

INSTITUTUL DE GEOLOGIE ȘI GEOFIZICĂ
STUDII TEHNICE ȘI ECONOMICE

SERIA D

Prospecțiuni geofizice

Nr. 11

STUDII ȘI CERCETĂRI
DE GEOFIZICĂ APLICATĂ



BUCUREŞTI
1976



Institutul Geologic al României

CONTENU

(Résumé)

	Page
R. Botezatu. Contributions géophysiques à l'étude des volcanites néogènes de Roumanie	5
M. Visarion, P. Polonic, E. Ali-Mehmed. Contribution à l'étude des formes structurales du sel de la dépression de la Transylvanie	29
E. K. Hristov. Considérations sur l'application de méthodes géophysiques souterraines à l'exploration géologique des gisements de plomb et de zinc des monts Rodopi (Bulgarie méridionale)	63
M. Visarion, C. Sava. Contributions à l'interprétation des résultats des recherches gravimétriques souterraines	83
E. K. Hristov, I. I. Belcev, E. V. Hristov. Application de la méthode de la radiogoniométrie à l'interception des travaux miniers par les sondages	95
N. Scupin, C. Nițică. Recherches géoélectriques concernant les mineralisations de sulfures polymétalliques liées à l'activité du magmatisme néogène de la zone de Cisma-Coasta Ursului, département de Maramureș	103
Cr. Mihail, D. Svoronos, L. Mihăilescu. Recherches géoélectriques dans les Monts Métallifères, zone de Glam-Calvaria	111
Cr. Mihail. Anomalies géoélectriques et géomagnétiques dans les aires cristallines des Carpathes Orientales	123
F. Ionescu, P. Polonic, Ramona Plavita. Recherches micromagnétiques sur les roches volcaniques	129
Sieglinde Iosif, T. Iosif. Analyse spectrale complexe du séisme de Vrancea, du 2 octobre 1970	141
F. Rădulescu, P. Constantinescu, A. Sava, A. Pompilian, N. Ibadof. Recherches séismiques concernant l'étude des limites de profondeur au nord de Monts Apuseni	154
M. Visarion. Considérations sur un procédé expéditif de séparer les sources des anomalies gravimétriques	163
I. Diaconu. Contributions au calcul de la déviation verticale dans la zone centrale	175
A. Apostol, I. Fl. Dumitrescu. Mesurages radiotélémétriques de la variation diurne du signal dowsing	187
A. Kluger, C. Patrichi. Gammascopromètre différentiel de sonde	193
M. Visarion, C. St. Sava. Étude de l'anomalie du champ de la pesanteur de la zone centrale de la dépression de la Transylvanie	199
Gh. Andriescu, Cr. Mihail. Recherches géoélectriques en vue de déceler des eaux thermales dans la zone de Băile Felix, Bihor	213



CUPRINS

	Pag.
R. Botezatu. Contribuții geofizice la studiul vulcanitelor neogene din România	5
M. Visarion, P. Polonic, E. Ali-Mehmed. Contribuții la studiul formelor structurale ale sării din Depresiunea Transilvaniei	29
E. K. Hristov. Considerații privind aplicarea unor metode geofizice în subteran la explorarea geofizică a zăcămintelor de plumb și zinc din Munții Rodopi (Bulgaria de sud)	63
M. Visarion, C. S. Savă. Contribuții la interpretarea rezultatelor cercetărilor gravimetrice în subteran	83
E. K. Hristov, I. I. Belcev, E. V. Hristov. Aplicarea metodei de radiogoniometrie pentru interceptarea sondelor cu lucrările miniere . . .	95
N. Scupin, C. Nițică. Cercetări geoelectricre privind mineralizațiile de sulfuri polimetale legate de activitatea magmatismului neogen din zona Cisma-Coasta Ursului, județul Maramureș	103
Cr. Mihail, D. Svoronos, L. Mihăilescu. Cercetări geoelectricre complexe în zona Glam-Calvaria din Munții Metaliferi	111
Cr. Mihail. Cercetări geoelectricre și geomagnetice în cristalinul Carpaților Orientali	123
F. Ionescu, P. Polonic, Ramona Plaviță. Cercetări micromagnetice pe roci vulcanice	129
Sieglinde Iosif, T. Iosif. Analiza spectrală complexă a cutremurului vîrnicean din 2. X. 1970	141
F. Rădulescu, P. Constantinescu, A. Savă, A. Pompilan, N. Ibadof. Cercetări seismice pentru studiul limitelor de profunzime din nordul Munților Apuseni	154
M. Visarion. Considerații asupra unui procedeu expedativ de separare a surseelor de anomalii gravimetrice	163
I. Diaconu. O contribuție la calculul deviației verticalei în zona centrală .	175
A. Apostol, I. Fl. Dumitrescu. Măsurători radiotelemetrice ale variației diurne a semnalului dowsing	187
A. Klugher, C. Patrichi. Gamaspectrometru diferențial de sondă	193
M. Visarion, C. St. Savă. Studiul anomaliei cimpului gravitației din zona centrală a depresiunii Transilvaniei	199
Gh. Andriescu, Cr. Mihail. Cercetări geoelectricre pentru descoperirea de noi surse de ape termale la Băile Felix, județul Bihor	213
* * * Recenzii	227





Institutul Geologic al României

108749

CONTRIBUȚII GEOFIZICE LA STUDIUL VULCANITELOR NEOGENE DIN ROMÂNIA¹

DE

RADU BOTEZATU²

Abstract

G e o p h y s i c a l C o n t r i b u t i o n s t o t h e S t u d y o f N e o g e n e V o l-
c a n i t e s f r o m R o m a n i a . This paper represents a general survey with specification
of main trends and tendencies, the nature of achievements recorded in geophysical activity
as regards the study of volcanites in Romania. It is based on results recorded in 150 internal
reports and a large number of published works. There are presented and discussed data yielded
by magnetometry, aeromagnetometry, gravimetry and microgravimetry, electrometry, by syn-
thesis works, those provided by geophysical logging in boreholes and by underground measure-
ments, that allowed the clearing up of various problems connected with the Neogene mag-
matism, as well as both theoretical and practical contributions which led to the improvement
of the utilized geophysical techniques. Data furnished by geophysical activity contributed to
the elaborating of new working hypotheses or the improvement of the existing ones, and also
to the substantiation of some designs and geological working schemes; on their basis practical
results have been obtained, which involved the rise of the efficiency of geological research
relating to Neogene magmatism products from Romania as well as to mineralizations connected
with them.

Interesul cercetării produselor activității vulcanice neogene și,
îndeosebi, a structurilor masive vulcanice și subvulcanice este justificat
de posibilitatea ca acestea să găzduiască importante mineralizații auro-
argentifere sau de metale neferoase. Dacă avem în vedere faptul că în
țara noastră totalitatea producției de aur și argint, precum și o mare
parte din aceea de cupru, plumb și zinc provine din zăcăminte a căror

¹ Prezentată în Sesiunea științifică a Institutului de Geologie și Geofizică organizată
în cîmtea Congresului al XI-lea al P.C.R., în ziua de 23 noiembrie 1974.

² Universitatea din București, Facultatea de geologie și geografie, Secția de inginerie
geologică și geofizică, str. Traian Vuia nr. 6, București 7000.



geneză este legată de magmatismul neogen, reiese clară importanța pe care o prezintă în ansamblul activității geologice studiul vulcanitelor neogene.

Alături de cartarea geologică și de prospecțiunea geochemicală, metodele geofizice pot fi de un incontestabil ajutor la descoperirea, localizarea, delimitarea și diferențierea unor diferite tipuri de structuri în cuprinsul ariilor ocupate de vulcanite neogene. Magnetometria, gravimetria și, în unele cazuri electrometria, sunt principalele metode geofizice capabile să aducă informații referitoare la structuri de acest gen.

În România, cercetarea geofizică a terenurilor vulcanice neogene a fost inițiată după anul 1950. În cei peste 20 de ani care s-au scurs de la începuturile modeste și timide ale anului 1952, s-a efectuat un volum foarte mare de lucrări a căror rezultate sunt consemnante — pînă în anul 1973 inclusiv — în 150 de rapoarte din care 139 se referă la cercetări și prospecții de teren, iar restul de 11 reprezentă sinteze geofizice complexe pe unități structural-geologice. Experiența acumulată pe acest front larg de execuție de lucrări geofizice, în condițiile unei dotări cu aparatură și mijloace de lucru moderne, ținind continuu pasul cu ultimele realizări ale tehnicii pe plan mondial, a introducerii și dezvoltării calculului electronic în prelucrarea și interpretarea datelor obținute, a diversificării și adîncirii problematicii geologice de rezolvat, a unei exigențe mereu crescute atât sub aspect geofizic cît și geologic etc., s-a concretizat în contribuții importante, atât pe plan teoretic cît și practic-aplicativ, pe care geofizica românească le-a adus la avansarea gradului de cunoaștere geologică a ariilor constituite din vulcanite neogene, precum și la tehniciile de execuție și de interpretare a lucrărilor geofizice efectuate în astfel de terenuri. Cu justificată mîndrie se poate constata că unele din aceste contribuții au depășit granițele țării noastre.

De la început trebuie arătat că cercetarea geofizică a terenurilor constituite din vulcanite neogene are trăsături specifice proprii, care o diferențiază net față de cercetarea unor altfel de tipuri de magmatite sau a terenurilor cristaline or sedimentare. Aceasta provine în primul rînd de la modul cum se realizează contrastele de proprietăți fizice între rocile sau structurile pe care le îmbracă acestea, legate fie de tipurile de separație ale faciesurilor petrografice, fie de o serie de fenomene care afectează aceste roci, printre care hidrotermalizarea ocupă un rol preponderent; la cele de mai sus trebuie adăugate modul specific de punere în loc a structurilor eruptive, caracterul efuziv sau exploziv al activității vulcanice, caracterul predominant discordant al unor structuri vulcanice sau subvulcanice față de terenurile în cuprinsul căror sint puse în loc, stadiul de eroziune al acestora, energia reliefului care caracterizează regiunile constituite din vulcanite neogene etc.

Din punct de vedere geografic, vulcanitele neogene din cuprinsul țării noastre sint repartizate în trei zone principale și anume: Munții Apuseni, munții Oaș-Gutî și munții Călimani-Gurghiu-Harghita.



Înainte de a trece la examinarea contribuțiilor geofizice la avansarea gradului de cunoaștere geologică a produselor vulcanismului neogen din țara noastră, se impune o scurtă trecere în revistă a caracteristicilor geologice ale acestui tip de magmatism, îndeosebi sub acele aspecte care influențează rezultatele obținute prin aplicarea metodelor geofizice.

În prezentarea acestor caracteristici a fost luată ca bază harta geologică a României scara 1 : 200.000 editată de Institutul Geologic — foile respective împreună cu textele explicative — reprezentând versiunea oficială cea mai recentă a geologiei țării noastre. Au fost, de asemenea, consultate monografiile sau manualele care tratează direct sau cuprind referiri cu privire la magmatismul neogen din România (Ghițulescu, Socolescu, 1941; Oncescu, 1965; Iancovici et al., 1969 și Petruilian, 1973; Giuşcă, 1974).

În partea sudică a Munților Apuseni, începînd din Tortonian și pînă în Pleistocenul inferior, s-a desfășurat o intensă activitate magmatică ale cărei produse sint reprezentate prin roci sedimentare tufacee tufuri, piroclastite, curgeri de lave, corperi filoniene, neck-uri și stilpi avînd o compoziție petrografică variată. Au fost separate trei cicluri principale ale acestei activități (Lupu et al., 1967; Bleahu et al., 1968; Heraș et al., 1968).

Activitatea vulcanică din primul ciclu are un caracter riolitic și andezitic și este reprezentată, fie prin produse caracteristice unor structuri vulcanice de dimensiuni relativ mici, acoperite — prin continua scufundare a bazinului — de orizontul pietrișurilor de Almașul Mare, fie prin produse caracteristice unor secvențe explozive care au generat piroclastite, lave piroclastice și curgeri restrînse de lave. Îndeosebi, pe aria Munților Metaliferi, parte din structurile puse în loc în acest ciclu au fost dezgolite prin eroziunea formațiunilor sedimentare acoperitoare sau au fost distruse de fazele ulterioare de erupție, ceea ce a determinat uneori extinderea proceselor de hidrotermalism și asupra acestor roci.

Cel de-al doilea ciclu se caracterizează printr-o activitate preponderent efuzivă, cu caracter dacitic și andezitic cuarțifer, care a condus la formarea unor importante edificii și aparate vulcanice și subvulcanice, precum și la acoperirea unor suprafețe relativ extinse cu produse andezitice.

În fine, cel de-al treilea ciclu s-a manifestat atît efuziv cît și exploziv, generînd emisiuni de lave și piroclastite ale unor andezite piroxenice.

Corpul vulcanitelor neogene Oaș-Gutii, cunoscut și sub numele de munții vulcanici ai Băii Mari, are aspectul geomorfologic caracteristic regiunilor cu vulcanite afectate de o eroziune puternică, fiind reprezentat prin platouri de lave și proeminente conice determinate de prezența unor stilpi vulcanici. Eruptiunile în această regiune s-au desfășurat aproape continuu, generînd produse variate, putîndu-se distinge și aici trei cicluri principale (Heraș, Bombero, 1967).

Primele eruptiuni încep în Tortonian și se continuă pînă în Sarmatian. Acestea au avut un caracter exploziv, fiind reprezentate prin piroclastite acide însoțite de riolite, cărora le-au urmat efuziuni de andezite străbătute ulterior de riolite.



Cel de-al doilea ciclu din această regiune grupează dacite și andezite cuarțifere, precum și andezite cu hornblendă și piroxeni, și s-a desfășurat la începutul Pannonianului.

Al treilea ciclu, care a avut loc în Pannonianul superior și mai târziu, a produs roci andezitice cu predominarea curgerilor de andezite bazaltoide.

Rocile andezitice îndeosebi prezintă aspecte destul de variate din cauza diferențelor stadii de transformări hidrotermale; în zonele puternic transformate, destul de frecvent hidrotermalizarea imprimă rocilor aspectul de pirolastite (pseudoaglomerate).

În afara de curgerile de lave andezitice sau dacitice, produsele activității vulcanice din munții Oaș-Gutii îmbracă forme de zăcămînt, de tipul unor aparate vulcanice cu dimensiuni mici, stilpi, dyke-uri, filoane-strat și, ca o apariție singulară, de cupolă.

Regiunea munților Călimani-Gurghiu-Harghita este caracterizată printr-o formațiune vulcanogen-sedimentară, care ocupă o arie foarte întinsă la baza edificiului vulcanic, alcătuind fundimentul pe care s-au desfășurat procesele ulterioare ale vulcanismului neogen care au condus la formarea suprastructurilor actuale.

Imensa masă de roci vulcanice a fost pusă în loc ca urmare a activității unor aparate vulcanice de tip central cu manifestare mixtă, preponderent explozivă dar cu lungi episoade de activitate efuzivă, astfel încît marile caldere sau celealte aparate cu crater foarte bine conservate să prezinte o structură caracterizată prin existența unei alternanțe de pirolastite și de curgeri de lave.

Rocile vulcanice aparținând magmatismului neogen sunt reprezentate prin diferite varietăți de andezite, dacite și bazalte.

Pirolastitele — atât cele din formațiunea vulcanogen-sedimentară cît și cele care apar legate de aparatele vulcanice, ocupind deobicei interiorul acestora — sunt constituite din breccii și aglomerate, microbreccii și tufuri lapilice cu fragmente din diferite tipuri de andezite.

Curgerile de lave sunt predominant andezitice, dar sunt prezente și cele bazaltice. În nordul regiunii sunt cunoscute și curgeri noroioase de material vulcanic, care au condus la acumularea unor depozite de lahar.

Rocile masive prezintă forme de zăcămînt variate, ca lacolit, cupolă, dom, stilp, dyke și sill.

Fenomenele de alterare hidrotermală ale rocilor vulcanice din această regiune sunt în general slabe, deși, în unele cazuri, pot atinge stadii — îndeosebi de caolinizare — foarte puternice (Marinescu, Peltz, 1967; Alexandrescu et al., 1968; Patrulius et al., 1968; Vasilescu et al., 1968).

Chiar și din această succintă prezentare reiese clar atât varietatea condițiilor fizico-geologice cît și diversitatea problemelor geologice pe care le oferă cercetării geofizice vulcanitele neogene din țara noastră, atât în cuprinsul fiecărei zone cît și între cele trei zone principale constituite din roci vulcanice.



Primele lucrări geofizice, cu obiect de cercetare vulcanitele neogene, au fost efectuate prin magnetometrie la sol. Rezultatele obținute pînă în prezent sunt consemnate într-un număr total de 57 rapoarte de prospecțiune, din care 35 privesc diferite arii din Munții Apuseni, începînd cu sudul munților Bihor³, 13 rapoarte se referă la regiunea Baia Mare începînd cu zona Seini⁴, la care trebuie adăugată și o cartare magnetică cu caracter regional⁵, iar restul de 9 rapoarte la munții Călimani-Gurghiu-Harghita inițiate în zona mediană a acestui lanț muntos^{6,7}. În afară de acestea, aspecte cu implicații mai accentuat teoretice au fost publicate în reviste științifice de specialitate.

Rocile efuzive și extrusivе, ca și cele subvulcanice, precum și gradul diferit de hidrotermalism al acestora, își trădează caracteristicile lor prin caracterul diferențiat al intensității structurii și morfologiei anomalilor magnetice pe care le produc.

Pentru fundamentarea interpretării geologice a anomalilor magnetice au fost efectuate un număr mare de determinări de proprietăți magnetice ale diferitelor tipuri de vulcanite, ale căror rezultate se găsesc consemnate într-un număr mare de rapoarte de prospecțiune. Pentru unele regiuni, ca de pildă Munții Apuseni și zona nordică a masivului Poiana Rusă, au fost efectuate lucrări cu caracter de generalizare privind atât valorile proprietăților magnetice cît și caracterizările structurii cîmpului magnetic produs de diferitele tipuri de roci sau de produse ale activității vulcanice (Romanescu, 1969), pe baza cărora s-au putut stabili unele criterii de interpretare cu valabilitate regională.

Cartarea magnetică a adus importante contribuții la descoperirea și conturarea structurilor vulcanice și subvulcanice. În general, rocile masive cu forme de zăcămînt de tip lacolit, cupolă, dom, neck, stilp, filon etc., se reflectă în anomalii magnetice de maxim. Aceasta, deoarece astfel de roci se găsesc în contrast pozitiv de proprietăți magnetice fie cu alte produse ale activității vulcanice (piroblastite, curgeri de lave etc.), fie cu formațiuni sedimentare or cristaline caracterizate prin proprietăți magnetice mai puțin intense decît ale acestora. Nu sunt excluse însă și situațiile în care, contrastul de proprietăți magnetice realizîndu-se față de roci magmatische cu proprietăți magnetice mai intense sau comparabile, anomalile cartate să aibă caracter de minim sau chiar să nu apară anomalii.

³ Tr. Cristescu. Raport asupra măsurătorilor magnetometrice ΔZ în zona Cărpinoasa-Chișcău-Sebeșel, regiunea Bihor. 1952 Arh. MMPG (IGPSMS), București.

⁴ Elvira Tudose, E. Diana. Raport asupra prospecțiunilor magnetometrice executate în Munții Gutuiului, zona Seini, pentru aur. 1962. Arh. MMPG (IGPSMS), București.

⁵ P. Suciu. Raport asupra prospecțiunilor magnetometrice cu caracter regional în regiunea Maramureș (Baia Mare-Satu Mare). 1962 Arh. MMPG (IGPSMS), București.

⁶ A. Ștefănescu. Raport preliminar asupra măsurătorilor magnetometrice ΔZ din regiunea Munții Gurghiului 1956. Arh. MMPG (IGPSMS), București.

⁷ Vl. Stăflea. Raport asupra măsurătorilor magnetometrice ΔZ executate în regiunea Munților Gurghiului de sud. 1956. Arh. MMPG (IGPSMS), București.

Există și posibilitatea unor magnetizări inverse a rocilor vulcanice masive, care se manifestă prin producerea unor intense anomalii de minim pe astfel de structuri. Sunt cunoscute mai multe cazuri în țara noastră, îndeosebi în Munții Apuseni. Un exemplu tipic în acest sens este reprezentat de corpul andezitic Uroiu (Ariani, 1960), parțial magnetizat invers, la care magnetizarea termoremanentă inversă a fost pusă pe seama transformărilor fizico-chimice provocate de acțiunile agentilor fumero-lieni, precum și de oxidările lente în stare solidă a masei andezitice.

Este de precizat că în privința fenomenului de magnetizare termoremanentă au fost aduse și unele contribuții teoretice interesante⁸, semnalându-se că intensitatea acestui fenomen nu depinde numai de intensitatea cimpului magnetizant și de intervalul de temperatură, ci și de viteza de răcire a substanței asupra căreia se manifestă acest fenomen. Rezultatele teoretice, verificate experimental, nu au fost încă suficient preluate în activitatea geologică pentru explicarea comportării magnetice — uneori imprevizibile — a unor tipuri de roci în general și, de vulcanite, în particular.

Cele precizate mai sus sunt valabile pentru vulcanitele masive care nu sunt afectate sau sunt numai slab afectate de metamorfismul hidrotermal. În astfel de cazuri, anomaliiile magnetice generate de către astfel de structuri masive sunt destul de intense și bine conturate, așa încât pot fi separate cu ușurință în raport cu cele generate de alte produse ale activității vulcanice ori de alte tipuri de roci magmatice, metamorfice sau sedimentare.

Acțiunea soluțiilor hidrotermale asupra diferitelor structuri vulcanice și subvulcanice se reflectă în mod direct și diferențiat în anomaliiile magnetice produse de către acestea.

În unele cazuri, cu cât metamorfismul hidrotermal este mai intens, cu atât intensitatea anomaliei magnetice este mai redusă ca urmare a transformării magnetitei primare în hematit, martit sau limonit, transformare care este însoțită de o scădere sensibilă a intensității proprietăților magnetice inițiale ale rocilor vulcanice. Acest fenomen, pus în evidență inițial în cazul coșului andezitic Vînăț-Afiniș de la Baia de Arieș (Romanescu, 1963), a fost regăsit și în alte zone ale Munților Apuseni (Calotă, Romanescu, 1963), ca și în alte regiuni de vulcanite neogene. Este de precizat că în unele cazuri această scădere a proprietăților magnetice poate fi foarte accentuată, anomalia magnetică produsă de roca vulcanică alterată hidrotermal fiind comparabilă ca aspect și intensitate cu aceea produsă de rocile adiacente, de exemplu de șisturile cristaline în cazul aparatului vulcanic de la Vînăț-Afiniș.

Un caz foarte interesant în același sens este prezentat de corpul vulcanic de la Sintimbru din lanțul vulcanic Călimani-Gurghiu-Harghita. Fenomenele de alterare hidrotermală, reprezentate în principal prin caolinizări și silicificări, afectează cu diferite intensități atât piroclastitele de

⁸ C. Păpușoi. Efectul variației vitezei de răcire asupra intensității de magnetizare termoremanentă. Aplicații geofizice, 1971, Universitatea din București (Rezumatul tezei de doctorat).



la suprafață și și andezitul de corp, au aceleași caracteristici, aşa cum a reieșit din lucrările miniere și forajele executate. Intensitatea diferită a anomalilor magnetice corespunzătoare reflectă fidel gradul diferit de alterare. Mai mult decât atât, orientarea preferențială a anomalilor magnetice pe două direcții principale, conjugate, orientate NW—SE și NE—SW, sugerează condițiile specifice în care a avut loc transformarea hidrotermală a acestui aparat vulcanic. Astfel este de presupus că în procesul de răcire bruscă a corpului andezitic de la Sântimbru, probabil combinat și cu unele forțe tectonice, acesta a crăpat îndeosebi după direcțiile precizate mai sus, presiunile interne au orientat preferențial cristalele de magnetită primară, iar sistemul dublu de crăpături și fisurăriile care le-au însoțit au constituit inițial principalele căi de circulație a soluțiilor hidrotermale care, urmare transformării feldspațiilor în caolin și, odată cu aceasta, a creșterii porozității și permeabilității rocii, s-au extins progresiv lateral.

Sunt însă și cazuri în care activitatea hidrotermală nu are ca efect scăderea proprietăților magnetice ale rocii proaspete, ci, din contra, o creștere a acestora. Acest fenomen, cunoscut ca o manifestare la corporile magmatische intrusive de tip granitic, granodioritic și dioritic din Canada (Fontain, 1968), a fost pus în evidență pentru prima dată în țara noastră în cazul unor roci vulcanice masive, în fapt la corpul subvulcanic de la Roșia Poieni din Munții Apuseni⁹. Efectele magnetice ale unor astfel de structuri apar ca foarte intense și mozaicate. Semnificația acestei comportări particolare a rocilor vulcanice masive, hidrotermalizate, este următoarea: alterarea hidrotermală produce o diminuare a proprietăților magnetice ale întregului corp ca urmare a transformării magnetitei primare în hematit, martit sau chiar limonit, dar, dacă procesul de metamorfism hidrotermal se continuă și urmează o depunere de magnetită hidrotermală, în una sau chiar două generații, atunci se realizează o refacere a proprietăților magnetice; este chiar posibil, uneori ca, datorită unui conținut important de magnetită hidrotermală, proprietățile magnetice actuale ale unei roci vulcanice să le depășească pe cele inițiale. În acest caz, anomalia magnetică apare ca foarte intensă și fragmentată, maximele indicind ariile care conțin sistemele de fisuri de-a lungul căror s-a depus magnetita hidrotermală.

Curgerile de lave pot produce, de asemenea, anomalii magnetice. Intensitatea unor astfel de anomalii depinde de natura petrografică a acestor vulcanite (diferite tipuri de andezite, dacite sau bazalte), iar structura cimpului magnetic anomal este în general calmă cu aspecte uneori mozaicate. Anomaliiile produse de curgerile de lave sunt net con-

⁹ J. Andrei, F. Ionescu, Elvira Ciucur, I. C. Nedelcu. Sinteză lucrărilor geofizice din eruptivul Munților Metaliferi, zona Runculești-Roșia Poieni, pentru mineralizații neferoase și auroargentifere, 1973, Arh. MMPC (IGG), București.

trastante față de acele create de structurile masive și se diferențiază între ele prin nivelul de intensitate coreabil cu tipul de rocă din care sănă constituie.

Un alt tip de vulcanite neogene, cu arii de răspândire foarte mari în toate cele trei zone și cu grosimi uneori importante, ca acele din lanțul vulcanic Călimani-Gurghiu-Harghita, este reprezentat de produsele explozive ale activității vulcanice și, îndeosebi, de piroclastite. Compoziția texturală a acestora, reprezentată prin proporția de bombe, blocuri, lapilli etc., forma fragmentelor (angulară, subangulară, subrotunjită etc.), ca și compoziția lor petrografică reprezentată îndeosebi prin diferite tipuri de andezite — de la cele cuartifere la cele bazaltoide — constituie tot atâtea surse de natură fizico-geologică în măsură să producă deformații ale cimpului geomagnetic local. Într-o lucrare destinată studiului acestui tip de vulcanite din unele zone ale munților Călimani, Gurghiu și Metaliferi (Peltz, Peltz, 1969), se arată că diferitele forme de piroclastite, ca, de exemplu, aglomerate cu masa de legătură microaglomeratică și lapilică, microagglomerate, breccii sau microbreccii piroclastice etc., sănă constituie din fragmente care se înscriu în diferite clase granulometrice, în mod obisnuit între 8 mm și 1100 mm, dar conținând frecvent fragmente de ordin de mărime între 1000 mm și 4000 mm și, în mod excepțional, pînă la 8200 mm. Anomalii magnetice cartate pe astfel de vulcanite au intensități relativ scăzute dar caracter mozaicat, uneori chiar foarte accentuat.

Din cele prezentate mai sus reiese capacitatea metodei magnetometrice la sol de a separa — prin nivelul de intensitate și morfostructura anomalilor — diferite tipuri de vulcanite și de a localiza și contura corpurile vulcanice masive precum și pe cele subvulcanice atunci cînd acestea sănă acoperite de alte produse ale activității vulcanice sau de formațiuni geologice de un alt tip; în plus, este evidentă abilitatea acestei metode geofizice de a aduce informații utile cu privire la existența fenomenelor de metamorfism hidrotermal și, într-o oarecare măsură, chiar la intensitatea acestora. Observațiile de mai sus sănă valabile pentru toate cele trei regiuni de vulcanite neogene din țara noastră.

Cercetarea aeromagnetică a teritoriului țării noastre, deși practic a început în anul 1960, a acoperit ceva mai tîrziu zona vulcanitelor neogene din Munții Apuseni¹⁰, și, ulterior, acele din Călimani-Gurghiu-Harghita și Oaș-Gutîi. Rezultatele obținute sănă consemnate într-un număr de nouă rapoarte, dintre care unele prezintă stadii de detaliere mai avansată.

¹⁰ Tr. Cristescu, Al. Ștefănciuc, Cr. Georgescu, C. Georgescu. Raport asupra prospecțiunilor aeromagnetică în Carpații Meridionali, Munții Apuseni, Depresiunea getică și Cîmpia Română, 1964, Arh. MMPG (IGPSMS), București.



Faptul că măsurătoarea aeromagnetică se face la o distanță mare de sol (plafonul de zbor fiind minim 500 m față de cota cea mai înaltă a reliefului), face ca efectele magnetice ale rocilor de suprafață să se diminueze și să se niveleze în favoarea efectelor produse de structurile mai adânci sau de alte cauze geologice care produc efecte mai intense. De asemenea, posibilitatea de a acoperi rapid suprafețe mari și de a obține, de la început, rezultatele într-un sistem unitar și coherent, conferă acestui tip de cercetare geofizică unele calități incontestabile.

Ca urmare, anomaliiile aeromagnetice obținute pe ariile ocupate de vulcanitele neogene din cele trei zone principale ale țării noastre au pus în evidență o serie de legități cu privire la răspândirea și gruparea corporilor la zi sau ascunse constituite din roci vulcanice masive, la localizarea unor linii tectono-magmatice și, în general, au contribuit la elaborarea unor ipoteze pentru orientarea pe mai departe a complexului de lucrări geologice și la îmbunătățirea gradului de cunoaștere a structurii ascunse în aceste regiuni.

Structurile vulcanice și subvulcanice pot produce, de asemenea, anomalii gravimetrice. Spre deosebire de modul oarecum asemănător în care se prezintă anomaliiile magnetice, cele gravimetrice îmbracă aspecte diferențiate în cele trei zone principale de vulcanite neogene din țara noastră.

Cercetarea gravimetrică sistematică a zonelor cu vulcanite neogene a început, cu caracter experimental, în zona Zlatna¹¹.

Este de precizat, de la început, că aplicarea metodei gravimetrice la studiul unor astfel de terenuri s-a făcut în condițiile unei absențe practic totale de referințe în literatura geofizică internațională, metodica și tehnica de lucru privind adaptarea acestei metode la problemele geologice puse în astfel de terenuri reprezentând o autentică contribuție românească și servind ca model preluat de unii cercetători străini interesați în astfel de probleme; mai mult decât atât, a fost concepută o tehnică de cercetare microgravimetrică, a cărei rezultate deosebit de interesante au lărgit domeniul de aplicabilitate a acestei metode geofizice în problemele legate de vulcanitele neogene.

Rezultatele obținute pînă în prezent sunt consemnate într-un număr total de 35 rapoarte de prospecție gravimetrică, distribuite astfel: 11 lucrări în Munții Apuseni, din care 6 cu caracter semiregional sau de detaliu, 3 combineate cu prospecții magnetometrice simultane și 2 de microgravimetrie; 14 lucrări în zona Baia Mare, din care 3 numai de gravimetrie, 5 combineate cu magnetometrie începînd cu aria cuprinsă între orașul Baia Mare și Seini¹², și 6 de microgravimetrie; 10 lucrări pe aria munților Călimani-Gurghiu-Harghita, din care 9 de gravimetrie

¹¹ C. Calotă. Raport preliminar asupra prospecției gravimetrice din Bazinul Mureșului, 1958, Arh. MMPG (IGPSMS), București.

¹² O. Cărățău, D. Popovici. Raport asupra prospecției gravimetrice și magnetometrice din regiunea Baia Mare-Seini, 1961, Arh MMPG (IGPSMS), București.



detaliu începînd cu zona Sovata-Praid-Gurghiu¹³ și una combinată cu măsurători magnetice simultane. În afară de acestea, un număr mare de lucrări publicate consemnează fie rezultate cu caracter mai teoretic privind unele legități care apar din interpretarea geologică a anomalilor gravimetrice, fie contribuții originale în legătură cu noi procedee sau tehnici de lucru pentru interpretarea fizico-geologică a acestui gen de anomalii.

Principalele rezultate obținute pe calea cercetării gravimetrice a vulcanitelor neogene sunt raportabile la localizarea și conturarea structurilor vulcanice și subvulcanice constituite din roci masive, precum și la precizarea unor linii tectono-magmatice ascunse, inaccesibile observației geologice directe.

Trebuie precizat că interpretarea geologică a anomalilor gravimetrice nu poate fi realizată cu rezultate concluzioane fără o bună cunoaștere a contrastelor locale de masă dintre structura vulcanică și rocile înconjurătoare. Modul specific de variație a densității legat fie de separațiile petrografice ale rocilor vulcanice, fie de diferitele fenomene care acționează asupra densității — printre care hidrotermalizarea ocupă un rol preponderent —, tipul de structură vulcanică, stadiul de eroziune al structurii, caracterul discordant al corpurilor vulcanice masive în raport cu formațiunile geologice în cuprinsul căroră sint puse în loc etc., reprezintă tot atîtea cauze care condiționează aspectele particulare ale contrastelor locale de masă ce caracterizează structurile vulcanice și subvulcanice și, implicit, caracteristicile de intensitate și de morfostructură a anomalilor gravimetrice produse de către acestea.

De aceea, o primă măsură care a trebuit luată odată cu începerea primelor prospecții gravimetrice a fost aceea de determinare a densității la un număr foarte mare de probe de roci colectate de la suprafață sau obținute din lucrări miniere or foraje, privind toate tipurile de vulcanite și terenurile adiacente (sedimentare, magmatice de alt tip sau metamorfice), organizarea și centralizarea acestui mare număr de date pînă la obținerea unor corelații sau legități cu caracter local.

O astfel de analiză efectuată pentru Munții Apuseni, referitoare îndeosebi la vulcanitele ce constituie lanțul Munților Metaliferi, avind în vedere în primul rînd aplicabilitatea cercetării gravimetrice la cartarea corpurilor vulcanice și subvulcanice neogene (Botezatu et al., 1967), a arătat că astfel de structuri pot produce anomalii de maxim, de minim sau, în unele cazuri, este chiar posibil să nu producă anomalii gravimetrice, după cum străpung pînă la suprafață sau rămîn în interiorul unor depozite neogene sau cretacee or ale fundamentului cristalin. Astfel de manifestări sint condiționate de modul concret specific în care structura respectivă realizează contrastul de masă față de rocile înconjurătoare, contrast de masă care depinde în principal de tipul petrografic al rocii vulcanice masive, tipul și intensitatea fenomenelor de alterare hidrotermală, precum și de natura și compoziția petrografică a rocilor în cuprinsul căroră structura de vulcanite este pusă în loc.

¹³ M. Suceava. Raport preliminar asupra prospecției gravimetrice în regiunea Sovata-Praid-Gurghiu, 1956, Arh. MMPG (IGPSMS), București.

Metoda gravimetrică, în combinație cu cea magnetică, și-a dovedit capacitatea de a diferenția în unele cazuri chiar gradul de alterare hidrotermală a unor vulcanite masive în diferite zone ale Munților Apuseni (Calotă, Romanescu, 1963; Arinei, 1966).

O situație oarecum asemănătoare este și în zona munților Oaș-Gutii. Determinări în număr mare de densități, efectuate prin metode de laborator, pe probe colectate din aflorimente, lucrări miniere și foraje, cunoscute în diferite rapoarte de prospecțiune, ca și un studiu sintetic efectuat pentru această zonă (Boțeazatu et al., 1970), conținând și rezultate obținute indirect din măsurători gravimetrice efectuate la suprafață și într-o serie de puțuri de mină, au arătat că densitatea vulcanitelor masive nealterate variază în limite foarte largi acoperind un domeniu care practic se suprapune cu acela al rocilor sedimentare interstratificate sau constituind substratul regiunii. Din această cauză, fiecare aparat vulcanic are un mod specific de reflectare în anomalia gravitației, funcție de condițiile concret locale, fiind cunoscute atât anomalii de maxim cât și de minim produse de vulcanite masive din această regiune. Ceea ce a apărut cu un caracter oarecum de generalitate este faptul că zonele de alterație hidrotermală și, îndeosebi, cele de caolinizare, precum și masele importante de breccii de explozie produc în mod sistematic anomalii gravimetrice de minim.

Acestea sunt principalele cauze pentru care interpretarea geologică a anomalilor gravimetrice, cartate pe aria lanțului vulcanic Oaș-Gutii, întâmpină încă mari dificultăți.

O situație complet diferită este aceea din regiunea munților Călimani-Gurghiu-Harghita. Condițiile în care se prezintă aparatele vulcanice cu caldere și zone crateriale bine conservate, străpungind o stivă de lave și mai ales de piroclastite în grosime de cca 1 000 m care sunt net mai puțin dense decât andezitele de coș, gradul în general foarte slab de alterare hidrotermală etc., conduce la realizarea unor puternice contraste de masă care se reflectă în mod sistematic în anomalii gravimetrice de maxim. Aceste maxime, cu intensități care depășesc uneori 10 mgal, au o morfostructură care sugerează direct rocile masive înrădăcinante, circumscrisu aparatele cunoscute și aduc informații asupra vetrelor magmatische care au alimentat manifestările vulcanice cunoscute la suprafață. Aceeași situație se prezintă și în cazul unor structuri subvulcanice ascunse, cu deosebirea că intensitatea anomalilor gravimetrice este sensibil diminuată. Lucrările de prospecțiune gravimetrică efectuate în această regiune, ca și lucrările publicate (Sucava et al., 1968; Sucava, Proca, 1970; Sucava, Fopolos, 1970), demonstrează din plin cele afirmate mai sus.

Anomalilor legate de manifestările vulcanice la care ne-am referit mai sus li se adaogă o importantă anomaliă gravimetrică de maxim, situată în nordul regiunii, cunoscută sub numele de anomaliă de la Colibața (Vărioi, 1962), considerată ca fiind produsă de un corp magmatic adânc și de mari dimensiuni, reprezentând un alt rezervor care a alimentat erupțiile terțiare (dyke-uri, filoane și filoane-strat constituite din roci andezitice), cunoscute din cartările geologice.



Dar prin cercetările gravimetrice cu caracter semiregional și de detaliu, al căror principal aport este reprezentat de localizarea corpurilor de vulcanite masive care constituie aparate vulcanice de diferite tipuri sau structuri subvulcanice, nu au fost epuizate toate posibilitățile acestei metode. Acest lucru a fost demonstrat de elaborarea, dezvoltarea și aplicarea consecventă în ultimii ani a cercetării microgravimetrice.

Prospecțiunile microgravimetrice au fost inițiate în eruptivul Băii Mari, la sud de Săpînța¹⁴ și, ulterior, în Munții Apuseni, zona Bucium-Geamăna¹⁵. Experiența acumulată pînă în prezent a arătat că morfo-structura cîmpului gravitației obținută pe baza unor rețele gravimetrice cu echidistanță mică între stații, corelată cu un studiu foarte detaliat al densității rocilor din zona respectivă, este capabilă să pună în evidență atît diferențieri petrografice ale diferitelor tipuri de vulcanite, cît și prezența și gradul de alterare hidrotermală a acestora, precum și să evidențieze existența unor elemente structurale care controlează mineralizațiile, îndeosebi a fracturilor filoniene.

Aplicarea și adaptarea prospectării gravimetrice și, în parte a celei magnetometrice în probleme legate de vulcanitele neogene în general și în condițiile geologice specifice ale țării noastre în particular, a incitat pe geofizicienii români la o serie de cercetări a căror rezultate valoroase sunt consemnate într-un număr însemnat de lucrări, publicate în țară sau străinătate. Aceste cercetări se referă în principal la interpretarea fizică a anomalilor gravimetrice și magnetice și reprezintă contribuții originale concretizate în elaborarea de noi procedee de lucru, îmbunătățirea sau adaptarea unor procedee cunoscute or stabilirea de noi variante sau modele corespunzătoare tipurilor specifice de vulcanite neogene din țara noastră.

Au fost elaborate procedee și formule practice de lucru pentru determinarea efectului gravimetric produs de structuri vulcanice masive aproximabile printr-un cilindru vertical (N a b i g h i a n, 1962) sau prin cuburi elementare (B o t e z a t u et al., 1971), cu ajutorul cărora s-a realizat identificarea de corperi vulcanice sau subvulcanice necunoscute din datele geologice preexistente, în zone în care acestea se grupează în familii de corperi învecinate ca, în zona Făieragul Mare (B o t e z a t u et al., 1964), Roșia Montană (A n d r e i et al., 1966) sau Săcărîmb (A n d r e i et al., 1974).

A fost studiată aplicarea metodei Monte Carlo la rezolvarea problemei directe a gravimetriei (I a n ă s, Z o r i l e s c u, 1968).

Au fost concepute și aplicate noi procedee practice privind continuarea analitică a anomalilor cîmpurilor potențiale în semispațial inferior (C o n s t a n t i n e s c u, B o t e z a t u, 1961 a; C o n s t a n t i n e s c u,

¹⁴ D. R u s u. Prospecțiuni gravimetrice de mare detaliu și microgravimetrice pentru minereuri auroargentifere în eruptivul Băii Mari, zona sud Săpînța, 1971, Arh. MMPG (IGPSMS), București.

¹⁵ V. Z o r i l e s c u. Prospecțiuni gravimetrice de mare detaliu și microgravimetrice pentru minereuri neferoase în Munții Metaliferi, perimetru Bucium-Geamăna-Vf. Detunata, Județul Alba, 1973, Arh. MMPG (IGPSMS), București.

Botezatu, 1961, b), precum și pentru determinarea indirectă a gradientului vertical al gravitației (Constantinescu, Eldaiem, 1963).

Contribuții importante au fost aduse prin introducerea și dezvoltarea calculului electronic în interpretarea fizică a anomalilor gravimetrice și magnetice. Stabilirea de algoritmi și programe în forme originale a condus la elaborarea de noi procedee și tehnici de lucru în acest domeniu (Botezatu et al., 1971). Acestea s-au concretizat, printre altele, în studierea posibilităților programării liniare (Ianăș, Zorilescu, 1967 b) și aplicarea acestei metode la separarea cîmpurilor gravimetrice (Ianăș, Zorilescu, 1969), precum și la determinarea unor derivate de ordin superior ale cîmpului gravitației (Ianăș, Zorilescu, 1967, a). De asemenea, au fost elaborate soluții noi pentru reducerea la pol a anomalilor magnetice bidimensionale (Ianăș, 1970, a) și a fost studiată stabilitatea soluțiilor transformărilor cîmpurilor potențiale (Ianăș, Moldoveanu, 1974).

Abordarea domeniului analizei de frecvență la interpretarea fizică a anomalilor gravimetrice și magnetice a condus la elaborarea de noi procedee de separare a anomalilor (Botezatu, 1970, b; Botezatu, 1971 a; Visarion et al., 1973), precum și la studierea ameliorării metodei de calcul a filtrelor Strahov (Ianăș, 1969) sau a îmbunătățirii raportului semnal/zgomot în interpretarea gravimetrică (Ianăș, 1970 b).

Avantajele și posibilitățile folosirii statisticii matematice au fost de asemenea studiate, conducind la elaborarea de soluții originale privind utilizarea funcțiilor de autocorelație, corelație reciprocă și a spectrului de putere (Botezatu, Calotă, 1968; Botezatu, 1970 a; Botezatu 1971 a; Botezatu, Calotă, 1973), sau a metodei simplificate de regresie (Visarion, 1967).

Problema descrierii analitice a anomalilor gravimetrice pe baza metodei celor mai mici pătrate a fost de asemenea studiată și elaborată un procedeu practic de aplicare imediată (Botezatu, 1973).

Toate aceste realizări și-au găsit aplicații în diferite probleme geologice din țara noastră și, în particular, privind cele legate de terenurile vulcanice neogene, contribuind la clarificarea multor aspecte teoretice și practice ale activității geologice. Îndeosebi, aplicațiile privind conturarea unor noi obiecte care s-au concretizat în proiecte și programe de cercetare ulterioară au adus contribuții valoroase activității practice.

Într-o lucrare recentă (Botezatu et al., 1974) sunt prezentate o serie de soluții structurale bazate pe diferite modele de structuri magmatice. Fără discuție că, pe lîngă căutările și rezultatele obținute de cei care au întreprins cercetări în acest domeniu, un rol important a avut și faptul că cercetările geologice din ultimii ani, din ce în ce mai detaliate și folosind mijloace din ce în ce mai diversificate, au oferit geofizicienilor posibilitatea de a construi modele cu grad de complexitate mai ridicat și, prin aceasta, mai apropiate de realitatea geologică. În acest sens, printre altele, este de reținut studiul microtectonic și interpretarea geologică a

sistemelor de fisurării, liniajii și a planelor de curgere privind corpurile andezitice din zona Deva¹⁶.

Procedeele electrometrice au fost de asemenea folosite ca mijloc de cercetare a terenurilor constituite din vulcanite neogene. Rezultatele prospecțiunilor și cercetărilor efectuate prin aceste metode sunt consemnante într-un număr de 38 rapoarte, din care 21 privesc diferite arii din Munții Apuseni începând cu Baia de Arieș¹⁷, 15 rapoarte se referă la regiunea Munților Oaș-Gutii începând cu zona Seini-Racșa¹⁸, iar două rapoarte la lanțul eruptiv Călimani-Gurghiu-Harghita inițiate pe zona craterială Șumuleu-Ciumani¹⁹. La acestea se adaugă un număr de lucrări publicate în care sunt prezentate aspecte mai generale, legate îndeosebi de aplicabilitatea acestor metode în astfel de probleme.

Deși scopul principal al lucrărilor electrometrice a fost descoarăirea de noi zone mineralizate, rezultatele obținute au adus și o serie de informații structurale care au contribuit la îmbunătățirea gradului de cunoaștere geologică a diferitelor tipuri de produse ale activității vulcanice neogene.

Dintre procedeele electrometrice, metodele potențialului natural și a polarizației induse, ca și aceea a rezistivităților, s-au dovedit cele mai eficiente, evident depinzând de conținutul mai mult sau mai puțin ridicat în minerale metalice — îndeosebi oxizi sau sulfuri — pe care îl prezintă diferitele tipuri de vulcanite.

Experiența acumulată pînă în prezent demonstrează capacitatea electrometrii de a aduce informații utile cu privire la separarea corpurilor de vulcanite masive față de zonele de breccifiere sau de alte produse ale activității vulcanice, de determinare a adâncimii părții superioare a corpurilor subvulcanice (prin sondajul electric vertical), la localizarea fracturilor care controlează mineralizațiile etc. Discriminarea zonelor hidrotermalizate prin metodele electrometrice este de asemenea posibilă. Dacă transformarea hidrotermală este de tipul silicifierii, procedeul rezistivității sau cele electromagnetice dau cele mai concluzante rezultate; dacă zona de hidrotermalizare este de caolinizare, metoda polarizației induse rămîne cea mai eficientă.

O problemă oarecum aparte este aceea a vulcanitelor masive cu mineralizații diseminate de cupru și fier, reprezentînd zăcăminte de tip „porphyry copper”, cunoscute deocamdată numai în regiunea Munților Meta-

¹⁶ R. Ciocanela. Studiul geologic și petrografic al zonei Deva, 1973, (Rezumatul tezei de doctorat) Institutul de Petrol, Gaze și Geologie, București.

¹⁷ F. I. Scurtu. Raport asupra prospecțiunilor electrometrice executate în zona Baia de Arieș, 1961, Arh. MMPG (IGPSMS), București.

¹⁸ C. Mihail. Raport asupra prospecțiunilor electrometrice pentru aur în zona Seini-Racșa, 1962, Arh. MMPG (IGPSMS), București.

¹⁹ N. Scupin, C. Nițică, M. Petrișor. Cercetări geofizice complexe pentru mineralizații neferoase în Carpații Orientali, zona Minelor Bălan și Craterul Șumuleu-Ciumani, 1973, Arh. MMPG (IGG), București.

liferi și la care metodele electrometrice și, îndeosebi, polarizația indusă, și-au dovedit o eficiență remarcabilă.²⁰

O serie de aspecte privind natura problemelor rezolvate și contribuțiile efective privind îmbunătățirea gradului de cunoaștere a vulcanitelor neogene din lanțul vulcanic Oaș-Gutii se găsesc consemnate într-o serie de lucrări publicate (Mihail, 1965; Mihail, 1970; Mihail, Nicolau, 1970; Mihail, 1973).

În domeniul prospectiunii electrometrice, contribuții teoretice cu continuări aplicative importante la cercetarea corpurilor geologice conducețoare (structuri vulcanice, zăcăminte metalifere) au fost aduse prin elaborarea teoriei mediilor eterogene alfa. A fost demonstrat (Ştefănescu, 1950) că este posibil să se construiască modele teoretice de eterogenități continue, simulând impregnații difuze, asupra cărora să se poată opera corect cu oricare din metodele electrometrice care folosesc curenti staționari, și, în principal, metoda rezistivităților, prin folosirea unor surse punctuale discrete denumite centri alfa. Teoria a fost ulterior extinsă la medii alfa bidimensionale (Ştefănescu, Rădulescu, 1965; Ştefănescu, Rădulescu, 1966) și au fost studiate cazuri reprezentind ansambluri de centri alfa pozitivi și negativi cu diferite configurații în subsol (Ştefănescu et al., 1963; Ştefănescu, 1970; Ştefănescu, Ştefănescu, 1974).

Secțiunile geoelectrice teoretice, prezintind distribuția rezistivităților aparente și reale pentru diferitele cazuri studiate — cu configurații conținând pînă la 25 centri alfa — au servit pe deosebire drept criterii de alegere a tipului de dispozitiv quadripolar de lucru în teren, în funcție de condițiile fizico-geologice ale zonei de prospectat și, pe de altă parte, ca modele de interpretare a secțiunilor geoelectrice experimentale obținute prin prospecțiunile executate.

Rezultatele geofizice obținute prin metodele la care ne-am referit mai sus în diferite zone ale principalelor regiuni din țara noastră constituite din vulcanite neogene au făcut, în parte, obiectul unor lucrări de sinteză. Dintre acestea trebuie amintite în primul rînd cele 11 rapoarte de sinteză complexă, din care 8 se referă la Munții Apuseni începînd cu eruptivul Munților Metaliferi²¹, iar celelalte 3 la munții Oaș-Gutii inițiate pentru zona Baia Mare-Seini²². Pe baza acestor lucrări, în care accentul cade în principal asupra semnificației geologice a unor rezultate geofizice integrate, s-au putut elabora noi ipoteze de lucru sau îmbunătățiri unele ipoteze existente și care s-au concretizat ulterior în proiecte și programe de lucrări geologice conducînd la rezultate practice importante.

²⁰ D. Svoronos. Raport asupra prospectiunilor electrometrice pentru minereuri auroargentifere, zona Bucium, Munții Metaliferi, 1970, Arh. MMPG (IGPSMS), București.

²¹ J. Andrei Sinteză datelor geofizice din eruptivul Munților Metaliferi, 1969, Arh. MMPG (IGG), București.

²² J. Andrei, Elvira Ciucur, R. Tichie, Sinteză lucrărilor geofizice din eruptivul neogen al zonei Baia Mare, 1968, Arh. MMPG (IGG), București.

O altă serie de lucrări publicate sau comunicate în sesiuni științifice prezintă morfostructura specifică a anomalilor gravimetrice (A i r i n e i, S t o e n e s c u, 1964) sau aeromagnetice²³, provocate de regiunile constituite din vulcanite neogene în contextul general al distribuției și morfologiei acestor tipuri de anomalii pe teritoriul țării noastre, din care s-au desprins importante concluzii sau au putut fi formulate ipoteze privind alcătuirea geologică a României.

La acestea trebuie adăugate, o lucrare privind metodologia și problematica cercetării geofizice în domeniul vulcanologiei²⁴, precum și o lucrare de sinteză cu privire la structura geologică profundă a teritoriului țării noastre având la bază informațiile obținute din datele gravimetrice și magnetice (G a v ă t et al., 1963).

Referiri cu privire la problema cercetării geofizice a vulcanitelor neogene din țara noastră, atât în ceea ce privește metodica și tehnica de lucru cît și valorificarea rezultatelor pe plan geologic, cu exemplificări din țara noastră și studii comparative cu situații asemănătoare din străinătate, cu tendințe de formulare a unor criterii și corelații de interpretare geologică a rezultatelor obținute în astfel de regiuni având valabilitate mai generală etc., se găsesc în cele cîteva manuale de geofizică tipărite la noi în țară (C o n s t a n t i n e s c u et al., 1964 ; B o t e z a t u, 1964 ; G a v ă t et al., 1973).

Progresele realizate în prospectarea geofizică a terenurilor vulcanice din România a incitat pe geofizicienii români la experimentarea acestor metode și în subteran. Măsurătorile geofizice subterane reprezintă de asemenea un domeniu în care geofizica din țara noastră a adus importante contribuții atât privind alegerea metodelor și îmbunătățirea tehniciilor de lucru dusă uneori pînă la elaborarea unor procedee originale, cît și interpretarea geologică a rezultatelor obținute în condițiile unui spațiu întreg, condiții net diferite de aceleale ale unui semispațiu puse cercetării geofizice la suprafața solului.

Și în acest caz, de la început trebuie precizat că literatura de specialitate consemnează numai sporadic astfel de aplicații ale cercetării geofizice. Acest lucru nu este cîtuși de puțin întîmplător deoarece efectuarea unor astfel de măsurători implică o serie de complicații dintre care cea mai importantă — la care de altfel ne-am referit mai sus — privește însăși aspectele fundamentale, teoretice, ale metodelor geofizice.

Pentru măsurători în subteran au fost folosite și metodele gravimetrică și magnetică, dar îndeosebi cele electrometrice. Este de menționat o variantă originală a sondajului electric — de rezistivitate și de polarizație indușă — și anume un sondaj electric cu orientare de investigare

²³ T. r. C r i s t e s c u, A. I. Ș t e f ă n c i u c. Prezentarea hărții aeromagnetice a României, 1968, Comunicare la al V-lea Simpozion de prospecționi geofizice și fizica scoarței globului în R. S. R., București.

²⁴ L. C o n s t a n t i n e s c u, R. B o t e z a t u. Geophysical methods as tools in vulcanologic research, 1973, Comunicare la Simpozionul internațional de vulcanologie și metalogenie asociață, București.

dirijată pe direcțiile orizontale sau verticale față de axul galeriei; întotdeauna astfel de determinări au fost însoțite de rezultatele obținute prin metoda potențialului natural.

Rezultatele înregistrate pe această cale, și care aduc o serie de informații utile pentru creșterea eficienței explorării geologice în astfel de terenuri, sunt în general consemnate în rapoartele de prospecții sau au făcut obiectul unor note sau informări separate.

Ele au constat din cercetări gravimetrice privind determinarea densității rocilor „*in situ*”, corelarea anomaliei determinate în subteran cu cele de la suprafață și construirea de secțiuni gravimetrice verticale, obținute prin măsurători gravimetrice de-a lungul puțurilor sau al orizonturilor miniere în Munții Apuseni la Valea Morii (Boțeza et al., 1966), la Baia de Arieș, Roșia Montană, Brădișor, Musariu Nou și Haneș²⁵, precum și în Munții Gutii la Alba, Nistru, Săsar, Herja, Baia Sprie, Cavnic (Boțeza et al., 1970) sau la Herja²⁶. O scurtă sinteză asupra tuturor măsurătorilor geofizice executate în subteran a fost efectuată relativ recent (Boțeza, 1971 b).

Aplicarea complexului de cercetări electrometrice în subteran elaborat în țara noastră, în cîteva cazuri de structuri vulcanice ca, de exemplu, în perimetrele Roata-Oanța, Poiana Botizei, Herja și în alte zone din Munții Gutii²⁷, a demonstrat capacitatea acestei metode de a aduce informații utile nu numai asupra continuității sau discontinuității unor mineralizații sau asupra dezvoltării lor spațiale, dar și asupra unor diferențieri a tipurilor de vulcanite sau a gradului lor de alterare hidrotermală etc.

Domeniul carotajului geofizic, de asemenea, nu a fost neglijat la investigarea găurilor de sondă forate în diferite produse ale vulcanitelor neogene. Și în acest domeniu au fost înregistrate unele rezultate importante, ca produs al adaptării metodelor și dispozitivelor de investigare la condițiile specifice ale unor astfel de terenuri și chiar a elaborării unor noi metode cu un accentuat caracter de originalitate.

Caracterul de prestări de servicii, pe care îl are activitatea de carotaj geofizic și furnizarea imediată a documentației primare beneficiarului, face ca rezultatele obținute să nu fie consemnate în rapoarte de tipul celor de prospecție sau de cercetare. Experiența cîștigată în experimentarea și dezvoltarea acestor metode poate fi însă cunoscută din cîteva lucrări publicate.

Activitatea de carotaj geofizic în domeniul vulcanitelor neogene este legată direct de localizarea în găurile de sondă a nivelor care reprezintă mineralizații auro-argentifere sau de sulfuri complexe. În opozиie cu zonele mineralizate, comportamentul diferențierilor tipuri de vulcanite este însă destul de diferențiat, astfel încît interpretarea diagramei geofizice aduce o serie de informații geologice cu privire și la rocile neinteresante din punct de vedere economic traversate de gaura de sondă.

²⁵ Op. cit., p. 21.

²⁶ J. Andrei, S. Fotopoulos, Comunicare personală.

²⁷ V. Văjdea, N. Scupin, C. Nițică, Comunicare personală.



Carotajul geofizic a fost efectuat într-o serie de probleme privind vulcanitele neogene din regiunea Munților Apuseni, ca și cele din munții Oaș-Gutii.

Relații și aprecieri cu privire la aplicabilitatea diferitelor procedee de carotaj geofizic în astfel de probleme se găsesc în unele lucrări publicate cu peste un deceniu în urmă (Iordache, 1959; Iordache, 1963 a), ceea ce arată preocupări destul de vechi în această direcție.

Cercetările întreprinse în domeniul investigației radiometrice prin activare au condus la concluzia că prin folosirea unui timp de activare corespunzător, prin intermediul unui dispozitiv de fund cu o construcție specială și prin folosirea unei viteze de înregistrare, care să conducă la obținerea unui spectru maxim al intensității radiației gamma, se poate realiza o diagrafie caracteristică de diferențiere a izotopului Ag^{109} . Rezultatele acestor cercetări s-au concretizat într-o metodă originală de carotaj, care a fost omologată ca invenție și brevetată (Iordache, 1963 b; Iordache, 1968).

Aplicarea metodei de activare a argintului într-o serie de găuri de sondă din șantierul Gura Barza din Munții Apuseni a demonstrat buna funcționare a procedeului elaborat, asigurând localizarea nivelelor cu mineralizații auro-argentifere și diferențierea clară a acestora în raport cu rocile andezitice care le găzduiesc (Iordache, 1967).

Pentru mineralizațiile de sulfuri complexe care constituie lentile, filoane sau alte forme de zăcămînt mai mult sau mai puțin compacte, procedeele de carotaj electric și radioactiv, în diferitele variante folosite curent și la investigarea găurilor de sondă din terenurile sedimentare, s-au dovedit eficiente. În cazul mineralizațiilor disseminate s-a demonstrat că diagrafia de activare neutronică, precum și cea magnetică, au eficiență cea mai ridicată; aceasta nu exclude însă folosirea celorlalte tipuri de diagrafie (electrică și radioactive), care sunt în măsură să aducă o serie de informații petrografice, microtectonice etc., asupra andezitelor care reprezintă roca gazdă a unor astfel de mineralizații (Iordache, 1973).

Un caz interesant îl reprezintă investigarea geofizică a sondelor de la Săsar și Apa Sărătă (SW Baia Mare) cu care s-au traversat cuvertura sedimentară și o parte din corpul andezitic subvulcanic care constituie nucleul anticlinalului Băile Măgherăuș. Complexul de procedee de carotaj geofizic folosit în acest caz cuprinde carotajul electric (potențial natural și rezistivitate), carotaj electric lateral, carotaje radioactive (gamma natural, gamma-gamma și neutron-gamma), cavernometrie și termocarotaj. Interpretarea integrată a diferitelor diagrafii obținute a fost capabilă să diferențieze nivelele de piroclastite și breccii andezitice, andezitele de corp compacte, precum și zonele de fisură intensă din cuprinsul acestora (Atanasiu et al., 1970).

În stadiul actual de aplicare a carotajului geofizic, redus numai la o serie de experimente, se poate aprecia totuși utilitatea folosirii acestuia în multe probleme legate de cercetarea terenurilor vulcanice neogene, diferitele procedee corespunzător folosite fiind capabile să aducă o serie de informații geologice asupra structurii adînci, la care se adaogă un



număr de elemente care vin în sprijinul îmbunătățirii interpretării cercetărilor electrometrice de suprafață, cum ar fi comportamentul rocilor vulcanice sub aspectul producerii de potențiale electrice naturale sau diferențierea produselor activității vulcanice după rezistivitatea electrică aparentă.

Scopul acestei lucrări a fost de a face o prezentare — cu caracterul unei trecheri generale în revistă — prin precizarea principalelor direcții și tendințe, precum și a naturii principalelor realizări ale activității geofizice privind studiul vulcanitelor neogene din România.

În condițiile geologice specifice ale țării noastre, adesea cu un grad de complicare deosebit de ridicat, folosirea metodelor geofizice standard la cercetarea acestui tip de terenuri a necesitat adaptări, perfecționări sau chiar elaborarea unor procedee și tehnici noi care privesc fie execuția lucrărilor în faza de teren — începînd cu aspectele metrologice și terminînd cu tratarea datelor de observație —, fie prelucrarea sau interpretarea fizică a anomaliei obținute. Rodul cercetărilor efectuate s-a concretizat într-o serie de rezultate care intră în incidența cercetărilor fundamentale, dar, mai ales a celor aplicative. Datorită acestor realizări, în multe cazuri folosirea metodelor geofizice a adus importante contribuții atât la avansarea gradului de cunoaștere geologică a subsolului patriei noastre cât și la dezvoltarea bazei de materii prime a industriei miniere din România.

BIBLIOGRAFIE

- Airinei S. t. (1960) Magnetizări normale și inverse în regiunea vulcanului andezitic Uroiu (Regiunea Hunedoara), *St. Cerc. Geol.*, V, 1, București.
- Stoeneșcu Sc. (1964) Relații cu privire la întocmirea hărții gravimetrice a RPR (anomalia Bouguer) scara 1 : 500.000. *D. S. Inst. Geol.*, L/1, București.
 - (1966) Prospective gravimetrice-magnetometrice în Munții Apuseni pentru localizarea aparatelor vulcanice și a zonelor de hidrotermalizare accentuată, *St. tehn. econ., Inst. Geol.*, D. 5, București.
- Alexandrescu Gr., Mureșan M., Peltz S., Săndulescu M. (1968) Harta geologică a R. S. România, scara 1 : 200.000. 12. Toplița, *Inst. Geol.*, București.
- Andrei J., Calotă C., Pătruț S. t. (1966) Considerații structurale asupra zonei erupțiunilor neogene de la Roșia Montană pe baza interpretării cantitative a datelor gravimetrice și a corelării cu datele magnetometrice, *St. Cerc. Geol. Geof. Geogr., Seria Geof.*, 4, 2, București.
- Calotă C., Cîlțan I., Ionescu Fl., Popescu-Brădet M. (1974) Prognoze structurale și metalogenetice în zona Săcărîmb deduse din datele geofizice, *St. Cerc. Geol. Geof. Geogr., Seria Geof.*, 12, 3, București.
- Atanasiu L., Gheorghiu Fl., Seiceanu S. (1970) Procedee noi de detectare a substanțelor utile în formațiuni eruptive și cristaline, prin măsurători geofizice de sondă, în zona Carei-Baia Mare, *St. tehn. econ., Inst. Geol.*, D, 7, București.



- Bleahu M., Borcoș M., Savu H. (1968) Harta geologică a R. S. România, scara 1 : 200.000. 17. Brad, *Inst. Geol.*, București.
- Botezatu R. (1964) Curs de metode geofizice de cercetare a subsolului, Ed. did. pedag., București.
- Calotă Florentina, Calotă C., Andrei J. (1964) O cale de interpretare a anomalilor gravimetrice produse de neckuri andezitice din Munții Metaliferi, *Bul. I.P.G.G* XII, București.
 - Visarion M., Andrei J. (1966). Citeva cazuri de cercetări gravimetrice în subteran efectuate în Republica Socialistă România, *St. tehn. econ., Inst. Geol.*, D, 5, București.
 - Andrei J., Calotă C., Fotopoulos S., Popovici D., Proca A., Suciuavă M. (1967) Asupra condițiilor de aplicabilitate a prospecțiunii gravimetrice la studiul aparatelor eruptive neogene din R. S. România, *Bul. I.P.G.G.*, XV, București.
 - Calotă C. (1968) Asupra semnificației geologice a unor mărimi statistice în analiza datelor gravimetrice, *St. Cerc. Geol. Geof. Geogr., Seria Geof.*, 6, 2, București.
 - Andrei J., Calotă C., Visarion M. (1970) Studiul densității rocilor din zona eruptivului neogen de la Baia Mare. *St. tehn. econ., Inst. Geol.*, D, 7, București.
 - (1970 a) On the possibilities of using the power spectrum in some geological and geo-physical problems, *Journ. Intern. Assoc. Math. Geol.*, 2, 3, New York.
 - (1970 b) Sur la séparation des anomalies gravimétriques et magnétiques, *Geophys. Prosp.*, XVIII, Suppl., Leiden.
 - (1971 a) Interpretarea anomalilor gravimetrice și magnetice cu ajutorul funcțiilor periodice. *St. tehn. econ., Inst. Geol.*, D, 8, București.
 - (1971 b) Geofizica de mină, *ODPT-MMPG*, 2, București.
 - Visarion M., Scurtu Fl., Cucu Gabriela (1971) Approximation of the gravitational attraction of geological bodies, *Geophys. Prosp.*, XIX, 2, Leiden.
 - Visarion M., Scurtu Fl. (1971) Unele aspecte ale folosirii calculului electronic în cercetarea geofizică, *St. Cerc. Geol. Geof. Geogr., Seria Geof.*, 9, 2, București.
 - (1973) Approximation of gravity anomalies by the least squares method. Some possibilities and limitations, *Rev. Roum. Géol. Géophys. Géogr.*, Série Géophys. 17, 2, București.
 - Calotă C. (1973) Cross-correlation as an aid in simultaneous gravity and magnetic analysis, *Geophys. Prosp.*, 21, 3, Leiden.
 - Calotă C., Constantinescu L. (1974) Advances in investigating magmatic structures by means of gravity and magnetic data, *Rev. Roum. Géol. Géophys. Géogr., Géophys.*, 18, 2, București.
- Calotă, C., Romanescu D. (1963) Asupra aplicabilității metodelor gravimetrice și magnetice în cercetarea erupțiilor neogene și a mineralizațiilor legate de acestea, *Probl. Geof.*, II, București.
- Constantinescu L., Botezatu R. (1961 a) Contribuții la interpretarea fizică a anomalilor cimpurilor potențiale. I. Continuarea analitică în semispațiul inferior, *Probl. Geof.*, I, București.
- Botezatu R. (1961 b) Contribuții la interpretarea fizică a anomalilor cimpurilor potențiale II. Condiții de aplicare a continuării analitice, *Probl. Geof.*, I, București.
 - Eldaiem M. M. Abd. (1963) O formulă practică de aproximare a gradientului vertical, *Probl. Geof.*, II, București.
 - Botezatu R., Calotă C., Steflea Vl., Romanescu D., Paucă M., (1964) Prospecțiuni geofizice. I, *Edit. tehn.*, București.



- Fountain D. K. (1968) Geophysics applied to the exploration and development of copper and molybdenum deposits in British Columbia, *Canad. Min. Metall. Bull.*, October, Ontario.
- Gavăt I., Airinei Șt., Botezatu R., Socolescu M., Stoinescu Sc., Vencov I. (1963) Structura geologică profundă a teritoriului R.P.R. după datele actuale geofizice (gravimetrice și magnetice), *St. Cerc. Geof.*, I, 1, București.
- Botezatu R., Visarion M. (1973) Interpretarea geologică a măsurătorilor geofizice, *Ed. Acad. R.S.R.*, București.
- Gherasi N., Bombiță G. (1967) Harta geologică a R.S. România scara 1 : 200.000. 3. Baia Mare, *Inst. Geol.*, București.
- Gherasi N., Mureșan M., Lupu M., Stancu J., Savu H. (1968) Harta geologică a R. S. România scara 1 : 200.000. 25. Deva, *Inst. Geol.*, București.
- Ghițulescu T. P., Socolescu M. (1941) Etude géologique et minière de Monts Métalifères (Quadrilatère aurifère et régions environnantes), *An. Inst. Geol. Rom.*, XXI București.
- Giuşcă D. (1974) Petrologia rocilor endogene, *Ed. tehn.*, București.
- Ianăș M., Zorilescu D. (1967, a) Determinarea unor deriveate ale cimpurilor potențiale prin metoda programării liniare, *St. Cerc. Geol. Geof. Geogr. Seria Geof.*, 5, 2, București.
- Zorilescu D. (1967, b) Utilizarea programării liniare la obținerea anomaliei regionale și locale din harta Bouguer, *St. Cerc. Geol. Geof. Geogr. Seria Geof.*, 5, 2, București.
 - Zorilescu D. (1968) Solution of the direct problem in gravimetry by means of the Monte Carlo method, *Geoexpl.*, 6, Amsterdam.
 - (1969) Calculul filtrelor Strahov, *Stud. Cerc. Geol. Geof. Geogr. Seria Geof.*, 7, 1, București.
 - Zorilescu D. (1969) Some applications of the linear programming within gravimetry, *Pure Appl. Geophys.*, 72/I, Basel.
 - (1970 a) Reducerea la pol a anomaliei magnetice bidimensionale, *St. Cerc. Geol. Geof. Geogr. Seria Geof.*, 8, 1, București.
 - (1970 b) Îmbunătățirea raportului semnal/zgomot în gravimetrie, *St. Cerc. Geol. Geof. Geogr. Seria Geof.*, 8, 1, București.
 - Moldoveanu N. (1974) The stability of the solutions of the potential fields transformations, *Geophys. Prosp.*, XXII, 1, Leiden.
- Ianovici V., Giuşcă D., Ghițulescu T. P., Borcoș M., Lupu M., Bleahu M., Savu H. (1969) Evoluția geologică a Munților Metaliferi, *Edit. Acad. R.S.R.*, București.
- Iordache S. Gh. (1959) Rezultate privind măsurările geofizice aplicate în prospectarea și explorarea minereurilor metalifere, *Rev. Min.*, 10, București.
- (1963 a) Contribuția metodelor radioactive la cercetarea substanțelor minerale utile, *Tehn. nucle.*, 7, București.
 - (1963 b) Metodă geofizică de determinare a mineralizațiilor auroargentifere, *Brevet de invenție* 46. 280, București.
 - (1967) Cercetarea mineralizațiilor auroargentifere prin metode geofizice de sondă, *St. Cerc. Geol. Geof. Geogr. Seria Geof.*, 5, 2, București.
 - (1968) Metodă și dispozitiv pentru investigarea găurilor de sondă, *Brevet de invenție* 49.336, București.
 - (1973) Contribuția diagramei geofizice la investigarea sulfurilor complexe din forajele de explorare, *St. Cerc. Geol. Geof. Geogr. Seria Geof.*, 11, 2, București.
- Lupu M., Borcoș M., Dumitrescu R. (1967) Harta geologică a R. S. România scara 1 : 200.000. 18. Turda, *Inst. Geol.*, București.

- M a r i n e s c u F. I., P e l t z S. (1967) Harta geologică a R.S.România scara 1 : 200.000. 11. Bistrița, *Inst. Geol.*, București.
- M i h a i l C. r. (1965) Studii geoelectrice pentru descoperirea de noi zone mineralizate în eruptivul neogen Baia Mare, *D.S. Com. Geol.*, LI/2, București.
- (1970) Cercetări electrometrice pentru descoperirea de noi zone mineralizate în eruptivul neogen al Munților Gutii, *St. tehn. econ., Inst. Geol.*, D. 7, București.
 - N i c o l a u S. (1970) Cercetări electrometrice în regiunea Tarna Mare (Munții Oaș), *St. tehn. econ., Inst. Geol.*, D, 7, București.
 - (1973) Aspekte moderne ale prospecției electrice. Metoda polarizației induse în domeniul frecvență, ODPT-MMPG, București.
- N a b i g h i a n M. N. (1962) The gravitational attraction of a right vertical circular cylinder at points external to it, *Geofis. pura e applic.* 53/III, Milano.
- O n c e s c u N. (1965) Geologia României, Ed. tehn., București.
- P a t r u l i u s D., D u m i t r e s c u R., G h e r a s i N. (1968) Harta geologică a R. S. România scara 1 : 200.000. 28. Brașov, *Inst. Geol.*, București.
- P e l t z S., P e l t z M a r g a r e t a (1969) Unele rezultate ale utilizării datelor cantitative în studiul piroclastitelor, *D. S. Inst. Geol.*, LIV/3, București.
- P e t r u l i a n N. (1973) Zăcăminte de minerale utile, Ed. tehn., București.
- R o m a n e s c u D. (1963) Cercetări magnetice asupra eruptivului neogen din partea de est a Munților Metaliferi (Baia de Arieș, Zlatna), *Asoc. Geol. Carp. Balc., Congr. V., Com. St.*, VI, București.
- (1969) Trăsăturile caracteristice ale magnetizării rocilor din Munții Apuseni și din partea de nord a Masivului Poiana Ruscă, *St. Cerc. Geol. Geof. Geogr., Seria Geof.*, 7, 2, București.
- Ş t e f ă n e s c u S. (1950) Modèles théoriques de milieux hétérogènes pour les méthodes de prospection électrique à courants stationnaires, *St. tehn. econ., Inst. Geol.*, D, 2, București.
- V ă j d e a V., N i c o l a u S. (1963) Noi aplicații ale mediilor eterogene și în teoria prospecției electrice în curent continuu, *St. Cerc. Geof.*, I, 1., București.
 - R ă d u l e s c u M. (1965) Modèles électrométriques de milieux alpha bidimensionnels. Solutions à singularités polaires linéaires, *Rev. Roum. Géol. Géophys. Géogr., Série Geophys.*, 9, 2, București.
 - R ă d u l e s c u , M. (1966) Modèles électrométriques de milieux alpha bidimensionnels. Solutions à singularités polaires linéaires, *Rev. Roum. Géol. Géophys. Géogr., Série Geophys.*, 10, 1, București.
 - (1970) Nouvelles applications de la théorie des milieux alpha harmoniques à la prospection électrique en courant continu, *Geophys. Prosp.*, XVIII, Suppl., Leiden.
 - Ş t e f ă n e s c u D. (1974) Mathematical models of conducting ore bodies for direct current electrical prospecting, *Geophys. Prosp.*, XXII, 2, Leiden.
- S u c e a v a M., P r o c a A., F o t o p o l o s S. (1968) Anomalie gravitației în Munții vulcanici Călimani-Gurghiu-Harghita, *St. Cerc. Geol. Geof. Geogr., Seria Geof.*, 6, 2, București.
- P r o c a A. (1970) Prospecționi gravimetrice în Munții Gurghiu și Harghita de nord, *St. tehn. econ., Inst. Geol.*, D, 7, București.
 - F o t o p o l o s S. (1970) Prospecționi gravimetrice în Munții Călimani, *St. tehn. econ., Inst. Geol.*, D, 7, București.
- V a s i l e s c u A. I., M u r e ș a n M., P o p e s c u I. I., S ă n d u l e s c u J., P o p e s c u A., B a n d r a b u r T. (1968) Harta geologică a R. S. România scara 1:200.000.20. Odorhei, *Inst. Geol.*, București.



Visarion M. (1962) Anomalia majoră a cimpului gravific de la Colibița, *D. S. Inst. Geol.*, XLIV, București.

- (1967) Sur quelques procédés statistiques utilisés à la séparation des effets gravimétriques dans les Carpates Orientales, *Assoc. Géol. Carp. Balk.*, VIII-e Congr., Rapp. Géophys., Belgrade.
- Șteflea Vl., Ianăș M., Schlier Adriana, Smalberger V. (1973) Utilizarea seriilor duble Fourier pentru interpretarea datelor gravimetrică în rețea neuniform spațiată, cu aplicații într-o zonă din Moldova Centrală, *St. Cerc. Geol. Geof. Geogr.*, Seria Geof., 11, 2, București.

CONTRIBUTIONS GÉOPHYSIQUES À L'ÉTUDE DES VOLCANITES NÉOGÈNES DE ROUMANIE

(Résumé)

Dans cette étude l'auteur — à partir des résultats synthétisées dans 150 rapports internes et dans un grand nombre d'ouvrages publiés — présente en grandes lignes l'activité géophysique concernant les investigations sur les volcanites néogènes de Roumanie, en précisant les principales directions et tendances de cette activité ainsi que la nature des réalisations obtenues jusqu'à présent.

Après une brève présentation des traits caractéristiques des produits de l'activité volcanique néogène considérés du point de vue de leur influence sur les résultats obtenus par les méthodes géophysiques, on traite les problèmes suivants :

— L'utilité de la magnétométrie, de l'aéromagnétometrie, de la gravimétrie et de la microgravimétrie pour la mise en évidence, et la délimitation des structures volcaniques massives non altérées et altérées par des processus de métamorphisme hydrothermal, à alimentation directe ou inverse, ainsi que la manière dont d'autres produits de l'activité volcanique — surtout les laves et les pyroclastites — se reflètent dans les champs naturels employés par ces méthodes géophysiques.

— Les contributions de l'électrométrie, surtout à la délimitation des zones de silicification ou de caolinisation, à la mise en évidence des fractures qui contrôlent les minéralisations, ainsi qu'à l'étude des sulfures disséminées dans la masse des roches volcaniques qui constituent des gisements du type „porphyry copper”.

— La contribution des synthèses réalisées à partir des interprétations intégrées des résultats obtenus par plusieurs méthodes géophysiques.

— Le rôle des travaux géophysiques profonds et de la diagraphie géophysique dans les trous de forage effectués en vue de localiser les niveaux à minéralisations aurifères-argentifères ou de sulfures complexes, ainsi que pour l'étude de différents types de roches appartenant aux volcanites néogènes.

— Les contributions originales, sur le plan théorique, aussi bien que sur le plan pratique-applicatif, concrétisées dans l'adoption ou l'amélioration des méthodes, des techniques



et de certaines variantes de celles-ci, conformément aux conditions physico-géologiques spécifiques présentées par les produits de l'activité magmatique néogène de notre pays, ainsi que dans l'élaboration de nouveaux procédés ou de nouvelles techniques de travail sur le terrain, ou de traitement et d'interprétation physique et géologique des données géophysiques.

Les résultats de l'activité géophysique en différents problèmes liés aux magmatites néogènes ont contribué à l'élaboration de nouvelles hypothèses de travail ou à l'amélioration des hypothèses existantes, et ils se sont concrétisés dans des études et des programmes de travaux géologiques, conduisant finalement à des résultats pratiques importants qui se sont reflétés dans l'accroissement de l'efficacité de l'ensemble des recherches géologiques envisageant les produits du volcanisme néogène en Roumanie et les minéralisations liées à celles-ci.



CONTRIBUȚII LA STUDIUL FORMELOR STRUCTURALE ALE SĂRII DIN DEPRESIUNEA TRANSILVANIEI¹

DE

MARIUS VISARION, PAMFIL POLONIC, ERDUGAN ALI-MEHMED²

Abstract

Some Contributions to the Study of Structural Shapes of Salt within the Transylvania Depression. This paper presents a new qualitatively improved interpretation of variations of the salt layer as to its thickness within the Transylvania Depression. The above paper points out the salt zones with marked thickness, which are preferentially distributed along some alignments, as a result both of the sedimentation process in the framework of a microlagoonal system, and of the subsequent action of isostatic and tectonic factors which differs according to each sector. The integrate study of seismometric, gravimetric and geoelectric data carried out on a regional scale, allowed to distinguish the main structural shapes of salt in this intermountainous depression.

