



## Veštački sateliti i meteorologija

Kap. freg. Nikola Safonov, Split

Pored mnogobrojnih zadataka istraživanja svemira našli su veštački sateliti praktičnu primenu i na polju istraživanja visokih slojeva zemaljske atmosfere. Ova istraživanja — uporedo sa razvitkom tehnike lansiranja i nauke uopšte — uskoro su pokazala da postoji mogućnost prikupljanja veoma korisnih podataka, koji mogu poslužiti u meteorologiji za sa-  
stavljanje prognoze vremena.

Klasični način prikupljanja meteoroloških podataka bazira se na stanicama na površini Zemlje i puštanju balona-sondi. Međutim široka oceanska prostranstva i nenaseljeni predeli Zemlje obuhvataju skoro 95% njene površine pa je prema tome mreža meteoroloških stanica veoma nepotpuna, a baloni-sonde dopiru do relativno malih visina, svega do oko 40 km.

Već ranije je ustanovljeno da se meteorološke pojave ne odvijaju samo u troposferi, t. j. u najnižem sloju atmosfere, već i na mnogo većim visinama. Jedan od glavnih uzročnika ovih pojava je Sunce, tako da je energija svih atmosferskih procesa u stvari transformirana Sunčana energija. Sunce nejednako zagrejava površinu Zemlje što prouzrokuje vertikalna i horizontalna pomicanja vazdušnih masa; ova pomicanja protežu se do visina oko 400 km.

Nakon lansiranja raketa na visinu od nekoliko stotina kilometara, kao i puštanja veštačkih satelita pružila se mogućnosti da se atmosfera istraži i sa njene »gornje« strane. Već prvi fotografski snimci iz takvih raketa i satelita, spu-

šteni na Zemlju (spuštanjem glave rakete ili preneti televizijskim putem) dali su osnovu za stvaranje novih zaključaka o formiranju vremena. Ovo je bio razlog da je u SAD započeo rad na razvijanju veštačkih satelita za prikupljanje meteoroloških podataka. Prva lansiranja ovih satelita trebala su da budu opitna, a na osnovu stečenih iskustava planiralo se uspostavljanje specijalnog sistema oko Zemlje. Opitna lansiranja započeta su sa satelitima sa oznakom TIROS (Television and Infra Red Observation Satellite = satelit za televizijsko i infra-crveno osmatranje).

Kao prvi ubačen je 1 aprila 1960. g. u orbitu oko Zemlje TIROS-1, težine 121,5 kg. Imao je oblik valjka, izradenog od aluminija i čelika. Visina valjka bila je 1,067 m, a promer 0,483 m. Oprema satelita obuhvatala je foto-kameru sa velikim poljem vida (snima površinu od 1,65 miliona km<sup>2</sup>), foto-kameru sa malim poljem vida (snima površinu od 25 600 km<sup>2</sup>), uređaj za elektronsko beleženje snimaka, dva televizijska predajnika, dva radio-fara (za praćenje kretanja satelita sa Zemlje) i uređaj za stabilizaciju satelita na pritičpu žiroskopskog efekta. Napajanje ovih uređaja električnom energijom vršilo se pomoću hemijskih baterija (nikel-kadmij) i 9200 sunačnih ćelija (koje pretvaraju sunčevu svetlost u električnu energiju).

Satelit je vršio snimanje na komandu sa Zemlje i to trenutno, t. j. pri prolazu iznad komandne stanice ili u određeno vreme, tj. pri prolazu iznad određenog područja na

Zemlji. Na drugu komandu satelit je prenosio televizijskim putem seriju od 32 snimka.

TIROS-1 je ubačen u orbitu sa perigejem 687,5 km i apogejem 747,8 km, nagnutu prema zemaljskom akvatoru za 48,3°. Revolucija, t. j. jedan obilazak oko Zemlje trajao je 99,2 minute. Satelit je prenosio snimke tokom 78 dana, koliko su funkcionisale njegove baterije. Za ovo vreme izvršio je 22952 snimanja naoblake. TIROS-1 još uvek kruži ali više ne daje podatke. Jedan od najznačajnijih uspeha ovog satelita bilo je otkrivanje ciklona nad Atlantikom. Sem toga TIROS-1 otkrio je kasnije stvaranje ciklona nad Pacifikom, što klasična sredstva osmatranja uopšte nisu otkrila; greška u poziciji ovog ciklona bila je svega oko 100 km.

