

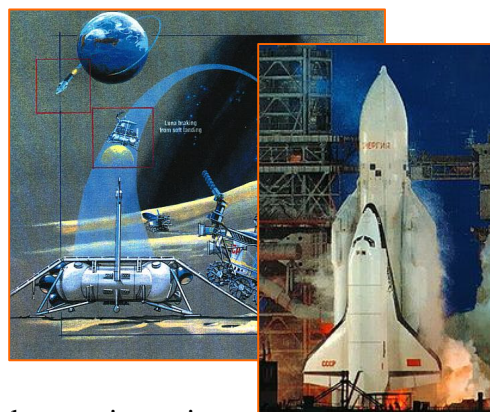
KOSMOSA TEHNOLOĢIJU NOZARE LATVIJĀ – VĒSTURISKIE SASNIEGUMI

Ventspils, 2009



Latvija kosmosa tehnoloģiju jomā vēsturiski ir bijusi spēcīga divos virzienos – inženierijā un materiālzinātnēs. Sākot jau ar pagājušā gadsimta piecdesmitajiem gadiem Latvijas zinātnieki piedalījušies apmēram simts pasaules nozīmes kosmosa programmu realizācijā, galvenokārt, ņemot aktīvu un nozīmīgu dalību PSRS kosmosa programmās, t.sk. pirmo satelīt teleskopu un tālmēru izgatavošanā, padomju raķešu izolācijas materiālu izstrādē u.c. Kosmosa pētniecībai Latvijā bijušas spēcīgas tradīcijas un pirmsākumu meklējami jau pagājušā gadsimta sākumā saistībā ar pasaulē pazīstamā raķešbūves pioniera Fridriha Candra pētījumiem. Var apgalvot, ka Latvija līdz pat sociālisma iekārtas sabrukumam, bija vadošā Baltijas valsts kosmosa jomā, ņemot aktīvi dalību vairākās visā kosmosa vēsturē nozīmīgās programmās:

- 1) Pirmā mākslīga zemes pavadoņu konstruēšanā un palaišanā „Sputņik – 1” (1957) ;
- 2) Pirmajos pilotētajos lidojumos kosmosā „Vostok-1” (J.Gagarins) (1961);
- 3) „LUNOKHOD” - robots mēness virsmas izpētei un attēlu iegūšanai (1970);
- 4) Kosmosa kuģa „Buran” un tā nesēja raķetes „Energija” projektā (sākot no 1988)



Saistībā ar kosmosa tehnoloģiju jomu no Rīgas zinātnieku sasniegumiem pēdējā pusgadsimta laikā atzīmējama dinamo efekta izpēte magnētiskajā hidrodinamikā, ar ko skaidrota Zemes magnētiskā lauka izcelsme (A. Gailītis, O. Lielausis), putu poliuretāna polimērmateriāls ripors kosmisko kuģu izolācijai un Marsa ekspedīciju nodrošināšanai (A. Alksnis).

Daudzi no šiem pētījumiem pietiekami plaši atspoguļoti starptautiskajā zinātniskajā literatūrā.

Jāatzīst, ka kosmosa tehnoloģiju nozare Latvijā vēsturiski spēcīga bija tieši pateicoties attīstītajai dabas zinātņu nozarei un izglītības sistēmai.

1. Raķešu konstruktors – Fridrihs Canders (1887-1933) - Inženieris izgudrotājs, viens no raķešu būves celmlaužiem.

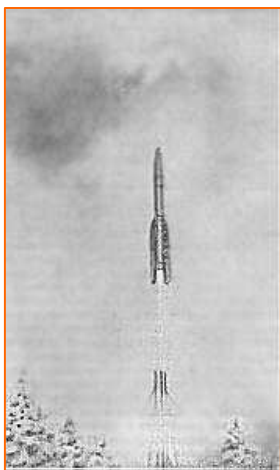
Pirmie sasniegumi kosmosa tehnoloģijās Latvijā saistīti ar Fridriha Candra vārdu. 1887.gadā Rīgā dzimušais baltvācu zinātnieks Fr.Canders ir viens no pirmajiem raķešu konstruktoriem pasaulē. Tieši viņa vadībā Padomju savienībā tika izgatavota pirmā raķete ar šķidrās degvielas raķešdzinēju. Fridriham Canderam pieder virkne teorētisko darbu, kas dod pasaulē unikālus aprēķinus raķešu būvē.



Jau mācoties Rīgas Reālskolas pēdējā klasē viņš, iepazīstoties ar Ciolkovska darbu „Pasaules plašuma pētīšana ar reaktīvajām iekārtām”, nostiprināja interesi pētīt starplanētu lidojumu problēmas. Canders vēl pirms Ciolkovska un Oberta nonāk pie idejas atdalīt darbību beigušas

