

NOVI POSTUPCI AEROPROSPEKCIJE I NJIHOVE MOGUĆNOSTI PRIMJENE U GEOLOŠKIM ISTRAŽIVANJIMA

Marinko OLUIĆ — Zagreb

U V O D

Na području aeroprospekcije u različitim naučnim i tehničkim istraživanjima postignuti su unazad nekoliko godina veliki uspjesi. Aerofotoprospekcija u geološkim istraživanjima dala je vidne rezultate i zabilježila veliki napredak naročito u tehničkom i metodološkom pogledu. Danas, gotovo sve zemlje svijeta sa razvijenim geološkim institucijama koriste aerofotosnimanje u cilju geoloških istraživanja. Stalnim napretkom tehničkih dostignuća (usavršavanje letilica i njihova automatizacija, usavršanje tehnike snimanja, filmske emulzije itd.) sve više se otvaraju mogućnosti istraživanja i primjene aeroprospekcije.

Ovdje želimo iznijeti neka nova dostignuća i postupke aeroprospekcije, kao i njihovu primjenu kod različitih geoloških istraživanja, zbog čega ovaj članak ima informativni karakter. U kasnijim eventualnim radovima će se raspravljati detaljnije o rezultatima primjene pojedinih metoda.

Pored konvencionalnog, crno-bijelog zračnog snimanja, ograničenog na vidljivi dio spektra (pankromatski i ortokromatski film) u novije vrijeme su se počeli primjenjivati i razni drugi filmovi, osjetljivi i na dio elektromagnetskog spektra kojeg ljudsko oko nije u stanju registrirati (infracrveni film, »lažni kolor« (False Color) film i dr.). Osim navedenih razvijene su i neke metode aeroprospekcije zasnovane na sasvim drugim fizikalnim i tehničkim principima (koji će biti u daljnjem tekstu prikazani).

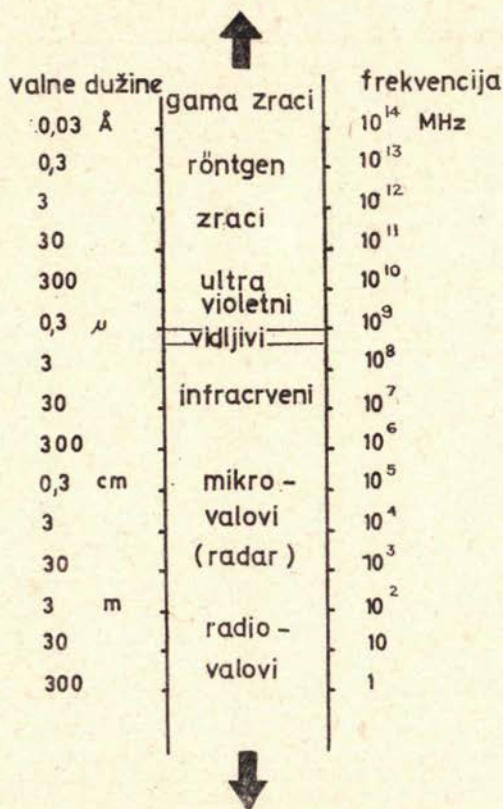
Vidljivi dio elektromagnetskog spektra, koji se može konvencionalnom fotografijom snimiti je veoma ograničen u odnosu na ostali dio spektra (sl. 1.) pa su i mogućnosti njegove primjene i korištenja ograničene. Naprotiv, nevidljivi dio spektra ima mnogo širi raspon, pa su i mogućnosti koje on pruža pri raznim istraživanjima daleko veće.

Osnovni principi infracrvene fotografije bili su poznati još u prošlom stoljeću, ali se ona efikasno počela razrađivati i primjenjivati tek u II. Sv. ratu.

Infracrvena fotografija, kao i ostale metode »daljinskog istraživanja« prvo su primijenjene u vojne svrhe, a još i danas je ova oblast istraživanja pod dominacijom vojnih organizacija, pa je većina materijala i podataka do kojih se ovim istraživanjima došlo nepristupačna širim naučnim krugovima. No i pored navedenog, ograničenog poznavanja dostignuća na tom polju,

uočena je velika vrijednost i mogućnost primjene te tehnike u raznim naučnim i tehničkim istraživanjima u kojima se ona danas uspješno primjenjuje. Ta nova tehnika istraživanja naročito se uspješno primjenjuje u raznim geološkim, rudarskim, geografskim, poljoprivredno-šumarskim i drugim istraživanjima.