23 novembra 1960. g. ubačen je u orbitu TIROS-2, veoma sličan svom prethodniku. Njegova oprema dopunjena je uređajima za merenje infra-crvene radijacije, koju isijava naoblaka i sama površina Zemlje. Orbitalni podaci TIROS-2 su skoro jednaki podacima TIROS-1.

TIROS-2 je za prvih šest meseci svog postojanja preneo na Zemlju 31485 snimaka naoblake, od čega je 77% snimaka iskorišćeno. Do kraja 1961. g. dao je oko 36000 snimaka, a rezultati merenja infra-crvene radijacije zabeleženi su na magnetskim trakama dužine 1280 km. U decembru 1960. g. otkriven je na snimcima ciklon južno od Australije, što je omogućilo davanje prognoze za prestanak jake suše koja je u to doba vladala na ovom kontinentu. U januaru 1961. g. na snimcima se mogao videti led na reci Sv. Lawrence, a u martu iste godine lomljenje ovog leda. Prema tome je meteorološki satelit omogućio i nadzor nad stanjem leda na većim vodenim površinama.

Podaci TIROS-2 o infra-crvenoj radijaciji dali su veoma korisne podatke o širenju topline, koju prima površina Zemlje od Sunca i topline koju Zemlja reflektuje.

12 jula 1961. g. ubačen je u orbitu TIROS-3. Njegov oblik, težina i oprema su slični TIROS-2, a isto tako i orbitalni podaci. Ovaj satelit je odmah nakon lansiranja otkrio olujnu formaciju kod Labradora i ovi podaci su već 3 sata kasnije bili predati svim meteorološkim centrima. Do 13 novembra 1961. g. TIROS-3 je preneo 31429 snimaka naoblake na osnovu čega je otkriveno 18 orkana u tropskim predelima.

U prvoj polovini 1962. g. predviđa se lansiranje TIROS-4.

Sva navedena lansiranja izvršena su u organizaciji NASA (National Aeronautics and Space Administration = Nacionalna uprava za aeronautiku i svemir), koja stavlja primljene podatke svim interesentima na raspoloženje.

Iskustva stečena sa satelitima iz serije TIROS omogućila su NASA da razradi obiman program daljnjih lansiranja s tim što bi se i dalje lansirali sateliti tipa TIROS u eksperimentalne svrhe, dok bi se za praktičnu upotrebu koristili savršeniji sateliti tipa NIMBUS i kasnije AEROS. Prema tome moglo bi se reći da će NIMBUS i AEROS biti u serijskoj izradi, s tim što će se njihova oprema i dalje poboljšavati na osnovu eksperimenta sa satelitima tipa TIROS.

16 marta 1962. g. lansirani su u SSSR jedan satelit, koji će navodno takođe vršiti prikupljanje meteoroloških podataka. Poblži opis ovog satelita do sada nije dat.

Jedan od osnovnih problema kod meteoroloških satelita je njihova stabilizacija u orbiti. Dosadani sateliti iz serije TIROS imali su žiroskopsku stabilizaciju tako da je njihova osa održavala stalan položaj u prostoru. Ovakav položaj ima tu negativnu stranu što je snimanje površine Zemlje moguće samo u određenim tačkama u orbiti. U ostalo vreme su televizijske kamere uperene u svemir.

Poželjno je da meteorološki satelit ima uređaje, koji bi orijentisali televizijske kamere uvek prema središtu Zemlje. U ovom položaju bilo bi omogućeno snimanje naoblake iz bilo koje tačke u orbiti. Ovakvi uređaji moraju svakako raditi potpuno automatski. Izvedba takvih uređaja predviđa se kod tipa NIMBUS, koji će biti znatno veći od TIROS-a; njihova težina biće oko 300 kg, a oprema znatno usavršena i proširena. Tako će ovi sateliti imati 6 televizijskih kamera najsavršenijeg tipa, veći broj uređaja za merenje raznih frekvencija iz infra-crvenog spektra, uređaj za merenje elektriciteta u vasioni, elektronsku »memoriju« (koja će registrirati podatke svih merenja), a kasniji tipovi i radar. Napajanje električnom energijom vršiče hemijske baterije i sunčane baterije.

