

REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA
C O M I T E T U L G E O L O G I C
I N S T I T U T U L G E O L O G I C
S T U D I I T E H N I C E Ș I E C O N O M I C E

SERIA D

Prospecțiuni Geofizice

Nr. 6

GEOFIZICA DE ȘANTIER

BUCUREŞTI
1966



Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României

CUPRINSUL

	<u>Pag.</u>
P. A. Baciru. On the Correlation of Beds in the Valea Jiului Coal Basin, by means of Geophysical Logging (Abstract)	5
P. A. Baciru. Contribuții la corelarea stratelor din bazinul carbonifer al văii Jiului pe baza măsurătorilor geofizice de sondă	5
P. A. Baciru. Contributions à la corrélation des couches du bassin carbonifère de Valea Jiului à l'aide des mesures géophysiques de sonde (Résumé)	24
L. Cojocariu, V. Marghitu. Nuclear Geophysical Measurements for the Exploration of Rock Salt and Potassium Salt Deposits from the Subcarpathian zone of Eastern Carpathians (Abstract)	27
L. Cojocariu, V. Marghitu. Măsurători geofizice nucleare pentru exploatarea zăcămintelor de sare gemă și săruri de potasiu din zona subcarpatică a Carpaților răsăriteni	27
L. Cojocariu, V. Marghitu. Mesures géophysiques nucléaires pour l'exploration des gisements de sel gemme et de sels de potassium dans la zone subcarpatique des Carpates orientales (Résumé)	33
C. Gürtler. Porosity Determination in Homogenous Formations by Electric Log Methods and Results Obtained (Abstract)	35
C. Gürtler. Posibilități de determinare a porosității în formațiuni omogene, prin metode electrometrice și rezultate obținute	35
C. Gürtler. Possibilités de détermination de la porosité dans les formations homogènes par méthodes électrométriques et résultats obtenus (Résumé)	45
S. Iordache. On the Geophysical Study of Micaceous Pegmatites (Abstract)	47
S. Iordache. Contribuții la cercetarea geofizică a pegmatitelor micaferă	47
S. Iordache. Contributions à l'étude géophysique des pegmatites micacées (Résumé)	68
S. Iordache. The Study of Ore Deposits by Well Logging (Abstract)	71
S. Iordache. Cercetarea zăcămintelor de minereuri de fier prin măsurători geofizice de sondă	71
S. Iordache. Recherche des minéraux de fer par les mesures géophysiques de sonde (Résumé)	140
Gh. Peteteu. Results Concerning the Study of Wells Cementation Especially of Wells Traversing Salt Massifs (Abstract)	143
Gh. Peteteu. Rezultate privind studiul cimentării coloanelor de sonde cu deosebire pentru sondele străbătând masive de sare	143
Gh. Peteteu. Résultats concernant l'étude de cimentation des sondes et en spécial des sondes qui traversent les massifs de sel (Résumé)	154



Gh. Peteu, V. Negoiță. Problems Concerning the Well Logs in Carbonate Rocks, with Examples from Rumania (Abstract)	155
Gh. Peteu, V. Negoiță. Probleme ale diagrafiei geofizice în roci carbonatice cu exemplificări din România	155
Gh. Peteu, V. Negoiță. Problèmes de la diagraphie géophysique dans les roches carbonatées à exemples pris de Roumanie (Résumé)	168
Al. Voronca. Elena Fetcu, Gh. Mirică, M. Popp, Gr. Scurtu, W. Stöckel, Application of Well Logging in the Exploration of Coal and Ore Deposits from Rumania (Abstract)	171
Al. Voronca. Elena Fetcu, Gh. Mirică, M. Popp, Gr. Scurtu, W. Stöckel. Aplicarea carotajului geofizic la explorarea zăcămintelor de cărbuni și minereuri prin sonde în România	171
Al. Voronca. Elena Fetcu, Gh. Mirică, M. Popp, Gr. Scurtu, W. Stöckel, Application du carottage géophysique dans l'exploration par sondes des gîtes de charbons et de fer de Roumanie (Résumé) .	181
Emilia Poteras. Methods of graphical Interpretation of the Dipmeter Diagraphy with Examples from Rumania (Abstract)	183
Emilia Poteras. Metode de interpretare grafică a diagrafiei de pandajmetrie cu exemplificări în România	183
Emilia Poteras. Méthodes de l'interprétation graphique de la diagraphe de pendagmetrie avec des exemples de Roumanie	189

CONTRIBUȚII LA CORELAREA STRATELOR
DIN BAZINUL CARBONIFER AL VĂII JIULUI PE BAZA
MĂSURĂTORILOR GEOFIZICE DE SONDĂ

DE

P. A. BACÎRU

ABSTRACT

On the Correlation of Beds in the Valea Jiului Coal Basin, by means of Geophysical Logging. Several lithological marks stated by means of the diagraphs of geophysical logging are given; they represent a precious aid for the correlation of coal beds in the Jiu Basin. Two of them are common for all mining fields of the basin and the other three are but auxiliary marks.

Datorită grijei pe care conducerea statului și a partidului nostru o acordă introducerii și promovării tehnicii noi avansate în toate ramurile de producție din țara noastră, s-au asigurat condițiile dezvoltării continue și a procedeelor geofizice de investigare a sondelor.

În ultima vreme, pentru descoperirea sau conturarea zăcămintelor, de cărbuni, s-a pus mult accentul pe măsurătorile geofizice, datorită bunelor rezultate pe care le-au dat în unele zăcăminte și mai ales în bazinul din Valea Jiului.

După datele existente, formațiunile sedimentare cainozoice din acest bazin se împart în trei orizonturi:

Orizontul inferior (bazal), fără cărbune și fără fosile (Oligocen);

Orizontul mediu (productiv), care este fosilifer și cuprinde strate de cărbune (Oligocen superior);

Orizontul superior, fără strate de cărbune exploataabile (Acvitanian).

Orizontul mediu (productiv), din cauza numeroaselor strate de cărbune și a structurii complicate, a constituit un obiectiv asupra căruia



s-au îndreptat toate cercetările, în vederea cunoașterii lui sub toate aspectele. În munca de cercetare s-au întîmpinat multiple greutăți și s-au încercat diverse soluții pentru stabilirea unei corelări indisutabile între stratele de cărbune întâlnite în foraje și alte deschideri, care să poată permite o interpretare tectonică corectă. Una dintre aceste greutăți a fost, pînă în momentul de față, lipsa de repere stratigrafice în această formațiune productivă. Geologii au fost preocupați de rezolvarea acestei probleme, dar, cu toate insistențele depuse, numai după datele furnizate de foraj — de multe ori incomplete — nu s-a putut ajunge la stabilirea unor repere care să nu comporte discuții. S-au studiat de asemenea, din punct de vedere paleontologic, micropaleontologic și palinologic, stratele de cărbune, precum și culcușul și coperișul lor, cu scopul de a găsi criterii cât mai sigure și avantajoase în vederea unei bune corelări.

Actualmente, pentru a se face corelarea, se folosesc ca orizonturi reper numai stratele de cărbune, ținîndu-se seama de grosimea lor, de intervalul dintre ele, de asemănarea rocilor din culcușul și coperișul lor, precum și de unele criterii stabilite de laboratoare. Ca strate reper se utilizează în special stratele : 3, 5, 9/8, 13, 17/18.¹⁾ Criteriile și reperele utilizate pînă în prezent se dovedesc a fi insuficiente pentru a face o corelare indisutabilă și care să permită o interpretare bună a structurii acestui bazin complicat.

Introducerea noii metode de interpretare geologică a datelor geofizice²⁾, metodă care dă o mare importanță corelării diagramelor pe strate, a făcut posibilă corelarea pe strate între mai multe sonde și chiar între cîmpurile miniere ale acestui bazin.

Punînd accentul pe aceste corelări, am putut detecta un reper pe care, datorită importanței lui față de celelalte repere detectate geofizic, l-am considerat reper principal (RP) și îl prezintăm în cele ce urmează. Aceasta este într-adevăr un reper principal, dacă ținem seama de următoarele caracteristici ale lui : este o formațiune sterilă bine evidențiată

¹⁾ I. Petruț. Raport preliminar asupra sectorului Bărbăteni din bazinul carbonifer al Văii Jiului, 1 august 1957. T.P.E.D.M.N.

I. Petruț. Raport geologic preliminar asupra sectorului Uricani din bazinul carbonifer Valea Jiului. 1958. T.P.E.D.M.N.

S. Mateescu. Raport geologic asupra regiunii Bărbăteni-sud, între pîrul Tușu și pîrul Lazu. 1951. T.P.E.D.M.N.

I. Bozdog și O. Gologan. Raportul geologic cu situația rezervelor de cărbune determinate prin lucrările de explorare executate în cîmpul minier Uricani în anul 1960. T.P.E.D.M.N.

²⁾ Petre A. Bacîru. Metoda de desen și interpretarea diagramelor de carotaj electric și carotaj radioactiv la sondele de cărbune. Inovația nr. 22 din T.P.E.D.M.N.



pe diagrama sondelor ; este ușor de recunoscut pe diagramele geofizice ale sondelor ; are o grosime care variază între 25—35 m ; împarte în două, cum nu se poate mai convenabil, stratele de cărbune din orizontul mediu

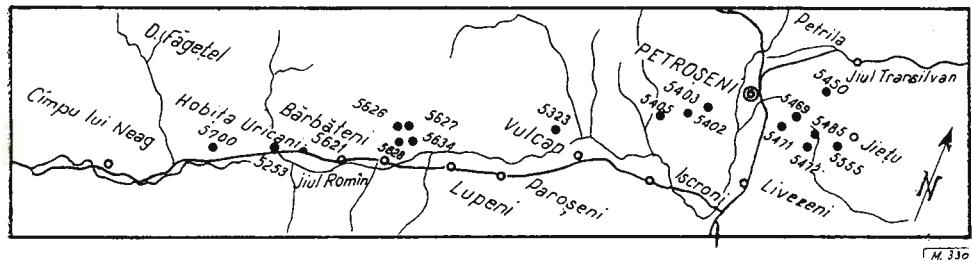


Fig. 1. — Schița unei porțiuni din bazinul carbonifer Valea Jiului.

(productiv). În partea inferioară sunt stratele de la 1—10, iar în partea superioară stratele de la 11—19 ; este un reper comun tuturor cîmpurilor miniere ale bazinului.

Caracteristicile enumerate ne dau certitudinea că reperul principal, împreună cu alte repere geofizice, va aduce un aport hotărîtor în stabilirea unei corelări fără echivoc, care să permită o interpretare tectonică sigură. Vom exemplifica cele menționate mai sus prin grupuri de sonde alese pe direcția longitudinală a bazinului, orientate de la est la vest (fig. 1).

Analizînd, pentru început, sondele 5472, 5469, 5471, 5463 și 5555 din figurile 2, 3, 4, 5 și 6, vedem cît de evident și ușor de recunoscut este reperul principal și putem face unele constatări în ceea ce privește erorile de corelare favorizate de lipsa unui astfel de reper.

În sonda 5472 din figura 2, imediat sub reperul principal, se întîlnesc sedimentate grupat stratele 10, 9, 8 și 7, iar mai distanțat stratul 6 ; trebuie subliniat faptul că această situație se menține, cu mici excepții, în toate sondele din jumătatea estică a bazinului.

În sonda 5469, imediat sub reperul principal, găsim sedimentate numai trei strate grupate, acestea fiind 9, 8 și 7, iar mai distanțat — și de data aceasta — stratul 6.

În sonda 5471 întîlnim, sub reperul principal, numai un singur strat. Acest strat nu poate fi altul decât stratul 6. Certitudinea ne este dată de curba gama-natural, care ne arată că stratul are o radioactivitate mult mărită față de celelalte strate și chiar față de orice altă rocă întîlnită în Valea Jiului [2]. Cum acest strat are o radioactivitate mărită, în majoritatea sondelor din cîmpul minier Livezeni, ne-a îndreptățit să-l

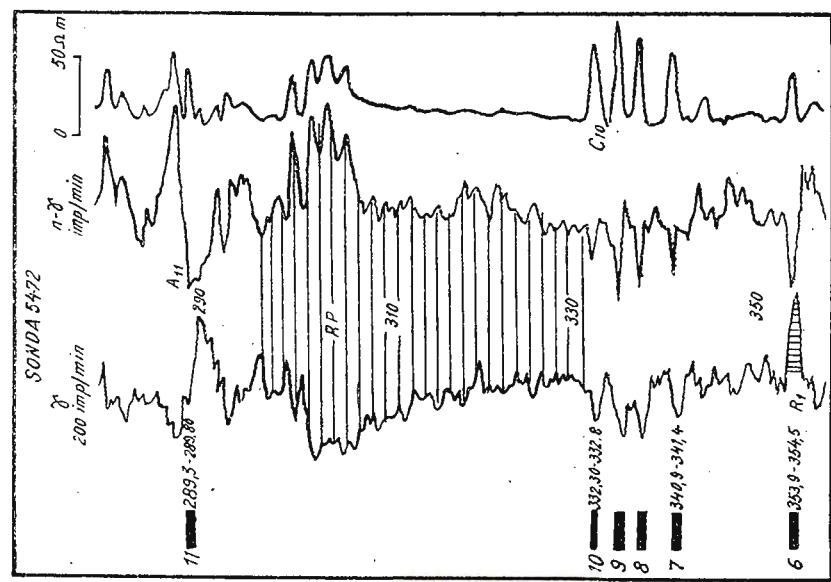


Fig. 2. — ■ strate de cărbune; RP — reper principal; R₁ — stratul 6 cu radioactivitate naturală mare; C₁₀ — culmea stratului 10; A₁₁ — coperișul stratului 11; (cifrele fără paranteză indică numărarea stratelor după corclarea autorului).

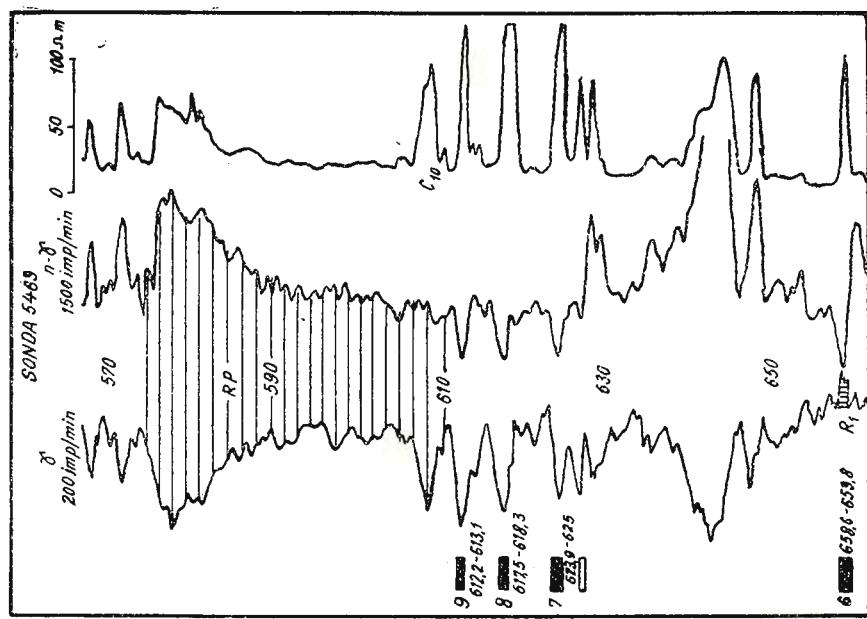


Fig. 3. — ■ strate de cărbune; [] strate de cărbune puse în evidență de autor; (cifrele fără paranteză indică numerotarea stratelor după noua corelare); RP, reper principal; R₁, stratul 6 cu radioactivitate mare.

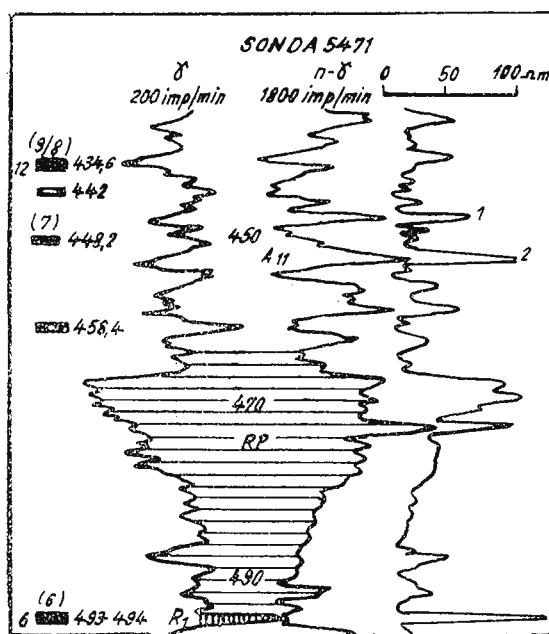


Fig. 4. — \square strate de cărbune; RP, reper principal; R_1 , stratul 6 cu radioactivitate mare; A_{11} , copeorișul stratului 11 ; (cifrele din paranteză indică numerotarea după vechea corelare, cifrele fără paranteză indică numerotarea după corelarea autorului).

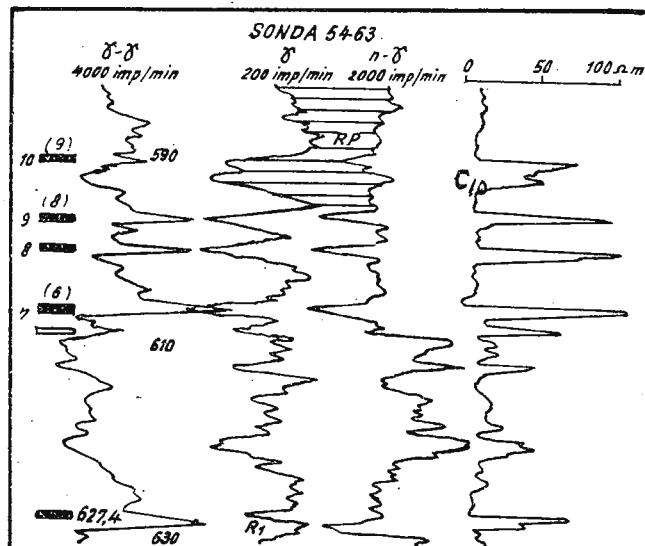


Fig. 5. — \square strate de cărbune; \square strate de cărbune puse în evidență de autor; RP, reper principal; R_1 , stratul 6 cu radioactivitate mare; (cifrele din paranteză indică numerotarea după vechea corelare, cifrele fără paranteză indică numerotarea după corelarea autorului); C_{10} — culcușul stratului 10.

utilizăm ca un reper ajutător (R_1), foarte bun pentru lămurirea unor probleme de ordin local, după cum se va vedea mai jos. Sprijinindu-ne pe reperul principal și pe reperul ajutător, putem stabili cu certitudine

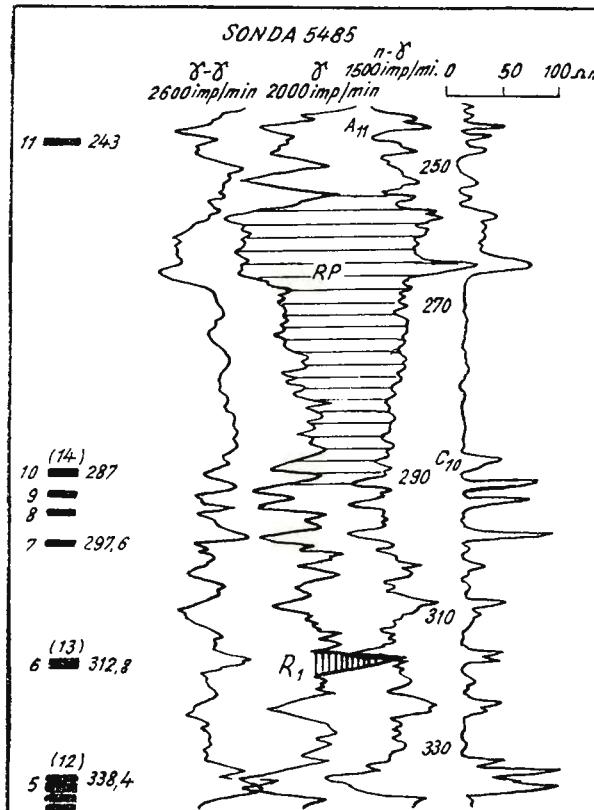


Fig. 6. — strate de cărbune; RP, reper principal; R_1 , stratul 6 cu radioactivitate naturală mărită; C_{10} , culcușul stratului 10; A_{11} , coperișul stratului 11; (cifrele din paranteză indică numerotarea după vechea corelare, cifrele fără paranteză indică numerotarea după corelarea autorului).

că grupul straturilor 10, 9, 8 și 7 nu a fost interceptat tectonic și astfel este greșit că s-au considerat stratele din intervalul 439,6 – 448,5 m, interceptat la un nivel superior față de reperul principal, ca făcind parte din grupul straturilor 9, 8 și 7.

Pe diagramele sondei 5463, în grupul celor patru strate sedimentate sub reperul principal, ultimul este numit greșit stratul 6, deoarece stratul

nu poate fi altul decât cel din intervalul 627,4 – 628,8 m, fapt pe care ni-l confirmă radioactivitatea naturală a acestui strat.

Acest R₁, întlnit și în sonda 5485 în intervalul 312,8 – 313,9 m, pune în evidență corelarea greșită a acestei sonde cu sondelor vecine, fapt care a determinat o interpretare tectonică eronată.

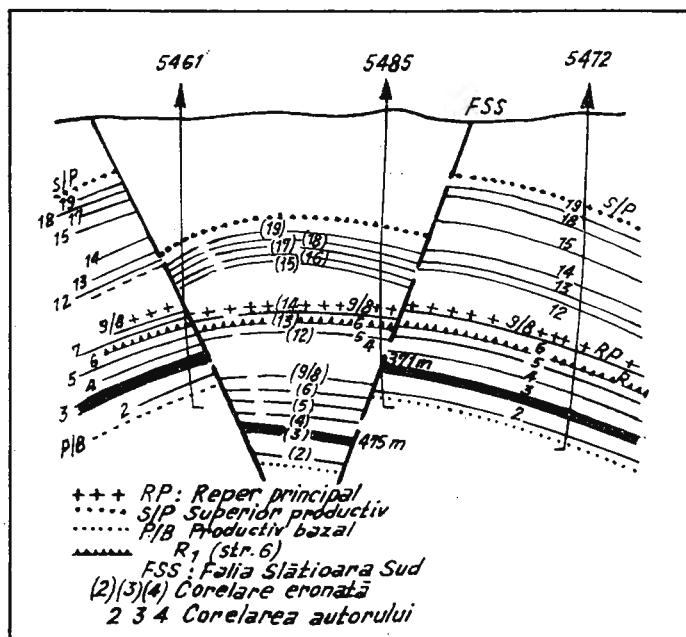


Fig. 7. — Secțiune geologică longitudinală în cîmpul minier Livezeni.

În cîmpul minier Livezeni¹⁾, secțiunea geologică longitudinală care cuprinde sondele 5472, 5485 și 5461 are o corelare complet greșită, fapt care a dus la o interpretare tectonică greșită (fig. 7). Într-adevăr, dacă în aceste sonde trasăm RP și R₁ (stratul 6) și dacă ne folosim și de stratul 3 — care de asemenea este un foarte bun reper — vedem că în partea inferioară a RP nu-și au rostul falile Slătinioara-sud și falia ce intersectează sonda 5461. Procedind în același fel cu secțiunea transversală a sondelor 5485 și 5492, de asemenea se va vedea că falia Slătinioara-sud și în acest caz este plasată greșit.

¹⁾ I. D o r o b a n t u. Raportul lucrărilor geologice din 1962 în sectorul Livezeni. T.P.E.D.M.N.

Această situație scoate în evidență faptul că întreaga corelare a bazinului carbonifer din Valea Jiului trebuie să fie verificată cu datele oferite de măsurătorile geofizice.