KOSMOSA TEHNOLOĢIJU NOZARE LATVIJĀ - VĒSTURISKIE SASNIEGUMI

raķetes daļas. Tikai amerikāņu raķešu tehnikas pionierim R. Godartam šī ideja patentēta agrāk – 1909.gada janvārī. Paralēli Canders nonāk pie domas par iespējamu savas funkcijas veikušu posmu sadedzināšanu. 1914.gadā pēc Rīgas politehniskā institūta absolvēšanas Fr.Canders uzsāk darbu gumijas izstrādājumu rūpnīcā „Provodnik” ar mērķi apgūt gumijas ražošanu, lai pielietotu šīs zināšanas kosmosa apguves vajadzībām. Kad 1915.gadā rūpnīca tiek evakuēta uz Krieviju arī Fr. Canders savas turpmākās darba gaitas turpina Maskavā, pievēršoties t.s. „aviācijas siltumnīcai” jeb mūsdienu terminoloģijā – dzīvības procesu nodrošināšanai kosmosā – kokoglēs audzējot dārzeņus. 1921.gadā, tiekoties ar V.Ļeņinu, Fr.Canders jau apspriedis starpplanētu sakaru iespējas un aktīvi uzsācis pētījumus, un jau 1921.gadā sniedz ziņojumu par starpplanētu kuģa – aeroplāna projektu Maskavas guberņas izgudrotāju konferencē. 1924.gadā Canders žurnālā «Tehnika un dzīve» publicēja rakstu «Lidojumi uz citām planētām», kurā paudis savu pamatideju — raķetes savienošanu ar lidmašīnu, lai varētu pacelties no Zemes un tam sekojošu lidmašīnas sadedzināšanu lidojumā, izmantojot to kā degvielu raķetes dzinēja kamerā, lai palielinātu raķetes lidojuma attālumu. Līdztekus šiem pētījumiem Fr.Canders nodarbojas ar aprēķiniem par iekšdedzes dzinējiem.



Kā tehniskā biroja vadītājs aviorūpnīcā „Motor” un kopš 1924.gada Aviācijas motorbūves institūtā (šobrīd Maskavas aviācijas institūts), vienlaicīgi lasot lekcijas, nodarbojies ar pētījumiem un organizējis reaktīvās kustības pētniecības grupu (GIRD), kuras tehnisko padomi vadījis viens no Fr.Candera skolēniem, pirmā mākslīgā zemes pavadoņa Sputnik – 1, konstruktors Sergejs Koroļovs. GIRD darbības rezultātā tiek radīts dzinējs OP -2, kas vēlāk kļuva par prototipu vācu raķetei „Fau – 2”. Šis dzinējs vēlāk tika izmantots GRID-X raķetes izmēģinājumos. Fr.Canders, slimības novājināts, mirst 1933.gadā, tajā pašā gadā, kad turpat pie Maskavas notiek pirmo divu padomju raķešu palaišana, viena no, kurām ir aprīkota ar šo dzinēju. Līdz ar to tika aizsākti praktiski kosmosa pētījumi PSRS.

Fr.Candera pētījumi:

- Raķetes un lidmašīnas apvienošana, lai izmantotu Zemes vai kādas citas planētas atmosfēru gravitācijas lauka pārvarēšanai. Apvienotas konstrukcijas un tās dzinēju aprēķini.
- Starpplanētu kuģa-aeroplāna un tā dzinēja konstrukcijas projekti.
- F.Candera vadībā izgatavota viena no pirmajām PSRS raķetēm GRID-X ar šķidrā kurināmā (šķidr skābeklis+benzīns) dzinēju (pacēlās gaisā 1933.gada 25.novembrī).
- Citu dzinēju projekti, kuros līdz ar šķidro degvielu izmantotu arī cieta degvielu.
- Saules gaismas spiediena izmantošana kuģa ātruma palielināšanai starpplanētu telpā.
- PSRS pirmie reaktīvie dzinēji OR-1 un OR-2, kas darbojās ar šķidro degvielu, 1928-1933.
- Spārnotā raķete.
- Starpplanētu lidojumu trajektoriju aprēķini, īpaši precīzi - lidojumam uz Marsu.
- Kosmosa kuģu aizsardzība pret ārējas vides iedarbību (radiācija un meteorīti).

F. Candera vārdā nosaukts krāteris uz Mēness un mazā planēta.

1967. gada 7. decembrī tika nodibināta **F.Candera prēmija**, kuras tradīcijas tagad turpina LZA, piešķirot to par izciliem sasniegumiem mehānikā un astronomijā. Tās laureāti Latvijā ir [E. Blūms](#), J. Mihailovs (1971), [G. Teters](#) (1972), J. Uržumcevs, [R.Maksimovs](#) (1976), [E. Lavendelis](#) (1978), A. Mālmeisters, [V. Tamužs](#), [G. Teters](#) (1981), E. Jakubaitis (1985), A.Bogdanovičs (1989), E. Ščerbiņins, [J. Gelfgats](#) (1991), A. Gailītis (1994), [P. Prokofjevs](#), [R. Rikards](#) (1996), [J. Kotomins](#)

KOSMOSA TEHNOLOĢIJU NOZARE LATVIJĀ - VĒSTURISKIE SASNIEGUMI

(1998), [J.Tarnopolskis](#) (1998), [A.Skudra](#) (2000), M.Ābele (2000), J. Žagars, V.Poļakovs (2002), A. Balklavs-Grinhofs, J. Vība (2004), K.Lapuška, K.Rocēns (2007).

Tomēr F.Canders nav vienīgais Latvijas izcelsmes zinātnieks kosmosa tehnoloģiju jomā. Daudzi ievērojami pasaules mēroga zinātnieki ir dzimuši un savu intelektuālo attīstību uzsākuši Rīgā, kaut arī vēlāk nepalikdami saistībā ar Latviju. Bez Frīdriha Candra būtu jānosauca arī matemātiķis un mehāniķis, viens no kosmosa pētījumu vadītājiem PSRS Mstislavs Keldišs (1911—1978). Atzīmējams arī Bolderājā dzimušais krievu kosmonauts Anatolijs Solovjovs, kuram pieder uzturēšanās ilguma rekords kosmosā. Zīmīgi, ka savā kosmosa ekspedīcijā (1988) viņš bija līdzī paņēmis F. Candra fotogrāfiju, ko vēlāk atveda uz Rīgu, lai nodotu F. Candra muzejam.