Postoji više načina na koje se elektromagnetska zračenja mogu registrirati i zatim koristiti pri raznim istraživanjima. Prema načinu korištenja, u osnovi se razlikuju dva sistema: pasivni i aktivni. Pasivnim sistemom se re-



Slika 1. — Isječak iz elektromagnetskog spektra

gistriraju prirodne zrake, koje postoje bez naše volje (npr. reflektirano sunčano svjetlo), dok se aktivnim sistemom registrira umjetno zračenje (npr. radar odašilje elektromagnetske zrake i onaj dio zračenja koji se reflektira od pojedinih predmeta ponovo »hvata« i registrira). Kod oba navedena sistema radi se prvenstveno o snimanju iz zraka. Tim metodama istraživanja mogu se mjeriti poznata i određena svojstva nekog predmeta na zemlji ili pod zemljom, kao i registrirati razni drugi odnosi na zemlji, ili pod njenom površinom, zbog čega se takvo istraživanje naziva »daljinsko istraživanje«.

Spomenuti sistemi su veoma značajni za geološke istražne radove, jer imaju svojstva registriranja elektromagnetskih zračenja različitih valnih dužina. Primjenom određenog sistema koji ima svojstvo registriranja određenog područja elektromagnetskog spektra, dobijaju se i sasvim određeni geološki podaci.

Kod nas ne postoji o ovoj problematici gotovo nikakva stručna literatura, dok se u svijetu ovi sistemi već mnogo koriste za razne vrste istraživanja, tako da postoji i veći broj publikacija u stručnim časopisima, koje tretiraju tu problematiku — osobito u USA.

INFRACRVENA FOTOGRAFIJA

U aerofotogeološkoj analizi mnogo se koristi područje vidljivog dijela spektra, snimljenog pankromatskim filmom. Postupci snimanja i metode interpretacije već su dobro poznate i više puta opisivane.

U novije vrijeme se međutim, nastoje snimati, pojedini »isječci« iz vidljivog dijela spektra, kao i »bližeg« dijela infracrvenog spektra (od 400—900 μ). To se postiže upotrebom multiband kamerama, koje vrše simultano snimanje sa filmovima osjetljivim na različiti dio valne dužine spektra. Obično takve kamere imaju 9 kombinacija, tj. daju istovremeno 9 različitih vrsta snimaka, pri čemu svaka snimka zasebno ima takve vrijednosti tona koje su specifične za svoj dio spektra. Specifična vrijednost tona na devet vrsta snimaka istog područja daje interpretatoru mogućnost određivanja signature tona za svaki tip objekta. Postoje međutim i jednostavnije kamere za infracrveno snimanje, koje su u mnogo široj upotrebi od predhodnih (npr. Wild RC-8 sa Universal-aviogon objektivom).

Neposredno na vidljivi dio spektra nastavlja se tzv. »bliži« infracrveni spektar, koji se može fotografirati (700—500 μ). Za aerosnimanje međutim, za sada dolazi u obzir samo infracrveni dio spektra do 900 μ (radi odnosa brzine aviona i osjetljivosti filma).

Prema Langley-u (Wagner 1965) sastav sunčanog zračenja sadrži oko 55% infracrvenih zraka, 44% vidljivih i 1% ultravioletnih. Da bi se izvršilo snimanje tj. iskoristio infracrveni dio energije spektra, potreban je objektiv za infracrvene zrake, filter koji propušta samo infracrvene zrake i film koji je na te zrake osjetljiv.

Postupak kod izrade infracrvenih fotografija u principu se ne razlikuje od izrade pankromatskih snimaka, a i cijena izrade snimaka je gotovo ista.