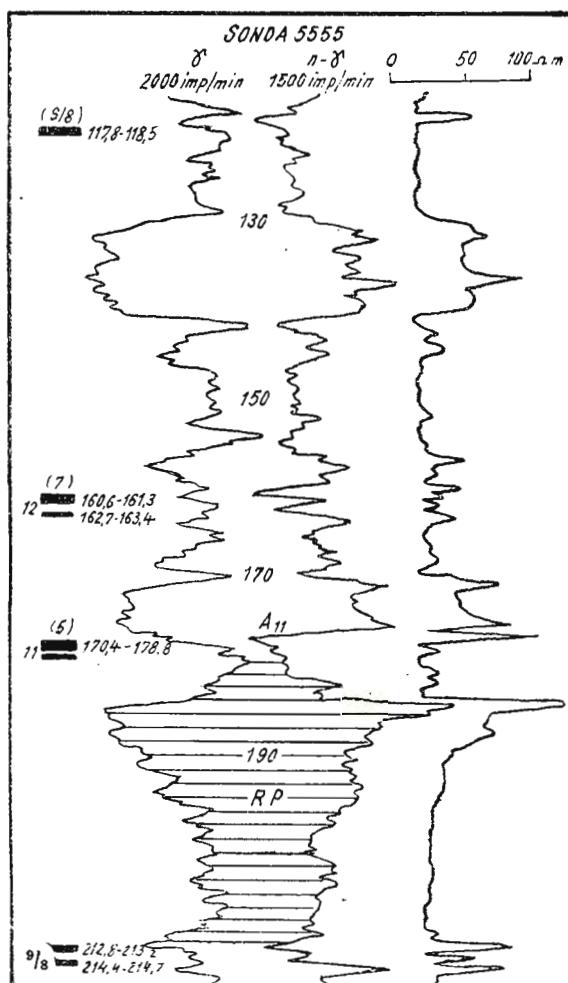


Fig. 8. — █ strate de cărbune; RP, reper principal; A₁₁, coperişul stratului 11; (cifrele din paranteză indică numerotarea după vechea corelare, cifrele fără paranteză indică numerotarea după corelarea autorului).

¹⁾ Hortensia Crihană. Raportul lucrărilor geologice din 1960 în sectorul Lonea T.P.E.D.M.N.

²⁾ Margareta Pruteanu. Raportul lucrărilor geologice din 1960 în sectorul Dilja, T.P.E.D.M.N.

La sonda 5555 (fig. 8) unde reperul principal se situează în intervalul 180—212 m, grupul stratelor 9/8 trebuie să fie indiscutabil cel din intervalul 212—214 m, deci cel de sub reperul principal. Ori, după profilul stratigrafic indicat în anexa 101 ¹⁾, după datele carotajului mecanic, stratul 9/8 este plasat în intervalul 117,8—118,5 m, adică deasupra reperului principal.

În continuare se poate trece către vest, la un nou grup de sonde și anume sondele 5402, 5403 și 5405, care fac parte din cîmpul minier Dilja ²⁾. Se impune a fi analizat, cît de rezumativ, acest grup de sonde, pentru că de datele furnizate de această analiză se va lega proiectul lucrărilor de explorare ce se vor extinde în cîmpul minier menționat mai sus și, poate, chiar rezultatul acestor lucrări.

Cercetind planşa diagrafiei complexe a sondei 5402, unde sînt prezentate și datele carotajului mecanic, se constată următoarele (fig. 9) :

În intervalul 726—743 m se identifică reperul principal cu ajutorul datelor geofizice. După cele ce am văzut anterior, sub acest reper prin-

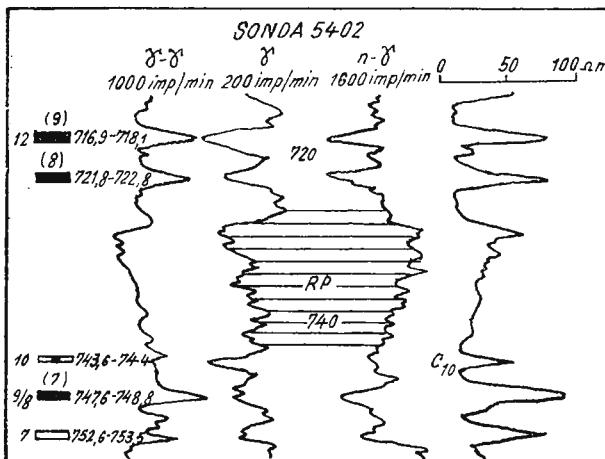
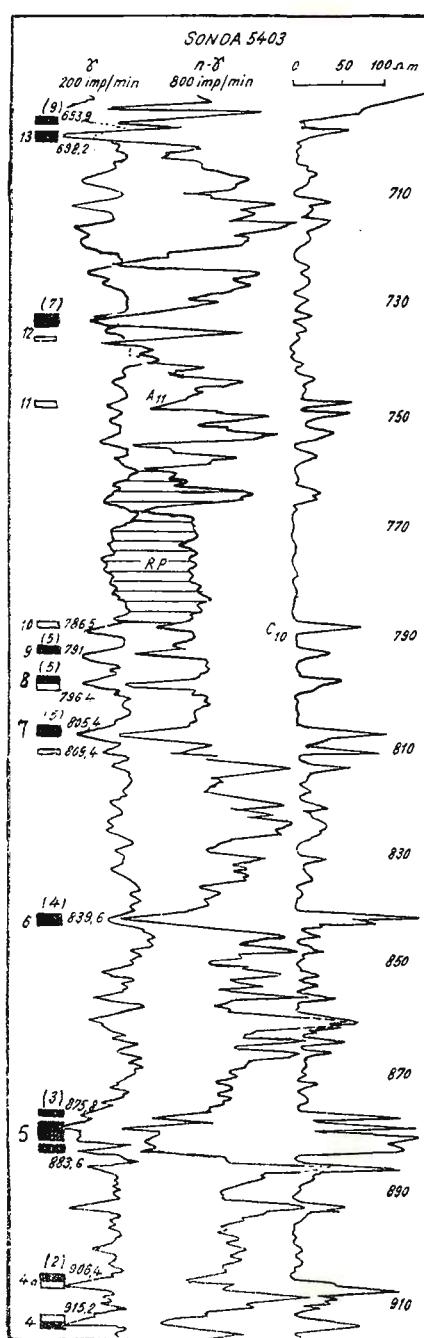


Fig. 9.— █ strate de cărbune; █ strate de cărbune puse în evidență de autor; RP, reper principal; (cifrele din paranteză indică numerotarea după vechea corelare, cifrele fără paranteză indică corelarea după numerotarea autorului).

cipal trebuie să fie sedimentat grupul stratelor 9, 8 și 7. Carotajul mecanic nu dă cărbuni din grupul stratelor 9, 8 și 7. Măsurătorile geofizice interpretate după vechea metodă dau doar un strat de cărbune, presupus a fi stratul 7, în intervalul 747,6—748,8 m. Diagramele geofizice interpretate după nouă metodă pun în evidență și celealte două strate de cărbune în intervalele 743,6—744,0 m și 752—753 m. Trebuie să se precizeze că stratul care a fost considerat ca stratul 7 este în realitate stratul 8, iar stratele considerate 8 (din intervalul 721,8—722,8 m) și 9 (din intervalul 716,9—718,1 m) sunt în realitate deasupra reperului principal și ca atare ele trebuie corelate cu stratele din jumătatea superioară a orizontului mediu (productiv)..

Pe același aliniament, mai spre vest, în sonda 5403 (fig. 10), reperul principal este identificat prin măsurătorile geofizice în intervalul 760—



786 m. Sub reperul principal trebuie să căutăm grupul stratelor 10, 9, 8 și 7. Și de data aceasta, după coloana stratigrafică întocmită pe baza datelor carotajului mecanic nu apare din grupul acestor strate decât un banc inferior al stratului 7. Interpretarea veche a datelor geofizice scoate în evidență trei strate în intervalele 791—792 m, 796,4—797,2 m și 805,4—806,6 m, pe care le socotește, greșit, a fi stratul 5. În același timp nu pune în evidență două strate exploataabile din intervalele 786,5—787,7 m, și 809,4—810,0 m. Din analiza făcută în funcție de reperul principal se vede că avem de fapt cinci strate, adică grupul stratelor 10, 9, 8 și 7, iar la 3 m sub stratul 7, un strat izolat de cărbune. Că aceasta este realitatea ne-o dovedește și sonda 5405 (fig. 11), care se află pe același aliniament mai spre vest, ale cărei diagrame sunt interpretate după noua metodă și la care sub reperul principal întâlnim, exact în aceeași sedimentare, stratele 10, 9, 8 și 7 și în plus, la 2 m sub stratul 7, un strat subțire de cărbune de 0,30 m. Dacă aceasta este situația, atunci în sonda 5403, stratul 5 nu poate fi altul decât cel din intervalul 875,8—883,6 m,

Fig. 10. — █ strate de cărbune; █ strate de cărbune puse în evidență de autor; RP, reper principal (cifrele din paranteză indică numerotarea după vechea corelare, cifrele fără paranteză indică numerotarea după corelarea autorului); C_{10} , culcușul stratului 10.

care în mod greșit a fost considerat stratul 3, fapt ce a dus la trasarea greșită a faliei Piriul-Mare. Sprijinindu-ne, în cazul acesta, și pe datele sondelor 5405, stratul din intervalul 839,6—841,2 m, considerat stratul 4, este neapărat stratul 6, iar stratul format din două bancuri plasate în intervalele 906,4—907,6 m și 915,2—916,2 m, considerat greșit stratul 2, este fără îndoială stratul 4. Dacă ne referim la stratele superioare față de reperul principal, constatăm că în intervalul 746,1—746,6 m, nu a fost interpretat stratul 11, care pe diagrame apare foarte clar și care, de asemenea, își găsește corespondentul în sonda vecină 5405. În cazul acesta, și stratele din intervalele 693,9—694,8 m și 696,6—698,2 m nu sunt 8 și 9, ci stratul 13, compus din două bancuri, ca și în sonda vecină 5405, iar ceea ce este numit stratul 7, în realitate este stratul 12.

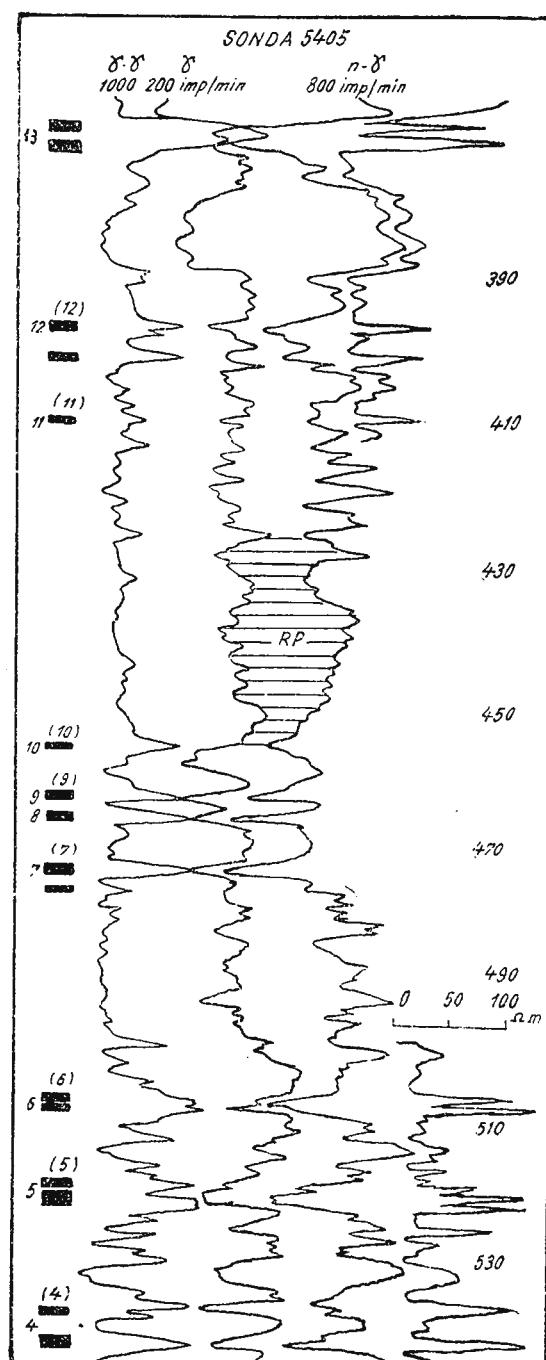


Fig. 11. — ■■■ strate de cărbune; RP, reper principal; (cifrele din paranteză indică numerotarea după vechea corelare, cifrele fără paranteză indică numerotarea după corelarea autorului).

Din analiza acestor cîteva sonde se constată că măsurătorile geofizice identifică toate stratele de cărbune, stabilesc adîncimea, grosimea

și forma lor structurală, oferind de asemenea mari posibilități de corelare.

Dacă aşa stau lucrurile, atunci în marginea de est a bazinului (cîmpul minier Livezeni, Cimpa, Petriala, Lonea), unde structura este mai puțin frămîntată ca în vest și unde stratul reper împarte productivul în două părți, se poate ca la sondele de îndesire să se înlocuiască carotajul mecanic cu carotajul geofizic. La aceste sonde de îndesire, datele carotajului geofizic trebuie completate cu unele date, ca: conținut de cenușă, umiditate, substanțe volatile etc., pe care le obținem prin comparație cu datele carotajului mecanic din sondele de referință vecine.

Vedem deci că este posibil a se face un pas înainte în înlocuirea parțială a carotajului mecanic cu cel geofizic, fapt care ar aduce însemnate economii.

În cîmpul minier Vulcan se poate prezenta, în cadrul același

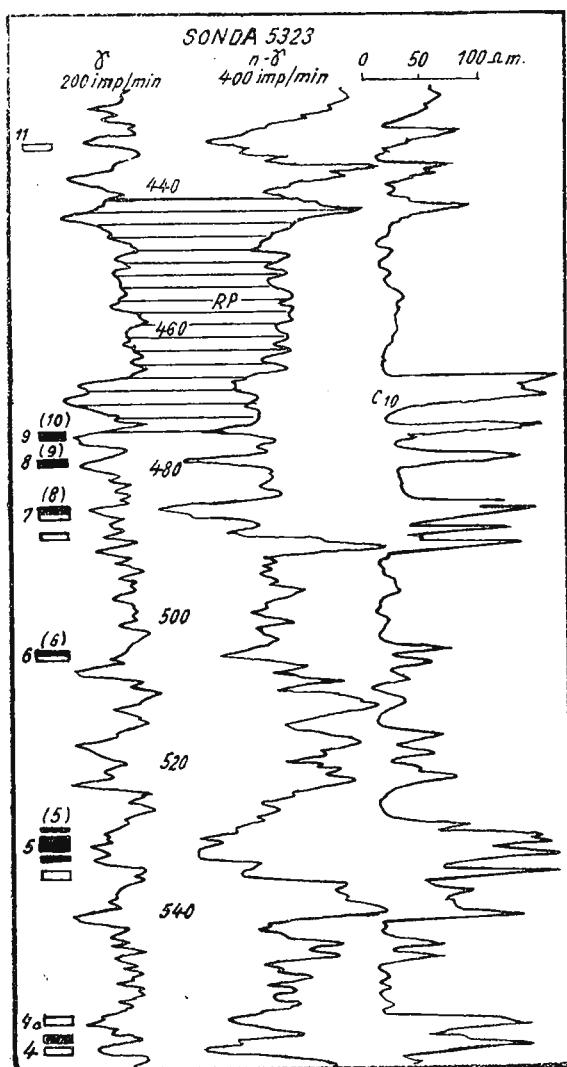


Fig. 12. —

strate de cărbune;

strate de cărbune puse în evidență de autor; RP, reper principal; C₁₀, culcuseul stratului 10; (cifrele din paranteză indică numerotarea după vechea corelare, cifrele fără paranteză indică numerotarea după corelarea autorului).

aligniment, sonda 5323 (fig. 12), unde în partea inferioară a stratului reper apare un maxim characteristic pe curba rezistivității (C₁₀), datorită

prezenței unor calcare¹⁾. Această anomalie în compoziția stratului reper, este culcușul stratului 10 și se menține în cîmpurile miniere Bărbăteni Uricani și chiar în Cîmpul lui Neag (sonda 5700), deci aproape în întreaga parte de vest a bazinului. Trebuie menționat că această anomalie apare și la est de Vulcan, în cîmpurile miniere Iscroni (sonda 5901), Aninoasa (sonda 5094) și chiar Petriala (sonda 5450). Subliniem că la vest de Cîmpul lui Neag, nu avem date suficiente, deoarece lucrările de explorare au început abia de curînd și deocamdată n-am putut formula concluzii.

Structura atât de complicată a bazinului carbonifer al Văii Jiului a impus ca cercetarea problemelor geologice de detaliu, necesară pentru asigurarea și dezvoltarea rațională a industriei extractive, să se facă pe diferite cîmpuri limitate. Această împărțire a bazinului a generat o serie de greutăți în ceea ce privește legătura clară și nediscutabilă între cîmpuri. Din sondele analizate constatăm că problema aceasta poate

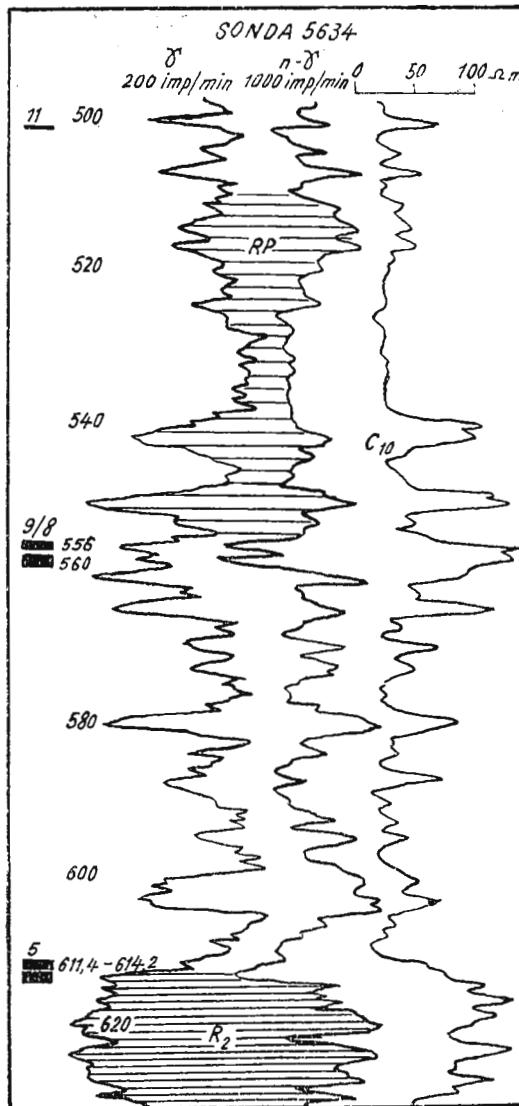


Fig. 13. — strate de cărbune; RP, reper principal; R₅, culcușul stratului 5; C₁₀, culcușul stratului 10; (cifrele fără paranteză indică numerotarea după corelarea autorului).

¹⁾ T. Rusu Raportul lucrărilor geologice din 1955—1961 în cîmpul minier Paroșeni. T.P.E.D.M.N.

T. Rusu Raportul lucrărilor geologice din 1959 în cîmpul minier Vulcan. T.P.E.D.M.N.

fi rezolvată cu ajutorul reperului principal; dar a mai rămas încă o problemă de ordin geologic foarte grea, și anume legătura între jumătatea

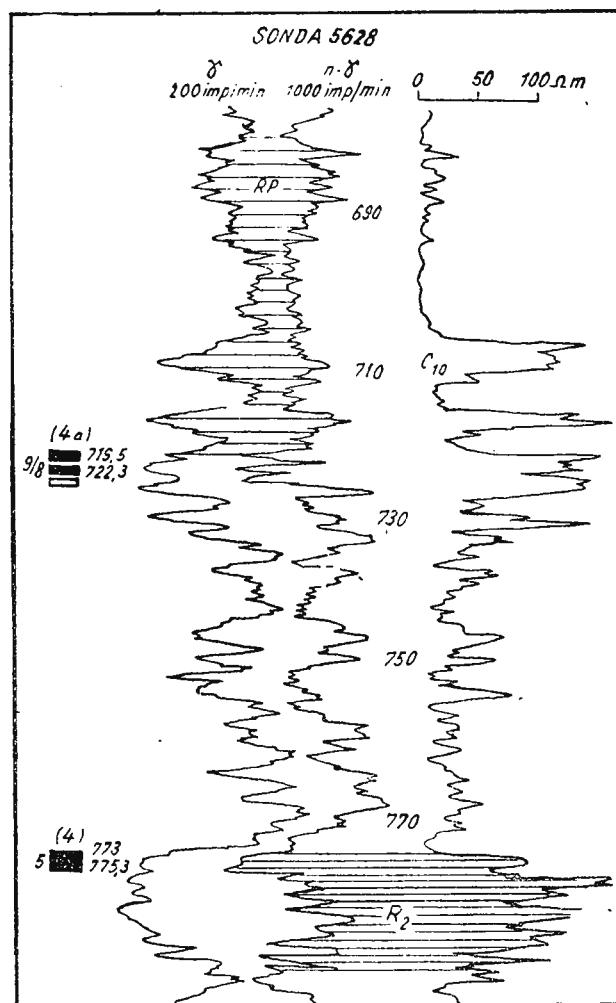


Fig. 14. — █ strate de cărbune; █ strate de cărbune puse în evidență de autor; RP, reper principal; T₂, culcșul stratului 5; (cifrele din paranteză indică numerotarea după vechea corelare, cifrele fără paranteză indică numerotarea după corelarea autorului).

estică a bazinului (de la Lupeni la Lonea) și jumătatea vestică (de la Lupeni la Cîmpul lui Neag).

Această greutate de a stabili legătura între cele două părți ale bazinului, fractionate pe un aliniament din zona faliei 18 (fig. 15), provine

din considerentul că ultimul strat sedimentat ar fi stratul 9/8, idee adoptată unanim și pe care s-au axat toate cercetările de pînă acum. După

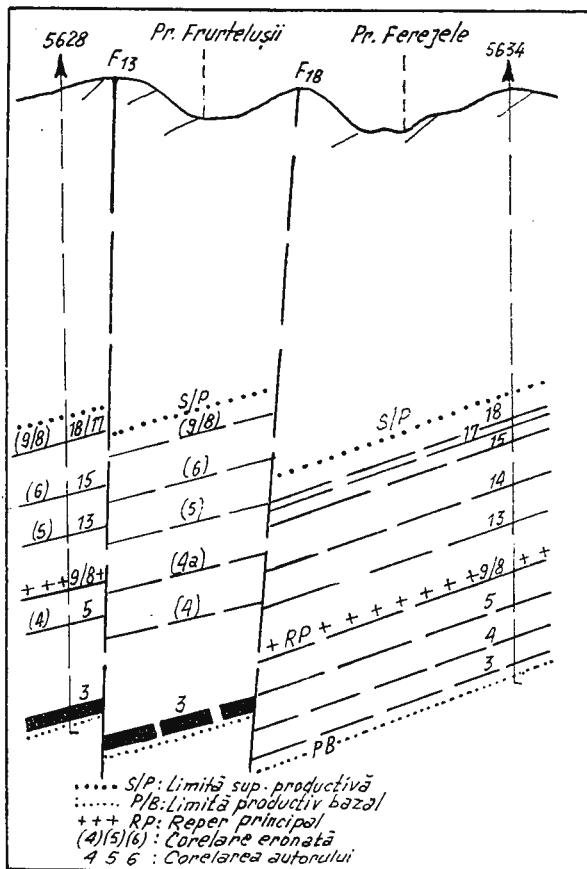


Fig. 15. — Secțiune geologică longitudinală de legătură între cîmpurile miniere Lupeni și Bărbăteni.

această concepție, în partea vestică a liniei de fracționare ar fi sedimentate stratele de la 1 pînă la 9/8 și, rar întîlnite, stratele 10 sau 11 sub formă lenticulară. În parteaestică sînt stratele numerotate de la 1 pînă la 19. Ori, greutatea constă în a face legătura între cele două părți cu un număr de strate atît de diferit.

În cele ce urmează se va arăta că se poate înălțura această greutate cu ajutorul stratului reper, care permite să se adopte o concepție cu totul deosebită și anume că, contrar concepției vechi, ultimul strat sedimentat

în partea vestică nu este stratul 9/8, ci stratele existente în această parte își găsesc corespondentele între stratele 1—19, aflate în partea estică a liniei de fracționare.