Introducere

Pe teritoriul Republicii Socialiste România, cercetările geofizice au condus la descoperirea și conturarea a numeroase masive de sare, înscriindu-se astfel pe linia tradițională a școlii geologice românești, în cadrul căreia s-a elaborat și ulterior perfectionat teoria diapirismului. Rezultatele obținute sunt consemnate într-o serie de articole de specialitate, dintre care unele cu caracter de sinteză (A ir i n e i et al., 1960 ; V i s a r i o n , 1967 ; B o t e z a t u et al., 1970).

Extinderea cercetărilor geofizice pe aria Depresiunii Transilvaniei, îndeosebi a celor seismometrice, gravimetrice și geoelectricice, a permis obținerea unor informații noi asupra repartiției și formelor structurale ale

¹ Susținută în ședința de comunicări științifice din 23 noiembrie 1974, a Institutului de geologie și geofizică.

² Institutul de geologie și geofizică, Str. Caransebeș nr. 1, București.



acumulărilor de sare, chiar în cazurile cînd ele se situează la adîncimi mari și sunt mai greu detectabile datorită poziției lor uneori slab dislocate.

Lucrarea prezintă o hartă cu variațiile de grosime ale stratului de sare din această depresiune intermuntoasă, reprezentînd o variantă îmbunătățită calitativ ca rezultat al sporirii numărului de foraje adînc și al perfecționării mijloacelor geofizice de investigație. Totodată sunt prezentate principalele forme structurale îmbrăcate de sare, relevindu-se legătura lor cauzală complexă cu o serie de factori tectonici și izostatici, care au acționat diferențiat de la sector la sector, precum și cu configurația formațiunilor pretortoniene.

Date generale asupra alcăturii geologice a Depresiunii Transilvaniei

Depresiunea Transilvaniei constituie o unitate structurală majoră a țării noastre, care s-a format în urma mișcărilor laramice, prin afundarea unei regiuni întinse de la interiorul arcului carpatic.

Cercetările geologice, extinse pe o perioadă de peste 100 de ani, au cunoscut o intensificare după descoperirea zăcămîntului de gaz metan de la Sârmășel (1909) și au căpătat un caracter organizat și complex în ultimii 25 de ani. La avansarea cunoștințelor geologice asupra alcăturii și structurii depresiunii, au contribuit numeroși specialiști, ale căror lucrări au adus informații prețioase asupra formațiunilor de cuvertură, iar pe baza cercetărilor seismometrice și de foraj, asupra formațiunilor de fundument.

Obiectul limitat al lucrării, care se referă în principal la tipologia formelor structurale îmbrăcate de sarea tortoniană, nu necesită un istoric complet al cercetărilor geologice întreprinse în Transilvania. De altfel, acesta este consemnat amplu într-o serie de studii de sinteză elaborate de Ciupag et al. (1967, 1970), Ilie (1958), Vancea (1970) etc.

După cum rezultă din datele punctuale oferite de foraje (Dirja, Sic, Stupini, Pogacea u.a etc.), fundumentul depresiunii este alcătuit din formațiuni cristalofiliene, epi- și mezonazale și din formațiuni sedimentare permotriasiche, jurasice și cretacice inferioare.

Umplutura depresiunii este constituită preponderent din formațiuni terțiare, cu o amplă dezvoltare pe verticală care, în zona de maximă afundare a Tîrnavelor, atinge 6000 m. În succesiunea formațiunilor de cuvertură s-au separat cinci cicluri de sedimentare: cretacic superior, eocen-oligocen, burdigalian-helvetica, tortonian-buglovian-sarmatian și pliocen (Ciupag et al., 1970).

Tectonica formațiunilor cristalofiliene și a formațiunilor sedimentare, cuprinse între Permotriasic și baza Tortonianului, este mult mai complicată decît s-a crezut inițial, fapt atestat de rezultatele cercetărilor seismometrice.

Studiul integrat al datelor geofizice și de foraj a permis întocmirea unei tentative de hartă structurală, care oferă o imagine inedită a principalelor arii de ridicare și de afundare ale fundumentului cristalin, precum și a sistemelor de fracturi ce au facilitat în anumite sectoare punerea în loc a unor importante mase de roci eruptive (Visarion et al., 1973).



La nivelul fundamentalului cristalin au fost separate ridicările interne Stupini-Pogăceaua, Gurghiu-Uila, Tg. Mureş-N Sighişoara, care urmăresc ca direcție rama muntoasă. Ele încadrează depresiunea centrală a Tîrnavelor, în care fundamentul se situează la adâncimi mari, ce depășesc 8 000 m în zona de maximă afundare. La exterior se dispun depresiunile marginale Oca Mureş-Beudiu în W, Ucea și Daia Română-Şura Mare în S și Icland și Deda în E. În vecinătatea ramei se dispun ridicările Sic înspre NW și Benid înspire SE, reprezentând blocuri elevate, mărginite de fracturi adânci.

Tectonica formațiunilor mezozoice presenoniene este imprimată de relieful fundamentalului cristalin. Compartimentele afundate ale fundamentalui cristalin au funcționat uneori ca bazine independente, permitând acumularea unei serii continue de depozite mezozoice, cum este cazul în depresiunea centrală a Tîrnavelor, unde subsidența a fost mai accentuată.

În cadrul stivei formațiunilor sedimentare, predominant terțiare, care constituie umplutura depresiunii, la scară regională se disting două stiluri tectonice cu caracteristici net diferențiate.

Stilul tectonic inferior, propriu formațiunilor senoniene, paleogene și miocene inferioare, este marcat de prezența unor zone de ridicare și de afundare, extinse pe suprafețe importante, conforme parțial cu cele ale subasmentului cristalino-mezozoic, pe care îl redă estompat la partea superioară.

Stilul tectonic superior, care caracterizează formațiunile miocene superioare și pliocene, este imprimat preponderent de deformările suferite de stratul de sare tortoniană, cu o dezvoltare aproape continuă în depresiunea Transilvaniei.

Sub raport structural, Mrazec, Jekelius (1927) au separat trei zone distincte: o bordură externă de formațiuni neogene, practic necutate, cu inclinări slabe spre interiorul depresiunii, o zonă intens cutată, constituită din cufe diapire tipice cu masive de sare la zi și o cuvetă centrală, în care elementele structurale îmbracă frecvent formele de dom și brahi-anticlinal. Datele geofizice și de foraj, obținute îndeosebi în ultimele două decenii, aduc o serie de informații noi, cu implicații științifice și aplicative evidente, care completează această configurație structurală cu caracter regional.

Gradul actual de cunoaștere a structurii formațiunilor neogene, în particular a formațiunilor din cuvertura tufului de Dej, permite abordarea sub un alt unghiu a acestei probleme, care are la bază un suport cantitativ, oferit de cercetările seismometrice.

Probleme geologice ale sării

Din cauza mobilității ei în interiorul scoarței, sarea apare la zi în contact direct cu formațiuni geologice variate. De aceea, problema stabilitării vîrstei sării a constituit obiectul unor discuții îndelungate, în special în cazul masivelor din zona subcarpatică a Moldovei și Munteniei.

Brîul de masive de sare care înconjoară Depresiunea Transilvaniei a fost situat stratigrafic de Koch (1900), la partea inferioară a stratelor



de Cîmpie, deasupra orizontului tufului de Dej. Acest punct de vedere a fost combatut de alți cercetători, care, pornind de la caracterul diapirogen al unora dintre masivele de sare, îi acordau o vîrstă oligocen-superioară sau miocen-inferioară (M r a z e c, J e k e l i u s, 1927 ; V o i t e ș t i, 1943). Cercetările geologice sistematice executate ulterior, completate cu datele furnizate de forajele adînci, au precizat vîrsta tortoniană a sării, încadrînd-o între tuful de Dej, în bază, și depozitele marnoase-argiloase marine, corespunzătoare șisturilor cu radiolarii, în acoperiș.

Tipologia variată a formelor structurale a incitat diversi cercetători, încă de la finele secolului trecut, la efectuarea unor studii care să stabilească legitățile ce guvernează migrarea și colectarea preferențială a sării. Un rol fundamental în această direcție au avut lucrările lui M r a z e c (1907, 1927), autor al teoriei tectonice a diapirismului și în particular, a formării structurilor anticliniale cu nucleu de sare. În conformitate cu această teorie, deformarea sării este determinată de acțiunea forțelor tangențiale centripete, care au drept urmare formarea unor diapire asociate cu cute lineare. Plasticitatea sării, care se accentuează pe măsură ce temperatura și presiunea exercitată de depozitele acoperitoare cresc, explică formele variate ale diapirelor.

Concepția tectonică a diapirismului a fost completată de M a c o v e i (1917), care a pus în evidență caracterul precoce al deplasării sării, prin intervenția diferențelor de densitate și plasticitate între sare și formațiunile din cuvertura ei.

Emisă de H a r b o r t, teoria izostatică a formării diapirelor în regiuni nedislocate a fost pusă la punct de B a r t o n (1933). Datorită densității sale reduse, în raport cu majoritatea rocilor sedimentare, sareea se deplasează și se concentrează pe liniile de slabă rezistență sub acțiunea presiunii exercitată de masele acoperitoare. Această strâpungere continuă, pînă la stabilirea unui echilibru litostatic între rocile înconjurătoare și sare. O l t e a n u (1965) acordă o importanță determinantă factorilor izostatici și ajunge la concluzia că sareea este supusă procesului de diapirism numai cînd se situează la adîncimi de peste 1 500 m. În această interpretare, forțele tectonice determină numai o repartiție neuniformă a depozitelor sedimentare la începutul procesului de cutare, după care sareea se deplasează spre suprafață datorită densității sale reduse.

Într-o lucrare recentă (P ă t r u ț et al., 1973) se admite că, în funcție de natura substratului, diapirismul sării din avanfosa carpatică a îmbrăcat aspecte diferite ca mod de formare și evoluție, în zona externă predominând factorii izostatici, iar în cea internă forțele de cutare. În această regiune, diapirismul sării prezintă caractere complexe, care sunt determinate de existența a două formațiuni cu sare, de evoluția geotectonică a avanfosei și de momentele principale din această evoluție.

În Transilvania, prima încercare de explicare a formării domurilor diapire a fost făcută de P o s e p n y (1871), care susține că mecanismul de cutare este legat de forțe moleculare, respectiv de mărirea volumului maselor de sare.



O altă ipoteză, la care ulterior au aderat și alții autori, a fost emisă de M r a z e (1907). În această concepție se admite că fenomenul de cutare n-a fost produs de sare, ci de forțele tangențiale centripete din Pliocen, după faza de cutare a Carpaților.

Pornind de la observația că formațiunile, care acoperă sarea tortoniană în nordul Transilvaniei, au o structură diferită în raport cu cea a formațiunilor subjacente, Pătrut (1949) axează mecanismul masivelor din zona Beclan pe curgerea plastică a sării către suprafețele de minimă rezistență.

Fenomenul de cutare în depresiunea neogenă a Transilvaniei este datorat, după Dumitrescu (1958), unor forțe tangențiale din interiorul depresiunii (forțe centrifuge). Din cauza componentei tangențiale a gravitației s-ar fi produs decolarea depozitelor mai noi decât sarea, decolare ce ar fi dat naștere cutelor cvasilineare. Domurile de sare grefate pe aceste cute și domurile de gaze din interiorul cuvetei s-ar fi format din cauza presiunii determinată de depozitele din acoperiș asupra sării, care fiind mai ușoară s-ar fi ridicat pe zonele de slabă rezistență, sub formă de coloane cilindrice. În această concepție se combină ipoteza tectonică gravitațională cu cea izostatică. Ea permite explicarea independenței cutelor din depresiunea neogenă a Transilvaniei față de formațiunile mai vechi decât sarea și a asociației diapirelor de sare cu cute ejective.

Unii autori (Ciupag et al., 1970) admit că sarea a avut grosimea maximă în zona cea mai afundată a depresiunii Transilvaniei, în care cuvertura sedimentară atinge grosimi de cîteva mii de metri. Ca efect al mișcărilor orogenice, intermitente și mai ales al presiunii exercitate în mod continuu de stratele din acoperiș, cînd acestea au depășit grosimea de 1000 m, sarea, datorită plasticității sale, a început să curgă din zona centrală către zonele periferice de mai mică rezistență, unde cuvertura era mai subțire și faliată. Fenomenul de curgere a sării, odată amorsat, s-a continuat pînă în Cuaternar. El a avut un efect tectonic fără întreruperi asupra tuturor stratelor din acoperiș, mai accentuat în cele inferioare și mai atenuat în cele superioare.

Succinta trecere în revistă a unora din ipotezele referitoare la mecanismul de deformare și de concentrare preferențială a sării arată gradul de dificultate al rezolvării acestei probleme, care nu poate fi considerată pe deplin elucidată. Evident, se remarcă însă aportul important sub raport teoretic, adus de specialiștii din țara noastră la evoluția concepțiilor asupra formării cutelor diapire și a diapirismului în general.

Eficiența cercetărilor geofizice la localizarea formelor structurale cu sare

Pe aria depresiunii Transilvaniei, cercetarea gravimetrică beneficiază în general de condiții optime de aplicabilitate, deoarece, deși sarea are în cadrul acestei unități o răspîndire aproape generală, pe plan local ea apare asociată cu diverse tipuri de structuri, fapt care determină schimbări sensibile ale imaginii anomaliei gravitației (Visarion, 1972).

Pe marginile de NW și NE ale depresiunii, poziția relativ nedislocată a sării, cu lentilizări slabe, conduce la anomalii cu morfologii complicate și intensități mici, mai dificil de transpus în termeni geologici. Cu toate acestea, cercetarea gravimetrică a condus la separarea a numeroase anomalii reziduale, obținute după îndepărțarea efectelor regionale, care s-au dovedit a reflecta acumulări de sare în vecinătatea suprafeței.

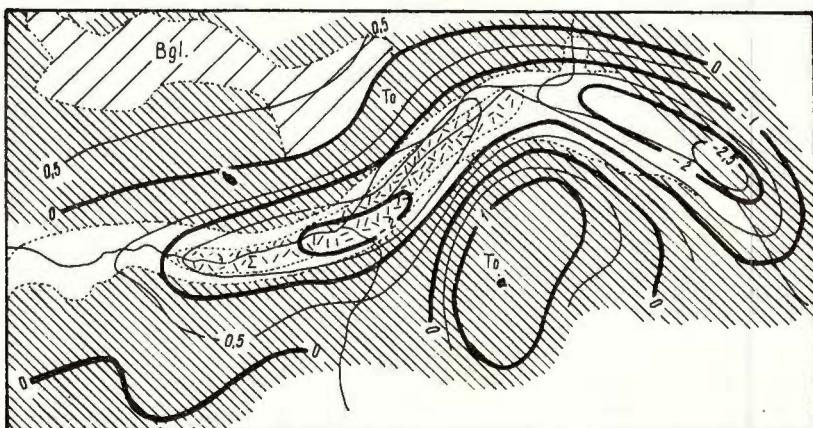


Fig. 1. — Anomalie reziduală a gravitației din zona E Nireș, reprodusă după Visarion (1972): Σ , sare; To, Tortonian; Bgl, Buglovian.

Anomalie résiduelle de la pesanteur dans la zone E de Nireș, d'après Visarion (1972): Σ sel; To, Tortonien; Bgl. Buglovien.

Caracteristică pentru sectorul nord-vestic al depresiunii este anomalia reziduală a gravitației din sectorul Nireș, reprodusă în figura 1 (Visarion, 1972). Ea pune în evidență un minim alungit conform direcției E-W, în cadrul căreia se separă două zone de apex, corespunzătoare unor lentilizări mai accentuate ale sării. Datele obținute prin executarea unor foraje de mică adâncime confirmă această interpretare, arătând că sarea și-a conservat poziția stratigrafică inițială, cu lentilizări pînă la dublarea grosimii primare.

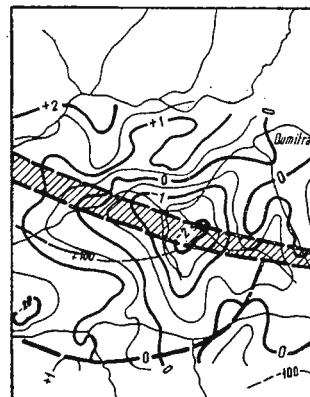
Partea nord-estică a Transilvaniei se caracterizează printr-o tectonică relativ simplă, formațiunile tortoniene-sarmașiene formînd un monoclin care se sprijină pe rama paleogen-miocenă inferioară a depresiunii. Terenurile monoclinale trec insensibil la un sinclinal larg, care separă marginea practic necutată a depresiunii de linia tectonică N Iad-Dumitra.

Figura 2, reprezentativă pentru acest sector, reproduce anomalia reziduală a gravitației din zona Dumitra (Visarion, 1967), în paralel cu schița structurală la intrarea în sare. Ea pune în evidență un minim, care reflectă îngroșarea sării în vecinătatea liniei tectonice amintite.

Condițiile cele mai favorabile de aplicabilitate a cercetării gravimetrice se întâlnesc în zonele în care sarea este puternic dislocată, formând nucleul cutelor diapire sau chiar domuri diapire. Sarea dispune de o cuvertură în care intervin serii marnoase și marnoase-nisipoase, iar în partea de NE a depresiunii și serii grezoase-conglomeratice. În raport cu

Fig. 2. — Anomalia reziduală a gravitației din zona Dumitrii, reprodusă după V i s a r i o n (1967), în paralel cu schița structurală construită la suprafața sării.

Anomalie résiduelle de la pesanteur dans la zone de Dumitrii, d'après V i s a r i o n (1967), parallèlement au schéma structural à la surface du sel.



formațiunile tortoniene-sarmațiene, eventual chiar pliocene, din acoperiș și de pe flancuri, sarea realizează un deficit de masă, care explică anomaliiile intense de minim cartate pe aliniamente marginale de cufe diapire.

Din numeroasele anomalii cartate pe marginea de W a depresiunii (B o t e z a t u et al., 1970; V i s a r i o n, 1972), au fost selectate cele din sectoarele Gădălin și Valea Florilor, mai puțin cunoscute, unde cercetarea gravimetrică a condus la rezolvări structurale interesante.

Anticinalul Gădălin se reflectă în anomalia gravitației printr-un minim rezidual, determinat prin metoda speranței matematice de V i s a r i o n (1967), pe baza datelor primare culese de P o p o v i c i (1953)³. Imaginea apexului anomaliei este prezentată în figura 3, paralel cu schița structurală la intrarea în sare. Asocierea seismometriei — deși nu este pe deplin satisfăcătoare, datorită apropierea orizontului caracteristic de suprafață — a arătat că în zona de apex a anomaliei, sarea are o grosime de peste 550 m, cu circa 350 m mai mare decât în sinclinaile limitrofe.

Pe prelungirea spre sud a anticinalului Cojocna, cercetarea gravimetrică a evidențiat un aliniament de minim pe direcția Valea Florilor-Ploșcoș.⁴ La Valea Florilor, pe acest aliniament se grefează o anomaliă care circumscrisă o zonă de manifestări saline. Imaginea anomaliei reziduale se poate urmări în figura 4, paralel cu schema structurală la nivelul ori-

³ D. P o p o v i c i. Cercetări gravimetrică în regiunea Apahida (Cluj), 1953. Arh. M.M.P.G., București.

⁴ S. F o t o p o l o s, D o i n a F o t o p o l o s. Raport asupra prospecțiunilor gravimetrică de detaliu în zona Turda, pentru sare. 1956. Arh. M.M.P.G., București.

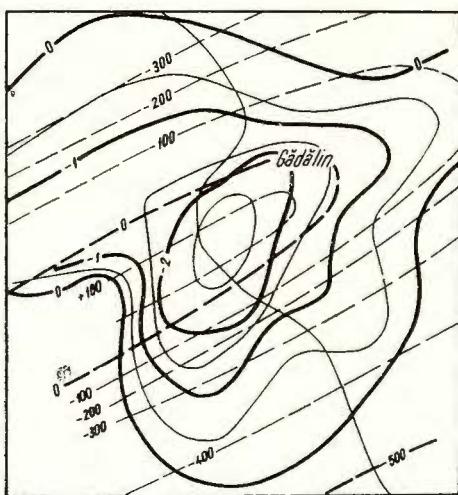


Fig. 3. — Anomalia reziduală a gravitației din sectorul Gădălin, repro dusă după Visarion (1967), în paralel cu schița structurală construită la suprafața sării. Anomalie résiduelle de la pesanteur du secteur Gădălin, d'après Visarion (1967), parallèlement au schéma structural à la surface du sel.

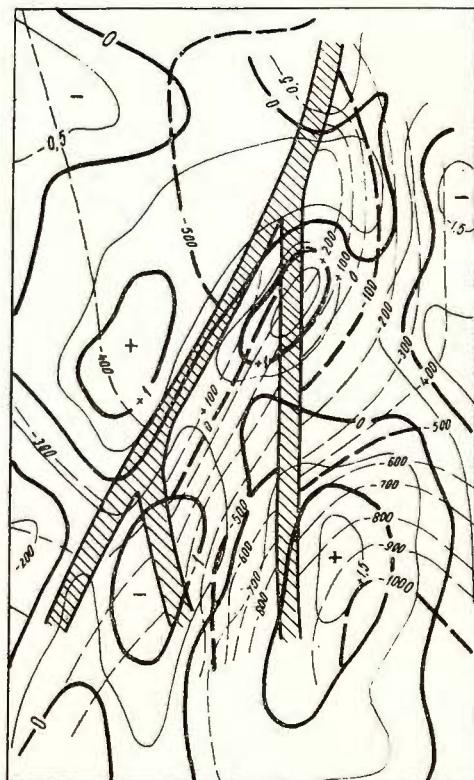


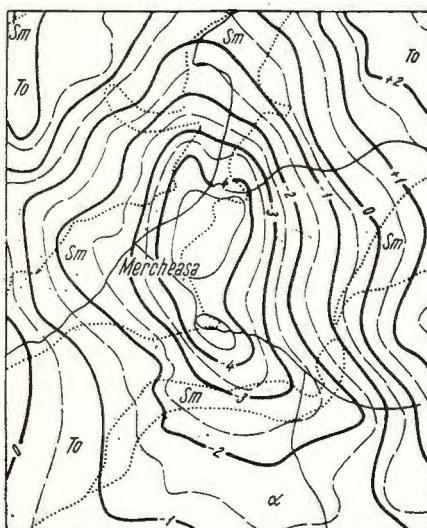
Fig. 4. — Anomalia reziduală a gravitației din zona Valea Florilor, repro dusă după Fotopoulos (1965), în paralel cu schița structurală construită la suprafața sării.

Anomalie résiduelle de la pesanteur dans la zone de Valea Florilor, d'après Fotopoulos (1965) parallèlement au schéma structural à la surface du sel.

zontului sării. Se remarcă existența unei structuri faliate, independente de anticlinalul Măhăceni, cartat geologic. În conformitate cu datele gravimetrice și seismometrice, această structură pare a se continua spre sud, pe direcția Cîmpia Turzii.

Pe marginea estică a depresiunii, cercetarea gravimetrică a individualizat numeroase anomalii de minim, produse de elemente structurale

Fig. 5. — Anomalia reziduală a gravitației din sectorul Mercheașa, reprodusă după Airinei et al. (1960) : To, Tortonian ; Sm, Sarmațian ; α , aglomerate vulcanice. Anomalie résiduelle de la pesanteur du secteur Mercheașa, d'après Airinei et al. (1960) : To, Tortonien ; Sm, Sarmatien ; α , agglomérats volcaniques.



cu sare intens diapirizată, care se înșiră pe aliniamentul major Sărățel-Prajd-Corund (Visarion, 1972).

În regiunea de SE a Depresiunii Transilvaniei, structura geologică este direct legată de modul în care se realizează trecerea de la Carpații Orientali la Carpații Meridionali și de evoluția geotectonică a acestor două ramuri ale lanțului muntos. Dacă avem în vedere faptul că zona care prezintă interes pentru sare se plasează imediat la W și NW de munții Perșani, a căror evoluție s-a încheiat înaintea Miocenului, se poate considera că aici diapirismul este mai atenuat, iar forțele care au acționat au fost în principal de natură gravitațională. Cu toate acestea, pe unele aliniamente sareea are un caracter dominant diapir. În figura 5 se prezintă minimul rezidual de la Mercheașa, ca tip morfologic caracteristic pentru un masiv de sare, care străpunge întreaga cuvertură neogenă pe o înălțime de peste 1 100 m (Airinei et al., 1960).

Aspecte particulare prezintă zona cutelor diapire din partea de SW a depresiunii, unde, datorită dezvoltării mai ample a formațiunilor nisipoase, contrastul de masă dintre sare și depozitele terigene scade în valoare. În asemenea situații, cercetarea gravimetrică trebuie executată cu o exigență sporită, pentru ca datele primare să poată fi prelucrate în mod

corespunzător. Pentru exemplificare, în figura 6 se prezintă anomalia derivatei a două din zona Ocna Sibiului, paralel cu izobatele la intrarea în sare, care arată că în adâncime dimensiunile masivului cresc considerabil (Stoenescu, Visarion, 1970).

Un alt tip morfologic de anomalii gravimetrice se individualizează în zona centrală a depresiunii. Datorită lentilizării mai accentuate a sării

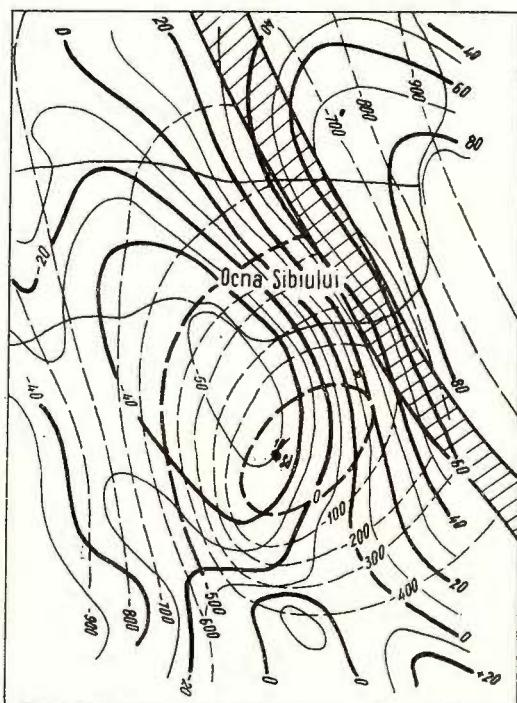


Fig. 6. — Anomalia derivatei a două din zona Ocna Sibiului, reprodusă după Stoenescu și Visarion (1970), în paralel cu schița structurală construită la suprafața sării.

Anomalie de la deuxième dérivée dans la zone d'Ocna Sibiului, d'après Stoenescu et Visarion (1970), en parallèle avec le schéma structural à la surface du sel.

în nucleul unor domuri sau brahianticlinale, efectul produs de aceasta se însumează cu efectul produs de cupola de gaze din cuvertură, astfel încât uneori se obțin anomalii de minim cartabile, cu intensități mici și contururi eliptice sau evasicirculare. Pentru exemplificare, în figura 7 se prezintă anomalia reziduală a gravitației din zona brahianticinalului Grebenișu de Cîmpie, paralel cu izolinile care descriu variația grosimii sării. Separarea efectelor gravimetrice s-a realizat prin metoda simplificată a regresiunii și a condus la rezultate valoroase, datorită acurateței datelor primare colectate de Culea (1967).⁵ Anomalia reziduală conturează un minim, alungit pe direcția NW-SE, care reflectă efectul cumulat al îngroșării sării (peste 500 m) și al cupolei gazeifere, la E de un accident ruptural, semnalat de datele seismometrice și de foraj.

⁵ V. Culea. Raport final asupra lucrărilor de prospecție gravimetrică de șantier din bazinul Transilvaniei în zona domurilor Grebenișu și Dobra. 1967, Arh. IPGGH, București.

Cercetările gravimetrice au arătat că nu totdeauna rezultatele obținute sunt convingătoare, în special în cazurile cînd ridicarea sării este de mică amplitudine și domurile foarte slab boltite.

Cercetarea geoelectrică, prin metoda curenților telurici și metoda emițătoarelor încrucișate, aduce, de asemenea, informații prețioase,

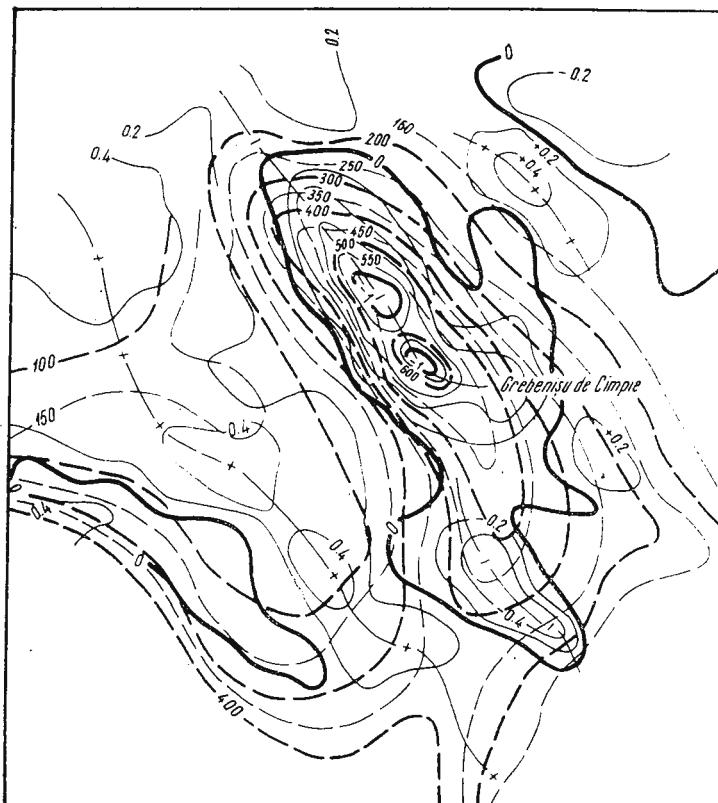


Fig. 7. — Anomalia reziduală a gravitației din zona Grebenișu de Cîmpie, reprodusă după Visarion (1972), în paralel cu izolinile care descriu variația grosimii sării.

Anomalie résiduelle de la pesanteur dans la zone de Grebenișu de Cîmpie, d'après Visarion (1972) parallèlement aux isopaques du sel.

deoarece sarea formează un orizont electric de referință în depresiunea Transilvaniei. Reflectarea formelor structurale cu sare în anomalii geoelectrice se realizează prin maxime ale invariantului arie-elipsă, cu intensități variabile.

Deși cercetările geoelectrice au fost extinse pe suprafețe limitate, comparația directă a rezultatelor cu cele furnizate de alte metode geofizice a condus la rezultate satisfăcătoare, chiar în situațiile cînd sareea se situ-

ează la adîncimi mai mari. Cîteva cazuri caracteristice vor ilustra modul de reflectare în anomalii geoelectrice a formelor structurale cu sare.

În figura 8 se prezintă anomalia invariantului arie-elipsă din sectorul Feliceni-Odorhei⁶ paralel cu harta structurală la suprafața sării, remar-

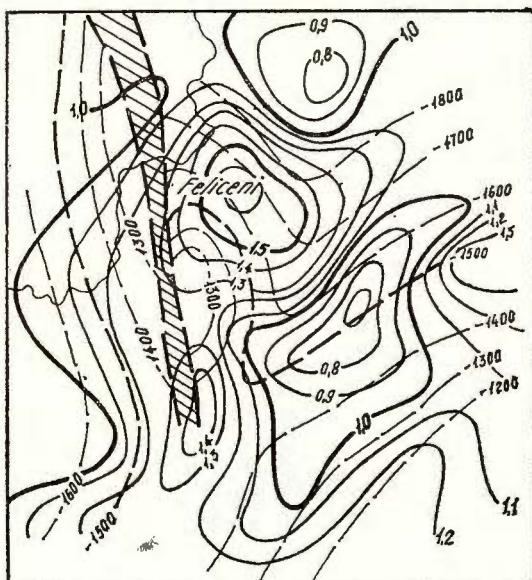


Fig. 8. — Anomalia invariantului arie-elipsă din zona Feliceni, reproducă după Ionescu și Mihalache (1967), în paralel cu schița structurală construită la suprafața sării.

Anomalie de l'invariant aire-ellipse de la zone de Feliceni, d'après Ionescu et Mihalache (1967), parallèlement au schéma structural à la surface du sel.

cîndu-se o bună concordanță între cele două categorii de date. La Feliceni, structura îmbracă forma unui brahianticinal făiat longitudinal, cu periclinul nordic înecat sub Pliocen.

Corelația datelor geoelectrice cu cele gravimetrice conduce pe alocuri la informații interesante, care se completează reciproc. Pentru exemplificare (fig. 9), se prezintă rezultatele cercetărilor complexe executate în sectorul Cața-Homorod.⁷ Asocierea unui maxim al invariantului teluric cu un minim gravimetric rezidual sugerează tendința de lentilizare accentuată a sării, în simburele unei cută anticlinale.

Pe marginea vestică a Depresiunii Transilvaniei, cercetarea geoelectrică întîmpină unele dificultăți, generate de formele de relief mai pronunțate și de migrarea orizontului electric de referință, pe formațiuni mai vechi. În figura 10 se prezintă anomalia invariantului arie-elipsă din zona masivului de sare de la Cojocna,⁸ paralel cu anomalia reziduală a gravitației.

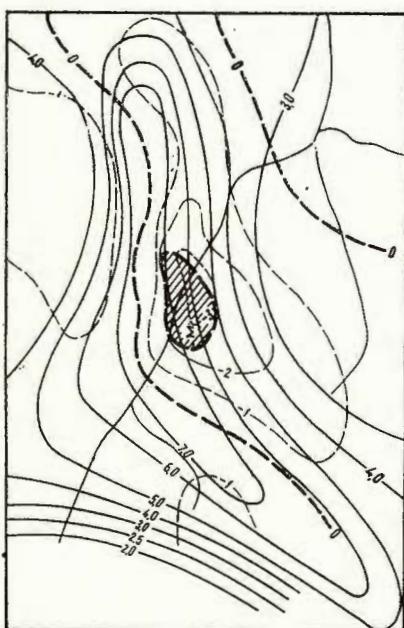
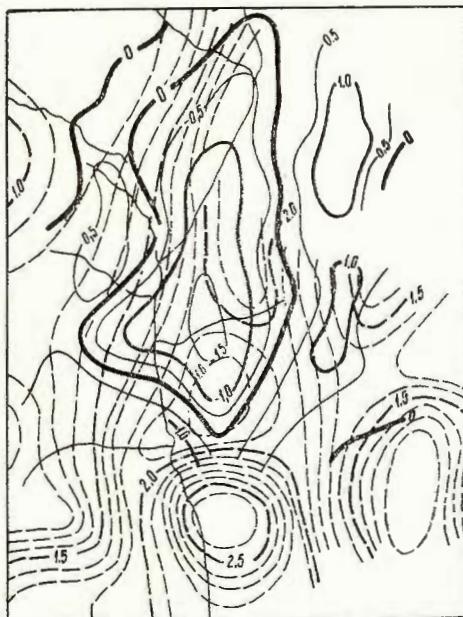
⁶ D. Ionescu, I. Mihalache. Raport final asupra lucrărilor de prospecții electrometrice prin metoda curenților telurici în regiunea Sighișoara-Odorhei. 1967, Arh. IPGGH, București.

⁷ Op. cit., p. 6.

⁸ I. Vilciu, I. Mihalache, C. Vilciu. Raport final asupra lucrărilor de prospecții electrometrice prin metoda curenților telurici în zona Apahida-Turda-Luduș-Mociu din bazinul Transilvaniei. 1970, Arh. IPGGH, București.

Fig. 9. — Anomalia invariantului arie-ellipsă din zona Cața, reprodusă după Ionescu și Mihalache (1967), în paralel cu anomalia reziduală a gravitației.

Anomalie de l'invariant aire-ellipse de la zone Cața, d'après Ionescu et Mihalache (1967), parallèlement à l'anomalie résiduelle de la pesanteur.



• Fig. 10. — Anomalia invariantului arie-ellipsă din zona Cojocna, reprodusă după Vilciu et al. (1970) în paralel cu anomalia reziduală a gravitației.

Anomalie de l'invariant aire-ellipse de la zone Cojocna, d'après Vilciu et al. (1970) parallèlement à l'anomalie résiduelle de la pesanteur.

Dacă la Cojocna între axele celor două anomalii se remarcă un decalaj de numai 0,5 km, gradientul accentuat semnalat de harta geoelectrică înspre vest sugerează trecerea la un alt orizont de referință, reprezentat probabil de placă de calcare eocene.

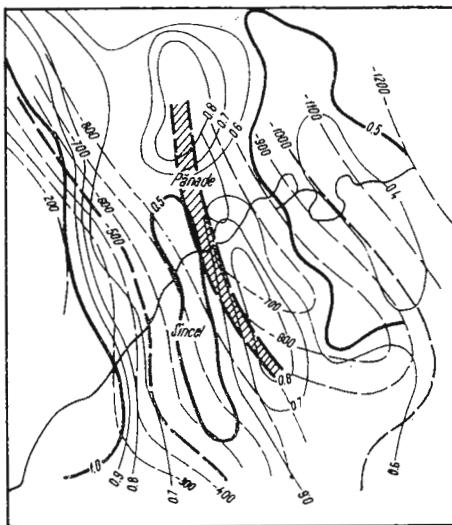


Fig. 11. — Anomalia invariantului aire-ellipse din zona Pănade-E Sincel, reprodusă după Mihalache et al. (1969), în paralel cu harta structurală la suprafața sării.

Anomalie de l'invariant aire-ellipse de la zone de Pănade-E Sincel, d'après Mihalache et al. (1969), parallèlement à la carte structurale à la surface du sel.

La E de Ocnisoara se dispune un aliniament geoelectric de maxim pe direcția Pănade-E Sincel.⁹ Comparația directă a datelor geoelectrice cu cele seismometrice arată (fig. 11) că anomalia de maxim reflectă îngroșarea sării în vecinătatea unei falii, paralele cu linia Cenad-Ruși. În secțiunea verticală, structura se prezintă sub forma unui anticinal asymmetric, faliat axial, care se situează într-o poziție mai coborită față de structura Ocnisoara-Blaj.

Cercetarea geoelectrică a condus la rezultate remarcabile și în zona centrală a depresiunii, îndeosebi în sectoarele unde nucleul de sare al domurilor sau brahianticlinalelor este bine exprimat. Figura 12 reprezintă anomalia geoelectrică de la Singer, obținută prin aplicarea metodei emițătoarelor încrucișate.¹⁰ Ea localizează un maxim alungit conform direcției NW-SE, pe care se grefează două apexuri, corespunzînd unor lentilizări mai accentuate ale sării. După cum se poate remarca, paralelismul între datele geoelectrice și cele seismometrice la nivelul orizontului sării este evident, permitînd o bună conturare a brahianticlinalului.

⁹ I. Mihalache, I. Vilciu, C. Vilciu. Raport final asupra lucrărilor de prospecții electrometrice prin metoda curenților telurici în zona Blaj-Ocna Mureșului. 1969, Arh. IPGGH, București.

¹⁰ D. Ionescu, I. Mihalache. Raport final asupra prospecțiunilor electrometrice executate în bazinul Transilvaniei. 1966, Arh. IPGGH, București.

Deși au condus la rezultate remarcabile, concretizate în descoperirea și conturarea a numeroase elemente structurale din depresiunea Transilvaniei, informațiile obținute prin aplicarea metodelor gravimetrice și geoelectrice s-au situat în limite strict calitative, oferind numai indicații asupra dispoziției spațiale și configurației acumulărilor de sare.

Studiul sistematic al variațiilor grosimii stratului de sare, cu o dezvoltare aproape continuă în depresiunea Transilvaniei, a devenit posibil

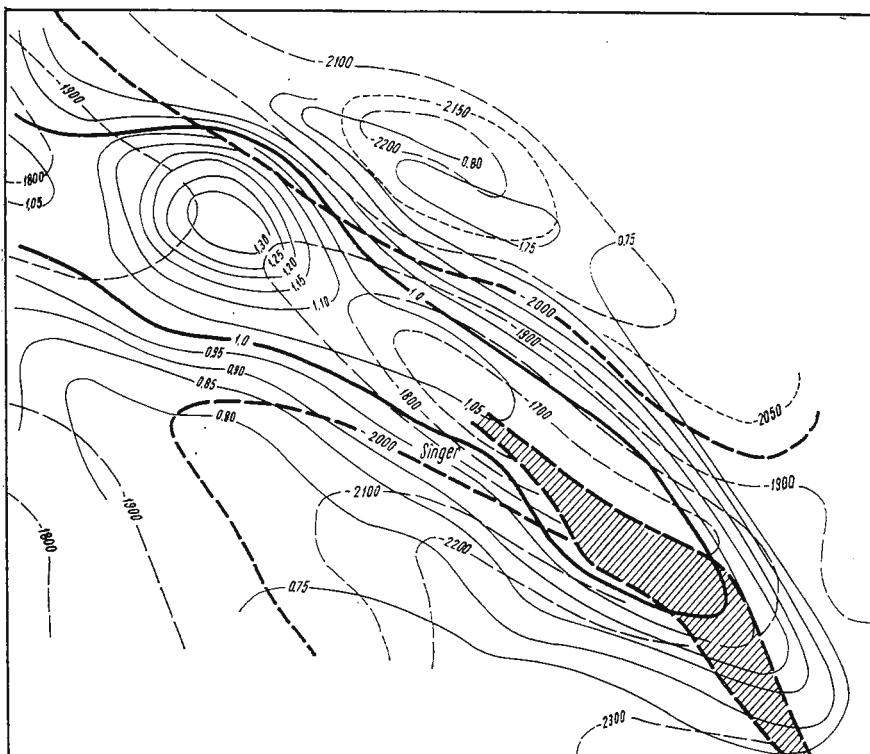


Fig. 12. — Anomalie geoelectrică din sectorul Singer, obținută prin folosirea metodei emițătoarelor încrucișate, de Ionescu și Mihalache (1966), în paralel cu harta structurală la suprafața sării.

Anomalie géoélectrique du secteur Singer, obtenue par la méthode des émetteurs croisés employée par Ionescu et Mihalache (1966) parallèlement à la carte structurale de la surface du sel.

numai cu ajutorul cercetărilor seismometrice de reflexie, care, pe baza unor înregistrări continue combinate cu datele punctuale, oferite de foraje, au condus la realizarea unor hărți structurale de un ridicat nivel calitativ. La realizarea cercetărilor seismometrice de teren și la prelucrarea datelor primare și-au adus o valoroasă contribuție numerosi specialiști, care activează în industria de petrol și gaze.

Problemele privind formele structurale ale sării, care formează obiectul acestei lucrări, și-au găsit o rezolvare favorabilă odată cu trecerea de la înregistrările oscilografice la cele magnetice și introducerea tehnicii grupărilor de surse și de receptori.

La gradul actual de cunoaștere, stratul de sare din depresiunea Transilvaniei este delimitat de două orizonturi seismice bine definite. La baza acestui strat se dispune tuful de Dej, care poate fi urmărit aproape în întreaga depresiune și prezintă raporturi evidente de discordanță față de orizonturile din cuvertura sării. Studiile efectuate asupra suprafeței superioare a stratului de sare au arătat că, aceasta nu reprezintă de obicei un orizont reflectator caracteristic. În această situație, au fost atribuite suprafeței sării primele reflexii cu o dispunere discordantă față de tuful de Dej.

Având în vedere erorile ce intervin în definirea limitelor superioară și inferioară a stratului de sare, se poate aprecia că acestea nu depășesc 100 m în zonele de îngrosare a sării, cifră confirmată de datele de foraj.

Caracteristicile morfologice și structurale ale zonelor marginale ale depresiunii limitează, în oarecare măsură, eficiența cercetării seismometrice. Principala sursă este constituită de tectonizarea intensă a formațiunilor, ca urmare a concentrării sării în diapire, uneori cu o amplă dezvoltare pe verticală. Pe de altă parte, apropierea orizontului sării de suprafață înspre rama depresiunii și prezența formațiunilor eruptive neogene pe marginea estică a unității constituie factori, care reduc valoarea cantitativă a datelor seismometrice.

Tipologia formelor structurale ale sării

Elementele structurale ale sării, conturate în depresiunea Transilvaniei, îmbracă forme variate sub acțiunea combinată a factorilor tectonici și izostatici. Influența acestor factori a fost variabilă, astfel încât în cadrul acestei unități pot fi localizate zone în care sarea și-a conservat în totalitate poziția sa inițială, zone în care apar domuri de sare independente și zone în care se dezvoltă cute cu nuclee de sare diapiră, pe fondul unui strat de sare aproape continuu, cu mobilitate redusă.

În cele ce urmează se vor descrie câteva tipuri principale sub care se prezintă sarea în această depresiune intermuntoasă, pe baza informațiilor furnizate de cercetările seismometrice și de foraj, pornind de la cele mai simple forme, remarcate în partea centrală și pînă la cele mai complicate, semnalate pe aliniamentele marginale de cute diapire.

Sarea stratiformă, caracterizată prin așezarea plan-paralelă a suprafețelor de contact cu formațiunile din culcuș și acoperiș se întinde destul de rar, cu precădere în zonele depresionare largi din partea centrală a unității. În secțiunea seismică din figura 13, corespunzătoare profilului Valchid-Hoghilag,¹¹ se remarcă dispoziția concordantă a elementelor reflecta-

¹¹ C. Popescu, P. Bodescu. Raport asupra prospecțiunii seismice executate în regiunea Mediaș-Sighișoara. 1970, Arh. IPGGH, București.

toare, fapt care sugerează existența unei continuități de sedimentare de la Helvetian la Tortonian. Ea este determinată de adâncimea maximă a depresiunii din acest sector, controlată și de lucrările de foraj.

În alte sectoare ale depresiunii, îndeosebi în partea nordică, sarea își păstrează dispoziția stratiformă, dar se instalează peste o structură mai

Fig. 13. — Fragment din secțiunea seismică XLII—35/69, reprobus după Popescu și Bodescu (1970).

Secteur de la coupe sismique XLII—35/69, d'après Popescu et Bodescu (1970).

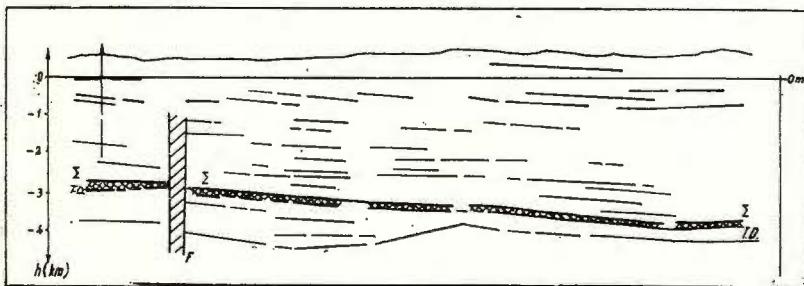
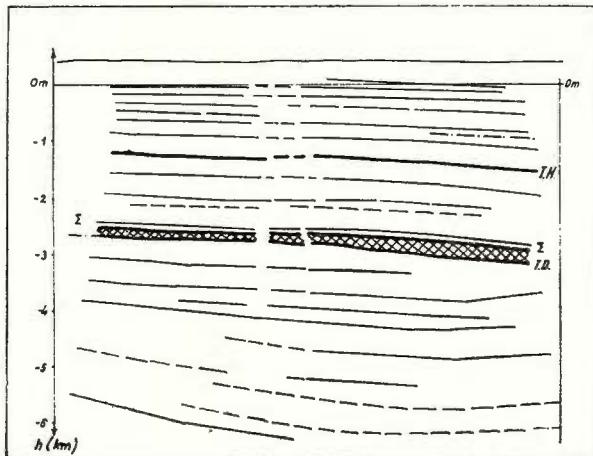


Fig. 14. — Fragment din secțiunea seismică IV—35/70, reprobus după Maer și Geles (1971.)
Secteur de la coupe sismique IV—35/70, d'après Maer et Geles (1971).

complicată a formațiunilor pretortoniene. Pentru a ilustra disponerea discordantă a stratului de sare, în figura 14 se prezintă un fragment al secțiunii seismice Singorzu Nou-Archiud.¹²

În situațiile cînd sarea s-a depus peste un relief mai accidentat al formațiunilor pretortoniene, grosimea ei este variabilă, dar își păstrează caracterul predominant stratiform. În figura 15 este redat un fragment

¹² I. Maer, E. Geles. Raport final asupra lucrărilor seismice executate în zona Becllean-Bistrița-Teaca. 1971, Arh. IPGGH, București.

al unei secțiuni seismice,¹³ care arată că sarea nivelează un relief pozitiv slab exprimat al formațiunilor pretortoniene.

Un alt caz interesant a fost întîlnit la sud de Sărmășel, unde o secțiune seismică¹⁴ pune în evidență un compartiment depresionar la suprafața tufului de Dej, mărginit de falii, care este complet nivelat de sare, astfel încît fața superioară a acestuia și formațiunile acoperitoare mai noi prezintă o dispoziție evazi-orizontală (fig. 16).

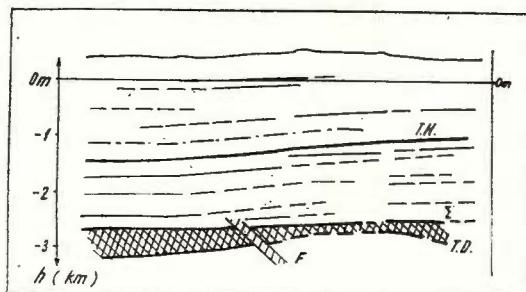


Fig. 15. — Fragment din secțiunea seismică XXII-35/69, reprodusă după Popescu și Bodescu (1970). Secteur de la coupe sismique XXII-35/69, d'après Popescu et Bodescu (1970).

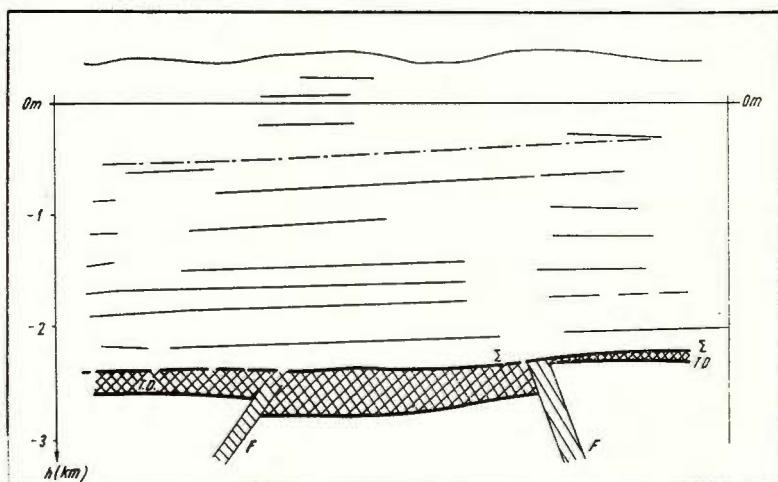


Fig. 16. — Fragment din secțiunea seismică IV-31/67, reprodusă după Maer și Geles (1968). Secteur de la coupe sismique IV-31/67, d'après Maer et Geles (1968).

Structurile de mulare, considerate pseudocute în cazul sedimentării normale, se întâlnesc și în cazul sării, fie cînd aceasta se dispune inițial pe un relief preexistent, fie în urma unei redistribuiri ulterioare.

¹³ Op. cit., p. 11.

¹⁴ I. Maer, E. Geles. Raport final asupra prospecțiunii seismice executate în regiunea Reghin-Sărmaș-Buza-Dipșa. 1968, Arh. IPGGH, București.

Dacă sarea formează un strat continuu, așezat pe un relief ondulat, iau naștere cute care uneori păstrează o înclinare conformă cu aceea a morfolgiei substratului. Un exemplu tipic de structură de mulare¹⁵ s-a remarcat în zona ridicării de la Alămor, unde (fig. 17) stratul de sare, cu o grosime relativ constantă, acoperă un relief pretortonian larg boltit, pe care îl reflectă cu fidelitate la partea superioară.

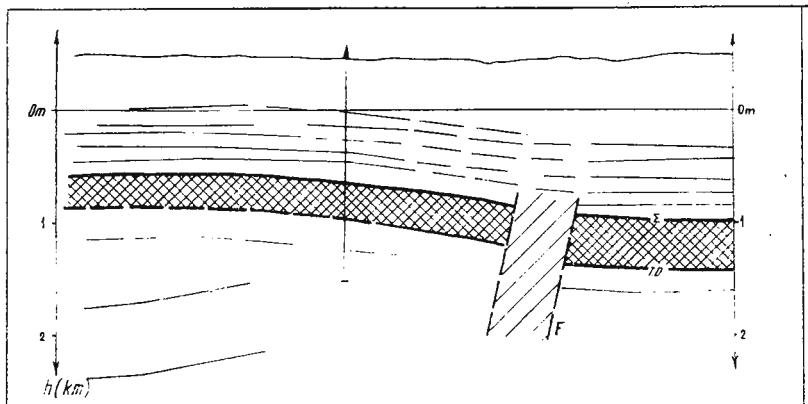


Fig. 17. — Fragment din secțiunea seismică IA—35/67, reprobus după Popescu și Bodescu (1968).

Secteur de la coupe sismique IA—35/67 d'après Popescu et Bodescu (1968).

În alte situații, sarea migrează către zonele mai ridicate, în lungul discordanței care separă cuvertura neogenă superioară de substratul ei pretortonian. Asemenea tipuri structurale au fost întâlnite atât în zona centrală cât și în zona periferiei sudestice a depresiunii și au drept cauză principală deformarea sării prin diapirism izostatic. În figura 18 se prezintă un fragment dintr-o secțiune seismică din sectorul Daneș¹⁶, care ilustrează migrarea sării spre ridicarea reliefului pretortonian, datorită presiunii litostatice diferențiate. Sarea mulează relieful preexistent, redându-l extompat la partea superioară.

Un alt tip structural, caracteristic zonei centrale a depresiunii Transilvaniei, este domul de sare, deosebit de important pe plan practic-aplicativ, pentru rolul pe care acesta l-a avut în acumularea gazelor în Neogenul superior.

Domurile de sare, rezultate prin curgerea sării spre zonele mai puțin încărcate, sunt separate de sinclinalăe largi, în care grosimea acesteia se reduce apreciabil. În acest caz, structurile sunt formate dintr-un nucleu de sare și o cupolă de formațiuni tortoniene-pliocene. În raport cu relațiile

¹⁵ C. Popescu, P. Bodescu. Raport final asupra prospecționii seismice executate în zona de V și S din Bazinul Transilvaniei. 1968, Arh. IPGGH, București.

¹⁶ Op. cit., p. 11.

care se realizează între simburele de sare și formațiunile din acoperiș și culcuș, se disting domuri concordante și domuri discordante. Un exemplu caracteristic pentru prima categorie este constituit de nucleul de sare al domului gazeifer de la Sărmașel. În figura 19 se prezintă un fragment dintr-o secțiune seismică,¹⁷ care indică dispoziția concordantă a formațiunilor superioare și inferioare nucleului de sare.

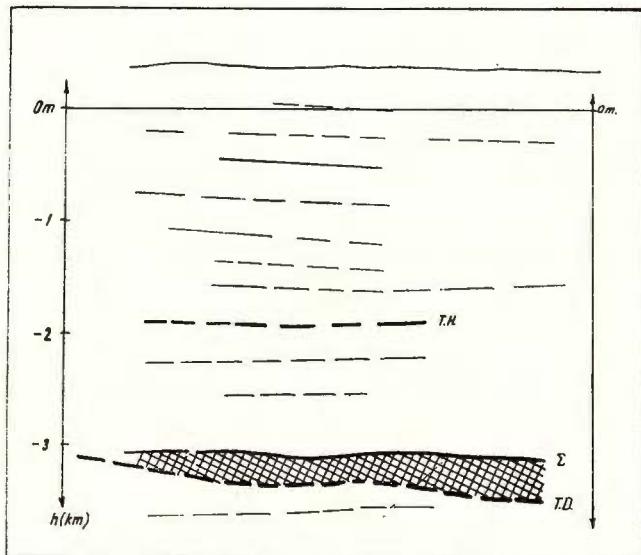


Fig. 18. — Fragment din secțiunea seismică LXV-35/69, reproducă după Popescu și Bodescu (1970).

Secteur de la coupe sismique LXV-35/69, d'après Popescu et Bodescu (1970).

Dacă se ia în considerare forma boltirii domurilor de sare din partea centrală a depresiunii și îndeosebi înclinarea flancurilor, pot fi separate forme structurale normale (simetrice) și asimetrice.

Domurile de sare simetrice prezintă o boltă arcuită la partea superioară, care este reprobusă de formațiunile acoperitoare. Pentru a ilustra acest tip structural, în figura 20 se prezintă un fragment al secțiunii seismice Sîncel-Sînmiclăuș.¹⁸ Ea pune în evidență dispozitia discordantă a sării pe substratul ei, dar în același timp și fidelitatea cu care formațiunile mai noi urmăresc forma arcuită simetrică a boltii domului.

Domurile de sare asimetrice se caracterizează printr-o arcuire inegală a boltii, determinată de contribuția mixtă a factorilor izostatici și tectonici. O asemenea situație este prezentată în figura 21 care conține un

¹⁷ Gh. Zîrnovan, I. Călin, F. Ștefănescu. Raport final asupra prospecțiunilor seismice executate în zona Iernut-Luduș-Sărmașel. 1970, Arh. IPGGH, București.

¹⁸ Op. cit., p. 15.

fragment dintr-o secțiune seismică¹⁹ din zona Trei Sate. Ea indică existența unei falii în zona centrală a domului, produsă sub acțiunea unor forțe tectonice mai noi.

O altă categorie de forme structurale ale sării, frecvent întâlnită pe aria depresiunii Transilvaniei, se caracterizează prin aspectul tectiform al

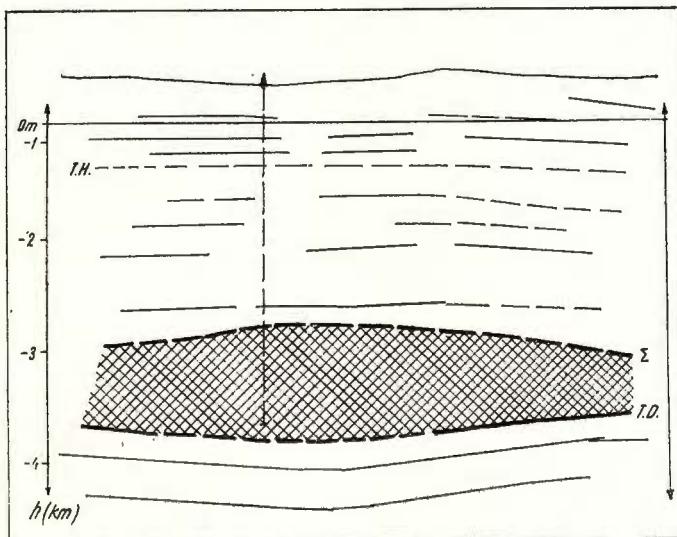


Fig. 19. — Fragment din secțiunea seismică XXVIII 37/69, reprodus după Zîrnovan et al. (1970).

Secteur de la coupe sismique XXVIII-37/69, d'après Zîrnovan et al. (1970).

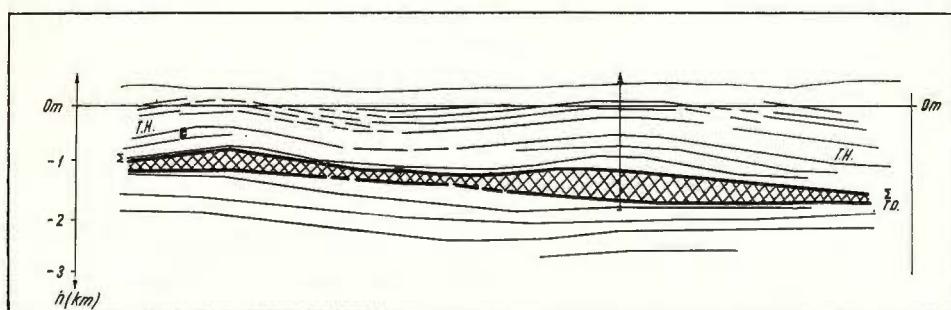


Fig. 20. — Fragment din secțiunea seismică I-35/67, reprodus după Popescu și Bodescu (1968).

Secteur de la coupe sismique I-35/67, d'après Popescu et Bodescu (1968).

¹⁹ G. h. Zîrnovan, L. Burcea. Raport final asupra prospecțiunii seismice executate în zona Tg. Mureș-Sărmaș-Reghin-Sovata. 1968, Arh. IPGGH, București.

bolții. În acest caz, suprafața sării descrie două plane, care se racordează în zona de apex sub un unghi obtuz. În secțiunea seismică din sectorul Strugureni,²⁰ sarea cu o structură tectiformă simetrică se plasează pe flancul unei ridicări majore a fundamentului, pe care au loc efilarea progresivă a formațiunilor pretortoniene (fig. 22).

Forme structurale tectiforme asimetrice au fost remarcate în mai multe sectoare ale depresiunii, constatăndu-se că de obicei flancul mai

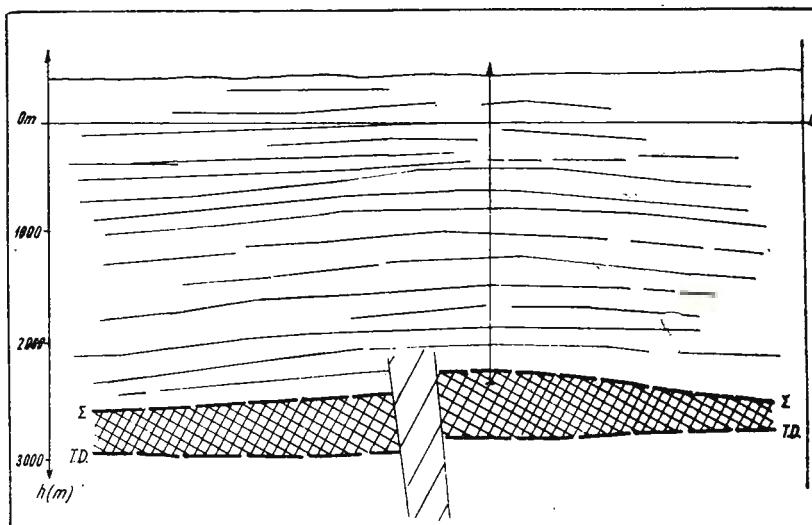


Fig. 21. — Fragment din secțiunea seismică XXVI-35/68, reprobus după Zîrnova și Burcea (1968).

Secteur de la coupe sismique XXVI-35/68, d'après Zîrnova et Burcea (1968).

puțin dezvoltat este afectat de un accident tectonic. Figura 23 cuprinde un fragment al unei secțiuni seismice din zona Cucerdea,²¹ care este ilustrativ pentru subtipul asimetric faliat.

Aglomerarea maselor de sare în structuri de tip tectiform provoacă deformări asemănătoare ale cuverturii neogene superioare, cu specificația că lățimea bolții cufei crește pe măsură ce ne depărtăm de suprafața sării.

La nord de Tîrnăveni, pe aria ridicării de fundație Stupini-Pogăceaua, se individualizează o subzonă mai intens cutată, caracterizată prin prezența unor elemente structurale de tip brahanticlinal, care se însiră pe mai multe aliniamente paralele, orientate NW—SE. Particularitatea acestor structuri constă în faptul că ele sunt afectate de falii longitudinale și că sinclinalele corespunzătoare sunt deplasate spre cufelete învecinate

²⁰ Op. cit., p. 14.

²¹ G. h. Zîrnova, N. Moldoveanu. Raport final asupra prospecțiunii seismice executate în zona SV Tg. Mureș-Tîrnăveni. 1967, Arh. IPGGH, București.

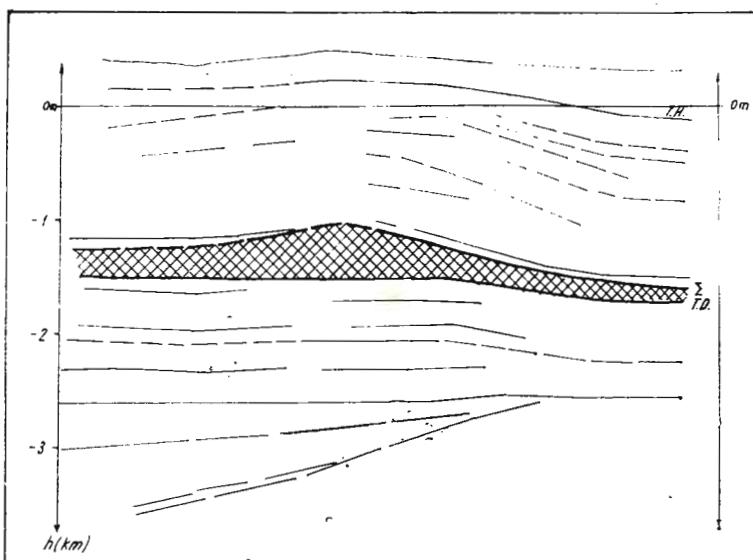


Fig. 22. — Fragment din secțiunea seismică VII—31/67, reprobus după Maer și Geles (1968).

Secteur de la coupe sismique VII—31/67, d'après Maer et Geles (1968).

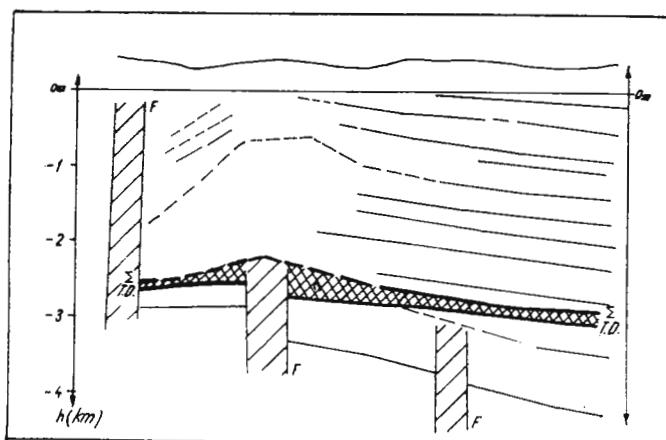


Fig. 23. — Fragment din secțiunea seismică XIV—37/66, reprobus după Zîrnoven și Moldoveanu (1967).

Secteur de la coupe sismique XIV—37/66 d'après Zîrnovan et Moldoveanu (1967).

la NE. În figura 24 se prezintă un fragment al unei secțiuni seismice,²² întocmite pe profilul Dobra-Grebeniș, care relievează existența unor falii gravitaționale inclinate, complicând aspectul structural al formațiunilor din cuvertura sării. Geneza acestor structuri nu poate fi explicată decât prin intervenția mixtă a factorilor izostatici și tectonici, ultimii destul de activi, ca urmare a influenței forțelor tangențiale, care au acționat pe rama de vest a depresiunii.

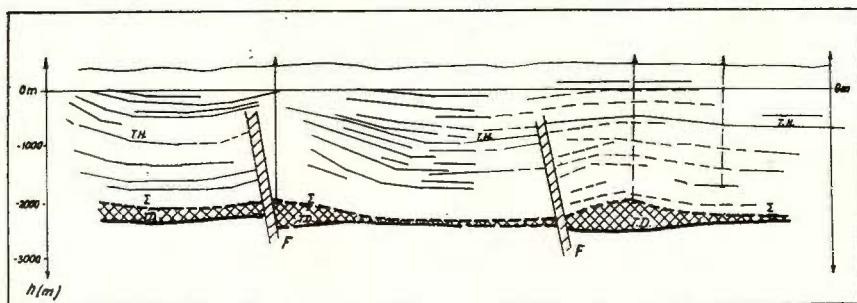


Fig. 24. — Fragment din secțiunea seismică XVII-39/65, reprodus după Zîrnovan și Costescu (1966).

Secteur de la coupe sismique XVIII-39/65, d'après Zîrnovan et Costescu (1966).

Zona cutelor diapire, care mărginește spre est și vest cuveta centrală de domuri gazeifere, este reprezentată printr-unul sau mai multe fascicule de cufe lineare, cu simbure de sare. În aceste sectoare au fost întlnite în principal două tipuri de elemente structurale: cufe diapire și cufe asociate cu domuri diapire.

Cutile diapire sunt forme structurale care presupun intervenția forțelor tectonice în supradicarea simburilor de sare, fără însă a exclude și intervenția factorilor izostatici. De altfel, un proces de diapirism avansat, aşa cum a fost remarcat pe alocuri în zonele marginale ale depresiunii, nu poate fi explicat decât prin influența cumulată a celor doi factori menționați, deoarece sarea este cu certitudine tortoniană, deci are o vîrstă relativ tină.

După intensitatea procesului de diapirism, au fost întlnite diverse tipuri structurale în care sarea a străpuns în totalitate sau parțial cuvertura sa terigenă sau a rămas într-un stadiu criptodiapir.

În partea estică a Depresiunii Transilvaniei se disting două aliniamențe relativ-paralele de cufe diapire, pe direcțiile localităților Sărătel-Teaca și Monariu-Pintic. Secțiunea seismică,²³ reprodusă în figura 25, relevă dezvoltarea pe verticală a celor două cufe diapire pe un profil dispus într-o zonă situată în apropierea periclinului sudic al acestora.

²² G. h. Zîrnovan, M. Costescu. Raport final asupra prospecțiunilor seismice executate în zona NV Tg. Mureș (Pogacea-Grebeniș-Iernut-Ungheni). 1966, Arh. IPGGH, București.

²³ Op. cit., p. 12.

Cuta estică se caracterizează printr-un diapirism total, astfel încât la Pintic ea este accesibilă cartării geologice directe. Cuta vestică arată un diapirism mai redus, grosimea aparentă a sării nedepășind 1000 m. Este interesant de remarcat reducerea substanțială a sării în compartimentele sinclinale învecinate. Existența unor sisteme de falii, care afectează aceste

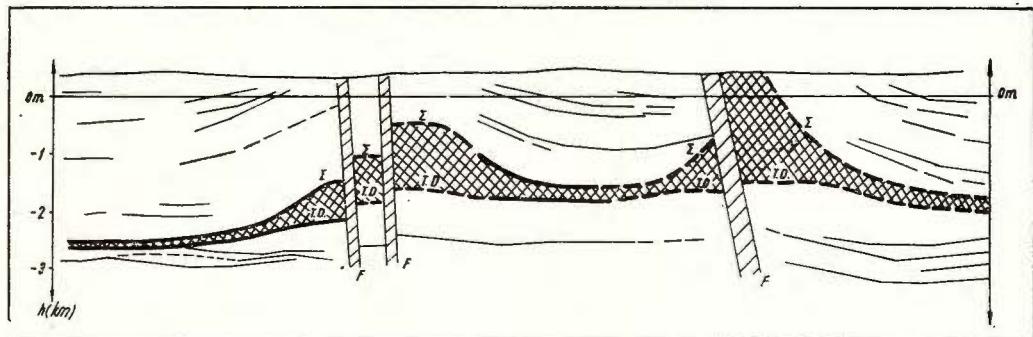


Fig. 25. — Fragment din secțiunea seismică XVI-35/70, reproduc după Maer și Geles (1971).

Secteur de la coupe sismique XVI-35/70, d'après Maer et Geles (1971).

structuri, atrage atenția asupra rolului jucat de factorii tectonici, care au acționat dinspre ENE.

Pe aliniamentele mai interne, îndeosebi în partea vestică a Depresiunii Transilvaniei, diapirismul este mai puțin avansat, remarcindu-se frecvent forme structurale criptodiapire. În acest caz, îngrămădirea sării în nucleele cutelor anticlinale conduce la grosimi aparente de trei-cinci ori mai mari decit în sinclinalele adiacente. Deși unele din aceste cufe sunt faliate axial, forțele tectonice care au acționat la exterior sunt mai slab resimțite.

În figura 26 se prezintă o secțiune seismică,²⁴ care ilustrează evoluția în plan vertical a anticlinalului făiat Cîmpia Turzii-Gura Arieșului. Această structură, bine definită nu numai de cercetările seismometrice, dar și de cele geoelectrice și gravimetrice apare decalată spre vest față de axa anticlinalului cartat geologic, care urmărește valea Arieșului. Asemenea deplasări cartografice între axele structurale, deduse prin cercetări geologice și geofizice au fost remarcate și în alte sectoare ale depresiunii. O explicație posibilă este că ariile de afloriment ale formațiunilor din cuvertura sării sunt influențate de efecte de relief, iar inchiderile locale ale stratelor reflectă descărcări de presiune furnizate de văi.

Cutele asociate cu domuri diapire se caracterizează prin prezența unor corpuri de sare cilindrice litodinamice, grefate pe aliniamentele axiale ale unor anticlinale. În acest caz, originea mixtă a diapirismului

²⁴ I. Călin, C. Popescu. Raport final asupra prospecțiunilor executate în regiunea Luduș-Cluj. 1972, Arh. IPGGH, București.

este evidentă și apare clar și prin cercetări gravimetrice, care semnalează existența unor anomalii locale circulare, suprapuse pe anomalii semiregionale alungite (Visarion, 1972).

Asociația anticlinal-dom diapir a fost stabilită cu ocazia cercetărilor geologice, efectuate în sectorul Ocna Mureșului (Dumitrescu, 1958).

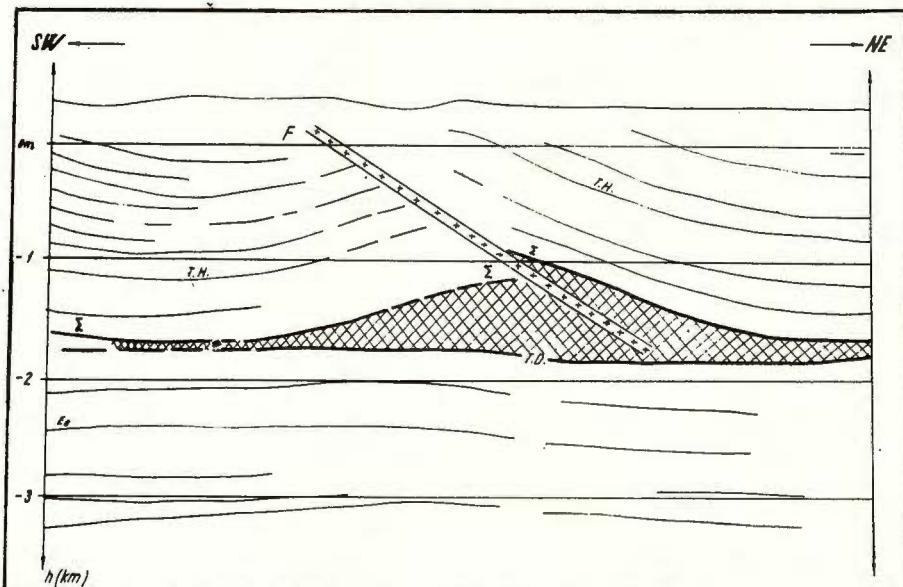


Fig. 26. — Fragment din secțiunea seismică II—29/71, reprodus după Călin și Popescu (1972).

Secteur de la coupe sismique II—29/71 d'après Călin et Popescu (1972).

Dispoziția în plan vertical a domului de sare de la Ocna Mureșului este redată în secțiunea seismică R.D.R.,²⁵ reprodusă în figura 27. În conformitate cu aceste date, coroborate cu informațiile furnizate de foraje, se apreciază că înălțimea domului depășește 1500 m.

Același tip structural se întâlnește și în zona intens cutată din vecinătatea ramei estice a depresiunii, între Sărățel și Corund. O caracteristică a acestor forme structurale este dezvoltarea pînă la adîncimea de —500 m a unor cute anticlinale cu bolta foarte îngustă (sub 1 km) în raport cu lungimea lor ce depășește 10 km, din care se desprind simburi de străpungeri ce ajung pînă la suprafață.

În anumite sectoare, între Gurgiu și Sovata, diapirismul este foarte intens. Sarea străpușează formațiunile miocen-pliocene acoperitoare în totalitate, prezentîndu-se sub forma unui „dyke” vertical, delimitat

²⁵ C. Toader, A. Danchiv, Doina Danchiv. Raport asupra prospecțiunilor seismometrice în zona Ocna Mureș-Copand-Hădăreni, prin metoda R.D.R. 1968, Arh. IGPSMS, București.

de falii longitudinale. În figura 28 este redată o secțiune seismică,²⁶ care traversează domul diapir Gurghiu-Brîncovenescu, indicând un stilp de sare cu înălțimea de peste doi kilometri. Alunecarea sării a fost facilitată de un sistem de falii aproape verticale, numai în acest mod putindu-se explica deformarea slabă a formațiunilor neogene adiacente, sugerată de secțiunea seismică.

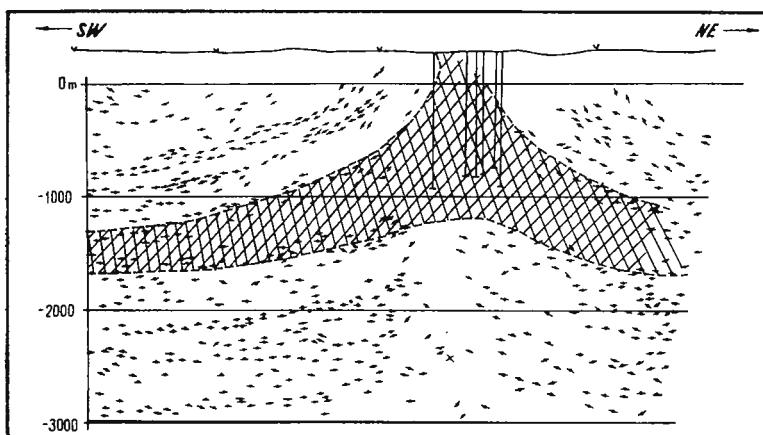


Fig. 27. — Fragment din secțiunea seismică RDR II-6/67, reprodus după T o a d e r et al. (1968).

Secteur de la coupe sismique RDR II-6/67 d'après T o a d e r et al. (1968).

Date sintetice privind variațiile grosimii sării pe teritoriul Transilvaniei

Existența sării tortoniene sub forma unui strat aproape continuu în depresiunea Transilvaniei este bine cunoscută în literatura geologică. Deformările ample, suferite de sare, care au condus la tipurile structurale descrise și implicațiile acestora în formarea edificiului structural al formațiunilor neogene superioare, au impus construirea unei hărți de sinteză, care să pună în evidență variațiile de grosime ale stratului de sare la scară întregii unități. O asemenea hartă a fost deja elaborată determinându-se grosimile stratului de sare prin scădere directă a valorilor izobatice corespunzătoare hărților structurale întocmite la suprafața sării și la nivelul tufului de Dej,²⁷ procedeu care poate conduce numai la o imagine orientativă. Deoarece interpolarea introduce o eroare greu de apreciat, s-a realizat o variantă nouă a acestei hărți pornind de la datele furnizate

²⁶ Op. cit., p. 19.

²⁷ M. Marinescu. Harta de grosime a sării în Depresiunea Transilvaniei, cu considerații asupra contribuției prospecțiunii seismice la descifrarea tectonicii sării. 1974 (lucrare prezentată la al VII-lea Simpozion de Prospecțiuni Geofizice și Fizica Scoarței Globului în RSR), București.

de secțiunile seismice și lucrările de foraj, a cărei imagine este reprodusă în planșa anexată.

Harta elaborată acoperă aproape în totalitate aria de răspândire a sării din depresiune, cu excepția unor sectoare marginale, unde datele sunt incomplete sau lipsesc. Studiul erorilor produse de cauzele menționate în capitolul precedent a arătat că variațiile grosimii sării pot fi redate prin izopahite trasate la echidistanță de 100 m.