Za razliku od satelita tipa TIROS, kružiče NIMBUS u polarnoj orbiti na visini oko 1120 km, što će im omogućiti da tokom 24 sata izvrše snimanje cele površine Zemlje.

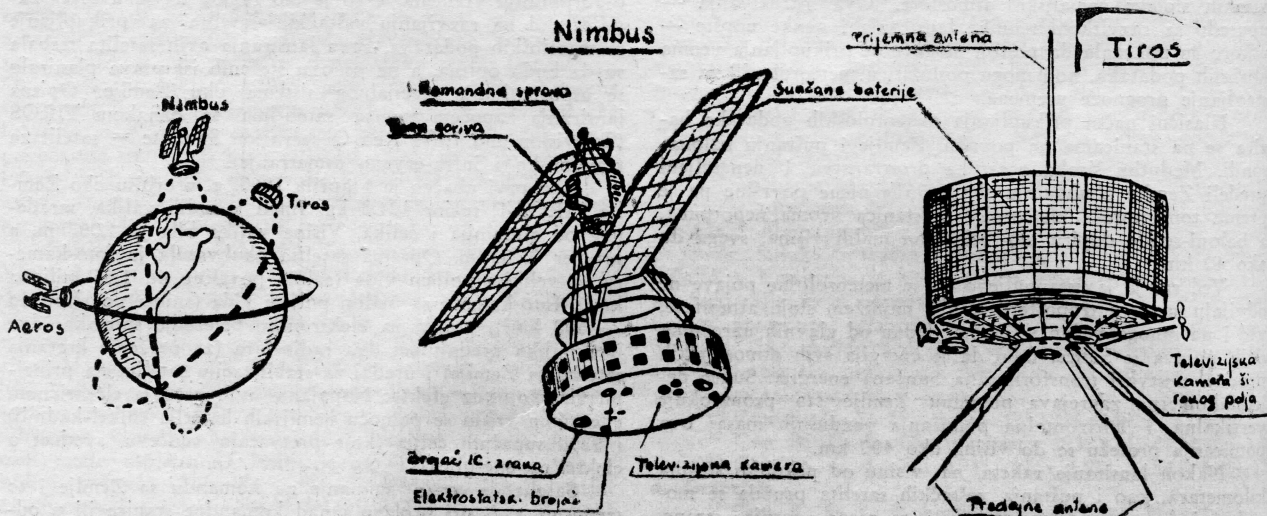
Meteorološki sateliti tipa AEROS biće po vanjskom izgledu slični NIMBUS, ali će kružiti u ekvatorijalnoj orbiti sa revolucijom u trajanju 24 sata na visini 35600 km. Prema tome ovi sateliti će prividno stajati iznad određene tačke na površini Zemlje. Svrha lansiranja ovih satelita je neprekidno osmatranje područja gde se redovno stvaraju oluje. Oprema AEROS obuhvataće televizijske kamere sa promenljivim fokusom (čija promena će se vršiti na komandu sa Zemlje), tako da se omogućiti osmatranje veće površine sa manje detalja ili manje površine sa više detalja.

Program daljih lansiranja američkih meteoroloških satelita obuhvata tri etape. U prvoj etapi (juli 1962. — decembar 1963.) biće lansirano ukupno 5 satelita tipa NIMBUS, tako da će tokom ove etape povremeno kružiti jedan satelit. U drugoj etapi (januar 1964. — decembar 1965.) predviđa se lansiranje 6 satelita tipa NIMBUS, tako da će stalno kružiti jedan, a povremeno dva satelita; sem toga izvršiče se dva pokusna lansiranja satelita AEROS. U trećoj etapi (počev od januara 1966. g.) biće stalno dva satelita tipa NIMBUS u orbiti, a povremeno još i jedan AEROS.

Sa porastom broja satelita povećaće se učestanost osmatranja i prenošenja podataka na Zemlju, a isto tako poboljšaće se i njihov kvalitet.

Uspostavljanje svetske (globalne) mreže meteoroloških satelita zahteva organizaciju automatske, neprekidne i potpuno pouzdane veze između stanica za praćenje i prijem podataka od satelita (Command and Data Acquisition Station = CDA) i raznih meteoroloških centara u Americi i na ostalim kontinentima.