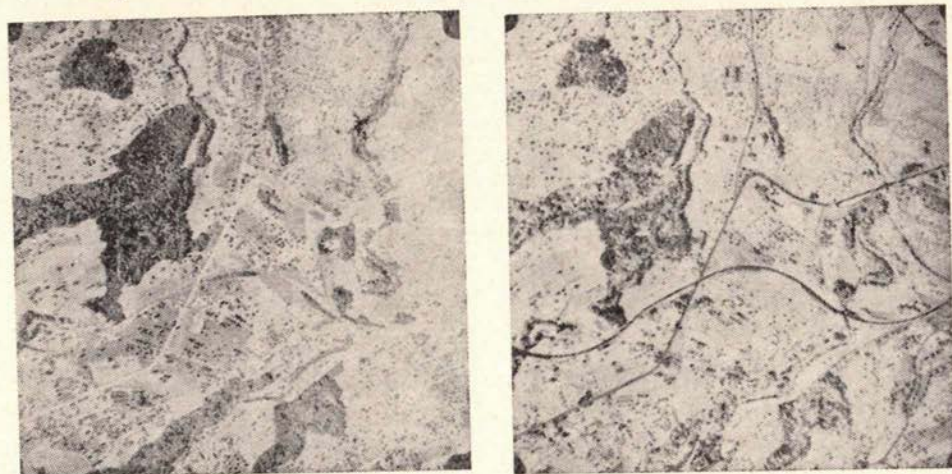
Pored crno-bijelih infracrvenih fotografija postoje i infracrvene »lažne kolor« fotografije, koje se također primjenjuju u raznim vrstama istraživanja. Međutim, njihova je cijena nekoliko puta veća od obične pankromatske fotografije.

◆ *Prednosti infracrvene fotografije:*

Atmosfera se prema vremenskim prilikama ponaša kao varijabilni »mutni medij«, koji mijenja optička svojstva zraka koje prolaze kroz njega. Zrake kraćih valnih dužina, općenito se jače raspršuju od zraka većih valnih dužina (infracrvenih), a to dovodi do smanjenja kontrasta na snimku, odnosno do gubljenja detalja na objektu. To praktički znači da je za aerosnimanje pankromatskim filmom osjetljivim na vidljivi dio spektra potrebno posebno

lijepo vrijeme (bez oblaka magle i veće vlage u zraku), dok ti elementi nemaju znatnijeg utjecaja prilikom snimanja infracrvenim filmom. Kombinacijom film-filter, moguće je dobiti velike razlike u fototonu, što u mnogome olakšava interpretaciju snimaka. Na sl. 2 vidi se razlika između pankromatskog i infracrvenog snimka.

Aerosnimci na infracrvenom filmu imaju široke mogućnosti primjene. Oni se naročito uspješno koriste pri istraživanju raznih tipova vlažnog tla i vegetacije. Budući da voda, kao i sve vlažne površine (vlažno tlo) dobro apsorbiraju infracrvene zrake, to će takva mjesta na aerofotosnimcima imati



Slika 2. — Aerosnimci područja Goldbach (Svicarska); u pankromatskoj (lijevo) i infracrvenoj (desno) tehnici. $M = \text{cca } 1:15000$. aerofoto: Wild Heerbrugg

taman do potpuno crni ton, što ovisi o intenzitetu vlažnosti. Na taj način moguće je pouzdano registrirati sve površinske vodene tokove i vlažne površine, a indirektnim zapažanjem u većoj ili manjoj mjeri može se zaključivati i na raspored i mjesta podzemnih akvifera.

Na infracrvenim snimcima postoji i tzv. »klorofil efekt«, po kojem infracrvene zrake reflektirane sa lišća drveća uvjetuju da je lišće na infrasmicima prikazano u svijetlim tonovima. Što je bujnija vegetacija, to će i njena zelena boja, koja je na pankromatskom snimku crna, biti svijetlija na infracrvenim snimcima (usporedi aerosnimke na sl. 2).

Taj momenat je vrlo važan za istraživanje tla i za hidrološke radove. Korišćenjem spomenutih efekata (svijetliji tonovi vegetacije i tamniji tonovi vodenih i vlažnih površina), te form reljefa, koji se na infracrvenim snimcima veoma dobro zapažaju omogućeno je posrednim putem zaključivanje na litološki sastav i strukturne forme koje eventualno pogoduju akumulaciji osnovnih voda, nafte rudnih žila i sl.

Infracrveni snimci se također mogu uspješno primjeniti kod raznih tehničkih zahvata, planiranja istražnih radova i istraživanja, kao npr. kod melioracionih radova, radova na regulaciji riječnih tokova, rješavanja hidroloških problema, problema koji se pojavljuju pri inženjersko-geološkim radovima (stabilitet terena, kod projektiranja saobraćajnica) itd.

Osim navedenog snimanja iz zraka, infracrveni film, primjenjuje se i za terestričko snimanje. Ovo snimanje je naročito pogodno za radove u vezi određivanja stabilneta terena. Praksa je nadalje pokazala da se infracrvena tehnika snimanja može uspješno primijeniti i u paleontologiji. Osobito kod mikro snimanja fosila. Na infracrvenom snimku može se naime, otkriti mnogo više detalja nego na običnom pankromatskom.