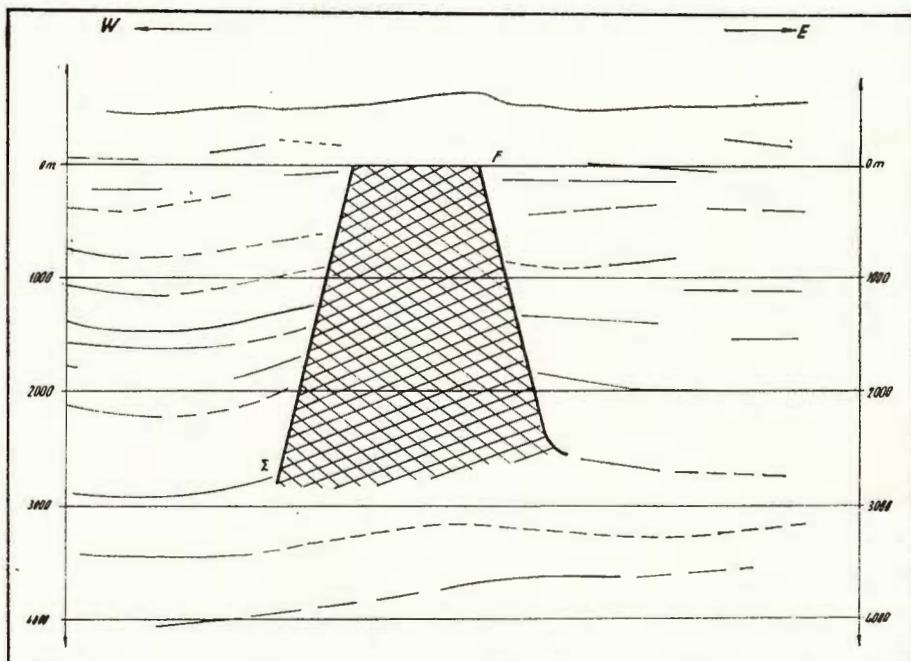


Fig. 28. — Fragment din secțiunea seismică VIII-32/67, reprodus după Zîrnova n și Burcea (1968).

Secteur de la coupe sismique VIII-32/67, d'après Zîrnova n et Burcea (1968).

Privită în ansamblu, harta relevă o serie de zone de îngroșare accentuată a sării, care se ordonează uneori pe aliniamente cu extinderi mai mari, orientate conform unor direcții preferențiale.

Un aspect characteristic al imaginii prezentate constă în separarea unor zone în care stratul de sare lipsește sau se reduce la grosimi sub 50 m, figurate hașurat în planșa anexată.

În partea sudică a depresiunii, absența sării se face remarcată pe o suprafață largă între Blaj, Cenad, Ruși și Veseud, care se îngustează spre est, dar se continuă cu mici intreruperi prin Dealul Frumos-Apold pînă aproape de Șoimușul Mic, descriind în ansamblu un semicerc, evas-paralel cu rama muntoasă.

În partea centrală și de NE a depresiunii se individualizează două zone fără sare, cu direcția generală NW-SE, paralele și dispuse la o distanță redusă în plan, care pot fi urmărite pe direcția localităților W Pogăceaua-Band-Satu Nou și respectiv, Lechința-Archiud-Icland.

Zonelor în care sarea lipsește le corespund în adîncime reliefuri înalte ale formațiunilor pretortoniene, care au jucat probabil rolul unor praguri separatoare. În această concepție, imaginea paleogeografică a depresiunii Transilvaniei în timpul Tortonianului trebuie modificată în oarecare măsură, în sensul că se poate admite existența unor lagune secundare, care în funcție de dispoziția și natura subasmentului lor, au condiționat procesul de sedimentare a sării și ulterior au contribuit la deformările suferite de acestea. Este posibil ca pragurile amintite să fi jucat un rol important și în sedimentarea formațiunilor superioare, numai în acest mod putindu-se explica dispunerea unor litofaciesuri tortoniene și sarmațiene după o direcție NW-SE, semnalată de Vanea și Birlog (1970, 1971).

Partea centrală a depresiunii, corespunzătoare bazinului Tîrnavelor, este caracterizată prin prezența unui strat continuu de sare, cu variații relativ reduse de grosime, cuprinse între 100 și 300 m. Îngroșări mai accentuate ale sării se semnalează în sectoarele Cetatea de Baltă, Deleni, Sighișoara și îndeosebi în sectorul Iclânzel-Cucerdea. Aceste rezultate sugerează instalarea bazinului Tîrnavelor pe o veche arie depresionară, relativ rigidă, care a suferit numai mișcări osculatorii pe verticală. Grosimea mai redusă a stratului de sare se explică atât prin poziția ei centrală cât și prin adîncimea mai mare a lagunei, condiții mai puțin favorabile în comparație cu cele realizate în zonele adiacente.

În zonele nordică și nord-estică ale depresiunii, între pragurile W Pogăceaua-Band-Satu Nou și Lechința-Archiud-Icland, stratul de sare a suferit deformări importante, cu îngroșări de pînă la 800 m, care au un pregnant caracter linear. Aspectele structurale mai complexe îmbrăcate de sare sunt condiționate probabil de faptul că această lagună secundară s-a dispus pe o treaptă intermediară, care a suferit o îngustare progresivă, ca un ecou al mișcărilor tectonice ce aveau loc în regiunile carpatice învecinate.

Pe marginea de vest a depresiunii, imaginea oferită de harta prezentată este mai puțin concludentă, datorită deformărilor pregnante suferite de sare și apropierii ei nemijlocite de suprafață. Coroborarea datelor seismometrice, gravimetrice și geologice arată o îngroșare preferențială a sării pe direcția Gherla-Sic-Cojocna. Sectorul Turda constituie un centru puternic de concentrare a sării, cu separarea unor domuri diapire, cu o dezvoltare pe verticală ce depășește 1200 m. La sud de Turda se desprind trei direcții preferențiale de îngroșare a sării și anume : Turda-Ocna Mureșului-Blaj, Cîmpia Turzii-Gura Arieșului și Viișoara-Hădăreni, care relevă o diminuare a procesului de diapirism de la vest înspre est.

Îngrămădirea și migrarea sării de-a lungul unor linii de slabă rezistență, materializate de un sistem de falii longitudinale, sugerează rolul activ al factorilor tectonici în formarea edificiului structural actual.



Într-adevăr, structurile cu sare de pe latura vestică a Transilvaniei se dispun în ansamblu pe depresiunea de contact Beudiu-Ocna Mureş care, datorită subimpingerii ramei muntoase, s-a restrâns și a permis reactivarea unor fracturi adinci, facilitând formarea unor diapire exagerate.

Partea sudică a depresiunii, cuprinsă între pragul Blaj-Ruși-Apold-Șoimușul Mic și aliniamentul Sibiu-Făgăraș, este caracterizată prin variații slabe de grosime a sării, cuprinse în general între 100 și 300 m. Îngroșări semnificative ale sării se remarcă în sectoarele Păuca-Alămori-Șura Mică cu o culminăție majoră la Ocna Sibiului și în sectoarele Grinari și S Rupea, unde se înregistrează valori de 400–800 m. În această regiune, sarea pare să fie legată de microlagune marginale, realizate pe fundalul depresiunilor miocene Daia Română-Șura Mică și Ucea-Făgăraș.

Marginea sudică a depresiunii, între Valea Oltului și masivul Făgăraș, formează o zonă distinctă, în care sarea probabil că nu s-a depus.

Informațiile de ordin cantitativ asupra variațiilor grosimii sării pe latura estică intens cutată a Depresiunii Transilvaniei sunt limitate la cîteva sectoare și au rezultat din unele foraje sau cercetări seismometrice. La gradul actual de cunoaștere au putut fi separate două aliniamente principale: Sărățel-Albești-N. Teaca și Monor-Brincovenești-Sovata-Corund, pe care se axează o serie de diapire exagerate, delimitate de minime gravimetrice locale, care străpung formațiunile de cuvertură pe intervale 1 000–1 500 m. Îngrămădirea sării în corpuri de asemenea dimensiuni pare a se datora poziției acestei lagune marginale, în care s-au resimțit mișcările ce au acționat dinspre latura carpatică. Ele au avut drept consecință reactivarea unor unități de fundament, cum sunt horstul Bențid și ridicarea Gurghiu-Uila. Fracturile majore ce mărginesc aceste unități au constituit căi de migrare și de acumulare intensivă a sării.

Partea sud-estică a Depresiunii Transilvaniei nu este cuprinsă în harta anexată, datorită absenței unor informații cantitative. Morfologia anomalilor gravimetrice, cu excepția celei de la Mercheașa, dovedește intensitatea mai redusă a procesului de diapirism. În acest sector se poate presupune că modul de colectare al sării este determinat de morfologia unui fundament relativ puțin adânc (Visarion, 1972).

Concluzii

Studiul integrat al datelor seismometrice, gravimetrice și geoelectricice, realizat la scară regională pentru întreg teritoriul Transilvaniei, a permis separarea principalelor forme structurale sub care se prezintă sarea în cadrul acestei depresiuni din interiorul lanțului carpatic.

Pe fondul unui strat de sare, cu grosimi medii cuprinse între 100 și 300 m, au putut fi puse în evidență o serie întreagă de tipuri structurale care includ forme foarte simple, în care sarea și-a conservat poziția primă sau a suferit numai slabe lentilizări, și pînă la forme extrem de complicate, cum sunt domurile diapire. Această varietate de tipuri structurale, sub care se prezintă o sare de vîrstă relativ tînără, se explică numai sub acțiunea combinată a factorilor izostatici și tectonici, ultimii mai activi

în vecinătatea ramei depresiunii. Evident clasificarea tipologiei formelor structurale ale sării este susceptibilă de interpretări diferite și poate suporta viitoare îmbunătățiri. Contribuția majoră a lucrării constă însă în prezentarea acestor tipuri structurale, sub o formă cantitativă incontestabilă, fapt care va permite reluarea pe baze noi a discuțiilor asupra evoluției sării tortoniene pe teritoriul țării noastre.

Elaborarea unei hărți, care redă cu fidelitate variațiile grosimii sării în Depresiunea Transilvanie, a arătat că, deși la scară regională această depresiune poate fi considerată ca o lagună unitară în timpul Tortonianului, la o cercetare detaliată se separă o serie de praguri ce delimită mai multe microlagune, a căror evoluție ulterioară a favorizat deformarea diferențiată a sării.

BIBLIOGRAFIE

- Airinei St., Botezatu R., Dumitru St., Popovici D., Stoeneșcu Sc. (1960) The use of the gravimeter for salt dome finding in the Romanian People's Republic. *Rev. Roum. Géol. Géogr.*, 4, 2, Bucarest.
- Barton D. C. (1933) Mechanics of formation of salt domes with special reference to Gulf Coast Salt Domes. *Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol.*, 17, 9, Tulsa.
- Botezatu R., Visarion M., Lăzărescu V. (1970) Contribution géophysique à l'étude des massifs de sel en Roumanie. *Rev. Roum. Géol. Géophys. Géogr.*, Sér. Géophys., 14, 1, Bucarest.
- Ciupagaea D., Ichim Tr., Popa M., Opran A. (1967) L'influence du sel sur la tectonique des dépôts miocènes supérieurs de la Dépression de Transylvanie. *Assoc. Géol. Carp. Balk., VIII Congr. Rapports*, Belgrade.
- Airinei St., Stoeneșcu Sc., Popescu M., Popescu C., Taloș D. (1969) Nouveaux éléments d'interprétation géologique des résultats géophysiques dans la partie sud-ouest de la Dépression de Transylvanie. *Rev. Roum. Géol. Géophys. Géogr.*, Série de Géophysique, 13, 1, Bucarest.
 - Paucă M., Ichim Tr. (1970) Geologia Depresiunii Transilvaniei. Ed. Acad. R.S.R., București.
- Dicea O., Popescu I. (1967) Eficiența metodelor geofizice în cercetarea structurilor diapire din avansoasa Carpaților din România. *Petrol și Gaze*, 24, 9, București.
- Dumitrescu I. (1958) Contribuții la studiul domului diapir de sare de la Uioara (Ocna Mureșului). *Lucr. Inst. Petrol, Gaze, Geol.*, 4, București.
- Gavăt I. (1964) Geologia petrolului și a gazelor naturale. Ed. didactică și pedagogică. București.
- Ciupagaea D., Airinei St. (1969) Rapports entre la structure profonde et la structure des complexes sédimentaires de la Dépression de Transylvanie. *Acta geol. Acad. Hung.*, 13, 1–4, Budapest.
 - Botezatu R., Visarion M. (1974) Interpretarea geologică a prospecțiunilor geofizice. Ed. Acad. R.S.R., București.
- Grigoraș N. (1961) Geologia zăcămintelor de petrol și gaze din R.P.R. Ed. tehnică, București.



- Ilie M. (1952) Cercetări geologice în regiunea Cluj-Cojocna-Turda-Ocna Mureșului-Aiud. *An. Com. Geol.*, 24, București.
- (1958) Podișul Transilvaniei. Ed. științ., București.
- Macovei Gh. (1917) Poziția stratigrafică și tectonică a zăcămintelor de sare din România. D.S. *Inst. Geol. Rom.*, 7, București.
- Mrazec L. (1907) Despre cufe cu simbure de străpungerere. *Bul. Soc. Științe*, 16, București.
- (1927) Les plis diapirs et le diapirisme en général. *C.R. Inst. Géol. Roum.*, 6, (1914–1915), București.
 - Jekelius E. (1927) Aperçu sur la structure du bassin neogène de Transylvanie et sur ses gisements de gaz. *Assoc. Géol. Carp., Guide des Exc.*, Bucarest.
- Olteanu Gh. (1965) Salt rising mechanism in the precarpathan area of the Ploiești region. *Carp. Balk. Geol. Assoc., VII-th Congress, Reports part 1*, Sofia.
- Pătruț I. (1952) Geologia regiunii Beclane. D.S. *Inst. Geol. Rom.*, 36, București.
- Paraschiv D., Dicea O. (1973) Considerații asupra modului de formare a structurilor diapire din România. *Petrol și Gaze*, 24, 9, București.
- Popescu Gr., Ciupagea D., Georgescu C., Balteș N., Motas C. (1973) Privire de ansamblu asupra geologiei formațiunilor salifere din România. *Petrol și Gaze*, 24, 9, București.
- Stoenescu Sc., Visarion M. (1970) Studiul anomaliei gravitației din zona masivului de sare de la Ocna Sibiului. *Stud. tehn. econ., Ser. D (Prosp. geofiz.)*, 7, București.
- Trusheim F. (1960) Mechanism of salt migration in northern Germany. *Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol.*, 44, Tulsa.
- Vancea A. (1960) Neogenul din Bazinul Transilvaniei. Ed. Acad. R.S.R., București.
- Birlogeanu M. (1970) Variations de faciès lithologique dans la formation à gaz du Bassin de Transylvanie (I). *Rev. Roum. Géol. Géophys. Géogr., Série de Géologie*, 14, 2, Bucarest.
 - Birlogeanu M. (1971) Variations de faciès lithologique dans la formation à gaz du Bassin de Transylvanie (II). *Rev. Roum. Géol. Géophys. Géogr., Série de Géologie*, 15, 2, Bucarest.
 - Birlogeanu M. (1972) Nouvelles structures de profondeur dans le Bassin de Transylvanie. *Rev. Roum. Géol. Géophys. Géogr., Série de Géologie*, 16, 2, Bucarest.
- Visarion M. (1967) Reflechissement des formes structurales à sel gemme et sels de K et Mg dans les anomalies gravimétriques des territoires de la République Socialiste de Roumanie. *Assoc. Géol. Carp. Balk., VIII-ème Congrès, Géophys.*, Belgrade.
- (1972) Reflectarea în anomalii gravimetrice a formelor structurale cu sare din Depresiunea Transilvaniei. *Stud. Tehn. Econ., Ser. D (Prosp. geofiz.)*, 9, București.
 - Ali-Mehmed E., Polonici P. (1973) Studiul integrat al datelor geofizice privind morfologia și structura fundamentalui cristalin în Depresiunea Transilvaniei. *Stud. Cerc. Geol. Geofiz. Geogr., Seria Geofiz.*, 11, 2, București.
- Voitești I. P. (1925) Geology of salt domes in the Carpathian region of Romania. *Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol.*, 9, Tulsa.
- (1943) Sarea regiunilor carpatici românești. FRPLA, București.

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DES FORMES STRUCTURALES DU SEL DE LA DÉPRESSION DE LA TRANSYLVANIE

(Résumé)

Sur le territoire de la République Socialiste de Roumanie, les recherches géophysiques ont abouti à la mise en évidence de nombreux massifs de sel. Ces recherches se rattachent aux traditions de l'école géologique roumaine, qui a élaboré, et ultérieurement perfectionné, la théorie du diapirisme.

Le développement des recherches géophysiques, surtout des recherches sismométriques, gravimétriques et géoélectriques sur l'aire de la dépression de la Transylvanie a fourni de nouvelles informations sur la répartition et les formes structurales des masses de sel, même dans les conditions où elles se trouvent à de très grandes profondeurs et où il est plus difficile de les détecter à cause de faibles déformations qu'elles ont subies.

L'emploi de plusieurs méthodes géophysiques s'est avéré extrêmement efficient, vu que leur capacité de trouver des solutions aux problèmes est différentiée en rapport direct avec les caractéristiques géologiques de la zone étudiée.

Les recherches gravimétriques ont donné des informations utiles, surtout dans les zones de la périphérie de la dépression, là où le sel est très disloqué, formant le noyau des plis diapires. Le sel présente une couverture qui renferme des séries marneuses et marneuses-sabloneuses, et dans la partie de NE de la dépression, des séries gréseuses-conglomératiques aussi.

En rapport avec le Tortonien du toit et avec le Sarmatiens et éventuellement avec le Pliocène des flancs, le sel réalise un déficit de masse qui explique les anomalies de minimum intenses, correspondant à des anticlinaux à caractère diapire.

Les recherches géoélectriques à l'aide de la méthode des courants tellurique, quoique limitées à des surfaces restreintes, ont donné des résultats intéressants, vu que le sel forme un horizon électrique de référence dans la dépression de la Transylvanie. Les formes structurales positives du sel produisent des anomalies géoélectriques de maximum de l'invariant aire-ellipse, avec des intensités variables.

Bien que les informations obtenues par de recherches gravimétriques et géoélectriques aient mené à des résultats remarquables, à savoir la découverte et la mise en évidence de nombreux éléments structuraux à sel, elles n'ont en général, qu'un caractère qualitatif.

L'étude systématique des variations de l'épaisseur de la couche de sel n'a pas été possible qu'à l'aide de recherches sismiques de réflexion qui, sur la base des enregistrements continuels combinés avec les données ponctuelles offertes par les forages, ont conduit à la réalisation de cartes structurales très précises.

Les problèmes se référant aux formes structurales du sel ont trouvé une solution favorable grâce au système d'enregistrement magnétique et à l'introduction de la technique des sources et des récepteurs groupés.

Vu le niveau actuel des connaissances, la couche de sel de la dépression de la Transylvanie est comprise entre deux limites de séparation suffisamment définies. A la base de cette couche, se trouve le tuf de Dej qui peut être retrouvé dans toute la dépression et qui présente des rapports évidents de discordance avec les horizons de la couverture du sel. Les études effectuées sur la surface de la couche de sel ont démontré que cette surface ne constitue pas d'habitude un horizon caractéristique. Dans cette situation, on a attribué à la surface du sel les premières réflexions ayant une disposition discordante par rapport au tuf de Dej.



En tenant compte des erreurs qui interviennent dans la définition des limites supérieure et inférieure de la couche de sel, on peut apprécier que celles-ci ne dépassent pas 100 m dans les zones d'épaississement du sel, fait confirmé par les données de forage.

On a pu séparer, sur le fond d'une couche de sel avec des épaisseurs moyennes comprises entre 100 et 300 m et avec un développement presque continu, une large gamme de types structuraux comprenant des formes dans lesquelles le sel a conservé presqu'en totalité sa position initiale où il n'a souffert que de faibles transformations en lentilles, dômes de sel indépendants à différents aspects et même formes extrêmement compliquées, tels les plis diapires. Cette diversité de types structuraux sous lesquels apparaît un sel relativement jeune, d'âge tortonien, ne s'explique que par l'action combinée des facteurs isostatiques et tectoniques, les derniers étant plus actifs au voisinage de la bordure de la dépression.

La typologie des éléments structuraux du sel, amplement décrite dans l'ouvrage, est illustrée par une riche graphique. La contribution majeure de cet ouvrage consiste dans la présentation de ces types structuraux sous une forme quantitative incontestable, fait qui rendra possible des nouvelles discussions sur les déformations du sel tortonien.

L'ouvrage comprend une carte de synthèse qui présente les variations de l'épaisseur du sel dans la dépression de la Transylvanie. Cela démontre qu'un examen détaillé pourrait mettre en évidence dans cette région une série de seuils séparant plusieurs microlagunes dont l'évolution ultérieure a favorisé la déformation différenciée du sel, bien qu'à l'échelle régionale cette dépression puisse être considérée une lagune unitaire.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Variation de l'épaisseur du sel sur le territoire de la Dépression de la Transylvanie.



Institutul Geologic al României

VARIATIILE GROSIMII SĂRII PE TERITORIUL
DEPRESIUNII TRANSILVANIEI



CONSIDERAȚII PRIVIND APLICAREA UNOR METODE
GEOFIZICE ÎN SUBTERAN LA EXPLORAREA
GEOLOGICĂ A ZĂCĂMINTELOR DE PLUMB ȘI ZINC
DIN MUNTII RODOPI (BULGARIA DE SUD)¹

DE

E. K. HRISTOV²

Abstract

Considerations on the Application of Some Geophysical Methods at Geological Exploration in the Underground for Lead and Zinc in the Rodopi Mountains (South Bulgaria). The geophysical underground research carried out in some lead and zinc mines proved the possibility to apply a set of geophysical methods to geological exploration of ore deposits in view of their exploitation. This set comprises the shadow method, the loaded body method, sliding contact method and magnetic method. The application of geophysical methods in the underground leads to a higher efficiency of geological explorations, which consists in rarefaction of the exploration gallery and borehole network, the rise of exploitable ore deposits and others.

Efectuarea cercetărilor geofizice, în vederea pregătirii zăcămintelor de plumb și zinc pentru exploatare, este legată de executarea unui volum mare de foraje și lucrări miniere de explorare. Aceasta este determinată de : grosimea variabilă a corpurilor de minereu filoniene și metasomatice, configurația lor complicate, variabilitatea elementelor de poziție, schimbarea considerabilă a conținutului de metal etc. Dacă în aceste condiții geologice se aplică în subteran metode geofizice corespunzătoare, corpurile de minereu pot fi cercetate mai eficient și în același timp, cu un număr mult mai mic de galerii și sonde subterane de explorare.

¹ Susținută la ședința de comunicări științifice din 15.II.1973 a Institutului de geofizică aplicată.

² Institutul Superior de Mine și Geologie, Sofia 56.



Alegerea unui complex rațional de metode geofizice subterane depinde atât de condițiile geologo-geofizice și tehnico-miniere, cît și de problemele pe care explorarea geologică trebuie să le rezolve.

Raionul minier din Munții Rodopi este constituit, în principal, din gnaisse granitizate și grano-gnaisse din seria superioară metamorfică, care mai cuprinde gnaisse biotitice-plagioclazice, amfibolite și marmure. Mineralizarea de plumb și zinc este legată de șase faiii principale. Corpurile de minereu sunt situate de obicei la contactul zonelor mineralizate cu marmurele și se caracterizează prin grosime variabilă — de la cițiva centimetri pînă la 40—50 m. Mineralele principale care formează minereul sunt: galena, blenda și pirita. În sectorul Ardino, în zonele de minereu, se întâlnesc și pirotina. Mineralizația este neregulată pe direcție și inclinare. Ea se prezintă în formă de lentile, cuiburi, impregnații și filonașe. În locurile unde filoanele de minereu întâlnesc stratele de marmură și unde condițiile tectonice au fost favorabile pentru pătrunderea soluțiilor mineralizante din adîncime, s-au format corpuri de minereu metasomatice. Corpurile de minereu metasomatice comportă un conținut de metal neregulat (dar bogat), au o configurație complicată, iar elementele lor de poziție sunt adesea inconstante. Ca urmare a acestor cauze, explorarea geologică, atât a corpurilor filoniene cît și a corpurilor metasomatice, este mai dificilă și necesită efectuarea unei rețele dese de galerii și de sonde subterane.

Metodica de explorare geologică în etapa pregătirii zăcămintelor pentru exploatare, fără aplicarea metodelor geofizice, este pe scurt următoarea:

La explorarea zăcămintelor filoniene, în zona mineralizată sau la distanță de cițiva metri de ea se sapă galerii la intervale de 50 m pe verticală. Corpurile de minereu se conturează cu galerii transversale, puțuri și sonde subterane la intervale de 20—50 m (fig. 5).

La explorarea corpurilor metasomatice, se sapă galerii transversale la intervale de 50 m, din care se execută puțuri la același interval (fig. 1). În ultima etapă, din transversale se forează sonde subterane în evantai pentru secționarea corpurilor metasomatice pe grosime.

Această metodică de explorare are următoarele deficiențe mai importante: 1) în unele sectoare transversale, puțurile și sondele subterane nu secționează corpurile de minereu din cauza lipsei mineralizării în aceste sectoare; 2) extrapolarea observațiilor geologice între forajele și lucrările miniere de explorare poate conduce la erori considerabile, datorate formei și conținuturilor neregulate a corpurilor de minereu.

Un factor important care determină alegerea unui complex rațional de metode geofizice în subteran, la explorarea geologică, sunt proprietățile fizice ale minereurilor și rocilor înconjurătoare.

Proprietățile electrice ale minereurilor și rocilor înconjurătoare din raionul Munților Rodopi se caracterizează prin contraste considerabile. Rezistivitatea electrică a mineralizațiilor de plumb și zinc este cuprinsă în limitele 1—50 Ω/cm , iar cea a rocilor înconjurătoare (gnaise, marmure) între 300—3000 Ω/m (Hristov, Hristov, 1972; Pîstialov et



al., 1965). Contraste mari apar și între valorile polarizației electrice provocate a minereurilor și cele ale rocilor înconjurătoare. Studiind 247 de probe am constatat că valorile coeficientului de polarizație provocată pentru minereuri sunt în limitele 4–40% (în medie aproximativ 25%), iar pentru rocile înconjurătoare de la 0,3 pînă la 4–5% (în medie aproximativ 1,5%).

Unele corpuri de minereu din sectorul Ardino (mina Eniovce) conțin pirotină, care determină o susceptibilitate magnetică moderată; după datele obținute de noi aceste valori ajung pînă la $410 \cdot 10^{-6}$ u.C.G.S.M.

Din analiza proprietăților fizice a minereurilor și a rocilor înconjurătoare reiese că în raionul minier din Munții Rodopi este posibilă aplicarea în subteran a metodelor electrice, iar în sectorul Ardino și a magnetometriei.

Condițiile tehnico-miniere au importanță esențială la alegerea complexului de metode geofizice în subteran, și în mod deosebit pentru obținerea unor rezultate de calitate bună. Pentru minele din Munții Rodopi aceste condiții se caracterizează prin următoarele elemente mai importante: în galeriile de explorare nu există susțineri metalice sau din beton armat, care să provoace perturbații magnetice; șinele și instalațiile de aeraj din galeriile de explorare, care de asemenea pot provoca perturbații magnetice sunt ușor demontabile. În schimb, în aproape toate lucrările miniere de exploatare există instalații de fier. De aici ajungem la concluzia că cercetările geofizice subterane trebuie să se efectueze în timpul explorării geologice.

O importanță esențială are umiditatea rocilor și a aerului din lucrările miniere. În mod deosebit umiditatea influențează aplicarea metodei electrice în curent continuu, întrucât valorile măsurate în mai multe cazuri nu sunt comparabile.

Metoda umbrei și magnetometria subterană sunt influențate de umiditate în măsura în care aparatura utilizată este umezită. Iată de ce, în toate cazurile, este necesar să fie luate măsuri suplimentare de ermetizare a aparatului, mai ales pentru dispozitivele care nu sunt destinate cercetărilor subterane (magnetometrul M-23, compensatorul electronic ESK-1). În legătură cu toate acestea și ca urmare a umidității mari a rocilor și a aerului în unele lucrări miniere (mina Ribnița, mina Eniovce și altele), nu a fost posibil să se efectueze cercetări geofizice în subteran.

Pe baza condițiilor geologo-geofizice și tehnico-miniere prezentate mai sus, pentru raionul minier din Munții Rodopi a fost ales un complex de cercetări geofizice în subteran care include următoarele metode: metoda umbrei radio, metoda corpului încărcat, metoda contactelor alunecătoare și magnetometria. Prin aplicarea acestor metode pot fi rezolvate probleme diverse, dintre care mai importante sunt următoarele: 1. Separarea sectoarelor mineralizate de cele sterile înainte de săparea rețelei de îndesire de sonde subterane și lucrări miniere de explorare; în sectoarele sterile, în afara de măsurători geofizice de control, nu se mai efectuează galerii și sonde de explorare. 2. Determinarea limitelor aproximative și a unor elemente de poziție ale corpurilor de minereu filoniene și

metasomatice, secționate de lucrări miniere și sonde subterane de explozare, sau descoperite prin metodele geofizice. 3. Conturarea zonelor mineralizate cunoscute mai înainte și separarea în cadrul acestor zone a unor sectoare cu un conținut mai mare de metal. 4. Prospectarea corpuri de minereu necunoscute între lucrările miniere și sondele, omise la efectuarea explorărilor geologice fără aplicarea metodelor geofizice de subteran. 5. Determinarea limitelor unor corpuri de minereu cu conductivitate ridicată în sondele în care nu s-a efectuat carotaj mecanic. 6. Urmărire și corelarea corpuri de minereu, secționate de lucrări miniere și sonde învecinate. 7. Existența unor goluri carstice umplute cu apă. 8. Orientarea lucrărilor miniere pentru interceptarea unor sonde tehnice.

La baza teoretică a metodei umbrei radio stau legile care determină caracterul distribuției cîmpului electromagnetic de înaltă frecvență de la 0,15 pînă la 20 MHz. Cîmpul electromagnetic este creat de un generator, care se aşează într-o galerie sau sondă subterană. O parte din energia cîmpului electromagnetic pătrunde prin spațiul cercetat (minereuri, roci înconjurătoare, goluri) și se înregistrează cu un radioreceptor, situat în subteran sau la suprafață (T a r h o v, B o n d a r e n k o, 1972).

O importanță esențială în cercetările prin metoda umbrei, printre altele, o au factorii următori : coeficientul de absorbție al undelor electromagnetice din minereurile și rocile înconjurătoare ; alegerea unor lungimi de undă comparabile cu dimensiunile corpuri de minereu ; existența unor factori perturbatori în lucrările miniere și la suprafață, care modifică parametrii cîmpului electromagnetic etc. Coeficientul de absorbție depinde în primul rînd de proprietățile electrice ale mediului și de mărimea frecvenței folosite. Valorile coeficientului de absorbție, pe de o parte, și rezistivitatea și frecvența, pe de altă parte, se află în funcție invers proporțională. În cazul cînd frecvența undelor e mai mică, distanța cercetată este mai mare, deoarece și lungimea undelor e mai mare. Aceasta amplifică fenomenele de difracție care modifică omogenitatea cîmpului electromagnetic. În afară de aceasta, cu frecvențe joase, se pot cerceta numai corpuri cu dimensiuni mai mari. Aceasta impune să se lucreze și cu frecvențe mai înalte, în cazul cărora distanța de cercetare e mai mică, în schimb se pot explora corpuri cu dimensiuni mai mici. Din cele arătate mai sus reiese că întotdeauna trebuie să se aleagă o frecvență optimă a undelor electromagnetice, dar să se efectueze cercetări și cu lungimi de undă diferite într-un singur sector.

Cercetările prin metoda umbrei se efectuează conform următoarelor scheme : 1 — cercetări cu generator staționar și radioreceptor mobil între două galerii sau orizonturi, între sondă și galerie, între sondă și sondă, între foraj sau galerie și suprafață ; la măsurările după această schemă generatorul se aşează staționar într-una din lucrările de explorare, dar observațiile se efectuează la un interval determinat (de la 2 pînă la 5 m) în cealaltă lucrare minieră (respectiv sonda sau suprafață) ; 2 — cercetări cu deplasare paralelă și sincronă a generatorului și receptorului în două galerii, sonde sau sondă-galerie învecinate și paralele ; 3 — radioprofilare într-o singură lucrare minieră sau sondă : distanța dintre genera-



tor și receptor se păstrează constantă, întrucât măsurătorile se efectuează după fiecare deplasare simultană a aparatelor ; 4 — sondaj cu unde radio: măsurătorile se efectuează într-o singură lucrare minieră sau sondă după fiecare mutare a generatorului și receptorului simetric față de punctul median. Conform primelor două scheme spațiul dintre lucrările miniere se cercetează cu unde radio, care se propagă prin acest spațiu ; conform ultimelor două scheme se studiază undele radio reflectate de corpuși cu conductivitate ridicată.

Interpretarea datelor din metoda umbrei se efectuează după cîteva procedee : procedeul comparației, procedeul umbrelor, procedeul razelor, procedeul determinării coeficienților de absorbție și procedeul suprafeței generalizate. Noi am folosit primele două procedee.

La interpretarea prin procedeul comparației, curba observată se confruntă cu cea teoretică a cîmpului normal. Aceasta din urmă se calculează pentru fiecare valoare în parte a coeficientului de absorbție. Acest procedeu de interpretare se folosește în cazurile în care distanța dintre generator și receptor este variabilă pentru fiecare măsurare.

La interpretarea prin procedeul umbrelor, anomalia se determină ca valoare minimă a componentei magnetice a cîmpului electromagnetic întrucât distanța între generator și receptor rămîne constantă în timpul măsurărilor.

Pentru efectuarea cercetărilor prin metoda umbrei au fost construite cîteva modele de aparatură la Institutul Superior de Mine și Geologie (VMSGI) din Sofia : aparatură pentru metoda umbrei în galerii ARP-1 (1968), ARP-R 1 (1970), generatoare de sondă GRP-1 (1968) și GRP-S2 (1971), receptor de sondă (1972) (Hadutov, 1970). În toate aceste modele de aparatură generatorul emite unde electromagnetice cu o frecvență stabilită în intervalul de la 0,1 pînă la 12 MHz, iar receptorul este sincronizat cu frecvențele generatorului. Aparatura se caracterizează prin stabilitate, putere satisfăcătoare (de la 1 pînă la 10 W pentru modelele diferite) și portabilitate (generatoarele au greutate de circa 3—4 kg, iar alimentarea în dependență de tipurile acumulatorilor de la 3 pînă la 8 kg ; receptorul împreună cu sursa de alimentare are o greutate de la 2 pînă la 3 kg). Pentru alimentarea generatorului este necesar un curent cu tensiune de 6 și 13,5 V, iar pentru receptor 18 V.

Metoda corpului încărcat, după cum se știe, se aplică în cercetarea corpurilor de sulfuri din care fac parte și zăcămintele din Munții Rodopi. Prin această metodă se poate determina situația în spațiu a corpurilor de minereu, elementele lor de poziție, corelarea corpurilor între două lucrări sau sonde subterane.

Esența metodei corpului încărcat, în cazul aplicării acesteia în condiții de subteran, constă în următoarele : unul din electrozii sursei de curent continuu (*A*) se pune la pămînt direct în corpul cercetat, care este străbătut de sondă, galerie sau aflorează la suprafață ; electrodul al doilea (*B*) se pune la pămînt în afara limitelor suprafeței de cercetare, la o distanță destul de mare (în condiții subterane la 200—250 m), astfel



încit să se poată neglija influența cîmpului acestui electrod. Cîmpul electric al corpului încărcat se măsoară în lucrările miniere și sondele învecinate.

Din cele două scheme cunoscute ale curbelor echipotențiale și a gradientului de potențial (H m e l e v s c o i, 1970) mult mai convenabilă este schema a doua. În această schemă se măsoară gradientul potențialului pe un profil (în condiții subterane, respectiv galerie sau sondă) care interceptează corpul încărcat transversal pe direcția lui. Metoda corpului încărcat în această variantă se aplică, în special pentru explorarea unor corperi filoniene cu înclinare mare, cum sunt multe din mineralizațiile din raionul Munților Rodopi.

Pentru efectuarea măsurătorilor prin metoda corpului încărcat s-a folosit aparatură electrometrică de prospecție de serie — compensator electronic cu ac ESK-1. Deoarece umiditatea aerului în lucrările miniere este mare, aparatul se ermetizează suplimentar cu presgarnitură de cauciuc, prin punerea în carcasa aparatului a unui silicogel, prin îmbrăcarea aparatului într-un înveliș impermeabil etc.

Prin metoda contactelor alunecătoare se măsoară intensitatea curentului continuu între doi electrozi, dintre care unul (*A*) este construit sub formă de perie, iar celălalt (*B*) se pune la pămînt, la distanță de 5—10 m de la gura sondei subterane. Corpurile cu conductibilitate ridicată, cum sunt mineralizațiile de plumb și zinc din Munții Rodopi, se separă prin valori mari ale intensității curentului pe un fond de valori mici, caracteristic rocilor înconjurătoare. Prin această metodă se poate determina secțiunea geologică a unei anumite sonde cu o precizie de cîțiva centimetri, deci se poate elimina carotajul mecanic la un mare număr de sonde. Pentru înregistrări se folosește aparatul ATK-1, construit la Institutul Superior de Mine și Geologie din Sofia (P a l i k o v, 1971), care poate să măsoare curentul electric de la cîțiva miliampери pînă la cîteva zeci de centiamperi.

În prospecția magnetometrică subterană am măsurat componenta verticală a cîmpului geomagnetic cu magnetometrul M-23. Măsurătorile s-au efectuat numai în lucrările miniere fără susținere metalică sau de beton armat și fără instalații metalice.

Pentru aplicarea metodelor geofizice de subteran în raionul din Munții Rodopi, afară de condițiile favorabile prezentate mai sus, o importanță esențială o au și rezultatele pozitive obținute în peste 20 de alte zăcăminte din Bulgaria (B e l c e v et al., 1970; H r i s t o v, H r i s t o v, 1972). În aceste zăcăminte (inclusiv zăcămintele din Munții Rodopi) au fost constatate peste 250 de anomalii geofizice. Dintre ele au fost verificate cu lucrări miniere și de foraj aproximativ 70 de anomalii. Ca urmare a acestei verificări s-a constatat că toate anomaliiile magnetometrice (23 anomalii) corespundeau unor corperi de minereu cu conținuturi industriale și au fost justificate concluziile din interpretarea privind elementele de poziție a corpurilor. Pentru anomaliiile geoelectrice verificate s-a constatat că aproximativ 80—90% au fost de asemenea determinate de corperi mineralizate cu conținuturi industriale. În zăcămîntul Krumovo, de exemplu, forajul subteran executat după date geofizice e aproximativ



de cinci ori mai eficient în comparație cu forajul executat numai pe considerații geologice (Belic et al., 1970).

Să examinăm câteva exemple de aplicare a metodelor geofizice subterane în minele din Munții Rodopi.

Metoda umbrei este metoda de bază în complexul geofizic, care oferă informații detaliate pentru localizarea corpurilor de minereu, care face posibilă aprecierea calitativă a conținutului de metal și permite separarea sectoarelor sterile de cele mineralizate etc.

Pentru a dovedi aplicabilitatea metodei umbrei au fost studiate 16 coruri de minereu în cinci mine diferite. S-a constatat că toate corurile de minereu studiate au determinat anomalii electrometrice caracteristice.

În figura 1 este prezentat un caz de cercetare a unui corp metasomatic, plasat între două orizonturi, în mina Ghiudiurska. Interpretarea curbelor cimpului electromagnetic arată că în corpul de minereu între orizonturile 724 și 773 se separă unele sectoare de minereu mai bogate deasupra pichețelor 10—20 și 30—35. Au fost efectuate observații și în transversalele 1 și 2 cu emisie din stația 1 și stația 2 în orizontul 773, precum și cu emisie din stațiile 1, 2, 3 și 4, situate la talpa sondelor subterane (fig. 1, b și fig. 3). Conform rezultatelor acestor observații s-a constatat că partea cea mai bogată a mineralizației începe după picheții 5—7 în transversala 1 și 2 și continuă în interior dincolo de abatajele celor două transversale. Toate aceste observații oferă posibilitatea de a estima caracterul mineralizării pe grosime și direcție (fig. 1) și pe inclinare (fig. 2 și fig. 3).

Prin metoda umbrei au fost conturate și 9 anomalii datorate unor mineralizații necunoscute. În toate cele cinci anomalii verificate pînă în prezent s-au constatat mineralizații de plumb și zinc.

Distanța cercetării prin metoda umbrei în minele din Munții Rodopi este de 120—130 m pentru frecvența undelor radio de 0,413 MHz și de 90—100 m pentru frecvența de 2,13 MHz. Luind în considerare condițiile geologice-geofizice și tehnico-miniere (coeficientul de observație a undelor electromagnetice, dimensiunile corpurilor de minereu, distanța între lucrările miniere etc.), s-a stabilit că frecvența optimă a măsurătorilor de bază este 1—2 MHz, iar pentru măsurătorile de detaliu 5—8 MHz.

Metoda corpului încărcat a fost aplicată în mina Ribnița. În alcătuirea geologică a zăcămîntului iau parte roci metamorfice (gnaise, amfibolite), străpunse de diverse roci filoniene de vîrstă diferite (dyke-uri de euarț-diorit, injecții de aplite și pegmatite). Filoanele de minereu se caracterizează prin grosimi variabile și repartiție neregulată a mineralizației. Contactul între rocile înconjurătoare și fractura de care sunt legate corurile de minereu nu este clar evidențiat. Toate acestea îngreunează exploarea geologică.

Cercetările efectuate prin metoda corpului încărcat în mina Ribnița arată (fig. 4), că filonul de minereu din transversala a 10-a determină schimbarea polarității gradientului de potențial între picheții 28—30 pentru $MN = 2,5$ m; aşadar, această mineralizație poate să se coreleze



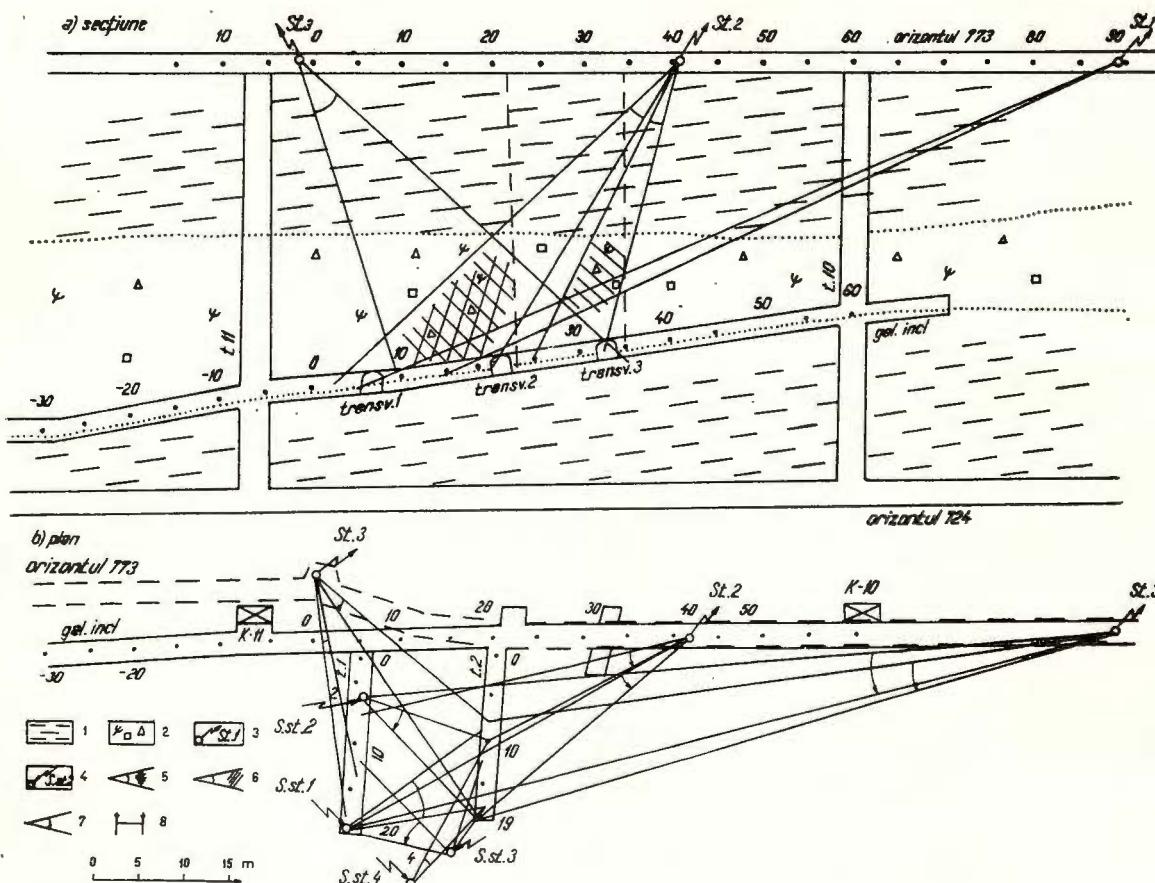


Fig. 1. — Mina Ghiudiursca — Planul galeriei inclinate de la orizontul 724 și secțiune prin orizonturile 724 și 773, între puțurile 10 și 11, cu rezultatele geoelectrice (metoda umbrei): 1, gneiss; 2, mineralizație metasomatică de sulfuri; 3, stație de generator radio amplasată într-o galerie subterană cu numărul ei de ordine; 4, stație de generator amplasată într-o sondă subterană cu numărul ei de ordine; 5, anomalie geoelectrică (metoda umbrei); 6, anomalie geoelectrică (metoda umbrei) de mică intensitate; 7, anomalie geoelectrică (metoda umbrei) incomplet conturată; 8, anomalie geoelectrică (metoda umbrei) obținută prin procedeul mișcării paralele.

Mine Ghiudiursca — Plan de la galerie inclinée de l'horizon 724 et coupe à travers les horizons 734 et 773, entre les puits 10 et 11, avec les résultats géoélectriques (méthode de l'ombre): 1, gneiss; 2, minéralisation métasomatique de sulfures; 3, station de générateur radio emplacée dans une galerie souterraine avec son numéro d'ordre; 4, station de générateur emplacée dans une sonde souterraine avec son numéro d'ordre. 5, anomalie géoélectrique (méthode de l'ombre); 6, anomalie géoélectrique (méthode de l'ombre) de petite intensité; 7, anomalie géoélectrique (méthode de l'ombre) à contour incomplet; 8 — anomalie géoélectrique (méthode de l'ombre) obtenue par le procédé du mouvement parallèle.

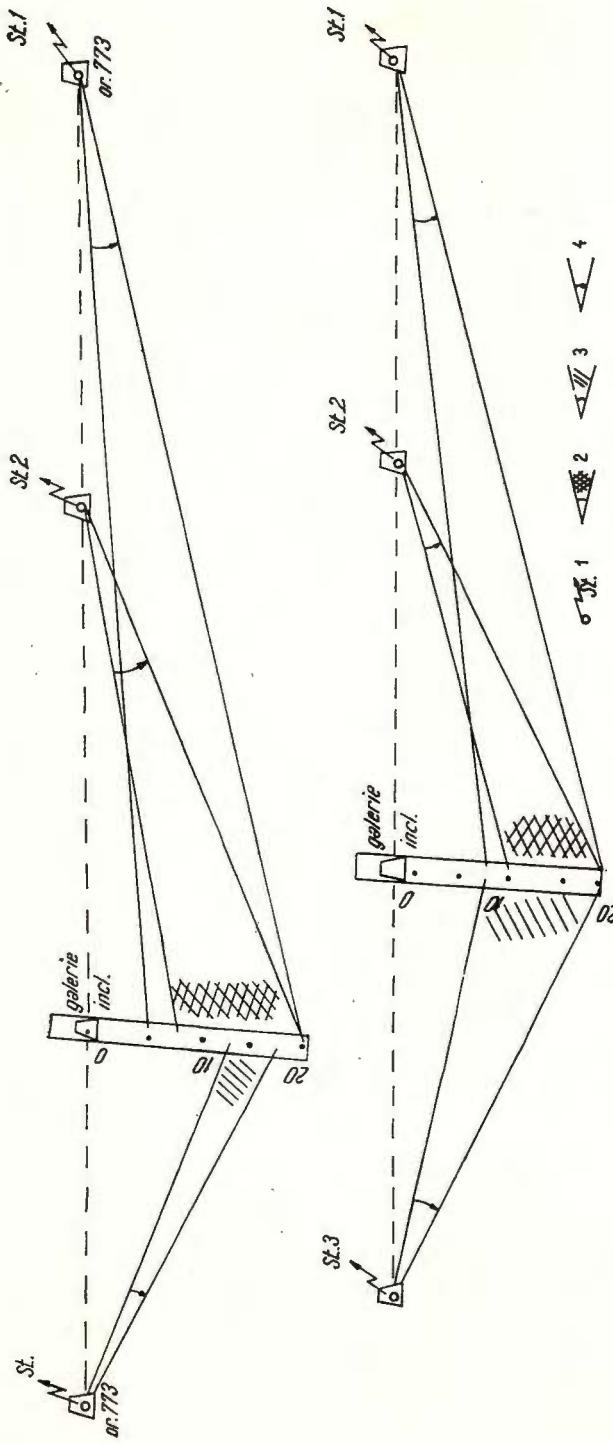


Fig. 2. — Mina Ghindurca — Schema cercetărilor geoelectricice prin metoda umbrei între stațiile 1, 2 și 3 de la orizontul 773 și transversalele 1 și 2 din galeria inclinată de la orizontul 724 : 1, stație de generator cu numărul ei de ordine ; 2, anomalie geoelectrică (metoda umbrei) parțial conturată. Mine Ghindurca — Schéma des recherches géoélectriques par la méthode de l'ombre entre les stations 1, 2 et 3 de l'horizon 773 et les transversales 1 et 2 de la galerie inclinée de l'horizon 724 : 1, station de générateur avec son numéro d'ordre ; 2, anomalie géoélectrique (méthode de l'ombre) ; 3, anomalie géoélectrique (méthode de l'ombre) à contour incomplet.

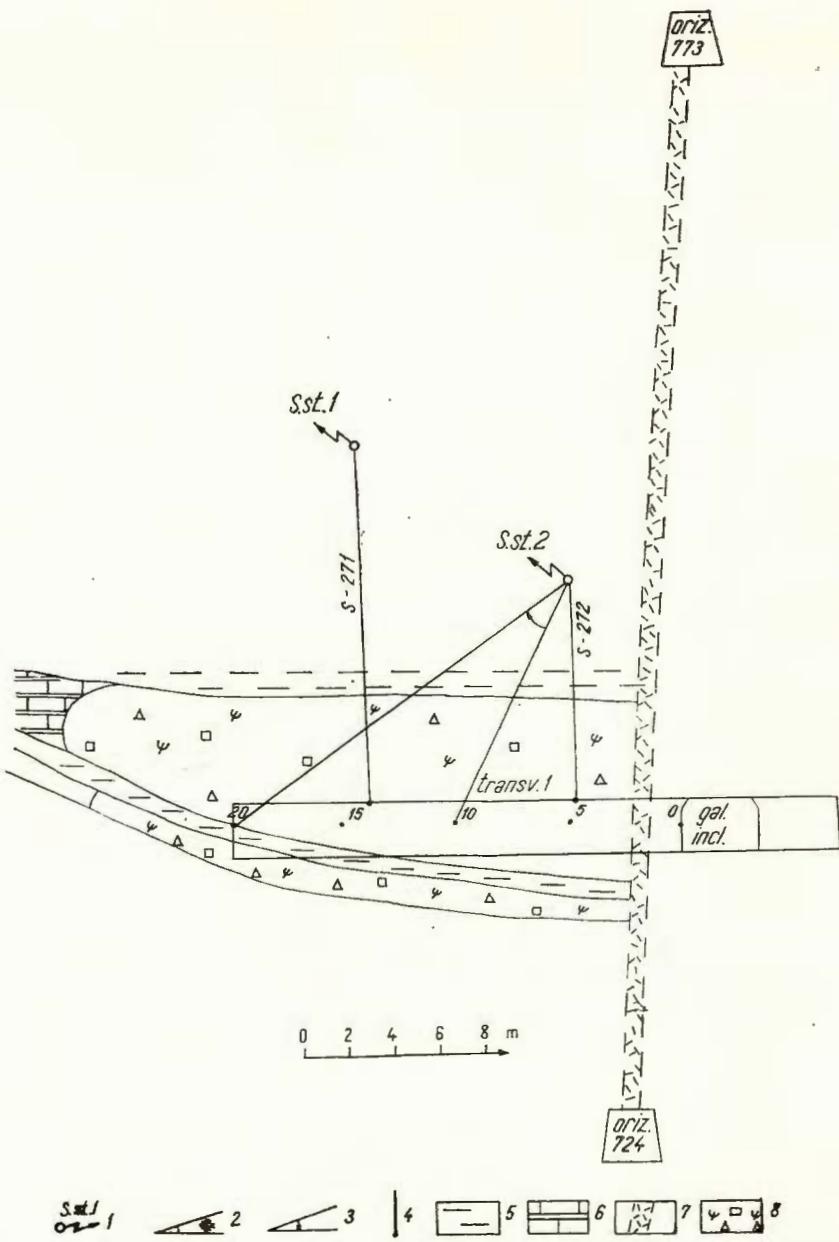


Fig. 3. — Mina Ghiudiursca — Secțiune prin transversala din galeria înclinară de la orizontul 724 dintre puțurile 10 și 11 cu rezultatele geoelectricre (metoda umbrei): 1, stație de generator cu numărul ei de ordine; 2, anomalie géoélectrique (méthode de l'ombre); 3, anomalie géoélectrique (méthode de l'ombre) parțial conturată; 4, sondă subterană cu numărul ei de ordine; 5, gnaïsse; 6, marmure; 7, filon de cuarț cu sulfuri; 8, corp metasomatic de plumb și zinc.

Mine Ghiudiursca — Coupe de la transversale de la galerie inclinée de l'horizon 724 entre les puits 10 et 11 avec les résultats géoélectriques (méthode de l'ombre) : 1, station de générateur avec son numéro d'ordre ; 2, anomalie géoélectrique (méthode de l'ombre) ; 3, anomalie géoélectrique (méthode de l'ombre) à contour incomplet ; 4, sonde souterraine avec son numéro d'ordre ; 5, gneiss ; 6, marbres ; 7, filon de quartz à sulfures ; 8, corps métasomatiques de plomb et de zinc.

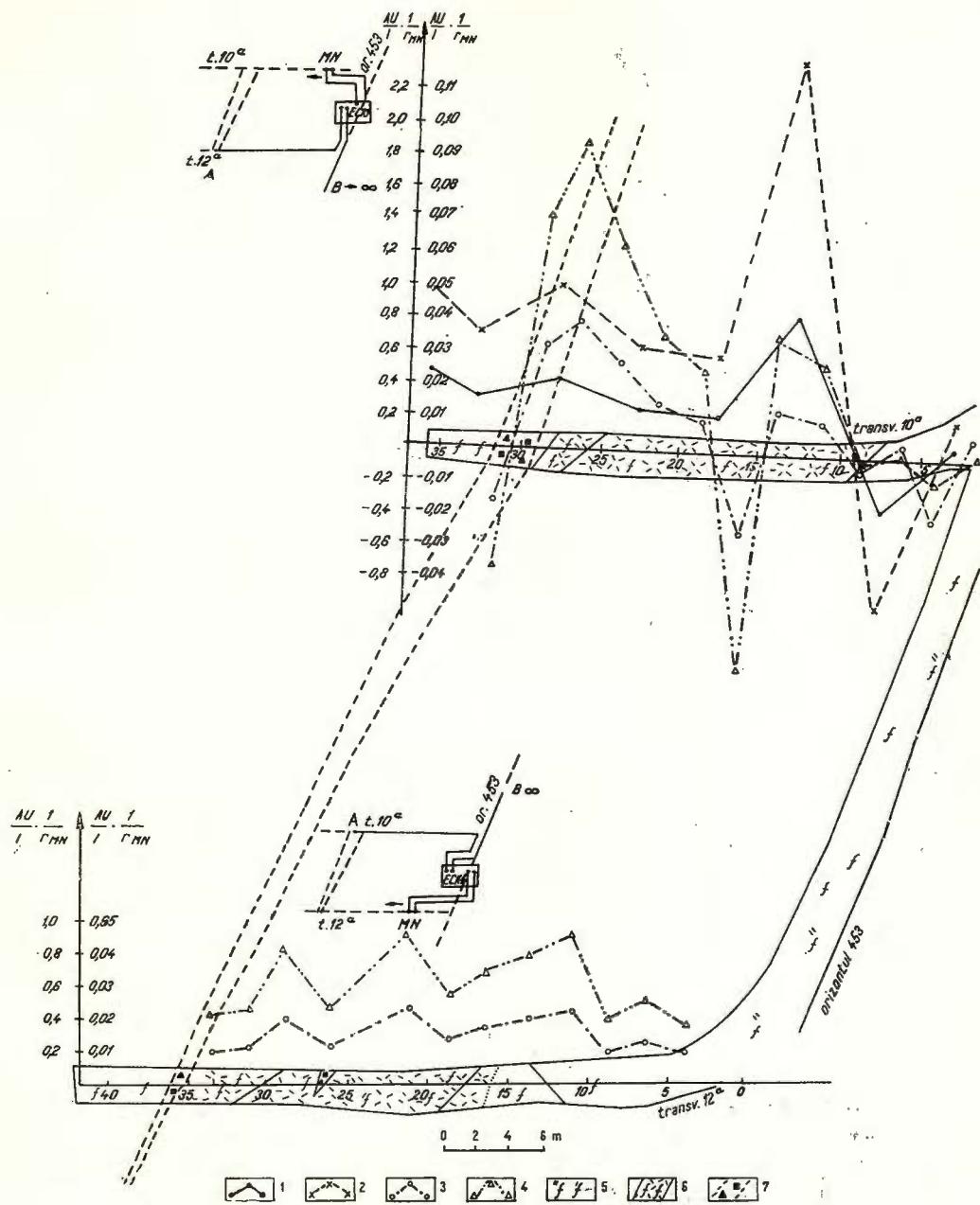
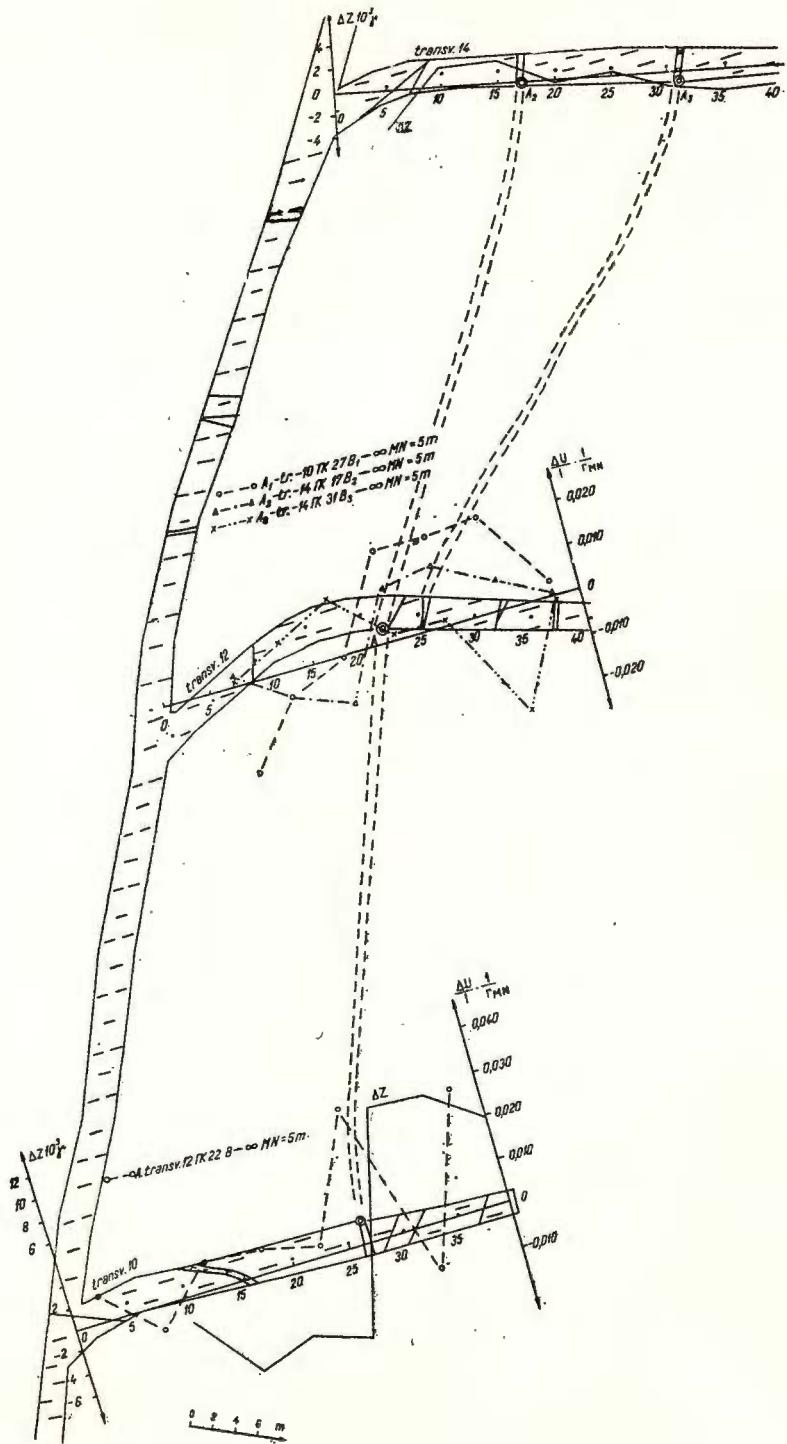


Fig. 4. — Mina Ribnița — Grafice ale gradientului potențialului prin metoda "corpuș încărcat": 1, grafic $\Delta U/I.1/5$; 2, grafic $\Delta U/I.1/5 R$; 3, grafic $\Delta U/I.1/2.5$; 4, grafic $\Delta U/I.1/2.5 R$; 5, gneiss; 6, zonă de brecifiere; 7, filon mineralizat.

Mine Ribnița — Graphiques du gradient de potentiel par la méthode du corps chargé : 1, graphique $\Delta U/I.1/5$; 2, graphique $\Delta U/I.1/5 R$; 3, graphique $\Delta U/I.1/2.5$; 4, graphique $\Delta U/I.1/2.5 R$; 5, gneiss; 6, zone de bréchification; 7, filon minéralisé.



a



Institutul Geologic al României

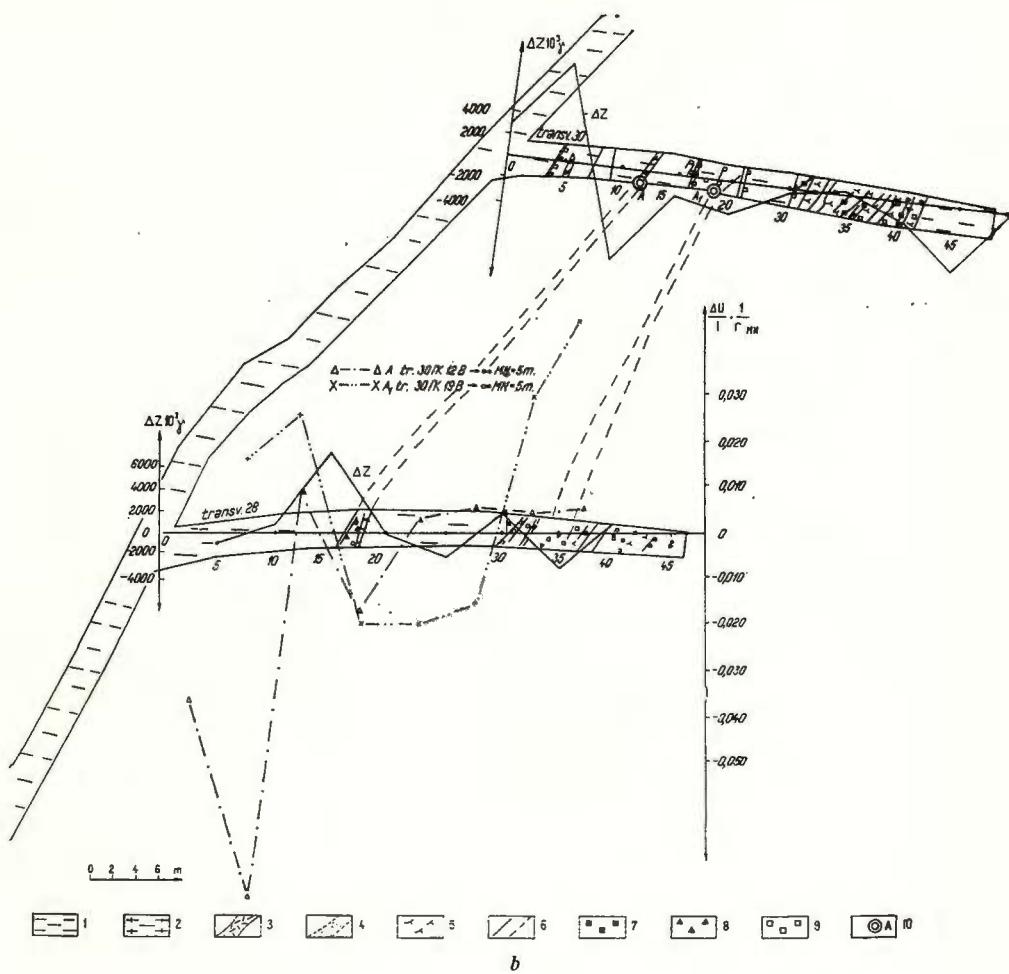


Fig. 5. — Mina Eniovce — Plan geologic al unui sector din orizontul 553 cu rezultatele magneto-metrice și geoelectricre (metoda corpului încărcat): a) Plan între transversalele 10–14; b) Plan între transversalele 28–30. 1, gneiss biotitice; 2, gneiss biotitice granitizate; 3, roci cu transformări hidrotermale intense; 4, filon de cuarț; 5, zonă intens tectonizată; 6, fisuri; 7, galenă; 8, blendă; 9, pirită și calcopirită; 10, punct de injectare a curentului electric.

Mine Eniovce — Plan géologique d'un secteur de l'horizon 553 avec les résultats magnétométriques et géoélectriques (méthode du corps chargé): a) Plan entre les transversales 10 et 14; b) Plan entre les transversales 28 et 30. 1, gneiss biotitiques; 2, gneiss biotitiques granitisés; 3, roches à transformations hydrothermales intenses; 4, filon de quartz; 5, zone intensément tectonisées; 6, fissures; 7, galène; 8, blonde; 9, pyrite et chalcopyrite; 10, point d'injection du courant électrique.

cu mineralizația secționată la pichetul 35 din transversala a 12-a. Contactul dintre zona de brecifiere și rocile înconjurătoare la pichetul 8 din transversala a 10-a se pune, de asemenea, în evidență prin schimbarea bruscă a polarității gradientului de potențial pentru ambele dispozitive MN (5 și 2,5 m). În transversala învecinată a 12-a, datele de măsură nu sunt reprezentative și nu pot fi interpretate din cauza umidității mari a lucrării miniere.

În mina Eniovee s-a aplicat metoda corpului încărcat și magnetometria în scopul clarificării perspectivei metalogenetice la orizontul 553 și sub acesta, precum și pentru corelarea mineralizațiilor secționate de lucrările miniere.

Zăcământul Eniovee e de tip hidrotermal filonian, cu o morfologie foarte complicată. Rocile din seria metamorfică inferioară — gnaisse biotitice, amfibolitice și amfibol-biotitice cuprind o zonă cu grosime relativ mare (pînă la 60 m), în care s-au pus în loc cîteva corpuri de minereu. Aceste corpuri sint paralele sau discordante în raport cu direcția tectonică principală a zonei. Corpurile de minereu reprezintă filoane de cuart-carbonat-sulfurice cu mineralizație de galenă, blendă, pirită, calcopirită, pirotină etc. Spre deosebire de alte zăcăminte de plumb și zinc în Munții Rodopi conținutul de metal al minereurilor crește cu adîncimea.

În prezent zăcământul Eniovee se exploatează deasupra orizontului 603, iar sub el se află în pregătire orizontul 553. Explorarea geologică pînă în prezent a fost efectuată cu transversale și sonde, săpate dintr-o galerie în steril (fig. 5). În sectorul cercetat cu lucrări geofizice, la o distanță de circa 800 m se află 15 transversale, fiecare cu lungimi de 30—50 m. În 8 dintre acestea (acolo unde a fost posibil), s-au executat măsurători geofizice prin metoda corpului încărcat și magnetometrie. Pe baza interpretării efectuate s-a constatat că în toate transversalele cercetate zonele mineralizate se separă prin variații considerabile a componentei verticale a cîmpului geomagnetic de la $+14\ 000$ pînă la $-8\ 000\ \gamma$. Avînd în vedere valorile mici ale susceptibilității magnetice (în cîteva esantioane pînă la $410\cdot10^{-6}$ u.C.G.S.M.) este evident că sursa anomalialor magnetometricc nu a fost intersectată de galerie.

În figura 5-a sunt prezentate rezultatele cercetărilor geofizice efectuate în sectorul cuprins între transversalele 10—14. Atunci cînd injectia de curent s-a efectuat în zona mineralizată interceptată la pichetul 22 din transversala 12, înregistrările din transversala 12 au evidențiat în jurul pichetului 30 un schimb de polaritate a gradientului potențialului. Aceasta arată că zona mineralizată se poate corela în mod sigur între pichetul 22 din transversala 12 și pichetul 27 din transversala 10³.

Din figura 5-a se vede astfel că în caz de încărcare cu curent la pichetul 17 din transversala 14 și la pichetul 27 din transversala 10, înregistrările în transversala 12 evidențiază un schimb de polaritate a gradientului potențialului în jurul pichetului 20³ din transversala 12. Cele expuse

³ Necorespondența de 3 m (pichetul 27 — pichetul 30) între zona mineralizată și anomalia electrometrică se datorează erorilor efectuate la trăsarea profilului de măsurare. Această observație se referă și la transversala 16 (pichetele 20—22 și pichetele 25—27).

mai sus dovedesc corelarea zonei mineralizate între pichetele respective din cele trei transversale. În mod analog se face corelarea mineralizației interceptate în jurul pichetului 25³ din transversala 12, cu cea din jurul pichetului 31 din transversala 14 (fig. 5-a).

În sectorul transversalelor 28–30 cu ajutorul metodei corpului încărcat și magnetometriei a fost posibil să se coreleze zona mineralizată (fig. 5-b). Prin injectarea de curent la pichetul 12 și pichetul 19 din transversala 30, s-au obținut anomalii electrometrice în jurul pichetului 15, respectiv pichetul 30 din transversala 28. În jurul acestor pichete s-au observat și anomalii magnetometrice (fig. 5-b). Cele expuse arată că se poate corela mineralizația secționată în pichetul 12 din transversala 30, cu aceeași mineralizație de la pichetul 17 din transversala 28, precum și mineralizația secționată la pichetul 19 din transversala 30 cu cea de la pichetele 30–35 din transversala 28.

Metoda contactelor alunecătoare s-a aplicat pentru separarea expeditivă a corpurilor de minereu de rocile înconjurătoare în sondele subterane forate fără carotaj mecanic. Aceste sonde se forează într-un număr ridicat în mina Stratiev Kamak pentru experimentarea unui nou procedeu de exploatare a corpurilor de minereu — aşa numita surpare în blocuri cu sonde. Procedeul de exploatare menționat se aplică la filoane de minereu cu cădere abruptă, cu grosimi peste 6–8 m, cu contacte nete, morfologie simplă, roci înconjurătoare relativ stabile și minereu nedispus autosurpării. Sondele se forează dintr-o galerie săpată în prealabil pe axul filonului de minereu. Aceste sonde se forează cu o lungime de 15–20 m în secțiuni cu formă de evantai. Numărul sondelor forate în fiecare evantai este cuprins între 10 și 15. Datorită caracterului neuniform al contactelor filoanelor de minereu cu rocile înconjurătoare din zăcămîntul Stratiev Kamak, în mai multe cazuri extremitățile sondelor pătrund în steril. Din această cauză, în urma exploziilor care au loc pe toată lungimea găurilor de sondă, se produce o diluare a minereului prin amestec cu steril. Dacă prin ajutorul metodei contactelor alunecătoare se va face separare în sonde a intervalor sterile de cele mineralizate, atunci exploziile din sonde se pot realiza selectiv — separat pentru intervalele cu minereu și pentru cele sterile.

Possibilitățile metodei contactelor alunecătoare pentru determinarea limitelor între corpurile de minereu și rocile înconjurătoare, precum și pentru aprecierea calitativă a conținutului de metal, au fost studiate în 44 de sonde forate fără carotaj mecanic în scopul de surpare a blocurilor de minereu, precum și în sondele subterane GP în care s-a executat carotajul mecanic (fig. 6, 7 și 8).

După interpretarea datelor din măsurătorile în sonda subterană GP-197 (fig. 6) s-a constatat, că gnaisele cuarțifer-biotitice se evidențiază printr-o curbă lină a intensității curentului, caracterizat prin valori de 2–4 mA, în timp ce intervalele mineralizate evidențiază intensități de 3–4 ori mai mari. Aspectul dințat al curbei în intervalul 10,70–13,00 m dovedește că mineralizația este reprezentată de impregnații și vinișoare



sulfurice. Pe aceeași curbă se constată o anomalie și în intervalul 8,90—9,90 m în care după datele carotajului mecanic n-a fost descoperită nici o mineralizare.

Un caracter analog are și diagrama de carotaj din sonda GP-198 (fig. 7). Intervalele cu gnaise cuarțifere sericitizate, în care nu se observă microscopic nici o mineralizare, se separă prin valori ale curentului de

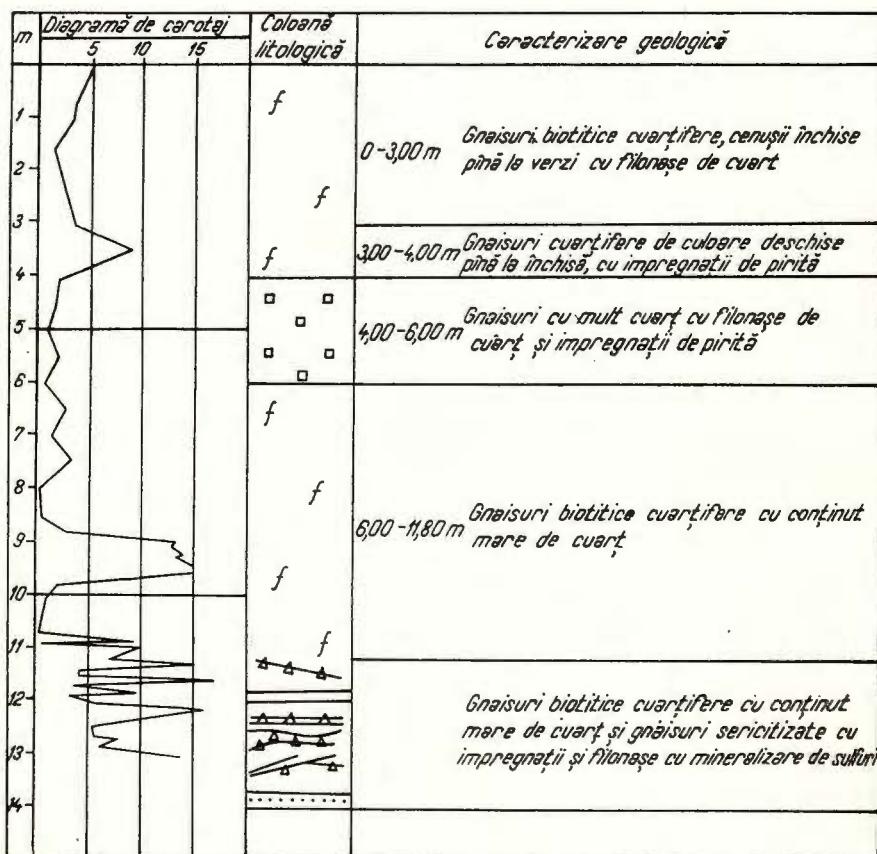


Fig. 6. — Mina Stratiev Kamak — Rezultatele carotajului electric prin metoda electrozilor alunecători în sonda subterană GP-197, orizontul 885.

Mine Stratiev Kamak — Résultats du carottage électrique par la méthode des électrodes glissantes dans la sonde souterraine GP-197, horizon 885.

circa 4—5 ori mai mari în comparație cu rocile înconjurătoare, dar cu o abatere de 0,50—0,60 m față de carotajul mecanic. Acest fapt se datorează raportării eronate a distanțelor în timpul forării și carotajului.

Cercetările în evantaiurile de sonde au fost executate numai în foraje laterale inclinate (fig. 8), care interceptează atît minereu cît și roci

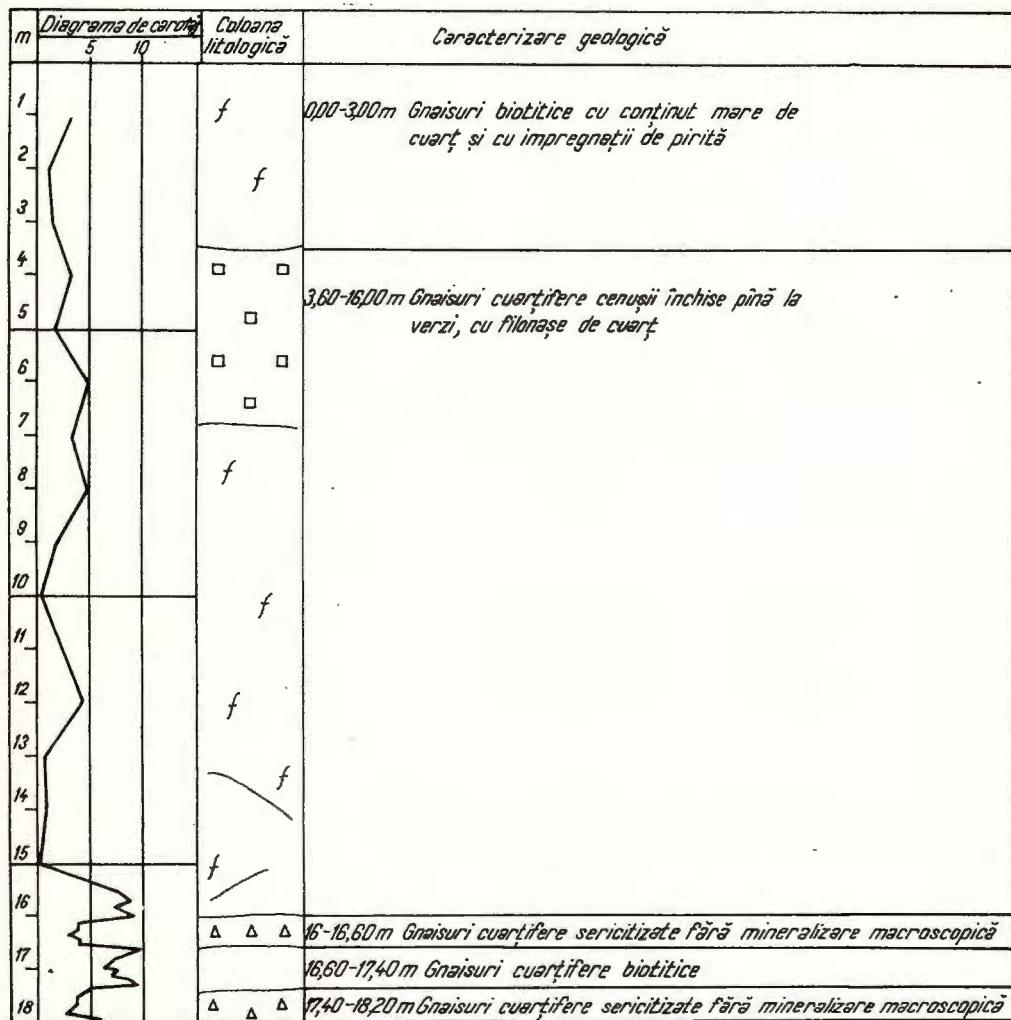


Fig. 7. — Mina Stratiev Kamák — Rezultatele carotajului electric prin metoda electrozilor alunecători în sonda subterană GP-198, orizontul 885.

