roszkoszmosz orosz állami űrvállalat honlapján nyilvánosságra hoztak egy 1975-ben készített javaslatcsomagot, amely felvázolta a szovjet automata holdprogram folytatását az E-8 kódjelű eszközök felhasználásával. A javaslat szerint 1977 második félévében mintavevő szonda szállt volna le a Hold túlsó oldalán. Egy poláris pályán keringő szonda átjátszóállomásként biztosította volna az összeköttetést, egyben folytatva a gravitációs anomáliák vizsgálatát. A Lunohod-3 felbocsátására 1978-ban került volna sor, és feladatai között szerepelt a horizonton túli rádiókapcsolat lehetőségének vizsgálata. 1979-ben egy

tosult. A Holdhoz való eljutást biztosító rakétafokozatot továbbfejlesztették és felhasználták az 1988-ban indult Fobosz szondánál, sőt a mai napig használatban van a Proton-K és a Szojuz típusú hordozórakéták Fregat nevű legfelső fokozatában.

A műkedvelők egyik kedvenc programja a holdi leszállóhelyek észlelése. A mellékelt ábrán megtalálhatjuk az összes sikeres szovjet holdszonda leszállási helyét. Figyeljük meg ezek csoportosulását a Hold északi féltekéjén, ami a hordozórakéta viszonylagos kis teljesítménye miatt alakult így.

Juhász László