INDIREKTNA INFRACRVENA FOTOGRAFIJA

Fotografiranje ovom tehnikom ne zasniva se na direktnom snimanju reflektiranog sunčanog svijetla, nego »snimanja« (detekciji) toplinskih zraka koje isijavaju objekti: Toplinsku energiju koju zrače objekti »hvataju« specijalno građene kamere, koje zatim registrirane impulse indirektnim putem (pomoću infracrvenih detektora i specijalnih elektronskih sprava) prenose na film, pomoću kojeg se potom mogu izraditi aerofotografije.

Svi realni predmeti u prirodi zrače energiju. Intenzitet zračenja je proporcionalan 4. potenciji temperature. Faktor proporcionalnosti sadrži u sebi i veličinu koja ovisi o materijalu i površini predmeta. Predmet koji bi se nalazio na temperaturi apsolutne nule nebi zračio nikakvu energiju.

Općenito se može reći da zemljina površina zrači energiju, čiji spektar odgovara, približno spektru »Crnog tijela« kod 300 K°. To zračenje pri navedenoj temperaturi iznosi oko 460 Wata po m², a za svaki daljnji porast temperature za 1 C° raste i zračenja za 6,2 Wata (Morgan 1965). Zračenje je maksimalno kod valnih dužina od oko 9,5 mikrona.

Uz spomenuta zračenja pridružuje se danju još i reflektirano sunčano svijetlo, čiji spektar odgovara, približno spektru »Crnog tijela« kod 6000 K° sa maksimalnim zračenjem kod valnih dužina od oko 0,5 mikrona. »Crno tijelo« je idealno tijelo koje apsorbira svu upadajuću energiju i ponovno ju isijava kao funkciju svoje temperature. Savršeno »bijelo tijelo« se uzima kao tijelo koje ne apsorbira ništa od upadajuće energije. Ono je u cijelosti reflektira. Ovi se odnosi mogu prikazati na slijedeći način:

Intenzitet energije savršenog »Crnog tijela« jednak je upadnoj apsorbiranoj energiji tj. $I_c = aE_u$, gdje je veličina »a« jednaka 1, a označava faktor apsorpcije koji za savršeno »crno tijelo« iznosi upravo 1.

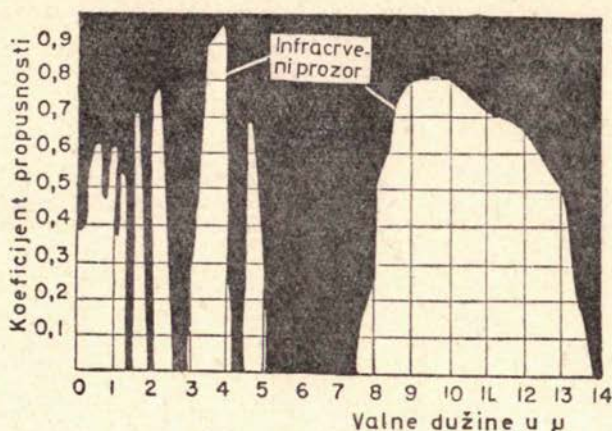
Za »bijelo tijelo« taj faktor je jednak nuli. Budući da praktički nema idealnih tijela za zračenje, već svi objekti odgovaraju različitim sivim tijelima, kojima je faktor »a« veličina između »0« i »1« isijavaju različitu količinu energije.

Infracrveno zračenje je često puta znatno izmjenjeno nakon prolaza kroz atmosferu koja ga selektivno apsorbira, naročito putem H₂O i CO₂ molekula. Na sl. 3 prikazane su karakteristike propusnosti atmosfere za infracrveno valno područje. Iz slike se vidi da će samo valne dužine koje se nalaze unutar tzv. »infracrvenog prozora« dospjeti do detektora ugrađenog u letilici i biti registrirane.

Razumljivo je da detektori moraju biti tako konstruirani da su upravo osjetljivi za određeno valno područje u ovom slučaju za valne dužine od 7—14 mikrona.