2. Sasniegumi materiālzinātnēs

2.1. Putupoliuretānu siltumizolācijas materiāli – RIPORS.

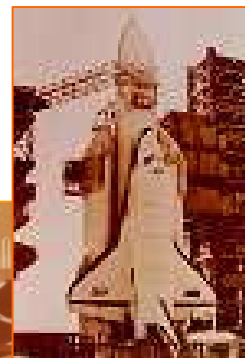
Kopš 60.gadu vidus plašāk izvērsās pētījumi jaunā nozarē – polimēru ķīmijā, izveidojot jauna tipa putupolimērus kā ļoti efektīvus siltumizolācijas materiālus; sākumā tos ieguva no naftas savienojumiem, vēlāk arī no koksnes pārstrādes produktiem. Nodarboties ar kriogēnās izolācijas materiālu veidošanu 1978. gadā sāka arī Latvijas valsts koksnes un ķīmijas institūta pētnieki. Tika radīts kriogēnās izolācijas materiāls “Ripors – 2” Vēlāk tos izmantoja PSRS ražotā vairāk kārt izmantojamā kosmosa kuģa “Buran” nesējraķetei “Energija”. Materiālu “Ripors-2”, patentēja, taču bija liegts to izplatīt tālāk.

Šis visai efektīvais siltumizolācijas materiāls RIPORS tika izmantots arī kosmiskajos lidaparātos uz Marsu. Padomju kosmonauti V. Rjumins un L. Popovs mūsu izgudrotāju vadībā tika apmācīti darbam ar aparātu putopliuretāna iegūšanai mikrogravitācijas apstākļos.

Eksperiments „Lotoss” (Rīgā tapusi iekārta putupoliuretāna ieguvei) kosmosa kuģī „Salūts” notika 1980. Tas bija pirmais ķīmiski tehnoloģiskais eksperiments orbītā ārpus zemes, lai noskaidrotu, kādas ir iespējas veikt ķīmisku tehnoloģiskus procesus bezsvara stāvoklī. Izmēģinājums bija sekmīgs un kosmosā tapa Maskavas olimpisko spēļu simbola – lāciņa figūra.

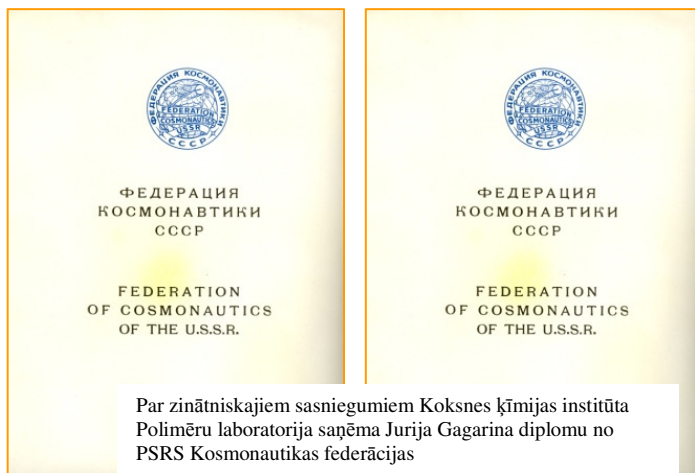
Citi ķīmiķi polimēru materiālu, tai skaitā poliuretānu, ieguvei parasti izmantoja naftas ķīmiskās pārstrādes produktus, bet nafta pati par sevi ir dārga izejviela. Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūta zinātnieki izmēģināja ne vienu vien tehnoloģiju, kamēr izdevās atrast naftas produktu aizstājēju. Rezultātā par vienu no izejvielām putuplastu ražošanā kļuva talleļļa (celulozes vārīšanas atlikums). Atkritumviela kļuva par ekonomiski izdevīgu siltumizolācijas materiālu. Galvenie izgudrojuma autori – Arnolds Alksnis, Uldis Stirna un Indulis Gruzīņš.

Pētījumi kosmosa tehnoloģiju un tehnikas virzienā šajā jomā ir saistīti ar tādu putupoliuretānu izstrādni, kuri būtu noderīgi sašķidrināta ūdeņraža uzglabāšanai specialos tankos, vai nesējraķetēs, kuras izveda orbītā ap Zemi kosmosa kuģus vai satelītus.



Iepildot sašķidrinātu ūdeņradi specialos tankos kriogēnās izolācijas materiālā rodas liel termiskie spriegumi, kuri var to sagraut. Komerciālie putupoliuretāni šiem mērķiem izrādījās nederīgi. Kriogēnās izolācijas materiālu izstrādāšana nav iedomājama bez lieliskām zināšanām par polimēru materiālu īpašībām pie temperatūrām zemākām par $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Šādu materiālu izstrādāšana ir daudzu gadu pētījumu gala rezultāts. Šādi materiāli nodoti ekspluatācijā tiek testēti eksperimentālās tvertnēs, kurās modelē reālos ekspluatācijas apstākļus. Tādā veidā tapa kriogēnās izolācijas materiāls Ripors 2H, kuru izmantoja ar sašķidrinātu ūdeņradi pildītai nesējraķetei "Energija".

Poliolus putuplasta Ripors ieguvi pēc Latvijā radītās tehnoloģijas kopš 1983. g. ražoja Čeboksaru uzņēmums „Himprom” (Krievija).



2.2. Neorganisko savienojumu plazmas tehnoloģija

PSRS un ASV konkurence kosmosa un kara tehnikas jomā ar katru gadu paaugstināja prasības attiecībā uz izstrādēs nepieciešamajiem materiāliem. Eksperimenti rādīja, ka ķīmiskā sastāva mainīšana savas iespējas jau ir izsmēlusi. Perspektīva likās izejvielu daļiņu izmēru un konfigurācijas ietekmes izpēte, jo no teorijas bija zināms, ka, iegūstot izstrādājumus ar pulvermetallurģijas metodēm, izstrādājumu fizikāli mehāniskās īpašības uzlabojas, samazinoties pulvera daļiņu izmēriem. .