Mine Stratiev Kamák — Résultats du carottage électrique par la méthode des électrodes glissantes dans la sonde souterraine GP-198, horizon 885.

sterile. Sondele verticale nu au fost cercetate deoarece se știe că filoanele de minereu au dimensiuni mult mai mari pe înclinare în comparație cu lungimile găurilor de sondă. Măsurările de intensitate a curentului au fost efectuate cu surse de alimentare de 18 și 60 V. Analiza diagramelor de carotaj a arătat că secțiunile forate se separă mult mai bine la măsurători cu tensiune de alimentare mai mică (18 V). În sonda S-1 din evantaiul

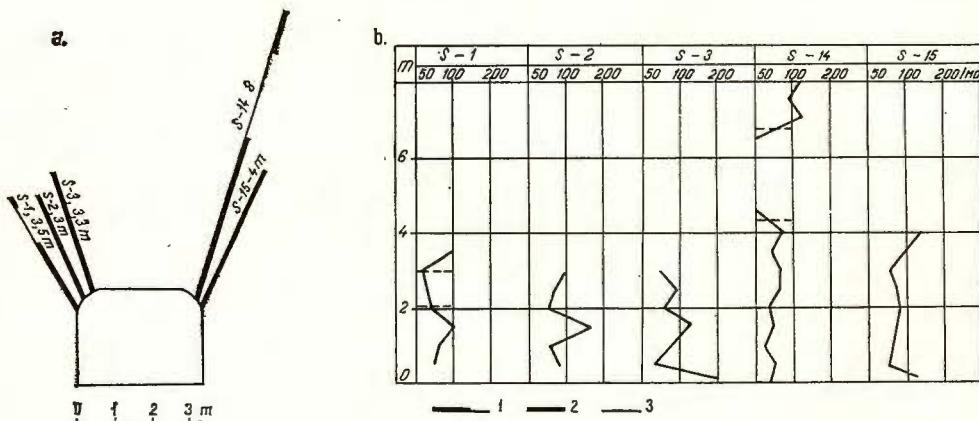


Fig. 8. — Mina Stratiev Kamák — Rezultatele carotajului electric prin metoda electrozilor alunecători în sonde subterane, forate fără carotaj mecanic pentru exploatarea cu explozie în sonde, orizontul 935, galeria 14, blocul 7, evantaiul 17 : a — secțiunea evantaiului 17 ; b — diagrame de carotaj. 1, sondă subterană cu numărul ei de ordine și lungimea în metri; 2, interval mineralizat; 3, interval steril.

Mine Stratiev Kamák — Résultats du carottage électrique par la méthode des électrodes glissantes dans des forages souterrains, exécutés sans carottage mécanique pour l'exploitation à explosion dans les sondes, horizon 935, galerie 14, bloc 7, évantail 17 :
 a — section de l'évantail 17 ; b — diagramme de carottage. 1, sonde souterraine avec son numéro d'ordre et sa longueur en mètres; 2, intervalle minéralisé; 3, intervalle stérile.

17 (fig. 8) se separă clar un sector steril în intervalul 2,00—3,30 m, unde intensitatea curentului este foarte mică. Un sector steril se constată și în sonda S-14 din același evantai în intervalul 4,40—6,80 m.

Cercetările geofizice prin metoda contactelor alunecătoare arată că această metodă se poate folosi cu succes pentru determinarea limitelor între corpurile de minereu și rocile înconjurătoare în sondele subterane forate fără carotaj mecanic în scopul exploatarii prin surpare a blocurilor de minereu. În acest mod metoda contribuie la reducerea diluării minereului în timpul exploatarii.

Considerațiile privind aplicarea unui complex rațional de metode geofizice în minele din raionul Munților Rodopi oferă posibilitatea de a se propune o metodă de explorare geologică în etapa pregătirii zăcămintelor pentru exploatare. În esență această metodă comportă următoarele lucrări : pe zona mineralizată (sau alături de ea în steril, se efectuează

o galerie principală. Din ea la fiecare 100-150 m se sapă transversale, iar între ele se forează sonde subterane la intervale de 50 m. În mod analog se desfășoară și rețeaua de explorare la celelalte orizonturi; spațiul între galerile și sondele fiecărui orizont, precum și spațiul între orizonturi se cercetează cu un complex rațional de metode geofizice. Absența anomaliielor într-un anumit sector dovedește sterilitatea lui; în acest sector nu se efectuează alte explorări geologice. Anomaliiile constatate se examinează cu lucrări geofizice de detaliu. Acele anomalii care se confirmă, se verifică cu sonde subterane, forindu-se dintr-un punct cîteva sonde în formă de evantai. Între lucrările miniere și de forare se efectuează alte cercetări geofizice de detaliu. Anomaliiile confirmate cu lucrări de forare se conturează cu lucrări miniere.

Concluzii

Pe baza cercetărilor efectuate în legătură cu aplicarea unor metode geofizice în subteran la explorarea geologică în faza premergătoare explorației se pot trage următoarele concluzii:

1. În minele de plumb și zinc din raionul munților Rodopi există condiții favorabile geologo-geofizice și tehnico-miniere pentru folosirea metodelor geofizice.

2. Alegerea unui complex rațional de metode geofizice în subteran depinde de condițiile concrete pentru un zăcămînt dat. Acest complex include următoarele metode: metoda umbrei, metoda corpului încărcat, metoda contactelor alunecătoare și magnetometria, care sunt aplicate în cîteva mine (zăcăminte) și e dovedită eficiența lor.

3. Prin complexul de metode geofizice aplicat în subteran se rezolvă următoarele probleme mai importante în etapa explorării geologice de exploatare: separarea sectoarelor mineralizate de sectoarele sterile; conturarea mai precisă a unor corpi parțial cunoscute; prospecțiunea corpurilor necunoscute, care n-au fost descoperite cu rețea de explorare minieră; determinarea limitelor mineralizațiilor în sondele forate fără carotaj mecanic; urmărirea și corelarea corpurilor de minereu, secționate în lucrări miniere și de foraj învecinate etc.

4. Prin aplicarea metodelor geofizice în subteran se poate perfecționa metodica explorării geologice în faza premergătoare explorației și astfel se amplifică eficiența explorării lor. Această eficiență se exprimă prin rărirea rețelei de explorare cu lucrări miniere și sonde subterane, mărirea rezervelor etc. În acest mod se obțin avantaje economice considerabile.

BIBLIOGRAFIE

Belcev I. I., Hristov E. V., Hristov E. K. (1970) Efektivnost na podzemnoto sondiranje, izvršeno po gheofizicini danni v rudništite na DMP „V. Kolarov“ in *Rudodobuv i metalurgija* 11–12, Sofia.

- Hristov E. K., Hristov E. V. (1972) Väzmojnosti za prilagane metoda na radiovälnoto prosveteavane pri podzemnoto gheološco proucivane v olovno-žincovite rudniți ot Rodopskia ruden raion. *Vtora naționalna conferenția po prilojna gheofizica*, Sofia.
- Haidutov P. V. i. dr. (1970) Construirane na aparatura za podzemni i iadreni gheofizicini izsledvania. *VMGI*, 181, Sofia.
- Melevscoi V. K. 1970, Osnovni curs electrorazvetchi, Moscova.
- Palićov S. (1971) Izrabitvane na aparatura za tucov carotaj *VMGI*, 273, Sofia.
- Pištialov S. S., Dobrev T. B., Ivanova V. P. (1965) Osnovnie zacononornosti izmenenia fiziceschi svoistv gornih porod i rud Iujnoi Bolgarii. *Izv. viss. uc. zav., Gheologhia i razvedca*, 12, Moscova.
- Tarhov A. Gh., Bondarenco V. I. i dr. (1972) *Podzemnaia gheofizica*, Moscova.

CONSIDÉRATIONS SUR L'APPLICATION DE MÉTHODES GÉOPHYSIQUES SOUTERRAINES À L'EXPLORATION GÉOLOGIQUE DES GISEMENTS DE PLOMB ET DE ZINC DES MONTS RODOPI (BULGARIE MÉRIDIONALE)

(Résumé)

On présente dans cet ouvrage, les recherches effectuées dans quelques mines de plomb et de zinc en vue de l'application d'un complexe rationnel de méthodes géophysiques souterraines à l'exploration géologique, pendant l'étape de la préparation des gisements pour l'exploitation. L'auteur traite des conditions géologiques, géophysiques, compte tenu de la possibilité qu'on a de résoudre chaque méthode et l'ensemble de méthodes. Ce complexe renferme la méthode de l'ombre, la méthode du corps chargé, la méthode des contacts glissants et magnétométrie. On donne des exemples concrets concernant l'application de ces méthodes à l'exploration géologique souterraine. Finalement on propose une méthode d'exploration géologique portant sur l'exploitation des gisements. On démontre que cette méthode a une grande efficience qui réside dans l'espacement du réseau des travaux de galerie et de sondes d'exploration, dans l'augmentation des réserves explorées des gisements, etc.



CONTRIBUȚII LA INTERPRETAREA REZULTATELOR CERCETĂRILOR GRAVIMETRICE ÎN SUBTERAN¹

DE

MARIUS VISARION², CONSTANTIN ȘTEFAN SAVA³

Abstract

Some Contributions to the Interpretation of the Results of Gravimetric Researches in the Underground. This paper presents a new procedure of turning to account of gravimetric measurements, carried out at surface and in the underground, at observation points arranged on the same vertical extent. It consists of the estimation of the gravitational attraction, caused by anomalous masses located above the gallery, on the basis of the geological section, extrapolated from surface and underground data as well as of density values known from the here presented petrophysical study. Through subtraction of this effect from primary data obtained in the underground there results the „geologically corrected” gravity anomaly. The procedure proposed here offers the possibility to achieve a correlation in vertical section of surface and underground gravity anomalies; it also suggests the evolution in depth of anomalous masses. It has been successfully tested in the Ascuțita Mare Zone where a series of banatitic dykes could have been localized within a skarn zone at the periphery of a large granodioritic intrusion.

Introducere

Lărgirea domeniului de aplicabilitate a cercetării gravimetrice constituie o tendință evidentă a ultimului deceniu, caracterizată prin abordarea și rezolvarea unei game variate de probleme geologice. În acest context se înscriu și măsurările gravimetrice în subteran, executate în puțurile de extractie sau în galeriile orizonturilor de explorare sau de exploatare, ale căror rezultate își găsesc multiple prelungiri aplicative în domeniul minier.

¹ Susținută în ședința de comunicări științifice din 28 martie 1974 a Institutului de geofizică aplicată.

² Institutul de geologie și geofizică, Str. Caransebeș nr. 2, București.

³ Ministerul Minelor, Petrolului și Geologiei, Str. Mendeleev nr. 36, București.



Cercetările gravimetrice în subteran, efectuate pe teritoriul țării noastre în diverse condiții geologice și morfologice, au condus la conturarea problematicii acestui gen de cercetări și la stabilirea metodologiei și tehnicii de lucru (Boțeza et al., 1966).

Lucrarea prezintă o variantă originală de executare a măsurătorilor gravimetrice de-a lungul a două profile cu stații cuplate pe verticală, din care unul situat într-o galerie de explorare și celălalt situat corespunzător pe relieful terenului. Prin stabilirea unei metodologii proprii de prelucrare a materialului gravimetric primar și prin corelarea rezultatelor cu datele oferite de cercetările magnetice de suprafață, în lucrare se arată o posibilitate de a obține unele informații asupra evoluției pe verticală a maselor perturbante cu dimensiuni relativ reduse. Interpretarea rezultatelor a fost facilitată de existența unor date geologice de bună calitate, care ne-au fost puse la dispoziție cu amabilitate de N. Gherasi și P. Zimmermann.

Materialul gravimetric și magnetometric primar

Măsurătorile gravimetrice și magnetice au fost executate într-o zonă cu relief accidentat, pe aliniamentele a două galerii de coastă, cu lungimile de 330 m și respectiv de 1 090 m.

Punctele de observație au fost amplasate la suprafață și în subteran, astfel încât ele să formeze cupluri situate pe aceeași verticală. În funcție de profilul geologic al galeriilor, echidistanța stațiilor a variat între 10 și 20 m. Diferențele de elevație dintre punctele de la suprafață și corespondentele lor din subteran au fost determinate prin nivelment geometric repetat, în limitele unei erori maxime de ± 3 cm.

Măsurătorile gravimetrice au fost executate cu două aparate de tip Sharpe, pe cicluri de stații în sistemul dus-dus, cu o eroare medie de $\pm 0,03$ mgal.

Evaluarea reducerii de relief a constituit o problemă deosebit de dificilă și de aceea s-a efectuat prin două procedee cu suport matematic diferit: varianta imbusătățită a procedeului Schleusener, propusă de Andrei (1968)⁴ și procedeul elaborat de Visarion et al. (1972), obținindu-se diferențe nesemnificative.

Reducerea de excavație, cu o valoare maximă de $-0,11$ mgal., s-a calculat pe baza profilului galeriilor prin procedeul King-Hubbert.

Studiul erorilor provenite din măsurătorile de teren și reducerile aplicate acestora a condus la concluzia că pot fi luate în considerare anomaliiile gravimetrice a căror intensitate depășește 0,1 mgal.

Măsurătorile componentei verticale a cimpului geomagnetic au fost efectuate numai în punctele de observație situate la suprafață cu ajutorul unui magnetometru compensat termic, de tip Askania GFZ, în limitele unei erori maxime de $\pm 3 \gamma$. Datele obținute, prin medierea valorilor a două măsurători independente, s-au raportat la o bază locală unică.

⁴ J. Andrei. Tabele pentru calculul efectului atractiv al maselor de formă oarecare. 1968, Arh. IGG, București.



Caracterizare fizico-geologică a zonei studiate

Măsurătorile gravimetrice și magnetice au fost executate în zona Ascuțita Mare, la periferia unei intruziuni granodioritice de dimensiuni mari, care s-a insinuat spre partea superioară a scoarței de-a lungul unei fracturi laramice. Metamorfismul de contact termic a afectat apreciabil formațiunile sedimentare adiacente, îndeosebi cele dezvoltate în facies calcaros. El a fost urmat de procese metasomaticice, care au condus la formarea de carbonatite cu flogopit, marmore cu granați și skarne.

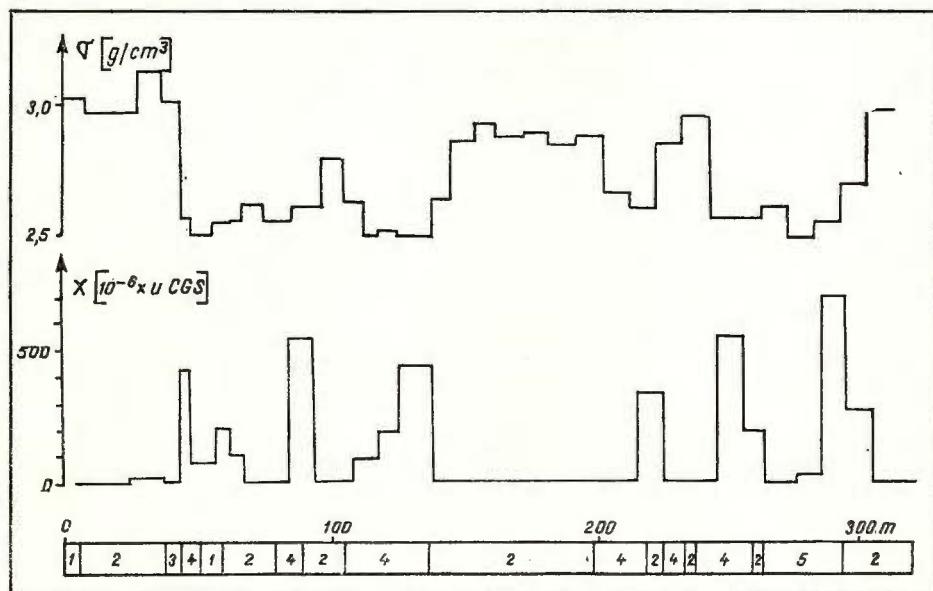


Fig. 1. — Profilurile de variație a densității și susceptibilității magnetice a rocilor interceptate în galeria A :

1, granodiorit ; 2, skarn ; 3, dacite ; 4, andezite ; 5, porfire granodioritice.

Profils de variation de la densité et de la susceptibilité magnétique des roches interceptées dans la galerie A :

1, granodiorite ; 2, skarn ; 3, dacites ; 4, andésites ; 5, porphyres granodioritiques.

Zona de skarn, cu o dezvoltare de cîteva sute de metri, este traversată de dyk-uri de andezite, dacite și porfire granodioritice, cu lășimi reduse, care sunt însoțite pe alocuri de o mineralizație filoniană, constituită din sulfuri polimetale.

În vederea interpretării judicioase a anomaliei gravimetrice și magnetice au fost colectate sistematic probe din galerile A și B, în puncte situate la echidistanță de 10 m. Figurile 1 și 2 cuprind profilele de variație a densității și susceptibilității magnetice a rocilor traversate de cele două galerii, în paralel cu secțiunile geologice simplificate.

Intruziunea granodioritică a fost interceptată numai în galeria B, pe o distanță de circa 730 m. Numeroasele probe colectate în intervalul 0–730 m au arătat că densitatea medie a granodioritului este de $2,65 \text{ g/cm}^3$, valorile individuale obținute având o împreștiere relativ mică, cuprinsă între $2,59$ și $2,67 \text{ g/cm}^3$. Determinările de susceptibilitate magnetică au condus la valori oscilante, cu diferențe mari pe distanțe relativ

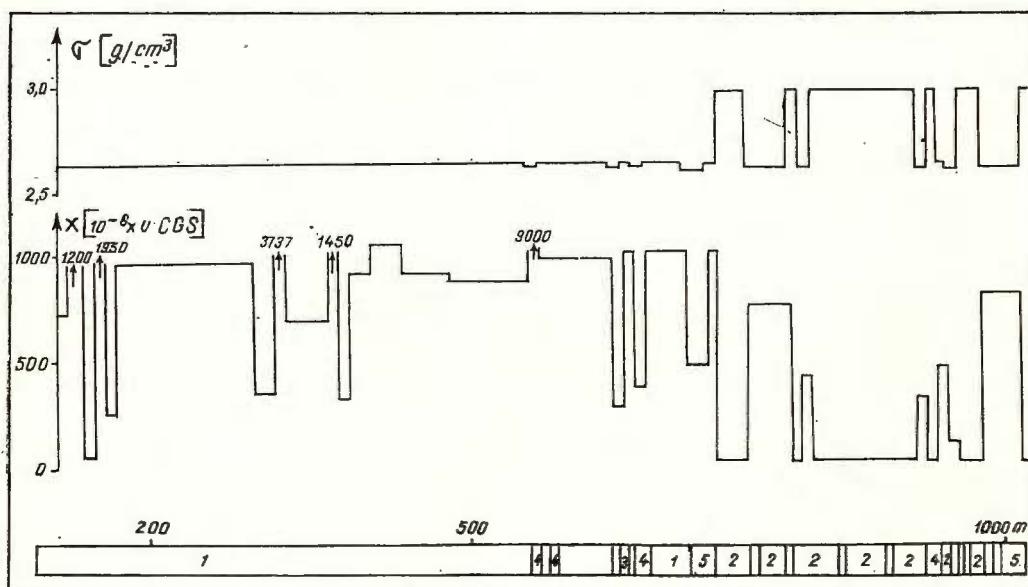


Fig. 2. — Profilele de variație a densității și susceptibilității magnetice a rocilor interceptate în galeria B :

1, granodiorit ; 2, skarn ; 3, dacite ; 4, andezite ; 5, porfire granodioritice.

Profils de variation de la densité et de la susceptibilité magnétique des roches interceptées dans la galerie B :

1, granodiorite ; 2, skarn ; 3, dacites ; 4, andésites ; 5, porphyres granodioritiques.

scurte, fapt care dovedește magnetizarea neomogenă a acestei roci. Ele se grupează în intervalul $700 - 1100 \cdot 10^{-6}$ u CGS, susceptibilitatea magnetică medie a granodioritului fiind apreciată la $950 \cdot 10^{-6}$ u CGS. Pe alocuri, magnetizarea granodioritului este mai intensă, ajungînd la valori de $4000 \cdot 10^{-6}$ u CGS. Acest rezultat arată că aureola de contact, unde s-au format oxizi de fier (magnetit, hematit), se dezvoltă și în zona periferică a intruziunii granodioritice, pe o lățime de cîteva sute de metri.

Densitatea skarnelor este cuprinsă între $2,85$ și $3,10 \text{ g/cm}^3$ și depinde preponderent de compoziția lor mineralologică. Astfel, skarnele ferifere și skarnele fine cu grosular sunt mai dense decît cele în a căror constituție

predomină granații mari. Media a numeroase determinări a arătat că se poate atribui skarnului densitatea de $3,0 \text{ g/cm}^3$.

Skarnul este foarte slab magnetizat, valorile de susceptibilitate măsurate înscrindu-se în limitele $5 - 30 \cdot 10^{-6}$ u CGS.

Densitatea rocilor eruptive, de tipul andezitelor, dacitelor și porfirelor granodioritice, care străpung skarnul sub forma unor dyk-uri sau filoane, variază între $2,50$ și $2,71 \text{ g/cm}^3$, în funcție de compozitia mineralogică și de gradul lor de transformare. Numărul mare de probe analizate a arătat că acestor roci li se poate atribui densitatea medie de $2,65 \text{ g/cm}^3$, identică cu cea a intruziunii granodioritice.

Susceptibilitatea magnetică a acestor roci eruptive variază în intervalul $100 - 830 \cdot 10^{-6}$ u CGS, funcție de gradul lor de transformare hidrotermală.

Din cele menționate rezultă că între rocile eruptive și skarn se realizează un contrast de densitate de $-0,35 \text{ g/cm}^3$, respectiv un contrast de susceptibilitate magnetică de circa $+700 \cdot 10^{-6}$ u CGS, fapt care atestă capacitatea gravimetriei și a magnetometriei de a pune în evidență dykurile, în cazul cînd și ceilalți parametri cheie se combină favorabil.

Prelucrarea anomaliei cîmpului gravitației

Pe baza măsurătorilor gravimetrice efectuate și a reducerilor geofizice aplicate acestora, s-au evaluat anomaliiile cîmpului gravitației Δg_s și Δg_g , corespunzătoare celor două nivele la care s-au făcut observațiile. Localizarea dyk-urilor de roci eruptive, care străpung skarnul și urmărirea evoluției lor pe verticală, a impus prelucrarea ulterioră diferențiată a acestor anomalii.

Prelucrarea anomaliei gravitației, determinată pe baza măsurătorilor executate la suprafață, a presupus separarea efectelor regionale (R_s) și reziduale (L_s), ultimele de un deosebit interes pentru evidențierea surSELOR situate la adincimi relativ reduse.

Anomalia gravitației, determinată prin măsurătorile efectuate în subteran, reflectă neomogenitățile de masă situate atît deasupra cît și dedesubtul nivelului galeriei. Pentru a înlătura această ambiguitate s-a procedat la estimarea efectului gravitațional, produs de masele perturbante situate deasupra galeriei, pe baza secțiunii gelogice, extrapolate din datele de suprafață și din subteran și a valorilor de densitate cunoscute. Prin scăderea acestui efect CG_g din datele inițiale se obține anomalia gravitației „corectată geologic”, notată Δg_g^{CG} .

Acest mod nou de tratare a datelor gravimetrice măsurate în subteran poate avea importante continuări aplicative. El ne-a fost sugerat de procedeul „dezvelirii gravimetrice” care presupune eliminarea succesivă a efectelor gravitaționale produse de elementele cunoscute ale structurii geologice, în vederea reliefării cauzelor perturbante mai adinci (H a m e r, 1963).

Anomalia gravitației corectată geologic este eliberată astfel de efecte produse de masele perturbante, situate deasupra nivelului de măsurare

și poate fi echivalentă cu o anomalie asupra căreia acționează numai sursele de sub planul de referință, reprezentat în cazul studiat de galeria de explorare.

Estimarea efectului regional R'_g și scăderea lui din anomalia Δg^{CG} conduce la estimarea anomaliei reziduale L'_g , condiționată preponderent de masele perturbante locale de sub nivelul galeriei.

Procedeul descris oferă posibilitatea corelării în secțiune verticală a anomaliei reziduale L_s și L'_g , deoarece poziția lor relativă poate da indicații asupra evoluției în adâncime a maselor perturbante.

Semnificația geologică a rezultatelor cercetărilor gravimetrice și magnetice

Pe baza principiilor enunțate în capitolul precedent, s-a încercat o transpunere adecvată în termeni geologici a rezultatelor obținute prin măsurările gravimetrice și magnetice, executate pe direcția galeriilor *A* și *B*.

Anomaliiile regionale au fost folosite pentru precizarea limitei laterale a intruziunii granodioritice, iar anomaliiile reziduale pentru localizarea și urmărirea evoluției pe verticală a dyk-urilor banatitice în zona periferică a intruziunii, în care rocile sedimentare au fost skarnificate.

Figura 3 prezintă profilele de variație a anomaliei reziduale gravimetrice la suprafață și în subteran și a anomaliei magnetice la suprafață, în paralel cu secțiunea geologică întocmită pe direcția galeriei *A*.

Profilele de variație a anomaliei regionale a gravitației arată o creștere continuă a valorilor, mai accentuată a mărimii R'_g , din subteran, care este determinată de contrastul de masă pozitiv dintre skarn și granodiorit. O schimbare a alurii acestor anomalii se remarcă la aproximativ 150 m de la intrarea în galerie și ea se caracterizează prin tendință evidentă de diminuare a gradientului orizontal al gravitației. Profilul de variație al anomaliei magnetice indică în același interval o scădere rapidă a valorilor, cu un gradient orizontal mediu de circa 1,6 γ/m, fapt care sugerează extinderea intruziunii sub nivelul galeriei, pe o distanță de cel puțin 150-160 m.

Urmărirea dyk-urilor de roci banatitice s-a realizat în principal pe baza anomaliei reziduale L_s și L'_g . Gradul mai intens de transformare hidrotermală a acestor roci, precum și echidistanța de 20 m dintre punctele de observație nu au permis separarea fiecărui corp perturbant prin măsurători magnetice.

Profilele de variație a anomaliei reziduale gravimetrice indică mai multe minime, notate cu m'_i la suprafață și cu m_i în subteran, care sunt generate de deficitul de masă introdus de prezența rocilor eruptive (andezite, dacite, porfire granodioritice) în complexul sedimentar skarnificat. Excepțind minimul local m_5 , toate celelalte anomalii se regăsesc la cele două nivele. Poziția lor relativă arată că dyk-urile banatitice au o dispoziție apropiată de verticală. Intensitatea anomaliei reziduale determinate în galerie dă indicații asupra evoluției în adâncime a surselor perturbante. Astfel,



caracteristicile anomalieiilor m_3 , m_5 și m_6 sugerează o reducere substanțială a dimensiunilor dyk-urilor sub nivelul galeriei.

Galeria B, săpată pe altă direcție în aceeași zonă, este situată într-o poziție spațială mai coborâtă, fapt care a permis traversarea părții periferice a intruziunii granodioritice. Figura 4 reproduce profilele

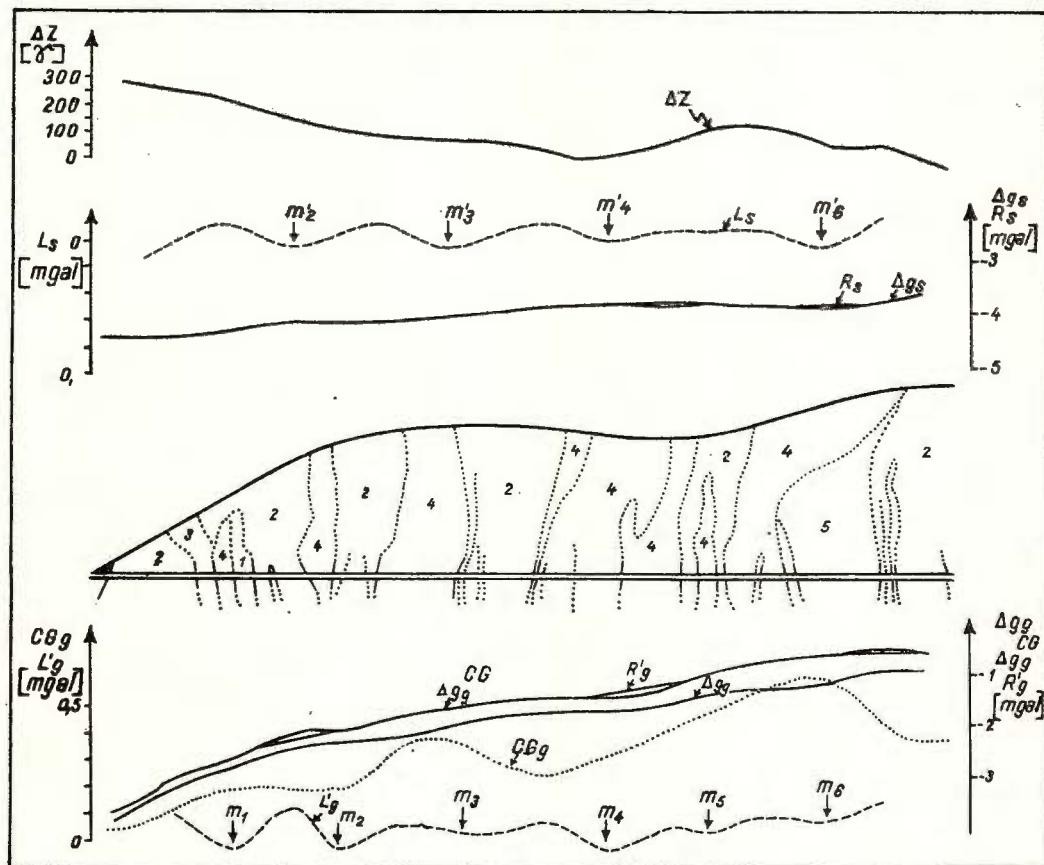


Fig. 3. — Corelarea datelor gravimetrice, magnetice și geologice din zona galeriei A :

1, granodiorit; 2, skarn; 3, dacite; 4, andezite; 5, porfire granodioritice.

Corrélation des données gravimétriques, magnétiques et géologiques de la zone de la galerie A :

1, granodiorite; 2, skarn; 3, dacites; 4, andésites; 5, porphyres granodioritiques.

de variație ale anomalieiilor gravimetrice și magnetice determinate pe aliniamentul galeriei, în paralel cu secțiunea geologică.

În acest caz, problema interpretării judicioase a datelor geofizice ridică dificultăți datorită diferenței de pînă la 300 m între cele două nivele la care au fost executate observațiile. Acest fapt introduce o oarecare

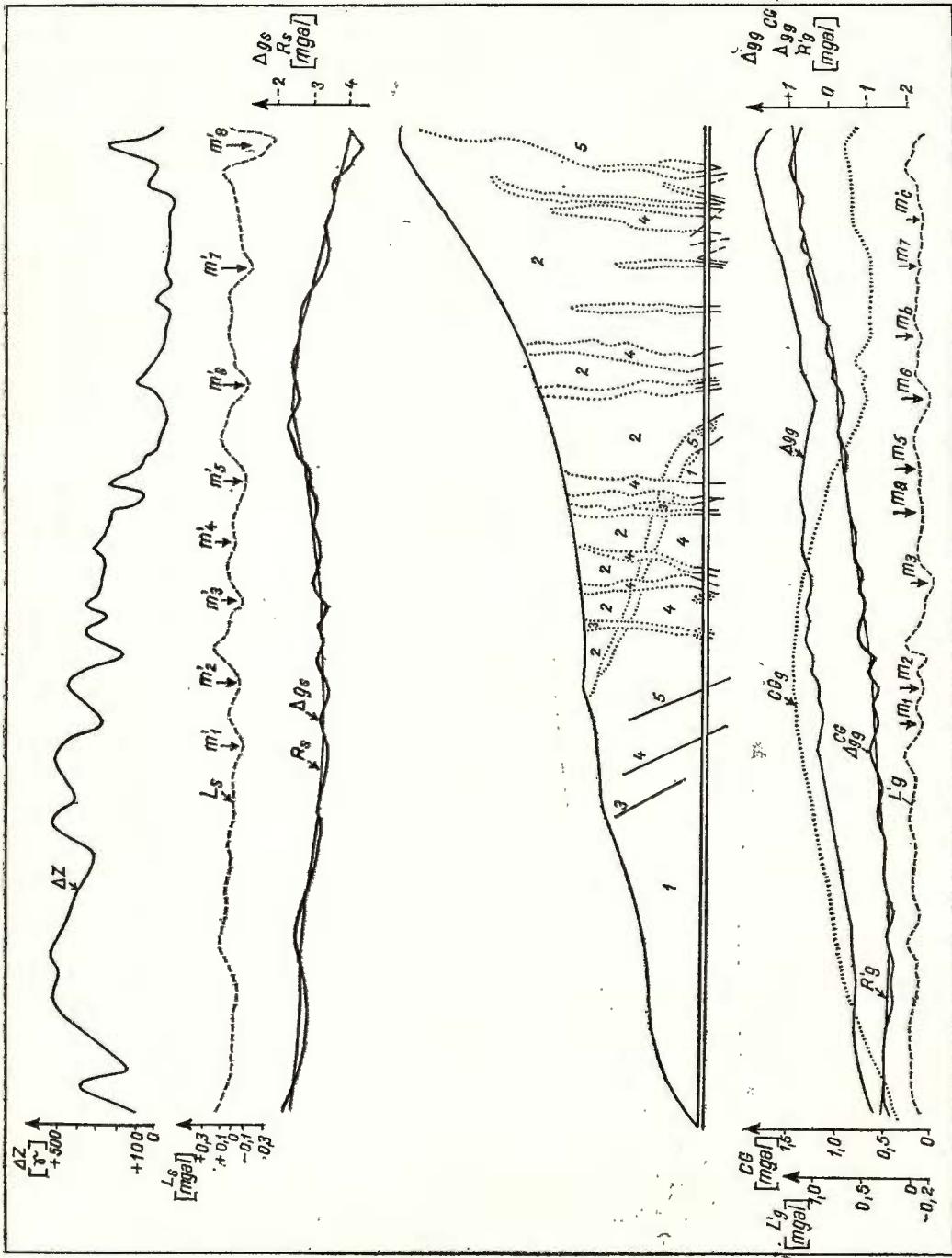


Fig. 4. — Corelarea datelor gravimetrice, magnetice și geologice din zona galeriei B:

1, granodiorit; 2, skarn; 3, dacite; 4, andezite; 5, porfire grandioritice.

Corrélation des données gravimétriques, magnétiques et géologiques de la zone de la galerie B :

1, granodiorite ; 2, skarn ; 3, dacite ; 4, andésites ; 5, porphyres grandioritiques.



incertitudine la intocmirea secțiunii geologice și implicit, la estimarea efectului gravitațional produs de aceasta.

Anomalia gravitației Δg_s , determinată prin măsurătorile efectuate la suprafață, pune în evidență o variație evazi-lineară a cimpului, pe un interval de circa 600 m de la gura galeriei. În continuare, aspectul cimpului gravitației se modifică, pe fondul unei anomalii largi de maxim grefindu-se ondulații locale bine definite. Trecerea de la un regim la altul marchează limita de suprafață dintre granodiorit și skarn. Maximul larg, remarcat pe curbele Δg_s și R_s , reflectă excesul de masă introdus de skarn, care se dispune între intruziunea granodioritică și rocile cretace nefransformate.

Anomalia gravitației Δg_s , stabilită pe baza măsurătorilor efectuate în subteran, separă o serie de zone anomale locale, care se suprapun pe fondul regional de creștere a valorilor pe direcția galeriei. După aplicarea reducerii geologice, aspectul cimpului gravitației este asemănător, fapt care sugerează că zona de skarn se menține în adâncime pe o distanță mai mare decât la suprafață. Ca urmare, se poate deduce indirect existența unui contact înclinat între granodiorit și skarn și sub planul galeriei, asemănător celui figurat în secțiunea geologică.

Anomalia magnetică ΔZ are un aspect agitat, cu individualizarea mai multor maxime și minime care se suprapun pe un fond regional de variație a cimpului geomagnetic de peste 500 γ. Sub raport regional se disting trei sectoare, în care anomalia ΔZ prezintă particularități marcante. Primul sector extins pe o distanță de 420 m este caracterizat printr-un fond de valori ridicate. Pe acest fond se separă o anomalie regională de maxim, care relevă o creștere a conținutului de minerale ferme în partea marginală a masivului granodioritic. În continuare, pe un interval de circa 300 m, se constată o scădere continuă a valorilor anomaliei ΔZ , indicând cu suficientă precizie poziția peretelui lateral al intruziunii. Sub acest aspect datele magnetice aduc informații prețioase, superioare celor gravimetrice, asupra evoluției în plan vertical a contactului dintre granodiorit și skarn. Al treilea sector cuprinde intervalul dintre metrii 720 și 980 și se caracterizează prin valori scăzute ale anomaliei ΔZ , care se explică prin predominanța rocilor skarnificate, slab magnetizate în secțiunea superioară a profilului geologic.

Localizarea dyk-urilor de roci eruptive s-a făcut, ca și în exemplul precedent pe baza anomalilor gravimetrice și magnetice reziduale.

Anomalia reziduală L_s semnalează prezența a opt minime reziduale, care reflectă principalele corpuri banatitice figurate în secțiunea geologică. Exceptând minimele m'_4 și m'_8 , toate celelalte anomalii se regăsesc în profilul de variație al mărimii L'_s . La acest nivel, intensitatea anomalilor este redusă, fapt care este în acord cu ipoteza continuării granodioritului sub galeria B. Este de specificat că apar și anomalii fără corespondent la suprafață, care corespund unor dyk-uri secundare, semnalate de cartarea geologică a galeriei.

Studiul comparativ al anomalilor L_s și L'_s indică dezvoltarea mai amplă pe verticală a unor corpuri banatitice, cum sunt cele reflectate de minimele m'_1 , m'_2 , m'_3 , n'_6 . Un caz particular este constituit de minimul



local m'_8 , căruia la nivelul inferior îi corespunde un maxim. Acest rezultat arată pe de o parte că dyk-ul de porfire granodioritice cu care este asociată anomalia are dezvoltarea maximă între cele două nivele de observație, dar sugerează în același timp și necesitatea unei reconsiderări a secțiunii geologice.

Caracteristicile locale ale secțiunii geologice pot fi urmărite cu fidelitate pe profilul de variație al anomaliei magnetice. Majoritatea anomalialor magnetice de maxim le corespund minime reziduale ale gravitației, conditionate de dyk-urile banatitice. Eficiența magnetometriei este mai ridicată decât în cazul studiat anterior, deoarece rocile eruptive sunt practic ne-transformate și implicit se caracterizează prin valori mai ridicate ale susceptibilității magnetice.

Anomaliiile magnetice, neconjugate cu anomalii gravimetrice, reflectă zone de impregnație cu hematit și pirotină.

Concluzii

Lucrarea descrie un procedeu nou de valorificare a măsurătorilor gravimetrice, executate la suprafață și în subteran, în puncte de observație dispuse pe aceeași verticală, care presupune eliminarea efectelor produse de masele atractive situate deasupra galeriilor de explorare sau orizonturilor de exploatare. Această operație se realizează pe baza secțiunii geologice, care poate fi extrapolată cu ușurință între două nivele de măsurare relativ apropriate și a valorilor de densitate, determinate direct pe eșantioane colectate sistematic din subteran.

Procedeul preconizat oferă posibilitatea corelării în secțiun e verticală a anomalialor gravitației de la suprafață și din subteran, dând indicații asupra evoluției în adâncime a maselor perturbante, sub raportul extinderii și inclinării lor. El a fost testat cu succes în regiunea Ascușita Mare, unde au putut fi localizate o serie de dyk-uri banatitice, cu lățimi reduse, dispuse în zona de skarn de la periferia unei mari intruziuni granodioritice.

BIBLIOGRAFIE

- Botezatu R., Visarion M., Andrei J. (1966) Cîteva cazuri de cercetări gravimetrice în subteran efectuate în Republica Socialistă România. *Stud. tehn., econ., Ser. D (prosp. geofiz.)* 5, București.
- Constantinescu L., Botezatu R., Calotă C., Șteflea V., Romanescu D., Paucă M. (1964) Prospectjuni geofizice. Vol. I, Ed. tehnică, București.
- Hammer S. (1950). Density determinations by underground gravity measurements. *Geophysics*, 15, 4 Tulsa.
- (1963) Deep gravity interpretation by stripping. *Geophysics*, 18, 3, Tulsa.



- R ische H. (1957) Dichtebestimmungen im Gesteinverband durch Gravimeter und Drehwaagmessungen unter Tage. *Freib. Forschungshefte, Geophysik*, C 35, Berlin.
- R ogers G. R. (1952) Subsurface gravity measurements, *Geophysics*, 17, 2, Tulsa.
- S mith N. J. (1950) The case for gravity data from boreholes. *Geophysics*, 15, 4, Tulsa.
- V isarion M., S curtu F., A lexanderescu Rodica (1972) Automatic computation of the gravimetric terrain correction in Romania. *Rev. Roum. Géol., Géophys. et Géogr., Série de Géophysique*, 16, 2, Bucarest.

CONTRIBUTION À L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DES RECHERCHES GRAVIMÉTRIQUES SOUTERRAINES

(Résumé)

L'ouvrage présente les résultats des mesurages gravimétriques de surface et souterrains exécutés le long de deux galeries d'exploration de la zone Ascuțita Mare dans des stations couplées sur la verticale, pour obtenir des informations sur l'évolution en profondeur des masses anomalies à dimensions réduites.

La zone étudiée se trouve à la périphérie d'une intrusion granodioritique de grandes dimensions, qui s'est insinuée vers la partie supérieure de l'écorce le long d'une fracture laramienne. Le métamorphisme de contact thermique a considérablement affecté les formations adjacentes, surtout celles qui se sont développées dans le faciès calcaire. Le métamorphisme a été suivi par des processus métasomatiques qui ont conduit à la formation des carbonatites à flogopite, des marbres à grenats et à skarns. La zone de skarn, large de quelques centaines de mètres est traversée par des dykes d'andésites, des dacites et des porphyres granodioritiques à largeurs réduites.

La mise en évidence des dykes banatitiques a conduit à l'élaboration d'une méthode originale de transformation du matériel gravimétrique primaire.

L'anomalie de la pesanteur déterminée à partir de mesurages souterrains met en évidence les non-homogénéités de masse situées au-dessus mais aussi au-dessous du niveau de la galerie.

Pour éliminer cette ambiguïté on a évalué l'effet gravimétrique produit par les masses anomalies situées au-dessus de la galerie d'après les informations fournies par la coupe géologique, extrapolées des données de surface et des données souterraines et des valeurs de densité, connues avec précision grâce à l'étude pétrophysique ci-jointe. En soustrayant cet effet des données initiales on obtient l'anomalie de la pesanteur „géologiquement corrigée”, qui reflète uniquement les sources anomalies situées au-dessous du plan de la galerie.

En rendant l'anomalie de la pesanteur, mesurée de surface, comparable à l'anomalie souterraine déterminée par la méthode présentée ci-dessus, on a eu la possibilité de séparer les effets régionaux et finalement d'estimer les anomalies résiduelles. De cette manière, on a également la possibilité de corrélérer sur verticale les anomalies résiduelles, vu que leur position relative peut fournir des indications sur l'évolution en profondeur des masses anomalies.



L'existence d'un contrast prégnant de susceptibilité magnétique entre les roches banatiques et les skarns a suggéré la possibilité de l'utilisation en même temps de la magnetométrie par des mesurages de surface. Les résultats obtenus ont été graphiquement représentés pour démontrer que les dykes d'andésites ont une disposition rapprochée de la verticale qui se reflète dans des anomalies gravimétriques résiduelles de minimum, correspondantes à des anomalies magnétiques de maximum.

Le procédé préconisé peut être utilisé avec succès dans d'autres régions aussi, où les roches éruptives formant des dykes ou des filons traversent des formations sédimentaires skarnifiées ou non transformées.



APLICAREA METODEI DE RADIOGONIOMETRIE
PENTRU INTERCEPTAREA SONDELOR CU LUCRĂRILE
MINIERE¹

DE

E. K. HRISTOV, I. I. BELCEV,
E. V. HRISTOV²

Abstract

Application of the Radiogoniometry Method on Purpose to Intercept Boreholes for Mining Works. In this paper there are examined possibilities to determine the position of a borehole in the underground space in relation to mining works, utilizing the radiogoniometry method. In a certain point of the borehole a broadcast transmitter is set up and in the gallery the radiogoniometry angle bearing the electromagnetic field is measured. Relying on the convergency of radiobearings, the location of the broadcasting in the underground space — respectively the location of the borehole — may be determined. Two examples illustrating the application of the radiogoniometry method with the view to intercept the borehole for mining works are presented.

La exploatarea subterană a materiilor prime minerale, în multe cazuri este necesar să se foreze sonde tehnice, care trebuie să intercepteze anumite lucrări miniere. Sondele tehnice se forează în general de la suprafață și se folosesc pentru ventilație și evacuarea apei din lucrările miniere pentru săparea puțurilor etc.

Tehnologia actuală de forare nu poate asigura o precizie satisfăcătoare, în aşa fel încât gaura de sondă să intercepteze direct o anumită lucrare minieră. Iată de ce, în sonda forată se execută cercetări geofizice pentru determinarea poziției sondei, față de lucrarea minieră, cu care sonda trebuie să facă legătură. După aceasta, către gaura sondei astfel determinată se sapă un sistem de transversale, camere și puțuri, prin care se realizează legătura cu sonda.

¹ Lucrarea a fost prezentată la ședința științifică III din 1 martie 1973 a I.G.A.

² Institutul superior de mine și geologie — Sofia 56 Bulgaria.



În prezent, cel mai folosit procedeu pentru determinarea poziției sondei este deviația. La măsurarea unghiului de înclinare și azimutului cu ajutorul unui aparat de deviație, eroarea din măsurile separate se cumulează progresiv cu mărirea adâncimii sondei. Eroarea admisibilă de măsurare cu aparate de deviație actuale, în sonde cu diametru mic, ajunge pînă la $\pm 0,5'$ pentru inclinare și pînă la $\pm 5'$ pentru azimut. Așadar, la o sondă cu o adâncime medie de 300 m eroare teoretică calculată pentru deviație de la verticală este $\pm 2,60$ m, iar pentru azimut pînă la ± 26 m. Aceste calcule arată, că gaura sondei trebuie să fie căutată într-un spațiu de formă unui cilindru, care are un diametru de 52 m și înălțime de 5,2 m (I. Belcev, E. K. Hristov, E. V. Hristov, 1973). Experiența obținută prin forarea unui număr mare de sonde tehnice, în cîteva mine din Bulgaria, arată că practic eroarea deviației sondei de la direcția proiectată este mult mai mare. Aceasta necesită, în multe cazuri, să se sape zeci și zeci de metri de lucrări miniere pentru găsirea sondei.

Este evident, că metoda deviației nu e cea mai favorabilă pentru stabilirea poziției găurii sondei, mai ales pentru sondele cu o adâncime de peste 150–200 m. Precizia necesară (de 2–3 m) pentru interceptarea sondei cu lucrarea minieră necesită aplicarea altor metode, a căror precizie să nu depină de adâncimea sondei. Printre aceste metode sunt: magnetometria, metoda acustică, radiogoniometria etc. În prima metodă, în sondă se plasează, la adâncimea respectivă, o șină metalică, care provoacă un cîmp magnetic. Acesta se măsoară în galeria cea mai apropiată. Valorile măsurate pentru componenta orizontală și verticală a cîmpului magnetic se interpretează cantitativ și se determină poziția corpului perturbant (șina metalică) în spațiu, folosind calculele teoretice din lucrarea lui Belcev (1969). În metoda acustică la talpa sondei se produc unde sonore, iar în lucrarea minieră se măsoară unghiul direcției, din care vine semnalul sonor.

În metoda radiogoniometriei, în lucrarea minieră cea mai apropiată se măsoară unghiul de radiogoniometrie a semnalului, emis de radioemittor, care se așează în punctul dorit de interceptare. Radioemittorul de sondă trebuie să emită unde radio cu aceeași putere și frecvență care să asigure pătrunderea undelor radio pe distanță de la un emittor pînă la receptor. Această distanță, în general, este de ordinul zecilor de metri și poate să fie traversată de undele radio cu frecvență de la 0,5 pînă la 5–6 MHz folosind un emittor de o putere de la 0,2 pînă la 10 W. În aceste condiții se poate folosi aparatura utilizată în metoda umbrei. În exemplele concrete noi am folosit emittorul de sondă SRP-6 (sovietic) și receptorul din completul aparaturii de galerie ARP-R2, realizată de Institutul superior de mine și geologie din Sofia (Hadutov et al., 1971). Atât emittorul cât și receptorul au frecvență stabilită de 1 MHz. Receptorul are antenă magnetică (în formă de ramă) care permite măsurarea unghiurilor de radiogoniometrie și intensitatea cîmpului electromagnetic.

Observațiile în cadrul lucrării miniere se efectuează în general cu un pas de 2 m. Se măsoară: a) unghiul de radiogoniometrie orizontal,



în poziția verticală a ramei de recepție la valoarea maximă a cîmpului electromagnetic, măsurind și valoarea acestui cîmp; b) unghiul de radiogoniometrie total, cînd rama de recepție indică intensitate maximă a cîmpului electromagnetic, aflindu-se sub un anumit unghi cu verticala; în acest caz se măsoară și valoarea maximă a cîmpului.

Prelucrarea datelor constă în construirea diagramelor unghiurilor de radiogoniometrie, precum și a curbelor cîmpului electromagnetic (I. Belcav, et al., 1973). Datele prelucrate se interpretează conform teoriei metodei umbrei (Popov, 1965). La interpretare se ia în considerație direcția emiterii dipolului electromagnetic al emițătorului și al receptorului (Svetov, et al., 1966). Esența interpretării constă în determinarea poziției emițătorului în spațiu.

Amplasarea reciprocă a lucrărilor miniere (profilul de observație) și poziția emițătorului în gaura sondei se pot raporta la trei variante de bază (I. Belcav, et al., 1973):

a) Emițătorul este așezat în afara galeriei, lateral, puțin sub sau deasupra nivelului ei. În acest caz direcțiile unghiurilor de radiogoniometrie orizontale sunt paralele cu galeria, sau converg în punctul proiecției emițătorului la nivelul galeriei; punctul convergenței direcțiilor unghiurilor de radiogoniometrie totale determină locul emițătorului în spațiu; valorile minime ale curbei unghiurilor de radiogoniometrie orizontale în general nu sunt atât de clar pronunțate, precum sunt valorile minime ale curbei unghiurilor de radiogoniometrie totale.

b) Emițătorul se află sub sau deasupra galeriei. În acest caz direcțiile unghiurilor de radiogoniometrie orizontale coincid cu direcția galeriei; curba intensității cîmpului electromagnetic H are valori minime deasupra sau sub emițător, fiindcă pe continuarea axei emițătorului (dipolului) intensitatea cîmpului electromagnetic este zero; locul geometric al direcțiilor unghiurilor de radiogoniometrie totale determină poziția emițătorului în gaura de sondă față de galerie.

c) Emițătorul este situat la nivelul galeriei sau la o distanță considerabilă de galerie. În acest caz, direcțiile unghiurilor de radiogoniometrie orizontale converg în punctul unde se află emițătorul (dacă este amplasat la nivelul galeriei) sau converg în punctul unde se află proiecția emițătorului la nivelul orizontului (dacă emițătorul e situat la o distanță considerabilă față de nivelul galeriei); intensitatea cîmpului electromagnetic H are valoare maximă în dreptul emițătorului.

Trebuie să relevăm faptul că o condiție necesară pentru o interpretare corectă este omogenitatea spațiului cercetat în sens geologic-geofizic și mai ales, absența de corpuși și zone cu coeficienți diferenți de absorbție a cîmpului electromagnetic (corpuși de minereu, goluri carstice, etc.).

În afară de măsurători de control din aceeași poziție a emițătorului se pot executa măsurători de control și din alte poziții ale emițătorului, amplasat, de exemplu, la o distanță de 10–20 m față de prima stație.

Aplicarea metodei de radiogoniometrie pentru interceptarea sondelor cu lucrări miniere va fi ilustrată cu două exemple concrete.

În figurile 1 și 2 sunt arătate diagramele direcțiilor unghiurilor de radiogoniometrie, într-un sector pe orizontul 476 din mina Cetroca și pe orizontul 600 din mina Konski dol (în munții Rodopi). Deoarece s-a presupus că emițătorul a fost situat în cele două cazuri la nivelul galeriei (v. cazul „c”), au fost măsurate numai direcțiile unghiurilor de radiogoniometrie orizontale (în poziția verticală a ramei de recepție, precum și valoarea maximă a cîmpului electromagnetic).

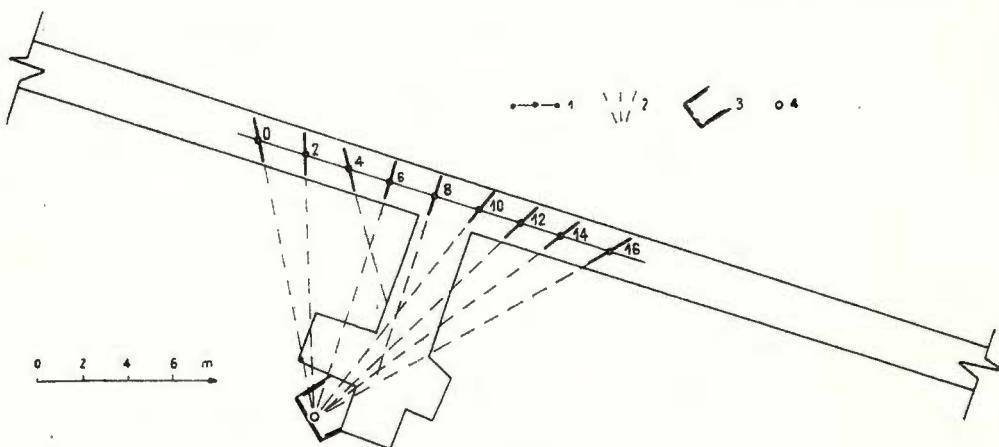


Fig. 1. — Mina Cetroka. Planul unui sector din orizontul 476 cu datele după metoda de radiogoniometrie pentru interceptarea sondei de suprafață cu galeria :

1, profil de măsurare după metoda de radiogoniometrie cu numerele de ordine ale picheștilor; 2, direcții ale unghiurilor de radiogoniometrie orizontale ale cîmpului electromagnetic, creat de emițător, situat la talpa sondei; 3, lucrarea minieră, proiectată și săpată după datele metodei radiogoniometrice; 4, punctul de interceptare al sondei la nivelul galeriei.

Mine Cetroka. Plan d'un secteur de l'horizon 476 avec les données fournies par la méthode de la radiogoniométrie pour l'interception du sondage par la galerie : 1, profil de mesurage selon la méthode de radiogoniométrie avec les numéros d'ordre des piquets; 2, directions des angles de radiogoniométrie horizontaux du champ électromagnétique, créé par l'émetteur situé au fond du sondage; 3, travail minier projeté et creusé selon les données offertes par la méthode radiogoniométrique; 4, point d'interception du sondage au niveau de la galerie.

În primul caz (fig. 1), din cele nouă direcții măsurate opt converg într-un punct, care este amplasat la 12 m lateral de galeria principală. Exemplul arătat reprezintă un caz favorabil, deoarece unghiurile de radiogoniometrie își modifică direcțiile în mod corespunzător și convergența lor într-un punct este foarte clară. Într-adevăr, după efectuarea unei singure camere cu dimensiunile $2 \times 2 \times 2$ m a fost descoperită gaura sondei la nivelul galeriei. Se poate semnala că pe baza datelor de deviație a fost săpată o transversală cu lungimea de 10 m și două camere scurte cu lungime de 1, respectiv 3 m (fig. 1), iar gura sondei n-a fost interceptată.

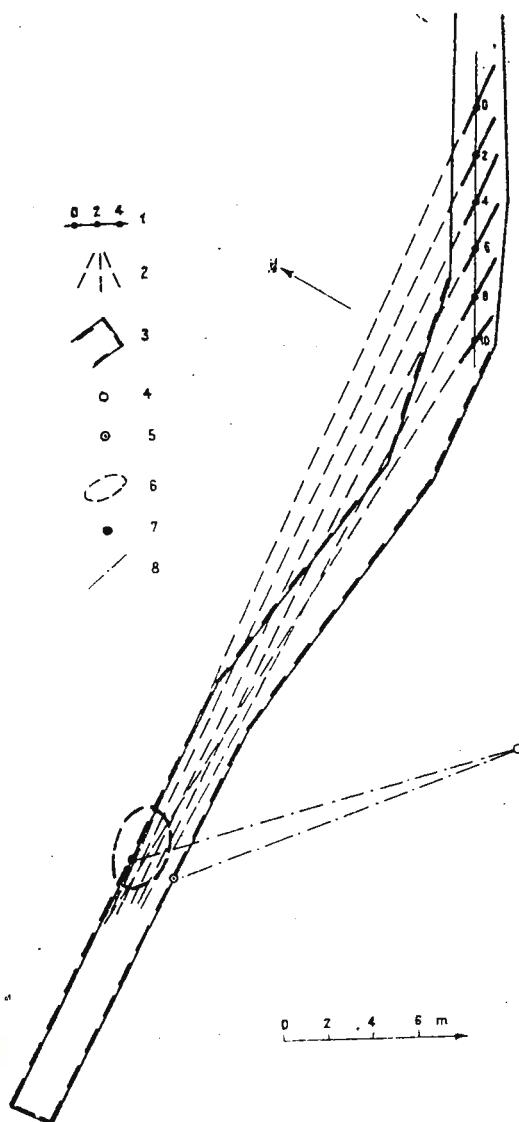


Fig. 2. — Mina Konski dol. Planul unui sector din orizontul 600 cu datele după metoda de radiogoniometrie pentru interceptarea sondei cu galeria:
 1, profil de măsurare după metoda de radiogoniometrie cu numerele de ordine a picheților; 2, direcții ale unghiurilor de radiogoniometrie orizontale ale cimpului electromagnetic, creat de emițătoare, situat la talpa sondei; 3, lucrarea minieră proiectată și săpată după datele metodei radiogoniometrice; 4, proiecția găurii sondei la nivelul orizontului 600; 5, punctul probabil de interceptare a sondei la nivelul orizontului 600 după datele deviației; 6, zona probabilă de interceptare a sondei cu galeria la nivelul orizontului 600 după datele din metoda de radiogoniometrie; 7, punctul real de interceptare a sondei cu galeria; 8, protecția găurii sondei la nivelul orizontului 600.

Mine Konski dol. Plan d'un secteur de l'horizon 600 avec les données offertes par la méthode de la radiogoniométrie pour l'interception du sondage par la galerie :

1, profil de mesurage selon la méthode de radiogoniométrie avec les numéros d'ordre des piquets; 2, direction des angles de radiogoniométrie horizontaux du champ électromagnétique, créé par les émetteurs situés au fond du sondage; 3, travail minier projeté et creusé d'après les données offertes par la méthode radiogoniométrique; 4, projection du trou du sondage au niveau de l'horizon 600; 5, point probable d'interception du forage au niveau de l'horizon 600 selon les données de la déviation; 6, zone probable d'interception „du forage par la galerie“ au niveau de l'horizon 600 selon les données de la méthode de la radiogoniométrie; 7, point réel d'interception „du forage par la galerie“; 8, protection du trou du sondage au niveau de l'horizon 600.

de la déviation; 6, zone probable d'interception „du forage par la galerie“ au niveau de l'horizon 600 selon les données de la méthode de la radiogoniométrie; 7, point réel d'interception „du forage par la galerie“; 8, protection du trou du sondage au niveau de l'horizon 600.

În cazul al doilea (fig. 2) metoda de radiogoniometrie a fost folosită pentru orientarea săpării galeriei către o sondă deja forată pînă la o adîncime de 240 m. Măsurările au fost executate în momentul cînd abatajul galeriei s-a aflat, aşa cum s-a presupus pe considerații geometrice, la o distanță de circa 25–30 m de gaura sondei. În această amplasare reciprocă scontată a galeriei și a găurii sondei, din cauza diferenței mici între direcțiile unghiurilor de radiogoniometrie, ele nu converg într-un punct. De aceea, în acest caz, este indicată numai zona probabilă de interceptare a sondei cu galeria. Această zonă este deplasată cu o distanță de circa 14 m de locul proiectat pentru interceptare. Avind în vedere zona probabilă de interceptare, direcția galeriei a fost deviată cu aproximativ 30° . Ca urmare, gaura sondei a fost interceptată după efectuarea a 25 m galerie, iar interceptarea sondei a avut loc în peretele nordic al galeriei.

În caz că direcția galeriei n-ar fi fost corectată după datele din măsurare a unghiurilor de radiogoniometrie, lucrarea minieră ar fi fost orientată în direcție greșită pe o distanță de peste 25 m. Controlul geofizic efectuat în această situație pentru determinarea poziției găurii sondei ar fi indicat necesitatea săpării, în plus, a încă 14–15 m lucrări miniere. Apare evident, că aplicarea metodei de radiogoniometrie este mult mai eficientă în timpul efectuării galeriei (fig. 2) și nu după depășirea pozitiei aproximative a găurii de sondă (fig. 1). În cazul concret prezentat în figura 2, eficiența se exprimă în reducerea volumului de lucrări miniere de la 40 m la 25 m, adică cu 37%.

În cele ce urmează se va face evaluarea calitativă a preciziei de determinare a poziției sondei pentru cele două cazuri prezentate. Comparînd configurațiile convergențelor din figurile 1 și 2, este evident, că precizia în primul caz este mai mare. De aceea în ultimul caz, probabilitatea de a nu se intercepta gaura sondei cu galeria este mai mare. În caz că gaura sondei n-ar fi fost interceptată, în galerie ar fi trebuit să se execute noi măsurători ale unghiurilor de radiogoniometrie. Dar acum poziția reciprocă a găurii sondei și a galeriei ar fi fost echivalentă cu cea arătată în fig. 1. Așadar, precizia determinării găurii sondei ar fi fost comparabilă cu precizia obținută în primul caz. Deși s-ar măsura de două ori unghiurile de radiogoniometrie, s-ar obține totuși un efect considerabil, chiar dacă ar trebui să se sape transversalele suplimentare cu lungime de 2–3 m pentru interceptarea găurii sondei. Eficiența în acest caz rezultă din faptul că galeria, deviată după datele din primele măsurări, va trece mult mai aproape de gaura sondei, decît în cazul cînd galeria ar fi fost săpată în linie dreaptă (fig. 2). Așadar, la volumul lucrărilor miniere (redus, cum am mai arătat, cu cca. 37%) se va adăuga numai lungimea transversalelor suplimentare (2–3 m) și cercetările geofizice suplimentare. Dar costul acestora din urmă nu depășește costul a 1–2 m galerie.

Metoda de radiogoniometrie pînă în prezent s-a aplicat pentru interceptarea a șase sonde tehnice în Centrala minieră „Gorubso” din R. P. Bulgaria. Aceste sonde (inclusiv cele arătate mai sus) au avut adîncimea de 80 pînă la 300 m, și au fost forate pentru a intercepta anumite lucrări miniere. În cinci din cele șase cazuri, pe baza datelor din radiogoniometrie,



au fost determinate pozițiile sondelor în raport cu galeriile și interceptarea s-a realizat prin efectuarea unui volum mic de lucrări miniere. Acest volum este de cîteva ori mai mic în comparație cu cazurile, în care sondele au fost sau ar fi fost căutate numai după datele obținute din măsurătorile de deviație. Numai într-un singur caz (în mina „Spoluka”) n-a fost realizată interceptarea după datele de radiogoniometrie. Aceasta se datorează condițiilor nefavorabile pentru măsurarea unghiurilor de radiogoniometrie, ca urmare a existenței unor instalații metalice în galeria în care s-au efectuat măsurătorile. În concluzie, pentru obținerea unor rezultate sigure, este necesar să se îndepărteze toate instalațiile metalice din profilul de măsurare (lucrarea minieră).

Exemplul prezentat și experiența realizată prin folosirea metodei de radiogoniometrie, în alte cazuri, dovedesc aplicabilitatea metodei pentru interceptarea sondelor tehnice cu galerii, precum și posibilitatea de a realiza această interceptare cu un volum redus de lucrări miniere.

BIBLIOGRAFIE

- Belcov I. I., Hristov E. K., Hristov E. V. (1973) Ispolzovanie metoda radiovolnovogo prosvecivania dlia obnarujenia skvajin pri ih sboikah gornimi vîrbotkami Izv. visš. ucheb. zav. Gheologhia i razvedva, Moskva.
- Belcov I. I. (1969) Magnitnopole na verticalno dvumerno tialo s ograniceni razmeri po padenie i prostiranie. Sbornik ot dokladov iznesni na iubileinata konferenția po proucivatelna gheofizika, Sofia.
- Haidutov V. P. i dr. (1971) Construirane na aparatura za podzemni iadreni gheofizicini izsledvania, Fond VMGI, 181 Sofia.
- Popov A. A. (1965) Metodiceskoe rukovodstvo po skvajinnomu prosvecivaniyu ONTI VITP, Leningrad.
- Svetov B. S., Petrovskii A. D., Ersov E. M. (1966) Electromagnitnie metodi razvedki rudnoi gheofizichi. Nedra, Moskva.

APPLICATION DE LA MÉTHODE DE LA RADI-GONIOMÉTRIE À L'INTERCEPTION DES SONDAGES PAR LES TRAVAUX MINIERS

(Résumé)

Presque toujours, les sondages techniques effectués vers certains travaux miniers s'écartent considérablement de la direction prévue et ils ne peuvent intercepter directement la galerie respective. La détermination de la direction du sondage par rapport à la galerie minière, à une certaine profondeur, peut se réaliser par la radiogoniométrie. La méthode radiogoniométrique utilisée à cette fin comporte en principal les étapes suivantes: Un radio-émetteur avec une



puissance de plus de 0,2 W, émettant des ondes radio avec une fréquence prétablie (1 MHz dans notre cas) est placé dans un point du sondage, le plus proche du travail minier; dans la galerie, les angles de radiogoniométrie horizontaux et tautux du champ électromagnétique sont mesurés avec un pas de 2 m; la position de l'émetteur dans l'espace est déterminée d'une façon univoque compte tenu de la convergence des directions des angles de radiogoniométrie et des valeurs extrêmes du champ électromagnétique. L'ouvrage comprend deux exemples illustrant la possibilité d'appliquer la méthode de la radiogoniométrie à l'interception des travaux miniers par les sondages ainsi que les avantages de cette méthode par rapport à la méthode habituelle de déviation.



CERCETĂRI GEOELECTRICE PRIVIND MINERALIZAȚIILE DE SULFURI POLIMETALICE LEGATE DE ACTIVITATEA MAGMATISMULUI NEOGEN DIN ZONA CISMA-COASTA URSULUI, JUDEȚUL MARAMUREȘ¹

DE

NICOLAE SCUPIN, CONSTANTIN NIȚICĂ²

Abstract

Geoelectrical Researches Relating to Polymetallic Sulfide Mineralizations Connected with Neogene Magmatic Phase Activity in Cisma-Coasta Ursului Zone (Maramureș District). Field measurements, laboratory determinations and studying on reduced models, achieved by induced polarization, resistivity and self-potential methods, have pointed out that the complex mineralizations associated with the Cisma-Coasta Ursului Zone Neogene magmatic phase, are represented by maximums of induced polarizability, correlative with minimums of apparent resistivity and, in favourable cases, with negative anomalies of self-potential.

Introducere

În cadrul programului de integrare în circuitul economic al bogatelor resurse naturale din subsolul regiunii Baia Mare, un rol important îl au lucrările de prospecțiune și explorare a zonelor considerate interesante din punct de vedere economic. Coroborînd cercetările geologice cu cele geofizice și cu lucrările miniere de explorare, s-au stabilit perimetre a căror cercetare complexă se impune ca fiind de imediată actualitate. Unul dintre aceste perimetre este și cel situat la est de Băiuț, între localitățile Botiza și Poiana Botizei, unde s-au executat cercetări geoelectrice complexe în anii 1969 și 1970.

La alcătuirea geologică a regiunii de care ne ocupăm, participă formațiuni sedimentare aparținând Jurasicului, Cretacicului, Paleogenului,

¹ Susținută în ședința de comunicări a Institutului de geofizică aplicată din 15/IV/1971.

² Institutul de geologie și geofizică, Str. Caransebeș nr. 1, sectorul 8, București.



Neogenului și Cuaternarului și roci eruptive constituite din piroclastite andezitice și andezite piroxenice (Mutihac, 1956; Dimitrescu, 1955; Bombită, 1965). Primele manifestări ale vulcanismului neogen încep să apară în timpul Sarmațianului. Folosind drept căi de acces fracturile profunde din zonele de înrădăcinare ale șariajelor, magmele au generat aparate vulcanice de dimensiuni reduse, formîndu-se astfel o serie de neck-uri, dyk-uri sau apofize ce străbat depozitele sedimentare. La contactul dintre eruptiv și sedimentar, pe suprafețe însemnate, au avut loc fenomene de metamorfism termic. Circulația soluțiilor hidrotermale pe o serie de fracturi produse de intruziunea magmelor, a dat naștere unor mineralizații de tip filonian, cum sunt cele de la Cisma și Coasta Ursului. Direcția principalelor fracturi mineralizate este aproximativ WSW-ENE, existind însă și o serie de fracturi de mai mică importanță care sunt perpendiculare pe această direcție (Mutihac, 1956; Dimitrescu, 1955; Bombită, 1965).

Mineralizațiile filoniene de la Cisma și Coasta Ursului au o origine hidrotermală de temperatură joasă, sunt cantonate în rocile sedimentare eocene din cadrul pînzei de Botiza, în apropierea contactului acestora cu intruziunile andezitice și sunt controlate structural de faliile cu orientare regională NE-SW. Filoanele mineralizate prezintă o textură brecioasă și sunt constituite din pirită, calcopirită, blendă, galenă și stibină în gangă de cuart, calcit și baritină.³

Măsurările de teren s-au executat prin metodele polarizației induse, rezistențăților (varianta sondajelor electrice verticale de tip Wenner) și cîmpului electric natural. În acest scop au fost utilizate echipamentele V.P.-59, Seigel Mark V și autocompensatorul E.S.K.-1. Determinările de laborator pe probe și pe modele reduse au fost realizate cu aceeași aparatură adaptată pentru acest gen de măsurători.

Rezultatele obținute

Pentru mai multe eșantioane reprezentînd toate tipurile de roci existente în zonă, s-a determinat valoarea polarizabilității aparente. Datorită formei neregulate a probelor, au fost utilizate diferite variante de disponere a electrozilor de emisie și de recepție. Înregistrările s-au făcut cu aparatura de teren adaptată pentru lucrări de laborator, iar contactul dintre electrozii A, B, M, N și rocă s-a realizat prin intermediul unui amestec de argilă cu soluție suprasaturată de sulfat de cupru. Prelucrarea statistică a datelor de observație a condus la stabilirea unor intervale de valori caracteristice fiecărui tip de rocă măsurat. Rezultatele sunt cuprinse în tabelul alăturat din care se vede clar că singurele probe care dau efecte mari de polarizație indușă sunt cele în care mineralizația de sulfuri complexe are o pondere însemnată în masa eșantionului. Putem aprecia că minera-

³ N. Stan, L. Scarlat, Ileana Scarlat. Raport asupra prospecțiunilor pentru fier, aur și argint în masivul Gutii-Tibleș (Cavnic-Surdești și Băiuț-Botiza), 1964; Arh. IGPSMS, București.

lizațiile de sulfuri complexe, caracteristice zonei de care ne ocupăm, generează efecte anomale de maxim al polarizabilității aparente.

În continuare vom prezenta cîteva exemple reprezentative pentru ilustrarea aportului pe care îl poate aduce electrometria la prospectarea mineralizațiilor de sulfuri complexe legate de activitatea magmatismului neogen.

Formațiunea	Numărul de eșantioane	Nr. total de măsurători	Factorul de încărcare
Andezit cenușiu închis	6	46	0,5 - 4 m sec
Sisturi și gresii eocene inferioare	17	45	0,25 - 1,75 %
Sisturi și gresii eocene cornificate	4	9	0,25 - 1,75 %
Sisturi și gresii eocene slab mineralizate	8	20	1,9 - 3,3 %
Sisturi și gresii eocene inferioare intens mineralizate (gal Cisma)	3	6	24 - 38 m sec

Valorile polarizabilității aparente pentru diferite tipuri de roci din zona Cisma-Coasta Ursului. Determinări de laborator.

Valeurs de la polarisabilité apparente pour différents types de roches de la zone de Cisma-Coasta Ursului. Determinations de laboratoire.

Primul caz de care ne vom ocupa înfățișează rezultatele obținute pe un profil care traversează mineralizația filoniană de la Cisma. Măsurările de teren au fost realizate cu echipamentul de polarizație indusă Seigel Mark V și autocompensatorul E.S.K.-1, prin metodele polarizației induse, rezistivităților (SEV-uri Wenner) și cîmpului electric natural.

Rezultatele sint ilstrate în figura 1, care cuprinde graficul *PN*, secțiunile geoelectrice m_a și ρ_a și profilul geologic ipotetic-interpretativ. Variația pe verticală, de-a lungul profilului, a polarizabilității aparente indică existența a două anomalii de maxim bine individualizate. Prima dintre ele, cea din partea de sud a profilului, reprezintă efectul mineralizației filoniene traversată de galeria Cisma. Grosimea filonului și conținutul în sulfuri metalice cresc în adîncime și scad considerabil pe măsură ce ne apropiem de suprafață. Datorită acestor particularități ale sursei perturbatoare, anomalia este deplasată în sensul înclinării filonului, se situează în partea inferioară a secțiunii, dar prezintă o evidentă tendință de continuare spre suprafață. Din punctul de vedere al rezistivității, între filonul mineralizat și formațiunile sedimentare înconjurătoare, există un contrast suficient de pronunțat pentru a putea fi pus în evidență prin măsurători de suprafață. Pe secțiunea de rezistivități, datorită conținutului în minerale cu conductibilitate metalică, mineralizația de la Cisma este reprezentată printr-un minim ρ_a , coreabil cu maximul de polarizabilitate aparentă. Curba de variație a potențialului natural localizează cu destulă precizie, printr-o anomalie de minim, partea superioară a filonului. A doua anomalie de polarizație indușă se asemănă cu prima anomalie ca formă și orientare, dar se deosebește de aceasta prin amplitudinea valorilor și nivel de situare. Ea se coreleză foarte bine cu un minim de

rezistivitate aparentă dar nu și cu valori anomale de potențial natural. Înțînd seama de contextul geologic al regiunii, de determinările pe probe și de rezultatele obținute deasupra filonului Cisma, am considerat că și această anomalie de Pi și ρ_a poate fi atribuită unei noi zone favorabile acumulărilor de sulfuri polimetalice. Ulterior, prelungindu-se spre

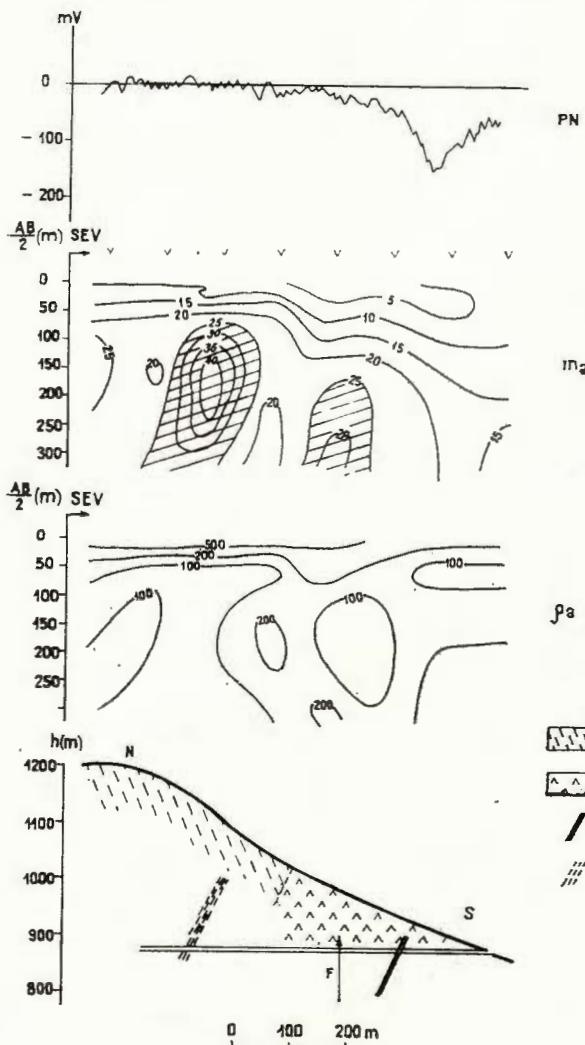
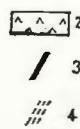


Fig. 1. — Graficul PN, secțiuni geoclectrice și profilul geologic ipotetic-interpreitativ. Sectorul Cisma, Maramureș: 1, porfir autometamorfozat; 2, șisturi și gresii eocene inferioare; 3, filon; 4, mineralizație identificată geoelectric.

Graphique PN, sections géoélectriques et profil géologique hypothétique-interprétatif. Secteur de Cisma Maramureş: 1, porphyrite autométhamorphosée; 2, schistes et grès éocènes inférieurs; 3, filon; 4, minéralisation identifiée du point de vue géoélectrique.



nord galeria, ea a traversat o mineralizație de genul celei din filonul Cisma, confirmind interpretarea dată anomaliei geoelectrice.

După prezentarea acestui prim exemplu practic, putem afirma că mineralizațiile filoniene de tipul celor de la Cisma sunt reprezentate geoelectric, prin maxime ale polarizabilității aparente corelabile cu minime

de rezistivitate și, atunci cind nivelul la care se află corpul este comparabil cu raza de investigație a metodei, cu anomalii negative de potențial natural.

Această situație reală din teren, ne-a sugerat ideea construirii unui model redus, constituit din două filoane inclinate și paralele, dar având grosimi și adincimi de situire diferite. Modelul s-a realizat într-un bac cu lungimea de 100 cm, lățimea de 50 cm și înălțimea de 55 cm. Prin sfârșirea unor eșantioane intens mineralizate s-a obținut materialul necesar construirii filoanelor care au fost amplasate într-un mediu constituit dintr-un amestec proporțional de nisip și argilă. Măsurătorile s-au făcut cu stația Seigel Mark V, prin metodele polarizației induse și rezistivităților, utilizându-se dispozitive de tipul sondajelor electrice verticale Wenner. Pentru linia de recepție MN s-au folosit microelectrozi impolarizabili. Între modelul redus și cazul real există asemănare numai în ceea ce privește geometria și natura surselor perturbatoare și din acest motiv, rezultatele obținute au un caracter calitativ. Pentru reprezentarea lor au fost construite secțiunile geoelectrice m_a și ρ_a (fig. 2). Întrucât dimensiunile bacului nu ne-au permis realizarea unor condiții optime de experimentare, nu putem face o interpretare de detaliu a celor două secțiuni geoelectrice. Ne rezumăm numai la observația că cele două corpuși de probă produc un efect cumulat de maxim m_a , coreabil, pe secțiunea de rezistivitate aparentă, cu o evidentă tendință de minim.

Un alt exemplu pe care îl prezentăm ilustrează rezultatele obținute într-un perimetru din preajma filonului Coasta Ursului. Folosindu-se aparatula V.P.-59 s-au executat măsurători de mare detaliu, prin metodele polarizației induse și rezistivităților, utilizându-se dispozitive SEV de tip Wenner, dispuse în rețea. Luerind în acest mod, s-au putut obține suficiente informații pentru a ne forma o imagine de ansamblu asupra distribuției în spațiu a valorilor parametrilor măsurați : factorul de incărcare γ_a și rezistivitatea aparentă ρ_a .