Korišćenje podataka meteorološkog osmatranja zamišlja se na sledeći način. Prilikom prolaza satelita iznad pojedinih stanica CDA, ove mu daju komandu za prenos podataka i primljene podatke prenose Nacionalnom meteorološkom centru. Ovaj centar vrši analizu svih podataka primljenih



Prikaz satelita tipa TIROS i NIMBUS i položaj orbita TIROS, NIMBUS i AEROS u odnosu na Zemlju

preko CDA od satelita, kao i od ostalih klasičnih sredstava za prikupljanje meteoroloških podataka (meteorološke stanice na kopnu i moru). Na osnovu analize Nacionalni centar daje globalnu prognozu vremena. Sem toga isti centar preko mreže posebnih stanica za praćenje radi kontrole neprekidno određuje orbite satelita, a preko stanica CDA daje im dopunske zadatke, što, gde i kada treba snimiti odnosno izmeriti.

Globalne analize i prognoze vremena prosleđuju se regionalnim i lokalnim meteorološkim centrima, a sem toga svim nacionalnim — civilnim i vojnim — kao i stranim korisnicima.

Regionalni centri imaju mogućnost da dobijaju neposredno od satelita podatke lokalnih osmatranja (koji se odnose na određeno područje) i na osnovu analize i prognoze Nacionalnog centra, kao vlastitih podataka izrađuju regionalnu analizu i prognozu vremena, koja važi samo za određeno područje.

Lokalni centri također imaju mogućnost da izravno od satelita dobiju podatke, koji se odnose na njihovo uže područje. Na osnovu ovih podataka, kao i analiza i prognoza Nacionalnog i najbližeg regionalnog centra izrađuje se lokalna analiza i prognoza, a odmah zatim dostavlja svim lokalnim korisnicima.

Podaci Nacionalnog centra predaju se i u Nacionalnu arhivu gde ih mogu u slučaju potrebe uzimati razne ustanove za klimatološke analize i istraživanja.

Pomoću ovakvog sistema — u koliko bi se on kasnije proširio preko cele Zemlje — bilo bi omogućeno veoma tačno praćenje i registriranje svih pojava i promena u atmosferi, što bi znatno doprinelo usavršavanju meteorološke službe i nauke.

Na osnovu snimaka naoblake izvršenih sa visine od nekoliko stotina kilometara, konstatuje se njihov oblik, protezanje i pravac kretanja, što daje podatke o brzini i pravcu vetra u tom području. Na osnovu dužine senke naoblake na

površini Zemlje može se odrediti visina naoblake. Sem toga — kako je ranije spomenuto — pomoću snimaka može se pratiti i stanje leda na većim vodenim površinama.

Merenje temperature atmosfere može se vršiti merenjem intenziteta i talasne dužine infra-crvene radijacije. Zemlja apsorbira sunčevu toplotu ali ju ujedno i zrači, jer bi se u protivnom usijala. Maksimalna energija, koju isijava Sunce leži u području vidljivih elektromagnetskih talasa — u području takozvane svetlosti. Maksimalno zračenje Zemlje nalazi se u području infra-crvenih zraka, koje su međutim nevidljive.