Așadar, în partea vestică, stratele nesedimentate nu sunt numai cele superioare stratului 9/8, ci și stratele inferioare lui. Pentru a justifica

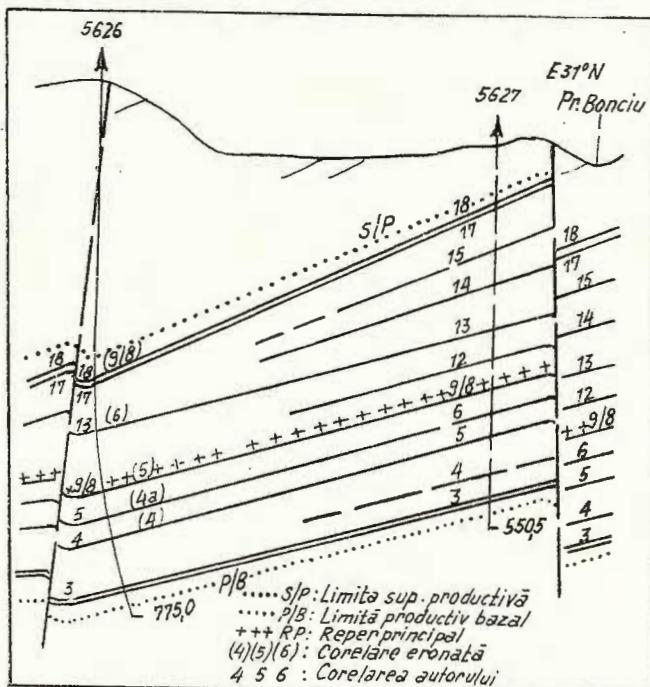


Fig. 16. — Secțiune geologică longitudinală între cîmpurile miniere Lupeni și Bărbăteni.

cele afirmate, ne propunem să analizăm diagramele sondelor 5634, 5628, 5621 și 5700, în care constatăm, ca și în est, prezența aceluiși strat reper RP. Se poate începe deci cu grupul format din sonda 5634 (fig. 13) din partea estică a liniei de fracționare și sonda 5628 (fig. 14) din partea vestică a acesteia. S-au ales intenționat sondele cuprinse într-o secțiune geologică (fig. 15) din anexa 4¹). Dacă se trece stratul reper RP de pe planșele geofizice ale fiecărei sonde pe această secțiune geologică se con-

¹⁾ P. Bulgaru. Raportul lucrărilor geologice din 1960 în sectorul Bărbăteni-II, T.P.E.D.M.N.

stată că corelarea și legătura între partea estică și partea vestică a bazinului trebuie refăcută în lumina noii concepții.

Într-adevăr, analizând sonda 5634 din partea estică a liniei de fractionare și sonda 5628 din partea vestică a ei, constatăm: stratul 9/8 interceptat de sonda 5634 sub reperul principal în intervalul 556,0—560,0 m, are corespondentul în sonda 5628 în intervalul 719,5—722,3 m, în locul stratului 4/a; stratul 5, interceptat de sonda 5634 în intervalul 611,4—614,2 m, în coperișul unor rezistivități caracteristice, este întilnit în sonda vecină în intervalul 773,0—775,3 m, tot în coperișul aceleiași rezistivități caracteristice. Cum această formațiune o întilnim

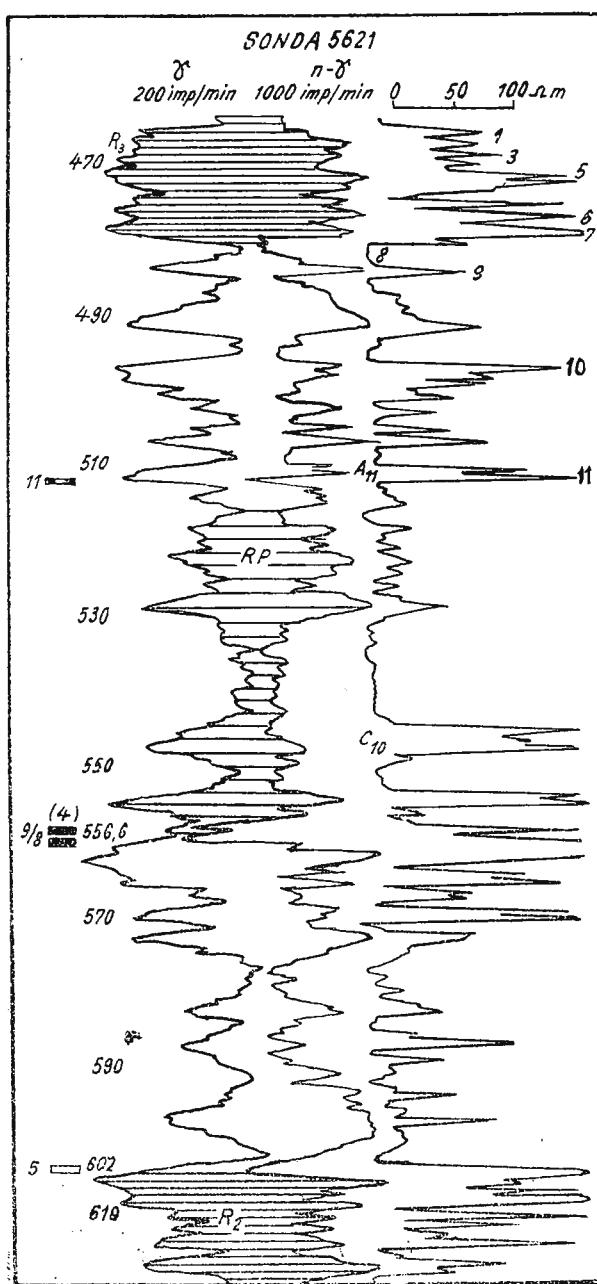


Fig. 17. — █ strate de cărbune; █ strate de cărbune puse în evidență de autor; RP, reper principal; R₂, culcuseul stratului 5; R₃, coperișul stratului 13; C₁₀, culcuseul stratului 10; A₁₁, coperișul stratului 11; (cifrele din paranteză indică nume-roarea după vechea corelare, cifrele fără paranteză indică nume-roarea după corelarea au-torului).

în mai multe sonde din vest și chiar în est (sonda 5337), s-a folosit ca un bun reper ajutător pentru lămurirea unor probleme geologice din partea vestică a bazinului, notindu-se R_2 .

Între stratul 9/8, de sub reperul principal, și stratul 5 nu s-au sedimentat stratele 6 și 7, iar între stratul 5 și stratul 3, este sedimentat numai unul dintre cele două strate (4 și 4/a), însă uneori nu se interceptează nici unul din ele. Aceasta justifică afirmația făcută mai sus, că în partea de vest a bazinului nu s-au sedimentat unele strate inferioare stratigrafic față de stratul 9/8.

În sprijinul celor afirmate se mai poate prezenta secțiunea din fig. 16 situată la nord față de cea anterioară, care, de asemenea, are sondele 5627 și 5626 de o parte și de alte a liniei de fracționare și a cărei examinare duce la ace-

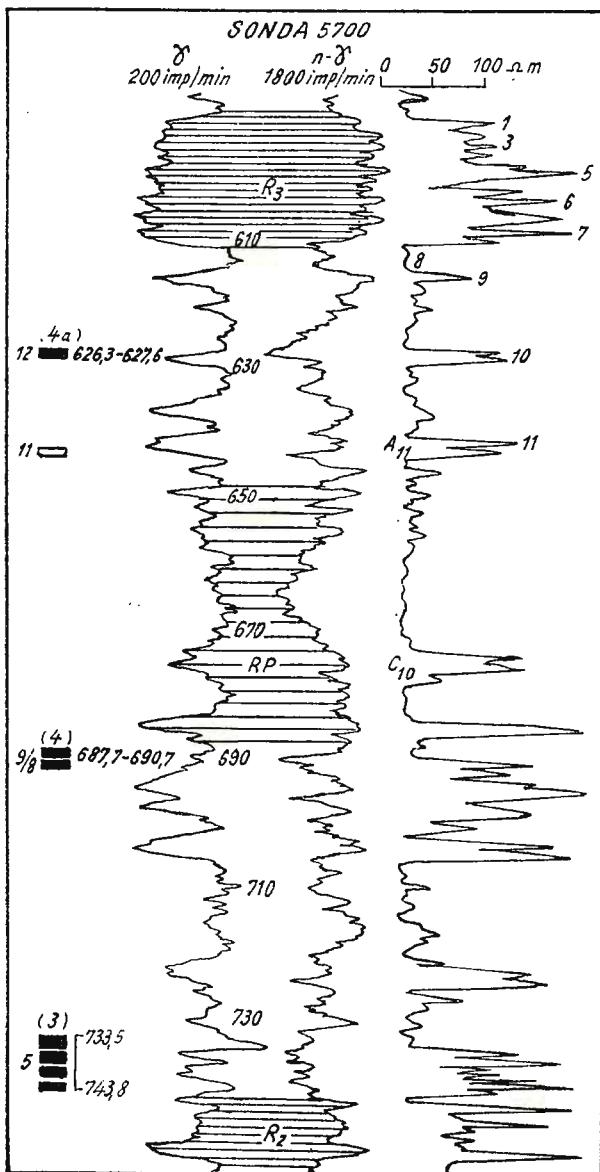


Fig. 18. — █ strate de cărbune; █, strate de cărbune puse în evidență de autor; RP, reper principal; R_2 , culcușul stratului 5; R_3 , coperișul stratului 13; C_{10} , culcușul stratului 10; A_{11} , coperișul stratului 11; (cifrele din paranteză indică numerotarea după vechea corelare, cifrele fără paranteză indică numerotarea după corelarea autorului).

leași concluzii în privința stratelor inferioare stratigrafic față de stratal 9/8.

Referitor la stratele superioare față de reperul principal, în sonda 5627 este interceptat stratul 13 în intervalul 261—262, m, strat care își are corespondentul în sonda vecină din vest — sonda 5626 — în intervalul 501,5—502,2 m, în locul stratului 6, adică la același interval stratigrafic față de reperul principal. Acest fapt favorizează noua concepție, și anume că ultimul strat sedimentat în partea de vest a bazinului nu este stratul 9/8, ci strate superioare lui; ceea ce s-a considerat pînă acum grupul stratelor 9/8 în realitate este grupul stratelor 17/18.

Din acest grup de sonde, pe de o parte, s-a infirmat ideea adoptată unanim în trecut, că în partea vestică ultimul strat sedimentat este stratul 9/8, iar pe de altă parte, s-a demonstrat că în partea vestică a bazinului nu s-au sedimentat unele strate inferioare stratigrafic față de 9/8, precum nici unele strate superioare față de 9/8.

În sfîrșit, pe același aliniament, mai spre vest, se mai prezintă sonda 5621 din cîmpul minier Bărbăteni și sonda 5700 din cîmpul minier Cîmpul lui Neag, ale căror strate nu vor mai fi analizate, deoarece ele, oferind aceleași date, vin să confirme odată în plus justețea afirmațiilor făcute anterior. Evidențiem numai la aceste sonde un al treilea reper ajutător (R_3), care se află la un nivel stratigrafic superior față de reperul principal. Această formătie R_3 , cu o grosime de circa 20 m, se caracterizează prin rezistivitatea mari, datorită conținutului crescut de calcar și se situează, după cum se vede, în fiecare din sondele menționate la același interval stratigrafic față de reperul principal. El se subțiază spre est și formează coperișul stratului 13 așa cum îl întîlnim în sonda 5626 în intervalul 488—504 m și în sonda 5627 în intervalul 250—264 m.

Din cele expuse pînă acum se poate desprinde rolul important al măsurătorilor geofizice în corelarea stratelor de cărbune din Valea Jiului și este necesar ca pe viitor, atât datele furnizate geologilor de carotajul mecanic cât și cercetările de laborator, să fie bazate pe repere puse în evidență de măsurătorile geofizice.



Concluzii

S-a analizat numai o mică parte din materialul documentar studiat, suficient totuși, pentru a permite următoarele concluzii :

1. Măsurătorile geofizice executate în găurile de sondă dau posibilitatea de a pune în evidență anumite strate reper, care, împreună cu alte rezultate importante pe care ni le furnizează, aduc o foarte mare contribuție la cunoașterea zăcământului carbonifer din Valea Jiului.

2. Se impune reinterpretarea materialului geofizic care a fost interpretat după vechea metodă și folosirea reperului principal prezentat mai sus, pentru a se trece la o corelare corectă.

3. Ideea că ultimul strat sedimentat în jumătatea vestică este stratul 9/8 este infirmată de datele geofizice și ca atare trebuie refăcută corelarea actuală a jumătății de vest a bazinului pe baza reperelor furnizate de măsurătorile geofizice.

4. Stratele de cărbune puse în evidență de datele geofizice și de care va trebui să se țină seama în noua corelare ce se va face, să fie luate în considerare și la calculul rezervelor.

BIBLIOGRAFIE

1. Rusu Teodor. Rezultate geofizice obținute prin măsurători geofizice la sondajele de exploatare din bazinul carbonifer Valea Jiului. *Revista Minelor*, nr. 2, p. 74. 1960.
2. Baciru A. Petre. Cîteva cazuri de radioactivitate naturală foarte crescută a unor strate de cărbune din Valea Jiului. Influența acestei radioactivități asupra interpretării diagramelor de carotaj geofizic. *Revista Minelor*, nr. 10, p. 447–452. 1961.

CONTRIBUTIONS À LA CORRÉLATION DES COUCHES DU BASSIN CARBONIFÈRE DE VALEA JIULUI À L'AIDE DES MESURES GÉOPHYSIQUES DE SONDE

PAR

PETRE A. BACIRU

(Résumé)

L'auteur présente quelques repères lithologiques mis en évidence à l'aide des diagraphies de carottage géophysique et représentant une aide précieuse pour la corrélation des couches de charbons du bassin de Valea



Jiului. Le repère principal (RP) est commun à tous les champs miniers du bassin de l'horizon moyen, productif.

Les repères auxiliaires sont : la couche de charbon nr. 6 (R_1) qui dans la plupart des cas accuse une radioactivité très forte comparée aux autres couches ; le repère deux (R_2) qui représente le mur de la couche 5 ; le repère trois (R_3) c'est-à-dire le toit de la couche 13.

Le mur de la couche 10 (C_{10}) constitue un repère important, commun pour tous les champs miniers du bassin.

On fait de précisions importantes sur la corrélation des couches de la moitié orientale du bassin, soulignant la nécessité du contrôle au moyen des repères proposés, de la corrélation des couches et des interprétations tectoniques effectuées au passé.

En ce qui concerne la moitié occidentale du bassin, l'auteur vient d'infirmer l'idée généralement admise que la dernière couche sédimentée dans ce compartiment serait la couche 9/8 et en même temps il démontre que c'est le groupe des couches 17/18 qui représente de dépôt ultime ; c'est pourquoi, on recommande une nouvelle interprétation de la corrélation des couches au moyen des repères indiqués.





Institutul Geologic al României

MĂSURĂTORI GEOFIZICE NUCLEARE PENTRU
EXPLORAREA ZĂCĂMINTELOR DE SARE GEMA
ȘI Săruri de POTASIU DIN ZONA SUBCARPATICĂ
A CARPAȚILOR RĂSĂRITENI

DE

L. COJOCARIU, V. MARGHITU

ABSTRACT

Nuclear Geophysical Measurements for the Exploration of Rock Salt and Potassium Salt Deposits from the Subcarpathian Zone of Eastern Carpathians. The paper shows the utility of nuclear geophysical measurements for the exploration of rock salt and potassium salt deposits in Rumania, the field methods and the results so far obtained within the fields of Gălean, Tg. Ocna, Tazlăul Mare and Băltătești. Conclusions are drawn on the possibilities of interpretation of nuclear geophysical measurements in the Subcarpathian area of Eastern Carpathians.

Odată cu dezvoltarea lucrărilor de explorare a zăcămintelor de sare gemă și săruri potasice au fost aplicate și au luat o mare dezvoltare măsurătorile de geofizică industrială, la început carotajul electric și mai târziu carotajul radiometric.

Literatura de specialitate afirmă că lucrările de explorare în zonele presupuse cu sare și săruri potasice trebuie să fie executate în faza de prospecțiune preliminară printr-un minimum de sondaje, cu ajutorul cărora să se identifice prezența lor și să se delimitizeze perimetrele de interes industrial.

În faza a doua — explorarea detaliată — pentru a feri zăcămîntul de infiltrății cu apă, lucrările de foraj sunt înlocuite prin lucrări miniere



Institutul Geologic al României

subterane, ce prezintă în plus avantajul de a deschide zăcămîntul direcțional și transversal și permit astfel studierea tuturor caracteristicilor geologice ale formațiunilor mineralizate. În această fază de explorare, dirijarea lucrărilor miniere, ținînd seama tocmai de variația caracteristicelor zăcămîntului, se face mai economic prin foraje cu carotaj mecanic continuu executate orizontal din galerii. Recuperajul acestor carotaje fiind în general de ordinul 70—80%, iar costul mare, este mai economic ca explorarea să se facă prin măsurători radiometrice în lungul acestor găuri, a căror judecătorească interpretare orientează viitoarele lucrări.

La baza metodelor radiometrice stă diferențierea radioactivității naturale a rocilor datorită conținutului de substanțe radioactive, respectiv K_{40} existent în ele — metodele γ (gama) și β (beta) — precum și diferențierea prin bombardarea rocilor cu neutroni sau radiații gama — metodele n. γ (neutron gama) și γ — γ (gama gama).

Pentru măsurătorile de dozaj în laborator pe cantități mici de probe sub formă de pulberi, este comodă detectarea activității β , datorită eficacității mari a contorilor Geiger-Müller pentru această radiație. Drumul maxim al radiației β pentru roca vie s-a calculat a fi în jur de 3 mm, valoare care constituie în același timp și raza de investigație a metodei în cazul măsurătorilor β în lungul găurilor de sondare. Din cauza razei mici de investigație, metoda fiind sensibilă și dind maxime foarte pronunțate în cazul măsurătorilor în găuri orizontale de sondare săpate din subteran, este posibil să se ajungă la stabilirea unor zone false datorită aglomerărilor de material util rămas după forarea și curățirea găurii și de aceea se preferă măsurători de radiații γ . Radiațiile γ au o penetrabilitate de circa 300 mm în rocă și permit să se facă investigarea pe o adâncime mai mare, obținîndu-se astfel profile mai apropiate de conținutul mediului de potasiu. În plus, măsurătorile de radiații γ au o aplicabilitate mai largă; se pot folosi și în găuri de sondă pline cu noroi, sau tubate cu coloane metalice.

Pentru efectuarea carotajului n. γ s-a lucrat cu același dispozitiv ca și la carotajul γ și o sursă de neutroni Po—Be.

Interacția neutronilor cu rocile cloruroase și cu celelalte roci care formează zăcămîntele de sare gemă și sare de potasiu este explicată în (3).

În conformitate cu considerațiile teoretice și în urma confruntării diagramelor practice cu analizele mineralogice de laborator, dăm mai jos un tabel rezumativ al interpretării diagramelor radiometrice.

Pe lîngă măsurătorile n. γ , s-au efectuat și măsurători γ — γ . În mod teoretic, măsurătorile γ — γ pot să separe diferențele minerale de potasiu în baza diferenței de densitate ce există între ele. Încercările făcute



TABEL

Indicațiile caracteristice ale curbelor de carotaj nuclear la sedimentele saline.

R o c a	Curba γ	Curba n. γ
Sare gemă	minime	maxime
Silvină	maxime	maxime
Polihalit	maxime	minime
Material argilos	indicații medii	minime

pînă în prezent cu dispozitive cu contori G. M. nu au dat rezultate satisfăcătoare, din cauză că diferențele minerale de potasiu se găsesc amestecate și frâmîntate împreună cu sareea și argilele. Se precizează că, pentru a se da o interpretare riguroasă măsurătorilor γ — γ , este absolut necesar să se execute în paralel și măsurători de caverno-carotaj.

Referitor la precizia măsurătorilor γ pe zăcăminte de săruri, este de subliniat necesitatea unor analize anterioare pe probe medii din structură, pentru a se cunoaște conținuturile de materiale radioactive care ar putea eventual să vicizeze serios rezultatele. În cazul de față, s-au făcut analize cu ajutorul plăcilor nucleare și s-a găsit un conținut maxim de U care ar putea să introducă o eroare de 0,3% la dozarea potasiului.

Rezultate obținute

Pînă în prezent, au fost conturate precis, prin aceste metode, zăcămintele de sare și săruri de potasiu de la Tg. Ocna—Gălean și Tazlăul Mare.

Dintre numeroasele măsurători radiometrice executate pentru sare și săruri de potasiu, vor fi prezentate cîteva mai semnificative din șantierele Gălean, Tazlău și Bălțătești.

În șantierul Gălean, s-au făcut măsurători în găuri orizontale săpate din subteran. Măsurătorile γ și β în găuri orizontale fără noroi, au pus foarte bine în evidență sărurile de potasiu și sareea. Pe diagramele γ și β de la sdz. 1, (fig. 1) se văd aglomerările de săruri potasice marcate prin maxime de radioactivitate, iar sareea gemă prin minime. Măsurătorile de radiații γ concordă perfect cu măsurătorile de radiații β în acest caz. Măsurătorile radiometrice cantitative de laborator în K_2O , executate pe probe medii din 25 în 25 cm, confirmă total măsurătorile efectuate direct în găurile de sondă și au permis stabilirea unei curbe-etalon, din



care să se poată obține direct conținutul în K_2O . Se precizează că etalonarea făcută este valabilă numai cînd se lucrează cu aceeași aparatură și în condiții tehnice identice (găuri fără noroi, diametru constant).

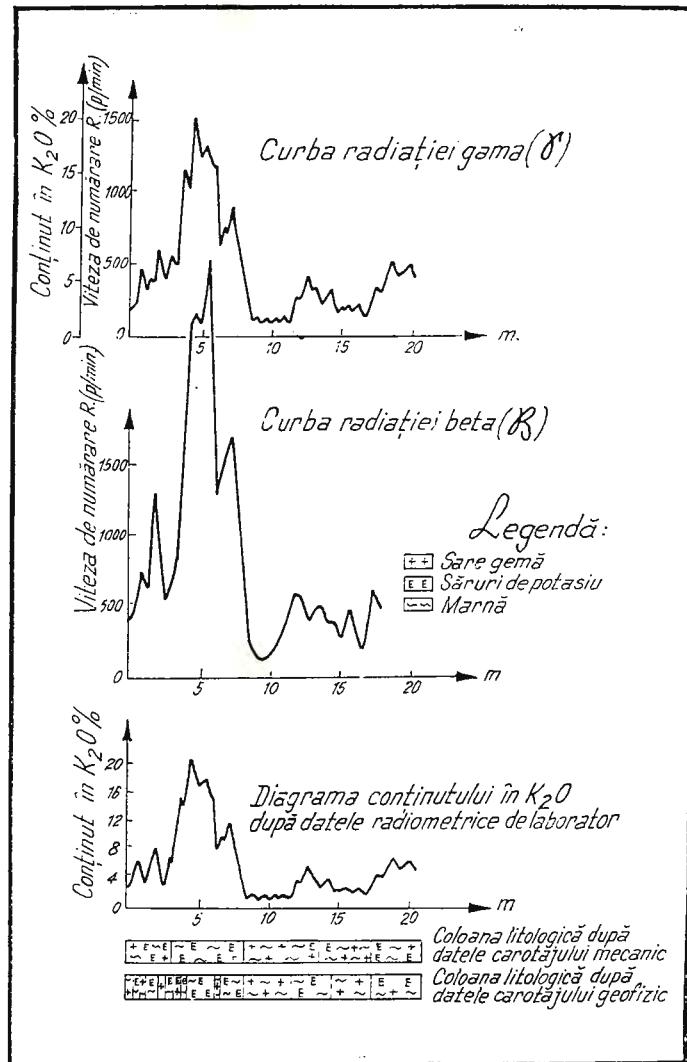


Fig. 1. — Sonda Nr. 1 Gălean.

În șantierul Tazlău, s-au făcut măsurători radiometrice în găuri de sonde și sondeuze ce au fost de un real folos în completarea datelor

furnizate de carotajul mecanic. Sonda 1 Tazlăul Mare¹⁾, săpată pentru hidrocarburi a traversat o zonă foarte bogată în sedimente saline. O probă mecanică cu sare roșie, scoasă de la adâncimea de 560 m, a semnalat existența sărurilor de potasiu în această regiune (fig. 2). Unele caracteristici ale curbei n.γ aduc precizări asupra compoziției mineralogice a sărurilor de potasiu. Astfel la ad. 481—496 și 528—555 m se precizează existența unor zone cu săruri de potasiu bogate în silvină (valori mari pe curba n.γ). În rest, sărurile de potasiu sunt formate din minerale ce au apă de cristalizare în moleculă — sulfati — sau au un conținut ridicat de material argilos. Prin confruntarea rezultatelor unui studiu mineralologic al probelor scoase cu diagramele de carotaj γ și n.γ, s-a obținut certitudinea că în regiunile 615—645 m, 663—680, 783—800 și 800—820 există mineralizații de sulfati²⁾ și Polihalit ($2\text{CaSO}_4\text{K}_2\text{SO}_4\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Zonele cu sare gemă sunt foarte bine puse în evidență de valori minime pe curba γ și valori maxime pe curba n.γ.