Rezultatele le prezentăm sub formă de hărți cu izolinii care oglindesc distribuția în plan orizontal, la un nivel corespunzător dispozitivului $A_{70}M_{70}N_{70}B$, a valorilor factorului de incărcare și a rezistivității aparente. Pe harta γ_a (fig. 3) se disting două domenii anomale de maxim localizate în partea de sud-est și respectiv în cea de vest a perimetrului prospectat. Anomalia din sud-estul perimetrului este situată în imediata vecinătate a contactului dintre andezitele cartate pe vîrful Runcașilor și formațiunile sedimentare eocene înconjurătoare. Alungirea ei după direcția ENE-WSW concordă cu direcția de dezvoltare a mineralizațiilor filoniene cunoscute, iar gradientul diferit al valorilor polarizabilității aparente la nord și la sud de apexul anomaliei, considerăm că se datorează inclinării spre nord a cauzei perturbatoare. Cea de a doua anomalie, amplasată în partea de vest a perimetrului, se dezvoltă, în cea mai mare parte, într-o zonă reprezentată de șisturi și gresii eocene, în apropiere de limita sedimentar-eruptiv. Numai partea de nord a acestei anomalii este

coreabilă, pozitional, cu aria de aflorare a porfiritelor autometamorfozate. Ca și în cazul primei anomalii, remarcăm analogia ce există între orientarea generală a anomaliei și direcția cunoscută a filoanelor de la Cisma și Coasta Ursului. Luând în considerație rezultatele prezentate pînă acum, caracteristicile celor două domenii de maxim η_a și condițiile geologice

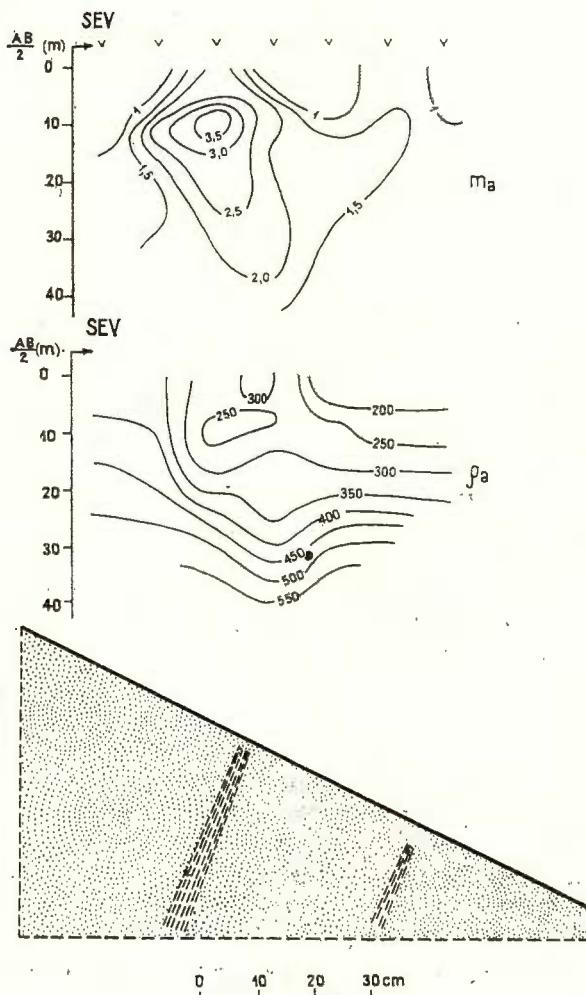


Fig. 2. — Secțiuni geoelectrice construite pentru cazul a două filoane paralele. Model redus.
Coupes géoélectriques construites pour deux filons parallèles.
Modèle réduit.

specifice perimetrului cercetat, considerăm că acestor anomalii de polarizație indușă le corespund zone de intense transformări hidrotermale (piritizări, argilizări etc.).

La nivelul la care a fost construită harta, mineralizației de la Coasta Ursului nu-i corespund valori anomale de maxim η_a , deoarece, în partea ei superioară și chiar la cota galeriei, mineralizația este slab

reprezentată ca volum și conținut în sulfuri metalice. Anomalia care se evidențiază în partea de nord-est a perimetrlui, pe direcția galeriei, sugerează o eventuală continuare; dar în același timp o apropiere de suprafață și o îmbogățire în conținutul de sulfuri metalice, a mineralizației Coasta Ursului.

Diferitele tipuri de transformări hidrotermale care însotesc mineralizația (silicifieri, piritizări, argilizări, sericitizări) determină o distribuție neregulată a rezistivității aparente și din acest motiv, harta cu izoohmă este mai puțin concluzientă (fig. 4). Observăm totuși că, în general, anomaliielor de maxim η_a le pot fi asociate zone anomale de minim rezistivimetric.

CONCLUZII

Cercetările geoelectrice, realizate în teren și laborator prin metodele polarizației induse, rezistivităților și cîmpului electric natural, au arătat că mineralizațiile de sulfuri complexe de tipul celor de la Cisma sunt reprezentate geoelectric prin anomalii de maxim ale polarizabilității aparente corelabile cu minime de rezistivitate aparentă și, în cazuri favorabile, cu anomalii negative de potențial natural.

Exemplele practice prezentate au arătat că la prospectarea electrică a unor astfel de mineralizații, este recomandabil să se utilizeze cu prioritate metoda polarizației induse. Celelalte două metode aplicate, deși au caracter complementar, pot furniza informații utile procesului de interpretare în termeni geologici a surselor generatoare de anomalii electro-metrice.

Rezultatele obținute de cercetările geoelectrice, întreprinse în zona Cisma-Coasta Ursului, confirmă posibilitățile pe care le are această metodă geofizică de prospecție, la identificarea și localizarea mineralizațiilor de sulfuri polimetalice asociate activității magmatismului neogen.

BIBLIOGRAFIE

- Bombiță G. (1964—1965). Contribuții la studiul geologic al regiunii Băiuț-Poiana Botizei. *D. S. Com. Geol.*, LII, 1, București.
- Dimitrescu R. (1957). Cercetări geologice în regiunea Băiuț (Baia Mare). *D.S. Com. Geol.*, XXXIX, București.
- Mutiha V. (1952—1953). Cercetări geologice în regiunea Dragomirești-Botiza (Maramureș). *D. S. Com. Geol.*, XL, 1c, București.



RECHERCHES GÉOÉLECTRIQUES CONCERNANT LES MINÉRALISATIONS DE SULFURES POLYMÉTALLIQUES LIEÉS À L'ACTIVITÉ DU MAGMATISME NÉOGÉNE DE LA ZONE DE CISMA-COASTA URSULUI, DÉPARTEMENT DE MARAMUREŞ

(Résumé)

L'ouvrage présente à l'aide de méthodes électrométriques les résultats des principales investigations effectuées dans la zone de Cisma-Coasta Ursului, investigations qui ont pour objet les minéralisations de sulfures complexes associées à l'activité du magmatisme néogène.

Du point de vue géologique la région est constituée de formations sédimentaires jurassiques, crétacées, paléogènes, néogènes et quaternaires et de roches éruptives formées de pyroclastites andésitiques et d'andésites pyroxéniques.

Les minéralisations à caractère phylonien qu'on y a mis en évidence sont situées d'habitude au contact des roches sédimentaires éocènes avec les intrusions andésitiques ; elles ont une origine hidrothermale de basse température et sont formées de pyrite, de chalcopyrite, de blende, de galène et de stibine.

Les mesurages sur le terrain ont été effectués selon les méthodes de la polarisation induite, des résistivités (variante des sondages électriques verticaux du type Wenner) et du champ électrique naturel, les appareils utilisés étant V. P.-59 Seigel Mark V et E.S.K-1.

On a accordé une attention particulière aux recherches de laboratoire. En ce sens on a procédé à des déterminations de polarisabilité apparente sur des échantillons et à des investigations sur des modèles réduits selon les méthodes de la polarisation induite et des résistivités.

Les recherches géoélectriques effectuées sur le terrain et dans le laboratoire ont fait ressortir le fait que les minéralisations phyloniques de sulfures polymétalliques du type des minéralisations de Cisma sont représentées par des anomalies de maximum de la polarisabilité apparente, anomalies qui peuvent être mises en corrélation avec des minimums de résistivité apparente et dans des cas favorables, avec des anomalies négatives de potentiel naturel.

Les résultats obtenus ont démontré que l'examen de tels problèmes géologiques exige des recherches géoélectriques complexes parmi lesquelles la méthode de la polarisation induite doit occuper une place de choix. Les deux autres méthodes utilisées ont un caractère complémentaire, mais elles sont très utiles dans le processus d'interprétation géologique des résultats géophysiques.



CERCETĂRI GEOELECTRICE COMPLEXE ÎN ZONA GLAM-CALVARIA, DIN MUNTII METALIFERI¹

DE

CRISTIAN MIHAIL², DAN SVORONOS³, LUCIAN MIHĂILESCU²

Abstract

Geoelectrical Investigations in the Metaliferi Mountains, Glam-Calvaria Area. The cation-exchange properties of altered silicates (clay minerals) can determine the applicability of the IP methods indirectly in the exploration, by drillings, on purpose to detect polymetallic minerals in eruptive areas, where the fractured zones are filled with clay minerals (from hydrothermal alteration) such as kaolinite.

Introducere

În perimetrul Bucium-Izbita-Calvaria din Munții Metaliferi, în anii 1969 și 1970 au fost efectuate prospecțiuni electrice pentru identificarea de noi zone cu mineralizații auro-argentifere, asociate celor de sulfuri polimetale.

În cadrul acestor lucrări, în zona pîrîul Glam-dealul Calvaria, a fost evidențiată o importantă anomalie de polarizație naturală (PS), relevată și prin metode geoelectrice provocate — polarizație indușă (PI) și rezistivitate — care a fost cercetată cu un profil de foraje. Suprapunerea datelor diverselor metode geoelectrice în această zonă, precum și corelarea lor cu datele din foraje, au prilejuit unele observații interesante care se prezintă în cuprinsul acestei lucrări.

¹ Comunicare susținută în martie 1972, la Societatea de științe geologice din România.

² Intreprinderea geologică de prospecțiuni pentru substanțe minerale solide. Str. Caransebeș nr. 1, sector 8, București.

³ Institutul de geologie și geofizică. Str. Caransebeș nr. 1 sector 8, București.



Schitarea cadrului geologic

Din punct de vedere geologic, sectorul Bucium-Calvaria este constituit dintr-un fundament cristalin (care apare „la zi” numai la Baia de Arieș), peste care se dispun formațiuni sedimentare cretacice, străbătute de dacite, de andezite și mai puțin de bazalte, de vîrstă terțiară.

Formațiunile sedimentare — cele mai vechi și cele mai răspândite în regiune — sunt prezente la zi prin termeni aparținind cretacicului inferior

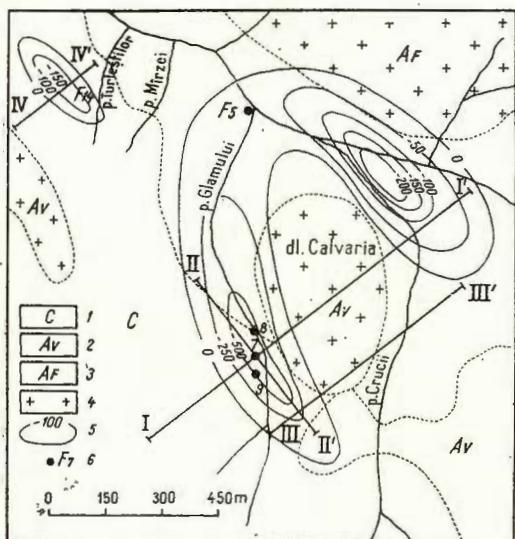


Fig. 1. — Harta geologică și a cîmpului electric natural (PS) în zona Glam-Calvaria. Munții Metaliferi : 1, cretacic ; 2, andezite de Vilcoi ; 3, andezite de Fundoaia ; 4, aparat vulcanic ; 5, izolinie PS ; 6, foraje executate. Carte géologique et carte du champ électrique naturel (PS) dans la zone de Glam-Calvaria, Monts Métallifères : 1, crétacé ; 2, andésites de Vilcoi ; 3, andésites de Fundoaia ; 4, appareil volcanique ; 5, isoligne PS ; 6, forages exécutés.

și superior, cu diversele sale etaje. În pîriul Glamului, formațiunile cretacice sunt reprezentate prin conglomerate, gresii și sisturi argiloase-marnoase.

Rocile eruptive, care străpung formațiunile sedimentare, constituie aparate vulcanice și corpuri subvulcanice. În seria erupțiunilor se poate constata o succesiune de la acid la bazic.

Zona pîriul Glamului se află la contactul formațiunilor sedimentare cretacice cu eruptivul din dealul Calvaria, reprezentat prin andezite cuarțifere de tip Vilcoi (Barza II).

Un fapt important, în perimetru Bucium-Izbita, este prezența proceselor de metamorfism hidrotermal al rocilor eruptive (propilitizarea, sericitizarea, cloritizarea, carbonatarea și silicifierea), care sunt și fenomene curente însotitoare ale mineralizărilor polimetale de pe fisuri și fracturi.

Fracturi majore — pe care se situează, în general, văile principale — se observă pe valea Bucium și pe valea Șasa.

Mineralizația — prezentă sub formă citorva mici filoane la confluența pîriului Glamului cu pîriul Buturii — are, în general, în această zonă, un caracter de impregnație și este reprezentată prin pirită, calcopirită și rar blendă și galenă.

Parametrii geofizici care justifică metodica prospectiunii geoelectrice și stabilirea criteriilor de interpretare a datelor

Metoda polarizației naturale (PN sau PS) a fost utilizată pe baza efectelor proceselor de oxidare-reducere a sulfurilor în subsol, avându-se în vedere, în interpretarea datelor, zonele în care este posibilă producerea electrofiltrării.

Metoda rezistivităților a fost aplicată pe baza contrastului realizat între conductivitatea mare a mineralizațiilor polimetalice și formațiunile geologice sterile, înconjurătoare, mai rezistive. Însă, în situația geologică existentă în perimetru cercetat, minimele de rezistivitate mai pot reprezenta efectul zonelor de fractură (mai puțin compacte și mai umede) sau al zonelor depresionare, în care se instalează curgerile acvifere.

Metoda polarizației induse (PI) este foarte indicată în prospectarea regiunii, deoarece mineralizația are un caracter de impregnație sau de diseminatie.

În zona cercetată, polarizația naturală a fost determinată prin înregistrări, pe profile, ale variației diferențelor de potențiale naturale, în stații echispațiate la 5 m.

Sondajele electrice verticale (SEV) de rezistivitate au fost efectuate cu dispozitive de tip Wenner, în care raportul 1/3 între lungimile dispozitivelor de recepție și ale celor de emisie asigură redarea mai fidelă a limitelor de dezvoltare ale corpurilor perturbante, comparativ cu dispozitivul Schlumberger. Lungimea maximă a dispozitivelor de emisie a fost AB = 660 m.

Datele de polarizație naturală și de rezistivitate în curent continuu au fost obținute cu potențiometrul de teren EP-1.

Metoda polarizației induse a fost aplicată în tehnica domeniului de frecvență variabilă (aparataj McPhar, tip P-654) prin măsurarea parametrilor specifici: efect de frecvență (în procente la 100), metal factor (în 1/ohm-m sau mho/m) și rezistivitatea la frecvența 0,3 c/s (în Ω m). Dispozitivele dipol utilizate au fost x = AB = MN = 25 și 50 m.

Rezultatele cercetărilor geoelectrice

În jurul eruptivului din dealul Calvaria, în zona contactului cu formațiunile sedimentare, a fost cartată o intensă anomalie a cîmpului electric natural, ale cărei valori maxime depășesc -500 mV^4 (fig. 1).

Această anomalie de PS a fost traversată cu două secțiuni de sondaje electrice, perpendiculare între ele și centrate pe apexul anomaliei, în zona sa din pîrul Glamului. Rezistivitățile astfel determinate sunt prezentate în figurile 2 și 3. Ambele secțiuni geoelectrice evidențiază, în zona de potențiale electrice naturale puternic negative, un minim de rezistivitate cu valori de circa $20 \Omega\text{m}$, în contrast cu un fond de valori care ajunge pînă la $1000 \Omega\text{m}$, fapt care — împreună cu analiza diagramelor de SEV — sugerează existența unei zone de conductivitate mare, în subsolul acestui sector.

Din analiza secțiunilor și diagramelor de rezistivitate mai reiese că minimele de rezistivitate sînt precedate, în porțiunea lor corespunzătoare imediatei apropiere de suprafață, de maxime de rezistivitate, care sînt datorate prezenței pietrișului și grohotișului.

Spre NE de minimul de rezistivitate corespunzător anomaliei de PS se evidențiază (fig. 2) un maxim de rezistivitate, cu valori de circa

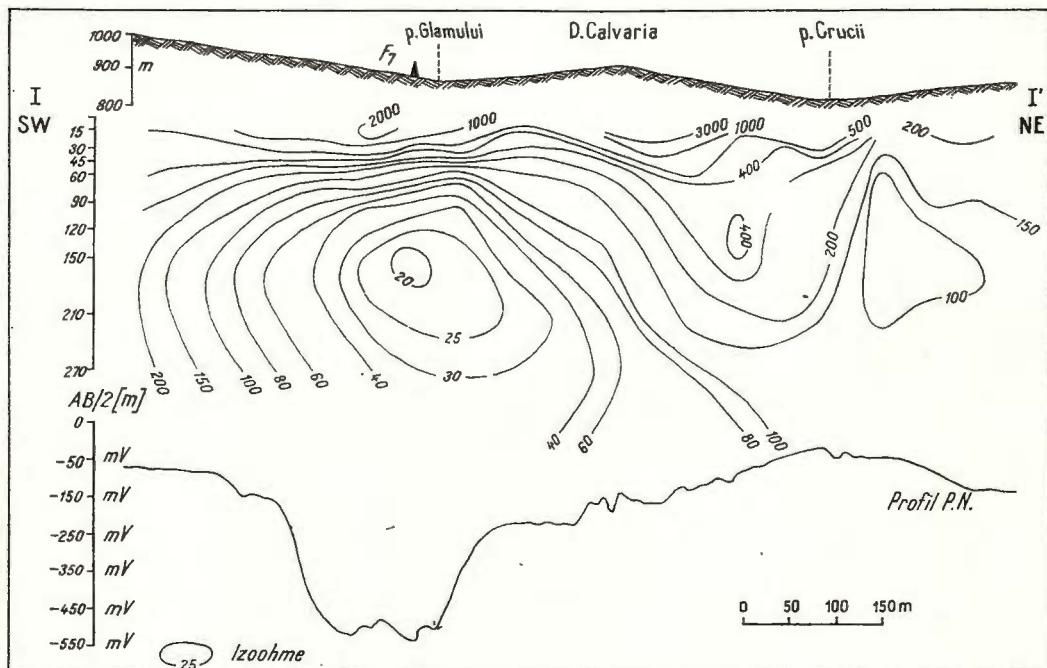


Fig. 2. — Secțiune de rezistivitate, pe direcția NE-SW, în zona Glam.
Coupe de résistivités sur la direction NE-SW, dans la zone de Glam.

400 Ωm , care redă efectul corpului eruptiv din dealul Calvaria, corp andezitic de tip Vîlcoi, mai nou și deci mai rezistiv. În continuare, spre NE, valorile de rezistivitate scad, odată cu dezvoltarea la suprafață a andezitului de tip Fundoaia, mai vechi și mai puțin rezistiv.

În figura 4, sînt prezentate hărțile de rezistivitate, pentru mai multe niveluri, din zona pîriului Glam. Se observă cum, prin distribuția izoohmelor, se conturează limitele zonei conductoare.

Eruptivul din dealul Calvaria și zonele contactului său cu formațiunile sedimentare au fost traversate, pe direcția SW—NE, cu două profile, pe care s-au efectuat înregistrări de PI în domeniul frecvență (fig. 5 și 6), pentru evidențierea eventualelor mineralizații polimetale diseminatice în masa andezitelor. Pe secțiunile de PI, se remarcă suprapunerea, peste anomaliiile de PS și de rezistivitate din pîriul Glam, a unei anomalii a efectului

de frecvență a conductivității rocilor, cu valori maxime de circa 25 % (față de un fond de sub 5 %), cărora le corespund valori deosebit de mari ale metal-factorului, de pînă la 1100 mho/m (față de un fond de cca 5 mho/m) și valori minime de rezistivitate, în frecvență de 0,3 c/s, de cca 2,5 Ωm (față de un fond de pînă la 800 Ωm). Anomaliiile parametrilor geoelectrici din secțiunile McPhar arată dezvoltarea în adîncime a sursei perturbante, spre NE.

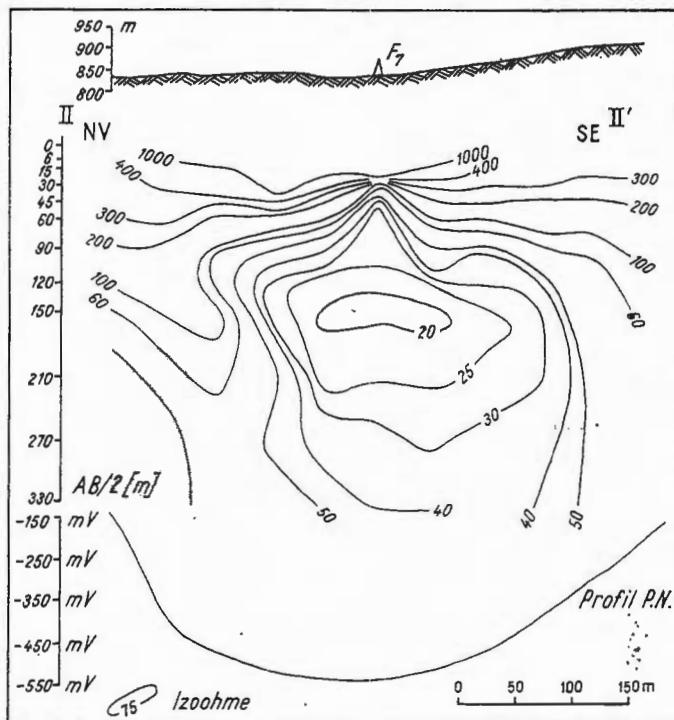


Fig. 3. — Secțiune de rezistivități, pe direcția NW-SE, în zona Glam.

Coupe de résistivités, sur la direction NW-SE, dans la zone de Glam.

Prin corelarea datelor tuturor metodelor geoelectrice, am putut afirma că, din punct de vedere fizic, în jurul dealului Calvaria, la contactul eruptivului cu sedimentarul, există o zonă conductoare, de dimensiuni mari (determinate ca atare din datele de rezistivitate), ale cărei particule metalice constitutive se află angrenate într-un puternic proces de oxido-reducere (determinind anomalia de PS) și care prezintă un conținut metalic ridicat (determinind ca polarizația de electrod să reprezinte o componentă a anomaliei parametrilor de PI).

Pe aceste baze, în zona pîriului Glam, a fost sugerată prezența unei bogate mineralizații polimetale. Această interpretare a fost sprijinită de lipsa seriilor cristalofiliene epimetamorfice cu șisturi grafitoase și/sau

cuarțite negre în alcătuirea geologică a perimetruului cercetat, precum și de situarea anomaliei PS pe vale, fapt care elimină posibilitatea apariției electrofiltrăției „morfologice”.

Este posibil ca fenomenul electrofiltrăției „per descensum” să se producă în subsolul anomaliei de PS din pîriul Glamului, pe o falie, în care caz, nu este exclus interesul pentru verificarea prin foraje a acestei anomalii, care sugerează, în această eventualitate, existența unei căi de

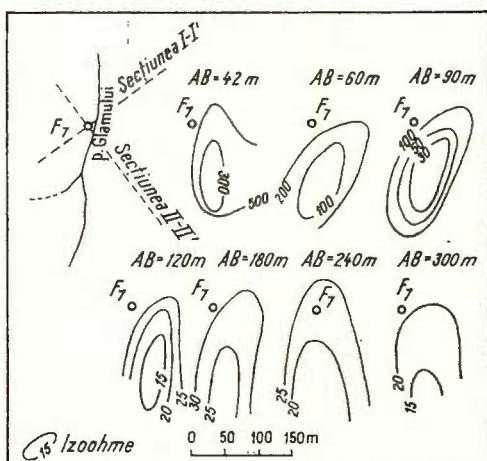


Fig. 4. — Hărți de rezistivitate la diverse niveluri, în zona Glam.
Cartes de résistivité à différents niveaux,
dans la zone de Glam.

acces pentru soluțiile mineralizatoare. De altfel, adăugarea efectelor de electrofiltrăție la efectele de oxido-reducere explică valorile mari ale anomaliei de PS din pîriul Glamului (cca. -500 mV).

De asemenea, prezența polarizației de membrană⁴ a mineralelor argiloase de alterare hidrotermală (caolinit etc.), în anomalia de PI din pîriul Glamului, alături de polarizația de electrod⁵ a mineralizației polimetalice, nu trebuie exclusă, deși valorile anomale ale parametrilor polarizației induse sunt remarcabile.

Anomalia geoelectrică complexă (PS, PI și rezistivitate) din pîriul Glamului a fost cercetată prin forajele 7, 8 și 9 (fig. 1 și 5). Aceste foraje au interceptat un complex sedimentar constituit din calcare silicificate, brecii calcaroase, marne, gresii feldspatiche calcaroase silicificate, cu zone de sericitizare și microconglomerate calcaroase-grezoase. Întregul complex de roci se remarcă printr-un puternic proces de transformare hidrotermală, fiind diaclazat, caolinizat și intens piritizat. Pe lingă impregnații, pirita

⁴ Aspectul anomaliei de PS este redat în figura 1 prin cîteva izolinii.

⁵ Noțiunile de „polarizație de electrod” (pentru PI a mineralizațiilor polimetalice) și de „polarizație de membrană” (pentru PI a mineralelor argiloase și rocilor cu un grad favorabil de porozitate) au fost introduse, pentru prima oară în electrometrie, de Madden și Marshall (1959).

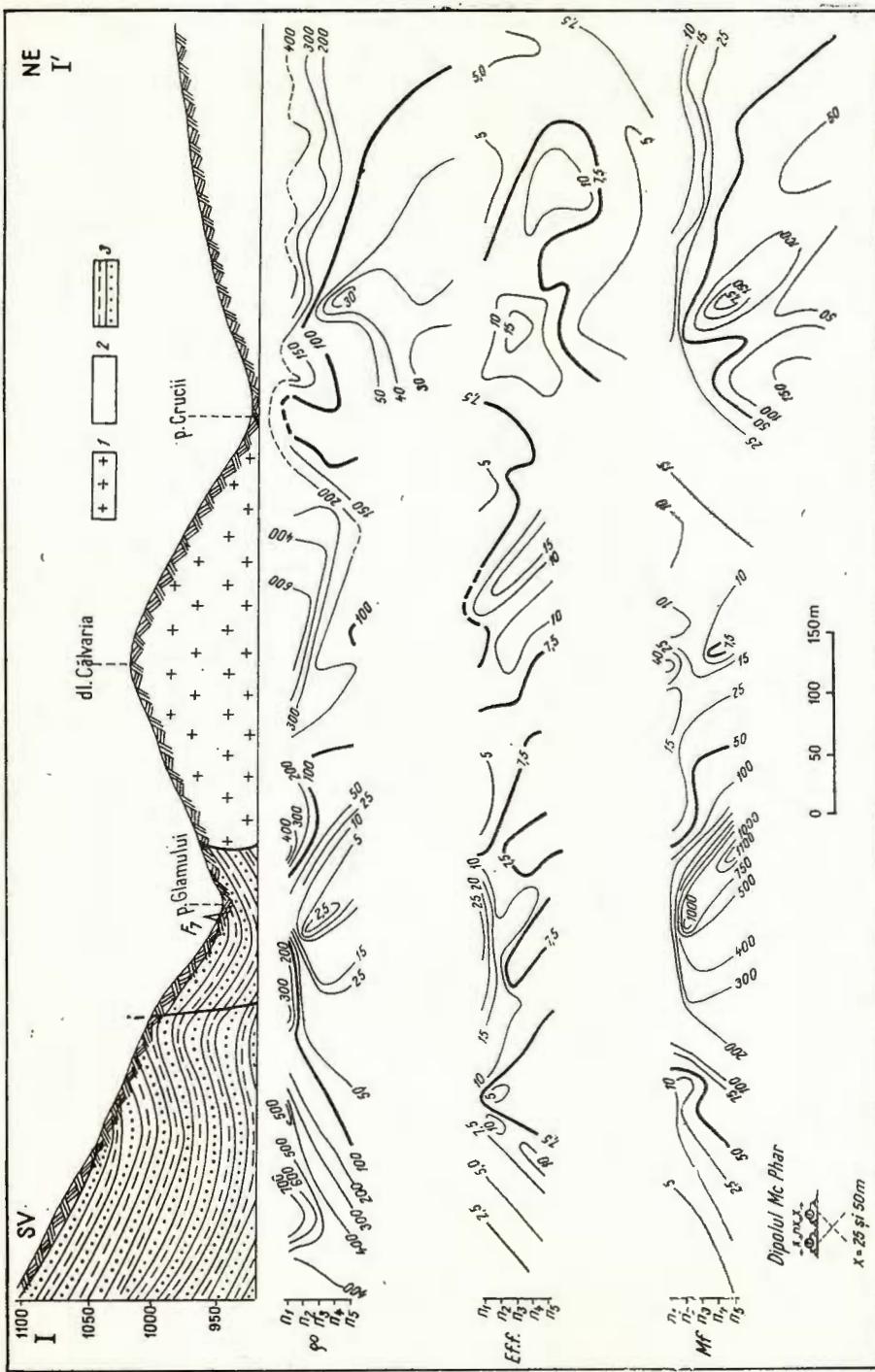


Fig. 5. – Secțiune geoelectrică de efect de frecvență, metal factor și rezistivitate, în zona Glam-Calvaria, Munții Metaliferi : 1, andezite de tip Vilcoi ; 2, andezite de tip Fundoia ; 3, depozite cretace. Section géoélectrique d'effet de fréquence, métal facteur et résistivité, dans la zone de Glam-Calvaria, Monts Métalifères, 1, andésites de type Vilcoi ; 2, andésites de type Fundoia ; 3, dépôts crétacés.

este depusă și în plaje pe fisuri, precum și în cuiburi. Rareori apar calcopirita, blenda și galena. Forajele au atins adâncimea de circa 250 m.

În vederea stabilirii prezenței elementelor utile auroargentifere și a celor din sulfurile complexe, din aceste foraje, au fost recolțate și analizate chimic o serie de probe. Rezultatele analizelor au arătat că conținuturile în aur, argint, cupru, zinc și plumb nu trec de limitele actuale de exploataabilitate. Procentajul de minerale metalice din volumul rocilor din volu-

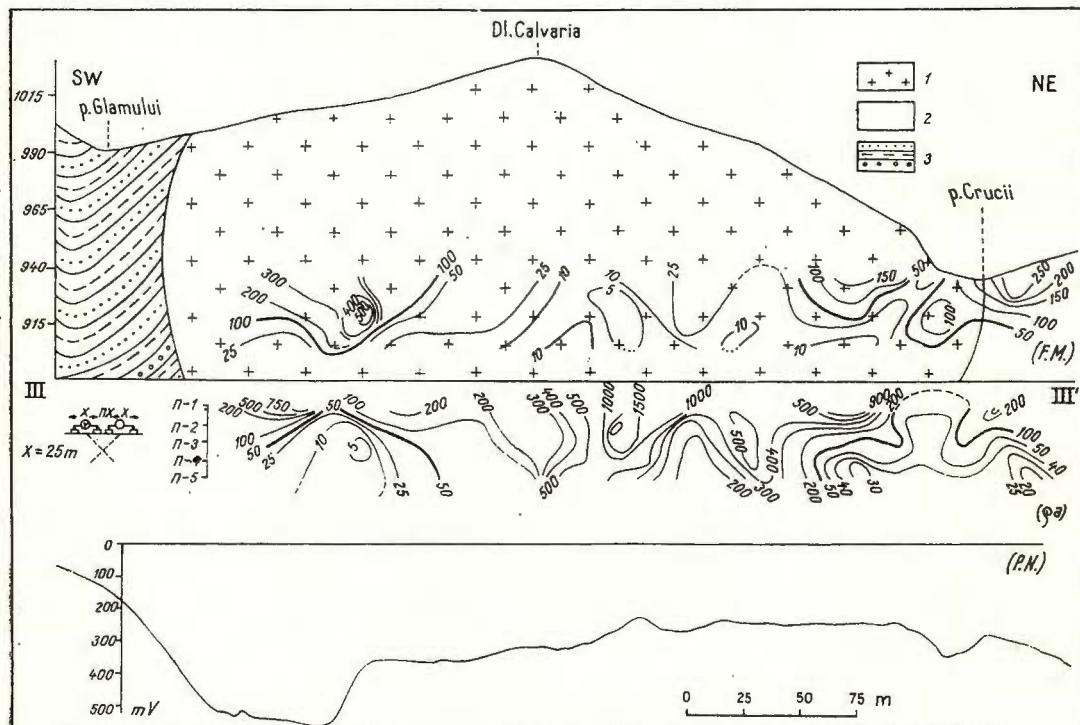


Fig. 6. — Secțiune geoelectrică de metal factor și rezistivitate, împreună cu diagrama PS, în zona Glam-Calvaria :

1, andezite tip Vilcoi; 2, andezite tip Fundoaia; 3, depozite cretacice.
Coupe géoélectrique de métal facteur et résistivité, avec diagramme PS, dans la zone de Glam-Calvaria :

1, andésites de type Vilcoi; 2, andésites de type Fundoaia; 3, dépôts crétacés.

mul rocilor traversate de foraje a fost de 5 %, însă mineralizația a fost preponderentă de pirită.

În aceste condiții, mineralizația metalică întâlnită în forajele amplasate pe anomalia electrometrică din părțile Glamului nu prezintă interes, pînă la nivelul investigat prin aceste foraje, însă, împreună cu importante argilizări (caolinizări) care o însoțesc, atestă existența unei puternice

circulații hidrotermale în această zonă și sugerează extinderea cercetărilor în adâncime, pentru interceptarea nivelului optim de mineralizare polimetalică.

Opinăm că, punindu-se în evidență, prin anomaliiile de PI produse de capacitatea de cation-schimb a mineralelor argiloase (V a c q u i e r et al.,

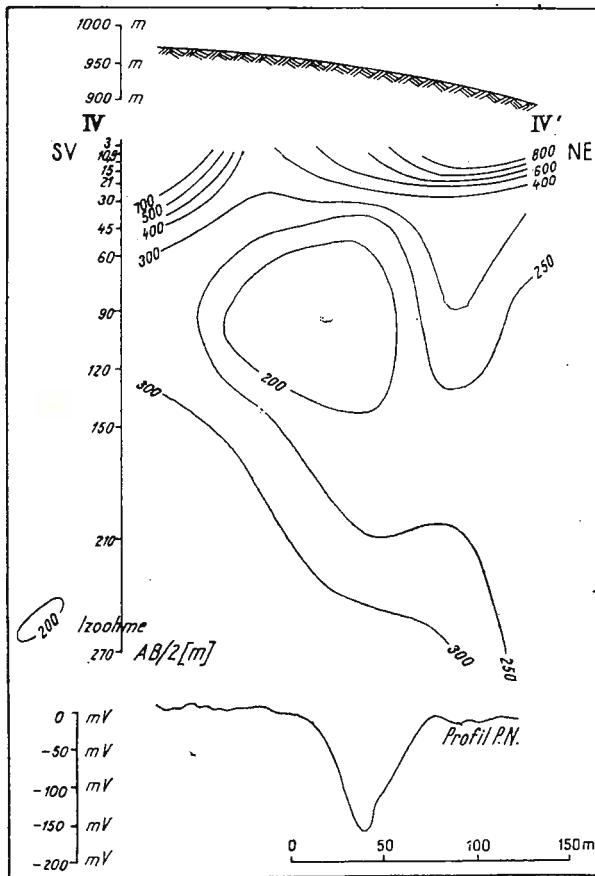


Fig. 7. — Secțiune de rezistivități, pe direcția NE-SW, în zona Turlești, Munții Metaliferi :

Coupe de résistivités, sur la direction NE-SW, dans la zone de Turlești, Monts Métallifères.

1957, polarizația de membrană), părțile superioare ale zonelor de acces pentru soluțiile hidrotermale, metoda PI poate oferi indicații pentru executarea de foraje la adâncimi mult mai mari, decât cele accesibile aparatajului, în mod direct. Această manieră indirectă de utilizare a metodei PI — prin care se carteză zonele superioare ale fracturilor, pe baza efectelor polarizației de membrană a mineralelor argiloase de alterare hidrotermală⁶

⁶ Pe aceste baze, S u m i (1965) a efectuat prospecții prin metoda PI, în domeniul tranzitoriu, pentru punerea în evidență a unor zăcăminte nemetalifere (caolin), în Jugoslavia, obținind rezultate foarte bune.

— este indicată în toate regiunile eruptive în care eroziunea nu a apropiat de suprafață nivelurile la care s-au precipitat mineralizațiile polimetalice.

În sensul celor de mai sus, este recomandabil ca zona anomaliei PI din pîrîul Glamului să fie cercetată pînă la o adîncime de circa 1000 m, în vederea interceptării nivelului optim de mineralizare polimetalică.

De asemenea, apare ca favorabilă acumulării de mineralizații polimetalice zona anomaliei de PI din pîrîul Crucii (fig. 1, 5 și 6) cu următorii parametri : EF = 12%, MF = 175 mho/m și $\rho = 30 \Omega\text{m}$.

La N de dealul Calvaria, în zona pîrîului Turlești, a fost cartată o altă anomaliă a cîmpului electric natural, cu valori de numai -150 mV , cu o dezvoltare mai redusă, de circa 100 m/50 m (fig. 1). Această anomaliă a fost traversată cu o secțiune de SEV-uri în curent continuu (fig. 7), pe care, prin distribuția izohmelor, se conturează un minim de rezistivități, cu valori de circa $150 \Omega\text{m}$, față de un fond de pînă la $800 \Omega\text{m}$.

Anomalia geoelectrică din zona pîrîului Turlești — prezentindu-se în aceleasi condiții geologice și geofizice — primește o interpretare similară celei date anomaliilor electrometrice din pîrîul Glamului și pîrîul Crucii și este recomandabilă ca fiind favorabilă prezenței unei mineralizații de sulfuri polimetalice.

Concluzii

Prin cercetări geoelectrice (metodele polarizației naturale, polarizației induse și rezistivităților) în zona pîrîul Glamului — pîrîul Crucii, din Munții Metaliferi, au fost conturate anomalii suprapuse ale parametrilor metodelor aplicate, care au fost interpretate ca zone favorabile acumulării de mineralizații polimetalice.

Forajele efectuate pentru stabilirea cauzelor care au generat anomaliiile geoelectrice din pîrîul Glamului au pus în evidență o mineralizație preponderent de pîrită (ale cărei conținuturi în elemente utile nu depășesc limitele actuale de exploatabilitate) însotită de puternice transformări hidrotermale ale rocilor, între care se remarcă argilizările.

S-a remarcat că, pe baza capacității de cation-schimb a mineralelor argiloase, a polarizației de membrană, preponderentă față de polarizația de electrod a pîritei, valorile anomale de PI au pus în evidență partea superioară a unei căi de acces, pe care, în profunzime, la un nivel optim de răcire, soluțiile hidrotermale ar fi avut posibilitatea să precipite mineralizații polimetalice. În acest sens, se justifică cercetarea zonelor anomală din pîrîul Glamului și pîrîul Crucii, la niveluri inferioare celui interceptat de forajele efectuate.

Opinăm că, în această manieră indirectă de aplicare și de interpretare a măsurătorilor de PI, este recomandabilă cercetarea la adîncimi mai mari a anomaliiilor obținute prin această metodă, în vederea interceptării nivelurilor optime de mineralizare polimetalică în regiuni ca cea a Munților Apuseni, în care eroziunea nu a adus aceste niveluri în raza de accesibilitate directă a metodelor geoelectrice.



BIBLIOGRAFIA

- H a l l o f, P. h. G. (1964) A comparaison of the various parameters employed in the variable-frequency IP. *Geophysics*, Vol 29, No 3, Tulsa.
- M a d d e n, T. R. and M a r s h a l l, D. J. (1959) Electrode and membrane polarization. *MIT, RME* 3157, Massachusetts.
- S e i g e l, H. O. (1970) Induced polarization method. *Scintrex*. Toronto.
- S t e f a n, R. și C o s m a, S. (1959) Cercetări geologice și petrografice în regiunea Roșia Montană. D. S. Inst. Geol., Vol XLVI, București.
- S u m i, F. (1965) Prospecting for non-metallic minerals by induced polarization. *Geoph. Prosp.*, Vol 13, No 4, Hague.
- V a c q u i e r, V., H o l m e s, C. R., K i n t z i n g e r, P. R. and L a v e r g n e, M. (1957) Prospecting for groundwater by induced polarization. *Geophysics*, Vol. 22, p. 660, Tulsa.

RECHERCHES GÉOÉLECTRIQUES DANS LES MONTS MÉTALLIERS, ZONE DE GLAM-CALVARIA

(Résumé)

En dépit des difficultés d'interprétation des données de la prospection directe par les techniques PI des minéralisations métalliques (par suite de l'apparition de fortes PI dans certaines roches non métallifères) on peut opiner que ce fait favorise, de fait, l'application de cette méthode, indirectement, à la détection, par des forages profonds, des gisements métallifères, dans les régions éruptives. Les effets de PI des minéraux argileux (polarisation de membrane) provenant de l'altération des silicates par l'hydrothermalisme, permettent de localiser les parties supérieures des fractures.

Ainsi, on recommande d'investiguer les zones anomalies „piriul Glam” et „piriul-Crucii” jusqu'à des profondeurs d'environ 1000m, afin d'y déceler le niveau optimum de la minéralisation polymétallique.





Institutul Geologic al României

CERCETĂRI GEOELECTRICE ȘI GEOMAGNETICE ÎN CRISTALLINUL CARPAȚILOR ORIENTALI¹

DE

CRISTIAN MIHAIL²

Abstract

Some Geoelectrical and Geomagnetical Anomalies in the East Carpathians Crystalline Areas. The author presents the economic results of the exploration works carried out in the geoelectrical and geomagnetical anomalies measured within the East Carpathians crystalline areas liable to contain polymetallic sulphides. Through electrical prospecting (spontaneous polarization — SP — method), followed by exploration works the extension of the copper-rich pyrite and chalcopyrite from the Novicior Valley along 3 km up to Novăț Valley (in the Vaser Basin Maramureș) was established. This copper ore deposit is now in preparation for exploitation. When demonstrating the great efficiency of the SP method in the crystalline areas lacking on graphite, the author indicates that this region must be investigated by the geomagnetical method relying on the magnetic effect of pyrrhotine.

Cercetările geofizice efectuate în munții Maramureșului și în munții Bistriței au urmărit stabilirea celor mai adecvate metode de prospecțiune și fundamentarea interpretării datelor obținute, în vederea punerii în evidență a unor noi zone cu mineralizații de sulfuri polimetalice, în diverse arii cristalofiliene.

În munții Maramureșului, în bazinul văii Vaser, cercetările geoelectrice au fost efectuate prin metoda polarizației naturale (PS) în rețea, cu puncte de observare de 50 m/5 m, urmărindu-se cuprinderea întregii zone a formațiunilor cristalofiliene epimertamorfice dintre eruptivul nou din est și formațiunile sedimentare eocene din vest. Pe direcția generală a

¹ Comunicată la Societatea de științe geologice din R. S. România, Filiala București, în ședința din 20 martie 1971.

² Intreprinderea geologică de prospecții pentru substanțe minerale solide. Str. Caransebeș nr. 1, sector 8, București.



șisturilor cristaline (aproximativ N-S) au fost efectuate profile de măsurători, pe direcția E-W, între valea Novicior și valea Novăț.

În extinderea spre S a zonei cu mineralizații de sulfuri polimetalice, interceptate în galeriile G_1 , G_3 și G_4 , din valea Bradului (Nivicior), peste

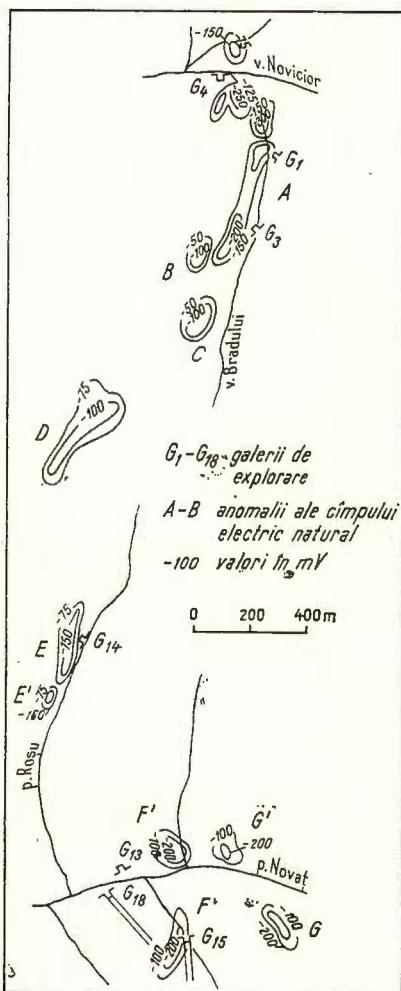


Fig. 1. — Harta cimpului electric natural al zăcământului cuprifer Novicior-Novăț (valea Vaser, Maramureș).

Carte du champ électrique naturel du gisement cuprifère de Novicior — Novăț (vallée de Vaser, Maramureş).

care se suprapune anomaliei A (fig. 1) au fost conturate, prin această metodă geoelectrică, anomaliile A , B , C , D și E , care au fost interpretate ca efecte ale prezenței mineralizațiilor de sulfuri complexe în compartimente decroșate. Acest rezultat a fost confirmat prin lucrări miniere de suprafață.

În cazul anomaliei E (fig. 1), aceste lucrări de dezvelire — după un strat de sol vegetal și grohotiș de pantă — au interceptat lentile de minereu masiv de pirită și calcopirită, cu grosimi de la 8,5 la 10 m, aureolate

de largi zone cu impregnații, astfel încit întreaga zonă mineralizată are o grosime de circa 40 m.

Concomitent, prin executarea galeriilor G_{13} și G_{14} , a fost evidențiată continuarea zonei cu minereu masiv, iar conținuturile în cupru s-au situat, pentru toate probele analizate, peste limita de exploataabilitate.

Cercetarea, prin lucrări miniere ușoare, a anomaliei D a condus la punerea în evidență a unei mineralizații de sulfuri complexe de impregnație, într-un compartiment decroșat.

Astfel, prin anomaliiile de PS din figura 1, a fost pusă în evidență continuitatea bogatelor mineralizații cuprifere din valea Bradului, pe o lungime de circa 3 km, spre S, pînă în zona Novăț (pîrîul Roșu) și s-au precizat compartimentele decroșate, în care este prezentă mineralizația. Prin lucrările de explorare efectuate pe baza datelor geoelectrice au fost stabilite importante rezerve cuprifere de categoria superioare ceea ce a determinat ca sectorul Novicior-Novăț să se afle, în prezent, în faza de pregătire și deschidere pentru exploatare.

În perimetrul pîrîului Novăț, au mai fost conturate anomaliiile de polarizație naturală F , F' , G și G' (fig. 1). Este de așteptat ca și aceste zone anomale să reprezinte efectul unor importante mineralizații de pirită cupriferă și calcopirittă, deoarece toate anomaliiile geoelectrice din regiune, au corespuns unor astfel de mineralizații, fapt la care se adaugă lipsa formațiunilor grafitoase din alcătuirea seriei epizonale a cristalinului dintre valea Novicior și valea Novăț. Opinâm că cercetarea acestor anomalii-prin lucrări miniere, va rezolva problema stabilirii continuității zăcămintului la S de pîrîul Novăț.

În munții Bistriței, între valea Putnei (Pojarita) și valea Bistriței (valea Colbu), pe formațiuni cristalofiliene epimetamorfice, cercetările prin metoda PS au condus la conturarea unor importante zone anomale. Marea majoritate a lucrărilor miniere ușoare, efectuate pentru verificarea cauzelor care au generat aceste anomalii, au întîlnit șisturi grafitoase sau cuarțite negre.

Acest fapt se datorează următoarelor ambiguități, introduse de prezența șisturilor grafitoase și a cuarțitelor negre în seria epizonală din această regiune :

- diferențele de potențial electric produse de formațiunile grafitoase sunt mai mari (depășind -1000 milivolți) decît cele generate de sulfurile polimetalice (care depășesc rareori și nu cu mult -300 mV), pe care le maschează, în condițiile legăturii spațiale dintre cei doi factori contributori la valorile măsurate ;

- efectele sulfurilor polimetalice nu pot fi separate de efectele formațiunilor grafitoase, ca o consecință a similitudinii fenomenului producător de curenți electrici naturali, în ambele medii ;

- apariția, în formațiunile cu conținuturi reduse în grafit (în special în cuarțitele negre) a unor diferențe de potențial natural comparabile cu cele rezultate prin oxido-reducerea sulfurilor (mai mici de -300 mV), ceea ce complică definitiv problema separării cauzelor anomalialor de PS.

Imposibilitatea separării efectelor este prezentă și în cazul anomalilor de rezistivitate sau polarizație indușă (*PI*), deoarece formațiunile grafitoase determină conductivități și, respectiv, potențiale de electrod comparabile cu cele ale mineralizațiilor polimetalice.

În situația nefavorabilă pentru utilizarea metodelor geoelectrice, s-a procedat la înregistrări geomagnetice ΔZ (în stații foarte apropiate,

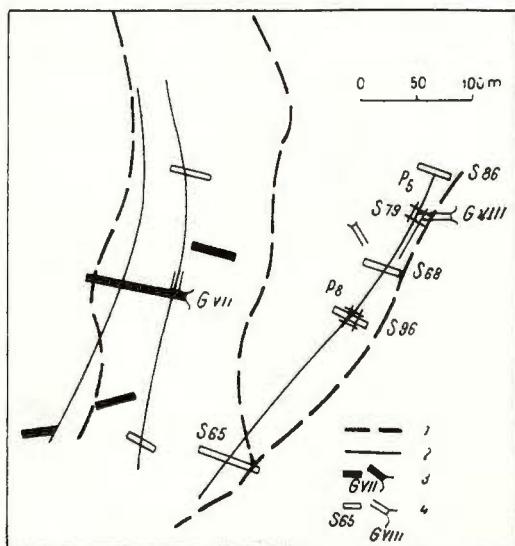


Fig. 2. — Harta axelor anomalilor geoelectricice și geomagnetice în perimetrul pârâului Stegiu (munții Bistriței) :

1, ax de anomaliă geoelectrică; 2, ax de anomaliă geomagnetică; 3, lucrări miniere anterioare; 4, lucrări miniere executate pe date geomagnetice.

Carte des axes des anomalies géoélectriques et géomagnétiques dans le périmètre ruisseau Stegiu (Monts Bistriz) 1, axe d'anomalie géoélectrique; 3, travaux miniers antérieurs; 4, travaux miniers exécutés sur des données géomagnétiques.

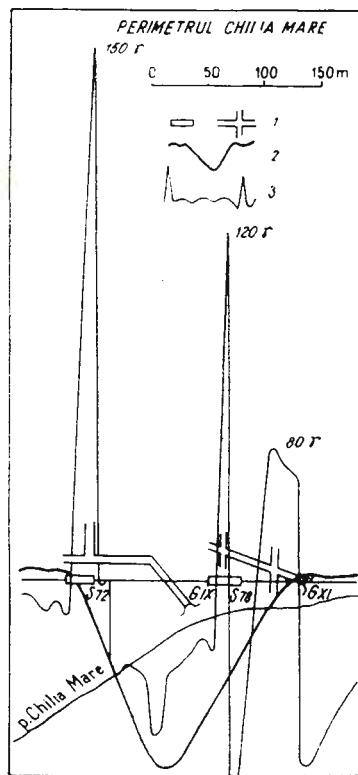
la 5 m), pe baza efectului slab magnetic al pirotinei — prezentă în parageneza mineralizației de sulfuri din regiune.

În perimetrul pârâului Stegiu, au fost conturate (fig. 2) două anomalii geomagnetice, care au corespuns mineralizațiilor de sulfuri complexe interceptate în galeria VII și, mai spre E, o a treia zonă anomală, care a fost cercetată cu lucrări miniere ușoare și galeria VIII. Aceste lucrări, spre deosebire de dezvelirile efectuate pe anomaliiile geoelectrice, au interceptat impregnații bogate de pirită, calcopirită, blendă, galenă și pirotină, în sisturi sericito-cloritoase.

În perimetrul Chilia Mare, prin aceleași cercetări geomagnetice a fost stabilită continuitatea (fig. 3) celor trei benzi anomale din pârâul Stegiu. Pentru cercetarea cauzelor acestor anomalii au fost efectuate lucrări miniere ușoare, care — evidentind impregnații bogate de sulfuri polimetalice — au condus la practicarea galeriilor IX și XI (fig. 3). Lateralele acestor galerii au urmărit mineralizația numai în zonele indicate prin anomaliiile geomagnetice. Din figura 3, de asemenea, rezultă că conținutul în pirotină al complexului de sulfuri polimetalice se schimbă, în diversele zone, fapt care se reflectă în variația valorilor anomalie ΔZ , între 80 γ și 120 γ.

Ca urmare a rezultatelor obținute, se poate recomanda aplicarea prospecțiunii geomagnetice la punerea în evidență a mineralizațiilor de sulfuri polimetalice din cristalinul Munților Bistriței. Trebuie subliniat că înregistrările efectuate la o densitate mai mică (stații la 25 m, în loc de 5 m) nu vor furniza decât întâmplător valori anomale datorate pirotinei, mineralizația de sulfuri complexe fiind îngustă.

Fig. 3. — Profil de date geoelectrice și geomagnetice în perimetru Chilia Mare (munții Bistriței):
1, sănțuri și galerii executate pe date geomagnetice;
2, anomalie geoelectrică (PN), $1 \text{ mm} = 20 \text{ mV}$; 3,
anomalie geomagnetică (ΔZ) $1 \text{ mm} = 1 \gamma$
Profil de données géoélectriques et géomagnétiques dans le périmètre Chilia Mare (Monts Bistrizei)
1, fossés et galeries exécutés à partir de données géomagnétiques; 2, anomalie géoélectrique (PN),
 $1 \text{ mm} = 20 \text{ mV}$; 3, anomalie géomagnétique (ΔZ),
 $1 \text{ mm} = 1 \gamma$



Concluzii

Prin aportul său la stabilirea importantelor rezerve de categorii superioare din cîmpul minier Novicior – Novăț, cercetarea geoelectrică și-a probat eficacitatea deosebită, pentru evidențierea de noi zone cu mineralizații de sulfuri complexe, în formațiunile cristaline de epizonă din Munții Maramureșului.

În seria cristalofiliană epimetamorfică din Munții Bistriței, la alcătuirea căreia participă formațiuni grafitoase, este recomandabilă utilizarea metodei micromagnetice, cînd în parageneza sulfurilor polimetalice este prezentă pirotina.

În condițiile absenței pirotinei din mineralizația regiunii cercetate, este indicată, totuși, aplicarea prospecțiunii geoelectrice, mai ales în

zonele lipsite de aflorimente, deoarece cartarea, chiar numai a formațiunilor grafitoase, este utilă, acestea reprezentând, de foarte multe ori, orizonturi reper pentru mineralizația de sulfuri complexe.

Deoarece ambiguitatea din interpretarea anomaliiilor de polarizație naturală este prezentă și în stabilirea cauzelor anomaliiilor de rezistivitate sau de polarizație indușă — în condițiile participării formațiunilor grafitoase la alcătuirea geologică a regiunii cercetate și avind în vedere afloarea zonelor cu mineralizații polimetale, din seriile metamorfozate (care păstrează, în linii mari, continuitatea vechii stratificații) — opinăm că, în formațiunile cristalofiliene, este indicat să se renunțe la efectuarea cercetărilor geoelectricre prin metodele rezistivității și polarizației induse, care sunt relativ costisitoare, și să se utilizeze metoda polarizației naturale care oferă aceleași informații geologice, cu costuri simțitor reduse.

ANOMALIES GÉOÉLECTRIQUES ET GÉOMAGNÉTIQUES DANS LES AIRES CRISTALLINES DES CARPATHES ORIENTALES

(Résumé)

On présente les résultats économiques des travaux d'exploration effectués sur des anomalies géoélectriques et géomagnétiques dans les aires cristallines épimétamorphiques susceptibles de contenir des minéralisations de sulphures polymétalliques.

La présentation des situations dans lesquelles la prospection électrique s'est avérée particulièrement efficace met en évidence l'extension des minéralisations massives à pyrite cuprifères et à chalcopyrite de la Vallée de Novicior, sur 3 km de longueur, jusqu'à la Vallée de Novăț (bassin Vaser, Maramureș). Ce gisement est déjà en cours de préparation pour exploitation.

Démontrant l'efficacité de la prospection géoélectriques (spécialement, de la méthode de la polarisation spontanée -PS-) dans les séries cristallines dépourvues de schistes graphitiques, l'auteur indique qu'on doit rechercher les régions à formations graphitiques par la prospection géomagnétique de grand détail, par suite de l'effect magnétique de la pyrrhotine



CERCETĂRI MICROMAGNETICE PE ROCI VULCANICE¹

DE

FLORIAN IONESCU, PAMFIL POLONIC, RAMONA PLAVITĂ²

Abstract

Micromagnetical Researches on Volcanic Rocks. The previously made attempts to recognize lava flow directions using micromagnetical field measurements did not lead to the current application of this method as the data obtained were totally lacking on determination. Due to the works of the authors the causes could have been established, and a micromagnetic research method using oriented samples, the single one allowing to limit or even completely reduce the indetermination, has been finalized. The structural significance of micromagnetical direction was checked by a series of double determinations both magnetical and geological. Thus the prospectors have at their disposal a geophysical method permitting them to recognize the flow direction even when geological data are missing, and which may be also utilized in the case of formations, from boreholes and galleries.

Introducere

Cercetările micromagnetice întreprinse de noi în domeniul formațiunilor eruptive au avut, în acest prim stadiu, un caracter experimental, urmărind să stabilească o metodică adecvată de măsurare și prelucrare a datelor, în vederea determinării direcțiilor de mișcare a lavelor pînă în momentul solidificării lor. După cum se știe micromagnetometria a mai fost solicitată în această problemă, ea nu și-a găsit însă o aplicare curentă, fiind o metodă laborioasă și deseori cu rezultate nedeterminate.

Metodica stabilită de noi restringe nedeterminarea, permite prelucrarea automată a datelor și face posibilă cercetarea rocilor provenite din deschideri artificiale (sonde și galerii).

¹ Comunicată în ședință din 10 mai 1973 a IGA, București.

² Institutul de geologie și geofizică str. Caransebeș nr. 1, București.

Experimentările s-au efectuat asupra unor andezite pliocene din regiunea Baia Mare, mai precis din formațiunile ce formează Masivul Ighiș, Dealul Hircea și Dealul Strîmba, unde magmatismul neogen a avut o mare dezvoltare.

Acste roci sunt cunoscute ca diferite tipuri de andezite piroxenice (hipersten, augit), destul de proaspete, cu o textură uneori fluidală, care formează largi curgeri de lave ce acoperă formațiunile anterioare, sedimentare și eruptive (Tortonian-Pliocen inferior).

Luerări execute și rezultate obținute în metrologia și prelucrarea datelor micromagnetice

Lucrările de teren au început după metodologia devenită clasică prin măsurători ΔZ pe rețelele pătratice, cu echidistanță stațiilor de 3 m. S-a folosit în acest scop un variometru vertical de tip Fanselau. Datele de măsurătoare au fost reprezentate mai întii pe hărți cu izolinii și apoi prelucrate statistic pentru a evidenția principalele direcții de dezvoltare a microanomalialilor. Analiza statistică a urmat calea indicată de Laubach (1953), luând în considerare azimutul liniilor de egală valoare

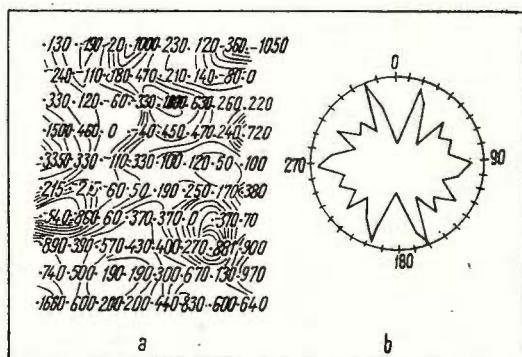


Fig. 1. — Harta (a) și diagrama (b) microanomalialilor magnetice măsurate pe andezitul piroxenic panonian din masivul Ighiș — Vf. Pleșu (Baia Mare). Echidistanță stațiilor 3 m.

Carte (a) et diagramme (b) des micro-anomalies magnétiques mesurées sur l'andésite pyroxénique pannionien du massif d'Ighiș — Sommet de Pleșu (Baia Mare). Equidistance des points de mesure 3 m.

În ceea ce tocmai se poate observa, s-au eșantionat izoliniile, s-a măsurat orientarea fiecărui segment în parte și s-a stabilit numărul de cazuri care se întâlnesc în fiecare interval de 10° . Acestea s-au reprezentat procentual pe o diagramă circulară pe care apar astfel direcția sau direcțiile preferențiale ale micro-izoanomalelor. În cea mai mare parte a cazurilor au apărut o serie întreagă de direcții, cu ponderi sensibil egale, pentru care nu s-au putut recunoaște semnificațiile geologice. Ca exemplu redăm în figura 1 rezultatele micropanoului măsurat pe versantul de SW al Ighișului (vf. Pleșul). Sintem în prezență unui caz tipic de nedeterminare a datelor micromagnetice; el nu reprezintă însă un fenomen izolat, cea mai mare parte a micropanourilor

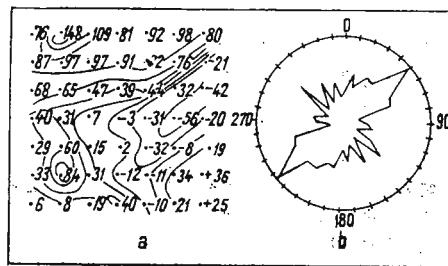
măsurate de noi, sau de alți cercetători, pe ariile de dezvoltare a formațiunilor eruptive au furnizat rezultate asemănătoare.

Analiza datelor micromagnetice obținute la Baia Mare a condus la următoarele concluzii :

a) Microanomaliile generate de formațiunile eruptive neogene au dimensiuni decimetrice sau cel mult metrice ; prin urmare nu poate fi

Fig. 2. — Harta (a) și diagrama (b) microanomaliilor magnetice măsurate pe andezitul piroxenic panonian din Dealul Hircea (Baia Mare). Echidistanța staților 1 m.

Carte (a) et diagramme (b) des micro-anomalies magnétiques mesurées sur l'andésite pyroxénique pannonien de la Colline Hircea (Baia Mare). Equidistance des points de mesure 1 m.



vorba de o cunoaștere fidelă a lor prin măsurători executate pe microretele obișnuite.

b) Cercetarea statistică a microanomaliilor măsurate în terenuri eruptive evidențiază o serie întreagă de direcții, datorate în parte unor cauze geologice, în parte erorilor legate de insuficiența cunoaștere a cîmpului magnetic. Între cauzele geologice includem direcția de curgere a lavelor, fisurația rocii, relieful îngropat și elementele mari de rocă prinse în pătura de sol. Dintre acestea doar prima generează efecte utile pentru rezolvarea obiectivului geologic propus. Celelalte, împreună cu erorile de măsurare și reprezentare le vom numi cu un termen general zgomote.

Față de aceste observații ne-am propus mai întii să rezolvăm problema cunoașterii fidele a cîmpului de microanomalii. În acest scop s-a ales rețeaua de măsurătoare de la caz la caz, în funcție de dimensiunile microanomaliilor, astfel încît între două puncte de măsurătoare variația să poată fi considerată liniară, în limita de eroare a instrumentului. Respectind această condiție s-a ajuns în unele cazuri la observarea cîmpului magnetic pe microretele cu echidistanță stațiilor atât de mică încît suprafața măsurată n-a depășit zona de aflorare. S-a făcut astfel un prim pas, eliminând erorile datorate necunoașterii fidele a cîmpului, precum și cele ce apăreau în legătură cu pătura de sol (relieful îngropat și natura scheletică a solului). Dintre aceste rezultate prezintă în figura 2 rezultatele micropapanoului măsurat la sud de Dealul Hircea, pe pîrul Valea Strîmbă. Aici, în masa andezitelor s-au putut recunoaște planurile de curgere (sîntem în cazul unor curgeri interstratificate cu piroclastite) și s-au măsurat principalele direcții de fisurare a rocii. Diagrama statistică a acestui panou se poate citi fără dificultate, nivelul zgomotelor este redus, direcția ramurii principale coincide cu direcția de curgere observată de noi pe teren. Acest rezultat remarcabil s-a obținut datorită faptului că măsurătorile s-au putut extinde pe un afloriment cu o suprafață plană de circa 30 m². Situații

asemănătoare se întâlnesc însă foarte rar în regiune, iar măsurătorile pe roci cu morfologie complicată, partiajă îngropate în pătura de sol, s-au dovedit practic inutilizabile. Această observație ne-a determinat să verificăm posibilitățile metodei micromagnetice în cazul măsurătorilor pe suprafete foarte reduse, care să nu depășească aria de aflorare. Pentru ca valorile măsurate să aibă un caracter strict local a fost utilizat un variometru cu ferosondă. Primele măsurători pe aflorimente au fost efectuate

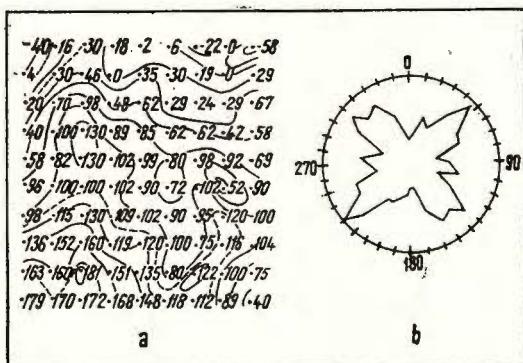


Fig. 3. — Harta (a) și diagrama (b) microanomalialor magnetice măsurate pe andezitul piroxenic panonian ce aflorează la Firiza (NE Baia Mare). Echidistanța stațiilor 10 cm.

Carte (a) et diagramme (b) des micro-anomalies magnétiques enrégistrées sur un échantillon d'andésite pyroxénique pannionien qui affleure à Firiza (à NE de Baia Mare). Equidistance des points de mesure 10 cm.

pe rețele cu echidistanță de 10 cm, așezind magnetometrul la numai 5–10 cm de suprafața rocii. S-au căutat în acest scop suprafete pe cît posibil plane și orizontale. Datele obținute au un nivel de zgome simțitor mai redus, pe diagrama statistică se individualizează ramuri corespunzînd direcției de curgere a lavelor și direcțiilor de fisurare a rocii vulcanice.

Direcția de curgere a lavelor se reflectă în morfologia microanomalialor provocate de magnetita prezintă printre mineralele accesori ale rocilor vulcanice, pentru că mineralele preexistente solidificării sunt dispuse spațial conform direcției de deplasare a lavelor. Deplasarea își lasă astfel amprenta pînă în cele mai restrînse domenii ale rocii și ea poate fi recunoscută micromagnetic pe suprafete mari, în aflorimente, sau chiar pe eșantioane.

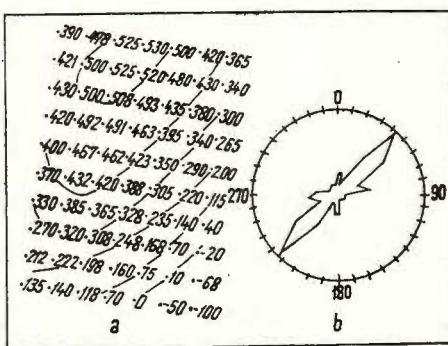
Fisurile se reflectă în cîmpul de microanamomaliu datorită faptului că ele îintrerup unitatea magnetică a rocilor. Compartimentarea modifică în mod semnificativ alura cîmpului anomal prin apariția unor cîmpuri suplimentare, demagnetizante, în zona de separație. Acest efect, apare obîșnuit în diagrama statistică cu frecvență redusă în raport cu efectul curgerii. În cazul rocilor eruptive însă, cele două efecte apar adesea cu frecvențe comparabile. Așa spre exemplu, în figura 3, diagrama panoului măsurat în Valea Firiza, la nord de Baia Mare, pune în evidență două direcții comparabile atât ca frecvență cât și ca dispersie. Aceste direcții, perfect superpozabile cu cele măsurate de noi pe teren, reprezintă direcția de curgere ($N 50^{\circ}W$) și respectiv principala direcție de fisură ($N 50^{\circ}E$).

Revenind la rezultatele de la sud de Dealul Hircea (fig. 2), unde direcția sistemului de fisuri ($N 30^{\circ}E$) este foarte apropiată de direcțiile de

curgere ($N\ 35^{\circ}E$ și $N\ 55^{\circ}E$) observate de noi pe teren, remarcăm că pe diagramă apare o singură ramură cu dezvoltare mare, acoperind întregul sector între 10° și 70° . Sintem prin urmare în prezență unui cumul de efecte ce nu pot fi diferențiate statistic. Acest rezultat ne-a făcut să ne gîndim la reducerea suprafeței de măsurat pînă la o limită la care fisurile să devină neimportante și efectul lor nesemnificativ în raport cu cel al direcțiilor de curgere. Așa s-a ajuns la ideea determinărilor pe probe

Fig. 4. — Harta (a) și diagrama (b) microanomalialor magnetice înregistrate pe un eșantion de andezit piroxenic panonian recoltat din Dealul Hircea (NE Baia Mare). Echidistanța stațiilor 1 cm.

Carte (a) et diagramme (b) des micro-anomalies magnétiques enregistrées sur un échantillon d'andésite pyroxénique pannonien prélevé de la Colline Hircea (à NE de Baia Mare). Equidistance des points de mesure 1 cm.



orientate. Măsurările pe un eșantion recoltat din aflorimentul amintit ne-a oferit un rezultat remarcabil : pe diagrama statistică (fig. 4), apare o singură direcție, clar exprimată, cu dispersie mică, marcind jumătatea sectorului $N\ 35^{\circ} — 55^{\circ}\ E$ în care se înscriu direcțiile de curgere observate de noi pe teren.

Măsurările micromagnetice pe eșantioane s-au efectuat cu o ferosondă, punctele de observație au fost dispuse pe rețele patratice, cu ochiul de $1\ cm \times 1\ cm$. Efectele de margine s-au evitat prin limitarea suprafeței măsurate la zona centrală a eșantionului. Pentru a evita efectele de relief, probele au fost tăiate sub formă de plăci cu fețe paralele. Pentru a evita variațiile în spațiu ale cîmpului geomagnetic, ferosonda a fost menținută într-o poziție fixă, iar rețeaua a fost parcursă prin deplasarea probei.

În ceea ce privește prelucrarea datelor micromagnetice, eforturile noastre au fost îndreptate în sensul reducerii timpului de lucru prin introducerea calculului automat. În acest scop am utilizat ca element de cercetare statistică gradientul maxim orizontal așa cum propune J o g o l e v (1959) care a atras atenția asupra erorilor introduce la trasarea grafică a linilor de egală valoare. În ceea ce ne privește, utilizarea gradientului ne avantajează pentru că el poate fi calculat matematic pe baza valorilor măsurate la nodurile rețelei și astfel analiza statistică se pretează calculului automat. Noi am stabilit de fapt, pentru fiecare nod, direcția normală la gradientul maxim (tangenta la linia de egală valoare) deoarece acest element are corespondențe petro-structurale directe.

Algoritmul de calcul se bazează pe faptul că gradientul maxim se poate calcula ușor pentru toate nodurile unei rețele de măsurători mag-

netice cu ochiurile patratice. Se calculează mai întii azimutul gradientului pentru toate combinațiile de trei valori măsurate în puncte echidistante situate pe direcții ortogonale. Se stabilește apoi numărul gradientilor pentru fiecare interval de 10° și se normează cu numărul maxim, mărimea obținută transformindu-se în final în lungimi la scara de reprezentare stabilită. Pentru întocmirea diagramei statistice lungimile s-au înscris la mijlocul fiecărui interval. Reprezentarea diagramelor s-a făcut automat pe baza unui program întocmit pentru ploterul calculatorului Hewlett-Packard.

Semnificația structural-geologică a direcțiilor micromagnetice

Lucrările micromagnetice cu caracter experimental, executate pînă acum pe roci eruptive cu direcții de curgere cunoscute, n-au verificat cu certitudine semnificația structural-geologică atribuită apriori direcțiilor magnetice, din cauza ambiguității datelor. În aceste condiții, rezultatele au fost puse deseori, pe bună dreptate, sub semnul întrebării. După cum am arătat în prima parte a lucrării, odată cu restrîngerea nedeterminării datelor, prin metodica de lucru adoptată, am putut stabili relația cauză-efect în cazul microanomalilor magnetice din domeniul eruptivului.

Pentru a extinde valabilitatea concluziilor și în cazul măsurătorilor pe probe orientate am efectuat o serie de determinări duble, magnetice și de observație directă, pe aceleași suprafete. Determinarea directă a constat în observarea și analiza statistică a orientării cristalelor cu habitus prismatic.

În ultimele decenii s-a acordat o atenție deosebită orientării cristalelor din masa rocilor eruptive, cu scopul de a obține informații de ordin structural. Liniaritatea disponerii cristalelor a fost inclusă de Closs (1946) printre elementele de definire a structurii liniare, folosind denumirea de „liniație” (un termen pur descriptiv). Același autor stabilește legătura dintre texturile de curgere și sistemul de crăpături al rocilor intrusive, prezintînd statistic rezultatele, pe diagrame structurale.

Metode petro-structurale au fost aplicate și în țara noastră de către Savul, Barbă și Szöke. Metodica s-a dovedit deosebit de laborioasă implicînd un număr mare de măsurători în teren și laborator. Aceste dificultăți sunt eliminate în cazul cercetării micromagnetice care au aplicabilitate practic nelimitată, condiționată doar de prezența magnetitei, mineral aproape nelipsit în cazul rocilor eruptive. Observația ne-a făcut să insistăm pentru a stabili cu certitudine semnificația structural-geologică a microanomalilor și a direcțiilor ce apar pe diagrama statistică.

După cum se știe, cristalele mari din masa vulcanice sunt formate printr-o cristalizare timpurie, de adincime. În condițiile de ascensiune sau de curgere a magmelor aceste cristale au o tendință de aliniere,

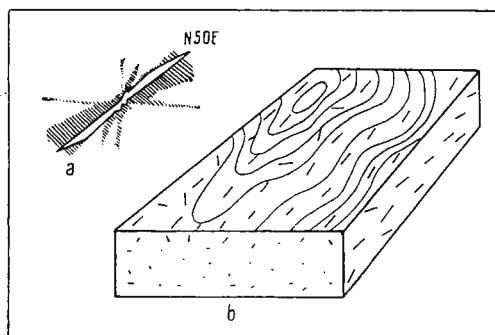


mai evidentă la cele cu habitus prismatic. Sunt cunoscute alinieri paralele ale cristalelor alungite de feldspat, amfiboli și piroxeni în pasta bazaltelor, andezitelor etc. În această situație direcția de deplasare a magmei poate fi reconstituită după direcția de orientare a cristalelor prismatice din rocă.

În cadrul determinării experimentale duble s-a măsurat pe 10 eșantioane cîmpul micromagnetic și orientarea fenocristalelor de hipersten. Elementul cel mai important al orientării cristalelor este, evident, direcția axului C , care s-a stabilit după fețele (010) sau (100). S-a măsurat pe fiecare

Fig. 5. — Orientarea fenocristalelor de piroxen (a) și microanomalia magnetică (b) a unui andezit piroxenic pannonian. Eșantionul provine din masivul Ighiș (Baia Mare).

Orientation des phénocristaux de pyroxène (a) et microanomalie magnétique (b) d'un andésite pyroxénique pannonien. Echantillon provenu du massif d'Ighiș (Baia Mare).



eșantion orientarea a 200—500 cristale și s-a stabilit numărul lor pentru fiecare interval de 10°. Analiza statistică și reprezentarea acestor date a urmat calea descrisă pentru elementele magnetice. Corespondența dintre principalele direcții ale microanomalialilor și ale orientării cristalelor este sugestiv ilustrată printr-un caz real (fig. 5). Se prezintă schematic structura eșantionului și suprapus microanomalia măsurată. În partea stângă a figurii apar diagramele structurale ale orientării cristalelor (hașurat) și ale direcțiilor magnetice (contur plin).

În figura 6 sunt comparate diagramele stabilite în urma determinării duble efectuate pe zece probe de andezit cu piroxen. Identitatea diagrameelor magnetice cu cele ale orientării cristalelor este surprinzătoare. Ele corespund nu numai în ceea ce privește direcțiile dar și asemănarea morfologică este remarcabilă.

În tabelul ce urmează se pot urmări abaterile dintre cele două direcții, una rezultînd din distribuția spațială a magnetitei, cealaltă din orientarea fenocristalelor de piroxen.

Din tabel rezultă o strînsă apropiere, uneori pînă la identitate, între cele două direcții. Diferențele care depășesc 10° apar în cazul unor roci atit de puternic fisurate încît fisurile se pot observa pînă la dimensiunile eșantionului.

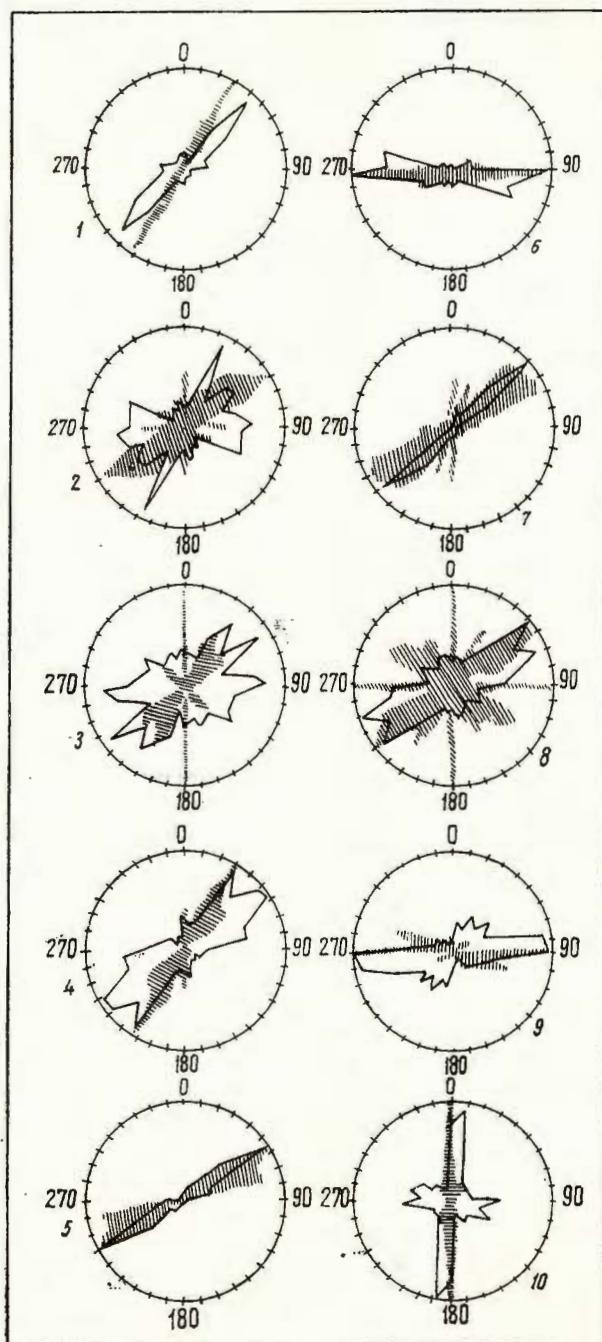


Fig. 6. — Diagramele magnetice și de orientare a cristalelor de piroxen măsurate pe eșantioane de andezite pannoniene recolțate din masivul Ighiș și Dealul Hircea (Baia Mare).

Diagrammes magnétiques et d'orientation des cristaux de pyroxène mesurés sur des échantillons d'andésites pannoniens prélevés du massif d'Ighiș et de la Colline Hircea (Baia Mare).

TABEL

Direcțiile de curgere a andezitelor din zona Ignis și Hîrcea-Strîmba

Nr. crt.	Locul recoltării	Direcția principală		Abateri
		Determinări magnetice	Determinări pe piroxeni	
1	N Dl. Bodî	33°	46°	- 13°
2	Dl. Igniș	86°	60°	+ 23°
3	Dl. Hîrcea	55°	30°	+ 5°
4	Car. Limpedea	32°	30°	+ 2°
5	Vl. Limpedea	59°	59°	0°
6	Vf. Pleșa	90°	90°	0°
7	E Piatra Marcului	49°	60°	- 11°
8	Vf. Berdului	50°	50°	0°
9	Vf. Firiza	90°	90°	0°
10	Car. Jidovoiaia	10°	0°	+ 10°

Concluzii

Pentru adaptarea micromagnetometriei (metodă cu rezultate remarcabile în metamorfic și sedimentar) la studiul rocilor eruptive a trebuit să parcurgem drumul de la analiza cîmpului de microanomalii măsurat în teren pe rețele obișnuite (3×3 m), la cel măsurat pe rețele reduse (10×10 cm) și în final pe rețele de ultradetaliu (1×1 cm) pe probe orientate. Scopul acestor cercetări a fost restrîngerea ambiguității datelor pentru obținerea unor informații certe privind elementele direcționale ale rocilor eruptive, în vederea separării diverselor curgeri de lave la stabilirea structurii primare a aparatelor vulcanice. Această problemă este deosebit de importantă, mai ales în condițiile în care de aparatele vulcanice sănătate mineralizații de interes economic.

Conchidem că pentru a stabili direcția de curgere a lavelor pînă în momentul consolidării lor, cercetarea micromagnetică trebuie făcută pe probe de rocă orientate. Datele astfel obținute nu prezintă nedeterminări și direcțiile magnetice obținute reflectă pînă la identitate direcția de curgere a lavelor.