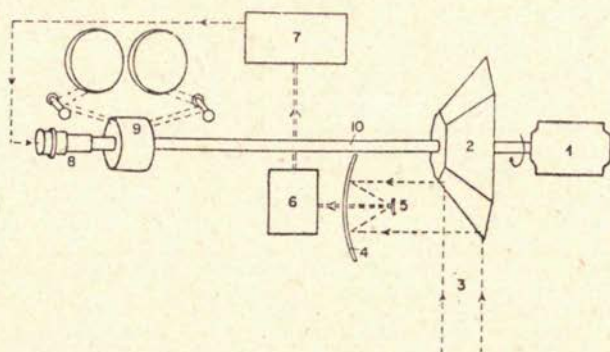
Za primjenu ove metode istraživanja nije potrebna direktna sunčeva svjetlost i lijepo vrijeme, a rad se može izvoditi i noću kao i danju. Instrumenti za registriranje toplinskih zraka, kao i rad s njima su jednostavni i

lako se montiraju u letelicu. Ova metoda ima široku primjenu kod različitih istraživanja kao u meteorologiji, oceanologiji, glaciologiji, geografiji, pedologiji, poljoprivredi i šumarstvu, rudarstvu, vojnom izviđanju itd.



Slika 3 — Atmosferska propusnost spektra po Parker-u (Haefner 1966)

Njena primjena ima posebno značenje u geološkim istraživanjima. Kod geoloških kartiranja moguće je odvajati različite litološke članove na osnovu različite emisije toplinskih zraka, kod tektonske analize utvrđivanje rasjednih sistema, otkrivanju mineralnih ležišta itd. Zatim u vulkanologiji pri razlučivanju aktivnih i ugašenih vulkana, određivanju zona najjače aktivnosti, te promjena u temperaturi.



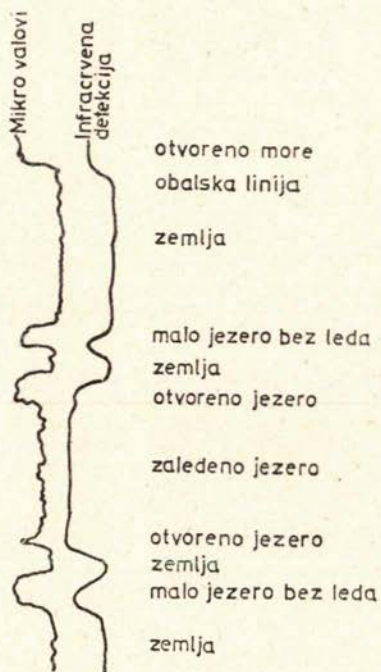
Slika 4 — Shema jednog aparata za infracrvenu detekciju (po Haefneru 1966).

1. pogonski motor, 2 prizmatska ogledala, 3 upadajući zraci, 4 konkavno ogledalo sa prorezom, 5 konveksno ogledalo, 6 detektor, 7 pojačalo, 8 i 9 prikazni instrumenti (neonska cijev i film).

Osobito značenje ima ova metoda u hidrologiji, gdje je na temelju toplinskih razlika moguće utvrditi površinske i podpovršinske vodene tokove i lokacije korisnih akumulacija, bilo pod površinom stijene, bilo pod morskom

površinom (vrulje) bilo da se rad o toplim, ili hladnim izvorima itd. Princip rada i tehnika snimanja ovom metodom prikazan je na sl. 4. Teren se »snima« pomoću rotirajućeg ogledala koje primljenu energiju usmjeruje prema detektoru koji ju registrira. Fotoni infracrvenog dijela spektra udarajući u detektor izazivaju električne impulse čiji intenzitet ovisi o intenzitetu toplinske energije koju je određeni »segment« terena izračio.

Električni impulsi se preko elektronskog pojačala vode do indikatorskog aparata gdje se prikazuju u obliku grafičke krivulje (sl. 5), ili se još češće impulsi električne energije ponovo pretvaraju u svijetlosne impulse s kojima se osvjetljava običan film, te tako nastaju »indirektne« infracrvene fotografije, koje ustvari predstavljaju termalnu kartu (sliku) tla.



Slika 5

Danas postoji čitav niz različitih detektora osjetljivih na pojedina valna područja. Svi oni rade na sličan način kao što je opisano, tj. na principu primjene fotoćelije. Na sl. 5 dat je prikaz grafkona dobivenih infracrvenom detekcijom i mikrovalovima, po Skiles-u (Haefner 1966).