Jau kopš 20.gs. sešdesmitajiem gadiem Latvijas Zinātņu akadēmijas Neorganiskās ķīmijas institūts ir veicis plašus pētījumus plazmas ķīmijā un plazmas tehnoloģijā. Pētījumu rezultāti deva iespēju izstrādāt virkni jaunu tehnoloģisku paņēmieni dažādu grūti kūstošu savienojumu (nitrīdu, karbīdu, borīdu, oksīdu, karbonitrīdu un to kompozīciju) iegūšanai ultradisperu pulveru veidā ar atsevišķu daļiņu izmēru mazāku par 100 nm. Vispusīga šādi iegūto nanoizmēru pulveru īpašību izpēte savukārt ļāva radīt materiālus un pārklājumus, kuri raksturojas ar ļoti augstām ekspluatācijas īpašībām (cietību, mehānisko stiprību, ķīmisko-, termisko- un nodilumizturību, īpašām elektrofizikālajām un optiskajām īpašībām u.c.).

Izstrādātā tehnoloģija atšķiras no tradicionālajām ar to, ka savienojumu sintēze notiek no vielas molekulārā, atomārā vai jonu stāvokļa un kondensētai fāzei veidojoties ļoti īsā laika periodā pie ļoti augstas temperatūras. Līdz ar to veidojas daļiņas ar ļoti nelieliem izmēriem un ar specifiskām īpašībām.

Neorganiskās ķīmijas institūts PSRS ietvaros 1971 – 1990 gados bija vadošā organizācija, kas koordinēja pētījumus par grūti kūstošu savienojumu sintēzi plazmā. Izmantojot šo tehnoloģiju tiek izgatavoti keramiskie konstrukcijas materiāli ar paaugstinātu triecienizturību, cietību un mehānisko stiprību, t.sk. individuālai un tehnikas aizsardzībai pret koncentrētiem triecieniem un izmantošanai kosmosā. T.sk. termiskie un galvaniskie pārklājumi ar augstu mehānisko un nodilumizturību, specifiskām elektriskajām un optiskajām īpašībām pielietojami kosmosa aparātiem.

KOSMOSA TEHNOLOĢIJU NOZARE LATVIJĀ - VĒSTURISKIE SASNIEGUMI



Keramiskais konstrukcijas materiāls, kurš izmatots arī kosmiskajā tehnikā (kosmosa kuģī «Buran»)

2.3. Citi

Dr. Semjons Cifanskis izgudrojis materiālu dielektriskās caurlaidības noteikšanas metodi. Izgudrojuma pamatā ir ideja, ka mērkondensatoru ar kontrolējamo materiālu ievieto nelineārā svārstību kontūrā un analizē sprieguma spektrālos raksturlielumus. Metode ļauj 2-3 reizes paaugstināt kontroles jūtīgumu un precizitāti (salīdzinot ar tradicionālajām metodēm). Šo metodi iespējams pielietot elastīguma moduļa samazināšanās kontrolei polimēru materiālos. Šis izgudrojums tika izmantot principiālās shēmas pamatā aparatūrā, kas kontrolēja mitruma saturu kosmosa kuģa „BURAN” siltumizolācijas materiālā.

3. Inženierzinātņu sasniegumi kosmosa tehnoloģiju jomā

Latvijā ir izstrādāti padomju blokā pirmie civilie un militārie lāzertālmēri satelītu lokācijai, optiskās iekārtas izmantošanai satelītos, kosmisko ieroču prototipi u.c. ierīces, kā arī programmatūra kosmisko lidojumu nodrošināšanai un iegūto datu apstrādei.

3.1. Pirmās PSRS satelītnovērošanas fotokameras

Laika posmā no 1960-gadiem Dr. Phys. K. Lapuška un M.Ābele ir konstruējuši satelītu fotogrāfiskās novērošanas un lāzerlokācijas aparatūru. Universālā multirežīmu satelītu fotokamera TAFO-AL-75 kļuva par PSRS Zinātņu Akadēmijas Astronomiskās padomes koordinētās satelītu novērošanas observatorijas sistēmas galveno instrumentu.



Teleskops TPL-1 Ļvovā

Fotokamera TAFO-AL-75 ar tajā laikā nekad nepielietotu kompensācijas mehānismu un tās rūpnieciskais modelis – fototeleskops AFU-75 tika ražots sērijā (ap 200 eksemplāru) un kopā ar ASV radīto analoģu Backer Nunn kļuva par vienu no diviem pasaulē izplatītākajiem instrumentiem zemes mākslīgo pavadoņu (ZMP) astrometrisko novērojumu veikšanai 20gs. 60-70-jos gados. To lietoja Latvijā, PSRS, Francijas, Bolīvijas, Čadas, Mali,

KOSMOSA TEHNOLOĢIJU NOZARE LATVIJĀ - VĒSTURISKIE SASNIEGUMI

Mozambikas, Indijas, Japānas, Ekvadoras, Ēģiptes, Kubas, Mongolijas u.c. valstu observatorijās.