În condițiile nou create, în care măsurările micromagnetice pe eșantioane pot furniza elemente de informare privind deplasarea lavelor, și aceste elemente se pot obține acum într-un timp foarte redus (măsurarea și prelucrarea datelor nu depășesc 30 de minute pentru o probă), apare deosebit de utilă trecerea acestei metode în practica curentă geologică. Utilizarea micromagnetometriei este în special indicată atunci cînd structurile vulcanice nu pot fi conturate prin observație directă. Aplicarea cu succes a metodei este condiționată de recoltarea unui număr suficient de probe orientate din formațiunea de studiat.



BIBLIOGRAFIE

- Badgley C. P. (1965) Structural and Tectonic principles.
- Cloos E. (1936) Einführung in der Geologie, Berlin.
- Gheorghită I., Popescu M. (1963) Cercetări geologice în regiunea Firiza-Izvoare-Crăcești. *D. S. Com. Geol.* XLVI, București.
- (1954) Contribuții la cunoașterea eruptivului neogen din regiunea Remeți-Săpința-Sărășau. *D. S. Com. Geol.*, L/2, București.
- Giuşcă D. et al. (1973) Neogene vulcanism and metallogenesis in the Gutăi mountains, Guide to excursion IAB. Symposium vulcanism București.
- Jogolev L. P., Gran B. V. (1959) Neotorie voprosi micromagnetnoi siomki, Leningrad.
- Lauterbach R. (1953) Micromagnetik ein Hilfsmittel geologischer Erkundung, *Wissensch.Z. Karl Marx Univ. Matem.-Naturw. Reihe*.
- Polonici P., Polonici Gabriela (1962) Contribuționi la studiul geologic al regiunii Chiuzbaia (Baia Mare). *D. S. Com. Geol.* XLVII, București.
- Rădulescu D., Lang B. (1973) Sugestii privind interpretarea structurii geologice a părții de nord a munților Gutii, *D.S.I. Geol.* LIX/5, București.
- Romanescu D. (1961) Cercetări magnetice asupra eruptivului neogen din partea de est a Munților Metaliferi (Baia de Arieș-Zlatna); *Congresul Carpato-Balcanic V*, București.
- Szöke Amália (1963) Cercetări petrografice și de analiză structural-petrologică în valca Firiza (Baia Mare) *St. Cerc. Geol.* VIII, 1 București.
- Vendei M. (1959) A közétmeghatározás módszertana. Cap. Körzetszerkezeti elemzés, Budapest.

RECHERCHES MICROMAGNETIQUES SUR LES ROCHES VOLCANIQUES

(Résumé)

L'ouvrage présente les résultats obtenus au sujet de l'amélioration des méthodes de travail et d'interprétation des données dans le domaine de la micromagnétométrie appliquée à l'examen des roches volcaniques. Les tentatives faites auparavant, pour établir la direction d'écoulement des laves, n'ont pas conduit à l'application courante de cette méthode vu que les résultats obtenus présentaient souvent un degré élevé d'indétermination.

Les auteurs ont eu pour but d'obtenir des images micromagnétiques à significations structurales certaines. A cette fin on a effectué de nombreuses expériences méthodologiques de laboratoire et *in situ*, sur les andésites pyroxéniques d'âge pliocène de la région de Baia Mare.

En terrain on a mesuré tout d'abord une série de panneaux communs avec des stations équidistantes (3×3 m). Ces premiers travaux ont indiqué les faits suivants :

1. Dans les terrains où les roches volcaniques se retrouvent fréquemment, le champ de microanomalies est insuffisamment connu pour un degré de détail commun;
2. La microstructure du champ magnétique est due à des causes multiples : la direction d'écoulement des laves, la fissuration, le relief enterré et la structure squelettique de la couverture.



Pour mieux connaître le champ de microanomalies on a graduellement réduit la distance entre les stations et par suite la superficie mesurée, qui à la fin se limitait à l'affleurement de la roche. Ainsi, on a pu connaître le champ magnétique dans ses moindres caractéristiques et on a réduit l'indétermination des données par l'élimination des effets liés à la couverture.

Finalement, on a réussi la séparation de l'effet d'écoulement par rapport à celui des fissures, par le même procédé, en réduisant la superficie mesurée jusqu'à rendre insignifiant l'effet des fissures. Ainsi, on est arrivé à initier des déterminations micromagnétiques sur échantillons orientés de roches.

Dans les déterminations de laboratoire on a utilisé une férosonde, spécialement adaptée à l'investigation de la surface de la roche à petite distance, sur un réseau rectangulaire de 1/1 cm.

Les images obtenues se sont avérées être les seules capables d'exprimer la structure intime des roches formées dans le processus d'écoulement.

La signification des directions micromagnétiques a été vérifiée avec certitude à l'aide d'une série de déterminations doubles, magnétiques et géologiques sur les mêmes surfaces. Pour connaître la direction d'écoulement, on a mesuré et analysé du point de vue statistique les orientations des cristaux de pyroxène de la masse de l'andésite.

La direction d'écoulement des laves au moment de leur consolidation se reflète dans le champ des microanomalies magnétiques grâce à la magnétite, qui préexistait à la solidification et qui s'est arrangée selon la direction de déplacement.

L'application de cette méthode est extrêmement utile quand les contours des structures volcaniques ne peuvent pas être établis à l'aide des observations géologiques.

Les déterminations sur échantillons orientés rendent possible l'investigation micromagnétique des formations rencontrées dans les forages et les galeries de mines.





Institutul Geologic al României

ANALIZA SPECTRALĂ COMPLEXĂ A CUTREMURULUI VRÎNCEAN DIN 2 OCTOMBRIE 1970¹

DE

SIEGLINDE IOSIF, TRAIAN IOSIF²

Abstract

Complex Spectral Analysis, of the Vrancean Earthquake on October 2, 1970. Autocorrelation, power spectral density, response spectra and Fourier analysis functions were obtained using a digital computer, for the earthquake on October 2, 1970 in the Vrancea- region.

Introducere

Primele cercetări de analiză spectrală a oscilațiilor seismice generate de cutremurele din zona de curbură a munților Carpați au fost abordate de T. Iosif (1966) și T. Iosif, S. Iosif (1968). Aceste studii au fost extinse ulterior asupra cutremurilor apropiate ($\Delta = 2 - 12^\circ$), produse în regiunea Carpato-Balcanică și înregistrate la stațiile seismice românești (T. Iosif, S. Iosif, 1969).

În lucrarea de față vom prezenta rezultatele studiului spectral complex al undelor seismice generate de un cutremur din Vrancea : funcții de caracterizare statistică și spectrul de răspuns.

Materialul de observație

În România principalul focar seismic este cel din Vrancea. Numeroase cercetări consacrate acestui focar au arătat că în această regiune se produc atât cutremure normale cât și adânci.

¹ Susținută în ședința de comunicări a Institutului de geologie și geofizică din 21 II, 1975.

² Institutul de geologie și geofizică, Str. Caransebeș nr. 1, București.



Toate epicentrele seismelor adinci sunt distribuite într-o zonă rectangulară, relativ mică, orientată N33°E (fig. 1—I). Cutremurele cu $M \geq 3,5$ se produc în general la adâncimi cuprinse între 80 și 160 km. řouri mai slabe au loc însă și la adâncimi mai mici, astfel că putem considera că zona hipocentrică se întinde de la suprafața Pământului pînă la 160 km.

Cutremurele normale au epicentrele situate într-o zonă care se întinde de la nord de Tecuci pînă la Urziceni (fig. 1—II). Focarele lor sunt localizate în trepte pe cîteva linii seismice, orientate SE—NW.

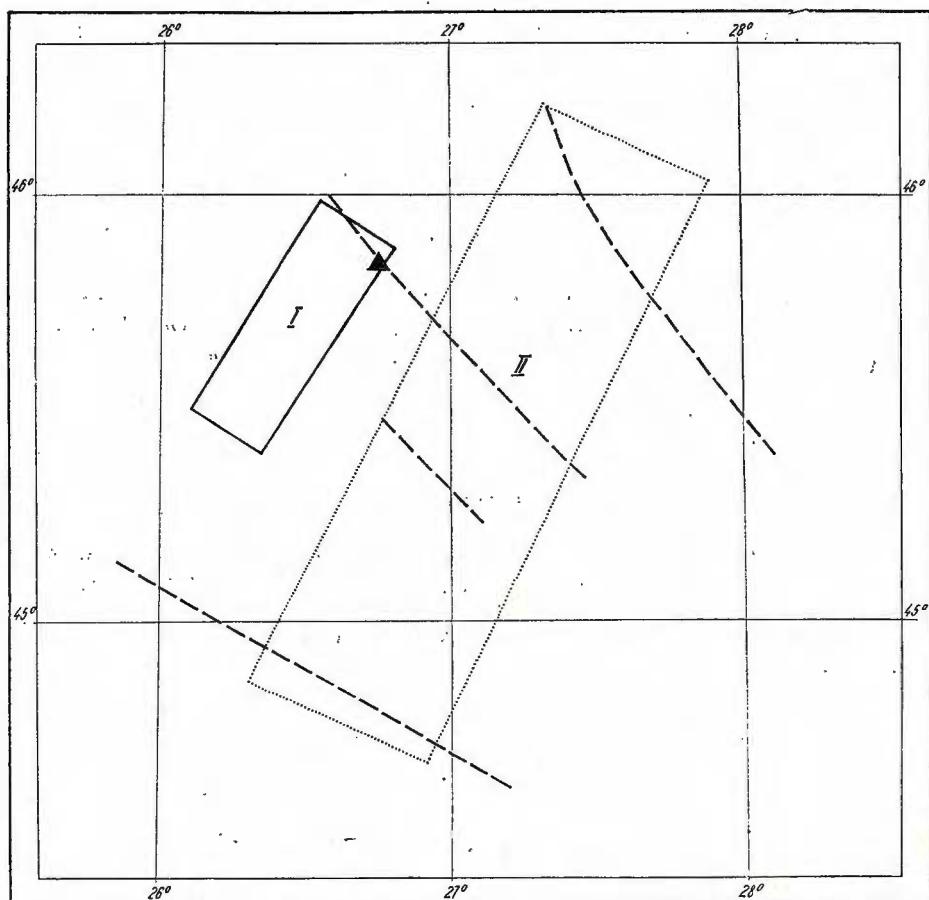


Fig. 1. — Distribuția epicentrelor cutremurelor adinci (I) și de mică adâncime (II).
Distribution des épcentres de séismes profonds (I) et de petite profondeur (II).

Cercetarea de față se încadrează într-un studiu mai amplu întreprins de noi asupra caracteristicilor spectrale ale oscilațiilor seismice generate de focișul din Vrancea. Cutremurele de intensitate medie ($M \approx 4-5$)

sînt lizibile pe înregistrările pendulilor mecanici. Însă pentru prelucrarea acestor date sînt necesare corecții privind : **a)** influența lungimii finite a brațului înregistrator ; **b)** devierea direcției stilului de la poziția de zero. Seismogramele pendulilor foto, care pot fi analizate direct în vederea digitizării datelor, sînt utilizabile numai pentru cutremurele slabe.

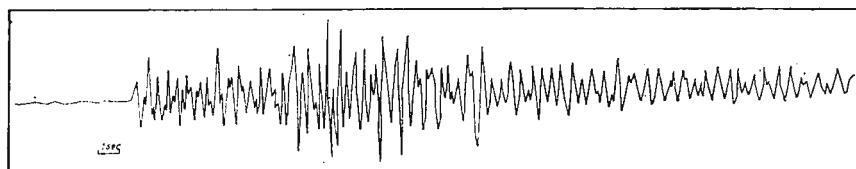


Fig. 2. — Înregistrarea cutremurului 1970. X. 2 la stația seismică Vrincioaia, componenta Z.
Enregistrement du séisme du 2.X.1970 à la station séismique de Vrincioaia, composant Z.

În prima etapă am luat în considerație înregistrările obținute la stația seismică Vrincioaia. Aici funcționează seismografi VEGIK de scurtă perioadă, adecvați pentru studiul cutremurelor locale.

Cum stația Vrincioaia este amplasată în interiorul zonei epicentrale I (fig. 1), oscilațiile seismice au în punctul de observație o incidentă aproape normală. De aceea am analizat componenta verticală.

Dintre evenimentele seismice, care se produc cu o frecvență destul de mare în Vrancea, am selectat unul a cărui înregistrare permite o bună analiză a amplitudinilor și perioadelor pentru întreaga durată de oscilație a undelor seismice.

Parametrii cutremurului studiat sunt :

Data	H	S - P	M
2 X 1970	03 ^h 03 ^m	7,5	1,1

În procesul de prelucrare seismograma originală s-a mărit astfel încît lungimea obișnuită de 60 mm a unui minut a devenit 314 mm. Această scară asigură o analiză satisfăcătoare în procesul de digitizare, care a cuprins atât faza *P* cît și *S*.

Calculele au fost efectuate la Institutul Internațional de Seismologie și Seismologie Inginerească de la Tokyo.

Analiza oscilațiilor solului

Mișcarea solului provocată de undele seismice poate fi considerată ca un fenomen întimplător și în acest caz poate fi caracterizată prin funcții

statistice. În cele ce urmează prezentăm grafic rezultatele calculului acestor funcții (Anthony, Wilf, 1960) :

Distribuția densității de probabilitate

$$P(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\text{Prob } [x < x(t) < x + \Delta x]}{\Delta x}$$

pentru cutremurul studiat este ilustrată în figura 3, unde s-a considerat că deviația standard este $\varepsilon = 1,0$.

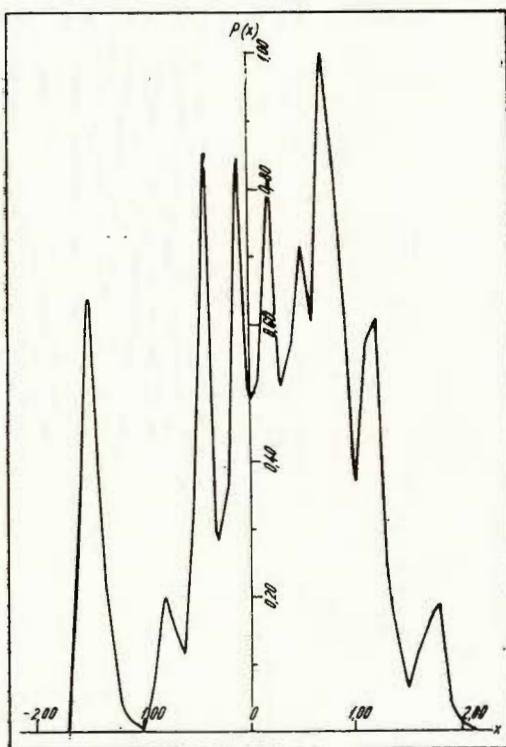


Fig. 3. — Distribuția densității de probabilitate.
Distribution de la densité de probabilité.

Funcția de autocorelare

$$R_x(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t) x(t + \tau) dt$$

este reprezentată în figura 4. Autocorelarea este mare pentru $t = 0$, descrește rapid pînă la $t = 0,25$ și păstrează în continuare valori \approx constante.



Densitatea spectrală de putere (fig. 5—)

$$P(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} w(p) e^{-i2\pi fp} dp$$

și densitatea spectrală modificată (Fig. 5 ...) indică un maxim principal la frecvență $f = 3,57$ Hz și un maxim secundar la $f = 2,77$ Hz.

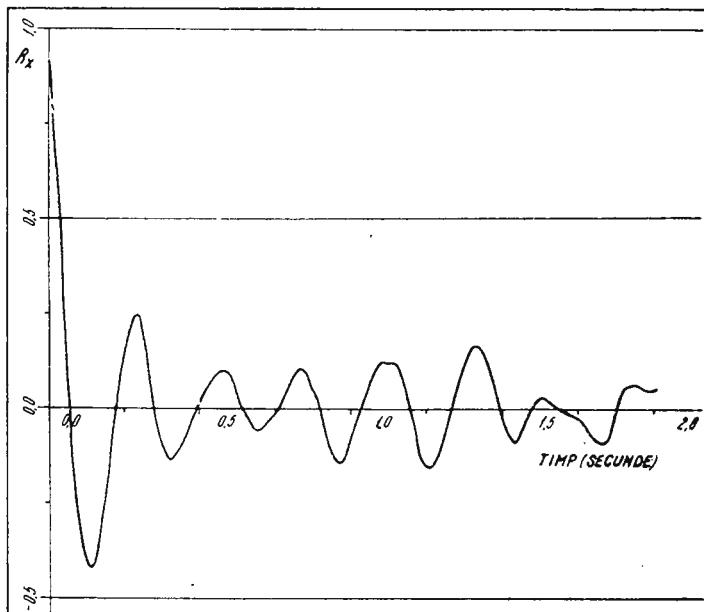


Fig. 4. — Funcția de autocorelare. Fonction d'autocorrélation

Spectrul de răspuns. Printre multiplele moduri de a caracteriza un cutremur de pămînt, spectrul de răspuns este probabil cel mai comun folosit. De mare utilitate practică, în special în proiectarea antiseismică a construcțiilor, spectrul de răspuns poate fi exprimat atât pentru viteze (S_v) cât și pentru deplasări (S_d) și accelerări (S_a). De fapt aceste spectre se pot calcula unul din celălalt, între ele existând relațiile $S_a = \omega S_v$ și $S_d =$

$$= \frac{1}{\omega} S_v \text{ unde}$$

$$S_v = \int_0^t y_0(\tau) e^{-h \omega (t-\tau)} \sin \omega (t-\tau) d\tau$$

pentru o structură elastică cu un singur grad de libertate, care este subiectul unei deplasări y_0 ; h este factorul critic de amortizare, $\omega = \frac{2\pi}{T}$.

T —perioada de oscilație a structurii. Aceste spectre sunt reprezentate grafic în figurile 6, 7, 8 pentru diferite valori ale factorului de amortizare

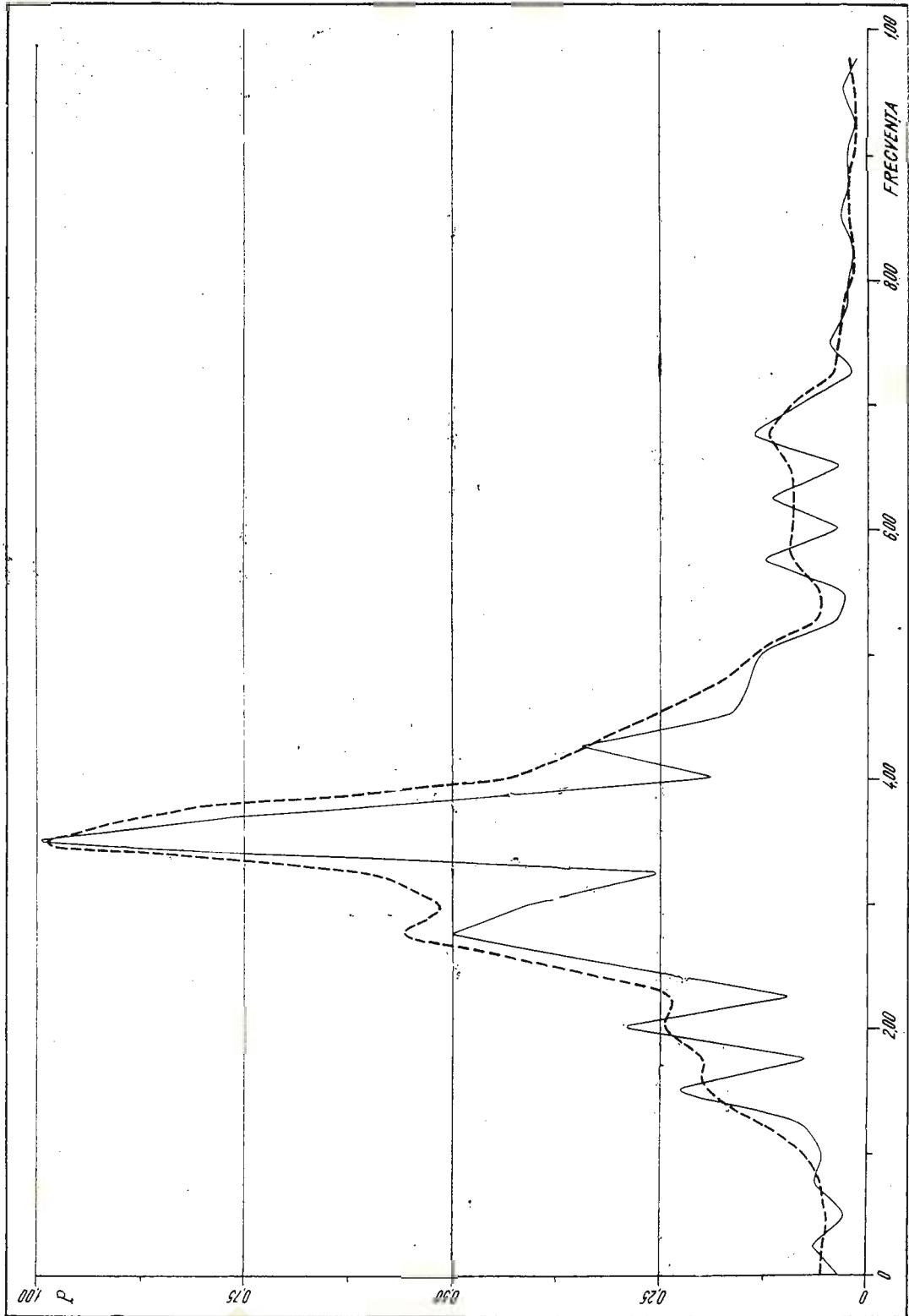
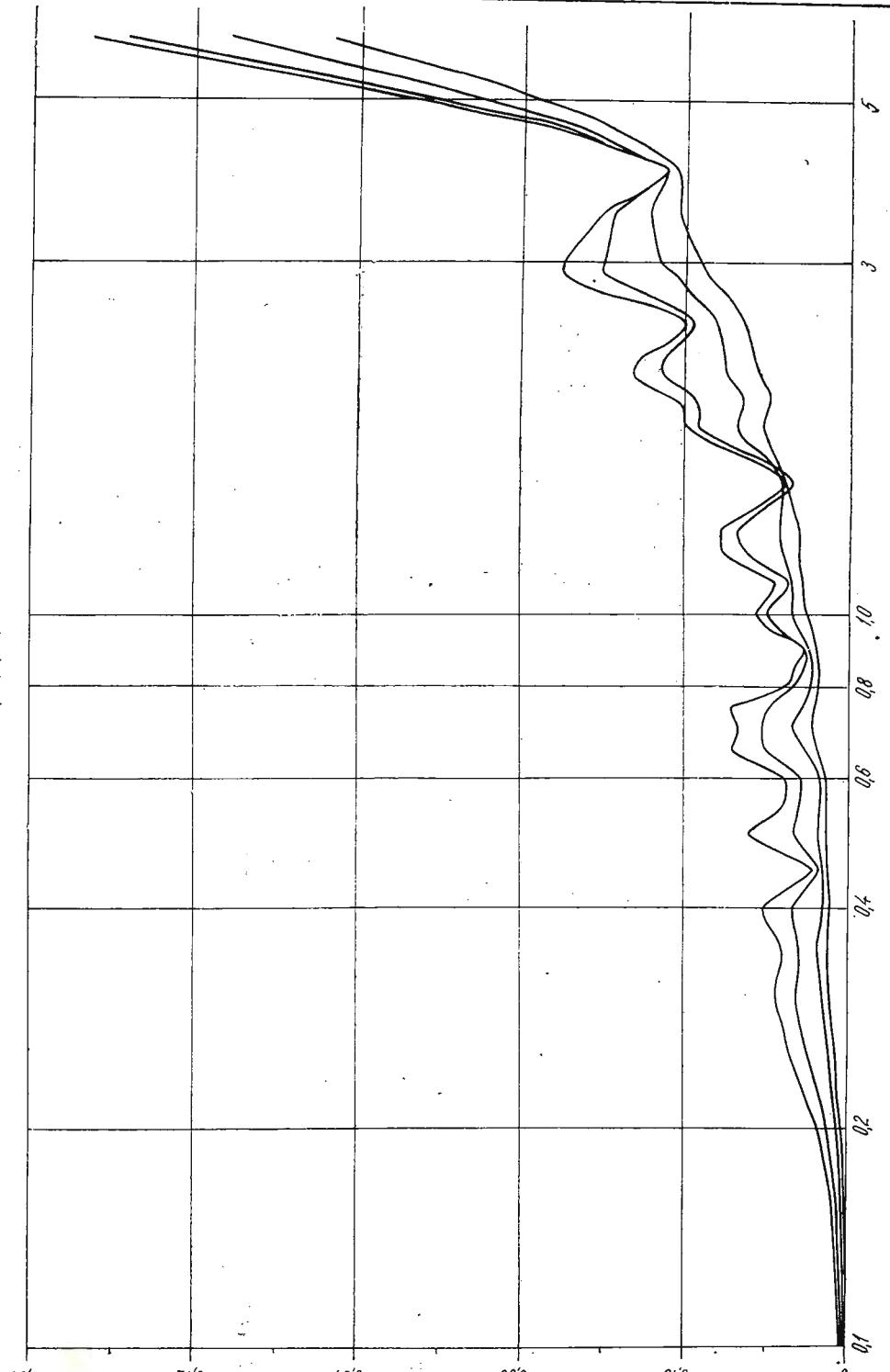


Fig. 5. — Funcțiile de densitate spectrală (—) și densitate spectrală modificată (...).

Fonctions de densité spectrale (—) et de densité spectrale modifiée (...).

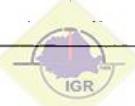
RAPORT DE AMORTIZARE
(0,0; 0,01; 0,05; 0,10)



PERIODA NATURALĂ NEAMORTIZATĂ (secunde)

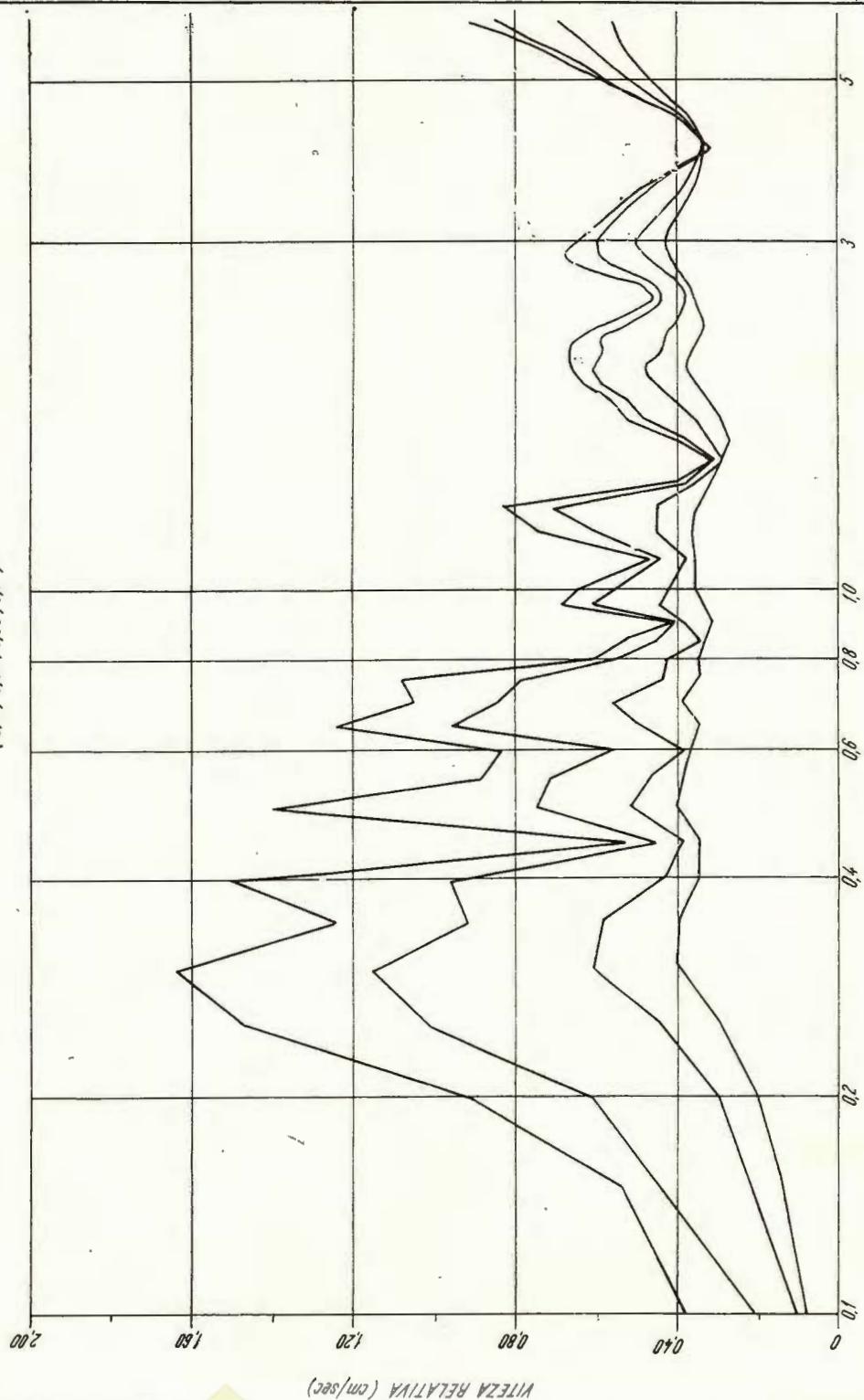
Fig. 6. — Spectrul deplasării.
Spectre du déplacement.

DEPLASAREA RELATIVĂ (cm)



Institutul Geologic al României

RAPORT DE AMORTIZARE
 $(0.00; 0.01; 0.05; 0.10)$



PERIODA NATURALĂ NEAMORTIZATA (secunde)

Fig. 7. — Spectrul vitezei.
 Spectre de la vitese.



PERIODA NATURALĂ NEAMORTIZATĂ (secunde)

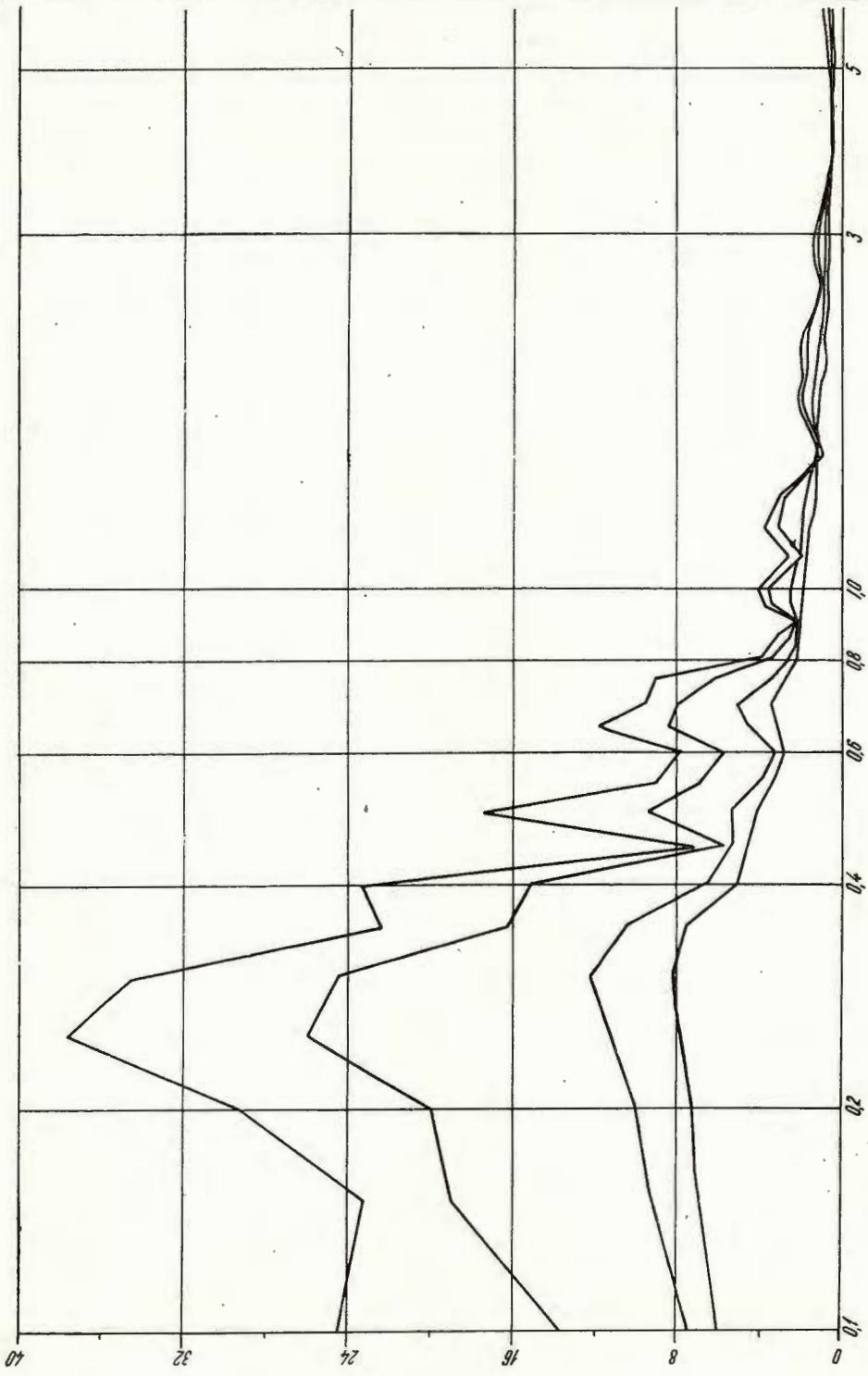


Fig. 8. — Spectrul accelerării.
Spectre de l'accélération.

($h = 0,0 ; 0,01 ; 0,05 ; 0,10$). În aceste grafice se observă că efectul amortizării este important: cu cît amortizarea unei structuri crește cu atit scade intensitatea spectrală.

Spectrul Fourier

$$S(f) = \int_0^t f(\tau) e^{-i2\pi f \tau} d\tau$$

este reprezentat în figura 9. Spectrul calculat a fost netezit (linie punctată) pentru a evidenția mai bine maximele. Graficul arată că oscilațiile cuprind o gamă largă de frecvențe, care au amplitudini mai mari în intervalul $1,5 - 5$ Hz. Maximul principal se află la frecvența $f = 3,5$ Hz. Se observă maxime secundare de ambele părți ale maximului principal.

Spectrul se caracterizează și printr-o lărgime relativ mare. Dacă considerăm această lărgime, convențional, ca fiind gama de frecvență în care ordonata este egală cu $1/2$ din amplitudinea maximului principal, atunci se obține valoarea $\delta f = 2,0$ Hz.

Observații finale

Regiunea Vrancea, prin frecvența și intensitatea seismelor pe care le generează, prezintă un interes deosebit, atât științific cât și practic.

Cutremurul analizat în această lucrare este de mică intensitate și are focarul situat în mantaua superioară, deasupra limitei de discontinuitate de la 85 km. Sunt în curs de prelucrare cutremure cu adâncimi mai mari, pînă la 160 km, adâncimea maximă a seismelor din această regiune.

Extrapolarea concluziilor obținute prin studiul cutremurelor slabă și foarte slabă, la cutremure de intensitate mai mare, trebuie confirmată pe baza analizei înregistrărilor efectuate cu aparatură corespunzătoare pentru deplasări mari. Pendulii mecanici care sunt în funcțiune la stațiile seismice românești s-au dovedit a fi indicații numai pentru înregistrarea cutremurelor de magnitudine $M < 6 \frac{1}{2}$. Amplasarea de noi stații în regiunea de curbură a Carpaților, dotate cu aparatură de joasă sensibilitate, ar da posibilitatea obținerii unui material de observație adecvat pentru analiza cutremurelor vrîncene.

Studiul inițiat aici urmează a fi extins asupra cutremurelor cu adâncimi și magnitudini diferite înregistrate la stațiile noastre seismice. Un interes deosebit prezintă, din punctul de vedere al cercetării abordate în această lucrare, înregistrările efectuate în zonele de pe teritoriul țării noastre unde intensitatea macroseismică este maximă.

Scopul acestei lucrări este de a pune, în țara noastră, bazele analizei spectrale complexe a undelor seismice generate de cutremure, pentru utilizarea ei în studiul proceselor fizice în focare, particularităților mediului de propagare și a interacțiunii sol-construcții.



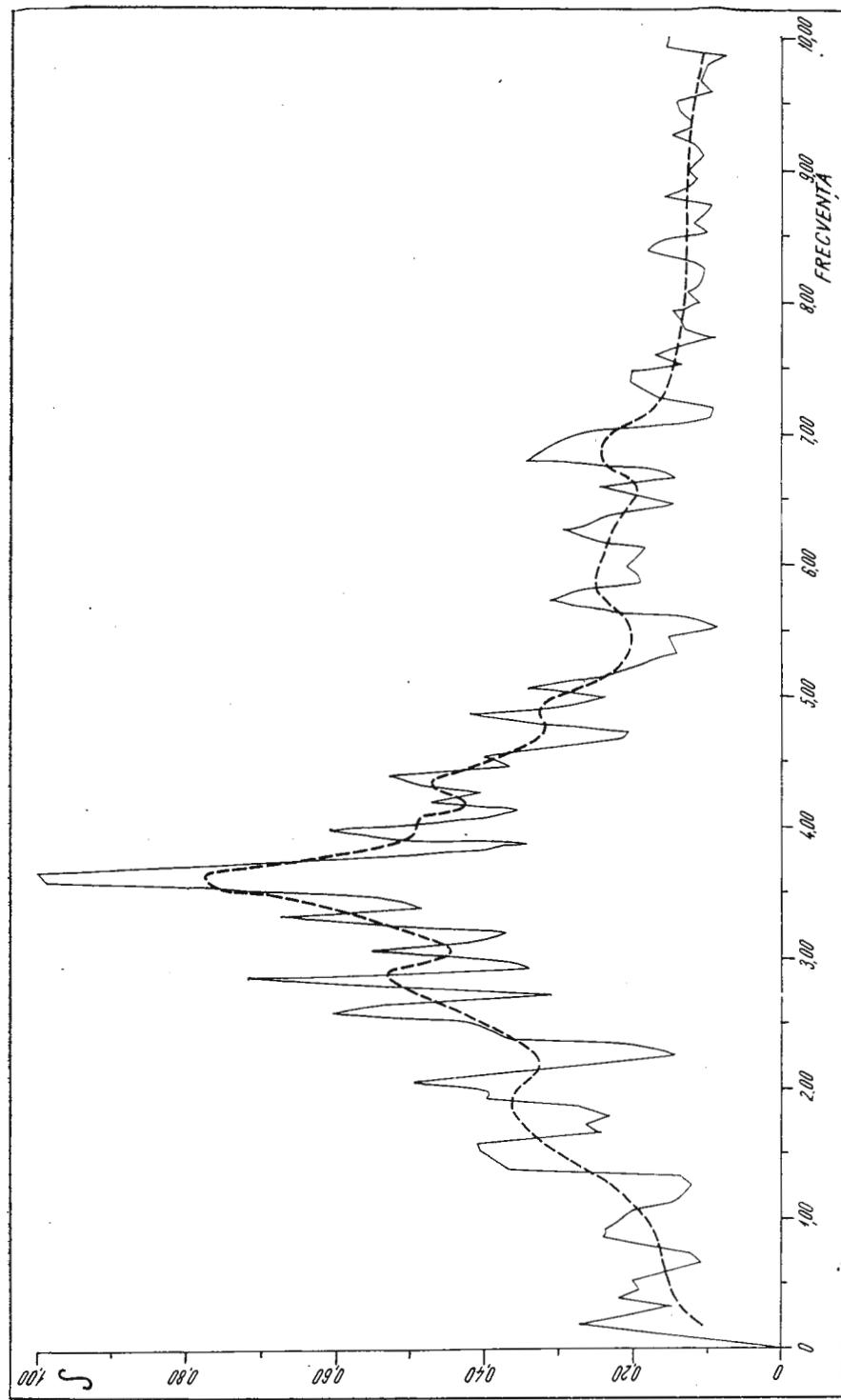


Fig. 9. — Spectrul Fourier.
Spectre Fourier.



BIBLIOGRAFIE

- Iosif T. (1966), Spectrele undelor seismice ale cutremurelor de mică adâncime de la curbura Carpaților, *St. Cerc. Geol., Geofiz., Geogr. Ser. Geofiz.*, 1, București.
- Iosif Sieglind (1968), Spectrele undelor seismice ale cutremurelor adinci din Vrancea, *St. Cerc. Geol., Geofiz., Geogr. Ser. Geofiz.*, 6, București.
 - Iosif Sieglind (1969), Spectrele undelor seismice ale cutremurelor cu $\Delta = 2-12^\circ$, *St. Cerc. Geol., Geofiz., Geogr. Ser. Geofiz.*, 1 București.
- Ralston Anthony, Wilf Herbert (1960), Ed. Mathematical Methods for Digital Computers.
-

ANALYSE SPECTRALE COMPLEXE DU SEISME DE VRANCEA, DU 2 OCTOBRE 1970

(Résumé)

On aborde l'analyse spectrale du séisme qui s'est produit dans la région de Vrancea, le 2 octobre 1970, ayant la magnitude $M \approx 1$ et la profondeur $h \approx 75$ km. Les auteurs ont employé l'enregistrement effectué à la station séismique de Vrincioaia avec des sismographes VEGIK de courte période.

Dans le processus d'interprétation, la sismogramme originale a été agrandie de sorte que la longueur de 60 mm par minute est devenue de 314 mm par minute ce qui a assuré une analyse satisfaisante dans le processus de digitalisation.

On a calculé les fonctions statistiques (distribution de la densité de probabilité $P(x)$, fonction d'autocorrélation $Rx(\tau)$ et la densité spectrale de puissance $P(f)$), les spectres de réponse du sol (amplitude S_d , vitesse S_v et accélération S_a) et le spectre Fourier.

On remarque les caractéristiques suivantes : a) un maximum spectral à fréquence (f) de 3,5 Hz; b) la diminution rapide de l'autocorrélation dans le temps; c) la grande influence de l'amortissement des structures sur le spectre; d) la diminution du spectre d'amplitude à de grandes fréquences ($f > 2,5$ Hz).



CERCETĂRI SEISMICE PENTRU STUDIUL LIMITELOR DE PROFUNZIME DIN NORDUL MUNTILOR APUSENI¹

DE

FLORIN RĂDULESCU, PETRE CONSTANTINESCU, ADRIAN ȘOVA,
ALEXANDRU POMPILIAN, NICOLAE IBADOF²

Abstract

Seismic Researches in View of Studying Depth Limits in the North of the Apuseni Mountains. Seismic researches carried out in the north of the Apuseni Mountains during 1973 and 1974 provided valuable information on the structure of the Earth's crust in this region. There is to be noticed the reduced thickness of the Earth's crust in comparison with the one in the Carpathians Bend Zone, and the existence of a „root” beneath the Apuseni Mts where the Mohorovičić discontinuity ranges from 32 to 33 km in depth. In the neighbouring zone the Earth's crust is thinning, pointing out values between 27–29 km.

Introducere

În cadrul programului pentru studiul scoarței terestre pe teritoriul RSR, în cursul anilor 1973 și 1974 s-au efectuat cercetări seismice în zona Cluj-Napoca-Huedin-Oradea (fig. 1).

Abordarea și rezolvarea unei asemenea probleme, într-o regiune complexă din punctul de vedere al structurii geologice și al morfologiei terenului, a întâmpinat numeroase dificultăți legate atât de proiectarea sistemului de observații seismice cât și de interpretarea fizico-geologică a înregistrărilor.

Varianta profilării continue de refracție nu s-a putut aplica decât de-a lungul văii Crișului Repede, pe profilul E Vadu Crișului-N Borș.

¹ Prezentată în ședința de comunicări a Institutului de geofizică aplicată, din 25 aprilie 1974, București.

² Institutul de geologie și geofizică, Caransebeș 1, București.



(65 km). Înregistrările seismice pe acest profil au urmărit atât descifrarea structurii fundamentalui cristalin cît și evoluția discontinuităților majore din scoarța terestră.

Pentru restul regiunii informațiile s-au obținut dintr-o serie de sondaje seismice punctuale. S-au preferat înregistrările pe dispozitive circulare, care prezintă avantajul determinării spațiale a elementelor

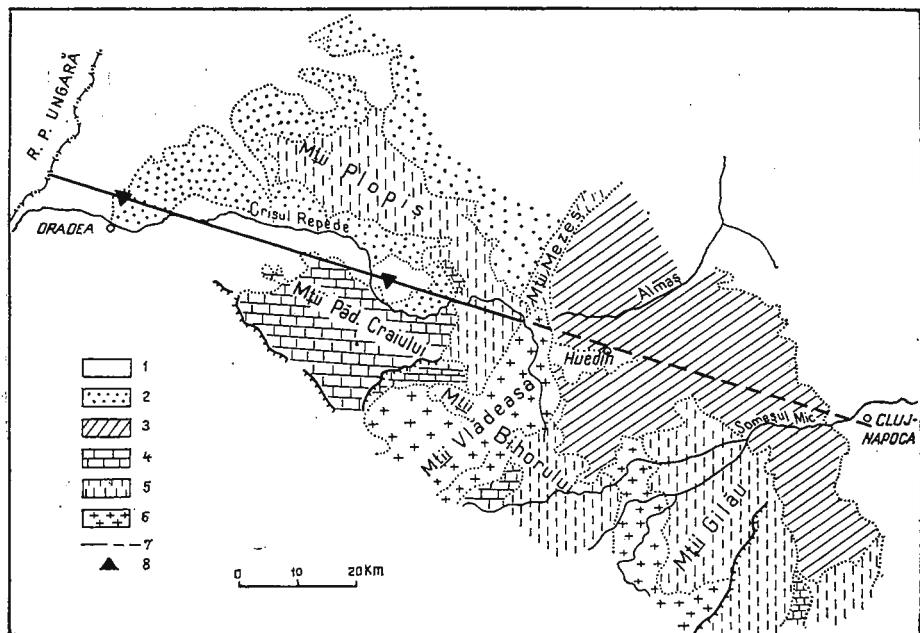


Fig. 1. — Schiță geologică cu amplasarea profilului seismic (după Harta geologică a RSR scara 1 : 1.000.000.) :

1, Cuaternar ; 2, Neogen ; 3, Paleogen ; 4, Mesozioc ; 5, șisturi cristaline ; 6, formațiuni eruptive ;
7, aliniamentul profilului seismic ; 8, punct de explozie.

Schéma géologique avec l'emplacement du profil séismique d'après la Carte géologique de RSR au 1 : 1.000.000 :

1, Quaternaire ; 2, Néogène ; 3, Paléogène ; 4, Mésozoïque ; 5, schistes cristallins ; 6, formations eruptives ; 7, alignement du profil séismique ; 8, point d'explosion.

reflectatoare (adâncime, direcția inclinării și valoarea unghiului de inclinare).

Completarea secțiunii seismice în partea vestică a profilului s-a realizat prin înregistrări comune cu specialiștii maghiari, folosindu-se un punct de explozie (Nagyrábé) situat la circa 35 km de frontieră.

Caracterizarea condițiilor seismogeologice

Din punct de vedere geologic, zona traversată de profilul continuu este constituită dintr-un fundament cristalin de tip Someș, peste care

se dispun două complexe sedimentare : unul inferior aparținând Autohtonului de Bihor-Pădurea Craiului (Permian-Cretacic mediu) și altul superior (Cretacic superior-Cuaternar).

Formațiunile Autohtonului de Bihor formează o stivă groasă de sediminte, predominant calcaroase și marno-calcaroase, cu grosimi variabile.

Cuvertura sedimentară superioară apare într-un facies conglomeratic, calcaros, care devine marnos-nisipos în cuprinsul depozitelor pliocene.

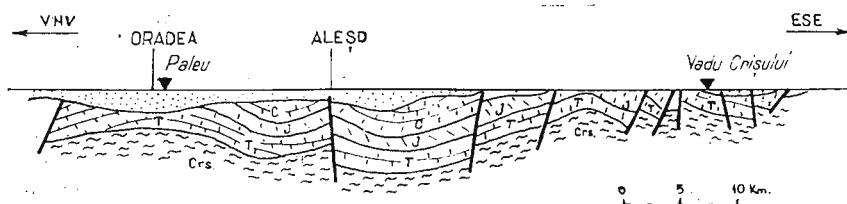


Fig. 2. — Secțiune geologică Vadu Crișului — Borș ; scara adîncimilor aproximativă (după D. Istoceșcu, 1974).

Coupe géologique Vadu Crișului — Borș ; échelle des profondeurs approximatives (selon D. Istoceșcu, 1974).

Tectonica depozitelor sedimentare este rezultatul unei îndelungate evoluții geologice petrecute pe parcursul a trei perioade orogenice (baikalian, hercinic și alpin). Cercetările geologice referitoare la formațiunile autohtonului au pus în evidență în partea estică a profilului (bazinul Vad-Borod) o tectonică germanotipă, cu numeroase accidente rupturale iar în cea vestică structuri plicative (cute solzi).

În figura 2 este prezentată o secțiune geologică orientativă de-a lungul profilului seismic (comunicare verbală Istoceșcu, 1974) pe care se remarcă structura geologică complexă, cu numeroase accidente tectonice ce afectează formațiunile de vîrstă mezozoică, în deosebi în partea estică a profilului.

Datorită acestor condiții geologice și morfologice deosebit de nefavorabile, zona studiată de noi nu a făcut obiectul unor cercetări seismice anterioare. Un singur profil de refracție (Aleșd-Ineu), înregistrat incomplet, a furnizat unele informații de la suprafața calcarelor cretacice.

Date asupra vitezelor de propagare a undelor seismice nu se cunosc decât în partea vestică a profilului. Astfel, carotajele seismice din zona Oradea-Borș indică o primă schimbare bruscă a vitezelor la limita neogen-peneogen. Acest contrast major generează atât unde reflectate caracteristice cât și unde frontale (Ionesco, 1967).

În adâncime, litologia formațiunilor mezozoice nu determină existența unor contraste seismice importante în afara celui de la baza acestor sediminte, la contactul cu fundimentul cristalin. Valoarea relativ mică a acestui contrast și relieful neregulat al suprafeței respective constituie condiții nefavorabile generării undelor reflectate caracteristice, astfel

că pe înregistrările seismice apar numai unde frontale, urmărite, în special, în zonele în care fundamentoal cristalin are o poziție ridicată.

Condițiile seismogeologice de suprafață de-a lungul profilului investigat sunt influențate de prezența unor depozite de terasă (pietrișuri și nisipuri) care constituie un strat cu absorbție puternică a energiei seismice,

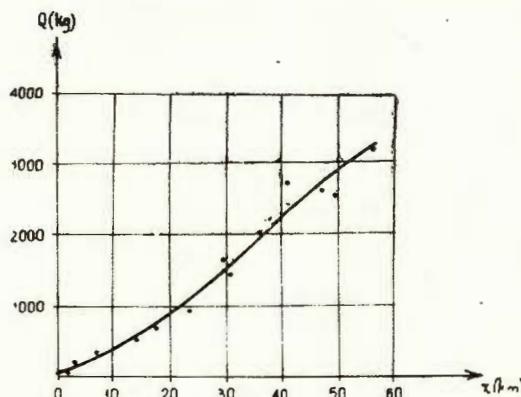


Fig. 3. — Graficul cantităților de exploziv utilizate la punctele de explozie Vadu Crișului și Paleu funcție de distanță.

Graphique des quantités d'explosif utilisées aux points d'explosion de Vadu Crișului et de Paleu, en fonction de la distance.

prezent atât la punctele de generare cât și la cele de recepție. Aceasta a determinat utilizarea unor cantități de exploziv neobișnuit de mari în raport cu distanțele la care s-au efectuat înregistrările. Edificator în acest sens este graficul din figura 3 care prezintă variația cantităților de exploziv funcție de distanță.

Descrierea tabloului de unde

Înregistrările reciproce obținute din punctele de explozie extreme (Paleu și Vadu Crișului) au permis stabilirea tabloului undelor seismice (fig. 4).

Din complexul sedimentar al zonei s-au putut urmări două unde frontale (P_1^s și P_2^s), generate de orizonturile calcaroase cretacice, jurasice sau triasice. Dacă în vestul profilului prima undă frontală (P_1^s) este generată de suprafața calcarelor cretacice, către est, în zona în care acestea apar la zi, trebuie să admitem că această undă alunecă pe alte limite geologice, reprezentate de suprafața calcarelor jurasice sau a dolomitelor triasice.

Unda frontală atribuită contrastului sedimentar/cristalin (P_0^s) apare pe înregistrările din punctul de explozie Vadu Crișului la distanța de cca 24 km de acesta și are o viteză aparentă de cca 6,5 km/s. După o porțiune de urmărire mai dificilă, datorită probabil structurii complicate a orizontului din această zonă (est Ineu) și variațiilor reliefului topografic, undă respectivă se corelează în condiții bune pînă la capătul profilului. Trebuie menționat faptul că de la o anumită distanță de punctul de explo-

zie viteza aparentă a undei scăde simțitor, indicând o scufundare a limitei spre vest.

La distanța de circa 50 km de punctul de explozie, se urmăresc în sosiri ulterioare două unde P_1^k și P_2^k generate de orizonturi plasate sub nivelul fundamentalui cristalin. Caracteristicile lor cinematicice justifică

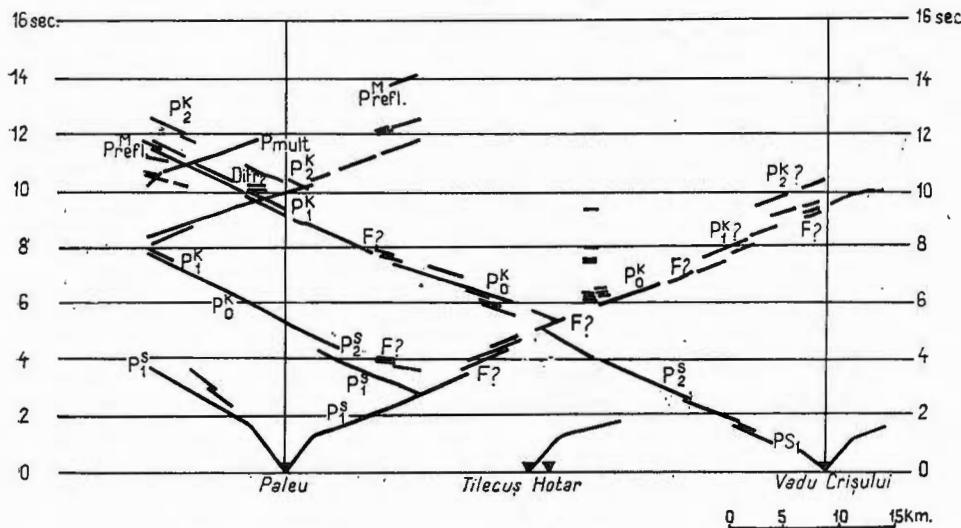


Fig. 4. — Hodograful înregistrărilor pe profilul Vadu Crișului – Borș.

Hodographe des enregistrements sur le profil de Vadu Crișului – Borș.

ca prima să fie considerată ca undă frontală corespunzătoare unei limite intermediare situată în „stratul granitic”, iar cea de-a doua, ca o reflexie de la discontinuitatea Conrad.

Hodograful reciproc din punctul de explozie Paleu evidențiază prezența acelorași unde (P_1^s , P_2^s , P_0^k , P_1^k și P_2^k), cu caracter asemănătoare.

O mențiune specială trebuie făcută în legătură cu prezența unor unde difractate ce apar la est de punctul de explozie Hotar, pe intervalul de timp 6—9 secunde. Fractura care le generează afectează și partea superficială a sedimentului intrucât aceste unde apar și la nivelul undei P_1^s , pe înregistrările seismice obținute dintr-un punct de explozie (Tilecuș) situat în apropierea zonei respective.

În sectorul estic identificarea și corelarea undelor P_1^k și P_2^k este mai nesigură, intensitatea lor fiind redusă și prezintă numeroase interferențe.

În ceea ce privește tabloul undelor înregistrate din punctul de explozie Nagyrabé (fig. 4) se remarcă prezența unei unde (P_{mult}) cu viteză aparentă identică cu a unei înregistrate în primele sosiri și situată la circa 2 secunde în urma acesteia.

Analiza caracterelor cinematicice ale undei P_{mu} a stabilit că ea reprezintă o multiplă reflectat-refractată ce se propagă în mediul dintre suprafața fundamentalui cristalin (sau limita intermediară K_1) și cea a Pământului.

La distanțe mai mari de 58 km față de punctul de explozie s-a putut corela un impuls foarte intens cu viteză aparentă de circa 8 km/s, presupus a reprezenta unda reflectată de la suprafața Mohorovičić.

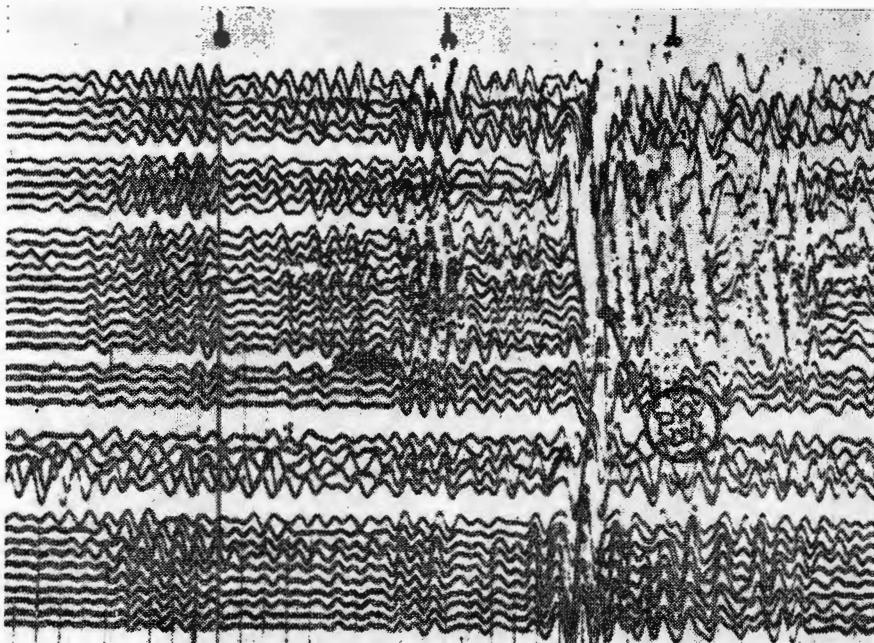


Fig. 5. — Înregistrare seismică pe dispozitivul circular Florești.
Enregistrement séismique sur le dispositif circulaire de Florești.

Undele înregistrate pe cei 65 km de profil continu pîn în evidență, așa cum era de așteptat, o serie de complicații legate de geologia frămîntată a zonei, în special de existența a numeroase accidente rupturale, dintre care unele de importanță majoră. Prezența amortizărilor anormale, a axelor de sinfază de formă hiperbolică și a intreruperilor în corelarea undelor a constituit indicații utile privind localizarea acestor accidente.

Sondajele punctuale executate au pus în evidență unda reflectată generată de baza scoarței terestre. Pe unele din înregistrări această undă prezintă caracter dinamic deosebit de pregnante care o fac să se separe net de fondul oscilațiilor recepționate. Menționăm în acest sens înregistrarea obținută pe dispozitivul circular Florești, din punctul de explozie Hotar (fig. 5).

Rezultate

Valorificarea datelor obținute prin profilarea continuă și sondaje punctuale a condus la obținerea secțiunii seismice crustale (fig. 6) care sintetizează rezultatele cercetărilor noastre din zona nordică a Munților Apuseni.

O primă constatare care poate fi făcută se referă la faptul că scoarța terestră neconsolidată (constituită din roci sedimentare) prezintă două

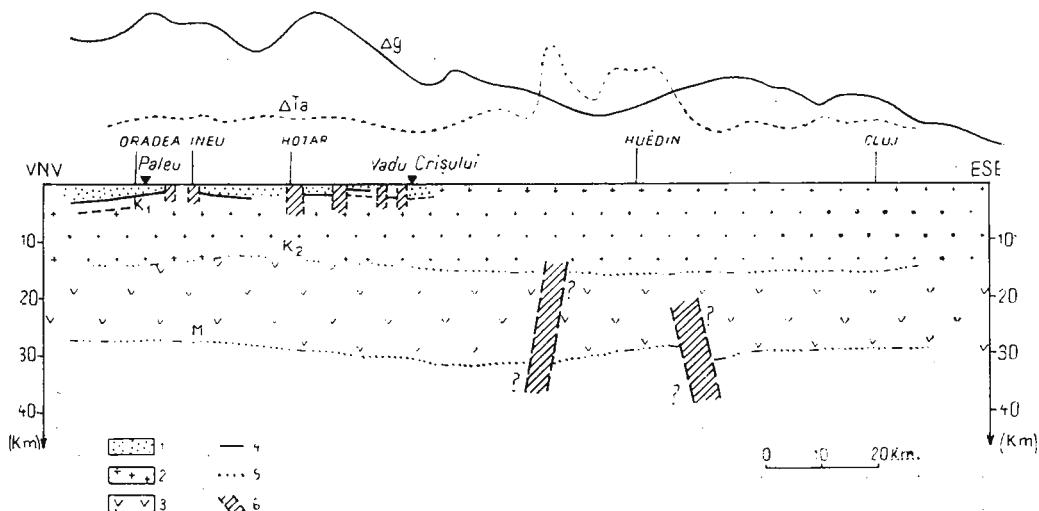


Fig. 6. — Secțiune crustală în nordul Munților Apuseni (zona Oradea — Cluj-Napoca): 1, sedimentar; 2, strat granitic; 3, strat bazaltic; 4, orizont seismic sigur; 5, orizont seismic interpolat; 6, fractură.

Coupe de l'écorce au nord des Monts Apuseni (zone d'Oradea — Cluj-Napoca): 1, sédimentaire; 2, couche granitique; 3, couche basaltique; 4, horizon séismique sûr; 5, horizon séismique interpolé; 6, fracture.

îngroșări importante în zona de la vest de Hotar și Oradea (2100 m, respectiv 3000 m), separată de o zonă de subțiere (cca. 1100 m) corespunzătoare unei ridicări majore a fundamentului cristalin (Ineu). În zona Vadu Crișului un cimp de fracturi întrerupe continuitatea orizontului K_0 , determinând îngroșări și subțieri locale ale depozitelor sedimentare.

Evoluția grosimii cuverturii sedimentare evidențiată de secțiunea seismică se corelează bine cu profilul gravimetric, maximele corespunzând zonelor de subțiere iar minimele celor de îngroșare. Gradientul puternic de la est de localitatea Hotar este legat de fractura importantă detectată în această zonă.

Formațiunile cristaline prezintă slabe proprietăți magnetice, fapt ce se reflectă în evoluția curbei ΔT_a , care nu prezintă diferențieri legate de elementele structurale semnalate.

Trecind la descrierea structurii de profunzime, trebuie remarcat în primul rînd faptul că grosimea scoarței terestre în zona studiată este caracterizată de valori reduse. În extremitatea vestică a profilului, scoarța terestră are o grosime de circa 27 km. Spre est ea marchează o îngroșare atingind un maxim aproximativ în zona Ciucea unde șisturile cristaline, aparținând M. Plopișului, apar la zi. Grosimea totală este aici de circa 32 km. Spre vest discontinuitatea Mohorovičić prezintă o ridicare, ajungind la Cluj-Napoca la adincimea de cca 29 km. Se confirmă astfel existența unei „rădăcini muntoase” sub M. Apuseni, presupusă în urma analizei anomalilor izostatice (Socolescu et al., 1963). Amploarea acestei „rădăcini” este însă mult mai redusă față de cea stabilită pe baza datelor gravimetriche.

Discontinuitatea Conrad (K_2) prezintă o evoluție asemănătoare: în vest adincimea discontinuității este de cca 14 km, în zona de maximă îngroșare de la Ciucea 16 km iar la Cluj-Napoca de cca 15 km. Subțierea scoarței terestre și ridicarea stratului crustal inferior către vest se evidențiază în anomalia Bouguer printr-o pozitivare la scară regională a valorilor anomale de la est către vest.

Este foarte posibil ca variațiile grosimilor stratelor crustale să se facă prin intermediul unor fracturi crustale care au constituit căi de circulație ale magmei către suprafață; astfel, în zona de la vest de Huedin, cercetările magnetice au pus în evidență un aliniament de anomalii pozitive care jalonează erupțiuni banatitice, puse în loc pe asemenea fracturi (Gavăt et al., 1963). Variațiile anomale ale cimpului magnetic total prezintă aceeași caracter în această regiune. La est de Huedin o asemenea fractură crustală are și un corespondent gravimetric. Lipsa de date seismice de detaliu nu ne-a permis stabilirea precisă a poziției acestor accidente.

Spre sud, în jurul orașului Beiuș, seismogramele înregistrate au fost lipsite de energie, deși distanțele dintre punctele de generare (plasate în nord) și cele de recepție au fost mici în comparație cu cantitatea de exploziv utilizat. Aceste rezultate le punem pe seama existenței unui sistem complicat de fracturi profunde care la suprafață ar corespunde fracturii Bihor-Olt, pusă în evidență anterior (Socolescu et al., 1964).

Confruntarea structurii crustale dedusă de noi cu cea din zona învecinată din R. P. Ungară relevă diferențe în privința „stratului bazaltic” în sensul că în Ungaria el a fost determinat ca având o grosime mult mai mică, de numai 5–6 km (Mitic, Posgaly, 1971). Presupunem că această necorespondență se datorează în cea mai mare parte folosirii unor viteze de propagare diferite la construirea orizontului seismic K_2 .

În încheiere vrem să subliniem faptul că în comparație cu grosimile scoarței terestre determinate în alte zone muntoase aparținând orogenului carpatic (Nescu et al., 1972), Munții Apuseni prezintă valori neobișnuite de reduse. Aceasta atestă ipoteza, emisă anterior (Ciocîrdel, Socolescu, 1969), conform căreia acești munți reprezintă, pe aria geosinclinalului carpatic, o unitate tectonică independentă, cu o structură crustală proprie.

BIBLIOGRAFIE

- Ciocîrdel R., Socolescu M. (1969) L'évolution de l'écorce terrestre en Roumanie. *Rev. Roum. Géol., Géophys., Géogr.*, Sér. *Géophys.*, 13, 1, Bucarest.
- Enescu D., Cornea I., Constantinescu P., Rădulescu Fl., Pătruț St. (1972) Structura scoarței terestre și a mantalei superioare în zona curburii Carpaților. *St. Cerc. Geol., Geofiz., Geogr., Ser. Geofiz.*, 10, 1, București.
- Ionesco N. (1967) Considerations concernant l'étude de la Depression Pannonienne de la RSR par les prospections sismiques. *Assoc. Géol. Carpato-Balkanique, VIII Congr.* Belgrade.
- Socolescu M., Popovici D., Visarion M. (1963) Suprafața Mohorovičić în Carpații Orientali și Bazinul Transilvaniei rezultată din date gravimétrice. *St. cerc. geofiz.*, 1, 1, București.
- Popovici D., Visarion M., Roșca V. (1964) Structure of the Earth's crust in Romania as based on the gravimetric data. *Rev. Roum. Géol., Géophys., Géogr.*, 8.
- * * * Crustal Structure of Central and South – Eastern Europe (By the data of explosion seismology). 1971, Kiev.

RECHERCHES SÉISMIQUES CONCERNANT L'ÉTUDE DES LIMITES DE PROFONDEUR AU NORD DES MONTS APUSENI

(Résumé)

Le programme de recherches séismiques concernant l'étude de l'écorce terrestre dans la RSR s'est déroulé au cours des années 1973 et 1974 dans la partie septentrionale des Monts Apuseni (zone de Cluj-Napoca – Huedin – Oradea).

Les conditions morphologiques n'ont permis des investigations continues que dans la partie orientale (secteur de Vadu Crișului – Borș), le long de la vallée de Crișul Repede. Dans l'ouest, les informations séismiques ont été obtenues par des sondages ponctuels, de préférence circulaires, qui offrent l'avantage de la détermination spatiale des éléments réflecteurs.

Les enregistrements faits sur le profil (à l'E de Vadu Crișului-N. Borș – 65 Km) ont mis en évidence un tableau d'ondes assez complexe (deux ondes de la couverture sédimentaire et trois ondes de l'écorce supérieure). On y remarque les phénomènes engendrés par l'existence des accidents tectoniques (diffractions, amortissements anormaux, etc.) qui ont permis de les localiser.

La section présentée met en évidence une structure de l'écorce de la zone septentrionale des Monts Apuseni caractérisée par une épaisseur réduite – 32 ou 33 Km. Vers l'ouest (dans la Dépression Pannonienne) aussi bien que vers l'est (dans la Dépression de la Transylvanie) l'écorce devient de plus en plus mince – 27 à 29 Km.

La discontinuité Conrad a une structure semblable, avec un enfoncement sous les Monts Apuseni (16 Km de profondeur) et un soulèvement dans les zones avoisinantes.

L'existence d'une „racine montagneuse” supposée sur la base de la valorification des données gravimétriques se trouve ainsi confirmée.



Institutul Geologic al României

CONSIDERAȚII ASUPRA UNUI PROCEDEU EXPEDITIV DE SEPARARE A SURSELOR DE ANOMALII GRAVIMETRICE¹

DE

MARIUS VISARION²

Abstract

Some Considerations on a Fast Separation Procedure relating to Gravimetric Anomaly Sources. This paper deals with the description of a fast separation procedure of gravimetric anomaly sources based on the mathematical expectation method. The test of procedures in many regions with differentiated geologic features allowed to obtain some valuable information referable to its applicability field and implicitly to its limitations. The direct correlation between the obtained residual anomalies and the structural elements, which is considered as indicating the separation mode of anomaly sources, pointed out the good operating of the procedure proposed by the author.

Introducere

Posibilitățile multiple de combinare a parametrilor-cheie, reflectare a condițiilor geologice reale, determină de multe ori anomalii gravimetrice cu morfologii complicate, care nu oferă o imagine directă a structurii geologice ascunse.

În vederea separării efectelor gravimetrice au fost imaginatate numeroase procedee grafice, numerice de simplă mediere sau analitice, care conduc la rezultate satisfăcătoare, îndeosebi în cazurile cînd sursele anomale se situează la adincimi diferite și se caracterizează prin extinderi spațiale net diferențiate. În asemenea condiții, s-ar părea că folosirea unor procedee noi nu ar putea aduce informații suplimentare în rezolvarea acestei probleme complexe, cu un pronunțat caracter calitativ. Cu toate acestea, din studiul mai multor anomalii gravimetrice, determinate de

¹ Susținută în ședința de comunicări științifice din 22 aprilie 1971 a Societății de științe geologice.

² Institutul de geologie și geofizică, Str. Caransebeș nr. 1, București.



elemente structurale situate în diferite condiții fizico-geologice, a rezultat că folosirea unui procedeu expeditiv este indicată, mai ales cînd se urmărește valorificarea imediată a rezultatelor unei prospecțiuni gravimetrice.

Lucrarea cuprinde o prezentare a metodei speranței matematice, cu indicarea domeniilor de aplicare și a limitărilor ei, precum și cîteva cazuri concrete studiate, care ilustrează eficiența metodei la conturarea unor structuri locale. Ea face parte dintr-o lucrare mai amplă, privind studiul statistic al unor particularități ale anomalilor gravimetrice³.

Procedeu expeditiv de separare a surselor de anomalii

Majoritatea procedeelor de separare a surselor de anomalii implică calcule numeroase, care uneori nu pot fi executate decît cu ajutorul calculatoarelor electronice. Într-o serie de împrejurări, cercetătorul este obligat să dea un răspuns imediat într-o problemă geologică și în aceste cazuri, procedeele expeditive de separare sunt preferate.

Dacă matricea datelor de observație nu conține prea multe elemente, configurația anomaliei gravitației este relativ simplă și rețeaua de puncte este convenabil aleasă, metoda speranței matematice poate constitui un procedeu simplu și rapid de separare a efectelor gravimetrice.

Valoarea gravitației g_{ij} , într-un punct oarecare al rețelei este definită de relația :

$$g_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}.$$

Ea depinde de media populației μ , de contribuțiile α_i din linia i și β_j din coloana j , precum și de componenta reziduală ε_{ij} . Scrisă în acest mod, relația (1) aparține modelului de clasa II tip Eisenhart și poate fi folosită în diferite domenii ale statisticii (Krumbein, 1959).

În vederea estimării anomaliei regionale, relația (1) poate fi scrisă sub formă identică :

$$g_{ij} = \bar{g} + (\bar{g}_i - \bar{g}) + (\bar{g}_j - \bar{g}) + (g_{ij} - \bar{g}_i - \bar{g}_j + \bar{g}) \quad (2)$$

care pune în evidență valorile medii ale gravitației pe linii și coloane. În relația (2), \bar{g} reprezintă valoarea medie a tuturor observațiilor și \bar{g}_i și \bar{g}_j valorile medii ale observațiilor din linia i , respectiv coloana j . Dacă ultimul termen se negligează, reprezentând componentele reziduale cu caracter întimplător, relația (2) devine :

$$(g_{ij})_R = \bar{g}_i + \bar{g}_j - \bar{g}. \quad (3)$$

Cunoscind mediile pe linii și coloane și media generală a tuturor valorilor observate, se poate evalua anomalia regională în fiecare punct al rețelei. Deoarece în calcule sunt luați în considerație numai termenii

³ M. Visarion, Anomalii gravimetrice din Depresiunea precarpatică dintre valea Moldovei și valea Trotușului și studiul statistic al unor particularități ale lor. 1967, Arh. IPGG, București.



polinomali direcți, anomalia regională trebuie să fie estimată pentru teritoriile care nu ocupă suprafețe importante.

În final, anomalia reziduală a fost calculată pentru fiecare punct de observație, asigurîndu-se prin această precauție rezultate de bună calitate.

Cazuri concrete studiate

Metoda speranței matematice a fost folosită cu succes la separarea efectelor gravimetrice în cîteva sectoare, caracterizate prin anomalii regionale simple, pe care se suprapun însă anomalii reziduale complicate, reflectare a structurii geologice a formațiunilor de cuvertură.

În cele ce urmează, vor fi prezentate cîteva din rezultatele obținute, insistîndu-se asupra legăturii dintre morfologia anomaliei reziduale și elementul structural corespunzător, considerat ca un indicator al modului în care au fost separate sursele de anomalii.

Zona Berca-Arbănași. Cercetările gravimetrice executate în zona Berca-Arbănași (Popovici, 1962) au semnalat prezența unei anomalii de maxim, cu intensitatea de circa 3 mgal, determinată de o cută anticlinală faliată, care manifestă în partea centrală o serie de complicații legate de vulcanii noroioși cunoscuți.

Studiul detaliat al acestei structuri a solicitat separarea anomaliei regionale, cu scopul de a realiza o corelație mai strînsă între anomalia reziduală a gravitației și structura geologică de suprafață, separare absolut necesară pentru sectorul Arbănași, unde efectul regional este deosebit de activ.

Analiza diverselor formațiuni, care participă la alcătuirea geologică a acestei structuri, arată că anomalia reziduală a gravitației este determinată, în principal, de următoarele contraste de densitate: Sarmățian-Meoțian (+), Meoțian-Ponțian (+), Ponțian-Dacian și Levantin inferior (+). Prin urmare, apar cel puțin trei contraste de densitate pozitive, din care primul este dominant, datorită faciesului calcaros sub care se dezvoltă depozitele sarmațiene.

Aspectul anomaliei reziduale (fig. 1) oferă posibilitatea de a delimita trei sectoare, cu caracteristici bine definite.

Sectorul sudic, cel mai bine diferențiat, individualizează un maxim local perfect conturat, cu intensitatea de circa 3 mgal, care corespunde structurii Berca. Morfologia anomaliei și gradienții diferențiați pe flancurile acesteia, mai accentuați pe flancul estic, sunt în acord cu datele geologice de suprafață și de foraj, care indică poziția ridicată a flancului vestic și prezența unei fali longitudinali, pe al cărui plan de ruptură flancul vestic încalcă peste cel estic.

Sectorul median relievează un aspect morfologic complicat, în directă legătură cu rețeaua de fali longitudinali și transversale care afectează structura, precum și cu vulcanii noroioși care diminuează apreciabil densitatea și determină minime locale, cu extinderi reduse în suprafață.



Sectorul nordic relievează, de asemenea, o anomalie de maxim, cu trei apexuri, în care cel mai nordic este puțin intens ca urmare a poziției mai cborite a formațiunilor sarmatiene și meotiene. Anomalia corespunde structurii Arbănași care, spre deosebire de structura Berca, are flancul vestic mai căzut și încălecat de cel estic. Gradientul orizontal mai accentuat pe acest flanc este determinat tocmai de accidentul ruptural menționat.

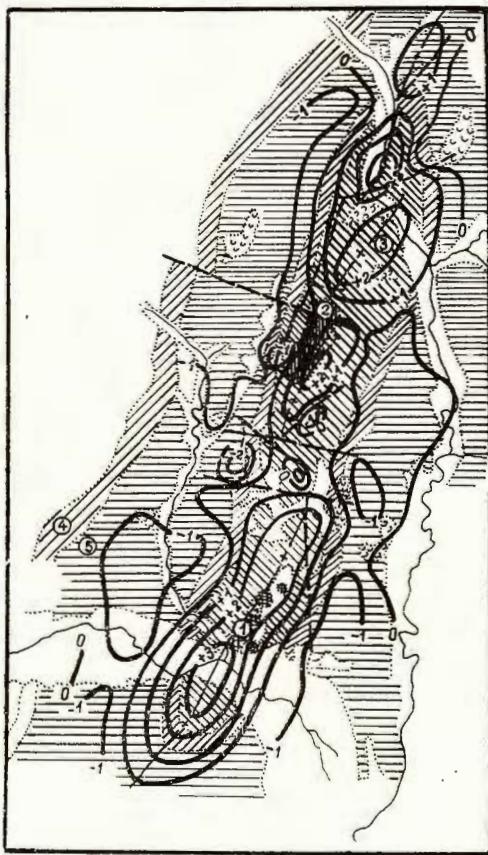


Fig. 1. — Anomalia reziduală a gravitației din zona Berca-Arbănași : 1, Sarmatian ; 2, Meotian ; 3, Pontian ; 4, Dacian ; 5, Levantian.

Anomalie gravimétrique résiduelle de la zone Berca Arbănași : 1, Sarmatiens ; 2, Méotien ; 3, Pontien ; 4, Dacien ; 5, Levantin.

Din cele de mai sus, rezultă informațiile valoroase furnizate de harta anomaliei reziduale, fapt care sugerează competența metodei speranței matematice la individualizarea structurilor locale.

Zona Podenii Noi. Cercetările gravimetrice executate de A irinei (1964) în Muntenia orientală au adus contribuții valoroase cu privire la structura geologică de adâncime a Depresiunii precarpatică, care au permis precizarea elementelor structurale majore și în final, chiar a evoluției depresiunii. Pentru lucrarea de față s-a ales un sector restrins din Zona cutelor diapire, unde se individualizează o anomalie majoră de minim, reflectând surse perturbante adinci (A irinei, 1962).