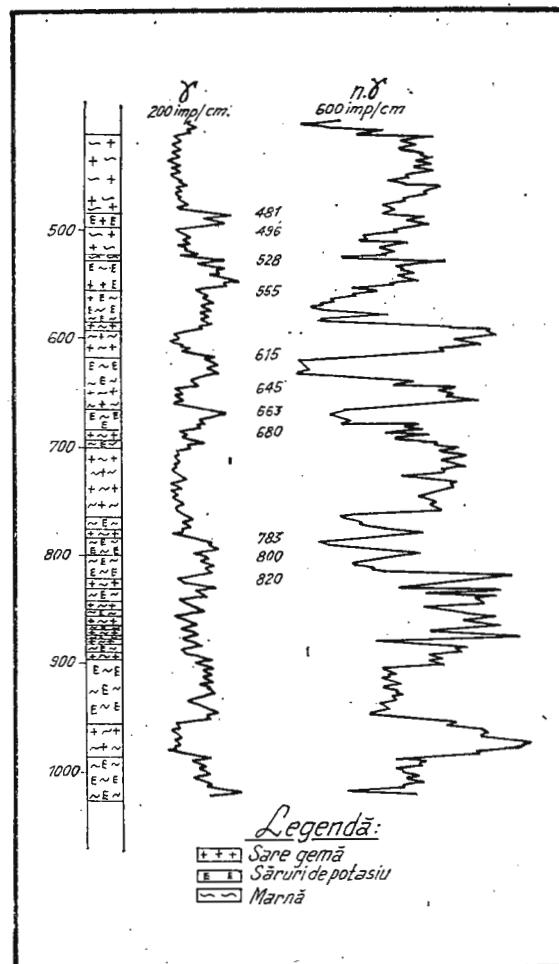


Fig. 2. — Sonda Nr. 1 Tazlăul Mare.

¹⁾ Liviu Cojocariu. Aplicarea carotajului electric și radioactiv la sondele cu săruri potasice. I.E.C.M. 1957.

²⁾ Mihai Olteanu. Cercetări mineralogice și petrografice asupra sărurilor de potasiu și magnezu din zona Subcarpaților răsăriteni. T.P.E.D.M.N. 1961.

În sonda 1 Băltătești (fig. 3) din șantierul Piatra Neamț – Băltătești, s-au executat măsurători în găuri de sondă și sondeuze. Interpretarea diagramelor de carotaj geofizic de la sondeuza 1 B și paraleлизarea

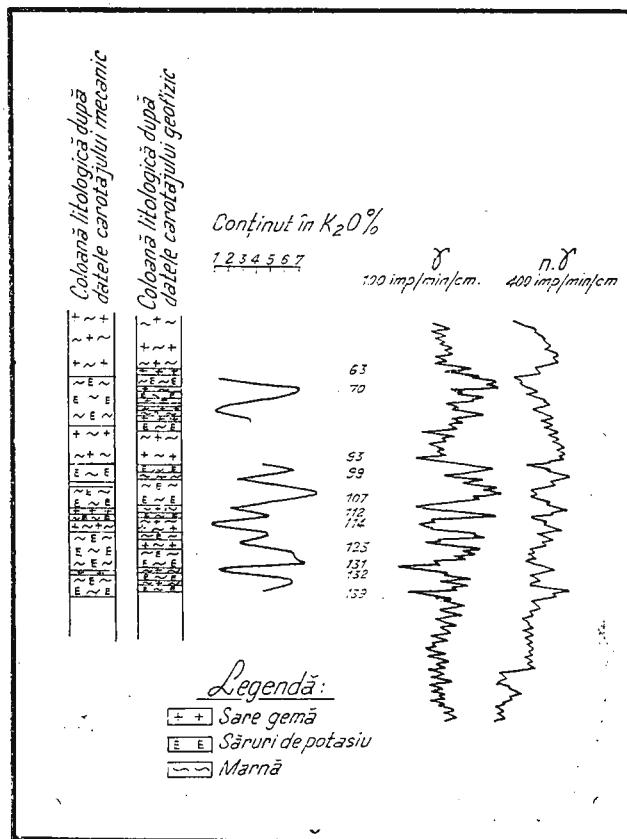


Fig. 3. — Sonda Nr. 1 Băltătești.

cu măsurătorile radiometrice cantitative de laborator concordă perfect și pun în evidență posibilitatea determinării cantitative a potasiului direct din măsurătorile de carotaj geofizic. Diagrama γ scoate în evidență foarte bine aglomerările de potasiu. Diagrama $n.\gamma$ aduce precizări asupra compoziției mineralogice și anume că sărurile de potasiu sunt alcătuite în mare parte din sulfati cu impurități argiloase.

Concluzii

Din expunerea de mai sus, referitor la posibilitățile de interpretare a carotajului radiometric în regiunea subcarpatică a Carpaților răsăriteni, se pot conchude următoarele :

Minimumul pentru edificarea unei coloane stratigrafice într-o structură salină constă în carotajul γ natural și n. γ ;

Cu ajutorul acestor două metode se pot obține informații asupra mineralizărilor de săruri de potasiu ;

Există posibilitatea obținerii unor informații cantitative asupra potasiului direct din diagrame de carotaj γ .

BIBLIOGRAFIE

1. Czubek J., Dziumikowski B., Jurkiewicz L., Krzuk J., Niewodniczanski J., Owsiek T., Przewlocki K., Zubor A. Radioactive Well - Logging in Horizontal Boreholes for Prospecting for Potassium Salts - *Nukleonika*. Tom III. Nr. spec./1958.
2. Marghitu V., Panaitescu C., Cojocariu L. Determinarea potasiului prin măsurători radiometrice la explorarea și exploatarea zăcămintelor de săruri de potasiu. *Tehnica Nucleară* nr. 1, 1959.
3. Przewlocki K., Krzuk J., Jurkiewicz L., Owsiek T., *Acta Geophysica Polonica*, t. V, z. 4.

MESURES GÉOPHYSIQUES NUCLÉAIRES POUR L'EXPLORATION DES GISEMENTS DE SEL GEMME ET DE SELS DE POTASSIUM DANS LA ZONE SUBCARPATIQUE DES CARPATES ORIENTALES

PAR

L. COJOCARIU, V. MARGHITU

(Résumé)

La première partie considère l'utilité des mesures géophysiques nucléaires dans l'exploration des gisements de sel gemme et de sels de potassium en Roumanie, ainsi que les méthodes utilisées en terrain



(mesures de la radioactivité provoquée, neutron gamma et gamma gamma) avec un exposé succinct sur leurs bases physiques.

La deuxième partie comprend les résultats obtenus sur les chantiers de Gălean—Tg. Ocna, Tazlăul Mare, Bălătești et les conclusions concernant les possibilités d'interprétation des mesures géophysiques nucléaires dans la région subcarpatique des Carpates Orientales.



**POSIBILITĂȚI DE DETERMINARE A POROZITĂȚII
ÎN FORMAȚIUNI OMOGENE, PRIN METODE
ELECTROMETRICE ȘI REZULTATE OBTINUTE**

DE

CIPRIAN GÜRTLER

ABSTRACT

Porosity Determination in Homogeneous Formations by Electric Log Methods and Results Obtained. The paper shows the determination of porosity coefficient of rocks by means of log data obtained with the aid both of microlog and limestone sonde. The results of the applicability in the fields are indicated in order to improve as accurate as possible the up to date interpretation methods.

Problema determinării porozității efective a unei formațiuni colectoare atunci cind aceasta este saturată cu hidrocarburi lichide sau cu apă, este deosebit de importantă pentru interpretările calitative și cantitative. Geofizica de șantier dă posibilitatea determinării acestui parametru, cu ajutorul metodelor de investigare în gaura de sondă.

Din studiile făcute, numeroși cercetători au stabilit o serie de relații empirice cu privire la porozitatea rocilor și fiecare a avut o contribuție deosebită la stabilirea unei relații cît mai generale care să sintetizeze funcțiunea între parametri cunoscuți (factorul de rezistivitate) și porozitatea rocii analizate.

Astfel Winsauer a recomandat relația ce poate fi aplicată pentru toate stratele analizate și care este :

$$F = b \cdot P^{-m} \quad (1)$$



unde :

b , poate fi determinat după forma granulelor de rocă, după felul și gradul de consistență inițială al nisipului neconsolidat înainte de cimentare și poate avea valori cuprinse între 0,4 și 1.

m , exponent ce poate fi determinat cunoscind gradul de cimentare al rocii căpătând valori cuprinse între 1,3 și 3.

P , coeficientul de porozitate.

F , factorul de rezistivitate, definit prin raportul dintre rezistivitatea rocii saturate 100% cu apă și rezistivitatea apei de zăcămînt (a soluției saturante).

Recent Atkins și Smith [1], susțin că b este constant pentru formațiile în care toate granulele sunt de aceeași formă. La nisipurile marnoase care conțin granule avînd forme diferite, exponentul m se referă la conținutul în marnă, în timp ce b se referă la porozitatea nisipului și la diferențele ce există între nisipul din rocă și conținutul ei în marnă.

Tot Winsauer propune pentru nisipurile omogene expresia :

$$F = 0,62 \cdot P^{-2,15} \quad (2)$$

iar Tixier expresia :

$$F = 0,81 \cdot P^{-2} \quad (3)$$

ca fiind mai simplă și mai ușor de folosit.

Porozitatea și respectiv factorul de rezistivitate, folosesc în interpretările cantitative la stabilirea saturației în apă interstitială a rocii analizate.

Achiche a stabilit pe cale experimentală curba medie de variație a saturației în apă interstitială cu indicele de rezistivitate I (definit prin raportul între rezistivitatea reală a rocii și rezistivitatea rocii saturată 100% cu apă) care într-un sistem de axe de coordonate dublu logaritmice este reprezentată printr-o dreaptă cu panta 2. Relația stabilită este :

$$S_a^n = \frac{\rho_{ra}}{\rho_R} = \frac{1}{I} \quad (4)$$

Cercetătorii de la I.C.F.E. Cîmpina [4] și [5] au stabilit căvalorile lui n pentru diferite formațiuni din România sănătatele decît 2 așa cum s-a considerat inițial. În tabelul 1 sunt reprezentate aceste valori. Exponentul n are valori diferite chiar pentru aceeași formărie de la un șantier la altul și limitele de variație sunt cuprinse între 1,8 și 2,8.



TABELUL 1

Structura	Formația studiată	n
A	Dogger	1,87
B	Dogger	2,14
C	Sarmațian	2,78
D	Sarmațian	2,11
E	Helvețian	1,85
F	Helvețian	1,80
G	Oligocen	1,85

Relația empirică cu ajutorul căreia se poate determina saturația în apă interstitială a rocii analizate în funcție de porozitate este :

$$S_a^n = b \cdot \frac{\rho_a}{\rho_R} \cdot P^{-m} \quad (5)$$

și ea se aplică numai la formațiunile nisipoase omogene și suficient de groase.

Din toate aceste scurte considerații rezultă necesitatea determinării porozității pentru evaluările cantitative. Fundamentarea teoretică a tuturor acestor aspecte rezolvate pînă acum pe cale experimentală, constituie una din problemele de viitor care trebuie să stea în atenția cercetătorilor noștri.

Vom analiza în continuare metodele electrometrice care au fost folosite, precum și rezultatele obținute la investigarea diverselor formațiuni.

Determinarea porozității cu ajutorul dispozitivului simetric

Dispozitivul simetric folosit, este cunoscut din literatura de specialitate [7] și este compus dintr-un electrod central de curent A și dintr-un grup de doi electrozi de măsură M și N plasati simetric față de electrodul A (fig. 1). Distanțele între acești electrozi sunt :

$$N \ 0,1 \ M \ 0,75 \ A \ 0,75 \ M \ 0,1 \ N$$

Raza de investigare este 0,8 m, iar constanta dispozitivului gradient simetric este K = 80 m.

Determinarea porozității din înregistrările făcute cu dispozitiv simetric poate fi obținută cu condiția ca să se presupună valabile relațiile



empirice amintite anterior. Dispozitivul este folosit pentru înregistrări în dreptul formațiunilor calcaroase. Acestea sunt invadate de filtratul de noroi care are rezistivitatea aproximativ egală cu rezistivitatea noroiiului la temperatura formației. Deoarece dispozitivul măsoară rezistivitatea zonei invadate, ținând seama de relația lui W i n s a u e r și considerind că în zona de pătrundere a filtratului de noroi avem o saturatie de 100%, rezultă că :

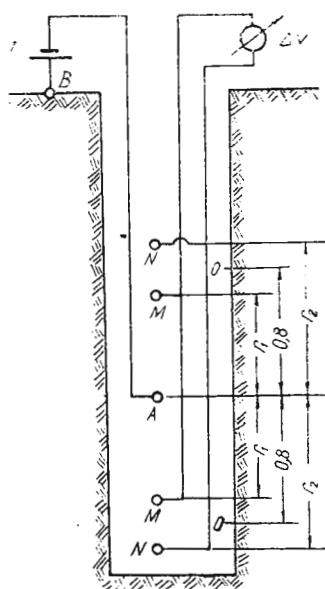


Fig. 1. -- Dispozitivul simetric de calcare.

Pentru formațiunile calcaroase unde interstițiile au fisuri și fracturi uniform distribuite, în expresia (6) se consideră $m = 2$ iar $b = 1$. De aici rezultă că :

$$\rho_i = \rho_n \cdot b \cdot P^{-m} \quad (6)$$

Va trebui deci să se corecteze rezistivitățile aparente ρ_A obținute din înregistrări, în așa fel încât să se poată determina ρ_i din expresia (7). La construirea abacerelor de corecție, s-a ținut seamă de expresia :

$$P = \sqrt{\frac{\rho_n}{\rho_i}} \quad (7)$$

unde :

d , este diametrul găurii de sondă

d_a , este diametrul aparatului

și care permite să se calculeze valorile maxime ce se pot obține pentru raportul $\rho_{A \max} / \rho_n$ corespunzătoare unor valori ce tind spre ∞ pentru ρ_i / ρ_n . În fig. 2 s-a reprezentat una din abacele preliminare calculate pentru diametrul de 220 mm. Cunoștință din aceste abace valoarea raportului ρ_i / ρ_n se va putea evalua porozitatea efectivă conform expresiei (7).

Metoda de determinare a porozității cu dispozitivul simetric are un anumit domeniu de aplicabilitate și este influențată de următorii factori :

a) De caracterul poros al rocilor calcaroase investigate. Dacă roca nu are o distribuție uniformă a fisurilor și fracturilor, este greu de stabilit valoarea corectă a porozității efective a rocii.

b) Intercalațiile marnoase apar pe profilele înregistrate ca roci poroase.

c) Noroiul din gaura de sondă nu trebuie să aibă valori care să depășească de 5–10 ori rezistivitatea apelor de zăcămînt.

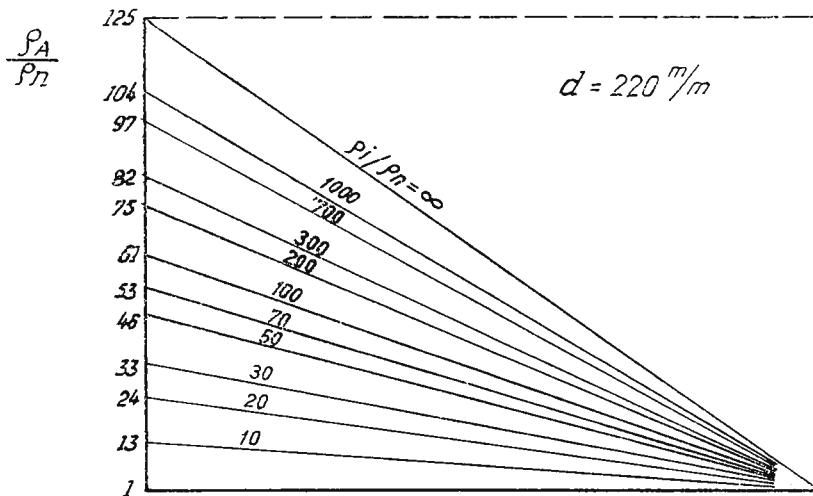


Fig. 2. – Abaca de corecție pentru dispozitivul simetric.

d) O condiție importantă de aplicabilitate a metodei este aceea ca în stratul cercetat să existe o invadare suficientă a filtratului din noroi care este conductibil.

e) Înregistrările sînt influențate de rocile unde există variațiuni ale saturăției în apă, la limita apă-țîței.

Metoda este foarte indicată pentru :

Formațiuni omogene, fără intercalații marnoase,

Porozități ridicate ale formației investigate,

Presiuni reduse ale apelor de zăcămînt.

Diferențe cît mai mici între rezistivitatea filtratului de noroi și rezistivitatea apei de zăcămînt.

Dacă aceste condiții nu sînt îndeplinite, porozitatea efectivă determinată cu ajutorul dispozitivului simetric are valori mai mari decît cea reală.

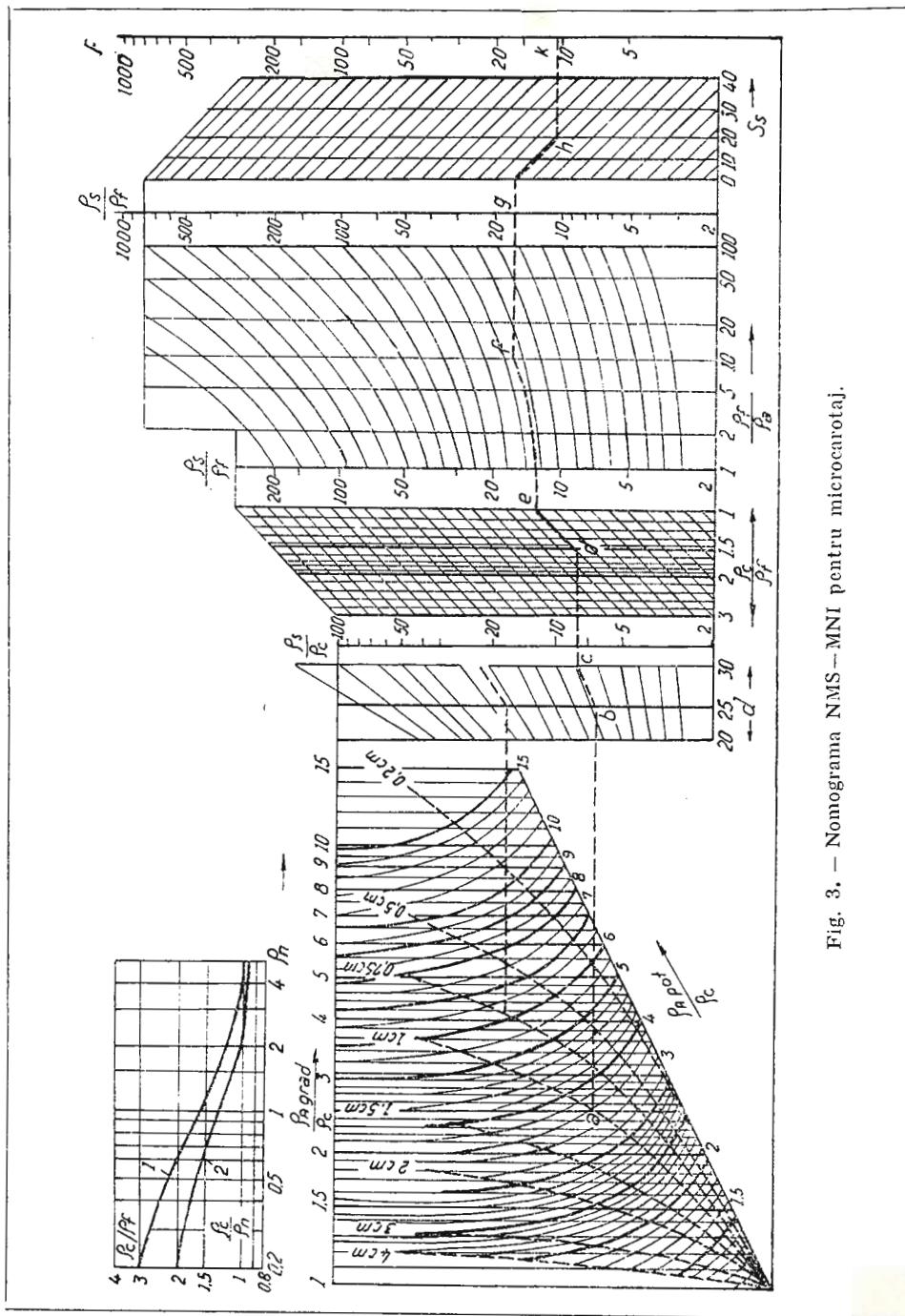


Fig. 3. — Nomograma NMS—MNI pentru microcarotaj.

Determinarea porozității cu ajutorul microcarotajului

Microcarotajul este metoda electrometrică pentru măsurarea rezistenților care folosește dispozitive de măsură foarte mici. Electrozii fiind montați pe o patină izolantă din cauciuc, menținută cu ajutorul unui resort pe peretele găurii de sondă, măsoară rezistivitatea unui volum de teren situat în imediata vecinătate a peretelui găurii de sondă, eliminându-se în felul acesta influența noroiului din gaura de sondă asupra măsurătorilor.

S-au folosit dispozitivele cu următoarea așezare a electrozilor :

B 0,050 A 0,025 M (dispozitiv potențial de 1'');

M 0,050 A 0,025 B (dispozitiv gradient 2 1/2').

Valorile de rezistivitate măsurate cu dispozitivele de microcarotaj în dreptul unui strat permeabil nu sunt niciodată prea mari, ele fiind legate de rezistivitatea turtei de noroi ρ_c , care nu depășește de două ori rezistivitatea noroiului și de rezistivitatea zonei de spălare ρ_s , situată imediat în spatele peretelui găurii de sondă și care este complet impregnată numai cu filtratul de noroi ρ_f . Rezistivitatea măsurată este deci egală cu :

$$\rho_{r \text{ micro}} = \frac{\rho_s}{\rho_c} \cdot \frac{\rho_c}{\rho_t} \rho_n = F \cdot \rho_n = b \cdot \rho_n P^{-m} \quad (9)$$

De aici rezultă că porozitatea rocii P , poate fi evaluată din măsurările de microcarotaj, cunoscind și valoarea rezistivității noroiului.

S-au folosit din literatura de specialitate două nomograme pentru determinarea porozității și anume :

A — Nomograma NMS —MNI (fig. 3) a Institutului Unional de Cercetări Științifice pentru Explorări Geofizice [2], care folosește cele două înregistrări făcute cu dispozitivele potențial și gradient, cărora li se aplică corecții ținând seama de diametrul găurii de sondă, de rezistivitatea turtei de noroi

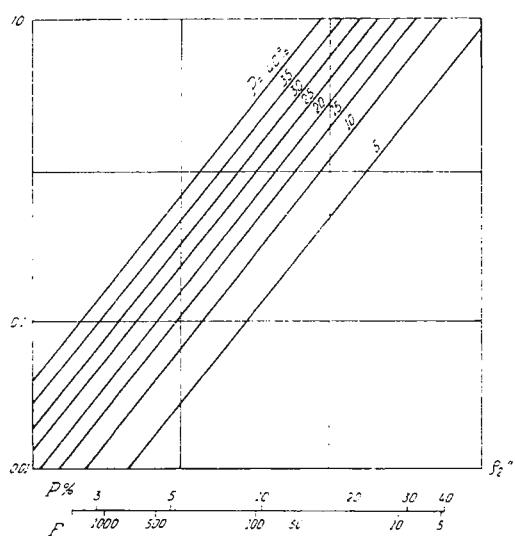


Fig. 4. — Abaca pentru determinarea porozității din microcarotaj.

ρ_c , de rezistivitatea zonei de spălare ρ_s , de rezistivitatea filtratului de noroi ρ_f și de saturația remanentă în țăței.

B — Abaca Schlumberger (fig. 4), care permite să se determine valoarea porozității și a factorului de rezistivitate, folosind înregistrările curbei microgradientă de $2\frac{1}{2}''$ cît și măsurările de rezistivitate ale noroiului la temperatura formației [6].

Din folosirea celor două metode grafice de determinare a porozității, s-a constatat că monograma NMS—MNI dă rezultate mai aproape de realitate.

Rezultate obținute

Pentru analiza eficacității celor două metode de determinare a porozității rocilor, s-au efectuat înregistrări complexe la o serie de sonde, iar parametrii obținuți din prelucrarea diagramei electrice au fost comparați cu rezultatele obținute din analiza carotelor mecanice.