Navedena »snimanja« je najkorisnije izvoditi prije zalaska sunca, jer tada objekti najintenzivnije i najrazličitije zrače toplinu, koju su apsorbirali, ili kratko vrijeme prije zalaska sunca, kada ti predmeti najmanje isijavaju. Usporedbom tih snimanja dobivaju se vrlo zanimljivi i korisni podaci.

Fizikalni temelji kod primjene mikrovalova u raznim istraživanjima odgovaraju metodi opisanoj kod infracrvenog zračenja. Međutim, kod rada sa mikrovalovima potrebna su tehnički kompliciranija postrojenja, a dobiveni rezultati su vrlo kompleksni. Radi se dakle o dugovalnim toplinskim zracima, kod kojih se umjesto optičkih sistema snimanja koriste antene, a umjesto detektora prijemnici mikrovalova tzv. Radiometri. Sa ovom metodom snima se vrlo uski »isječak« valnog područja, zbog čega se bolje registriraju detalji, nego prethodnim metodama (sl. 5). Pored toga prilikom rada sa mikrovalovima isključuju se bilo kakve vremenske neprilike (gusti i tamni oblaci, gusta magla i kiša, dok samo jako padanje snijega čini izvjesne smetnje). Negativne strane ove metode jesu:

Instrumenti su skuplji i kompliciraniji, pa se njima teže rukuje, a rezultati se teže interpretiraju, a česte su i razne smetnje (vjetar, šumovi, TV odašiljači i sl.) Primjena ove metode našla je mjesto pri istraživanju u glaciologiji, zatim kod raznih istraživanja vezanih za vlažna područja i područja temperaturnih razlika.

Rezultati snimanja ovom metodom većinom se »hvataju« na magnetofonsku vrpcu a kao konačan rezultat su grafičke krivulje (sl. 5), ili tzv. »karte toplinskih gradienata« odnosno »radiografske karte« (toplinskog zračenja). Na taj način moguće je registrirati temperaturne razlike od 1/10 do 1/100°C.

Potrebno je napomenuti da još uvijek ovaj sistem istraživanja nije potpuno razrađen kao ni metode interpretacije, zbog čega je za sada njegova upotreba ograničena.

R A D A R

Naprijed opisane metode primjene aeroprospekcije pripadale su tzv. pasivnom sistemu. Radar, međutim pripada aktivnom sistemu tj. zrači vlastitu energiju potpuno određene valne dužine. Energiju koja se reflektira od zemljine površine ponovo »hvata« i registrira. Intenzitet tog reflektiranog zračenja ovisi prije svega o površinskoj strukturi predmeta i njihovom položaju u prostoru. Na pr: glatke površine reflektiraju zrake kao ogledalo dok hrapave i neravne reflektiraju zrake difuzno. Homogena reljefna površina se prikazuje u mnogim varirajućim sivim tonovima. Zahvaljujući mogućnosti da se u letilicu mogu ugraditi uređaji sa jakim izvorom energije kao i veoma osjetljivi prijemnici, taj sistem zračne prospekcije imati će u budućnosti osobito značenje.

Prikaz podataka dobivenih ovom metodom je direktan-trenutačan, te omogućuje vizuelno promatranje na ekranu, ili se podaci snimaju na trake iz kojih je moguće dobiti »aerosnimke« za stereoskopsko promatranje. Na takvim fotogramima moguće je dešifrirati morfološke oblike, geološki sastav, strukturni sklop, itd.

Ovisno o svrsi istraživanja, upotrebljavaju se različite valne dužine. Za površinska istraživanja upotrebljavaju se manje valne dužine (npr. 0,834-0,909 cm), dok se za podpovršinska istraživanja upotrebljavaju veće valne dužine, koje prodiru u zemlju prije nego se reflektiraju ili apsorbiraju (npr. zrake valne dužine od 10 m prodiru nekoliko metara u dubinu).

Prednosti ove metode ogledaju se u sljedećem:

a — radarske zrake prodiru kroz atmosferu neovisno o vremenskim prilikama, zatim prodiru kroz vegetaciju gusto bilje, snježni pokrov i sl. te mogu dati podatke o geološkoj građi, tektonskim i drugim odnosima ispod njega.

b — radarski zraci većih valnih dužina prodiru i ispod zemljine površine te mogu dati podatke o sastavu tla i pod površinom.