Cu scopul de a reliefa sursele superficiale de anomalii, s-a procedat la separarea cîmpului regional prin metoda descrisă. Anomalia reziduală, reprodusă în figura 2, semnalează un minim cu intensitatea de circa 1,5 mgal, pe un contur arcuit cu convexitatea spre SE care în zona axială urmărește aproximativ aria de aflorare a depozitelor tortoniene

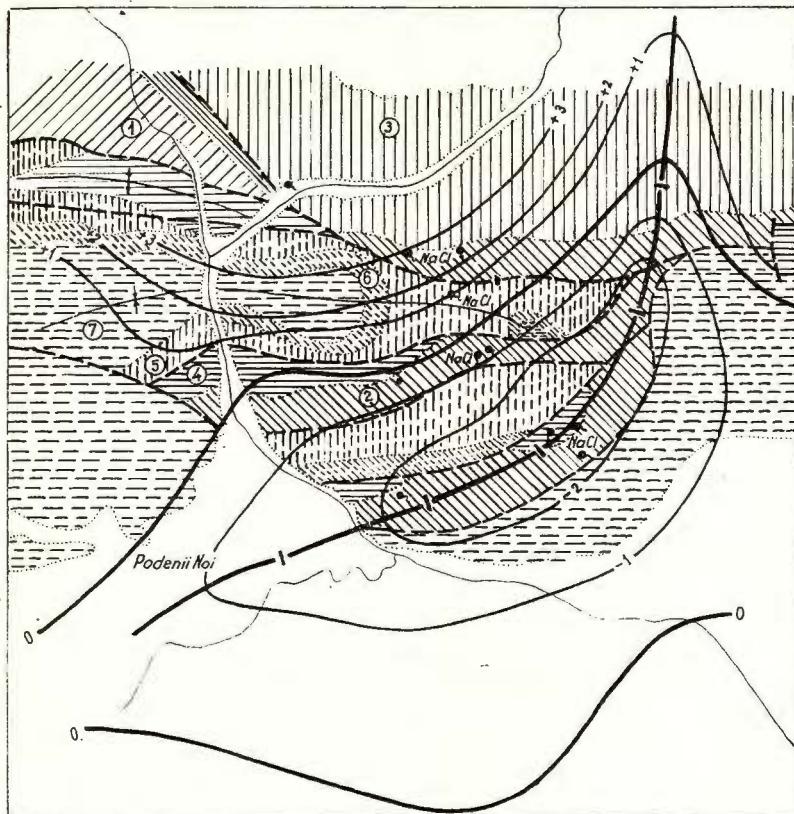


Fig. 2. — Anomalia reziduală a gravitației din zona Podenii Noi: 1, Helvetician; 2, Tortonian; 3, Sarmatian; 4, Meotian; 5, Pontian; 6, Dacian; 7, Levantian.
Anomalie gravimétrique résiduelle de la zone Podenii Noi: 1, Helvétien; 2, Tortonien; 3, Sarmatien; 4, Meotien; 5, Pontien; 6, Dacien; 7, Levantin.

cu sare. El reflectă preponderent ridicarea accentuată a sării în acoperișul unei falii de încălecare, cunoscută în literatura de specialitate sub denumirea de falia Cricov-Sărățelu. Această falie, de-a lungul căreia depozitele tortoniene vin în contact anormal cu depozitele levantine, a constituit linia de slabă rezistență pe care sarea a migrat spre suprafață.

Acest exemplu arată competența metodei propuse chiar în rezolvarea unor probleme geologice complicate, cum sunt cele din Zona cutelor diapire.

Zona Valea Florilor. Se situează la NE de Turda, într-o zonă în care se face trecerea de la cutile diapire la forme structurale domale, caracteristice părții centrale a Depresiunii Transilvaniei.

Cercetările gravimetrice executate au pus în evidență o scădere a valorilor gravitației de la SE la NW, mai accentuată în zona Valea Florilor⁴. Având în vedere puternica juxtapunere a unor efecte gravi-

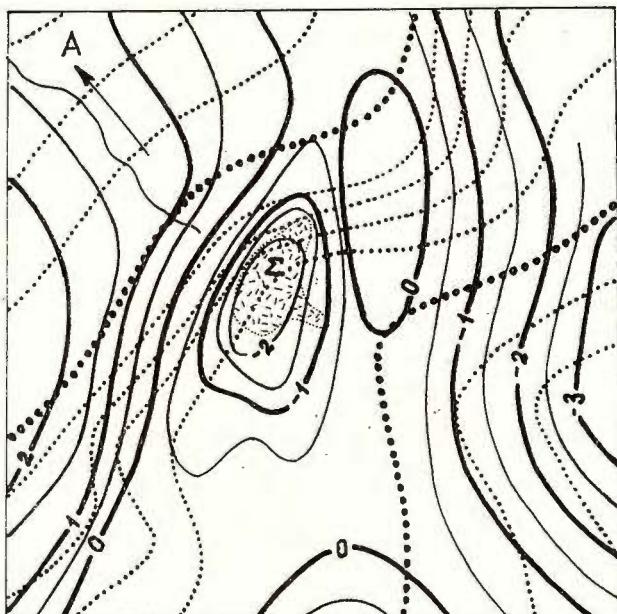


Fig. 3. — Anomalia reziduală a gravitației din zona Valea Florilor : A, sensul de scădere a valorilor gravitației ; Σ , manifestații saline. Anomalie gravimétrique résiduelle de la zone de Valea Florilor : A, Direction de la diminution des valeurs de la pesanteur ; Σ Tortonien à sel.

metrice produse de cauze situate la adâncimi diferite, s-a procedat și în acest caz la separarea anomaliei regionale prin metoda speranței matematice.

Anomalia reziduală a gravitației, reprodusă în figura 3, semnalează existența unui minim localizat la Valea Florilor, cu intensitatea de circa 2 mgal și conturul eliptic.

Din analiza alcăturirii litologice a depozitelor de cuvertură (tortoniene, bugloviene și sarmațiene), în care marnele și argilele sunt dominante, s-a stabilit că principala sursă perturbantă este sarea tortoniană. În această concepție, minimul de la Valea Florilor corespunde unei lenti-

⁴ S. Fotopolos, Doina Fotopolos. Prospecțiuni gravimetrice de detaliu în zona Turda, pentru sare. 1965. Arh. IGPSMS, București.

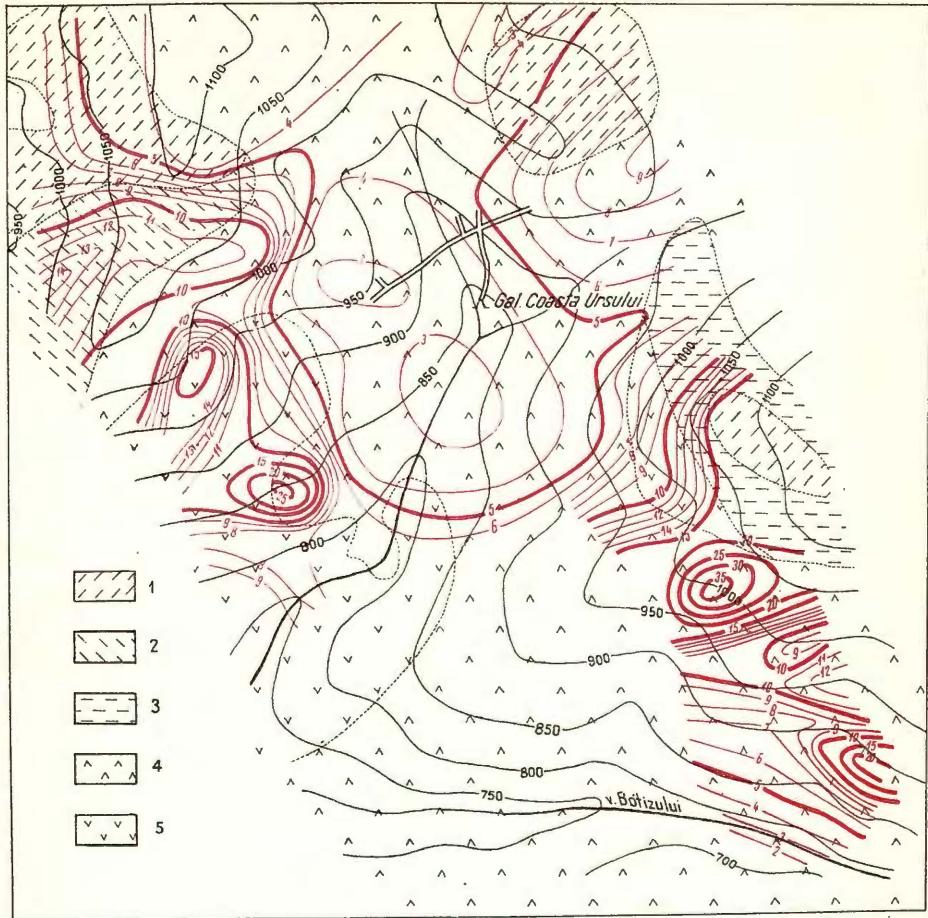


Fig. 3 - Distribuția valorilor polarizabilității aparente
Sectorul Coasta Ursului, Maramureș :

1, porfirit andezitic ; 2, porfirit autometamorfozat ; 3, piroclastit andezitic ; 4, șisturi și gresii eocene inferioare ; 5, șisturi și gresii eocene cornificate

Distribution des valeurs de la résistivité apparente
Secteur de Coasta Ursului, Maramureș :

1, porphyrite andésitique ; 2, porphyrite autométamorphisé ; 3, pyroclastite andésitique ; 4, schistes et grès éocènes inférieurs ; 5, schistes et grès éocènes cornifiés

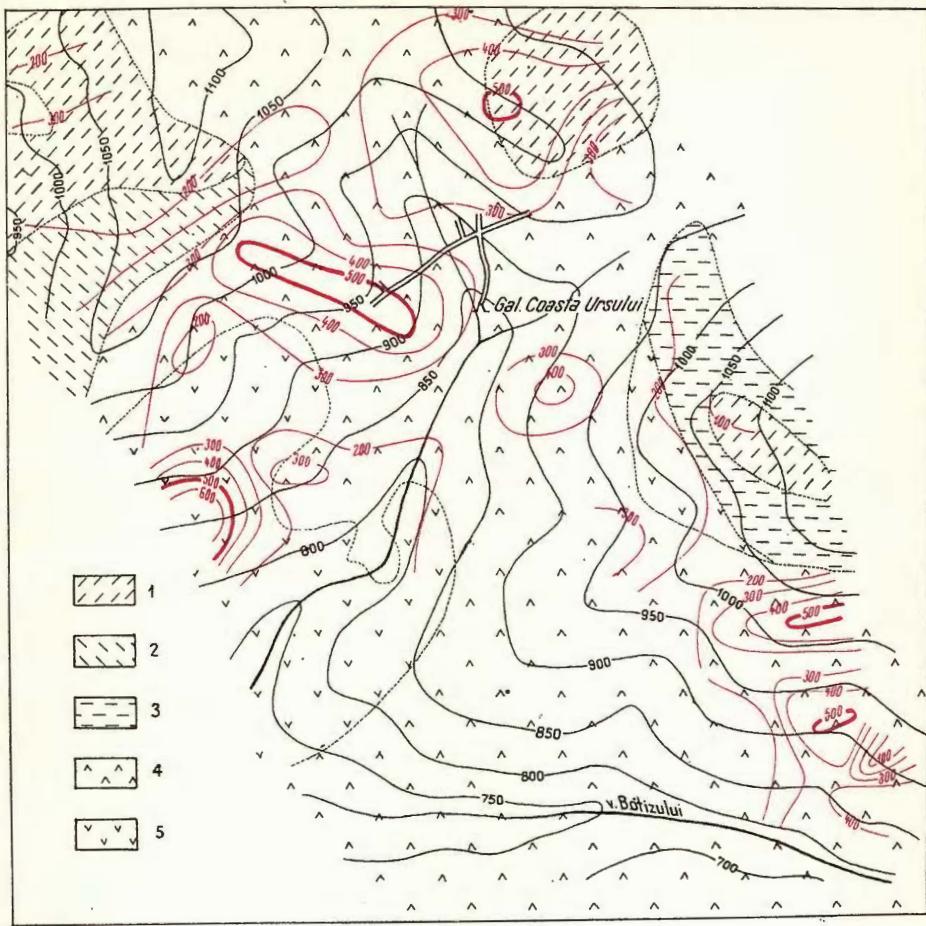


Fig. 4 - Distribuția valorilor rezistivității aparente
Sectorul Coasta Ursului, Maramureș:

1. porfirit andezitic ; 2. porfirit autometamorfozat ; 3. piroclastit andezitic ; 4. șisturi și gresii eocene inferioare ; 5. șisturi și gresii eocene cornificate

Distribution des valeurs de la résistivité apparente
Secteur de Coasta Ursului, Maramures :

1. porphyrite andésitique ; 2. porphyrite autométamorphisé ; 3. pyroclastite andésitique ; 4. schistes et grès éocènes inférieurs ; 5. schistes et grès éocènes cornifiés



lizări accentuate a sării și apropierei ei nemijlocite de suprafață. Manifestările saline cartate în acest sector constituie un argument în sprijinul interpretării acordate anomaliei reziduale. Comparația directă între datele geologice de suprafață și morfologia anomaliei gravitații sugerează buna funcționare a procecuului de separare folosit.

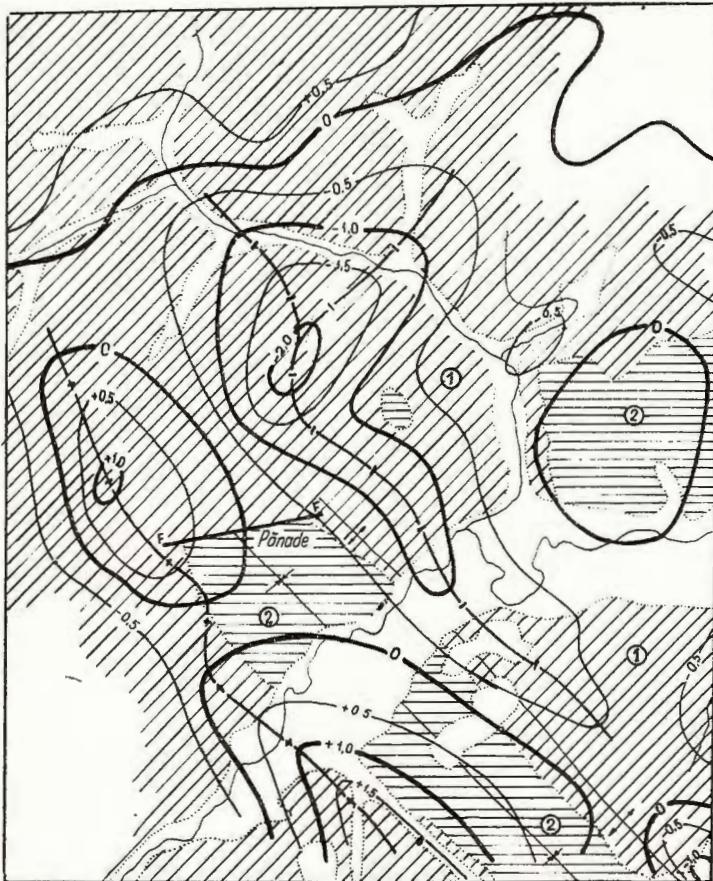


Fig. 4. — Anomalia reziduală a gravitației din zona Pănade:
1, Sarmatian; 2, Pliocen.

Anomalie gravimétrique résiduelle de la zone Pănade:
1, Sarmatiens ; 2, Pliocène.

Sectorul Pănade. Este localizat în partea de SW a Transilvaniei, în vecinătatea aliniamentului Blaj-Ocnișoara, într-o zonă de largă dezvoltare în suprafață a depozitelor sarmatiene și pliocene. Cercetările gravimetrice de detaliu, executate în acest sector, au pus în evidență o anomaliă locală de minim la Pănade, suprapusă pe un fond regional relativ com-

plicat⁵. Cu scopul de a obține o imagine mai clară a anomaliei, care să permită stabilirea unei legături directe cu structura depozitelor de coperitură, s-a procedat la separarea efectului gravimetric regional.

Anomalia reziduală a gravitației, reprodusă în figura 4, semnalează două aliniamente anomale paralele, orientate NW—SE, în acord cu direcțiile elementelor structurale cartate în această zonă.

Aliniamentul de minim reflectă o zonă de îngroșare a sării, în apropierea unei falii, semnalate de cercetarea seismometrică, paralelă cu falia Cenad-Ruși. Pe acest aliniament, la nord de Pănade se individualizează o anomalie locală, cu intensitatea de 1,5 mgal, care indică un sector de lentilizare mai accentuată a sării. Calculele efectuate au arătat că sareea se situează la adâncimea de cca 500 m, rezultat care concordă cu datele furnizate de cercetările seismometrice.

Aliniamentul de maxim sugerează îngroșarea depozitelor detritice superioare sării într-o cută sinclinală, pe un fond general de subțiere a formațiunii cu sare, la vest de accidentul ruptural amintit.

În raport cu imaginea anomaliei gravimetrice, harta anomaliei reziduale oferă o rezolvare structurală superioară, care permite obținerea unor informații noi, corelabile cu cele furnizate de metodele de prospecție cu controlul adâncimii.

Condiții de aplicabilitate a metodei speranței matematice

Folosirea metodei speranței matematice într-o serie de regiuni, cu caracteristici fizico-geologice diferențiate, a permis obținerea unor informații prețioase referitoare la funcționarea ei în condiții optime.

În mod teoretic, punctele de observație trebuie să se situeze în vîrfurile rețelei rectangulare pe baza căreia se efectuează analiza, dar acest deziderat nu se realizează decât foarte rar, ca urmare a restricțiilor impuse de condițiile morfologice în care se execută măsurătorile. În toate cazurile studiate, stațiile au fost amplasate pe profile și de aceea a apărut necesitatea interpolării valorilor gravitației în vîrfurile rețelelor adoptate. Dacă punctele de observație sunt relativ uniform distribuite în plan și variațiile cîmpului gravitației bine precizate, prin realizarea unei densități medii de acoperire corespunzătoare, interpolarea valorilor gravitației în diversele puncte ale rețelei nu introduce erori, care să afecteze rezultatul final.

Orientarea rețelei constituie un element important în aplicarea metodei speranței matematice, deoarece după cum se remarcă din relația (2) nu sînt luate în considerație decât valorile medii ale gravitației pe linii și coloane. Prin orientarea rețelei în concordanță cu direcția principală a izolinilor hărții de anomalie Bouguer, efectul de interacțiune dintre termenii diagonali se reduce apreciabil. Această condiție trebuie îndeplinită în toate cazurile, ea justificind folosirea unui procedeu simplificat de separare.

⁵ F. R. Hosbein, C. Savu. Prospecții gravimetrice pentru săruri de Na, K, Mg din zona Blaj. 1968. Arh. IGPSMS, București.



Un alt element de care trebuie să ținem seama este efectul marginal, prezent aproape în toate cazurile studiate. Alegerea limitelor unei hărți apare ca arbitrară, întrucât sectorul studiat poate fi cuprins într-o regiune mai întinsă, cu aceeași structură geologică. Armonizarea datelor la limitele hărții este nesatisfăcătoare nu numai în cazul metodei speranței matematice, dar și în situațiile cînd sunt folosite alte metode de separare cu fundamentare matematică mai evoluată. Din analiza mai multor cazuri concrete, s-a constatat că singura soluție pentru înlăturarea efectului marginal este de a lăsa în considerație o zonă mai mare decît cea de interes imediat.

Concluzii

Lucrarea prezintă sintetic principiul pe care se bazează metoda speranței matematice, cu indicarea modalității de aplicare practică și a posibilităților ei.

Metoda speranței matematice s-a dovedit a fi expeditive și economică, imaginile anomaliei reziduale obținute lăsind să se intrevadă imediat semnificația lor geologică.

Evident, ca în oricare din procedeele de separare, apar o serie de limitări, care nu pot fi ignorate. Ele sunt legate, în principal, de dimensiunile dispozitivului de mediere, orientarea rețelei și configurația anomaliei regionale. Aceste limitări rezultă, direct sau indirect, din ambiguitatea inherentă problemei inverse a potențialului, separarea efectelor gravimetrice reprezentând de fapt un aspect particular al acestei probleme.

BIBLIOGRAFIE

- Airinei S. (1962) Cercetări gravimetrice și magnetometrice în zona colinară și muntoașă a Munteniei orientale (Măgurele-Vălenii de Munte-Mănețiu-Slonu-Chiojdu-Cătina-Cărbunești-Șoimari-Matița-Podeni Noi). *Stud. tehn. econ., Ser. D (Prosp. geofiz.)*, 4, București.
- (1964) Structura geologică din Subcarpații Munteniei orientale reflectată de structura anomaliei gravitației. *An. Com. Geol.*, XXXIV/2, București.
- Constantinescu L., Botezatu R., Stefanescu R. (1961) Aplicabilitatea prospecțiunii gravimetrice la detectarea anticlinalelor petroliifere din regiunea precarpatică. I Anticlininal Berca-Beciu-Arbănași. *Bul. Inst. Petrol., Gaze, Geol.*, 6, București.
- Eisenhart C. (1947) The assumption underlying the analysis of variances. *Biometrics*, 3, Atlanta.
- Hald A. (1952) Statistical theory with engineering applications. Ed. John Wiley and Sons, New-York.
- Krumbein W. C. (1955) Statistical analysis of facies maps. *Jour. Geol.*, 63, Chicago.
- (1959) Regional and local components in facies maps. *Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol.*, 40, 9, Tulsa.
- Popovici D. (1962) Prospecțiuni gravimetrice în regiunea Pătărăgele-Rușavăț-Berca. *Stud. tehn. econ., Ser. D (Prosp. geofiz.)*, 4, București.



- Visarion M. (1967) Sur quelques procédés statistiques utilisés à la séparation des effets gravimétriques dans les Carpates Orientales. *Assoc. géol. Carp. Balk., VIII-ème Congrès, Géophys.*, Belgrade.
- (1969) Contribuții la problema separării sursei de anomalii gravimetrică în zona de trecere de la Platforma moldovenească la unitatea pericarpatică. *Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., Ser. geofiz.*, 7, 1, București.
 - (1970) Estimarea tendinței complete a cimpului gravitației în Culmea Pietricica (Moldova centrală). *Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., Ser. geofiz.*, 8, 2, București.

CONSIDÉRATIONS CONCERNANT UN PROCÉDÉ EXPÉDITIF DE SÉPARER LES SOURCES DES ANOMALIES GRAVIMÉTRIQUES

(Résumé)

On présente la description d'une méthode simple et rapide de séparation des sources d'anomalies gravimétriques, avec indication de ses domaines d'application et de ses limites.

La méthode de l'espérance mathématique peut être utilisée dans le cas où la morphologie de l'anomalie Bouguer est relativement simple, le territoire prospecté est restreint et le réseau des points est convenablement choisi.

La valeur de la gravité g_{ij} dans un point quelconque du réseau est définie par la relation :

$$g_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Elle dépend de la moyenne de la population μ , des contributions α_i de la ligne i et β_j de la colonne j de la matrice des données primaires, ainsi que de la composante résiduelle ε_{ij} .

Connaissant les moyennes par lignes et colonnes et la moyenne générale de toutes les valeurs observées, on peut évaluer l'anomalie régionale de la gravité conformément à la relation :

$$(g_{ij})_R = \bar{g}_i + \bar{g}_j - \bar{g}$$

laquelle dérive de (1), en négligeant le terme correspondant de la composante résiduelle, à caractère fortuit.

Finalement, l'anomalie résiduelle est estimée dans chaque point de mesure, en assurant, par cette précaution, des résultats de qualité supérieure.

La méthode que l'on décrit a été utilisée avec succès à séparer les effets gravimétriques dans de nombreux secteurs caractérisés par des conditions physico-géologiques différencierées. On discute dans ce travail les résultats obtenus dans les secteurs Berca-Arbănași, Podenii Noi, Valea Florilor et Pănade, en insistant sur la relation existante entre la morphologie de l'anomalie résiduelle et l'élément structural correspondant, considérée comme un indicateur du mode dont les sources d'anomalies ont été séparées.

Certes, comme dans n'importe quel procédé de séparation, ici aussi des limitations apparaissent qu'on ne saurait ignorer. Elles sont liées, en premier lieu, de l'équidistance des



points, à l'orientation du réseau ainsi qu'à la configuration de l'anomalie régionale. Ces limitations résultent, directement ou indirectement, de l'ambiguité inhérente au problème inverse du potentiel, la séparation des effets gravimétriques représentant en fait un aspect particulier de ce problème.

La méthode de l'espérance mathématique peut trouver un vaste champ d'applicabilité non seulement dans le travail d'interprétation des données gravimétriques et magnétiques, mais aussi dans beaucoup d'autres branches des sciences géologiques, vu la fréquence des changements systématiques des attributs de certaines formations géologiques, sans égard aux dimensions de l'aire investiguée.





Institutul Geologic al României

O CONTRIBUȚIE LA CALCULUL DEVIATIEI VERTICALE ÎN ZONA CENTRALĂ

DE

IOAN DIACONU

Abstract

A Contribution to the Calculation of Vertical Deflection in the Central Zone. This paper clears up a problem relating to the calculation method of gravimetric deflection of the vertical. Integrals of the Vening-Meinesz' formulae, used at the calculation of gravimetric deflection compounds of the vertical, comprise functions which are not defined in their origin, and hence require the application of some special calculation methods. The author indicates such a method supported by a numeric example.

Considerații preliminare

Pentru calculul componentelor deviației gravimetrice a verticalei în vecinătatea unui punct dat P (zona centrală), folosind un sistem de coordonate carteziene, centrat și orientat în P , se folosesc relațiile

$$\begin{bmatrix} \Delta\xi_0 \\ \Delta\eta_0 \end{bmatrix} = h \iint_D \frac{\Delta g(x,y)}{(x^2+y^2)^{3/2}} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} dx dy \quad (1)$$

unde

$$D \{x_1 \leq x \leq x_2, y_1 \leq y \leq y_2\} \quad (2)$$

$$h = -\frac{1}{2\pi\gamma_0 \sin 1''}$$

$\Delta g(x, y)$ — anomalia gravitației, o funcție reală, în scară, definită în domeniul D .

Întrucât $\Delta g(x, y)$ este o funcție în scară, integralele din (1) nu sînt totdeauna convergente în origine, fapt ce generează unele dificultăți pentru calculul practic, în special atunci cînd se urmărește utilizarea calculatoarelor electronice.



Institutul Geologic al României

Studiul integralelor din (1) se reduce la analiza unei integrale generalizate de speță I în origine, de forma

$$\iint_D \frac{x}{\rho^\alpha} dx dy, \text{ unde } \rho = (x^2 + y^2)^{1/2} \quad (3)$$

Pentru ca această integrală să fie convergentă în origine va trebui să existe un număr $\alpha = 2$, pentru care

$$\rho^\alpha \left[\frac{x}{\rho^\alpha} \right] \leq \rho^\alpha \cdot \frac{1}{\rho^{\alpha-1}} < K < +\infty, \text{ cind } \rho \rightarrow 0 \quad (4)$$

Inegalitatea (4) este valabilă pentru $\rho \rightarrow 0$, dacă $\alpha - q + 1 > 0$, de unde rezultă condiția de convergență

$$q < 3 \quad (5)$$

iar integrala (3), în coordonate polare, considerind

$D \{0 \leq x \leq x_0, 0 \leq y \leq y_0\}$, respectiv $\theta \in [0, \frac{\pi}{2}]$, $\rho \in [\varepsilon, R]$ devine

$$\iint_D \frac{x}{\rho^\alpha} dx dy = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos \theta d\theta \int_\varepsilon^R \rho^{2-q} d\rho = \frac{1}{3-q} (R^{3-q} - \varepsilon^{3-q})$$

de unde, dacă $q < 3$

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{1}{3-q} (R^{3-q} - \varepsilon^{3-q}) = \frac{R^{3-q}}{3-q}$$

În mod asemănător se poate arăta că și integrala $\iint_D \frac{y}{\rho^\alpha} dx dy$

este convergentă în origine dacă $q < 3$.

Din aceste considerente, rezultă o concluzie foarte importantă: integralele din (1), ținând cont că $\Delta g(x, y)$ este o funcție în scară, trebuie transformate în integrale convergente în vecinătatea punctului P , pentru a nu erona valorile calculate ale componentelor deviației verticalei.

În cazul cînd se folosesc coordonate polare, respectiv palete circulare de tip Ermeev, Rice, Kazanski etc., pentru zona centrală, se folosește metoda gradienților orizontali. Această metodă presupune o pronunțată simplificare în sensul că se iau valori pentru funcția $\Delta g(x, y)$ numai pe un cerc de rază R , fără a se ține seama și de valorile acestei funcții pe suprafața cercului. În coordonate carteziene, se poate folosi un pătrat cu centrul în P cu valori ale funcției $\Delta g(x, y)$ pe conturul acestuia. Deci și în acest caz se folosește aceeași simplificare.

În prezenta lucrare se propune o altă metodă de calcul a componentelor deviației verticalei în zona centrală, metodă care poate fi aplicată



atât în coordonate polare, dar mai ales în coordonate carteziene, în scopul automatizării calculelor.

Mai întii se observă că, pentru ca integrala (3) să fie convergentă, trebuie găsită o funcție $\rho^n(x, y)$, care să aproximeze cu suficientă precizie funcția în scară $\Delta g(x, y)$ în vecinătatea punctului P .

Se poate găsi o funcție de regresie de genul

$$\Delta g(x, y) - \Delta g(x_p, y_p) \approx a(x^2 + y^2)^{n/2} \quad (5)$$

unde a și n sunt niște parametri. Dacă în interiorul domeniului D se aleg în mod convenabil m puncte, atunci parametrii a și n se pot determina prin metoda celor mai mici pătrate (dacă $m > 2$) cu condiția suplimentară, $n > 0$.

Această metodă este destul de complicată, neputind fi aplicată cu ușurință în practica curentă de calcul a componentelor deviației verticale.

Anomaliiile gravitației $\Delta g(x, y)$ se pot approxima cu suficientă precizie și cu o funcție de regresie de genul

$$\begin{aligned} \Delta g(x, y) - \Delta g(x_p, y_p) &\approx a(x^2 + y^2)^{1/2} + b(x^2 + y^2) + \dots \\ &\dots \approx ar + br^2 + \dots \end{aligned} \quad (7)$$

care îndeplinește condiția (5).

În continuare, se va analiza numai acest ultim caz.

Deducerea formulelor generale de calcul în cazul folosirii coordonatelor carteziene

Se consideră funcția de regresie $\Delta g(x, y)$ definită astfel :

$$\begin{aligned} \Delta g(x, y) &\approx a[(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2]^{1/2} + b[(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2] + \\ &\Delta g(x_p, y_p) \end{aligned} \quad (8)$$

În acest caz

$$\begin{aligned} \Delta \xi_0 &= h \iint_D \frac{(x - x_p) \Delta g(x, y)}{[(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2]^{3/2}} dx dy \approx h \iint_D \frac{x - x_p}{[(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2]^{3/2}} \cdot \\ &\cdot \{a[(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2]^{1/2} + b[(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2]\} dx dy = \\ &= ah \iint_D \frac{x - x_p}{(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2} dx dy + bh \iint_D \frac{x - x_p}{[(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2]^{1/2}} dx dy \end{aligned}$$

sau

$$\Delta \xi_0 = h(aI_1 + bI_2) \quad (9)$$

unde

$$I_1 = \iint_D \frac{x - x_p}{(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2} dx dy \quad (10)$$

$$I_2 = \iint_D \frac{x - x_p}{[(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2]^{1/2}} dx dy \quad (11)$$

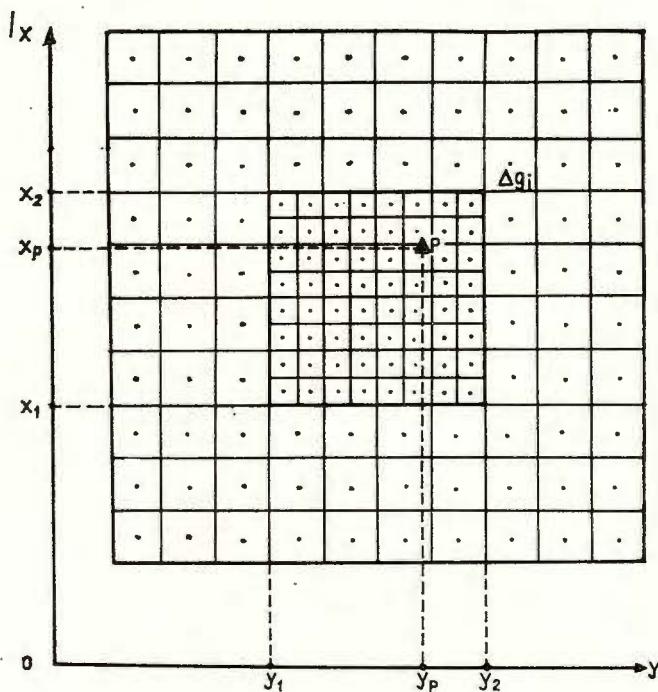


Fig. 1. — Zonele centrală și alăturată și poziția punctului P în cadrul acestora.
Zones centrale et voisines, et position du point P dans le cadre de celles-ci.

Determinarea parametrilor a și b

Pentru fiecare punct al domeniului D (fig. 1) se poate scrie o ecuație de erori de forma (8), obținându-se astfel un sistem de m ecuații liniare, de forma

$$BX + T = V \quad (12)$$

unde

$$B = \begin{bmatrix} [(x_1 - x_p)^2 + (y_1 - y_p)^2]^{1/2} & [(x_1 - x_p)^2 + (y_1 - y_p)^2] \\ [(x_2 - x_p)^2 + (y_2 - y_p)^2]^{1/2} & [(x_2 - x_p)^2 + (y_2 - y_p)^2] \\ \vdots & \vdots \\ [(x_m - x_p)^2 + (y_m - y_p)^2]^{1/2} & [(x_m - x_p)^2 + (y_m - y_p)^2] \end{bmatrix},$$

$$X = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}, \quad T = \begin{bmatrix} \Delta g'_1 \\ \Delta g'_2 \\ \vdots \\ \Delta g'_m \end{bmatrix}, \quad \Delta' g_i = \Delta g_p - \Delta g_i. \quad (13)$$

Soluția sistemului de ecuații (12), punând condiția ca $[vv] = \text{minim}$, este

$$X = -(B^* B)^{-1} B^* T = FT \quad (14)$$

unde

$$F = -(B^* B)^{-1} B^* \quad (15)$$

Caz particular

Dacă punctul P este situat în centrul domeniului D (fig. 1), atunci elementele matricei F sunt constante pentru o anumită dispunere a punctelor în care se cunosc anomalile greutății. În acest caz (folosit în mod curent în practică), componentele deviației verticalei se pot determina cu ajutorul relațiilor

$$\Delta \xi_0 = h \sum_{i=1}^m C'_i \Delta' g_i \quad (16)$$

$$\Delta \eta_0 = h \sum_{i=1}^m C''_i \Delta' g_i \quad (17)$$

unde

$$\left. \begin{array}{l} C' = FI_1, \quad I_1^* = [I'_1 + I''_1] \\ C'' = FI_2, \quad I_2^* = [I'_2 + I''_2] \end{array} \right\} \quad (18)$$

$$I'_1 = \iint_{D_0} \frac{x - x_p}{[(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2]^{1/2}} dx dy$$

$$I''_1 = \iint_{D_0} \frac{x - x_p}{(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2} dx dy$$

$$I'_2 = \iint_{D_0} \frac{y - y_p}{[(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2]^{1/2}} dx dy$$



$$I_2'' = \iint \frac{y - y_p}{(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2} dx dy$$

$$D_0 \{ -x_0 \leq x \leq x_0, -y_0 \leq y \leq y_0 \}$$

Deducerea formulelor de calcul în cazul folosirii coordonatelor polare

Se presupune zona centrală sub forma unei suprafețe circulare cu centrul în punctul P de rază R , în care sunt cunoscute valorile funcției $\Delta g(x, y)$ în m puncte, cîte $m/4$ puncte în fiecare sfert de cerc. În această situație, parametrii a și b se determină ca și în cazul folosirii coordonatelor carteziene. Singura deosebire este faptul că valorile integrale I'_1 , I'_2 , I''_2 se determină cu alte relații.

Astfel, dacă se consideră

$$\Delta g(\rho, \theta) \approx a\rho + b\rho^2 + \Delta g_p \quad \text{unde } \rho = (x^2 + y^2)^{1/2} \quad (19)$$

atunci

$$I'_1 = -I'_2 = - \int_0^{\pi/2} \cos \theta d\theta \int_0^R \rho d\rho = R$$

$$I''_1 = -I''_2 = - \int_0^{\pi/2} \cos \theta d\theta \int_0^R \rho^2 d\rho = \frac{R^2}{2}$$

Exemplu numeric

Pentru exemplificare, s-a ales un punct în care s-au calculat componentele deviației gravimetrice a verticalei, atît prin folosirea coordonatelor carteziene cît și prin folosirea coordonatelor polare.

Pentru cazul coordonatelor rectangulare, s-a considerat $D_0 \{ -500m \leq x \leq 500m, -500m \leq y \leq 500m \}$, în care s-au ales 36 de puncte dispuse uniform; pentru cazul coordonatelor polare s-a considerat $D_0 \{ \theta \in [0, 2\pi), R = 600m \}$ în care s-au ales 24 de puncte.

În ambele cazuri, pentru comparație, s-au calculat componentele deviației verticalei, folosind cuadraturi Gauss (cu 6 noduri în cazul coordonatelor carteziene și cu 3 noduri în cazul folosirii coordonatelor polare), cît și folosind metoda gradienților.

În tabelele 1 și 2 sînt date valorile anomalilor în aer liber în cele 36(24) puncte, precum și valorile elementelor matricei C . (Din cauza simetriei față de punctul P a domeniului D_0 , cît și a simetriei de dispunere a punctelor față de axele de coordonate, numerotarea punctelor s-a făcut numai pentru cadransul I, începînd cu nr. 1 pentru punctul cel mai apropiat de punctul dat P și aceeași numerotare s-a considerat și pentru punctele simetrice din celelalte cadrane.)



TABELUL 1

*Metoda coordonatelor carteziene**a*

Nr. punc- tului	Metoda propusă				Matricea C pentru :	
	Valori ale Δg				$\Delta g = ar$	$\Delta g = ar + br^2$
	I	II	III	IV		
1	201,0	200,0	200,3	200,4	-0,00127	-0,01033
2	211,0	189,8	185,2	201,4	-0,00284	-0,01450
3	219,5	180,4	174,0	202,8	-0,00458	-0,00788
4	212,0	203,6	191,3	192,9	-0,00284	-0,01450
5	218,9	193,4	182,3	191,0	-0,00381	-0,01224
6	224,3	186,0	173,3	190,8	-0,00524	-0,00228
7	220,8	211,7	192,3	187,2	-0,00458	-0,00788
8	230,4	202,9	180,8	183,3	-0,00524	-0,00288
9	239,2	193,4	176,8	181,7	-0,00635	+0,01104
					$\Delta \xi_0$ $\Delta \eta_0$	-1'',645 -1'',310 -1'',287 -1'',418

b

Nr. punc- tului	Metoda cuadraturii Gauss				Matricea C	
	Valori ale Δg					
	I	II	III	IV		
1	202,2	199,0	198,1	200,0	-0,04579	
2	212,4	188,4	182,6	201,0	-0,00383	
3	218,5	182,7	175,5	201,7	-0,00071	
4	213,8	203,9	188,7	191,0	-0,01067	
5	221,8	192,5	180,0	188,7	-0,00350	
6	225,0	187,8	176,7	190,0	-0,00091	
7	220,3	209,7	190,7	195,1	-0,00279	
8	230,4	200,0	181,0	181,2	-0,00128	
9	229,6	193,2	183,1	182,5	-0,00039	
					$\Delta \xi_0$ $\Delta \eta_0$	
					-1'',056 -0'',853	



TABELUL 2
Metoda coordonatelor polare

a

Nr. punc- tului	Metoda propusă					$\Delta g = ar$	$\Delta g = ar + br$		
	Valori ale Δg				Matricea C pentru :				
	I	II	III	IV					
1	202,2	199,0	198,1	200,2	-0,00278	-0,02560			
2	217,8	204,0	185,0	186,0	-0,00556	-0,02470			
3	216,0	187,1	179,6	200,3	-0,00556	-0,02470			
4	227,0	212,4	187,5	188,7	-0,00833	+0,00268			
5	228,1	193,0	181,2	184,0	-0,00833	+0,00268			
6	221,9	179,3	168,0	190,0	-0,00833	+0,00268			
					$\Delta\xi_0$	-1,768	-1'',455		
					$\Delta\eta_0$	-1,355	-1'',396		

b

Nr. punc- tului	Metoda cuadraturii Gauss					Matricea C	
	Valori ale Δg						
	I	II	III	IV			
1	201,0	200,8	200,6	201,3	-0,05778		
2	211,3	202,0	192,0	195,8	-0,01048		
3	209,5	191,0	186,1	200,3	-0,01048		
4	223,3	211,0	191,8	187,1	-0,00246		
5	225,5	192,3	180,0	186,5	-0,00246		
6	220,8	181,3	172,0	200,5	-0,00246		
					$\Delta\xi_0$	-0'',745	
					$\Delta\eta_0$	-0'',816	



TABELUL 3

Compararea rezultatelor obținute prin diferite metode

Metode folosite	Metoda coordonatelor carteziene			Metoda coordonatelor polare		
	Nr. de puncte	$\Delta\xi_0$	$\Delta\eta_0$	Nr. de puncte	$\Delta\xi_0$	$\Delta\eta_0$
Metoda propusă	$\Delta g = ar$	36	-1'',64	-1'',31	24	-1'',77
	$\Delta g = ar + br^2$	36	-1,29	-1,42	24	-1,46
Metoda gradientilor	cu 2 gradienți	4	-1,73	-1,12	4	-1,32
	cu 3 gradienți	-	--	--	8	-1,73
Cuadratură Gauss	cu 3 noduri	36	-1,06	-0,85	24	-1,06
	cu 5 noduri	-	--	--	60	-1,02

Concluzii

a) Din punctul de vedere al preciziei, se observă că metoda propusă asigură o precizie superioară față de celelalte metode. În comparație cu metoda gradientilor, metoda propusă asigură o precizie mai mare prin aceea că se folosesc valori ale anomaliei greutății și din interiorul domeniului D , nu numai de pe conturul acestuia.

Din experimentările făcute s-a observat că funcția în scără poate fi aproximată suficient de precis cu o funcție analitică de gradul II, conform relației (8) sau (19).

Din tabelul comparativ 3, se observă că rezultatele obținute prin cuadratură Gauss diferă mai mult față de rezultatele obținute prin celelalte metode, fapt explicabil prin aceea că cuadratura Gauss s-a folosit pentru calculul unei integrale dintr-o funcție de forma $1/r$, funcție care tinde către ∞ atunci cind r tinde către 0.

Rezultatele se eronează și mai mult pe măsură ce numărul de noduri al cuadraturii Gauss se mărește, fapt în aparență paradoxal, dar explicabil prin natura divergentă a integralei (3), cind $q \geq 3$.

Se poate trage concluzia că orice altă metodă de aproximare a integralei (3) pentru $q = 3$ (cuadratura Simson, Cebîșev etc.) conduce la rezultate eronate. De aceea, în vecinătatea punctului P , trebuie aproximată funcția în scără $\Delta g(x, y)$ cu o funcție analitică $\rho^n(x, y)$, $n > 0$, astfel ca împreună cu funcția $1/r$ să rezulte o funcție definită în vecinătatea punctului P .

Dacă s-ar restrînge foarte mult zona centrală în care să se folosească metoda gradientilor pentru determinarea componentelor deviației verti-



calei, iar în afara acesteia să se aproximeze integrala (3) pentru $q = 3$ cu cuadraturi Gauss, Cebîşev, Simson etc. și atunci să rezultatele, întrucât s-ar rezolva corect numai zona centrală, iar zona alăturată ar introduce erori mari datorită variației bruse a funcției $1/r$ (fig. 2). Funcția $1/r$ începe să varieze brusc la 600–800 m către punctul P , ceea ce impune ca orice metodă de cuadratură să fie folosită numai peste aceste limite.

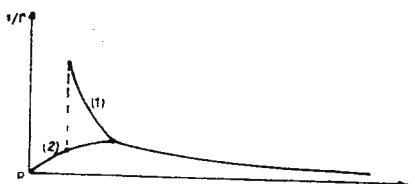


Fig. 2. — Variația funcțiilor $1/r$ (1) și $\Delta g/r$ (2).
Variation des fonctions $1/r$ (1) et $\Delta g/r$ (2).

b) Metoda propusă permite rezolvarea și unei alte probleme de mare actualitate, aceea de automatizare a determinării deviației verticalei și în zona centrală.

În acest caz, dacă se presupune că sunt cunoscute anomaliiile în aer liber ale greutății ca valori medii pe suprafețe standard de o anumită mărime, în așa fel încât acestea să poată fi folosite și la determinarea deviației verticalei în zona centrală, atunci se poate întocmi un program pentru calculatorul electronic, care să calculeze valorile componentelor $\Delta\xi$ și $\Delta\eta$ în funcție de poziția punctului P față de poziția suprafețelor standard unde sunt date valorile Δg (cazul general indicat în fig. 1).

Prin aceasta se rezolvă racordarea celor două zone (zona centrală și zona alăturată) în cadrul programului de automatizare a determinării deviației gravimetrice a verticalei.

c) Un alt avantaj al metodei indicate în această lucrare este și acela că cele m puncte în care se folosesc anomaliiile Δg pot fi dispuse într-un mod mai convenabil (pot fi dispuse oricum). La alte metode disponibile punctelor este impusă, ceea ce face ca în anumite zone ale domeniului D punctele să fie prea dese, iar în altele prea rare. Această particularitate a metodei permite o mai bună aproximare a funcției în scară Δg .

d) Metoda gradienților este un caz particular al metodei generale propusă în această lucrare.

BIBLIOGRAFIE

- Bădescu R. Măican C. (1968) Integrale utilizate în mecanică, fizică, tehnică și calculul lor. Editura tehnică, București.
- Bursa M. (1968) On the determination of gravimetric deflections of the vertical for the centre area. *Geofysikální Sb.*, XV, Praga.
- Levallois J. J. (1970) *Géodésie générale*, 3, Paris.

CONTRIBUTIONS AU CALCUL DE LA DÉVIATION VERTICALE DANS LA ZONE CENTRALE

(Résumé)

Le calcul de la déviation gravimétrique de la verticale à la proximité d'un point donné P (zone centrale) à l'aide des formules Vening-Meinesz, est parfois difficile, vu que les fonctions qui interviennent dans ces relations ne sont pas définies dans leur origine, ce qui impose l'application de méthodes spéciales pour éliminer ces difficultés.

On indique, dans cet ouvrage, une autre méthode basée sur le calcul approximatif du champ anomalous de la gravité de la zone centrale à l'aide de fonctions, choisies de manière que les intégrales des formules Vening-Meinesz soient convergentes. Les paramètres des relations des fonctions employées sont déterminés par la méthode des moindres carrés.

L'ouvrage contient aussi un étude comparative de la méthode proposée avec les méthodes connues dans la littérature de spécialité.





Institutul Geologic al României

MĂSURĂTORI RADIOTELEMETRICE ALE VARIATIEI DIURNE A SEMNALULUI DOWSING¹

DE

ANDREI APOSTOL², IOAN FL. DUMITRESCU³

Abstract

Radiotelemetric Measurements of the Diurnal Variation of Dowsing Signal. In the course of investigations undertaken within the Băile Herculane Spa area, the dowsing signal has been recorded by a radiotelemetric equipment Hellige under the form of an electric potential difference between the dowser's palms. The appearance of the dowsing signal is conditioned by the blocking of galvanic skin responses during the processing of the field work. The measurements of the extent of the dowsing zone indicated a diurnal variation which could have been connected with causes of solar origin.

Asupra metodei de prospecție cunoscută în literatură sub denumirea de *dowsing*, *biofiziceskii efekt*, *Radiästhesie*, s-au scris numeroase lucrări în care procedeul de lucru a fost cel tradițional. În acest procedeu operatorul care prezintă calități de *dowser* se deplasează pe teren cu o baghetă de lemn ținută în mîini iar semnalul este reprezentat prin mișările baghetei ca urmare a unor contracții involuntare în mușchii brațelor.

Primele încercări de înregistrare cu ajutorul unor procedee tehnice au fost realizate de T r o m p (1949), care a evidențiat variații de potențial electric între brațele operatorului în cursul traversării zonei cu semnale *dowsing*.

Acstea observații au făcut posibilă înregistrarea semnalului pe un profil în zona stațiunii Băile Herculane (fig. 1) cu o aparatură de radiotelemetrie Hellige, sub forma unei diferențe de potențial electric între fetele palmare ale operatorului (fig. 2).

¹ Susținută în Ședința de comunicări științifice a Institutului de geologie și geofizică, din 18 aprilie 1975.

² Institutul de geologie și geofizică, Str. Caransebeș nr. 1, București.

³ Centrul de protecție și igienă a muncii, Str. Pop de Băsești nr. 59, București.



Aparatura radiotelemetrică a permis amplificarea acestei diferențe de potențial de ordinul sutelor de microvolți, recepționarea semnalului la o distanță cuprinsă între 500 și 800 m și înregistrarea lui simultană pe hîrtie termosensibilă și pe bandă magnetică.

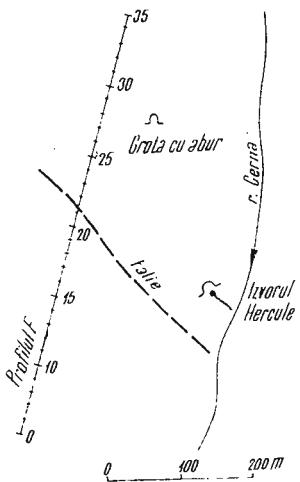


Fig. 1. — Profilul de lucru în zona staționii
Băile Herculane.

Profil de travail dans la zone de la station
de Băile Herculane.

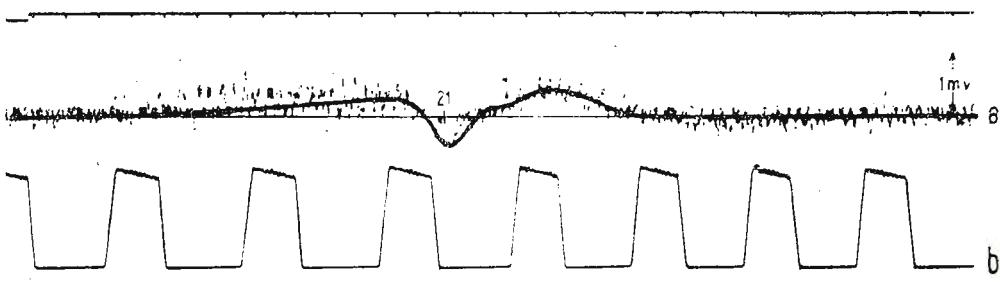


Fig. 2. — Măsurători radiotelemetrice asupra unui operator dowsing pe profilul de lucru :
a, semnalul dowsing ; b, ritmul respirator al operatorului.

Mesurages radiotélémétriques sur un opérateur dowsing sur le profil de travail : a, signal dowsing ; b, rythme respiratoire de l'opérateur.

Semnalul dowsing a fost corelat cu factori geofizici (rezistivitatea electrică, polarizabilitatea, potențialului natural, cîmpul magnetic și temperatura la adîncimea de 1,5 m în sol) și fiziolegici (reflexul electrodermal, ritmul respirator și frecvența pașilor operatorului). În figura 3, axul semnalului dowsing apare în zona unei fracturi geologice cu circulație de apă termominerală care generează anomalii în distribuția rezistivității electrice, polarizabilității și temperaturii rocilor. Aceste observații nu permit deocamdată interpretări asupra naturii fizice a semnalului dowsing.

Alte corelații au fost făcute între înregistrările radiotelemetrice ale semnalului dowsing și reflexul electrodermal⁴. Cercetările au stabilit că semnalul apare numai la operatorii care au capacitatea de a-și bloca reflexele electrodermale pe durata parcurgerii profilului de lucru. Blocarea reflexelor electrodermale este însoțită de un automatism al ritmului respirator și frecvenței pașilor.

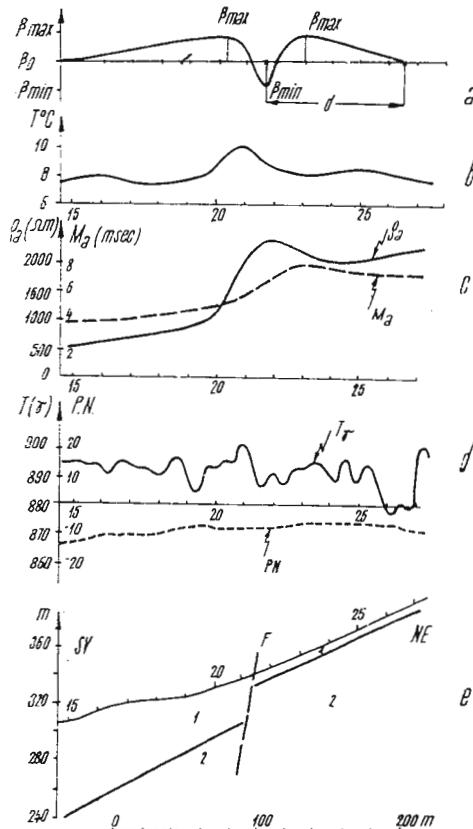


Fig. 3. — Cercetări prin procedeul dowsing și prin metode geofizice pe profilul de lucru din zona stațiunii Băile Herculane : a, profilul dowsing ; b, profilul geotermic (Visarion, 1974) ; c, profilul de rezistivitate și polarizabilitate aparentă ; d, profilul magnetic T și de potențial natural ; e, secțiunea geologică ; 1, marnocalcare ; 2, calcare.
Recherches à l'aide du procédé dowsing et des méthodes géophysiques sur le profil de travail dans la zone de la station de Băile Herculane : a, profil dowsing ; b, profil géothermique (Visarion, 1974) ; c, profil de résistivité et de polarisabilité apparente ; d, profil magnétique T et de potentiel naturel ; e, coupe géologique ; 1, marnocalcaires ; 2, calcaires.

Dacă se execută măsurători în timp pe același traseu, se constată o variație diurnă a mărimii zonei de dowsing notată cu d , reprezentată prin distanța între începutul și axul acesteia (fig. 3 și 4). Forma acestei variații prezintă reproductibilitate la doi operatori diferenți în cursul aceliei zile, precum și la același operator în zile diferite (fig. 4 și 5). Încercările de corelare a variației diurne a mărimii zonei de dowsing cu variația diurnă a cîmpului magnetic, nu au fost concluziente (fig. 4). Cu toate

⁴ I. F. Dumitrescu (1971). Contribuții la studiul activității electrodermale. Teză. Institutul de medicină și farmacie, București.

acestea, în figura 5 se constată o legătură între poziția soarelui în două perioade diferite ale anului și forma variației parametrului d a semnalului dowsing.

Măsurători ale variației în timp a mărimii zonei de dowsing, realizate pe durata mai multor luni, au evidențiat existența unor perturbații, în zilele în care zona de lucru a fost traversată de fronturi meteorologice reci.

Cercetările dowsing întreprinse pe un profil situat în zona Băile Herculane au permis stabilirea unui procedeu obiectiv de înregistrare a semnalelor precum și de selecție a operatorilor capabili să realizeze astfel de înregistrări.

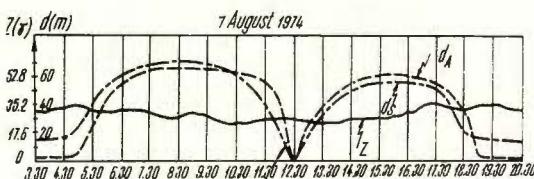


Fig. 4. — Variația diurnă a parametrului d a zonei de dowsing: d_A , dowser A; d_S , dowser S; d , distanța între inceputul și axul semnalului dowsing; Z , variația diurnă a componentei Z a cimpului magnetic terestru.

Variation diurne du paramètre d de la zone de dowsing: d_A , dowser A; d_S , dowser S; d , distance entre le commencement et l'axe du signal dowsing; Z , variation diurne du composant Z du champ magnétique terrestre.

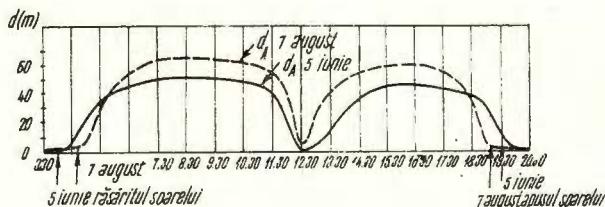


Fig. 5. — Variația diurnă a parametrului d a zonei de dowsing în două perioade diferite ale anului 1974.

Variation diurne du paramètre de la zone de dowsing dans deux périodes différentes de l'année 1974.

Măsurările în timp ale semnalului dowsing au scos în evidență o variație diurnă a acestuia, care permite realizarea unor corecții în cursul lucrărilor de prospecțiuni, constituind în același timp un element nou în încercările de explicare a naturii acestui fenomen.

BIBLIOGRAFIE

- Apostol A., Ionescu Fl., Pricăjan A., Săhleanu V. (1972) Asupra unor informații de natură biologică întâlnite în practica geologică. Rev. Min., 7, București.
- Matveev V. S. (1967) O biofiziceskom metode v gheologhii. Izv. Akad. Nauk., Kazah., SSSR, Ser. Gheol. 3, Alma Ata.
- Tromp S. W. (1949) Psychical Physics. Elsevier, Amsterdam.

Visarion M., Apostol A., Ștefănescu Ruxandra (1974) Contribuții geofizice la precizarea zonelor de ridicare spre suprafață a apelor termominerale de la Băile Herculane. *St. Cerc. Geol. Geofiz., Ser. Geofiz.*, 12, pp. 135–144, București..

MESURAGES RADIOTÉLÉMÉTRIQUES DE LA VARIATION DIURNE DU SIGNAL DOWSING

(Résumé)

Au cours des recherches faites dans la zone de la station de Băile Herculane, le signal dowsing a été enrégistré, sous forme d'une différence de potentiel électrique entre les paumes de l'opérateur à l'aide d'un appareil de radiotélémétrie Hellige. L'apparition du signal doswing est conditionnée par le blocage des reflexes électrodermiques au cours de la traversée du profil de travail.

Les mesurages concernant l'étendue de la zone de dowsing indiquent une variation diurne, qui pourrait être influencée par des causes d'origine solaire.





Institutul Geologic al României

GAMASPECTROMETRU DIFERENȚIAL DE SONDĂ¹

DE

ALEXANDRU KLUGER², CONSTANTIN PATRICH³

Abstract

Borehole Differential Gamma-Spectrometer. The authors emphasize the importance of the gamma-spectrometer method, and present the operating scheme of a borehole differential gamma-spectrometer made in Romania. The test results are also expounded in the last part.

Analiza spectrală a radiațiilor gama este una dintre metodele cu mari perspective, în dezvoltarea procedeelor radiometrice, care se utilizează în carotaj.

Folosirea acestei metode este posibilă pe baza utilizării scintilometrelor, care permit determinarea nu numai a intensității integrale a radiațiilor gama, dar și stabilirea repartiției lor energetice.

Determinarea repartizării energetice, se bazează pe proprietatea izotopilor radioactivi de a emite preferențial cuante gama, cu energii caracteristice pentru elementul respectiv.

Din punctul de vedere al izotopilor radioactivi cercetați, metoda gamaspectrometrică se poate subdivide în pasivă, cînd este folosită pentru punerea în evidență a unor elemente de radioactivitate naturală (U, Th, K) și activă, în care caz se creează în mod artificial izotopi, prin bombardarea stratelor cu un flux de neutroni și se înregistrează energiile radiațiilor caracteristice acestor izotopi, sau a radiațiilor gama de captură.

În acest ultim caz, curba de repartiție a energiilor nu prezintă maxime precise, interpretarea rezultatelor fiind mai dificilă.

¹ Susținută în ședința de comunicări științifice a Institutului de geofizică aplicată din martie 1972.

² Institutul de geologie și geofizică, Str. Caransebeș nr. 1, București.

³ MMPG Str. Mendeleev nr. 36–38. București.

Având în vedere perspectiva pe care o oferă metoda, cît și succesele înregistrate în această direcție în străinătate, s-a inițiat experimentarea ei și la noi în țară și, în acest scop, confectionarea aparaturii necesare.

În acest sens a trebuit să se țină cont de faptul că nu a existat o experiență acumulată, nici în ceea ce privește construirea unui astfel de aparat și nici în legătură cu aspectul geofizic al problemei. Trebuie, deci, adoptată o soluție, la care factorii de aparatură să influențeze cît mai puțin posibil rezultatele măsurătorilor.

Astfel, cu toate avantajele pe care le-ar fi prezentat utilizarea tranzistoarelor, în privința gabaritului s-au adoptat tuburi electronice din cauza stabilității mai mari în funcționarea acestora.

O altă problemă, care trebuia rezolvată s-a ivit la analiza spectrală a radiațiilor care ar putea avea loc în electroda de carotaj, sau la suprafață.

Cea de-a doua soluție ar fi simplificat mult construcția părții de aparatură care se introduce în sondă și ar fi redus gabaritul acesteia, însă, în acest caz, influența capacitatei cablului de carotaj ar fi putut să falsifice informația spectrală.

Într-adevăr, în cazul unor viteze mari de numărare, ca urmare a acumulării sarcinilor în capacitatea distribuită a cablului, la intrarea aparaturii spectrometrice aflată la suprafață ar fi putut să apară impulsuri, cu amplitudine mai mare decât aceea corespunzătoare energiilor cuantelor gama incidente. Din această cauză s-a ales varianta, în care analiza spectrală a impulsurilor are loc în electrodă, la suprafață transmitindu-se rezultatul acestei analize, sub forma unor impulsuri normalizate. În acest caz, distorsiunea introdusă de cablu în forma și amplitudinea impulsurilor nu mai deranjează, din punctul de vedere al înregistrării, importantă fiind numai transmiterea nedistorsionată a numărului de impulsuri în unitatea de timp. Evident, asupra acestei mărimi cablul are o influență mică, ea putind fi inclusă în puterea de rezoluție finită a întregii aparaturi.

De altfel, adoptarea acestei soluții prezintă și avantajul de a face posibilă utilizarea pentru înregistrare a unui panou de carotaj obișnuit.

Schema bloc a electrodei spectrometrice este reprezentată în figura 1.

Impulsurile obținute de la scintilometru (1), format dintr-un cristal de INa (10) împreună cu un fotomultiplicator FEU-35, ajung la intrarea unui lanț de amplificatori linearî (2), iar după amplificare la intrarea etajului discriminator (3).

Pragul acestui discriminator poate fi deplasat cu ajutorul unui curent comandat de la suprafață, alegind astfel domeniul spectral necesar. Impulsurile care au trecut de pragul discriminatorului, după ce au fost amplificate de către amplificatorul de fereastră (4), ajung la două circuite monostabile (5) și (6), cu praguri de declanșare decalate, decalajul dintre praguri formând fereastra spectrometrului. Lățimea acestei ferestre este reglabilă într-un interval de circa 50–100 keV. Impulsurile de ieșire ale celor două circuite monostabile ajung la intrările unui etaj de numărare a anticoincidentelor (7); semnalele de ieșire ale acestuia corespund impulsurilor a căror amplitudine este cuprinsă în intervalul determinat de lățimea ferestrei.



Semnalele furnizate de etajul de numărare a anticoincidentelor sunt normalizate (8) și sunt transmise la ieșirea etajului final (9), cu polaritate pozitivă, la suprafață.

În afara de canalul diferențial descris mai sus, în electrodă există și un canal integral, compus din monostabilul (11) și amplificatorul (12),

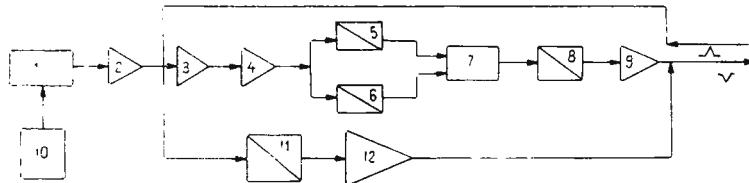


Fig. 1. — Schema bloc a electrodei spectrometrice : 1, scintilometru ; 2, amplificator linear ; 3, etaj discriminatoare ; 4, amplificator de fereastră ; 5, 6, circuite monostabile ; 7, etaj de numărare a anticoincidentelor ; 8, normalizator ; 9, etaj final.

Schema-bloc de l'électrode spectrométrique : 1, scintillomètre ; 2, amplificateur linéaire ; 3, étage discriminatoire ; 4, amplificateur de fenêtre ; 5, 6, circuits monostables ; 7, étage de comptage des anticoïncidences ; 8, normalisateur ; 9, étage final.

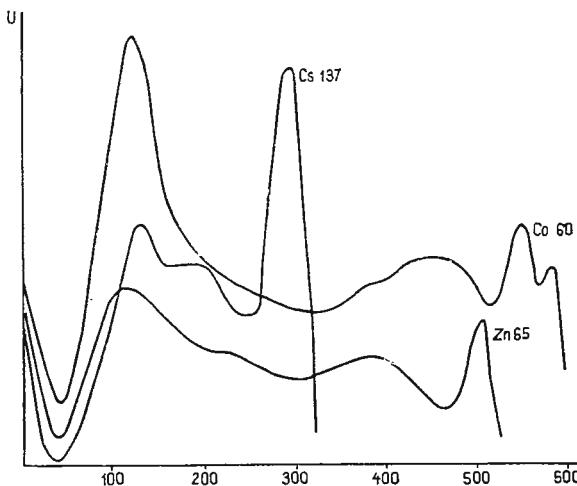


Fig. 2. — Curbele de etalonare ale spectrometrului.
Courbes d'étalonnage du spectromètre.

care transmite impulsurile de ieșire, cu polaritate negativă, pe același cablu, la suprafață există posibilitatea separării semnalelor, provenite de la cele două canale, pe baza polarității lor.

În figura 2 sunt reprezentate curbele de etalonare ale spectrometrului.

Etalonarea s-a făcut cu izotopii de Cs^{137} , Zn^{65} și Co^{60} .

Funcționarea electrodei a fost verificată în repetate rînduri pe teren, cu rezultate bune.

În figura 3 sint reprezentate diagramele de carotaj provenite de la o sursă de bauxită.

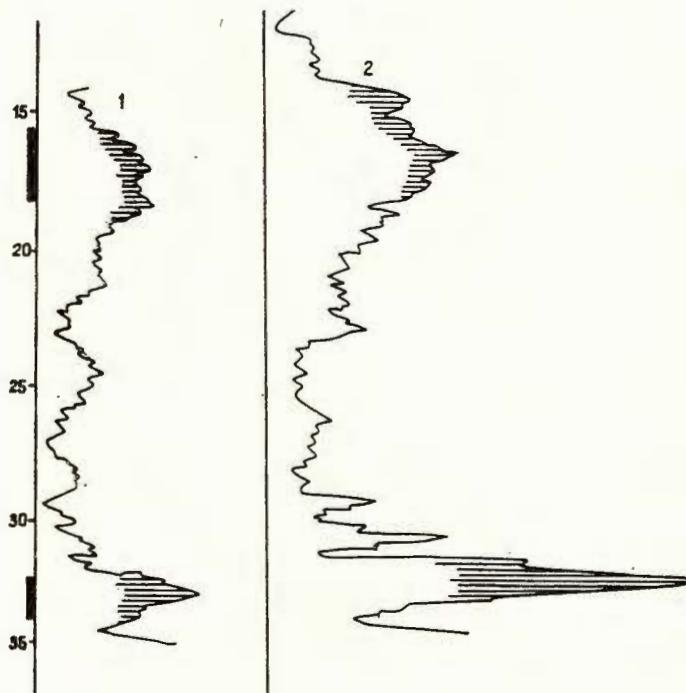


Fig. 3. — Diagramme de carottage provenus d'une sonde à bauxite :
1, gama integral; 2, gama différentiel.

Diagrammes de carottage provenus d'une sonde à bauxite : 1, gamma intégral; 2, gamma différentiel.

Pe baza experienței acumulate se prevede în viitor construirea unei electrode spectrometrice cu gabarit redus, pentru a se putea extinde utilizarea metodei la sondezele cu diametru mic.

GAMMASPECTROMÈTRE DIFFÉRENTIEL DE SONDE (Résumé)

Des résultats importants ont été obtenu à l'étranger par l'application de la méthode de la spectrométrie gamma au carottage.



L'application de cette méthode, en Roumanie, avec de bons résultats, a réclamé la construction de l'appareillage adéquat. A cette fin on a dû choisir un schéma qui réduise au minimum l'influence des facteurs d'appareillage qui auraient pu influer sur les résultats. On s'est arrêté sur l'introduction de la chaîne spectrométrique dans le dispositif de sondage, le résultat de l'analyse spectrométrique étant transmis à la surface. Sur le terrain l'appareil a donné de bons résultats.





Institutul Geologic al României

STUDIUL ANOMALIILOR CÎMPULUI GRAVITĂȚII DIN ZONA CENTRALĂ A DEPRESIUNII TRANSILVANIEI

DE

MARIUS VISARION², CONSTANTIN ȘTEFAN SAVA³

Abstract

Studies on the Gravity Anomaly in the Central Part of the Transylvania Depression. The gravitational effects displayed in the central part of the Transylvania Depression have been successively eliminated using the stripping method. This procedure outlined residual anomalies due to the hidden magmatic masses, which were not directly noticed on the gravity map. Relying on the results obtained, it has been estimated that the deep stripping method will replace other procedures used until now for anomalous source separation as, generally, this method allows the localization of some deep-seated structural elements which are difficult to be spotted by other geophysical methods

Introducere

Anomalia gravitației reprezintă o mărime complexă, care reflectă efectul cumulat al tuturor neomogenităților de masă din subsol. Rezultatele obținute de cercetarea gravimetrică, în diverse situații concrete, sunt în directă dependență de numărul și mărimea contrastelor de masă. Studii efectuate în condiții geologice variate arată că numai în cazuri izolate se poate admite existența unor surse perturbante unice. În majoritatea situațiilor, contrastele de masă sunt destul de numeroase și uneori de semne contrare, intervenind cu ponderi variabile în producerea anomaliei gravitației.

Diverse procedee, cu suport matematic mai mult sau mai puțin elevat, permit evidențierea surselor principale de anomalii, clasificate de

¹ Susținută la Al VIII-lea simpozion de prospecționi geofizice și fizica scoarței globului din R. S. România, 4–6 iulie, 1974, București.

² Institutul de geologie și geofizică. Str. Caransebeș nr. 1, București.

³ Ministerul Minelor, Petrolului și Geologiei, Str. Mendelev 36, București.



obicei în „regionale” și „locale”, fără să asigure însă o separare reală a tuturor efectelor cumulate în anomalia cartată.

Gradul actual de cunoaștere a unor unități structurale, pînă la trepte de adîncime suficient de mari, admite un alt mod de abordare a problemei separării anomalilor gravimetrice.

Avînd la bază procedeul „dezvelirii gravimetrice” (H a m m e r, 1963), în lucrare se indică o cale de separare a anomalilor produse de mase perturbante adînci. În acest context se analizează cazul unei anomalii gravimetrice cu o structură complexă, cartată în zona centrală a Depresiunii Transilvaniei.

Date inițiale

Depresiunea Transilvaniei a făcut obiectul a numeroase cercetări gravimetrice, în vederea determinării caracteristicilor structurale ale formațiunilor de cuvertură și a substratului lor presenonian, localizarea masivelor de sare și conturarea zonelor productive pe unele zăcăminte de gaze. Asamblarea materialului gravimetric existent, realizată într-o lucrare de sinteză⁴, a condus la obținerea unei imagini îmbunătățite a anomaliei cîmpului gravității, fapt care a permis o prelucrare ulterioară corespunzătoare a datelor primare.

Avînd în vedere scopul lucrării, într-o primă etapă s-a procedat la eliminarea componentelor de frecvență înaltă. Anomalia mediată a gravității, reprodusă schematic în figura 1, individualizează cîteva maxime și minime majore, care reprezintă cîmul efectelor produse de o serie de surse perturbante, cu caracteristici diferențiate. În jurul unui maxim central, cu apexul la Pogăceaua, în zonele marginale estică și vestică ale depresiunii se dispun anomalii regionale de minim, pe direcția localităților Bistrița-Sovata și respectiv Dej-Teiuș. Partea central-sudică a depresiunii este dominată de anomalia majoră de minim din zona Tîrnavelor. O anomalie majoră de maxim ocupă partea sudică a unității. Axa anomaliei se urmărește între localitățile Rodbav și Vurpăr pe o direcție E-W, de unde trimită o ramificație spre NW, către Cenade. Anomalia este talonată la S și SW de minime intense, paralele cu rama muntoașă.

Pozitia elevată a stratului bazaltic în zona centrală a depresiunii, existența mai multor discordanțe în stiva de depozite sedimentare, precum și a unor mase magmatice, în principal infracristaline, fac deosebit de dificilă interpretarea anomaliei cîmpului gravității în această unitate structurală de la interiorul arcului carpatic.

Coroborarea datelor seismometrice și de foraj cu cele gravimetrice a dovedit că relieful fundamentului cristalino-mezozoic nu constituie cauza determinantă a variațiilor cîmpului gravității pe teritoriul Transilvaniei (T a l o ș et al., 1968 ; V i s a r i o n et al., 1973). Astfel, forajele

⁴ M. Visarion, E. Ali-Mehmed, P. Polonic, R. Ștefănescu, C. Sava, Caliope Dumbravă. Sinteză lucrărilor geofizice executate pe aria Depresiunii Transilvaniei pentru descifrarea structurii adînci. 1974, Arh. IGG, București.



de la Ocna de Sus și Pogăceaua, amplasate în zonele de apex ale unor anomalii majore de minim și respectiv de maxim, au interceptat funda-
mentul cristalin la adîncimi izobatice apropiate. Pe de altă parte, mini-
mul major din zona Tîrnavelor este de același ordin de mărime cu cele
de pe marginile estică și vestică ale depresiunii, deși în acest sector funda-
mentul cristalin se situează la adîncimi mari, de aproximativ 8 000 m în
zonele de maximă afundare. Aceste contradicții, la care se pot adăuga

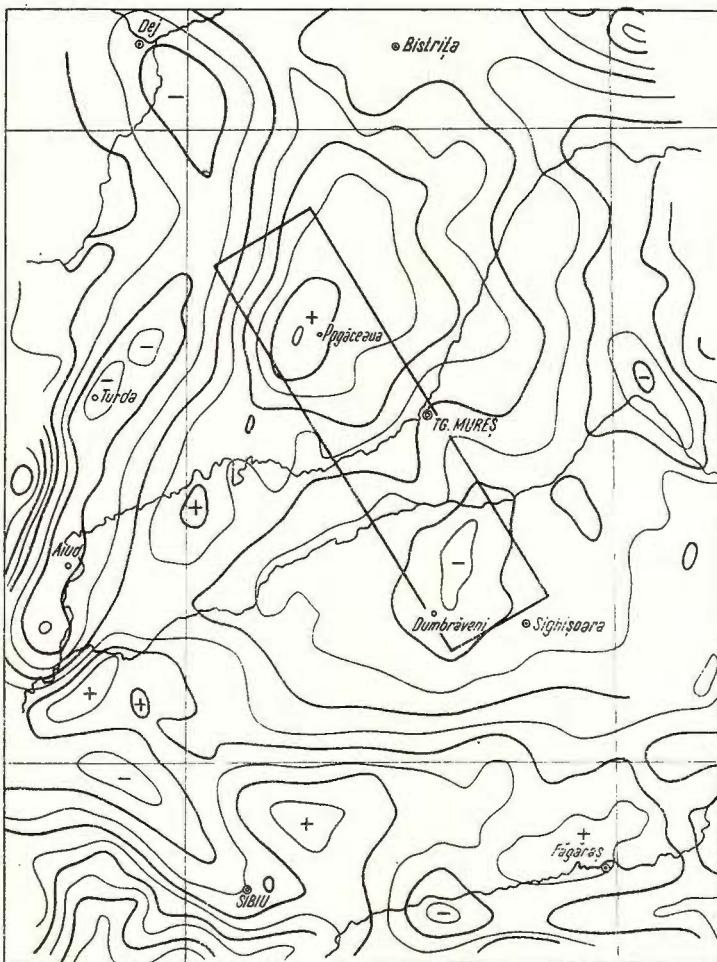


Fig. 1. — Anomalie mediată a gravitației din Depresiunea Transilvaniei,
reprodusă după Visarion et al., 1974.

Anomalie moyenne de la pesanteur de la Dépression de la Transylvanie,
d'après Visarion et al., 1974.

numeroase altele, sugerează faptul că procedeele clasice de separare a efectelor gravimetrice nu vor putea rezolva problemele legate de structura adâncă a depresiunii.

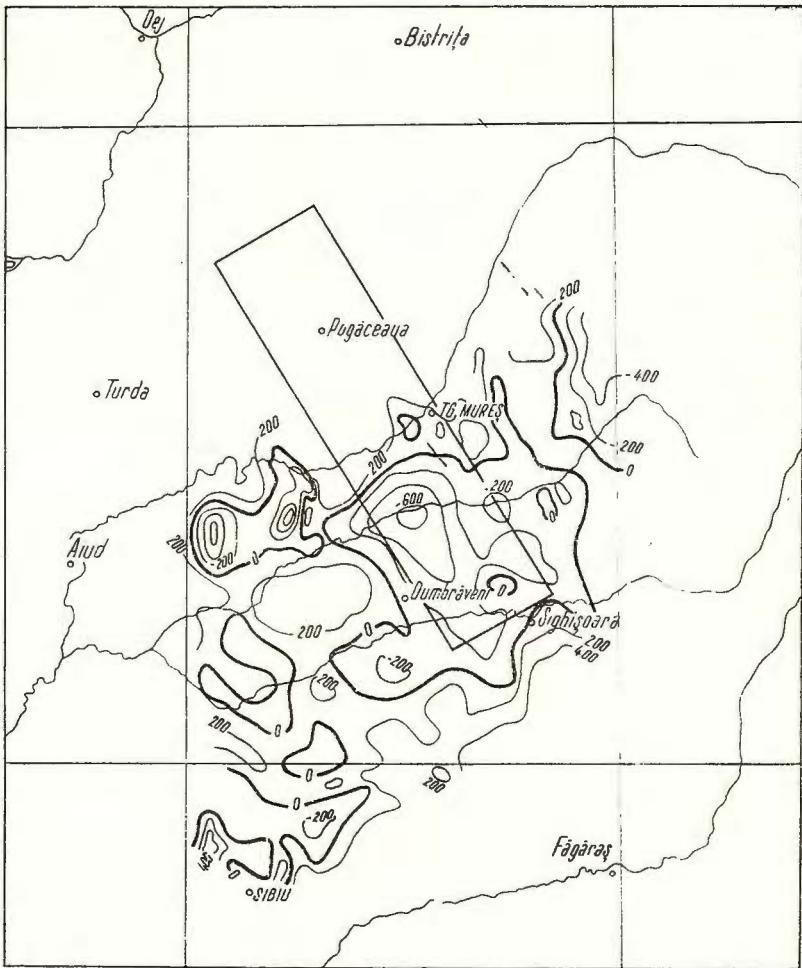


Fig. 2. — Scheină structurală la baza Pliocenului din Depresiunea Transilvaniei, reproducă după Visarion et al., 1974.

Schéma structural à la base du Pliocène de la Dépression de la Transylvanie, d'après Visarion et al., 1974.

Considerații metodologice

Aplicarea judicioasă a procedeului dezvelirii gravimetrice presupune analiza tuturor datelor existente asupra alcăturirii geologice a regiunii studiate. Informații prețioase privind secțiunea superioară a profilului

geologic oferă cercetările seismometrice și lucrările de foraj. Coroborarea lor permite întocmirea unor hărți sau schițe structurale, la diverse orizonturi de referință, în majoritatea cazurilor suficient de precise pentru scopul urmărit. El trebuie să acopere o suprafață mult mai mare decât cea pentru care se face dezvelirea gravimetrică.

Al doilea element important care trebuie avut în vedere este stabilirea densităților medii ale formațiunilor geologice cunoscute. Această operație, aparent simplă, este în realitate destul de complicată, deoarece datele de care dispunem de obicei sunt limitate, iar extrapolarea în adâncime a valorilor de densitate, obținute pentru eșantioane colectate la suprafață, nu este în general recomandată, îndeosebi în zonele unde se dezvoltă formațiuni lutitice. Pentru elucidarea acestei probleme este necesar să se coreleze rezultatele obținute pe baza determinărilor directe de densitate, efectuate pe carote prelevate de la diverse adâncimi din foraje, cu cele furnizate de diagramele carotajului de densitate.

În cazul dezvelirii gravimetrice se impune folosirea unui procedeu care să permită luarea în considerare directă a hărților structurale definite prin izobate. Studiul comparativ al mai multor procedee, realizat pe modele complicate, a arătat că posibilități mai mari oferă două procedee de estimare a efectelor gravitaționale produse de mase geologice tridimensionale (Talwani și Ewing, 1960; Plamann, 1965). Deși prezintă o serie de avantaje, primul procedeu este mai dificil de aplicat pe suprafețe mari, care cuprind tipuri structurale variate. De aceea s-a apelat la procedeul Plamann, care conduce la rezultate comparabile, fără impunerea unor condiții limitative prealabile.

Scăderea efectului gravitațional produs de structura geologică cunoscută din anomalia cîmpului gravitației, inițială sau mediată în funcție de scopul urmărit, conduce la obținerea anomaliei reziduale a gravitației, care reflectă preponderent contraste de masă de la niveluri mai adânci. Efectele produse de aceste mase perturbante, deși sunt conținute în anomalia observată, nu pot fi evidențiate în numeroase cazuri pe altă cale. Folosirea procedeului este recomandabilă în deosebi în situațiile în care structura geologică cuprinde mai multe excese sau deficite de masă și este complicată de prezența unor discordanțe. În acest mod se pot obține rezultate valoroase asupra structurii geologice ascunse, la niveluri și în situații ce depășesc uneori posibilitățile prospecțiunii seismometrice.