Criteriile ce s-au urmărit succesiv în determinările făcute, au fost următoarele :

Determinarea coeficientului de porozitate cu ajutorul metodei de microcarotaj în formații nisipoase omogene ;

Determinarea porozității cu ajutorul microcarotajului pentru formațiuni diferite, fără a ține seama de omogenitatea formației sau de caracterul ei litologic ;

Determinarea porozității cu ajutorul dispozitivului simetric în formațiuni calcaroase ;

Paraleлизarea determinărilor de porozitate efectuate prin cele două metode electrice cu rezultatele măsurătorilor pe probe de rocă.

În tabelul 2, sunt cuprinse unele din rezultatele obținute. În analizarea materialului diagrafic avut la dispoziție, s-au folosit valorile medii ale înregistrărilor și în anumite cazuri chiar valori preferențiale.

Din analiza acestor date s-au tras următoarele concluzii :

1. Porozitatea determinată cu ajutorul microcarotajului are valori destul de apropiate față de măsurătorile făcute pe carote, în special pentru Dogger unde metoda se pare că are o eficacitate deosebită. Datele comparative la sondele A, B și D pe structura X sunt conclucente în acest sens. Ceea ce contribuie în mod deosebit în această formăție la obținerea unor rezultate bune, este caracterul ei litologic și îndeosebi, omogenitatea stratelor investigate.

2. În alte formațiuni rezultatele nu sunt totdeauna conclucente. În datele prezentate se constată diferențe mari acolo unde recuperarea



TABELUL 2

Structura	Sonda	Intervalul analizat	Grosimea stratului	Formația studiată	Porozitatea P în %		
					după carote	după microdispozitiv	simetric
X	A	1675—1680	5	Cretacic	—	21	24
		1705—1710	5	„	—	23	20
		1728—1734	6	„	—	18	38
		1748—1752	4	„	—	13	13,5
		1765—1767	2	„	—	9	11
		1795—1800	5	„	—	8	8
	B	1913—1916	3	Dogger	19,5	17,5	26
		1918—1921	3	„	19,5	19,5	28
		1913—1934	3	„	26	25	30
	C	2038—2039	1	„	19,8	19	—
		2040—2043	3	„	22	23	—
		2043,5—2046	2,5	„	19	19	—
		2046—2049	2,5	„	19,7	19	—
Y	A	968 -- 971	3	Sarmătian	28,6	30	—
	D	1672—1678	6	Cretacic	—	34	32
		1695—1700	5	„	—	30	20
		1710—1713	3	„	—	33	29
		1713—1715	2	„	—	17	16
		1754—1758	4	„	—	33	18,5
		1786—1788	2	„	—	17	21
	B	1825—1830	5	„	—	19	13,5
		2005—2012	7	Dogger	32	33	—
		2023—2030	7	„	30	32	—
		2036—2040	4	„	21	23	—
		1099,6—1099,9	0,3	Sarmătian	22,5	15	—
C	B	1105,5—1106,1	0,6	„	19,3	24,5	—
		1108,4—1108,5	0,1	„	9,8	11,8	—
		1111,2—1111,5	0,3	„	27,7	12,9	—
		1112—1114	2	„	23	22	—
		1123—1127	4	„	18,6	18,8	—
	C	1683—1688	5	Cretacic	26	20	26,5
		1701—1706	5	„	24	23,5	24
		1707—1711	4	„	28,5	23	28



la carotarea mecanică continuă a fost scăzută. Aceste diferențe pot fi atribuite neconcordanțelor între adâncimile stratelor analizate. În formațiunile nisipoase neomogene, metoda nu a dat satisfacție. În ceea ce privește formațiunile carbonatice, în unele cazuri izolate, microcarotajul a dat rezultate însă în cele mai multe rezultatele nu concordă cu cele ale dispozitivului simetric. Frecvența destul de ridicată a neconcordanțelor ne face să nu putem acorda suficientă încredere metodei microcarotajului în investigarea rocilor carbonatice.

3. La sonda C de pe structura Y se observă concordanțe deosebite între rezultatele analizelor de carote și determinările făcute cu dispozitiv simetric. Nu același lucru se poate spune despre sonda A structura X în Dogger unde rezultatele sunt neconcludente. Se observă în această ultimă situație că porozitatea capătă valori mai mari, ca urmare a diferenței ce există între rezistivitatea filtratului de noroi și rezistivitatea apei de zăcămînt.

4. Din paraleлизarea determinărilor făcute, se constată că există o împrăștiere a valorilor și că acestea nu se manifestă în același sens — pozitiv sau negativ —. Existența diferențelor ne face să credem că în cazul cînd nu sunt erori în stabilirea datelor primare ce se folosesc pentru determinarea porozității, cauzele care fac să existe abateri sunt posibile datorită necorespondenței dintre materialul cercetat pe cale geofizică și materialul analizat în laborator (carote). Astfel măsurătorile geofizice cuprind un volum de rocă de ordinul decimetrilor cubi, în timp ce analiza carotelor se referă la volume mici de ordinul centimetrilor cubi. Legătura între datele geofizice industriale și analiza carotelor, devine mai strînsă dacă se compară datele geofizice, cu valorile medii rezultate din analize de carote [2].

Aceste constatări confirmă posibilitatea aplicării largi a geofizicii industriale pentru studierea cantitativă a proprietăților rocilor.

BIBLIOGRAFIE

1. Atkins E. R. jr. Tehnica interpretării înregistrărilor electrometrice. 1961.
2. Dahnov V. N. Interpretarea rezultatelor cercetării geofizice a profilelor de sondă. 1961.
3. Gürtler C. Îmbunătățirea interpretării în diagrafie. 1961.
4. Ianculescu S. Determinarea parametrilor fizici ai stratelor folosind datele carotajului electric. 1960.
5. Ianculescu S. Cercetări privind îmbunătățirea interpretării calitative și cantitative a carotajului electric în vederea utilizării lor la calculul rezervelor de țigă și gaze. 1961.



6. Schlumberger. Log interpretation charts. 1958.
7. Wright T. R., Pirson S. J. Determinarea profilului de porozitate cu ajutorul înregistrărilor electrice. 1952.

POSSIBILITÉS DE DÉTERMINATION DE LA POROSITÉ DANS LES FORMATIONS HOMOGÈNES PAR MÉTHODES ÉLECTROMÉTRIQUES ET RÉSULTATS OBTENUS

PAR

CIPRIAN GÜRTLER

(Résumé)

L'exposé présente la manière dont on a déterminé le coefficient de porosité des roches en employant la diagraphe obtenue par microcarottage et par dispositif gradient symétrique, afin d'assurer une efficacité plus élevée dans l'interprétation des profils électriques enregistrés dans le trou de la sonde.

On montre d'abord la relation existante entre la valeur électrique mesurée et le coefficient de porosité de la roche — sont mentionnées à cette occasion certaines relations empiriques que des chercheurs avaient établies précédemment, — en passant ensuite à la description des types d'appareils de fond employés. On y montre les abaques ou nomogrammes employées dans l'interprétation, ainsi que le domaine de valabilité et on y expose une partie des résultats concernant la détermination de ce paramètre.

La littérature de spécialité a fait connaître les procédés ainsi que les abaques employés récemment en Roumanie.

Par l'exposé présent, nous avons tâché de faire connaître les résultats et de montrer que les méthodes appliquées viennent apporter une aide précieuse à notre méthodique interprétative en vue d'une plus grande efficacité des interprétations.

On y indique encore, pour chaque procédé pris à part, son domaine d'applicabilité pour assurer une détermination des plus exactes.





Institutul Geologic al României

CONTRIBUȚII LA CERCETAREA GEOFIZICĂ A PEGMATITELOR MICAFAFERE

DE
S. GH. IORDACHE

ABSTRACT

On the Geophysical Study of Micaceous Pegmatites. The paper presents the researches carried out for the prospecting of mica deposits in the Lotru-Voineasa area. By means of petrographic analyses made on micaceous pegmatites, the physical phenomena giving rise to natural voltage tensions are specified. The presence of these phenomena is corroborated by the results of hundreds of geological works (pits, trenches, outcrops, drifts). Some possibilities for the qualitative and quantitative interpretation of electrometric measurements in the prospecting of micaceous mineralisations of Voineasa-Lotru type are given.

Cercetarea cît mai reală a condițiilor fizice și petrografice a rocilor a făcut ca, în 1957, fostul Minister al Industriei Grele, prin secția de Geofizică a TPEM-ului să înceapă o serie de cercetări geofizice experimentale pentru identificarea pegmatitelor micaferă.

Rezultatele pozitive obținute de autor prin experimentări în laborator și teren au permis extinderea acestor măsurători în 1958 și 1959, ca metode efective de prospectare în șantierele : Cataracte, Mănaileasa Mare I și II din regiunea Voineasa—Lotru, acoperind totodată și perimetre de explorare din aceeași regiune, în vederea urmăririi extinderii corpurilor micaferă.

Date sumare asupra geologiei și petrografiei corpurilor și filoanelor micaferă

Corpurile de pegmatite micaferă din regiunea Voineasa—Lotru apar ca interstratificații în șisturi cristaline micacee (micasisturi) și gnaisice.



Institutul Geologic al României

Interstratificațiile acestor pegmatite micaferă pot apărea sub formă de corpuri lenticulare, ca stocuri, cuiburi, filoane pegmatitice de dimensiuni și forme foarte variate.

În general, roca este un pegmatit acid constituit din cuarț, feldspat și muscovit.

Distribuția micelor este în general discontinuă, formând concentrații sub formă de zone și cuiburi cu dimensiuni și frecvențe diferite de la un corp la altul¹⁾ [8, 10].

În general, pegmatitul de la Cataracte este format din elemente mari de feldspat și cuarț cu intercalări de mică albă și neagră cu cuiburi cu granati, turmalină, limonit și foarte rar beril.

Componența mineralologică a pegmatitului micafer industrial se prezintă cu următoarele procentaje²⁾:

Cuarțul (SiO_2) apare cu dimensiuni de la 1–70 mm și în procentaje de cca 36%.

Feldspatul | $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ | se prezintă în conținuturi de 42% și de dimensiuni de multe ori mai mari decât a cuarțului.

Muscovita | $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_8)(\text{OH})_2$ | este mai des întâlnită în conținuturi de 11,47%. Dimensiunile cristalizării variază foarte frecvent între limitele 20/20–50/50 mm și mai puțin frecvent pînă la 150/150 mm iar ca grosime pînă la 40 mm.

Biotitul | $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{Si}_3\text{AlO}_{10})(\text{OH})_2$ | apare mai rar dar intim asociat cu muscovitul — apoi cu feldspatul și cuarțul.

Importante de remarcat sunt alterările sporadice din masa biotitului ce apar sub formă de clorit.

Granatul ($\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{SiO}_4$) apare în cristale de dimensiuni variate (1–10 mm) în general alterat, formând cruste de limonit.

Turmalina neagră apare foarte rar și în cristale puțin dezvoltate.

Berilul s-a identificat ca aglomerări reduse foarte frecvent alterat, situîndu-se, în general, în jurul pachetelor sau cuiburilor de mică albă.

De importanță deosebită pentru studiul de față sunt produsele de alterare, legate intim de pegmatitele micaferă exploataabile. Din această serie se pot cita:

Sericitul | $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ | în procente de cca 12%, este provenit în masa rocei din alterarea feldspaților și se situează de-a lungul clivajelor sau pe limitele cristalelor.

¹⁾ Stelian Diță și alții. Raportul lucrărilor geologice din sectorul Voineasa. T.P.E.D.M.N. Minist. Minelor București, 1959.

²⁾ Rezultate din analizele executate de laboratorul de petrografie din T.P.E.D.M.N. (din 1957–1959) asupra pegmatitului micafer din regiunea Voineasa.

Cloritul $[(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_6(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$ este provenit din alterarea biotitului — găsindu-se în proporție de 0,5%.

Proveniența cloritului din biotit este confirmată din faptul că cloritul este asociat cu biotit, observându-se chiar și o trecere continuă de la biotit la clorit.

Caolinitul $[\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8]$ apare destul de frecvent ca rezultat din alterarea feldspațiilor, limitând deseori zone întregi sau corpuri de pegmatite micafare bogate din cadrul zonal al masei zăcământului.

Conținutul de caolinit din zonele de mineralizație bogată, variază în limite largi — 1,5%÷12% — pentru ca la limitele zonelor de mineralizație și în umpluturile zonelor de falie adiacente, caolinitul să se găsească în procente și de 15%÷50%.

Limonitul apare, în general, sub forma unor pelicule și vinișoare mici în concentrații de pînă la 1%.

În general, limonitul provine din alterarea micelor, turmalinei, granatului, precum și din alterarea rocilor înconjurătoare.

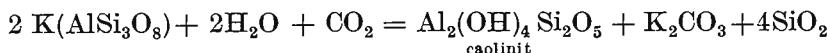
În marea lor majoritate, alterările din corpul pegmatitelor sunt strîns legate de zonele pegmatitelor micafare exploataabile și în special de formele mari de cristalizare a micelor, cuarțului, feldspatului etc.

Abundența alterărilor din masa pegmatitelor micafare se justifică prin îmbinarea imperfectă a diferitelor forme de cristalizare ce dău naștere la goluri, prin care se poate face o circulație mare a soluțiilor de zăcămînt, creînd astfel posibilitățile de alterare a feldspațiilor.

Fenomene fizico-chimice urmărite în rocile pegmatitice

Din observațiile autorului, apariția de fenomene micro-tectonice în masa pegmatitului, precum și fenomenul de apariție a căilor de circulație a apelor de suprafață în zonele de cristalizare mare a micelor, cuarțului etc., permit inițial o infiltrare a soluțiilor de suprafață care dău naștere la procesele de alterare în masa rocii. Ulterior acestor alterări iau naștere și o serie de fenomene mecanice de tasare, presiuni etc.

Mai mult chiar, hidroscopicitatea ridicată a pachetelor de mică creează o umezire permanentă pe contactele secțiunilor laterale ale fețelor de maclare a micelor cu feldspați sau cu cristalele de cuarț și feldspat ce poate conduce la reacții de tipul :



sau :



Caolinitul, sericitul precum și alte elemente secundare provenite din alterare, sînt transportate mai departe în soluții.

Bioxidul de siliciu rezultat din alterarea feldspatului se depune sub formă de pături de pulberi fine de cuarț între cristalul de mică și cel de feldspat (fig. 1 — a, b, c).

Din secțiunea microscopică (fig. 1, a) ca și din vederea generală a cîtorva elemente de rocă cu mică (fig. 1 a, b, c, d, e) se observă că fenomenul de alterare — mai pronunțat — are loc în special pe fețele transversale ale maclelor de mică, pe unde, de altfel, s-a putut realiza o circulație mai bună a soluțiilor de la suprafață.

Această afirmație este justificată de faptul că cea mai mare cantitate de pulbere fină de bioxid de siliciu rezultată din alterare se găsește depusă către partea transversală a maclei de mică (fig. 1, a) și în fața feldspatului ce a fost alterat.

Caolinul, sericitul etc., provenite din alterare, sînt transportate mai departe în soluție către partea inferioară a corpului mineralizat prin porozitățile pulberii fine de bioxid de siliciu de la contactul mică-feldspat.

Totodată se poate observa că soluțiile pot pătrunde mai departe pe microfracturile din masa feldspatului, provocînd ușoare alterări.

O dată cu avansarea fenomenului de alterare se pot produce alterări pe toate fețele cristalelor de mică.

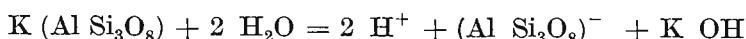
În porțiunile de alterare inițială — unde fenomenul este mai avansat, se observă chiar lipsa pulberii de SiO_2 , ce a putut fi transportată prin căile lărgite de transport (fig. 1 a, b, c, d, e).

În drumul lor soluțiile încărcate cu produsele de alterare formează pe direcțiile de scurgere și în mediile imediat învecinate adevărate depozite de caolinizări.

Ca urmare a fenomenului de alterare în masa corpului mineralizat se creează linii de slabă rezistență mecanică, care dau loc la fracturi cu deplasări în masa rocii, fenomene ce conduc mai departe și accentuează la rîndul lor procesele de alterare, mai ales în zonele mineralizate.

În concluzie, procesele de alterare se pot urmări ca fiind specifice zonelor mineralizate micaferice.

În urma proceselor de alterare, iau naștere atît ionii de $(\text{OH})^-$ cît și (K^+) în soluție, cum și reziduurile poroase formate din granule fine de SiO_2 , dintre pachetele de mică și feldspat, conform reacțiilor :



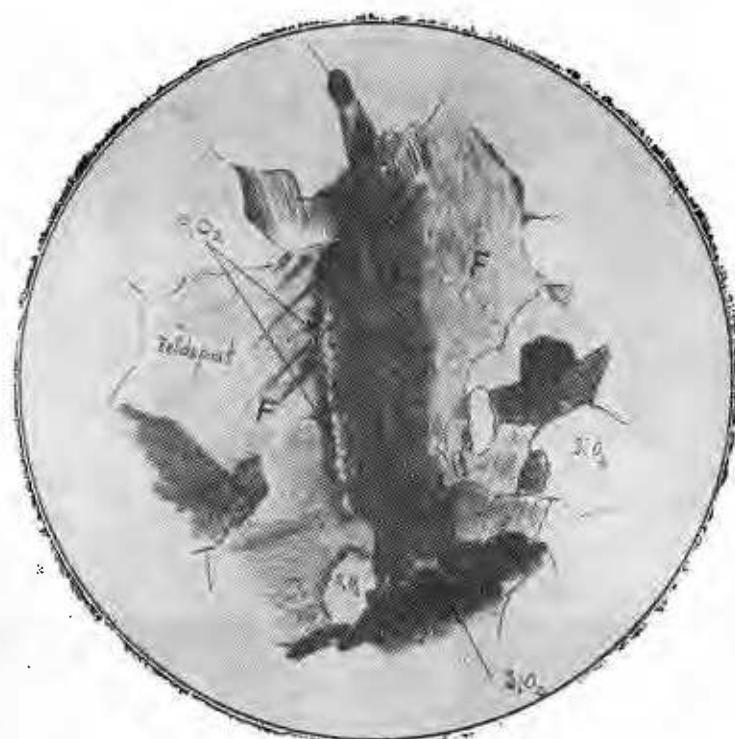


Fig. 1 a.

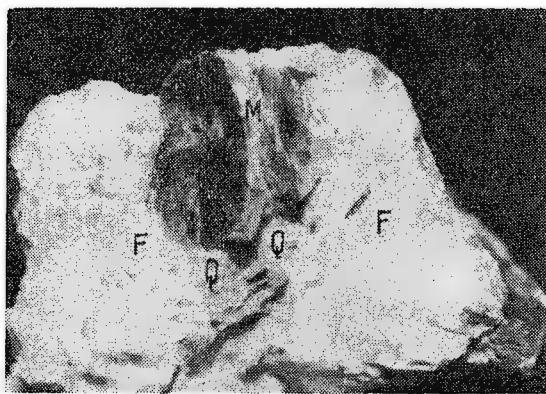


Fig. 1 b.

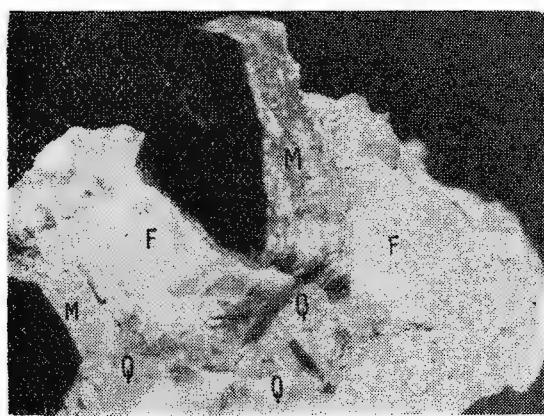


Fig. 1 c.

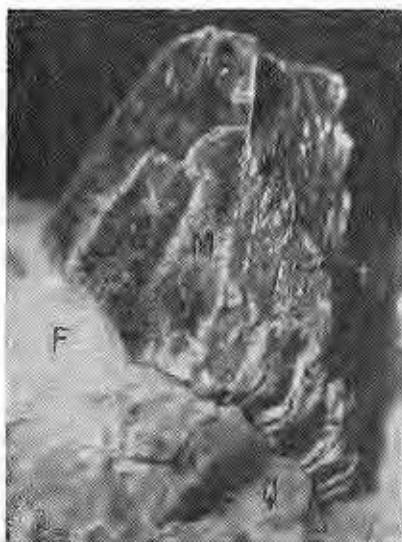


Fig. 1 d.

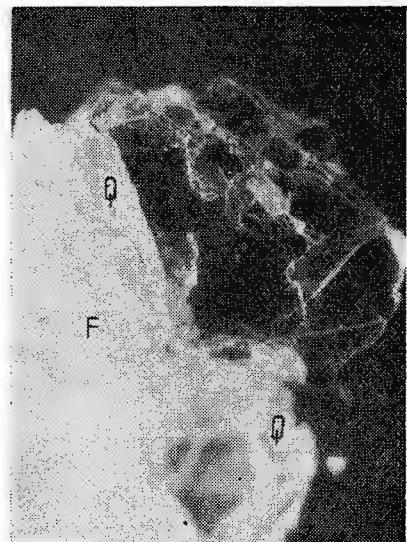
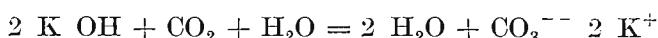


Fig. 1 e.

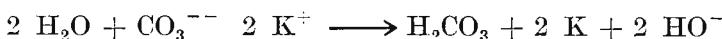
Fig. 1. — Diverse stadii de alterare din zonele mineralizate ale pegmatitelor micafer.

1 a. Secțiune subțire dintr-un element de pegmatit micafer. 1 – b, c, d, e, elemente microscopice de pegmatite micafer. M, macă de mică; F, feldspat caolinizat; Q, cuart sub formă de fragmente și pulbere.

de unde se constată că :



iar :



Atât anionul $(\text{OH})^-$ cît și cationul K^+ trec în soluție cu mobilitățile respective [10] :

$$(\text{OH})^- = 174 \Omega / \text{m/cm}^2, \text{ și}$$

$$\text{K}^+ = 64,6 \Omega / \text{m/cm}^2 \text{ pentru } t = 18^\circ$$

Datorită surgerii soluțiilor prin mediile poroase din masa corpului de pegmatit micafer, iau naștere fenomene electrocinetice inverse (potențiale electrice de curgere și de sedimentare) [1].

Ordinul de mărime a acestor potențiale determinate pe cale de laborator variază între $-10 \div -150$ mV, rezultate similare cu cele obținute pe teren.

Corpurile pegmatitice nemineralizate prin structura lor compactă, nu oferă condiții atât de favorabile proceselor de alterare¹⁾.

În concluzie, pe corpurile de pegmatite micafer pot lua naștere : potențiale electrocinetice inverse, potențiale electrice de curgere și de sedimentare și potențiale electro-chimice rezultate din alterarea unor componente mineralogici din cuprinsul corpului mineralizat [6, 9].

Date experimentale privind identificarea tensiunilor electrice naturale ale pegmatitelor micafer

Măsurători experimentale de stabilire a metodicei geofizice de lucru pentru pegmatitele micafer s-au efectuat pe corpuri de minereu cunoscute prin : lucrările miniere de exploatare (galerii și cariere); lucrări miniere de explorare (puțuri și sănțuri); zone cu corpuri de minereu determinate de prospecțiunile geologice.

În lucrările miniere, măsurătorile geofizice s-au executat în acele perimetre în care s-au traversat corpurile de pegmatite micafer bogate atât ca conținut de mică pe unitate de volum, cît și ca suprafață de cristalizare. Măsurătorile plasate pe aceste corpuri de minereu au permis iden-

¹⁾ Stelian Diță, S. Gh. Iordache și alții. Raportul lucrărilor geologice din sectorul Voineasa. T.P.E.D.M.N. Minist. Minelor București, 1960.



tificarea tensiunilor electrice naturale negative caracteristice mineralizărilor de mică, în comparație cu tensiunile pozitive, corespunzătoare zonelor sterile (pegmatit, micașisturi etc.).

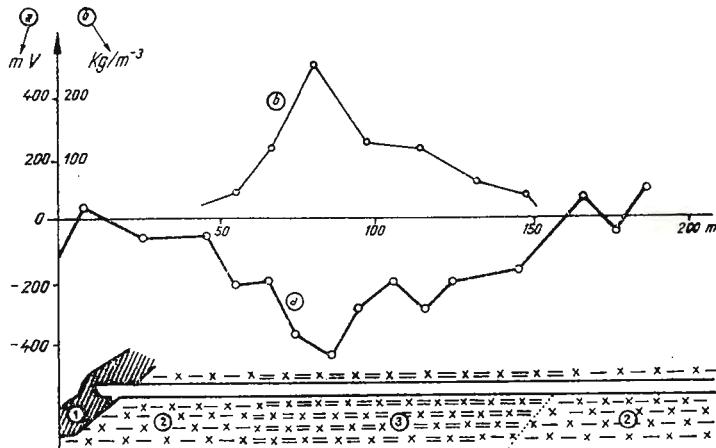


Fig. 2. — Profilul electric P.S. prin galeria Frîncu (Mina Cataracte).