Iz navedenog proizlazi da se »Radar-metoda« može uspješno primijeniti u raznim naučnim i tehničkim istraživanjima. Pri geološkim istraživanjima ova metoda je posebno pogodna za otkrivanje i za utvrđivanje litološkog sastava, površinskih i podpovršinskih struktura kao i njihove tektonske građe, stabilneta tla, debljine sedimenata itd.

Radarske zrake ukazuju i na stanovita kemijska svojstva tla, što doprinosi registriranju raznih mineralnih ležišta kao napr. sadržaj soli, lokalizacija podzemnih voda, ležišta nafte itd. Ova metoda se može uspješno primijeniti i u pedologiji, arheologiji, oceanologiji itd.

Princip rada

Antena koja je montirana ispod letilice snima teren u krugu do unaprijed određene distance. Za jedan okretaj antene potrebno je 2,5 sekunde. Snimljeni dio terena prikazuje se na okruglom ekranu gdje centar ekrana odgovara položaju letilice u trenutku snimanja. Na ekranu se nalaze koncentrični prstenovi koji služe za određivanje mjerila snimke, opsega snimljenog područja i azimuta snimanja za tačnu orijentaciju snimke. Ovakve snimke su sistematski izobličene (izobličenje odgovara radialnoj deformaciji kod običnih aerofotograma), ali postoje instrumenti koji automatski te deformacije otklanjaju. Takve slike najčešće se rade u sitnijim mjerilima (npr. 1:100000). Postoje i drugi načini radarskog snimanja terena. Npr. antene su postavljene sa strane letilice, a na dva ekrana pojavljuju se istovremeno obe trake terena snimanog na istoj filmskoj vrpici. Tako ne nastaju pojedinačne snimke, već se teren prikazuje u kontinuiranim filmskim vrpicama, koje istovremeno omogućuje stereoskopsko promatranje zbog čega su konstruirani specijalni instrumenti za promatranje i mjerenje podataka.

A B S T R A C T

NEW METHODS OF AEROPROSECTION AND THE POSSIBILITIES OF THEIR APPLICATION IN GEOLOGICAL EXPLORATIONS

Marinko Oluić — Zagreb

Except the conventional aerosurvey (panchromatic and orthochromatic) obtainable the visible spectrum, lately the new methods have been applied in geological explorations. These methods are based on the aerophotosurveys, and register even in that part of the spectrum which is impenetrable for human eye.

There are several methods that can register electromagnetic beams and be applied different exploration in later on.

Infrared photography

By means of the special camers some narrow parts of the electromagnetic spectrum (700—900 μ) can be registered. On such aerial photographs the contrasts between dry and wet surfaces can be well differentiated, what is of a great significance for hydrogeological explorations.

Indirect infrared photography — is based on the collecting the thermal beams emitted by the subjects themselves. The thermal energy is registered by the special cameras which by means of infrared detectors can give aerial photographs indirectly. This method can be used for different geological explorations.

Microwaves — radiometry

This method is also based on collecting the long-waved thermal beams by means of antennas and radiometers.

Radar — emits its own energy of a different wave length, collecting and registering only the reflected part of it. Radar rays can penetrate even under the earth surface.

By means of this method different geological relations and occurrences under the earth surface can be registered.

Р Е З Ю М Е

НОВЫЕ МЕТОДЫ АЗРОПРОСПЕКЦИИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Маринко Олуич

Наряду с обычным и часто применяемым аэрофотографированием (панхроматическим и ортохроматическим), органической видимой частью спектра, в настоящее время при геологических исследованиях применяются и другие методы, которые основываются на снятии и «улавливании» и той части электромагнитного спектра, которую глаз человека не в состоянии регистрировать.

Существует много приемов, с помощью которых электромагнитные излучения могут быть зарегистрированы и стать доступными при различных исследованиях.

ИНФРАКРАСНАЯ ФОТОГРАФИЯ — С помощью специальных камер возможно регистрировать отдельные узкие «отрезки» электромагнитного спектра (700—900 мμ). На таких аэрофотоснимках хорошо выражаются контрасты, особенно между влажными и сухими поверхностями, что находит успешное применение при гидрологических исследованиях.

КОСВЕННАЯ ИНФРАКРАСНАЯ ФОТОГРАФИЯ — Этот метод основывается на «улавливании» тепловых лучей (эмиссий), которые излучают объекты. Ту тепловую энергию «улавливают» специальные камеры и с помощью инфракрасных детекторов возможно косвенным путем получить аэрофотоснимки.

Этот метод применяется во многих областях при различных геологических исследованиях.