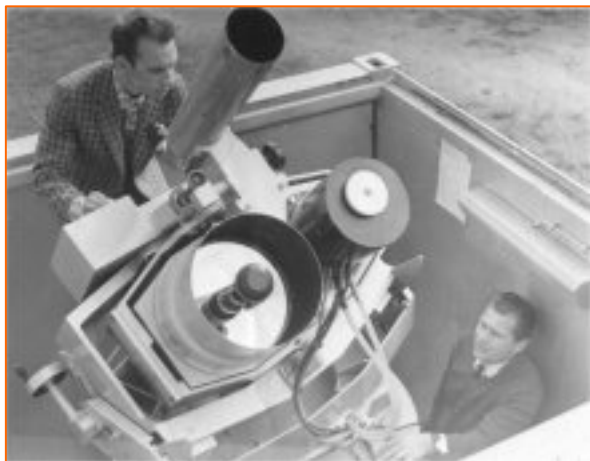
Zemes mākslīgo pavadoņu fotokameras un lāzertālmēri tiek izmantoti precīzu Satelītu koordinātu un attālumu noteikšanai, kurus tālāk izmanto Zemes kinemātisko un dināmisko parametru, kontinentu dreifa, precīzā laika, Observatoriju ģeocentrisko koordinātu un globālo ģeocentrisko koordinātu sistēmu noteikšanai.

3.2. Pirmie PSRS rūpnieciskie lāzerteleskopi.

Zemes mākslīgo pavadoņu (ZMP) novērošanas un lāzerlokācijas aparātūras konstruēšana ir viena no jomām, kur Latvijas zinātnieki guvuši vērā ņemamus panākumus ne vien PSRS, bet visas pasaules līmenī.

Ar Latvijas zinātnieku konstruēto un izgatavoto lāzertālmēru, izmērot attālumu līdz zemes mākslīgajam pavadonim ar precizitāti līdz ~ cm, nosaka pavadoņu atrašanās vietu kosmosā, teleskopa koordinātas, kā arī iegūst datus par okeānu virsmu, kontinentu kustību u. tml. Latvija ir starp 16 pasaules valstīm, kura ir spējusi ne tikai apgūt lāzerlokācijas tehnoloģiju, bet pat radīt oriģinālizrādes, kas tiek izmantotas lāzerlokācijā citur pasaulē.

Pagājušā gadsimta 60. gadu beigās un 70. gadu sākumā toreizējās sociālisma nometnes Eiropas valstu Zinātņu akadēmiju organizācijas **“INTERKOSMOS”** ietvaros tika izveidota darba grupa ar mērķi izveidot aparātūras kompleksu, lai varētu realizēt satelītu attālumu mērījumus ar lāzera gaismas impulsa palīdzību. Darba grupā ietilpa Ungārijas, VDR, Polijas, Čehoslovākijas un PSRS zinātnieki. Programmu koordinēja PSRS ZA Astronomiskā padome, bet lāzera tālmēra izveide notika ČSR zinātnieku vadībā. Katra no dalībvalstīm uzņēmās izstrādāt noteiktu aparātūras bloku tālmēra komplektācijai. ČSR izstrādāja un izgatavoja lāzera impulsu ģeneratoru un veica galīgos montāžas darbus, Polija izstrādāja un piegādāja precīzu laika intervālu mērīšanas iekārtu, Ungārija - osciloskopus un frekvenču mērītājus, VDR - datu reģistrācijas iekārtas, PSRS uzņēmās izstrādāt un izgatavot teleskopa optisko sistēmu un montāžu ar sekošanas mehānismu un pievadiem. PSRS ZA Astronomiskā padome šo darbu uzdeva veikt LVU Astronomiskajai observatorijai, kurai, uz to brīdi, jau pateicoties M.Ābelem un K.Lapuškam bija ievērojama pieredze un panākumi šādu sistēmu konstruēšanā.



1972. gadā tika samontēts un nokomplektēts **Pirmais Lāzerteleskopa “INTERKOSMOS (LD-1)”** eksemplārs, kuru uzstādīja Ondrzejovas observatorijā. Tur tas darbojās no 1972.gada līdz 1975. gadam, kad tika pārcelts uz Poznaņu Polijā.

LD-1 piederēja pie pirmās paaudzes lāzera tālmēriem ar mērīšanas precizitāti apmēram 1.5 – 3.0 metri. Tam bija četras montāžas ar analoģu elektromehānisku pievadu un manuālu sekošanas ātruma un pozīcijas korekcijas iespēju. Atstaroto gaismas impulsu uztvērēju veidoja Kassegrēna (Cassegrain) sistēmas teleskops ar galvenā spoguļa diametru 320 mm un

KOSMOSA TEHNOLOĢIJU NOZARE LATVIJĀ - VĒSTURISKIE SASNIEGUMI

gidēšanas refraktoru ar 120 mm apertūru. Lāzera ģenerators darbojās uz rubīna kristāla bāzes ar garumu 120 mm un diametru 10 mm. Ģenerators ražoja apmēram 12 nsec ilguma gaismas impulsus ar 694.3 nm viļņa garumu un 100 MW jaudu. Optisko slēdzi veidoja rotējoša prizma. Teorētiskais darbības rādiuss tika lēsts uz 3000 km un tāds arī reāli bija. LD-1 modeļa uzlabotais, otrais eksemplārs 1973.gada aprīlī tika atvests uz LVU astronomisko observatoriju un uzstādīts observatorijas teritorijā LVU Botāniskajā dārzā. Pats lāzerteleskops bija novietots uz speciālas platformas, kuru, ar hidrauliskas sistēmas palīdzību, varēja ērti pacelt un nolaist vajadzīgajā pozīcijā.