Modelul geologic

Depresiunea Transilvaniei s-a instalat pe un fundament constituit din sisturi cristaline, care înglobează și mase magmatice și din depozite mezozoice, care aparțin Triasicului, Jurasicului și Cretacicului inferior și mediu. Acest fundament suportă o cuvertură groasă, alcătuită din depozite cretacice superioare, paleogene și neogene.

Densitatea formațiunilor, care intră în alcătuirea geologică a acestei unități structurale, a fost stabilită prin medierea valorilor obținute pe baza determinărilor directe pe eșantioane, colectate în principal din car-



tele mecanice extrase din sonde. Datorită variațiilor litofaciale frecvente este dificil de estimat valorile medii de densitate ale formațiunilor geologice, valabile pentru întreaga depresiune. De aceea, rezultatele obținute au fost grupate în cinci variante, funcție de ponderile acordate rocilor constitutive (tab.).

Pentru a putea aprecia ordinul de mărime al erorilor, introduse de fiecare din aceste variante, s-a calculat efectul gravitațional produs de structura geologică completă, de-a lungul unui profil orientat N-S.

Formațiunea geologică	Densitatea g/cm ³					
	I	II	III	IV	V	media
Pliocen	2,05	2,00	2,10	2,15	1,90	2,04
Sarmatian	2,25	2,25	2,25	2,30	2,10	
Buglovian	2,35	2,36	2,35	2,36	2,25	2,32
Tortonian	2,40	2,36	2,40	2,36	2,40	
Sare	2,12	2,12	2,12	2,12	2,10	2,12
Helvețian, Burdigalian și Paleogen	2,54	2,50	2,46	2,50	2,55	2,57
Mezozoic	2,62	2,62	2,62	2,62	2,70	
Cristalin	2,70	2,70	2,75	2,75	2,70	2,72

Profilele de variație a efectului gravitațional calculat, în paralel cu secțiunea geologică, construită pe baza datelor seismometrice și de foraj, sunt ilustrate în planșa I. Ele au o alură asemănătoare, care în partea centrală ajunge pînă la identitate. Diferența se remarcă doar spre capetele profilelor, dar acestea se manifestă numai prin pozitivări sau negativări, care nu modifică aspectul anomaliei cîmpului gravitației. Pornind de la acest rezultat s-a considerat că modelul geologic poate fi simplificat, fără introducerea unor erori importante, prin gruparea celor opt strate inițiale în cinci strate, ale căror densități sunt cuprinse în ultima coloană a tabelului prezentat.

Efectul gravitațional produs de modelul geologic simplificat este trasat de asemenea în planșa I. Corelația dintre profilele calculatîn variantele menționate anterior și cel calculat în varianta simplificată asupra densității este mai mult decît satisfăcătoare, curba corespunzătoare acestui profil ocupînd o poziție mediană în raport cu celelalte.

După simplificarea modelului geologic s-a procedat la abordarea cazului tridimensional și în acest scop s-a folosit procedeul P l a u m a n n pentru evaluarea efectului gravitațional.



Având în vedere faptul că hărțile structurale acoperă incomplet aria Depresiunii Transilvaniei, pentru operația de dezvelire gravimetrică s-a ales un panou situat în zona centrală, între Pogăceaua și Dumbrăveni. Panoul, orientat NW-SE, este constituit dintr-un număr de 121 puncte de calcul, dispuse într-o rețea pătratică cu latura de 4 km. El a fost amplasat în aşa fel încât calculele să poată fi efectuate pînă la distanțe suficient de mari de stații, pe baza unor date certe oferite de hărțile structurale.

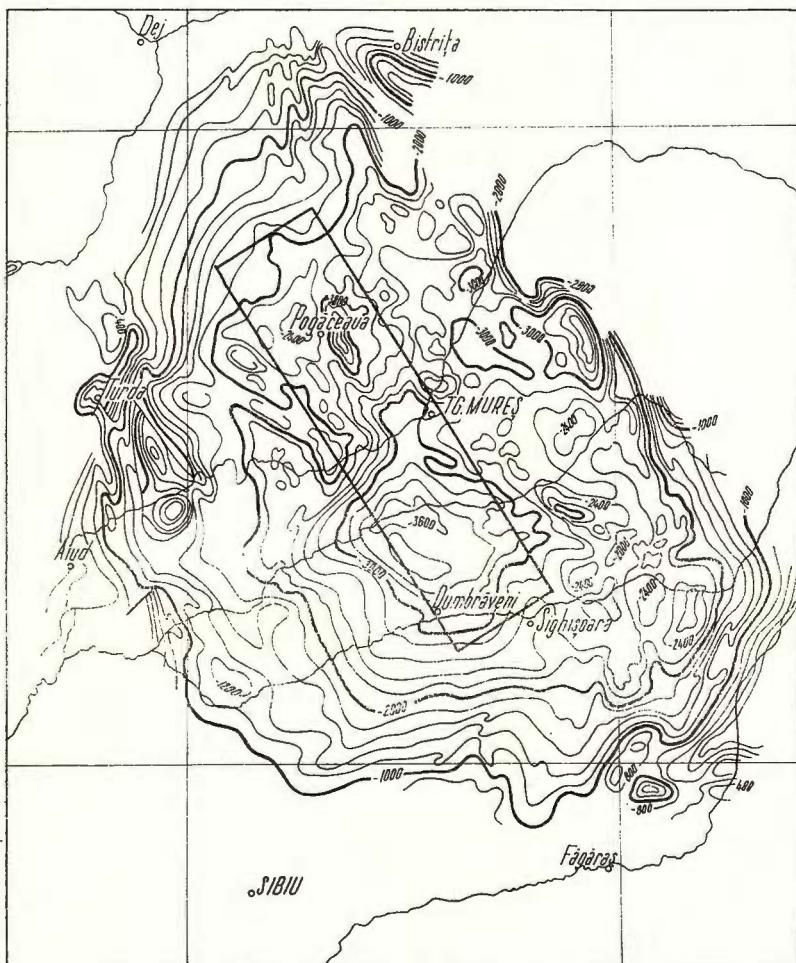


Fig. 3. — Harta structurală simplificată la intrarea în sare din depresiunea Transilvaniei, elaborată după datele IPGGH.

Carte structurale simplifiée à l'entrée en sel de la Dépression de la Transylvanie, conforme aux données de l'IPGGH.

Structura geologică a fost asimilată cu o placă infinită neomogenă, cuprinsă între planul +500 m, unde au fost dispuse punctele de calcul și planul -8500 m, care corespunde adincimii maxime a fundamentului cristalin. Ipoteza situării punctelor de calcul în același plan orizontal constituie o aproximație satisfăcătoare, permisă de relieful depresiunii și de scopul urmărit, care presupune neglijarea anomalieiilor condiționate de surse locale.

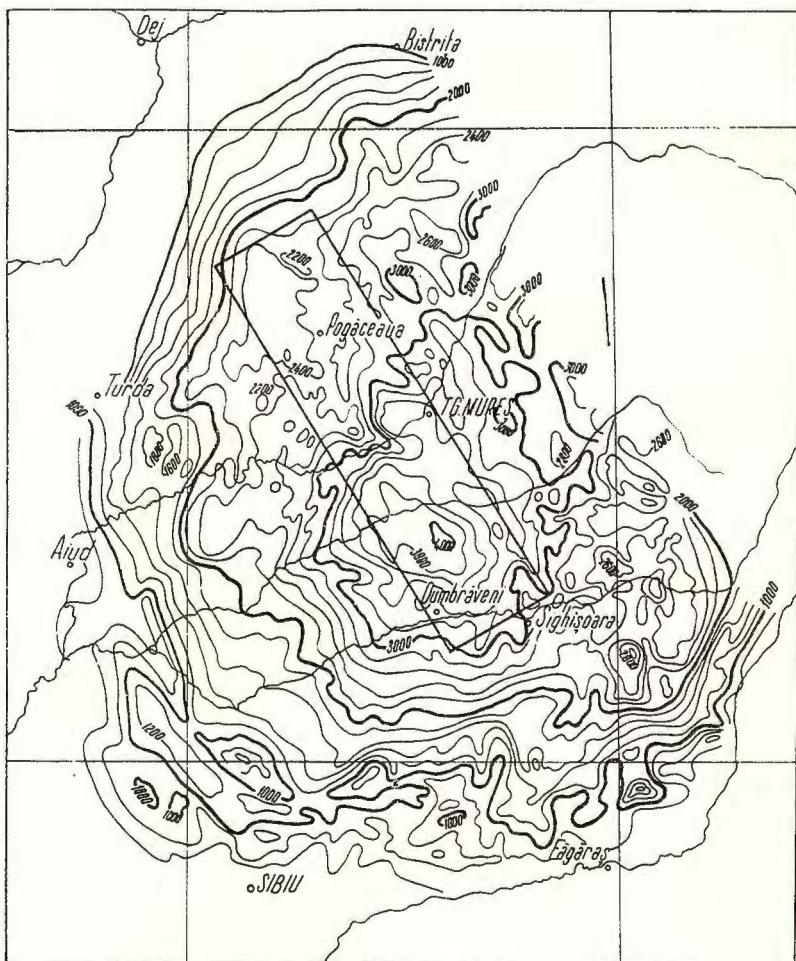


Fig. 4. — Harta structurală simplificată la nivelul tufului de Dej din depresiunea Transilvanie, elaborată după datele IPGGH.

Carte structurale simplifiée au niveau du tuf de Dej de la Dépression de Transylvanie, conforme aux données de l'IPGGH.

În cuprinsul acestei plăci, pe baza concluziilor deduse din analiza modelului bidimensional, s-au luat în considerare patru suprafete de contrast de densitate: baza Pliocenului, suprafața sării, tuful de Dej și suprafața fundamentului cristalin. Configurația acestor suprafete este prezentată schematic în figurile 2, 3, 4 și 5. La nivelul acestor suprafete se realizează patru contraste de densitate, cu următoarele valori: $-0,28 \text{ g/cm}^3$, $+0,20 \text{ g/cm}^3$, $-0,45 \text{ g/cm}^3$ și $-0,15 \text{ g/cm}^3$ (fig. 6).

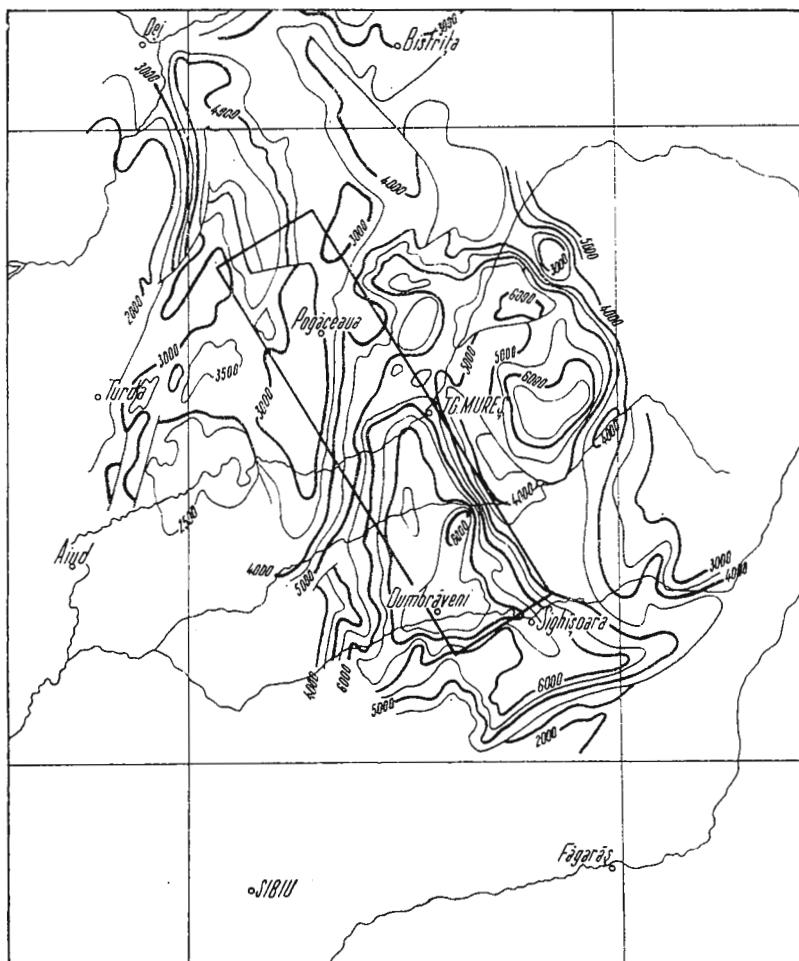


Fig. 5. — Schema structurală întocmită la intrarea în fundaționul cristalin din depresiunea Transilvaniei, reprodusă după Visarion et al., 1973.

Schéma structural à l'entrée dans le sousbasement cristallin de la Dépression de la Transylvanie d'après Visarion et al., 1973.

Masele anomale, luate în considerare la un moment dat, sunt secționate cu ajutorul unor plane orizontale echidistante în plăci, al căror contur este dat chiar de izobatele hărților structurale. Efectul gravitațional a fost calculat cu ajutorul unor abace special construite pentru fiecare placă. Grosimea plăcilor a fost variabilă, ea depinzând de acuratețea hărților structurale folosite. În cazul contrastului de masă ce se realizează la

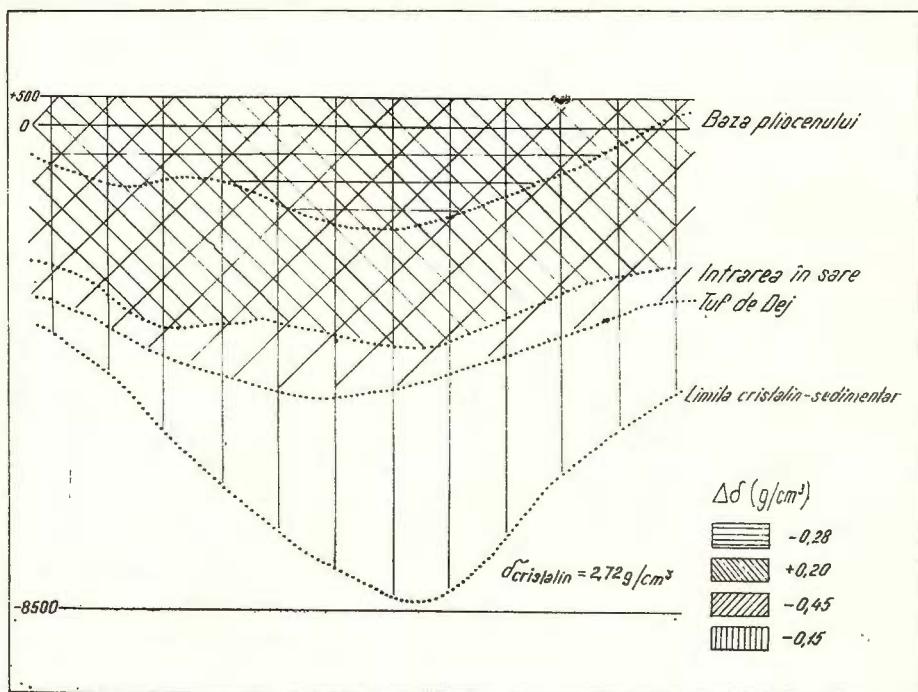


Fig. 6. — Realizarea contrastelor de masă în Depresiunea Transilvaniei.
Contrastes de masse dans la Dépression de la Transylvanie.

limita cristalin-sedimentar, grosimea plăcilor s-a ales de 500 m, în timp ce pentru celelalte contraste de masă, mai bine cunoscute, ea s-a redus la 200 m.

Modul de dispunere a punctelor de calcul a asigurat funcționarea corespunzătoare a procedeului de integrare, fapt care a condus în final la obținerea unor rezultate de bună calitate.

Efectul structurii geologice cunoscute

Alcătuirea geologică a zonei studiate este bine cunoscută pînă la nivelul tufului de Dej, ca urmare a cercetărilor seismometrice și a lucrărilor de foraj executate. La niveluri inferioare problema este mai complicată, deoarece, în absență unor orizonturi de referință, informațiile sunt discontinue. Cu toate acestea se poate aprecia că schema structurală la

suprafața fundamentului cristalin, realizată recent prin interpretarea complexă a datelor geofizice, oferă date suficient de precise pentru efectuarea dezvelirii gravimetrice (Visarion et al., 1973).

Comparația directă a hărții anomaliei mediate a gravitației (planșa IIa) cu harta anomaliei calculate pentru limita cristalin-sedimentar (planșa IIb) arată neconcordanțe, care privesc aspectele morfologice, intensitățile și extinderea anomaliei în suprafață. Pe harta anomaliei mediate, tendința de maxim, care se desprinde din anomalia majoră de la Pogacea sau spre SE, nu poate fi explicată de elementele cunoscute ale structurii geologice. Pe de altă parte, raportul intensităților anomaliei mediate și calculată arată cu certitudine că relieful fundamentului cristalin intervine cu o pondere moderată în producerea anomaliei cîmpului gravitației din zona centrală a Depresiunii Transilvaniei.

Efectul gravitațional produs de ansamblul contrastelor de masă considerate în modelul structurii geologice cunoscute este ilustrat în planșa IIc. După cum era de așteptat contrastele de masă, îndeosebi cele cantonate în Neogen, determină o anomaliă regională de minim, corespunzătoare depresiunii Tîrnavelor. Anomalia calculată are însă o configurație care se deosebește substanțial de cea a anomaliei mediate, fapt care sugerează existența unei surse perturbante neluate în considerare la efectuarea integrării. Ea este de natură unui exces de masă, al cărui efect maschează evoluția spre nord a depresiunii Tîrnavelor.

O a doua neconcordanță se constată la nord de Pogacea sau, unde structura geologică cunoscută nu justifică existența cordonului de gradient remarcat pe harta gravimetrică mediată.

Anomalie reziduală a gravitației

Efectul gravitațional calculat are semnificația unei „reduceri geologice” care, aplicată datelor inițiale, conduce la punerea în evidență a unor anomalii reziduale, produse de surse perturbante neluate în considerare în modelul geologic selectat. Anomalia reziduală reproducă în planșa IIId reflectă preponderent efectul unor surse profunde, imposibil de pus în evidență prin oricare alt procedeu de separare.

Anomalia reziduală a gravitației este dominată de un maxim important, orientat N-S, care se dispune pe prelungirea spre sud a ridicării de la Pogacea sau și pe flancul nordic al depresiunii Tîrnavelor. El sugerează existența în substrat a unor magmatite bazice, în contrast pozitiv de densitate față de sisturile cristaline. Datorită cumulului nefavorabil de efecte, această anomaliă nu apărea pe harta gravimetrică mediată decit sub formă unei slabe tendințe de maxim, care se atenua treptat spre centrul depresiunii Tîrnavelor. În sprijinul acestei interpretări vin și cercetările aeromagnetice⁵, care individualizează o importantă anomaliă de maxim

⁵ Tr. Cristescu, Al. Stănciu, Cr. Georgescu, C. Georgescu, G. Lascău. Prospecționi aeromagnetice în regiunea M. Apuseni, Crișana, Baia Mare Depresiunea Transilvaniei, Cîmpia Română și Depresiunea Getică. 1965. Arh. MMPG, București.

în sectorul E Săușa-Dumbrăveni, suprapusă parțial anomaliei reziduale a gravitației.

Un alt element semnificativ al hărții anomaliei reziduale este tendința de maxim orientată SW-NE din zona Pogăceaua, produsă probabil tot de magmatite bazice localizate în fundalul cristalin. În această concepție, anomalia gravimetrică de maxim din zona Pogăceaua se admite că reflectă efectul cumulat al reliefului înalt al fundalului și al unei mase infracristaline dense, de natură bazică.

Alt element semnalat de harta reziduală este cordonul de gradient, orientat SW-NE, care marchează o puternică negativare a anomaliei gravitației spre NW. Acest cordon de gradient corespunde cu flancul estic al anomaliei gravimetrice de minim cartată de-a lungul ramei de vest a Depresiunii Transilvaniei. Faptul că eliminarea efectelor denivelărilor cristalinului și a contrastelor de masă, din sedimentarul acoperitor, lasă aproape neperturbat acest sector anomal, vine în sprijinul ideii că în această zonă a Depresiunii Transilvaniei are loc trecerea la un fundament alcătuit din formațiuni cristaline mai puțin dense, care înglobează probabil și magmatite acide.

Concluzii

Studiul anomaliei cimpului gravitației din zona centrală a Depresiunii Transilvaniei a arătat că, în cazul unei structuri geologice complexe, folosirea procedeelor clasice de separare a efectelor gravimetrice conduce la rezultate limitate și de aceea s-a propus înlocuirea lor cu procedeul dezvelirii gravimetrice.

Eliminarea succesivă din anomalia cartată a efectelor gravitaționale produse de elementele cunoscute ale structurii geologice a permis localizarea unor anomalii reziduale, determinate de magmatite ascunse, care nu erau direct observabile pe harta gravimetrică primară. Pe baza rezultatelor obținute se postulează existența unui aliniament de magmatite bazice în zona Săușa-Dumbrăveni și a unui contact între fundamente cu densități și compozitii petrografice diferite, în partea vestică a depresiunii.

Autorii apreciază că procedeul dezvelirii gravimetrice va înlocui treptat alte procedee de separare a surselor de anomalii, deoarece el permite decelarea unor elemente structurale adânci, care numai cu dificultate pot fi puse în evidență prin alte mijloace de investigație.

BIBLIOGRAFIE

- Gavăt I., Ciupagea D., Airinei St. (1969) Rapports entre la structure profonde et la structure des complexes sédimentaires de la Dépression de Transylvanie. *Acta Geol. Acad. Sci. Hungaricae*, 13, Budapest.
- Hammer S. (1963) Deep gravity interpretation by stripping. *Geophysics*, 28, 3, Tulsa.
- Plaumann S. (1965) Berechnung der Schwerewirkung beliebig geformter dreidimensionaler Massen mit Hilfe von Auszähldiagrammen. *Zeitsch. f. Geophys.* 31, Berlin.



- Talos D., Visarion M., Cornea I. (1968) Morphologie et structure du soubassement de la Dépression de Transylvanie d'après les données géophysiques actuelles. *Rev. Roum. Géol. Géophys. Géogr.*, Série de Géophysique, 12, 2, Bucarest.
- Talwani M., Ewing M. (1960) Rapid computation of gravitational attraction of three-dimensional bodies of arbitrary shape. *Geophysics*, 25, 1, Tulsa.
- Visarion M., Ali-Mehmed E., Polonici P. (1973) Studiu integrat al datelor geofizice privind morfologia și structura fundamentalui cristalin în Depresiunea Transilvaniei. *Stud. Cerc. Geol. Geofiz. Geogr.*, Ser. Geofiz., 11, 2, București.

ÉTUDE DE L'ANOMALIE DU CHAMP DE LA PESANTEUR DE LA ZONE CENTRALE DE LA DÉPRESSION DE LA TRANSYLVANIE

(Résumé)

L'ouvrage part de la première que la structure géologique compliquée du soubassement et de la couverture de la dépression de la Transylvanie détermine des anomalies gravimétriques complexes, qui cumulent des effets provoqués par des sources situées à différents niveaux sur la verticale. Dans de telles situations les procédés classiques de séparation des effets gravimétriques conduisent à des résultats limités, aussi les auteurs proposent-ils la méthode du „deep stripping” gravimétrique.

L'élimination successive des cartes des anomalies, des effets gravimétriques produits par les éléments connus de la structure géologique de la zone centrale de la dépression de la Transylvanie a permis la localisation d'anomalies résiduelles déterminées par des masses magmatiques profondes qui n'étaient pas directement observables sur la carte gravimétrique primaire. Il s'en détache l'anomalie résiduelle de maximum de Săușa-Dumbrăveni, qui suggère l'existence dans le substratum, des magmatites basiques, probablement du type ophiolitique.

Les auteurs estiment que le procédé décrit ci-dessus remplacera peu à peu d'autres procédés de séparation des sources d'anomalies, car il permet de découvrir des éléments structuraux profonds qui ne peuvent être mis en évidence que très difficilement par les méthodes classiques.

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche I

L'anomalie de la pesanteur calculée en différentes variantes et coupe géologique simplifiée, le long du profil Teaca-Ilimbav.

Planche II

L'anomalie moyenne de la pesanteur (a), anomalie calculée représentant l'effet du relief du soubassement cristallin (b) et l'effet cumulatif de la structure géologique connue (c) et l'anomalie résiduelle (d).





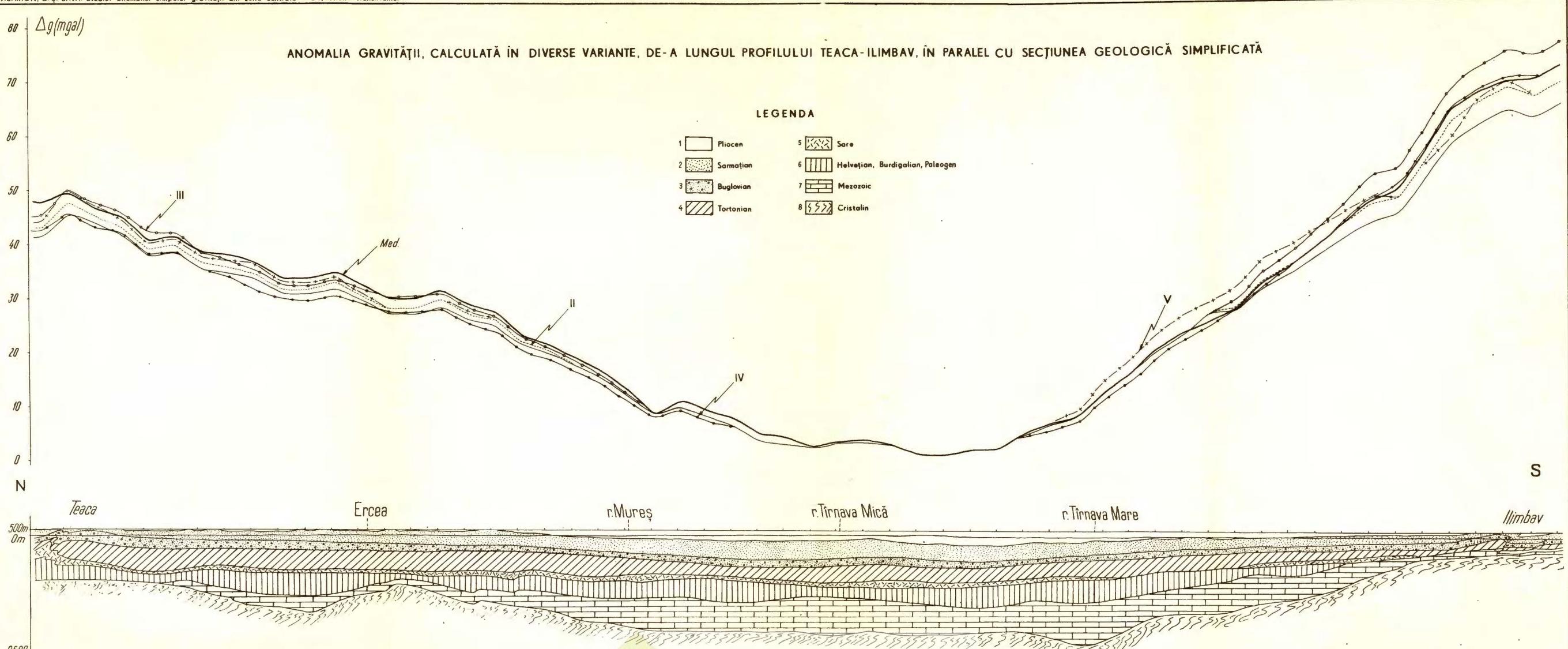
Institutul Geologic al României

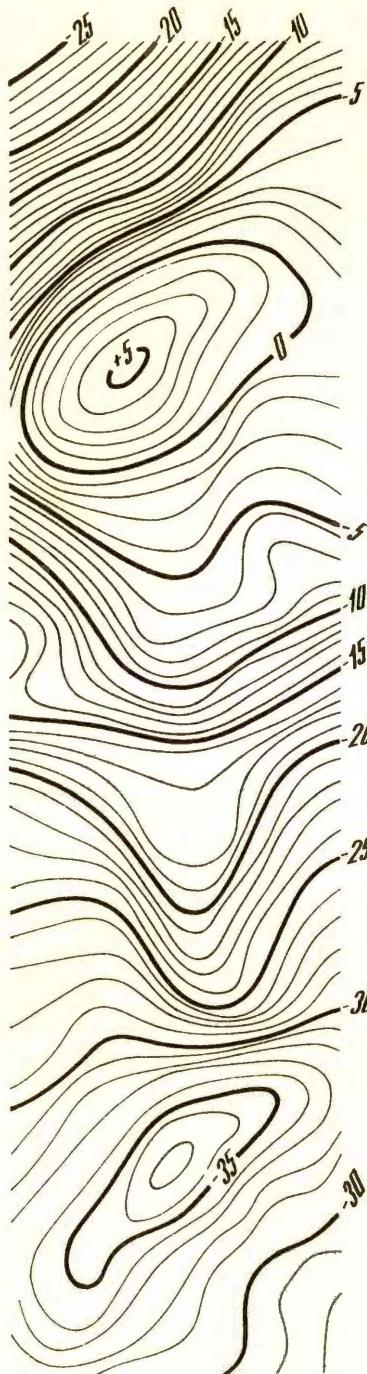
Δg (mgal)

ANOMALIA GRAVITAȚII, CALCULATĂ ÎN DIVERSE VARIANTE, DE-A LUNGUL PROFILULUI TEACA-ILIMBAV, ÎN PARALEL CU SECȚIUNEA GEOLOGICĂ SIMPLIFICATĂ

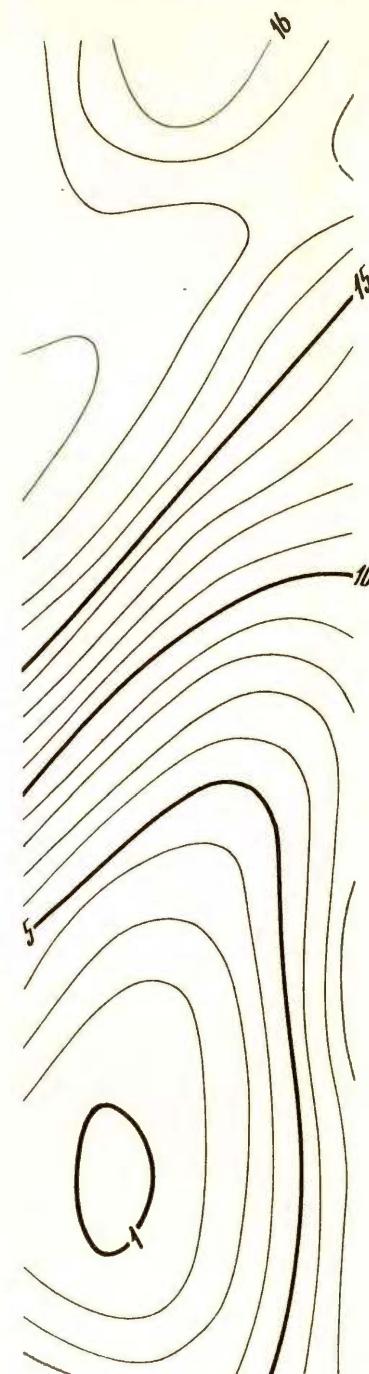
LEGENDA

1	Pliocen	5	Sare
2	Sarmatian	6	Helvetic, Burdigalian, Paleogen
3	Buglovian	7	Mezozoic
4	Tortonian	8	Cristalin

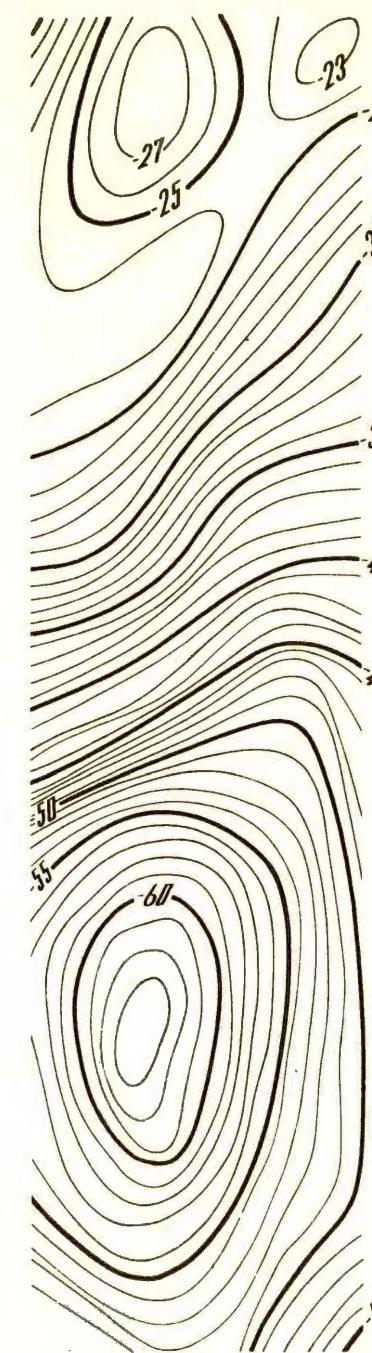




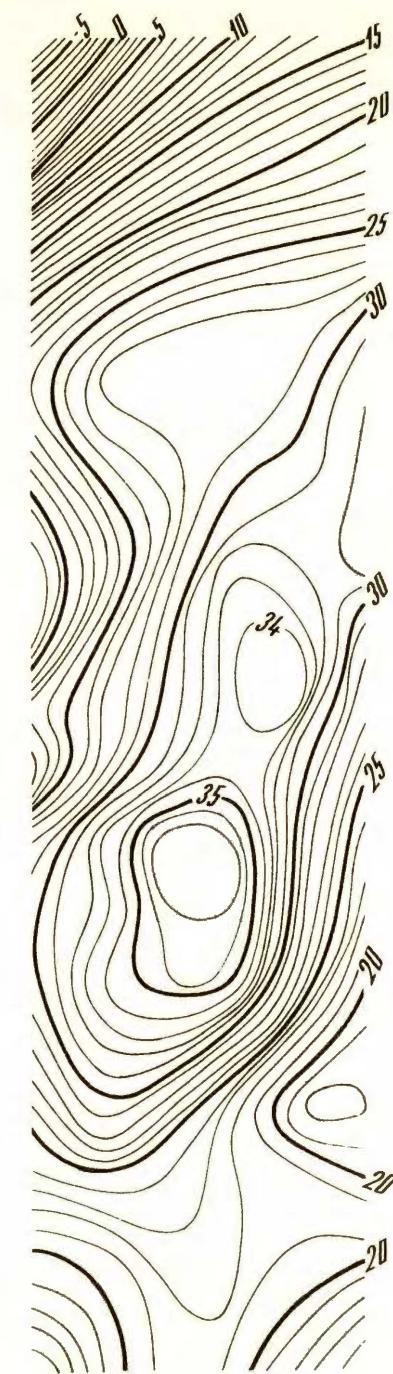
a. Anomalia mediată a gravitației



b. Anomaliile calculate reprezentând efectul reliefului fundamentalui cristalin



c. Anomaliile calculate reprezentând efectul cumulativ al structurii geologice cunoscute



d. Anomalia reziduală a gravitației

CERCETĂRI GEOELECTRICE PENTRU DESCOPERIREA
DE NOI SURSE DE APE TERMALE LA BĂILE FELIX,
JUDEȚUL BIHOR¹

DE

GHEORGHE ANDRIESCU, CRISTIAN MIHAIL²

Abstract

Electrical Prospecting for Thermal Groundwaters in the Băile Felix Area, Bihor District. Electrical soundings in the Băile Felix area pointed out an anomaly (resistivity minimum) which is the effect of an access way for thermal groundwater, represented by permeable horizons in fissured limestones. This interpretation has been confirmed by the borehole drilled in the center of the geoelectrical anomaly, which led to the discovery of a new source of thermal water. The authors recommend the extending of electrical prospecting over the whole area of the Pannonian Basin in Romania with a view to detect new sources of geothermal energy.

În extinderea perimetrului izvoarelor de apă termală cunoscute la Băile Felix, au fost efectuate prospecțiuni electrice pentru evidențierea de noi zone permeabile, circulate de ape termale. Sectorul prospectat include, în partea sa nordică, Băile Felix și Băile 1 Mai, la E se întinde pînă în dealul Șimleu, iar limita sa sudică se află la cca 800 m S de vîrful Șimleu.

Schitarea geologică a perimetrlui

Din punct de vedere geologic, sectorul Băile Felix — Băile 1 Mai se plasează în partea estică a Depresiunii Panonice și în extremitatea prelungirii spre W a pîntenului calcaros al munților Pădurea Craiului. La alcătuirea geologică a acestui sector iau parte formațiuni cuaternare, mio-pliocene și mezozoice, așezate pe un fundament cristalin. Din punct de

¹ Comunicare susținută în ședința din 2 iunie 1972, a Societății de științe geologice din România.

² Întreprinderea geologică de prospecțiuni, Str. Caransebeș nr. 1, Sector 8, București.



vedere structural, zona cercetată face parte dintr-un monoclin, în care formațiunile geologice se ridică spre SE, astfel încit depozitele cretacice ajung că afloreze la SE de Băile Felix, în dealul Șimleu.

Cretacicul este alcătuit dintr-un orizont inferior reprezentat prin calcare cenușii, cu numeroase fisuri, în parte umplute cu calcit, peste care se află un pachet foarte compact de marnocalcare, predominant grezoase. Orizontul superior marno-grezos este bine dezvoltat în zona orașului Oradea, unde atinge grosimi de circa 500 m (în forajele 4005 și 4006),

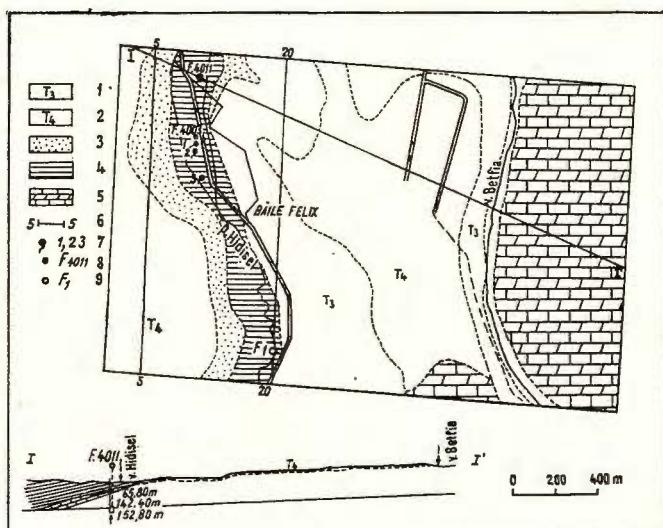


Fig. 1. — Harta geologică a perimetrlui prospectat geoelectric la Băile Felix, jud. Bihor: 1, terasă superioară; 2, terasă înaltă; 3, pietrișuri pleistocene; 4, argile reziduale pontiene; 5, calcare și marnocalcare; 6, secțiuni de rezistivitate; 7, izvoare naturale; 8, foraje executate; 9, foraj executat (F₁) pe datele prospecției electrice.

Carte géologique du périmètre Băile Felix, dép. de Bihor, prospecté du point de vue géoélectrique : 1, terrasse supérieure ; 2, terrasse haute ; 3, graviers pleistocènes ; 4, argiles résiduelles pontiennes ; 5, calcaires et marnocalcaires ; 6, section de résistivités ; 7, sources naturelles ; 8, forages exécutés ; 9, forage exécuté (F₁) selon les données de la prospection électrique.

pe cind în zona Băile Felix (în forajul 4012) atinge doar 50 m grosime și este de presupus că în unele zone a fost complet erodat. Complexul calcaros, întinut în forajul 4006-Oradea, cu grosimi de circa 700 m, capătă o dezvoltare foarte mare în zona Băilor Felix și 1 Mai, unde — în forajul 4012 — a fost deschis pe o grosime de circa 1470 m. În forajul 4012 a mai fost identificat un pachet de marnocalcare, cu grosime de 212 m, destul de

uniform din punct de vedere litologic și care se află intercalat în complexul calcarelor cretacice. Carotele extrase din forajele 4011 și 4012 au arătat că, uneori, calcarele cretacice sunt afectate de intense rețele de fisuri, care permit o circulație acvifera.

Peste calcarele cretacice stau depozite pliocene și cuaternare. În zona stațiunilor balneare Felix și 1 Mai, pliocenul este reprezentat numai prin ponțian, care se dezvoltă în facies argilos, cu grosimi care nu depășesc

Date de foraj

Formațiunile	F. Izbuc.	F. Balint	F. 4011	F. 4012	F. 4013
Cuaternar	0— 4 m	0— 6 m	0— 4 m	0— 5 m	0— 5 m
Ponțian	4—11 m	6—43 m	4— 49 m	5— 50 m	5— 12 m
Cretacic	11—102m	43—47 m	49—153 m	50—1578 m	12—410 m
Acvifer termal	75—76 m	43—47 m	142—148 m	110— 135 m	340—410 m

50 m în forajele 4011 și 4012 (Băile Felix) și se reduc la cîțiva metri în forajul 4013 (Băile 1 Mai).

Cuaternarul este reprezentat prin depozite aluvionare (nisipuri și pietrișuri) din terase și lunci și prin depozite deluviale care acoperă pantele dealurilor.

Considerații hidrogeologice

Cercetările hidrogeologice efectuate prin foraje de mare adâncime au stabilit existența, în zona Băilor Felix și 1 Mai, a unui strat acvifer freatic, dezvoltat în formațiunile cuaternare și a mai multor zone acvifere de adâncime, situate în calcarele cretacice, în trei complexe : primul, imediat sub orizontul de marnocalcare, între metrii 42 și 155 ; al doilea, în rețelele de fisuri și goluri ale calcarelor, între metrii 340 și 650 ; iar al treilea într-o zonă mai puțin fisurată a calcarelor, între metrii 1100 și 1300.

Complexele fisurate, permeabile, ale calcarelor sunt separate între ele prin depozite de calcar și marnocalcare compacte. Complexele tectonizate (fisurate și fracturate) ale calcarelor sunt utilizate de apele termale pentru circulația lor spre suprafață.

Sursele naturale de apă termală sunt constituite din izvoare, în cea mai mare parte sublacustre, în zonele permeabile ale depozitelor ponțiene (Ochiul Mare, Frederic, Ochiul Pompei, Felix).

Obiectivul, justificarea metodicii și premisele interpretării geoelectrice

Obiectivul prospectiunii electrice a fost : evidențierea zonelor de fracturi sau fisuri din calcarele cretacice, care reprezintă căi de circulație

a apelor termale. Astfel de zone se prezintă în contrast negativ de rezistivitate cu calcarele compacte, foarte rezistive.

Ca urmare, a fost utilizată metoda determinării rezistivităților la diverse niveluri, prin sondaje electrice verticale (SEV) în curenț continuu.

Sondajele electrice au fost efectuate pe profile orientate N-S, echidistanțate la 250 m, cu stații la 100 m pe profile, iar în zonele interesante

SEV Nr 3

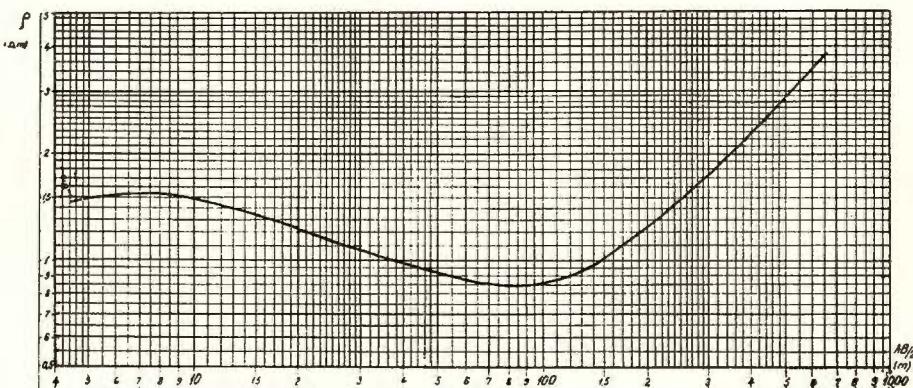


Fig. 2. — Diagramă de rezistivități (SEV nr. 3) în zona Băile Felix.

Diagramme de résistivités (SEV nr. 3) dans la zone de Băile Felix.

la 50 m și 25 m. Determinările de rezistivități s-au executat cu dispozitive de emisie-recepție de tip Wenner, în varianta $AB = 5 \text{ MN}$, care au fost extinse pînă la obținerea ramurii finale ascendentă în diagramele de variație a rezistivității pe verticală, care corespunde intrării în orizontul rezistiv-reper. Lungimile maxime ale acestor dispozitive nu au depășit $AB = 1300 \text{ m}$, corespunzînd unei „adîncimi de investigație” de circa $AB/5 = 260 \text{ m}$.

Analizind diagramele de rezistivități pe verticală (din care un exemplu este prezentat în figura 2), se remarcă trei domenii de valori.

Prima porțiune a diagramelor SEV, corespunzătoare zonei din imediata apropiere a suprafeței solului, este realizată din valori mai mari de rezistivități, care sunt datorate aluviunilor cuaternare.

Al doilea interval al diagramelor marchează scăderi de rezistivitate corespunzătoare depozitelor ponțiene, ale cărui facies, în general argilos, determină conductivități mai mari.

Ultima parte a diagramelor prezintă ramura caracteristică crescătoare, datorată pătrunderii liniilor de curenț în depozitele calcaroase rezistive ale Cretacicului.

Minimul de rezistivitate care precede, pe diagramele SEV, intrarea în calcar este în general efectul trecerii de la depozitele ponțiene mult mai conductoare, la zona foarte rezistivă a calcarelor cretacice ; dar cînd această

minim prezintă valori foarte mici (uneori sub $10 \Omega\text{m}$) el trebuie atribuit unei zone conductoare, acvifere, dintr-o porțiune fisurată a calcarelor (Mihail, 1972).

Zona superioară a calcarelor mezozoice (de regulă, în perimetru cercetat, cretacice) reprezintă orizontul rezistiv-reper al prospecțiunii electrice la Băile Felix și 1 Mai, ca de altfel în întreg Bazinul Panonic (Mihail, 1972). Această interpretare se bazează pe datele de carotaj

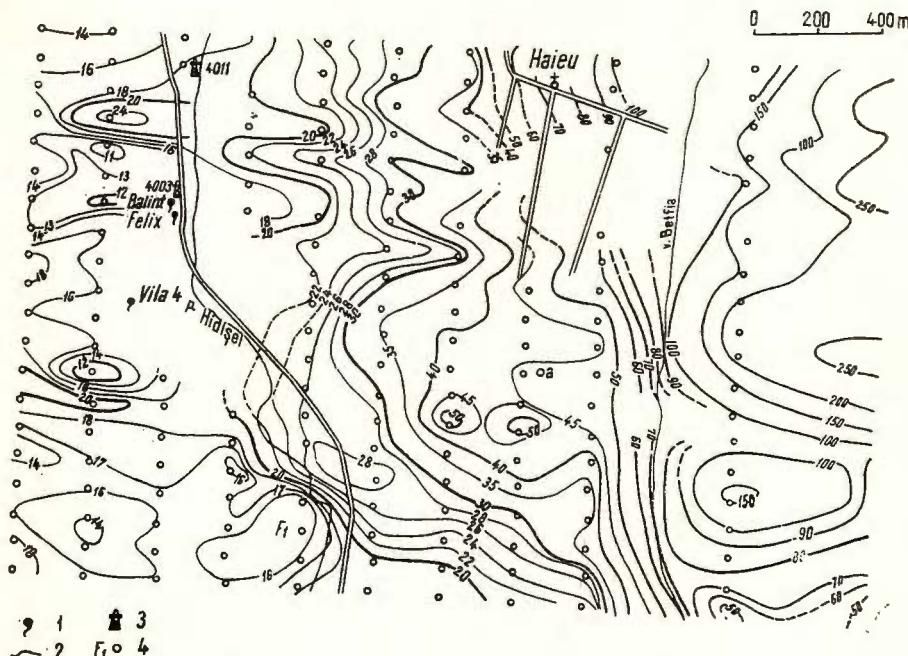


Fig. 3. — Harta rezistivităților pentru $\text{AB}/2 = 250 \text{ m}$, în zona Băile Felix :
1, izvoare naturale de apă termală ; 2, izoohmne ; 3, foraj existent ; 4, foraje amplasate pe date
geoelectrice.

Carte des résistivités pour $\text{AB}/2 = 250 \text{ m}$, dans la zone de Băile Felix :
1, sources naturelles d'eau thermale ; 2, isoohmes ; 3, forage existant ; 4, forages emplacés
selon des données géoélectriques.

mecanic al forajelor, care atestă grosimi foarte mari pentru calcar, circa 600 m (de nedepășit pentru liniile de curent electric), pe datele de carotaj electric din aceleași foraje (care indică rezistivități foarte mari pentru aceste calcar), în acord cu adâncimea de distribuție a liniilor de curent a dispozitivului electrometric maxim de 1300 m (corespunzînd la o adâncime maximă investigată de circa 260 m) și pe corelarea rezistivităților crescute din ultima parte a diagramelor de SEV cu domeniul rezistiv al calcarelor.

Redactarea hărții distribuției rezistivităților la nivelul părții superioare a calcarelor cretacice (fig. 4) a condus la conturarea zonelor de minim de rezistivitate, care — în condițiile geologice și geoelectrice din zonă — se atribuie efectelor zonelor de fisură și cu goluri carstice, circulate de apele termale.

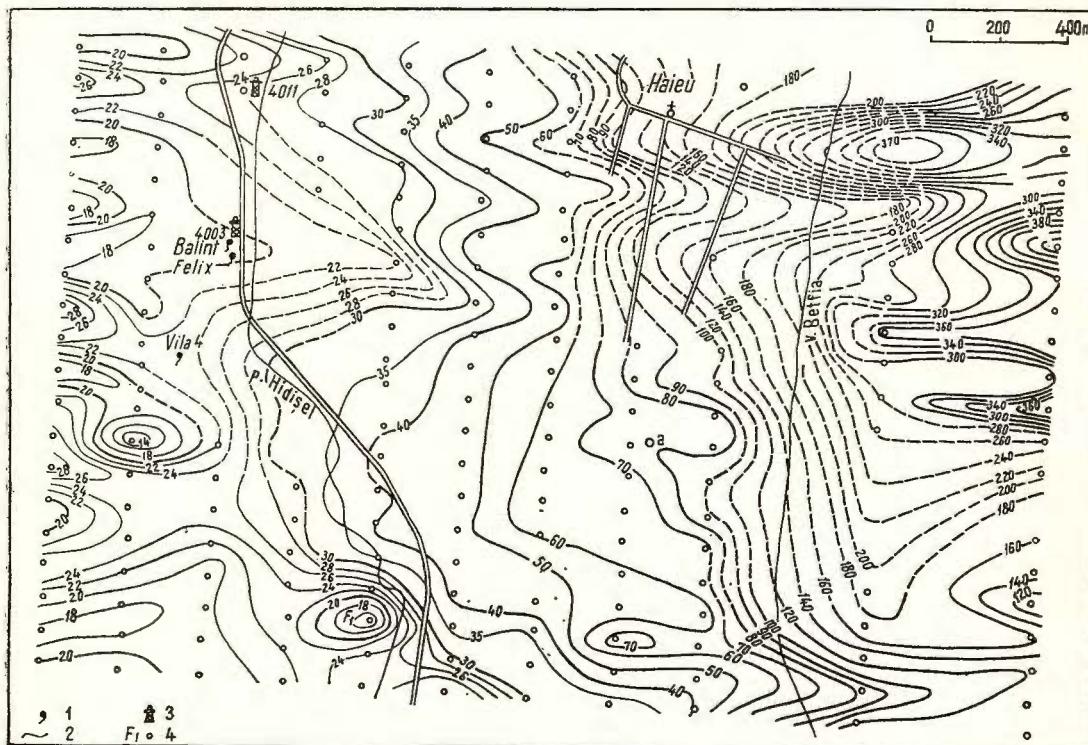


Fig. 4. — Harta rezistivităților pentru $AB/2 = 400$ m, în zona Băile Felix:
1, izvoare naturale; 2, izohme; 3, foraj anterior prospecțiunii geoelectrice; 4, foraj executat pe date geoelectrice

Carte des résistivités pour $Ab/2 = 400$ m, dans la zone de Băile Felix :
1, sources naturelles; 2, isohmes; 3, forage antérieur à la prospection géoélectrique; 4, forage exécuté selon des données géoélectriques.

Prezentarea hărților electrometrice. Considerații asupra dezvoltării spre S a stațiunii balneare Felix și evidențierea de noi surse de ape termale în Depresiunea Panonică

I. Din diagramele de SEV, obținute în diversele stații, au fost extrase valorile rezistivităților cu care s-au redactat hărțile de distribuție ale acestora pentru nivelurile $AB/2 = 250$ m (fig. 3) și $AB/2 = 400$ m (fig. 4). Din cauza valorilor reduse ale rezistivităților depozitelor pan-

niene, aceste niveluri corespund unor adâncimi de distribuție a liniilor de curent („adâncimi de investigație”) mai apropiate de realitate de circa $AB/5 = 100$ m și, respectiv, $AB/5 = 160$ m, care sunt și limitele între care se situează partea superioară a calcarelor cretacice în perimetru cercetat.

Limitile de 100—160 m pentru adâncimea la care s-ar intra în calcarurile cretacice, în zona de la sud de Băile Felix, ar putea să apară ca exagerată, prin referire la adâncimile la care au fost întlnite aceste cal-

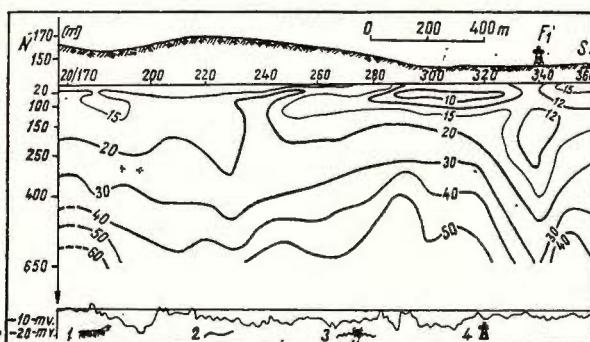


Fig. 5. — Secțiune geoelectrică prin apexul anomaliei sudice, din zona Băile Felix :

1, relieful ; 2, izooohme ; 3, diagramă PS ; 4, foraj executat pe datele prospecționii electrice.

Section géoélectrique par l'apex de l'anomalie méridionale, de la zone de Băile Felix :

1, relief ; 2, isoohmes ; 3, diagramme PS ; 4, forage exécuté selon les données de la prospection électrique.

care în chiar forajele din zona stațiunii (49 m în F. 4011 și F. 4012 ; 12 m în F. 4013 ; tabel 1). După cum se va vedea, însă, din datele forajului executat pe anomalia geoelectrică de la S de Băile Felix, adâncimea la care s-a intrat în calcarurile cretacice a fost cea indicată prin diagramele de SEV.

II. Pe hărțile de rezistivități la cele două niveluri (fig. 3 și 4) din aspectul orientat al izooohmelor, se observă că formațiunile calcaroase se ridică spre E, pînă „la zi”; iar lipsa unui gradient accentuat al acelorași izooohme sugerează că această ridicare nu se face prin intermediul unor falii, ci în mod lin. În funcție de grosimea solului vegetal (ale cărui rezistivități participă la valorile mediate înregistrate) valorile rezistivităților calcarelor care apar la zi sunt cuprinse între 100 și 370 Ωm , pe harta $AB/2 = 400$ m (unde aportul calcarelor rezistive este mai mare) și între 70 și 300 Ωm , pe harta $AB/2 = 250$ m.

Pe harta rezistivităților pentru $AB/2 = 400$ m, corespunzătoare părții superioare a calcarelor cretacice, se remarcă, la E de forajele Balint

și 4011, o tendință de minim în mersul izoohmelor, dezvoltată pe direcția W-E, pînă în zona de aflorare a calcarelor din dealul Șimleu. Această tendință poate fi pusă, fie pe seama unui intrînd de depozite ponțiene în calcarele cretacice, fie pe seama existenței, la nivelul părții superioare a acestor calcare, a unei zone cu fisurății, comună cu cea din forajul 4011.

III. Pe ambele hărți de rezistivități (fig. 3 și 4) se conturează trei minime de rezistivități.

a) Cea mai sudică dintre aceste anomalii are o dezvoltare de circa 200/300 m și apare clar pe harta AB/2 = 400 m, cu valori de la 12 la 16 Ω m, aflate în contrast cu valorile fondului, de circa 40 Ω m. Din interpretarea hărților și secțiunii geoelectrice (fig. 5) am putut presupune că, de la circa 90–100 m, în profunzime, se intră în zona rezistivă a calcarelor, în care, între adîncimea de 120 și 160 m, este posibilă existența fisurilor circulate de apă termală. Adîncimea la care s-a putut presupune existența apei termale a fost dedusă din analiza diagramei de SEV din centrul anomaliei, în care nivelul menționat este indicat prin minimul de rezistivitate înregistrat (fig. 6).

Interpretarea datelor geoelectrice din această zonă a fost confirmată de datele forajului F 1, amplasat de noi în apexul minimului de rezistivitate și executat de Institutul de meteorologie și hidrologie București. Astfel, acest foraj a interceptat (fig. 7) între metrii 122 și 138, brecii și microconglomerate calcaroase, carstificate, din care se debitează artezian apă termală, la o temperatură de 33°; iar între metrii 156 și 176, a traversat marnocalcare intens carstificate, din care se manifestă artezian apă termală, cu un debit de 60 m^3/h , la o temperatură mai mare de 38° (deoarece prezintă această temperatură la gura sondei, după amestecul cu apa de 33° din orizontul superior).

În partea de jos a secțiunii de rezistivități (fig. 5) este prezentată diagrama înregistrării curentilor electrici naturali (PS), care, însă, nu furnizează informații suplimentare.

b) La S de izvorul natural de la vila nr. 4, se conturează, pe ambele hărți geoelectrice, o zonă de intense minime de rezistivități, care sănă efectul doar al unei conducte metalice îngropate.

c) La W de forajul 4003, se conturează cea de a treia anomalie de minim, cu valori ale rezistivității comparabile cu cele ale anomaliei din sudul perimetruului cercetat, dar cu o dezvoltare mai redusă. Nu s-a putut carta dezvoltarea spre E a anomaliei din cauza construcțiilor, astfel că nu se poate preciza dacă acest minim de rezistivitate înglobează zona forajului 4003 — reprezentând o aceeași circulație acviferă — sau se închide imediat la E — fiind efectul unei circulații independente de apă termală.

Recomandăm apexul acestui minim de rezistivitate ca reprezentind o altă zonă favorabilă circulației acvifere termale.

În figura 8 este prezentată diagrama rezistivităților pe verticala acestei zone, în care se remarcă o scădere accentuată a rezistivităților (pînă la 8,5 Ω m), care ar putea fi determinată de un interval stratigrafic permeabil, situat în calcarele cretacice.



IV. Îngroșarea spre NW a depozitelor ponțiene, însotită de cădere pe această direcție a calcarelor cretacice, face parte din stilul general tectonic al regiunii, dedus din forajele executate. Faptul că la N forajele 4003, 4011 și 4012 au interceptat calcarele cretacice la adâncimi situate în jur de 40 m (tab. 1) și că forajul F 1, efectuat pe anomalia geoelectrică, a pătruns în aceeași formațiune la 91 m, precum și faptul că această situație nu se poate interpreta printr-o cădere inversă a formațiunilor față de stilul tectonic cunoscut, determină admiterea unei falii în zona vilei 4,

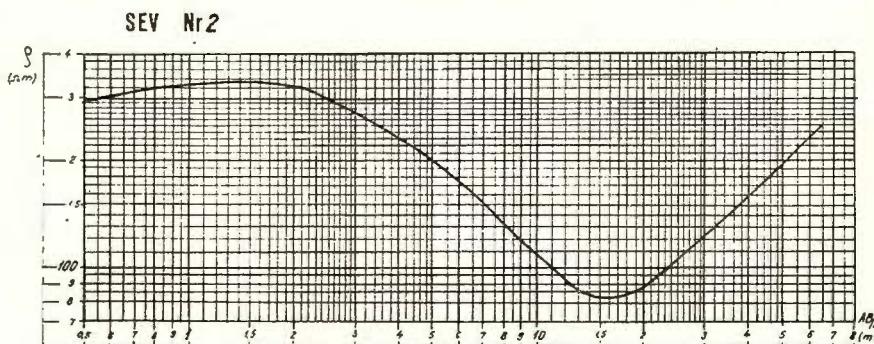


Fig. 8. — Diagrama rezistivităților pe verticală zonei favorabile unei noi circulații acvifere termale.

Diagramme des résistivités sur la verticale de la zone favorable à une nouvelle circulation aquifère thermale.

cu o săritură de circa 50 m, între un compartiment ridicat la N și un compartiment căzut la S. (Filia nu apare și pe hărți, deoarece, din cauza clădirilor din această zonă nu s-au putut efectua SEV-uri.) Ca urmare, forajele care se vor efectua la S de Băile Felix vor întâlni calcarele cretacice între adâncimile de 90—100 m (care descresc spre SE, conform stilului tectonic regional) și este de așteptat ca zonele carstificate sau cu fisuriță ale calcarelor cretacice, care pot fi interceptate în foraje, să prezinte circulații acvifere termale independente de cele din compartimentul nordic, datorită intreruperilor produse, în cale de acces, de depozitele pontiene impermeabile, prin intermediul faliei determinate.

Aceste considerații asupra posibilităților de a se evidenția noi surse de apă termală, independente de cele cunoscute, ne determină să recomandăm ca următoarele foraje hidrogeologice — precedate sau neprecedate de prospecțiuni electrice — să se execute la S de Băile Felix, cind se doresc ca astfel de surse termice să se afle în imediata apropiere a acestei stațiuni balneare.

Concluzii

Exemplul de eficacitate a prospecțiunii geoelectrice oferit de nouă sursă acviferă termală, evidențiată în forajul hidrogeologic, executat în apexul anomaliei de minim rezistivometric, de la S de Băile Felix (la

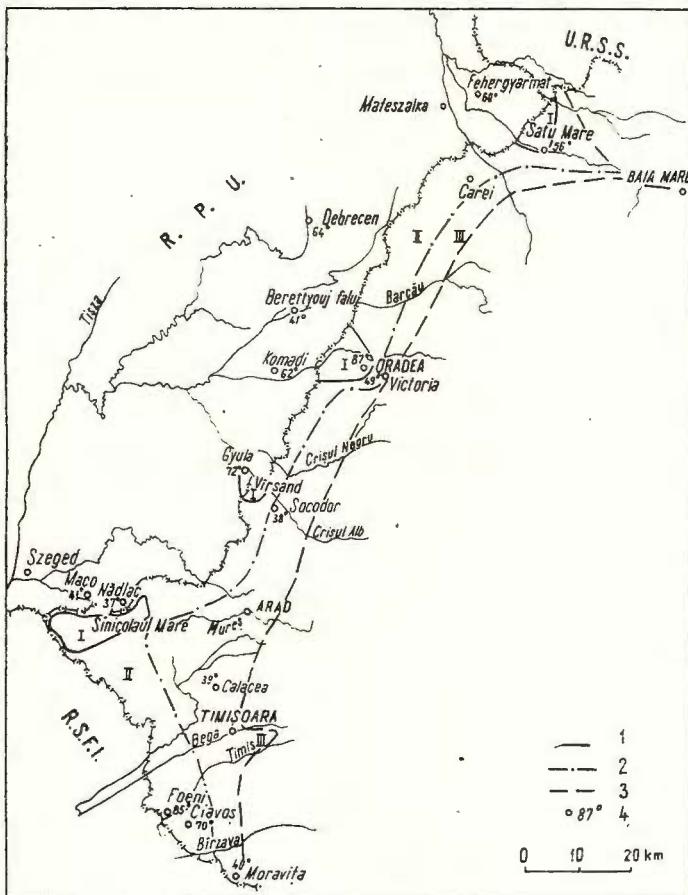


Fig. 9. — Harta distribuției ipotetice a apelor termale și a temperaturilor lor probabile, în cîmpia de vest a României (după Liteanu, Vasilescu și Opran, 1964): 1, limita zonei I ($t > 60^\circ$); 2, limita zonei II, ($40^\circ < t > 60^\circ$); 3, limita zonei III ($30^\circ < t > 40^\circ$); 4, (87°) foraj executat pentru ape termale, cu temperatura apei la gura sondei.

Carte de la distribution hypothétique des eaux thermales et des leurs températures probables, dans la plaine occidentale de la Roumanie (selon Liteanu, Vasilescu et Opran, 1964) : 1, limite de la zone I ($t > 60^\circ$); 2, limite de la zone II ($40^\circ < t > 60^\circ$); 3, limite de la zone III ($30^\circ < t > 40^\circ$); 4, (87°) forage exécuté pour des eaux thermales avec la température de l'eau.

Cordău), ne determină să recomandăm prospectarea geoelectrică a întregului Bazin Panonic, în portiunea sa de pe teritoriul României, pentru decelarea zonelor carstificate sau cu fisurații din calcarele mezozoice și a orizonturilor permeabile din mio-pliocen, în vederea dezvoltării stațiunilor balneare existente sau a creării altora și a economisirii surselor clasice de energie în industria (încălzirea interioară a construcțiilor etc.) și agricultura (sere etc.) județelor Satu Mare, Bihor, Arad și Timiș.

Hărțile geoelectrice, în corelare cu harta distribuției temperaturii probabile a apelor termale în cîmpia de vest a țării (fig. 9), vor orienta amplasarea forajelor hidrogeologice și ampoloarea investițiilor pentru explorarea și exploatarea acestor surse termice naturale.

Datele prospecțiunii electrice vor conduce și la punerea în evidență a structurilor favorabile eventualelor acumulări de hidrocarbură.

Prospectarea geoelectrică a bazinului panonic trebuie efectuată prin sondaje electrice în curent continuu, cu o lungime a dispozitivelor de emisie a curentului electric în sol, care să asigure investigarea formațiunilor geologice pînă la orizontul rezistiv-reper (reprezentat de calcarele mezozoice sau, în absența acestora, de fundimentul cristalin), într-o rețea de 2 km/2 km, pentru structurile de ampoloare regională și într-o rețea deasă, de circa 100 m/50 m, în zonele de concentrare a interesului, pe baza informațiilor din diverse surse de prospecțiune hidrogeologică și geofizică.

BIBLIOGRAFIA

- Korim K. és Liebe P. (1970) Hévizfürdő környékének mélységi vizei. Viz. közlem., Research Inst. for Water resourc. develop., Budapest.
- Gálfy J. (1972) Hydrogeophysical exploration. Int. post-grad. cours Research Inst. Water resourc. develop., Budapest.
- Liteanu E., Opran C., Radovici I. (1963) Perspectivele descoperirii de ape hidrotermale și termominerale în depresiunea panonică. Rev. Natura, Ser. Geogr.-Geol., 5, București.
- Vasilescu G., Opran C. (1964) Fundamentarea cercetărilor hidrogeologice pentru descoperirea de noi surse de ape hipertermale în cîmpia de vest a țării. D. S. Inst. Geol. LI, 2, București.
 - Mihail Cr. (1970) Adineimea și relieful fundimentului bazinului Gheorghieni deduse din date electrometrice. Stud. tehn. econ., Ser. D (Geof.), 7, București.
 - (1972) Prospecțiuni electrice pentru ape termale în bazinul panonic, zona Oradea. Stud. tehn. econ., Ser. D (Geof.) 9, București.
 - (1973) Aspecte moderne ale prospecțiunii electrice. M.M.P.G. (O.D.P.T.), București.
 - Paucă M. (1954) Neogenul din bazinile externe ale Munților Apuseni. An. Com. Geol., XXVII, București.



RECHERCHES GÉOÉLECTRIQUES EN VUE DE DÉCELER DES EAUX THERMALES DANS LA ZONE DE BĂILE FELIX, BIHOR

(Résumé)

La zone investiguée par des sondages électriques verticaux en courants continus est située dans la partie centrale de la Dépression Pannonienne, notamment au sud du cristallin des Monts Rez et au nord de la surélévation cristalline d'Inand-Salonta.

Les forages exécutés dans ce secteur nous renseignent sur la colonne stratigraphique et sur la tectonique de la région. Ils ont mis en évidence de nouvelles sources d'eaux thermales, particulièrement, à Oradea.

Les sondages électriques effectués à Băile Felix ont mis en évidence une anomalie de minimum de résistivité, qui a représenté une voie d'accès pour les eaux thermales (une zone fissurée) à la limite supérieure des dépôts calcaires crétacés.

Ce succès s'est avéré par le forage pratiqué dans le centre de l'anomalie géoélectrique.

Finalement, on propose une autre zone (d'après les données géoélectriques) d'emplacement pour un forage hydrogéologique et on recommande l'extension des prospections électriques dans toute la région du bassin pannnonien sur le territoire de la Roumanie, afin de déceler de nouvelles sources d'énergie thermale.



Institutul Geologic al României

RECENZII

REVIEW OF *Collected Papers of SIR HAROLD JEFFREYS on Geophysics and other sciences (Volume 2 — Observational Seismology)*,

Edited by Sir Harold Jeffreys, Gordon and Breach Science Publishers, 1975

The second volume of the wide-ranged geophysical work of Sir Harold Jeffreys groups a number of 40 papers on seismology, published in the period of 1935—1968.

The problems discussed in this volume present a theoretical and practical contribution of a foremost significance aiming at the establishing and explanation of some peculiarities observed in seismic wave propagation. The main problems analysed here are as follows: travel time curves of various seismic waves (P , S , SKS , PcP , sP , ScS , $sPKP$, etc.), discontinuity from 20° , reliability of seismic stations, deep earthquakes and distribution of velocity.

The detailed study of travel time curves (papers 19, 24, 27—28, 30, 32—35, 38—39, 41, 45—47, 54) using some reliable observational data allowed to obtain a complete and accurate image of the Earth's inner structure, and especially of its central part — the core.

Using the travel time curves of P waves generated by seismic foci with various depths (papers 20, 22, 46, 47, 53), Sir Harold Jeffreys established that discontinuity from 20° corresponds to a depth of 413 km, depth characterized by a considerable jump of the velocity gradient.

The selection of the best seismological stations has led to the establishment of the reliability criterion defined by the ratio between the number of residuals P comprised in the ± 4 sec interval and their total number. The using in future approximations only of stations either with an equal reliability or the one exceeding 0.8 lies at the basis of all present calculation programs relating to the location of foci of earthquakes.

The deep earthquakes ($h > 60$ km) called attention to the possibilities they are yielding to outline more minutely and completely the image of our planet (papers 18, 31, 37, 42, 50). It is noteworthy that when definitely establishing the earthquakes with their focus in the upper part of the mantle, Sir Harold Jeffreys mentioned 5 earthquakes among which the one from Vrancea, of November 1st, 1929.

The working out of a pattern which should give the best image of Earth is the chief concern of Sir Harold Jeffreys. This idea may be traced up throughout his whole activity both in geophysics and other sciences,



The second volume of the works of Sir Harold Jeffreys comprises an outstanding seismologic research work, and although it is addressed firstly to seismologists, nevertheless it constitutes a valuable guide for all those who are dealing with Earth's sciences — geophysicists, geologists, astronomers.

Collected papers of SIR HAROLD JEFFREYS on Geophysics and other sciences (Volume 3 Gravity)

Sir Harold Jeffreys, Professor of Astronomy at the University of Cambridge, is probably best known for his work in theoretical geophysics, nevertheless he has also tackled related topics so that his interest embraces a far wider field of study inclusively, at an essential extent, the mathematical apparatus.

The collection of papers of Sir Harold Jeffreys from 1915 until nowadays is grouped, taking into account the problem criterion, and are presented in six volumes entitled: *Theoretical and observational seismology*, *Observational seismology*, *Gravity*, *Dissipation of energy and thermal history*, *Astronomy and geophysics* and *Miscellaneous*.

These six volumes are edited and annotated by the author in the light of later work. Volume 3 — *Gravity* includes papers on the theory of gravity, dynamical astronomy and figures of planets correlated with analysis of gravity, on the stresses in the Earth's crust, etc.

A set of papers on the theory of gravity disclosed new aspects in some classical problems. Thus the author points out the fundamental significance of free air reduction for determining the Earth's external gravitational field, and also the form of the geoid. In another paper a definition of height is given in terms of the geopotential, and the free air reduction is carried to the second order so as to permit allowance for terms in eh and h^2 .

The problem relating to the figure of Earth or in general of a planet, according to Wiechert's hypothesis (homogeneous core and shell), is discussed from the standpoint of the ellipticity equation whether using or not Radau approximation.

It is noteworthy that some topics were resumed, and hence appear in two or several papers either in extenso or treated from an up-to-date viewpoint. The author took into account the new values of the Earth's ellipticity given by artificial satellites (1958) and he estimated that the explanation of the systematical lack of concordance between these values and those obtained through gravity analysis is more likely to lie in the comparison of basic stations. In a paper from 1963 he treated again the problem relating to the figure of Earth based on hydrostatic theory in the light of dynamical ellipticity values provided by satellites.

In the geodesic gravity field the author tackled the problem of the use of Stokes' formula in the adjustment of surveys in present circumstances i. e. the state of the gravimetric network all over the world.

In 1915 Jeffreys proceeded to the elaboration of an ample work regarding those types of hypotheses according to which the structure of Earth is considered to consist of a homogeneous metallic core surrounded by a rocky crust. Eliminating those hypotheses according to which either the shell or the nucleus is supposed to be permanently elastic, he kept up Wiechert's hypothesis as the most plausible one. He also pointed out the slight deviation of the land surface from the hydrostatic form, and assumed that continual adjustments of the surface to the hydrostatic form might have taken place.

As regards problems relating to absolute measurements of gravity, a simplified method is given for finding the corrections for bending and stretching of the pendulum.



Those four inner planets form the object of several papers aiming at their peculiar aspects, namely considerations on their inner structure, secular perturbations, density distribution inside them.

The isostasy problem is treated starting from gravity values observed at surface and admissible physical limits of density contrasts. Considering from geological and physical standpoints the processes required to obtain compensation of the principal surface inequalities, he found that the Airy type of compensation is the most probable. He points out the fact that only gravity observations cannot lead to the determination of depth and extension of compensation but can evidence that the regional compensation depth is much smaller than the local one.

The papers concerning dynamic astronomy deal with: possible distribution of meteoric bodies in the solar system with exemplifications on Saturn rings and on the zodiacal light; mass of Saturn's satellites, configuration of planets in rotation.

The stress in the Earth's crust, required to support surface inequalities, is an item developed in two papers, also including the case of a thin crust floating on a sphere, and which is correlated with gravity anomalies.

The 58 papers grouped in this volume represent an abundant material which can be consulted provided a thorough knowledge of geophysics, astronomy and physics should be available.

REVIEW OF *Concepts in Geostatistics*,

Edited by Richard B. Mc Common in Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 1975

This work presents the two-week short course entitled Current Statistical Methods in Geology, sponsored by the National Science Foundation and held at the University of Illinois in Chicago, from June 19 to June 30, 1972.

The aim of the course was to bridge a gap between the traditional courses in statistics and Geostatistics (application of mathematical statistics in Geology), as well as to present a basic material for geology professors.

Although it does not comprise all the possibilities offered by mathematical methods, this work in nevertheless constituting a synthesis of the chief methods used until 1972 in order to work out practical problems in Geology.

Owing both to the theoretical treatment and to the practical presentation of application within the 7 chapters corresponding to the seven courses prepared by well-known lecturers (F. Chayes; William T. Fox; J. e. Klován; W. C. Krumbein; R. B. Mc Common; F. Merriam), this works draws the attention of all the specialists unfolding their activity in the Geology field (geologists, researchers, teaching staff, students). Since the theoretical and practical value of this course is completed by a rich relevant literature, quoted at the end of each chapter, its interest is becoming so more.

In the first five courses there are worked out both theoretically and practically essential geological problems by using the probability theory and current mathematical statistics methods. Thus, in the first course there is developed a theory of interception probabilities of some mineralized zones through research grids of various equidistances, as well as for a most precise outlining of the actual diameter of grains embedded in rock.



In the 2nd course two models of factor analysis of geological information sets, organized under the matrix form, are presented. Correlation coefficients regression lines and similarity indexes will be utilized as analysis tools. The methods of time series analysis, polynomial curves, moving averages, Fournier series are used in the 3rd course in order to separate the regional component (trend) from cyclical or oscillating fluctuations as well as random variations.

There are discussed a series of exemplifications related to the studying of Stratigraphy and Sedimentology.

The Markov Chains theory constitutes the subject of the 4th course, and is used for modelling some random processes in Geology, namely processes for which the present state at the t_{n-1} moment depends upon the previous state from the t_{n-1} moment but is not influenced by states prior to it. Such Markovian processes are especially encountered in Stratigraphy.

The 5th course is devoted to the working out of the RTCRSM 2 program (Ratio, Correlation, Simulation, version 2) for computation by means of electronic technique of the simple ratio correlation, which may be utilized for measurements of intensity of statistic relations from geological characteristics of geological entities.

The simple correlation ratio and, in general, the correlation and regression theory are frequently used in order to check geological hypotheses.

Practical applications of computers in Geology until 1970, as well as their perspectives constitute the item of the 6th course. The foremost significance of simulation models of real geological processes may be here obviously noticed.

The last chapter is devoted to the presentation of some problems with a didactic character and related to various fields of Geology. They are to be solved by means of mathematical statistics methods in the framework of future courses. At the same time these problems involve discussions and further studies. Although their character is essentially didactic the presented methods may be of an actual help for practical investigations in Geology.

REVIEW OF *Introduction to Geophysical Prospecting* worked out
by DR. GERHARD DOHR

The author of the work „Applied Geophysics, Introduction to Geophysical Prospecting” Dr. Gerhard Dohr is an outstanding geophysicist well known in the relevant literature owing to his numerous and original both theoretical and practical contributions, which have essentially advanced the development of the modern seismometry. This work constitutes the 1st volume of the series Geology of Petroleum, edited by Heinz Beckmann, and is addressed to a wide range of specialists who are unfolding their activity in various branches of geology, especially to those who are concerned with prospecting of structural elements favourable to the accumulation of oil and gas. This fact is revealed by the structure of the above work since it affords an important share to seismometry as the main indirect investigation method for hydrocarbons in continental and marine domains.

A characteristic feature of this work consists in a clear-cut account of physical bases and geophysical methods. It is noteworthy that the author did not resort to an intricate mathematical apparatus, fact that ensures a complete understanding of these problems also by scientists whose specialization is not directly related to this kind of subsoil investigations, but who may



tangentially tackle some geophysical results in order to achieve geological interpretations at regional or local scale.

A second element to be pointed out is referring to a differentiated selection of the existent material, the author emphasizing solely the aspects with a marked present-day character. In this context one may notice the elimination or only enunciation of problems relating to geophysical equipment as well as some methods or working techniques nowadays out-of-date.

This aspect also constitutes an incontestable merit of the work, the author affording a larger scope to the automatical proceeding and interpretation of geophysical data, particularly the seismometric ones, obtained by means of high capacity computer. The physical principles of the proceeding of primary, seismometric data are most competently presented under a form accessible to specialists from the domain of geology and related sciences, at the same time inciting the geophysicists to proceed to a thorough study of the analysed problems.

This work is accompanied by a rich graphic illustration consisting of 25 essential figures which allow to readily understand the physical meaning of geometrically represented phenomena.

The references annexed to each chapter as well as an index of terms do harmoniously complete this text.

Although occasionally some terms in English are inadequate the reader may easily pass beyond these „traps” inherent to any translation.

In the whole, the work of Dr. Gerhard Dohr represents in the geophysical literature an editorial event of foremost significance, and undoubtedly it will be highly appreciated by all the specialists whose activity is directly or indirectly linked to the petroleum industry field.





Redactor : ELEONORA SPĂNOCHE
Tehnoredactor : MARIA ȘTEFĂNESCU
Traducători : MARGARETA HIRJEU, VALENTINA CHIUȚU
Illustrația : V. INIU, CONstanța BURLACU

Dat la cules : octombrie 1975. Bun de tipar : decembrie 1975.
Tiraj : 900 ex. Hirtie scris IA 70×100/56 g. Coli de tipar : 14,5.
Comanda : 2462. Pentru biblioteci indicele de clasificare 55(058).

Intreprinderea poligrafică „Informația” str. Brezoianu nr. 23—25
București — România



Institutul Geologic al României