МИКРОВОЛНЫ - РАДИОМЕТРИЯ — Этот метод также основывается на «улавливании» длинных волн тепловых лучей с помощью антенн и радиометра.

РАДАР — Радар отсылает собственную энергию волн определенных длин и отраженную часть «улавливает» и регистрирует. Радарные лучи больших длин волны проникают и под земную поверхность. Благодаря этому, с помощью радара возможно регистрировать различные геологические взаимоотношения пород и явления, происходящие под земной поверхностью.

L I T E R A T U R A

- 1) F. Ackerl, Infrarot Photogrammetrie, Wiss. Z. Techn. Hochsch. Dresden 8 1958/59 H. 2, str. 285-294.
- 2) L. H. Cameron, Radar as a Survey Instrument in Hydrology and Geology. Proceedings 3rd Symposium Remote Sensing of Environment, Okt 1964; Infrared Physics Lab. Uni. of Michigan, Ann Arbor str. 441-452.
- 3) N. R. Colwell, Some Practical Applications Multiband Spectral Reconnaissance. American Scientific 1/1961.
- 4) N. R. Colwell, Remote Sensing of Natural Resources. American Scientific 1/1968.
- 5) M. A. Feder, Radar Geology can Aid Regional Oil Exploration. World Oil, 7/ 1962. vol. 155, No 1, str. 130-138.
- 6) A. W. Fischer, Reflection of Soil Covered Structure on Infrared Photography. Proc. — Symp. on Detection of Underground Objects... US Army Engineer Research and Development Lab., Fort Belvoir.
- 7) A. W. Fischer, Geologic Applications of Remote Sensors. Proc. of the 4th Symp. on Remote Sensing of Environment. Okt. 1966; Inst. of Science and Technologic, Uni. of Michigan, Ann Arbor, str. 13-19.
- 8) A. W. Fischer, Fresh-Water Springs of Hawaii from Infrared Images. Hydrologic Investigation Atlas HA-218. Published by the US Geol. Survey Washington D. C. 1966.
- 9) W. Fricke, K. Völger, Falschfarben-Photographie für die Luftbild-Interpretation. Umschau in Wissenschaft und Technik, 1965, H. 14. str. 441-443.
- 10) H. Haefner, Neue Verfahren der Luftbilderkundung und ihre Anwendungsmöglichkeiten. »Erdkunde Archiv für wissenschaftliche Geographie. B. XX, lfg. 2, Bonn, 1966, str. 130-141.
- 11) P. Hoffman, Progress and Problems in Radar Photo-Interpretation PE 4/1960.
- 12) H. L. Lattman, Geologic Interpretation of Airborne Infrared Imagery, PE 1/1963.
- 13) S. E. Leonardo, Capabilities and Limitations of Remote Sensors. Proc. of the Third Symp. on Remote Sensing of Environment, Okt. 1964; Inst. of Science and Technology, Uni. of Michigan, Ann Arbor, str. 1-18.
- 14) T. Maruyasu, N. Motomitsu, On the Study and Application of Infrared aerial Photography. Report of the Institute of Industrial Science Uni. of Tokyo, vol. 10, No. 1, 1960, str. 1-16.
- 15) P. Meilnberg, Die Landnutzungskartierung nach Pan. —, Infrarot und Farbluftbildern. Münchner Studien zur Sozial- und Wirtschaftsgeographie, 1966, Regensburg.
- 16) K. H. Meier Über die Benutzung von Infrarotemulsionen in der Photogrammetrie, Bildmessung und Luftbildwesen, 1962, H. 1, str. 3-13.
- 17) J. Morgan, Infrared Technology. Proc. of the Third Simp. on Remote Sensing of Environment, Okt. 1964; Inst. of Science and Technology. Uni. of Michigan, Ann Arbor, str. 51-65.
- 18) M. Plotnikov, Infracrvena fotografija i njena primjena, Zagreb, 1946.
- 19) O. H. Rydstrom, Interpreting Local Geology from Radar Imagery. Proc. of the 4th Symp. on Remote Sensing of Environment. Okt. 1966; Inst. of Science and Technology, Uni. of Michigan, Ann Arbor, 1966, str. 193-201.
- 20) G. Wagner Infrarot Photographie der Weg ins Unsichtbare' Stuttgart, 65.
- 21) O. Wey, Infrarot. Opticus 1955 (2): str. 1-4; Wild Heerbrugg AG.