Darbs ar šo lāzera tālmēru ievadīja lāzer-astrometrijas ēru Latvijā. Intensīvs iekārtas apgūšanas process turpinājās līdz pat 1973.gada beigām, kad tika veikti mērījumi pavisam 404 satelītu "GEOS-A", "GEOS-B" un "BEB" vijumiem, sasniedzot precizitāti ap ± 1 m. Observatorijas zinātnieki guva milzu pieredzi satelītu lāzerlokācijas metodes izmantošanā, vienlaicīgi saskatot arī tos trūkumus, kuri bija raksturīgi šai pirmajai iekārtai. Galvenais no tiem bija ievērojamais trokšņu impulsu līmenis, kurš radīja nopietnas problēmas derīgo impulsu izdalīšanā no kopējā impulsu fona. 1974.gada sākumā

Modelis LD-2, kurš arī piederēja pie pirmās paaudzes lāzera tālmēriem, bet, atšķirībā no LD-1 modeļa, tam bija divkanālu optisko signālu uztvērējs ar sakrišanas shēmas izmantošanu, kas ļāva stipri samazināt trokšņu impulsu daudzumu. Lāzera ģenerators uz rubīna kristāla bāzes, kopā ar visu tā elektroniku, tika novietots uz teleskopa montāžas un pārvietojās kopā ar to, tā stipri vienkāršojot sistēmas konstrukciju un palielinot tās drošību salīdzinājumā ar LD-1, kur visa lāzera elektronika atradās zem teleskopa platformas.



Jaunais tālmērs, kuram tika dažādi nosaukumi: "KRIM", "TPL", "LS-105", tika izveidots pēc principa "trīs vienā". Tas nozīmēja, ka visas trīs galvenās tālmēra funkcijas, stara kolimēšana un noraidīšana, atstarotā impulsa uztveršana un gidēšana-tēmēšana tiek realizētas izmantojot vienu un to pašu, galveno optisko sistēmu. Galveno optisko sistēmu veidoja sfēriska Kassegrēna-Kudē sistēma ar galvenā spoguļa diametru 100 cm un fokusa attālumu 11.6 metri pie teleskopa tubusa garuma mazāka par 1 metru. Tālmērs tika novietots uz klasiskās divasu Alt-Az montāžas ar soļa motoru piedziņu, kuru ātrumu regulē dators pēc attiecīgās programmas, tā panākot ļoti augstu satelīta atsekošanas precizitāti.

Lāzera ģenerators sākotnējā versijā deva apmēram 5 ns garu impulsu, vēlāk tika nomainīts ar 360 psec impulsu un, visbeidzot, 240 psec garuma impulsu un enerģiju 100 mJ pie 532 nm viļņa garuma.

Sistemātiska satelītu lāzerlokācija. 1979.gadā PSRS militārās topogrāfijas eksperimentālajā rūpnīcā Rīgā, tika izgatavots pirmais eksemplārs un stacionāri uzstādīts LVU astronomiskajā observatorijā. Pirmie mērījumi tika iegūti 1979.gadā 7. jūnijā, locējot satelītu "GEOS-C". Kopš šī brīža sākās sistemātiska satelītu lāzerlokācija LVU astronomiskajā observatorijā, kura joprojām turpinās. Sākotnējā mērījumu precizitāte arī modelim LD-2 bija apmēram 1-2 m robežās, jo lāzera impulsa garums bija ap 20 nsec, un reģistrēšanai tika izmantoti parastie laika intervālu mērītāji uz frekvenču mērītāju bāzes. Laika posmā līdz 1985.gadam, ciešā sadarbībā ar Alčevskas (Ukraina) Kalnu

KOSMOSA TEHNOLOĢIJU NOZARE LATVIJĀ - VĒSTURISKIE SASNIEGUMI

metalurģijas institūta lāzeru speciālistu grupu un LPSR Zinātņu akadēmijas Elektronikas un datorzinātņu institūta speciālistiem signālu apstrādes nozarē, LD-2 modelis tika vairāk kārt modernizēts, līdz tika sasniegta mērījumu precizitāte ± 30 cm, kas bija tā laika labākais rezultāts visā PSRS.

Gadiem ejot un vairojoties pieredzei un zināšanām, pamazām izgaismojās arī modeļa LD-2 vājās puses. Pirmkārt, jau ierobežotā mērījumu precizitāte, kuru limitēja galvenokārt lāzera impulsa garums ap 15 nsec pēc modernizācijas. Precizitāte robežās starp 30 un 50 cm bija derīga satelītu orbītu precizēšanai, bet nepietiekama rezultātu izmantošanai kosmiskajā ģeodēzijā, nosakot precīzas observatoriju koordinātes, Zemes rotācijas parametrus un kontinentu dreifa lielumu. Otrkārt, samērā vājā optiskā sistēma neļāva izdarīt vidēji tālo (6000 km) un tālo (20 000 km) satelītu lāzermērījumus, jo tos nebija iespējams vizuāli saskatīt un precīzi notēmēt staru. Treškārt, nepietiekamā sekošanas precizitāte, kuru limitēja analogās, elektro-mehāniskās sistēmas iespējas un, kura savukārt izslēdza tālo satelītu precīzu atsekošanu. Radās doma konstruēt otrās, vai pat trešās paaudzes lāzera tālmēru, kuram nebūtu uzskaitīto galveno trūkumu. Laimīgā kārtā šādas domas bija radušās arī citās observatorijās un institūtos. Šajā sakarā 1983. gadā LVU astronomiskajā observatorijā griežas prof. J.L. Kokurins no Ļebedeva Fizikas institūta Maskavā ar priekšlikumu piedalīties otrās-trešās paaudzes lāzera tālmēra izstrādē ar galvenā spoguļa diametru 1 metrs. Kopīgais darbs veicās ļoti sekmīgi un, jau 1985. gadā tā pati Rīgas rūpnīca izgatavoja pirmo un pēc tam vēl četrus tālmēra eksemplārus.