1, micașist; 2, pegmatit nemineralizat; 3, pegmatit cu mineralizații bogate de mică; a, curba tensiunilor electrice naturale; b, curba conținuturilor.

Variația în conținut a micei pe galeriile direcționale de exploatare a prezentat și o variație proporțională a mărимilor tensiunilor naturale înregistrate (fig. 2).

Pe profilul electric măsurat, la cca 70—80 m de la intrarea în galeria F 1 din zăcămîntul Cataracte, Întreprinderea minieră Brezoi, s-au măsurat tensiuni minime de -410 mV corespunzătoare la conținuturi de pînă la $200—250$ kg/mc mică exploatabilă cu suprafete medii de $60 \div 100$ cm p.

În afara zonelor utile indicate, valorile măsurate au pus în evidență și zonele de steril: pegmatit nemineralizat respectiv micașisturi, prin valori pozitive de cîteva zeci de mV.

Pentru roca pegmatitică, ușor mineralizată și cu alterări foarte slabe, îi corespund valori ale tensiunilor electrice naturale reduse $-10 \div +20$ mV, iar pentru pegmatitele nemineralizate apar tensiuni cuprinse între $+10 \div +150$ mV. Micașisturile și gnaisurile se identifică prin tensiuni maxime pozitive.

Măsurările efectuate peste cariera C₁ a I. M. Brezoi au identificat potențiale naturale de minim, specifice zonei de mineralizație (fig. 3).

Profile de măsurători electrice s-au efectuat și pe lucrări de explorare — șanțuri și puțuri.

Profilul trasat pe şanţul 153 Cataracte, identifică prin valorile diferite ale potențialelor, limitele, natura geologică, precum și conținutul relativ de util.

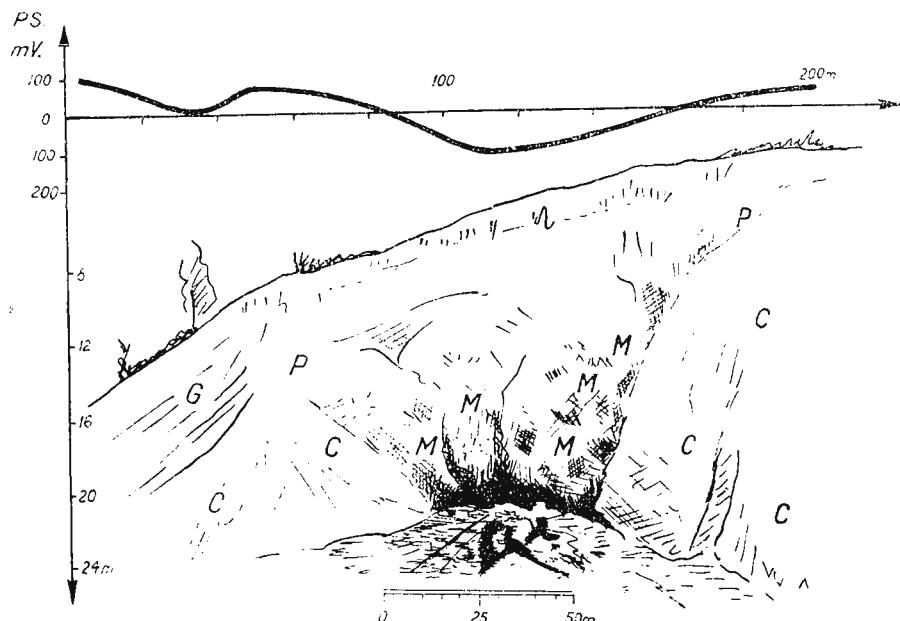


Fig. 3.— Curba tensiunilor electrice naturale măsurate în amonte de cariera C₁ I. M. Brezoi.
G, gneise; P, pegmatite nemineralizate; M, pegmatite cu mineralizație bogată de mină; C, caolin.

Punctele de măsurătoare efectuindu-se direct pe roca pegmatitică mineralizată sau pe sterile (fig. 4) au putut preciza cîteva valori relative ale potențialelor electrice naturale corespunzătoare cîtorva tipuri de roci specifice regiunilor pegmatitice: micașisturi — pegmatite sterile, pegmatite micafare.

Micașisturile și gnaisele în cadrul acestor măsurători prezintă tensiuni electrice naturale pozitive cuprinse între limitele: +27 \div +50 mV.

Pegmatitul steril complet nemineralizat prezintă valori ale tensiunilor naturale de ordinul a cîțiva milivolti (+5 \div +16 mV).

În porțiunile unde şanţul prezenta îmbogătiri cu mineralizație, valorile tensiunilor măsurate scad simțitor către valori de minim de -30 mV (curba I, fig. 4).

Profilul măsurat paralel cu direcția şanțului și pe solul de pantă pentru mineralizația de 9 \div 10 kg/mc, valorile înregistrate de minim au fost de ordinul a +2 \div +5 mV (curba II, fig. 4).

Printre alte măsurători verificate cu lucrări geologice au fost și măsurătorile efectuate în șantierele Mănăileasa. De exemplu măsurările efectuate pe profilul prezentat în fig. 5 identifică perfect prin valorile

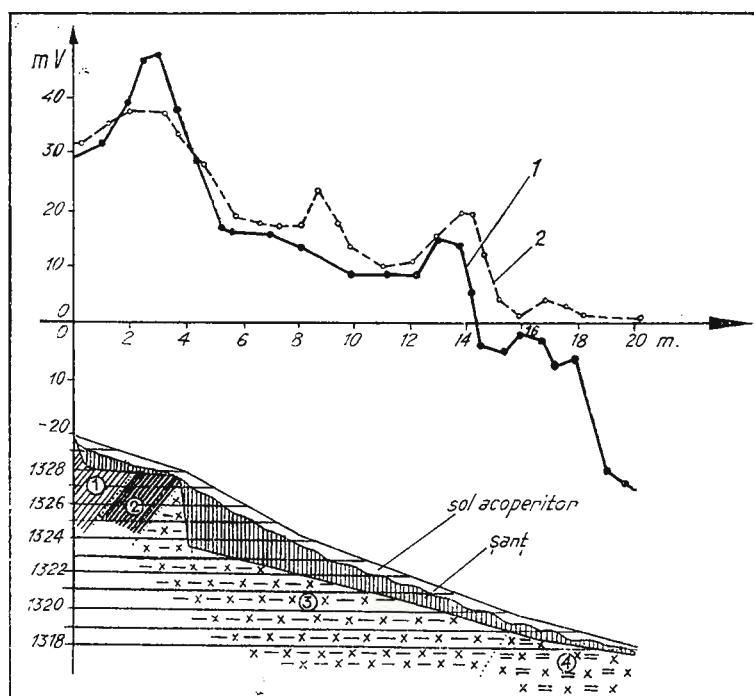


Fig. 4.—I. Curba tensiunilor electrice naturale măsurate direct pe rocă dezvelită printr-un șanț. II. Curba tensiunilor electrice naturale măsurate pe direcția paralelă șanțului — pe sol acoperitor.

1, micașisturi; 2, gnais cu amfiboli; 3, pegmatit nemineralizat; 4, pegmatit mineralizat.

de potențiale electrice naturale — pozitive și negative — zonele sterile și zonele mineralizate precizate de altfel și prin lucrările de explorare.

Prin suprapunerea curbei conținuturilor cu curba potențialelor din zona mineralizată se poate remarca o creștere a conținuturilor proporțional cu creșterea tensiunilor negative, ceea ce corespunde gradientului de $1,03 \text{ kg/mV} \pm 15\%$, identificat de altfel și în alte cîmpuri mineralizate din regiunea Voineasa—Lotru.

Eficiența măsurătorilor experimentale din anii 1957 și 1958 au permis extinderea măsurătorilor pentru mică din zăcămintele de explorare,

Cataracte și Măňăileasa Mare (Țancul V), perimetre pe care erau în curs de efectuare o serie de lucrări de explorare geologică (șanțuri, puțuri, galerii, dezveliri, etc.).

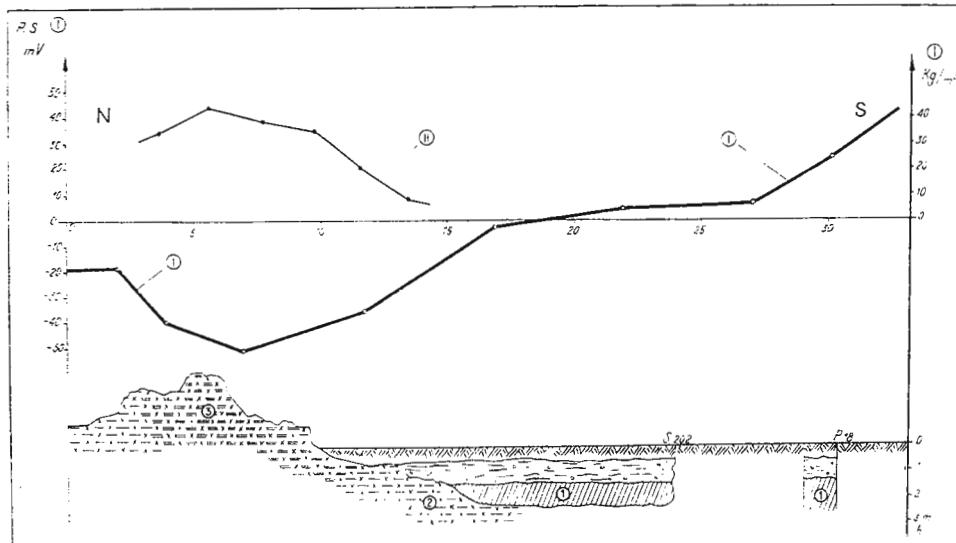


Fig. 5. — Profilul electric P.S. peste un corp mineralizat din șantierul Măňăileasa.

I. micasturi; 2. pegnatit nemineralizat; 3. pegmatit mineralizat.
I. Curba tensiunilor electrice naturale. II. Curba conținuturilor în mică.

Măsurători geofizice efectuate în șantierul Cataracte. Măsurările efectuate pe profile distanțate, cu puncte foarte dese ($20/5$ m), au avut drept scop: stabilirea tectonicei superficiale a perimetrelor cercetate; evidențierea unor corperi noi mineralizate, neidentificate prin lucrările de explorare; urmărirea în extindere a unor corperi mineralizate identificate prin lucrările geologice; precizări suplimentare în cartările geologice din perimetrele de prospectare și explorare geologică; interpretarea calitativă și cantitativă a perimetrelor geofizice anomale.

1. *Stabilirea tectonicii superficiale a perimetrelui de cercetat.* Măsurările geofizice au cuprins perimetrul lucrărilor geologice de explorare a mineralizațiilor micafare din perimetrul Padina—Cataracte.

Perimetrele anomale geofizice s-au conturat atât în perimetrul de explorare geologică cât mai ales în afara lui.

Valorile tensiunilor electrice naturale măsurate din perimetrele anomală au oscilat între $-5 \div -120$ mV pentru zonele mineralizate ano-

male, $+20 \div -10$ mV pentru pegmatite nemineralizate și valori pozitive peste $+10$ mV pentru micașisturi și gnaise.

Zonele mineralizate importante s-au conturat prin anomaliiile 1 \div 9 reprezentate prin harta geofizică a perimetrlui Cataracte (pl. I).

Din prezentarea generală a hărții se observă o distribuție completă neuniformă a perimetrelor anomale, dictate de un tectonism destul de complicat al acestor pegmatite.

Împletirea însăși dintre pegmatite și șisturi, observate în cariere sau deschideri la zi, se pot observa în mare și în harta izopotențialelor prezентate.

Cu toate că șisturile din perimetru cercetat caută să îmbrace întregul complex pegmatitic sub formele tectonice cele mai complicate, perimetrelle anomale, respectiv mineralizațiile micaferă, se conturează totuși perfect în cadrul corpului pegmatitic.

În ceea ce privește apariția mineralizațiilor pe liniile de fractură sau în apropierea lor poate fi urmărit mai greu, atât datorită repartiției complet neuniforme a perimetrelor anomale, cât și prin faptul că nu s-a identificat în perimetru cercetat o linie tectonică preferențială apariției perimetrelor anomale.

Din punct de vedere tectonic, liniile de faliere pot fi urmărite numai în cadrul corpurielor mineralizate micaferă, linii ce pot lua naștere prin crearea zonelor de slabă rezistență mecanică rezultate în urma alterărilor. În consecință, pentru cazul corpurielor mineralizate, liniile de fractură pot apărea cu totul local.

Din datele geofizice rezultate se pot interpreta de asemenea o serie de fenomene tectonice de încălcare sau străpungere a unor mineralizații micaferă de către pînze de șisturi. Astfel se poate cita cazul șisturilor dintre anomalia 8 și 9 sau includerea în interiorul unei aglomerări micaferă, a unor intruziuni de pegmatite nemineralizate, aşa cum este cazul lentilei de pegmatit nemineralizat cuprins între partea NE a anomaliei 9.

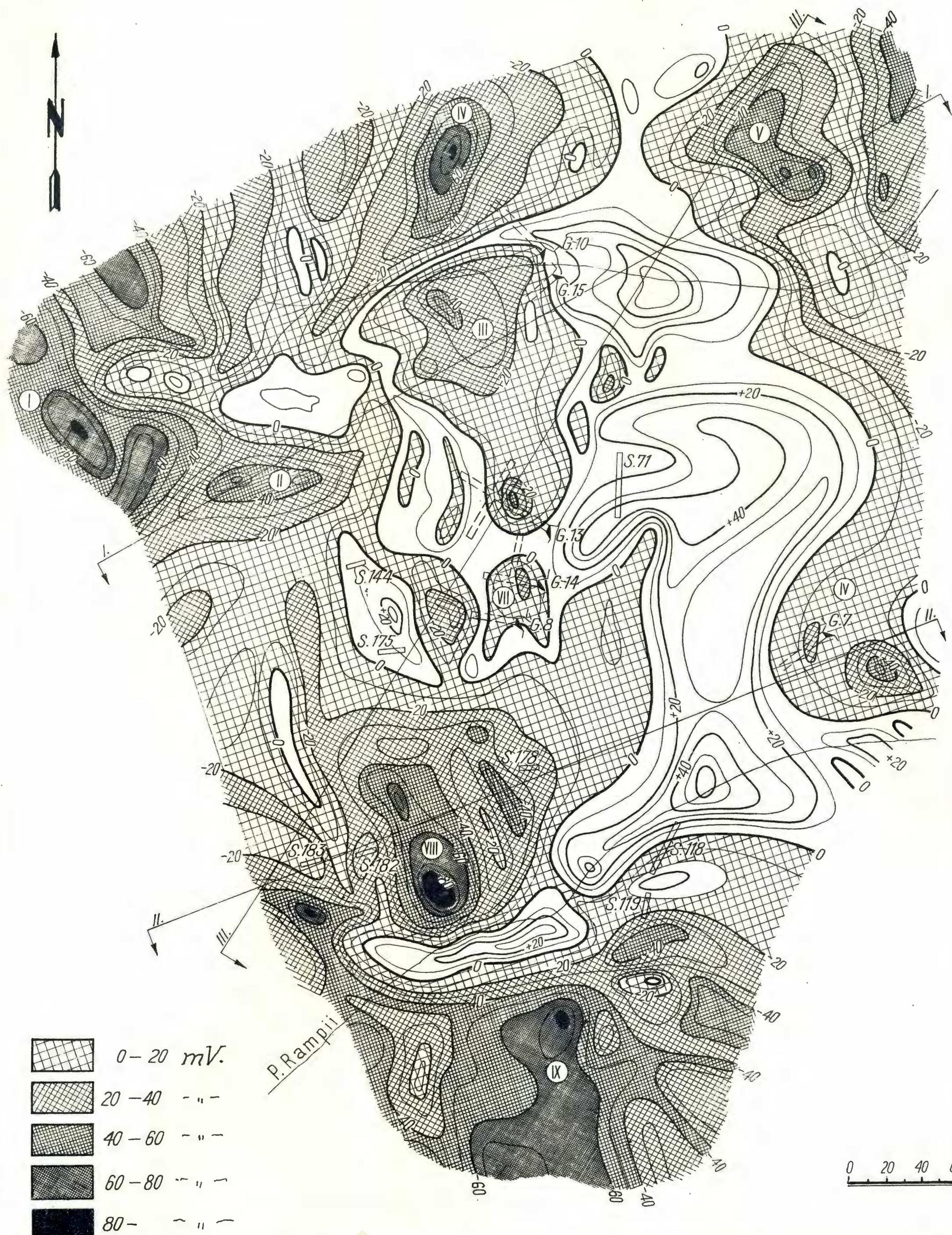
În ceea ce privește tectonica șisturilor cristaline din regiunea cercetată, apare cu mult mai complicată decât a corpurielor pegmatitice.

În harta liniilor izopotențiale a perimetrlui Cataracte (pl. I), prin folosirea valorilor de potențial pozitiv, se poate urmări o extindere cu totul neregulată a șisturilor atât în suprafață cât și în grosime, tinzind în multe cazuri să acopere mineralizările de mică.

De altfel în perimetru Cataracte, după datele geofizice, direcția de curgere a șisturilor este aproximativ E-W.

Întreaga pînză a șisturilor îmbracă din spate E și pe ambele părți anomalia 6 extinzând un braț înspre SWW ce traversează anomalia 8-9.





Un alt braț al pînzei de șisturi se extinde spre NW, limitînd anomalia 7, trece apoi pe aceeași direcție printre anomalia 1, 2 și anomalia 3, 4, cu tendințe de lățire a benzii de șisturi și totodată de subțiere a grosimii lor.

Acest al doilea braț din direcția anomaliei 1–3 tinde să-și accentueze extinderea în lățime în special între anomalia 1 și 4 și totodată să schimbe direcția aproximativă NW în direcția N.

Al treilea braț din masa șisturilor identificat geofizic se extinde din E către NW și N, prin intervalul dintre anomaliiile 3 și 5 cu aceeași tendință de subțiere și lățire către N în intervalul dintre anomaliiile 4 și 5.

2. Evidențierea corporilor mineralizate și urmărirea lor în extindere pentru perimetrele cercetate. Suprafețele anomale de minim corespunzătoare pegmatitelor se conturează față de șisturi cu forme mult mai regulate.

Suprafețele mineralizate ce apar pe corpurile pegmatitice se evidențiază prin forme aproximativ circulare (cazul anomaliei 6) prin forme lenticulare (anomaliiile 4, 7, 8) sau sub forme puțin mai complicate, de tipul anomaliiilor 1, 9 sau 8 din harta izoliniilor.

În ceea ce privește repartiția mineralizărilor se poate preciza că pentru toate cazurile cercetate din interpretarea valorilor de minim descreșătoare, se observă o creștere a conținutului către centrul suprafeței anomale.

Exemple de acest fel se pot observa în toate cazurile anomaliielor indicate, mai mult chiar, se pot face și precizări cantitative, în vederea stabilirii distribuției superficiale a mineralizațiilor micafare în corpurile pegmatitice.

Din distribuția superficială a mineralizațiilor micafare, stabilite pe suprafețele anomale, se poate trece la stabilirea unei distribuții spațiale a mineralizărilor micafare, în ipoteza că corpul perturbant are o formă circulară sau lenticulară cu o îmbogățire a conținuturilor către centrul corpului perturbant, ipoteză admisă de altfel și în cazul calculului de adâncime.

Suprafețele anomale corespunzătoare corpurilor mineralizate cuprinse între liniile de -20 mV ocupă suprafețele destul de întinse în perimetru cercetat.

În zona centrală a perimetrului cercetat, zonă care a fost mai bine cercetată din punct de vedere geologic, apar suprafețe anomale mai puțin extinse.



Suprafețele anomale identificate în această zonă au putut totuși furniza date foarte importante în interpretarea cantitativă și calitativă a suprafețelor acoperite de măsurătorile de tensiuni electrice.

De exemplu anomalia 7 identificată pe o suprafață relativ redusă — cca 1300 mp, cu adâncimi ale corpului perturbat de cca $15 \div 18$ m $\pm 20\%$ [9] este confirmată printr-o serie de lucrări geologice de suprafață și subteran.

Anomalia 3, identificată pe o suprafață de 4500 m, cu adâncimi ale corpului perturbant calculată la cca $13 \div 37$ m $\pm 25\%$, a fost verificată printr-o serie de lucrări geologice confirmându-se rezultatele prezentate de datele geologice.

Anomalia 5 și 6 situată în partea de est a perimetruului cercetat, de suprafețele: 5000 mp și 900 mp, cu adâncimi ale corpului perturbant calculate cu cca 19 m respectiv 40 m $\pm 25\%$, au fost de asemenea verificate prin lucrări miniere.

Anomalia 2 situată în NW perimetruului cercetat, este identificată pe o suprafață de cca 3200 mp și corespunde unui corp perturbant situat la adâncimea de cca $29 \div 35$ m $\pm 25\%$ a fost parțial cercetată și verificată de lucrările miniere.

Anomalia 8 situată în SW punctului cercetat, stabilită pe o suprafață de cca 5600 mp, corespunzătoare unui corp perturbant situat la adâncimea de cca $21 \div 40$ m $\pm 25\%$ a fost de asemenea cercetată parțial prin lucrări miniere.

Anomalii 1, 4 și 9 au fost mai puțin cercetate, deși indică rezultatele mai importante din punct de vedere economic, atât pentru întinderea suprafeței lor anomale cât și pentru valorile anomale corespunzătoare unor conținuturi importante de mineralizații micaferică.

3. Precizări suplimentare în cercetările geologice. Interpretarea întregului material rezultat din măsurătorile geofizice creează posibilitatea identificării tipurilor de roce și a localizării lor în perimetru cercetat.

Pe baza acestor precizări se pot trasa limitele geologice reale dintre pegmatite și šisturile dintre pegmatitele mineralizate și semi-mineralizate, se pot urmări o serie de ipoteze de geologie generală și economică asupra structurilor pegmatitice din perimetrele cercetate.

Mai mult chiar, se delimitizează perimetrele importante de cercetat din punct de vedere economic în vederea unei juste amplasări a lucrărilor miniere de explorare.



4. Interpretarea cantitativă și calitativă a pegmatitelor mineralizate. Întreaga suprafață cercetată geofizic a fost verificată prin cîteva sute de lucrări geologice de explorare : sănături, puțuri, dezveliri, galerii et cetera.

Lucrările de explorare geologică au confirmat integral interpretarea geofizică dată valorilor înregistrate ale potențialului electric natural.

Mai mult chiar – confirmarea riguroasă a valorilor anomale corespunzătoare corpurilor micafare, a permis și o urmărire a valorilor anomale în funcție de conținuturile specifice și suprafețele de cristalizare a micaei.

Conținuturile ridicate de mică și în special suprafețele mari ale maclelor micafare permit soluțiilor de zăcămînt o infiltrare mai mare în întreaga zonă mineralizată.

Proportional cu suprafața maclajului de mică, este și distanța de transport a soluțiilor de zăcămînt și suprafețele de alterare a rocelor feldspatice.

Din expresia potențialului electric se observă această proporționalitate dintre mărimea potențialului electric $E_c = f(p)$ [1] și distanța de transport (h) a soluțiilor de infiltrație, respectiv porozitățile masei maclelor de mică și a pulberii de quart rezultate din alterările laterale sau învecinate micelor, proporționalitate exprimată prin relația presiunii :

$$p = h \varphi g \cong h V \varphi^2$$

unde :

h = înălțimea coloanei de transport a soluțiilor ;

φ = densitatea ;

g = accelerația gravitației ;

V = volumul porozității.

Creșterea cristalizării maclelor de mică, contribuie astfel la mărirea coloanelor de transport a soluțiilor în rocile pegmatitice feldspatice.

O dată cu creșterea volumului mineralizărilor, a suprafețelor și grosimilor maclelor de mică, va crea posibilități directe și de mărire a potențialului electrostatic lucru confirmat de altfel și prin lucrările experimentale.

Într-adevăr, prin compararea conținuturilor și a suprafețelor cristalelor de mică din lucrările miniere de explorare cu a tensiunilor electrice măsurate, se poate urmări o proporționalitate în special pentru tensiunile de -120 mV și conținuturile sub 100 kg/mc.

Exemplificarea comparațiilor dintre valoarea tensiunilor electrice anomale, conținuturi și suprafețe, se poate urmări în profilele executate în perimetru măsurătorilor geofizice, profile trasate numai pentru perimetrele cele mai bine cercetate prin lucrările geologice miniere și de suprafață.