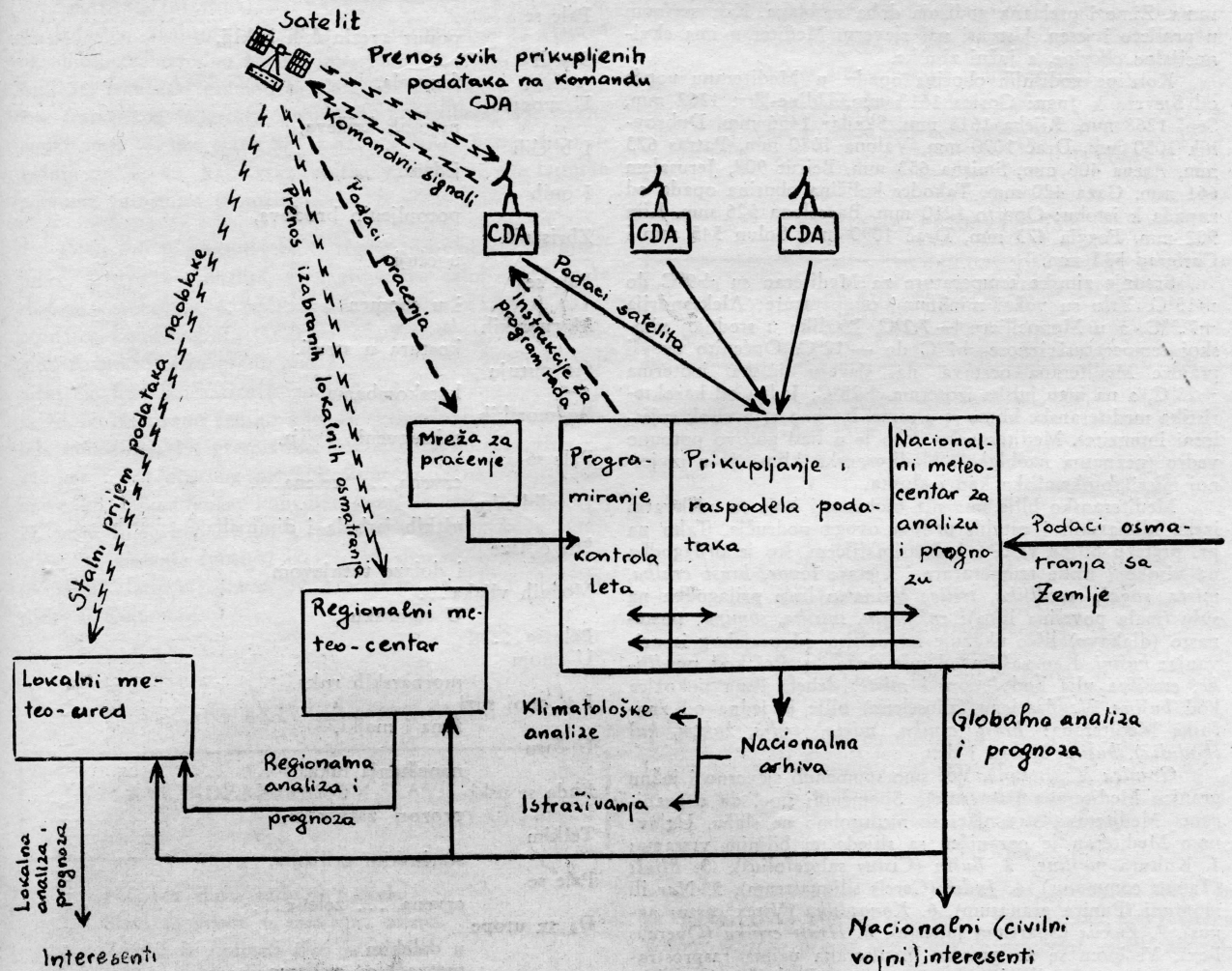
Sunčeva svetlost prolazi kroz atmosferu skoro u celini, dok za infra-crveno zračenje atmosfera predstavlja veliku prepreku, jer ga u većem delu spektra apsorbira. Samo jedan manji deo frekvencije 9 — 12 mikrona može da prođe kroz vodenu paru, koja je glavni uzrok apsorpcije atmosfere. Prema tome ako satelit ima uređaj koji može da prima ove frekvencije, postoji mogućnost merenja temperature površine Zemlje.

Međutim i vodena para stvara infra-crveno zračenje u području oko 6 mikrona. Merenjem intenziteta ovih zraka može se odrediti temperatura gornjih slojeva vodene pare na visini oko 13 km.

Na veoma velikim visinama u atmosferi postoje koncentracije ugljen-monoksida i ozona, koji mnogo utiču na proces u atmosferi. Prvi zrači u području 14 mikrona, a drugi 9, 4 — 9, 8 mikrona. Merenjem intenziteta ovih zračenja dobija se temperatura atmosfere na velikim visinama.

Prema tome od raznovrsnosti i savršenosti opreme meteoroloških satelita u mnogome zavisi broj i kvalitet merenja. Pošto je za sada teško izvodljiv satelit sa tako raznovrsnom opremom, to se predviđa da će tip NIMBUS biti izrađen u više verzija.

Bez sumnje, pred tehnikom stoje još široke mogućnosti da se meteorološka osmatranja i merenja usavrše i prošire, što je nužno potrebno kako za civilne tako i vojne potrebe.



Schema korištenja meteoroloških podataka