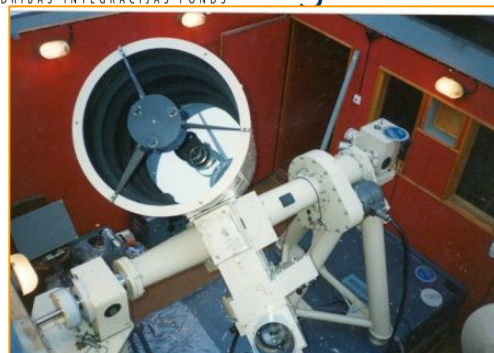
Pirmie mērījumi pa satelītu *LAGEOS-1* (6000 km) tika iegūti 1987.gada 9. septembrī. Līdz tam, gandrīz divus gadus, ilga tālmēra regulēšana un sagatavošana mērījumiem. Bez jau minētajām lāzera ģenerators modernizācijām, būtiski tika modernizēta arī teleskopa vadības un datu reģistrēšanas aparatūra.

Satelītu lāzermērījumi LU Astronomijas institūtā. Šobrīd lāzera impulsa izplatīšanās laika intervālu mērīšana notiek, izmantojot LU Elektronikas un datorzinātņu institūta signālu apstrādes speciālistu izstrādātos, augstas precizitātes hronografus (*Event Timer*). Mērījumu precizitāte sasniedz ± 5 psec. Kopējā viena mērījuma vidējā kvadrātiskā kļūda ir robežās no 0.9 līdz 1.3 cm, un normālpunktu vidējā kvadrātiskā kļūda 2 līdz 5 mm. Pastāv droša iespēja strādāt ar tuvajiem, vidēji tālajiem un tālajiem satelītiem. Iegūtie rezultāti noder praktiski visām, ar satelītu lāzermērījumiem, saistītajām, zinātnes par Zemi programmām. Ar šo trešās paaudzes lāzera tālmēru LU Astronomijas institūta observatorija piedalās starptautiskajā *ILRS* (*International Laser Ranging Service*) organizācijas zinātnisko programmu izpildē, kā arī *EUROLAS* (*European Laser Ranging Service*) organizācijas darbu programmās. Stations Riga

Laika posmā kopš 1987. gada iegūtie rezultāti devuši iespēju aprēķināt LU AI observatorijas ģeocentriskās koordinātes starptautiskajā ģeocentrisko koordinātu sistēmā *ITRF-2000*, kā arī aprēķināt kontinentu dreifa ātruma vektoru Latvijai, kurš sastāda 1.1 cm gadā ziemeļaustrumu virzienā pie ziemeļiem. Nākotnē paredzēts vēl celt mērījumu precizitāti līdz dažiem mm atsevišķam mērījumam, lai varētu noteikt, piemēram, dreifa paātrinājuma lielumu un citus parametrus. Šīs nākotnes iespējas diemžēl var arī nerealizēties sakarā ar pašreiz intensīvu zinātnes un tās lomas sabiedrībā noniecināšanu neatkarīgajā Latvijā.

Laika posmā no 1960.-1999.gadam ir uzkonstruēti vairāki desmiti astronomiskie teleskopu. To konstruēšanā līdztekus M. Ābelem un S. Lapuško darbojušies arī J. Vjaters un J. Žagars. Iegūti patenti zemes mākslīgo pavadoņu lāzeru tālmēram.

Zemes mākslīgo pavadoņu fotokameras un lāzertālmērus, kas ražoti sērijā tikuši izmantoti Zemes mākslīgo pavadoņu koordinātu un ģeodinamisko parametru noteikšanā daudzās pasaules valstīs.



3.3. Astronomiskie novērojumi un infrastruktūra

Latvijā pirmie nozīmīgie sasniegumi astronomijā meklējami jau 17.gs. līdz ar Rīgas ģeogrāfiskā platuma mērījumiem, kas tolaik bija viens no precīzākajiem pasaulē. Savukārt, 19.gs. beigās uzsākti pirmie novērojumi Rīgas politehnikuma observatorijā, kas darbojās līdz pat 1915.gadam. 1922.gadā uz tā bāzes tika izveidots Astronomiskā observatorija. 1947.gadā līdz ar pirmo mākslīgo zemes pavadoņu palaišanu, uzsākti arī pirmie to vizuāli, vēlāk fotogrāfiskie novērojumi LU Astronomiskajā laboratorijā.



LU Astrofizikas observatorija Baldones Riekstu kalnā ir valsts nozīmes zinātnes objekts un vienīgā profesionālā optisko astronomisko novērojumu bāze. Tajā jau kopš 1964.gada darbojas Šmita sistēmas teleskops (80/120/240), kas ir vienīgais Baltijā un viens no lielākajiem pasaulē. 1957.gadā uzņēmīgi Zinātņu akadēmijas pārstāvji izpētīja un atzina, ka Riekstu kalns pie Baldones, kas atrodas 80m virs jūras līmeņa, un ko no rūpnīcu un satiksmes trokšņiem izolē meža masīvs, ir vispiemērotākā vieta observatorijas izbūvei. 1959.gadā jau vienā no 4 novērošanas paviljoniem, iekārtoja atsevišķu telpu ar atbīdāmu jumtu, kur atradās lielākais teleskops Latvijā – tā objektīva diametrs ir 20 cm. Ar šī „milzeņa” palīdzību fotografēja maiņzvaigznes un noteica to spožumu.

Drīzumā teleskopam pievienojās viens no diviem Padomju Savienībā esošajiem elektrofotometriem, ar ko noteica debesu ķermeņu fizikālās īpašības. Ar radioteleskopu, kas būtībā ir milzīga apjoma radiouztvērējs, un kuram tika paredzēta 80 m² liela antena, bija iespējams uztver radio izstarojumus no zvaigznēm, miglājiem, kā arī kosmisko raķešu signālus.