În profilul I — I (fig. 6) de direcție SW—NE se traversează partea de sud a anomalilor 2, 3 și 5 (pl. I). După cum se observă și din fig. 6, curba tensiunilor electrice naturale măsurate urmărește îndeaproape formațiile geologice indicate prin lucrările de explorare amplasate pe direcția profilului.

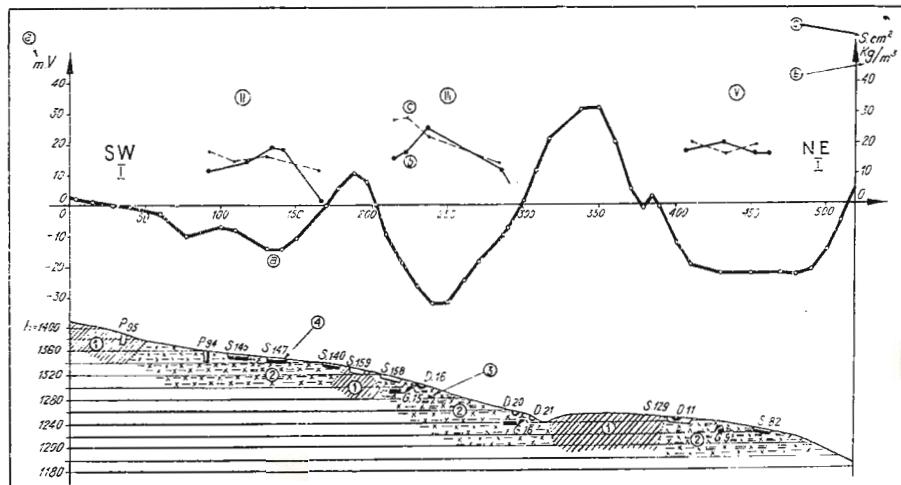


Fig. 6. — Profilul I—I.

- 1, micașisturi; 2, pegmatite nemineralizate; 3, pegmatite mineralizate; 4, mineralizație de rică, identificată prin lucrări miniere.
a. curba tensiunilor electrice naturale; b. linia de repartiție a conținuturilor; c. linia de repartiție a suprafețelor de mică din intervalul anomal.

Pe același profil se urmărește atât conținutul cât și suprafața de cristalizare a micelor.

În cadrul zonelor mineralizate se observă și oarecare proporționalitate între conținutul, suprafața de cristalizare și tensiune electrică măsurată.

Corelarea perfectă între conținutul de mică și tensiunile electrice naturale, este verificată de numeroase lucrări geologice de explorare ce confirmă perfect zonele interpretate, bogate în mineralizații.

Profilul II — II din direcția SWW—NEE traversează anomalia 8 prin partea de N și anomalia 6 (fig. 7).

Prin lucrările miniere de explorare se confirmă proporționalitatea dintre conținutul de mică, suprafața de cristalizare și potențialul electric măsurat.

Astfel interpretarea geofizică a zonelor mineralizate se confirmă de asemenea prin lucrările geologice de explorare.

Profilul III – III de direcție SSW–NNE traversează totodată brațul al doilea al săsturilor, mai puțin extinse, din intervalul dintre ano-

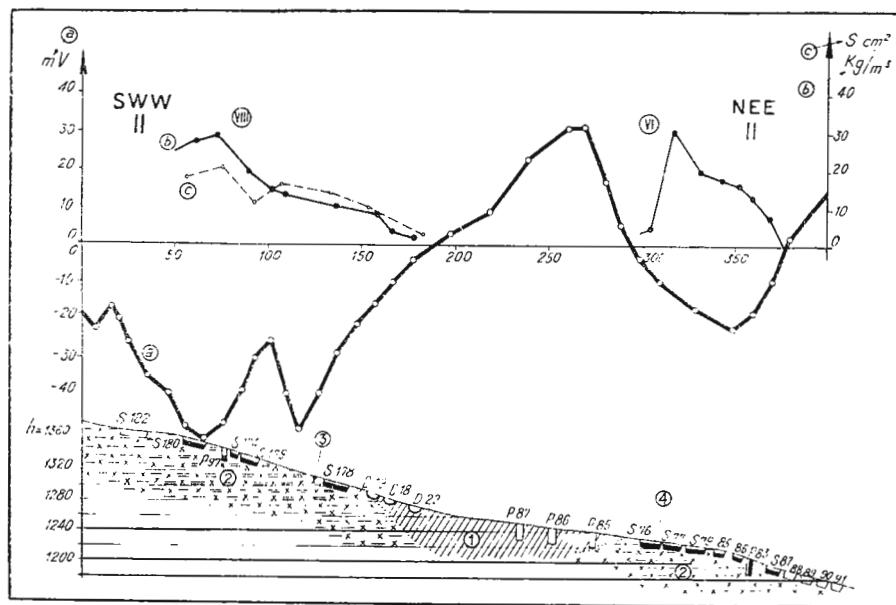


Fig. 7. — Profilul II-II.

1, micașisturi; 2, pegmatite nemineralizate; 3, pegmatite mineralizate; 4, mineralizări de mică identificate prin lucrări miniere.

a, curba tensiunilor electrice naturale; b, curba de repartitie a continuturilor de mică; c, curba de repartitie a suprafetelor de mică.

maliile 7 și 3 și brațul al treilea de șisturi mai masive din intervalul dintre anomaliiile 3–4 (fig. 8).

Zonele de minim ale tensiunilor electrice naturale corespund mineralizărilor cu mică identificate prin lucrările miniere de suprafață.

Și în cazul acestui profil se remarcă acea proporționalitate dintre conținut, suprafață de cristalizare și tensiune electrică negativă măsurată pe corpul de zăcămînt.

Lucrările miniere de explorare din întreaga suprafață cercetată, au constituit drept baze reale în sprijinul unor interpretări cantitative și calitative juste, a datelor geofizice.

Din raportările făcute dintre conținuturile specifice determinate prin lucrări geologice și valorile potențialelor electrice naturale măsurate precum și dintre suprafețele de cristalizare și valorile potențialelor elec-

trice naturale, s-au întocmit o serie de grafice de interpretare a datelor geofizice.

Graficele s-au întocmit pe puncte și suprafețe anomale probate prin lucrări geologice de explorare, de suprafață și subteran.

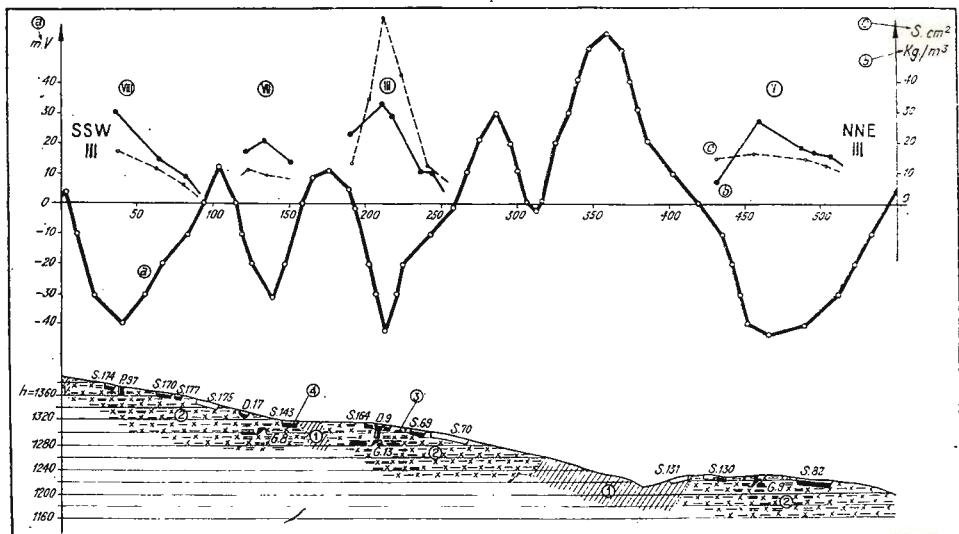


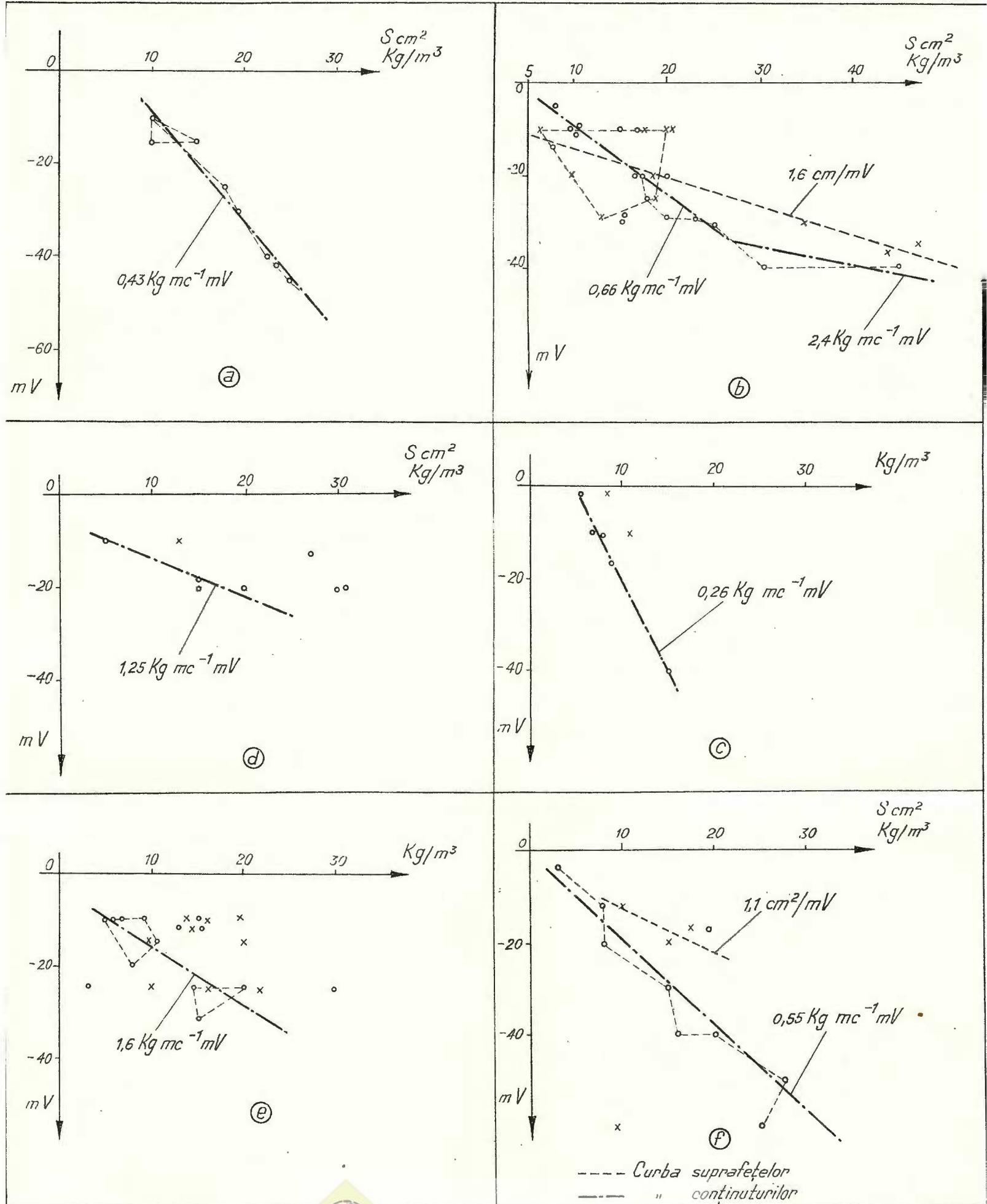
Fig. 8. Profilul III – III.

- 1, micașisturi; 2, pegmatite nemineralizate; 3, pegmatite mineralizate; 4, mineralizări de mică identificate prin lucrări miniere.
a, curba tensiunilor electrice naturale; b, curba distribuției conținuturilor de mică; c, curba distribuției suprafețelor de mică.

Rapoartele (R) dintre conținutul și valoarea amplitudinii tensiunii electrice naturale măsurate pe anomalii, sint următoarele : (vezi tabelul și pl. II).

TABEL

Anomalie	$R \text{ kg } 10^{-1} \text{ mV}$	planșa II
2	0,5	a
3	{ 0,66 2,4}	b
5	0,26	c
6	1,25	d
7	1,6	e
8	0,55	f



Variația valorilor rapoartelor (R) este datorită grosimilor diferite ale solului acoperitor al corpului perturbant.

Valoarea medie statistică a raportului conținut — valoarea anomală, este de cca $1,03 \pm 0,6$ kg mc $^{-1}$ mV.

În cazul corpurilor micafare se poate observa proporționalitate și între suprafețele de cristalizare și valoarea tensiunilor electrice naturale măsurate.

Raportul mediu statistic dintre suprafețele de cristalizare și valoarea electrică anomală poate varia între $1,1 \div 1,6$ cm p/mV.

Măsurările geofizice efectuate în șantierul Mănăileasa Mare. În perimetru cercetat din șantierul Mănăileasa Mare (fig. 9 și 10), valorile potențialelor electrice naturale înregistrate apar ca valori mai reduse decât în perimetrele cercetate anterior.

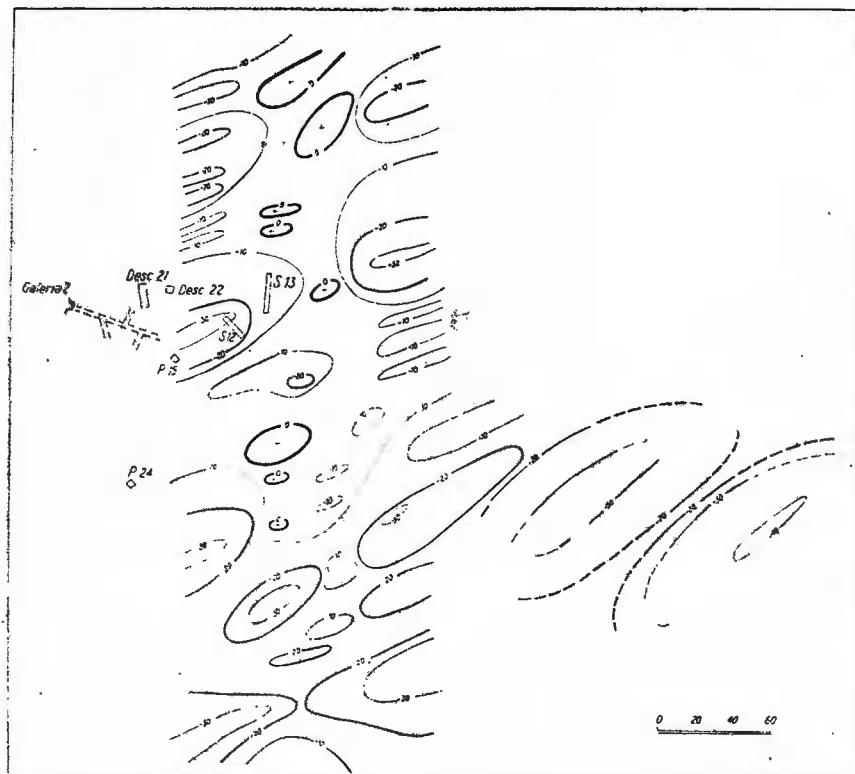


Fig. 9. — Harta liniilor izopotențiale din perimetru Măneileasa Mare 1.

Mai mult chiar, din graficul valorilor tensiunilor electrice măsurate, se identifică o anumită direcție a suprafețelor anomale care se integrează perfect în direcția de șistuozitate a perimetruului cercetat.

Aceste date (ce duc la interpretarea perimetruului cercetat) sunt bine justificate prin însăși situația geologică locală.

Pentru perimetru cercetat, mica apare mai mult diseminată în masa pegmatitului, iar îmbogățirile în mineralizații apar sub formă de corpuri microfere de formă lenticulară reduse și de frecvență mai mare. Însăși corpurile pegmatitice mineralizate sau nemineralizate și de dimensiuni reduse, apar incluse între pachetele mari de șisturi ce cuprind întreaga regiune.

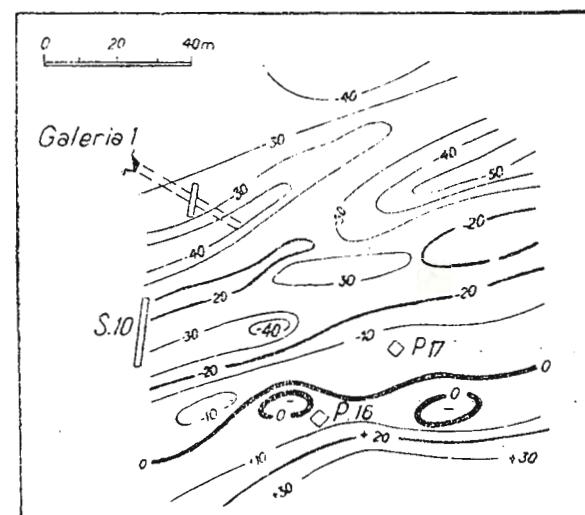


Fig. 10.—Harta liniilor izopotențiale din perimetru Mănaileasa Mare 2.

În harta cu izolinii a suprafeței cercetate, zonele mineralizate apar sub formă lenticulară, regulate și de direcții bine stabilite.

Problemele de tectonică, pentru astfel de tipuri de zăcăminte, apar mult mai simplu de rezolvat decât pentru cazurile prezentate mai sus.

Pentru cele două suprafețe măsurate în perimetru Mănaileasa Mare — Țancul V₁ și V₂ — caracterul de apariție a valorilor potențialelor electrice naturale, forma și distribuția suprafețelor anomale, precum și caracterele tectonice identificate prin măsurările geofizice sunt aceleași.

Rezultă că suprafețele măsurate reprezintă unități ale aceluiași complex geologic.

Interpretări cu privire la conținuturile în util și suprafețe de cristalizare s-au efectuat și pentru aceste perimetre.

Lucrările geologice de explorare din perimetrele cercetate, au constituit puncte de sprijin reale pentru interpretările cantitative și calitative ale datelor geofizice.

Graficele interpretărilor cantitative, confirmă — ca și mai sus — raporturile dintre conținut și amplitudinea valorilor potențialelor elec-

trice naturale negative (cca $1,03 \pm 0,60$ kg/mc și mV). De asemenea se poate observa o proporționalitate și în suprafetele de cristalizare și valoarea potențialelor electrice măsurate.

Concluzii

Rezultatele obținute prin aplicarea măsurătorilor geofizice pentru cercetarea zăcămintelor micafare, au precizat date importante atât din punct de vedere științific și tehnic, cât și din punct de vedere economic, astfel :

1. În urma experimentărilor măsurătorilor geofizice, se precizează că tensiunile electrice naturale pozitive corespund rocilor săstioase sau pegmatitice sterile, iar tensiunile electrice naturale negative corespund mineralizației micafare. Aceste date constituie principiul de bază la interpretarea rezultatelor măsurătorilor tensiunilor electrice naturale din perimetrele cu mineralizații micafare, ale regiunii de studiat.

2. Măsurările geofizice ale tensiunilor electrice naturale pot contribui efectiv la evidențierea formei de distribuție regională a corpurilor micafare, la descifrarea tectonică superficială a perimetrelor cercetate și în cartarea geologică a perimetrelor cercetate.

3. În funcție de amplitudinea tensiunilor electrice naturale negative obținute din măsurările efectuate în perimetrul de cercetat, se poate interpreta forma și extinderea corpurilor micaferă, precum și valoarea relativă a conținuturilor procentuale de mică.

Din lucrările geofizice executate și verificate prin lucrările geologice de explorare, în grupul de șantiere Voineasa—Lotru, se poate preciza că valoarea medie statistică a raportului dintre conținutul corpului micafer și valoarea electrică anomală corespunzătoare este de cca $1,03 \pm 0,6$ kg/mc și mV, iar raportul dintre suprafața medie a cristalelor de mică și valoarea anomală electrică este de cca 1,35 cm/mV.

BIBLIOGRAFIE

1. Atanasiu I. A., Facska G. Electrochimie Cap. XI, pag. 290. Ed. Teh. București, 1958.
2. Betekhtin A. G. Mineralogia, Gosgheolizdat. Moskva, 1950.
3. Dumitriev S. D. Pegmatitele Kazakstanului Central, DAN, SSSR 123 nr. 6/1958, p. 1108—1111. (Trad. București).
4. Fersman A. E. Pegmatiti. Tom I. 1932.



5. Frumkin A. N. ş.a. Cinetica proceselor electrodice (Cap. I) Ed. Energetică de Stat 1954, (trad. litografiată). Bucureşti.
6. Iordache Simion Rezultate privind măsurările geofizice aplicate în prospectarea și explorarea minereurilor metalifere — Cap. I pag. 2 *Revista Minelor* nr. 10., 1959.
7. Nenitescu C. D. Chimie generală. Introducere în chimia anorganică și chimia fizică. Bucureşti, 1959.
8. Rodionov G. G. Tipurile de corpuri pegmatitice cu mică și evaluarca lor industrială. Autoref. diss. kaud. gheol-mineral. *Referatul jurnal gheologie* nr. 7/1958, p. 177—178 ref. R. 506. *Revista de referale*, nr. 4. 1959.
9. Semenov A. S. Explorarea electrică după metoda cîmpului electric natural. Leningrad 1955. (traducere T.P.E.D.M.N.).
10. Urzacea I. M. O prirode estestvennykh electriceskikh polei voznikaiuscikh nad sulfidnimi mestorojdeniami *Izv. A. N. SSSR* Nr. 9. 1956.

CONTRIBUTIONS À L'ÉTUDE GÉOPHYSIQUE DES PEGMATITES MICACÉES

PAR

S. GH. IORDACHE

(Résumé)

L'auteur présente les recherches entreprises pour la prospection des gisements de mica dans la région de Lotru—Voineasa.

Après les analyses pétrographiques effectuées sur les pegmatites micacées, on expose les phénomènes physico-chimiques qui donnent lieu aux tensions électriques naturelles.

Des recherches effectuées résulte que l'apparition des phénomènes microtectoniques dans la masse des pegmatites suggère la possibilité de la circulation des eaux superficielles au travers les zones à gros cristaux de mica, feldspath, quartz etc. qui peuvent donner lieu aux processus d'altération dans la masse de la roche.

L'altération qui affecte la masse du corps minéralisé crée des lignes de faible résistance mécanique qui engendrent des fractures avec des



déplacements dans la masse de la roche, donc des phénomènes qui soutiennent les processus d'altération surtout dans les zones minéralisées.

Ces processus d'altération donnent lieu aux ions $(OH)^-$ et K^+ en solution, ainsi qu'aux résidus poreux formés de grains fins de SiO_2 logés entre les paquets de mica et de feldspath. La circulation des solutions dans les milieux poreux de la masse des pegmatites micacées donne lieu à des phénomènes electrocinétiques inverses. Les potentiels électriques résultés de ces phénomènes varient de -20 mV à -450 mV. Les pegmatites non minéralisées offrent des conditions peu favorables aux processus d'altération.

L'existence de ces phénomènes est confirmée par les résultats des expériences sur la détermination des tensions électriques naturelles dans les pegmatites micacées. Des mesures expérimentales ont été effectuées sur des corps de minerai connus par des travaux miniers d'exploration ainsi que sur des corps minéralisés déterminés par des prospections géologiques. Ces mesures ont montré que les tensions électriques naturelles minimum (inférieures à -10 mV) correspondent aux corps de pegmatites micacées, tandis que les valeurs entre -10 mV et $+10$ mV aux pegmatites non minéralisées et les tensions supérieures à $+10$ mV, aux gneiss ou micaschistes. Les résultats pratiques obtenus au cours des premières années d'expériences ont permis l'application de cette méthode géophysique aussi dans l'étude des pegmatites micacées des nouveaux périmètres de prospection et d'exploration, tels : à Cataracte—Pîrîul Ursul et Tancu V (1958) et Cataracte—Valea Lotrului et Mănaileasa (1959).

Les mesures effectuées ont permis de mettre en évidence et de poursuivre de nouveaux corps minéralisés et ont fourni des données supplémentaires sur le lever géologique dans les périmètres respectifs, facilitant ainsi une interprétation qualitative et quantitative des périmètres géophysiques anomaux.

L'efficacité de ces mesures a été vérifiée par quelques centaines de travaux miniers. Plusieurs profils des périmètres étudiés, comparés à la courbe des contenus et des aires de mica renfermé dans le corps minéralisé sont pleinement confirmés par les résultats des travaux miniers.