Baldonieši, vienīgie Padomju Savienībā, pētīja sarkanās milzu zvaigznes - maiņzvaigznes ar samērā zemu temperatūru (no 1500° līdz 3000°), lielas pēc izmēriem ar ļoti retinātu atmosfēru. Svarīgi bija noskaidrot šo zvaigžņu izcelšanos, evolūciju un mūža garumu, īpatnējās kustības. Šo zvaigžņu pētīšana nebija viegla, jo tās nav pietiekami spilgtas, tādēļ astronomiem bija jāieiet infrasarkanā viļņu diapazonā. Infrasarkanie stari labāk tiek cauri starpzvaigžņu vielai, jo telpa starp zvaigznēm nav tukša – to pilda putekļu un gāzu mākoņi. Lai noskaidrotu sakarus starp zvaigznēm un starpzvaigžņu vidi, spriestu par tās fizikālajām īpašībām, par gāzu starojumu, bija nepieciešams liels informācijas daudzums, kā dēļ, 2 km garā trasē izvietoja, lielo radiointerferometru. Savukārt 1965.gada martā tika atvesta slavenās Ceisa firmas Šmita teleskopa detaļa, kas sver 5 tonnas.



KOSMOSA TEHNOLOĢIJU NOZARE LATVIJĀ - VĒSTURISKIE SASNIEGUMI



Šī unikālā teleskopa, viena no lielākajiem pasaulē (*Padomju Savienībā tāds vēl bija tikai viens – Birakanas observatorijā, Armēnijā*), sfēriskā spoguļa diametrs - 120 cm, korekcijas plates diametrs – 80 cm, fokusa attālums – 240 cm, un ar to var nofotografēt plašu debess lauku - $5^\circ \times 5^\circ$. Šāds attēls vienlaicīgi fiksēja ļoti daudz zvaigžņu vai to spektrus, sniedzot pētniekiem bagātīgu informāciju.

Instrumentu uzstādīja 1966.gadā. 1966. gada 7./ 8. decembra naktī Baldones observatorijā tika iegūts pats pirmais uzņēmums. Turpmākajos gados teleskopa kā fotogrāfiska instrumenta darbība dokumentēta 20 novērojumu žurnālos ar vairāk nekā 25 tūkstošiem ierakstu.

Teleskops izrādījās ļoti labs gan optiskās sistēmas, gan mehānikas un elektronikas ziņā. Tāpēc to bija iecienījuši un brauca uz Baldoni fotografēt gan zvaigznes, gan zvaigžņu kopas, gan galaktikas astronomi no Odesas, Tartu, Maskavas, Pulkovas, Urāliem. Ar Šmita teleskopu iegūtos fotouzņēmumus izmantojuši zvaigžņu un komētu pētnieki no Kijevas, arī Lietuvas astronomi.



Uz Šmita teleskopa novērojumiem balstītas daudzas zinātniskas publikācijas – vairāki desmiti rakstu starptautiskos žurnālos, speciāli pašu izdoti rakstu krājumi un monogrāfijas, kas tulkotas ASV. Bez daudziem zvaigžņu fotometrijas un spožuma mainīguma pētījumiem laika gaitā atklātas 318 iepriekš neregistrētas oglekļa zvaigznes (katalogs ar to datiem atrodams Astronomisko datu centrā Strasbūrā) un ap 70 novu spirāliskajā galaktikā M31. Teleskops ar labiem panākumiem ir izmantots arī starptautiskajās komētu novērošanas programmās



Četrdesmit tā darbības gadu laikā ir iegūti vairāk nekā 25000 astrouzņēmumu. Ar Šmita sistēmas teleskopu (spoguļa diametrs 1,2 m) iegūtie zvaigžņotās debess uzņēmumi devuši svarīgas atziņas par oglekļa zvaigžņu raksturlielumiem un fizikālo dabu, kas izklāstītas ap 100 zinātniskos rakstos un vairākās monogrāfijās, no kurām divas tulkotas angļu valodā un izdotas ASV. Riekstu kalnā iegūti arī liela mēroga Haleja komētas uzņēmumi, kas ir ievietoti International Halley Watch atlantā. Baldones observatorijā atklātas 357 no aptuveni 7000 Piena ceļa zvaigžņu sistēmā zināmajām oglekļa zvaigznēm, savukārt Novas galaktikā M31 ar Šmita teleskopu šajā laikā atklātas 70 novas jeb eksplodējušas zvaigznes.

Latvijas astronomi ir veikuši arī mazo planētu jeb asteroīdu, kas Saules sistēmā riņķo ap Marsu un Jupiteru, orbītu aprēķinus un atklājuši vairākus jaunus asteroīdus. Tāpat atrastas īpatnējas Saules radioviļņu svārstības pirms Saules hromosfēras uzliesmojumiem.

Netālu no Ventspils, Irbenē, kādreiz atradās PSRS **Aizsardzības ministrijas kosmisko sakaru centra antenas R-32 un R-16. R-32** šobrīd pārbūvēta par vienu no lielākajiem radioteleskopiem Ziemeļeiropā. Ar šo radioteleskopu, kura diametrs ir 32m, veic Saules, galaktiku un radiostarojuma novērojumus.

Galvenie pētījumu virzieni ir Saules radioastronomija un augstas izšķirtspējas kosmisko objektu radio attēlu ieguve, iekļaujoties sevišķi lielas bāzes radiointerferometrijas tīklos, kas apvieno lielākos pasaules radioteleskopus, kā arī ģeofizikāli pētījumi.