En conclusion, les mesures géophysiques contribuent à la mise en évidence de la forme de distribution régionale des corps micafères, à l'ouverture de la tectonique superficielle des périmètres étudiés et au lever géologique des périmètres.

En vertu de l'amplitude des tensions électriques naturelles négatives, résultées des mesures, on peut calculer aussi la valeur relative pour cent des teneurs en mica.



Les travaux géophysiques vérifiés par des travaux géologico-miniers d'exploration montrent que la valeur moyenne statistique du rapport entre le contenu du corps micafère et la valeur électrique normale est d'environ $1,03 \pm 0,6$ kg/mc⁻¹ mV tandis que le rapport entre la surface moyenne des cristaux de mica et la valeur anomale électrique est d'environ 1,35 cmp/mV.



CERCETAREA ZĂCĂMINTELOR DE MINEREURI DE FIER PRIN MĂSURĂTORI GEOFIZICE DE SONDĂ

DE

S. GH. IORDACHE

ABSTRACT

The Study of Ore Deposits by Well Logging. The author gives a synthesis of the laboratory and field investigations carried out for the application well logging in the exploration of iron deposits from Rumania. The physical features of rocks and the work method completed by original methods (activation method) are shown. According to the methods proposed for the different deposit types, several graphs and quantitative interpretations are stated and exemplified for the investigation of iron ores in exploratory boreholes.

Necesitatea creșterii rezervelor de minerale utile și progresele științelor tehnice actuale, au constituit baza tehnico-științifică de dezvoltare a metodelor geofizice în cercetarea prin sonde a zăcămintelor de minereuri.

În acest fel prin dezvoltarea metodelor geofizice de sondă se trece la un înalt nivel de explorare a zăcămintelor de minereuri, realizându-se pe lîngă o valorificare integrală și în condiții optime a rezervelor minerale și un important progres în nivelul de cercetare a zăcămintelor de minereuri.

Sub această formă inițială de îmbinare a necesităților economice de explorare a zăcămintelor de minereuri de fier sărâce și progresele științelor tehnice ale timpului, a făcut să apară în 1956 în România ideia dezvoltării geofizice de sonde pentru cercetarea minereurilor.

Prin utilizarea unui bogat material științific și experimental din literatura de specialitate [7, 11, 29], prin studii și experimentări de laborator și de șantier, efectuate de către autor, s-a putut trece la aplicarea



Institutul Geologic al României

urrentă a metodelor clasice completate și cu metode originale de geofizică nucleară, metode folosite în găurile de sonde, pentru cercetarea zăcămintelor de minereuri și în special a minereurilor de fier.

În funcție de tipurile de zăcăminte de fier din România autorul exemplifică rezultatele interpretării diagramei geofizice obținute în sonde. Pe lîngă metodica de cercetare stabilită pe tipuri de zăcăminte, s-a căutat să se ajungă treptat la o analiză cantitativă și calitativă a conținuturilor, procentuale în fier.

Rezultatele cantitative și calitative obținute au putut fi exemplificate prin diagramele geofizice complexe obținute în cîteva sonde din perimetrele cercetate.

Metodica geofizică de sondă

Identificarea elementelor minerale utile din roci poate fi realizată numai prin stabilirea valorilor unui număr cît mai mare de proprietăți fizice a rocii.

Precizarea valorilor proprietăților fizice a rocilor se face atât prin intermediul metodelor electrice clasice [7] cît și prin intermediul metodelor de geofizică nucleară [11, 14], metode utilizate curent în cercetarea găurilor de sonde pentru minereuri metalifere.

În România măsurătorile geofizice în găurile de sondă pentru minereuri s-au început de către autor în 1956, primele rezultate obținându-se din șantierele Bălan, Deva, Leșul Ursului, Dognecea și Teliuc.

Metodele utilizate se limitau numai la măsurători de P.S. și rezistivități, metode care necesitau încă multe experimentări pentru interpretarea intervalelor cu mineralizații de fier sau de sulfuri complexe.

Metodele de geofizică nucleară și metodele electrice de cercetare a zăcămintelor de fier prin găurile de sondă au căpătat o extindere importantă în 1958.

Experimentările de laborator s-au efectuat de către autor în cadrul laboratoarelor Universității București și Institutul de Fizică Atomică. În cadrul acestor experimentări s-au efectuat o serie de analize radiometrice asupra radioactivității naturale a rocilor, experimentări asupra anumitor reacții dintre fluxurile de neutroni și substanțele minerale utile, experimentări asupra fenomenelor de retrodifuzie a fluxurilor de cuante gama, experimentări asupra activării unor elemente secundare genetic legate de elementele de cercetat, etc.

Drept rezultat al lucărărilor de laborator și teren, s-au stabilit metodele și condițiile de aplicare a măsurătorilor electrice și nucleare în explorările pentru fier și sulfuri complexe.



Metodele experimentale și utilizate în explorările de minereuri sunt :

- I. Metodele electrice | Metoda cîmpurilor electrice naturale (PS)
 | Metoda rezistivităților electrice (CE)
- II. Metodele nucleare :
- 1. Metoda cîmpurilor de radioactivitate
naturală curba intensităților gama (C γ)
- 2. Metoda cîmpurilor de radioactivitate provocată reprezentată
prin :
 - Metoda (n — γ) [4, 5, 15]
 - Metoda (γ — γ) [2, 8, 20, 22]
- 3. Metoda cîmpurilor de radioactivitate provocată prin [11] :
 - a) Activare continuă cu înregistrarea (Mn⁵⁵, V⁵¹ etc.) (C γ A) [13, 14]
 - b) Activare intermitentă (Mn⁵⁵, Cu⁶⁵ etc.) [1, 23, 28].

Tipuri de zăcăminte de minereuri de fier din România

Din observațiile făcute de autor în urma interpretării diagramei geofizice de sondă și din condițiile geologice de formare a minereurilor în complexul rocilor de cercetat, rezultă că proprietățile fizice ale rocilor devin caracteristice în condițiile țării noastre, numai unui anumit tip de zăcămînt.

În vederea cunoașterii acestor proprietăți fizice caracteristice, se pot urmări cîteva tipuri de minereuri de fier din România.

Minereurile de fier carbonatace. Zăcămintele de fier carbonatace, pot fi urmărite sub forma zăcămintelor sideritice și ankeritice sedimentare-metamorfice sau metamorfice, hidrotermale și sedimentare.

1. Siderita și ankerita Ca (Mg, Mn, Fe) (CO₃)₂ ce aparțin complexului Poiana Ruscă, sunt de origine sedimentară cutată și metamorfozată regional odată cu pachetele de sedimente în care se găseau intercalate¹⁾ [17, 24].

Rocile constitutive ale zăcămîntului sunt reprezentate de faciesul carbonatic, căruia îi aparțin aproape toate varietățile de roci sideritice și ankeritice.

În interiorul maselor de roci carbonatace se întâlnesc frecvent și intercalații de șisturi cristaline formate din șisturi sericito-cuarþoase, din șisturi clorito-sericitoase, cuarþoase, etc.

¹⁾ A. I. Codarcea, N. Petruian. Raport geologic asupra zăcămintelor de fier din Poiana Ruscă, reg. Teliuc-Ghelar. Arh. Comit. Geologic 1942.



În concluzie, interpretarea geofizică a intercalatiilor sideritice și ankeritice din coloanele litologice ale sondelor de explorare din Poiana Ruscă, se va face în raport cu rocile cristaline (șisturi și calcar) ce completează profilul geologic al sondei.

2. Sideritele din Harghita (Vlahița, Lueta, Mădăraș, etc.) s-au format printr-un proces de metasomatoză, respectiv înlocuirea calcarului în rocile carbonatate, cu fierul rezultat din emanațiile vulcanice sau prin levigarea rocilor vulcanice [12]. Astfel în regiunea Harghita peste depozitele sedimentare miocene și pliocene s-au depus formațiuni vulcanice reprezentate prin aglomerate andezitice și tufuri. Apele juvenile încărcate cu CO_2 , continuind să circule, au atacat silicațiile de fier care se găseau în roca eruptivă, a luat fierul și l-a transportat pînă la limita sedimentarului, unde se găseau carbonații de calciu-gresii și conglomerate cimentate cu carbonat de calciu.

Prin înlocuirea cu fierul s-a dat naștere sideritelor.

În afara de mineralizația de la limita eruptiv-sedimentar, în reg. Harghita apar sideritizări și în complexul piroclastic.

În concluzie, sideritele în cazul regiunii Harghita se vor urmări nu numai în porțiunea inferioară a depozitelor sedimentarului, ci și în zonele superioare ale aglomeratelor și tufurilor andezitice, fapt de altfel confirmat și de datele de explorare ¹⁾.

3. Zăcămintele de fier sedimentare au provenit din silicați feromagnezieni, oxizi și alte minerale ale rocilor eruptive, sedimentare și cristaline.

Soluțiile ferice ce iau naștere din aceste roci, datorită agentilor fizici, chimici sau biochimici, sunt reduse în soluții feroase care la rîndul lor reacționează cu carbonatul de calciu formînd siderite.

Aceste siderite pot fi transportate, sedimentate, chiar și cimentate împreună cu argile și nisipuri, formînd importante zăcăminte sedimentare de fier.

Sideritele au luat naștere și din bicarbonatul sau sulfatul fieros care a fost depus pe fundul mărilor cu mîluri feruginoase sub formă de geluri. Astfel s-au format benzi continui de siderite pe care astăzi le întîlnim în șisturile sau calcarele intercalate între stratele de cărbuni din valea Jiului, Doman și Anina.

¹⁾ M., Bălteanu N. Catană, S. Gh. Iordache. Raport geologic privind lucrările de explorare executate în regiunea Vlahița – Lueta 1959. TPEDMN – M.M.E.E. București.

Minereuri de oxizi de fier. Minereurile tipice de oxizi de fier sunt : limonitul, hematitul și magnetitul.

Limonitul provine din oxidarea sideritului și a ankeritului și se găsește în asociație cu oxizi de mangan.

Pentru cazul zăcămintelor noastre din Poiana Ruscăi, limonitul îl găsim în zonele de oxidare ale sideritelor și ankeritelor formând pălăria de fier a zăcămintelor.

În general, limonitzări ușoare se constată chiar și pe corpurile de siderit situate sub nivelul hidrostatic (400 – 500 m) și nu numai în zonele de oxidație.

Pentru corpurile sideritice situate în adâncime, gradul lor de limonitzare, este mult mai redus.

Totuși limonitzări se pot întîlni frecvent și pe corpurile sideritice pînă la adâncimi de 4–500 m atît în zăcămintele din Poiana Ruscăi, cît și în zăcămintele din Harghita.

Dar singurele zăcăminte exploataabile de limonit sunt zăcămintele ce constituie pălăria de fier a sideritelor din Poiana Ruscăi.

Restul limonitzărilor sunt urmărite numai pentru identificarea celorlalte tipuri de minereuri de fier și anume pentru siderite și hematite.

Hematite și magnetite sunt minereurile cu conținuturile cele mai ridicate de fier, variind în limitele de la 50–72,4% Fe. Zăcămintele acestor tipuri de minereuri din țara noastră sunt principal de origine sedimentar-metamorfică.

Atât magnetitul cît și hematitul a rezultat în urma deshidratărilor hidroxizilor de fier care s-au format în rocile sedimentare în decursul proceselor exogene, în condițiile unui mediu reducător.

Astfel s-au format unele zăcăminte stratiforme sau lentiliforme de minereuri magnetitice și hematitice din Poiana Ruscă, care se găsesc localizate în complexul de șisturi cristaline cuarțito-cloritoase alternând uneori și cu șisturile grafitoase. Hematite se întâlnesc și sub formă de cuarțite feruginoase și șisturi cu itabirit, care au luat naștere prin deshidratarea zăcămintelor sedimentare de limonit la temperaturi și presiuni ridicate.

Șisturile cu itabirit și cuarțite feruginoase pot conține uneori corperi sau stratificații cu hematite compacte.

Caraetere fizice reprezentative ale zăcămintelor de minereuri de fier din România

Caracterul fizic al unei roci este determinat de natura petrografică a minereurilor constitutive — textura și structura rocilor.



De exemplu, rezistivitățile sideritelor metamorfice se înscriu pe diagrama cu minime de cca $25-80 \Omega \text{ m}$ față de maximile rezistive de $450-7000 \Omega \text{ m}$ ale calcarelor cristaline.

Nu tot aşa putem urmări fenomenul pentru zăcăminte de tip Harghita; mineralizația deși își menține valorile de rezistivitate (de la $25-80 \Omega \text{ m}$) apare de astădată înregistrată cu maxime față de rezistivitățile scăzute ale aglomeratelor andezitice sau a sedimentelor înconjurătoare a căror valoare variază sub $25 \Omega \text{ m}$.

Interpretarea corectă în aceste cazuri este justă numai pe baza analizării caracterelor fizice reprezentative pe tipuri de zăcăminte obținute în laborator, experimentări de teren și din corelări ale diagrameilor geofizice cu datele carotajului mecanic. Din urmărirea acestor stadii de cercetare de către autor se pot prezenta următoarele concluzii :

Potențiale electrice naturale. În cuprinsul intervalelor cu mineralizații de fier apare în general o creștere a potențialului electric natural. Această creștere de potențial electric din minereurile de fier, este datorită proceselor electro-chimice, de oxidare și reducere.

Fierul din magnetite și hematite (Fe^{+2} și Fe^{+3}) având două stări de valențe deosebite, într-un mediu acid, formează un sistem simplu oxido-reductor.

Prin acceptarea de electroni e , Fe^{+3} suferă fenomenul de reducere încarcindu-se pozitiv.

Datorită stratului dublu electric format la suprafață se stabilește un salt de potențial (e^{2+}).

Invers, cînd Fe^{2+} cedează electroni, suferă fenomenul de oxidare, încarcindu-se negativ.

Potențialul electric de reducere și oxidare este în funcție de puterea de reducere și oxidare a pilei naturale ce reprezintă tocmai diferența dintre potențialul pozitiv rezultat în urma fenomenului de reducere și potențialul negativ rezultat în urma fenomenului de oxidare,

adică :

$$E = e^+ - e^-$$

În înregistrările efectuate pe coloanele sondelor de explorare, existența potențialelor de oxido-reducere caracteristice zăcămintelor de minereuri de fier, identifică prezența corpului de zăcămînt și caracteristicile sale geometrice și fizice (adîncime, grosime, stare de alterare, etc.).

În fig. 1 se evidențiază prezența tensiunilor electrice naturale de valori caracteristice fiecărei din stratele indicate cu mineralizații de



siderită ($20-32\%$ Fe). În intervalul 1 și 2 tensiunile electrice sunt cuprinse între: $+65$ și $+75$ mV, și între $+75$ și $+100$ mV.

Lipsa tensiunilor electrice naturale din intervalul 3 este justificată atât de conținuturile slabe de magnetită din rocă cât și datorită lipsei alterărilor din masa lor.

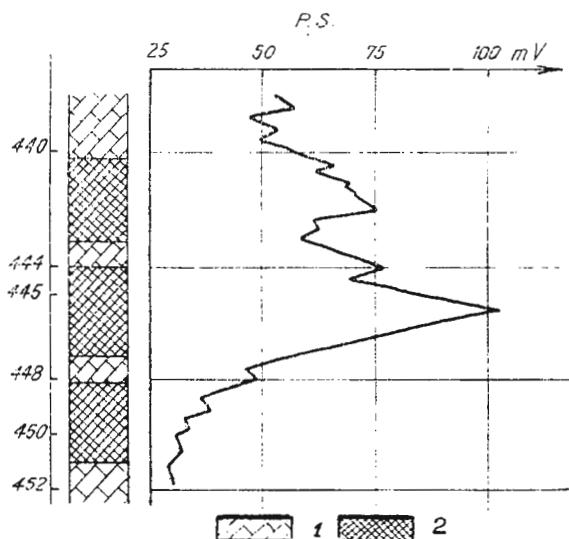


Fig. 1. – Tensiuni electrice naturale identificate pe mineralizațiile de fier din sondă (Teliuc)¹⁾

1. calcare; 2. siderite cu $20-30\%$ Fe.

Din cazul celui de-al treilea strat rezultă că nu totdeauna rocile cu concentrație redusă de minereu de fier pot prezenta fenomene electrochimice de oxidare.

Fig. 2 reprezintă curba tensiunilor electrice naturale pe două intercalații cu magnetite. Valoarea tensiunilor cuprinsă între $+55$ și $+70$ mV indică grosimile intercalațiilor indicate și prin probele de carotaj mecanic.

Valorile ridicate ale tensiunilor electrice naturale măsurate pe intervalele de magnetite, se pot observa și pe coloana sondei din fig. 3.

Pentru intervalul mineralizat valorile PS variază între $+80$ mV și $+95$ mV, fiecare intercalație reprezentând o anumită tensiune electrică naturală.

¹⁾ Pentru toate figurile din text, o singură coloană din figură reprezintă coloana sondei interpretată geofizic, iar pentru figurile cu două coloane, prima coloană, reprezintă coloana geologică, iar a doua reprezintă coloana geofizică.

Important este cazul limonitelor. Tensiunile electrice înregistrate pe corpurile limonitice sunt destul de slabe și în general cu variații ușoare ale valorilor între +25 mV și +35 mV, tensiuni care nu pot preciza prea mult intervalul limonitizat din interpretarea curbei PS.

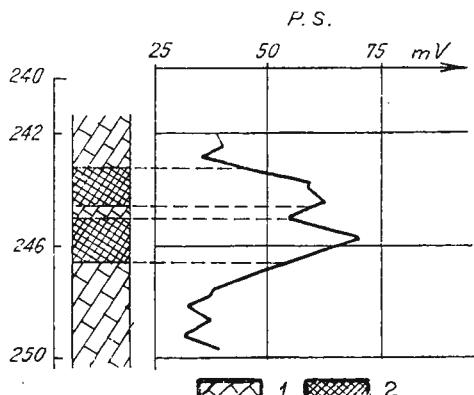


Fig. 2. — Tensiuni electrice naturale identificate pe două intercalații cu mineralizații de magnetită cu 26% Fe din zăcămîntul Teliuc.

1, calcar; 2, mineralizații cu magnetită.

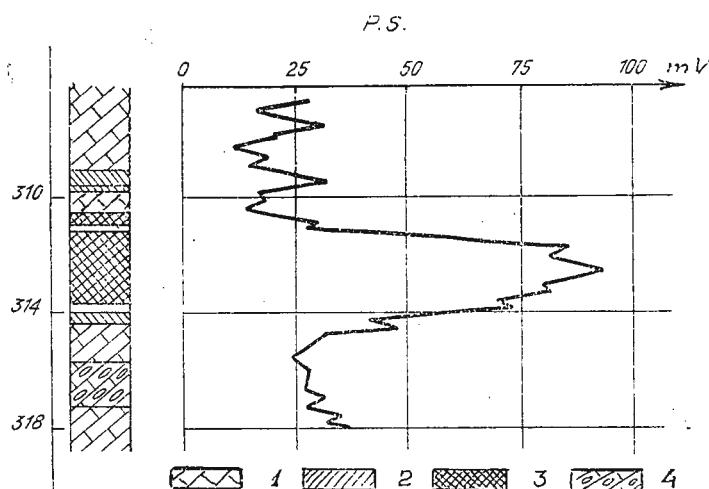


Fig. 3. — Tensiuni electrice PS identificate pe intervale cu mineralizații de magnetită (35% Fe) (Poiana Ruscaii).

1, calcare; 2, mineralizații slabe de siderit și magnetit; 3, magnetite; 4, ankerite.

În mineralizațiile sideritice și ankeritice, tensiunile electrice naturale se creează tot datorită fenomenelor electrochimice de oxido-reducere, valurile acestor tensiuni variind în raport direct cu porozitatea rocilor mineralizate și stadiul fenomenului de oxidare.

În porțiunile superioare ale zăcămintelor sideritice ca și la contactul cu rocile poroase, valorile relative ale tensiunilor electrice naturale pot varia între valorile $+5 - +125$ mV.

Desigur că, conținutul în limonită variază și cu compactitatea pachetelor sideritice.

Cum în general carbonații de fier prezintă o porozitate redusă (2–10%), permite cu greu soluțiilor să pătrundă în masa lor. Totuși, în urma oxidărilor potențiale electrochimice formate, se prezintă cu valori mai ridicate decât ale potențialelor corespunzătoare șisturilor clorito-

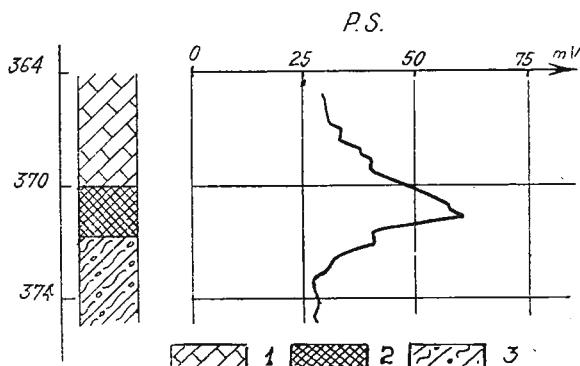


Fig. 4. — Tensiuni electrice PS identificate pe mineralizații sideritice cu 32 % Fe de la contactul dintre calcare și șisturi (Poiana Rusca).

1, calcare; 2, mineralizații sideritice; 3, șisturi clorito-sericitoase.

sericitoase sau a calcarelor unde fierul este prezent în conținuturi extrem de reduse.

În fig. 4 curba PS evidențiază intercalarea de siderite dintre calcarale nemineralizate și șisturi. În aceste condiții prin creșterea porozităților datorită șisturilor și a limitei calcare-șisturi se pot crea condiții mai favorabile formării potențialelor electrochimice.

În fig. 5 se confirmă existența unor potențiale electrice naturale ce oscilează între $+80$ și $+112$ mV, datorită gradului înaintat de oxidare a sideritelor.

Nu același lucru se poate întâmpla cu o intercalare de ankerită din intervalul 315,60–317,20 (fig. 3) care fiind compactă și cu un conținut redus de fier, n-a dat posibilitatea oxidărilor din masa rocilor mineralizate.

Cum, în general, rocile adiacente sideritelor posedă conținuturi foarte scăzute, chiar la o porozitate mare, tensiunile electrice naturale

formate vor prezenta amplitudini scăzute față de amplitudinile mari ale tensiunilor electrice naturale ale sideritelor limonitizate (fig. 5).

Astfel, zonele mineralizate se evidențiază în general prin valorile de maxim ale tensiunilor electrice naturale.

Există și posibilități de eronare în interpretările geofizice ale PS-ului, mai ales în cazul cînd apar intercalații de șisturi grafitoase.

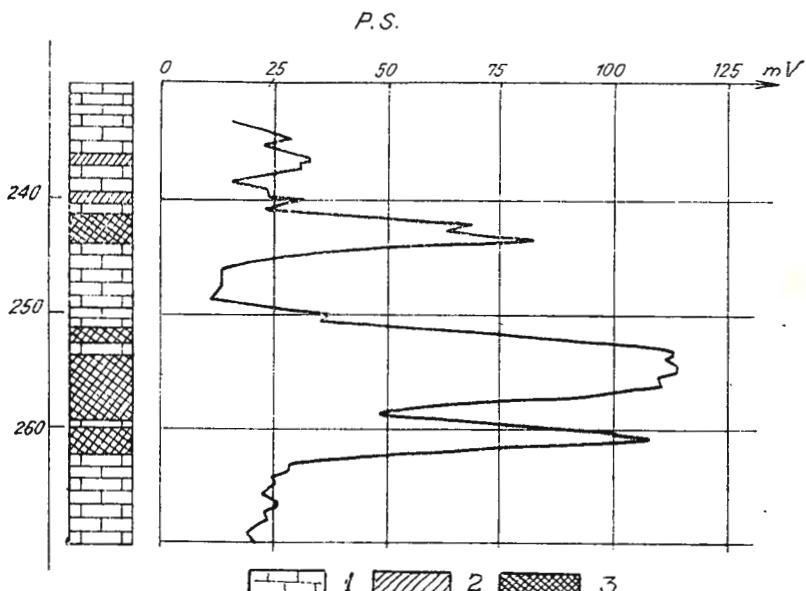


Fig. 5. — Tensiuni electrice PS identificate pe intervale cu mineralizații sideritice și magnetitice (40–45 %) Fe (Poiana Ruscăi).
1, calcar; 2, mineralizații de fier sărace; 3, magnetit și siderit.

Pentru cazurile mineralizațiilor de tip Vlăhița (Lueta), interpretarea tensiunilor electrice naturale apare puțin mai deosebită.

Prin faptul că tufurile vulcanice cuprind în masa lor limonitzări ușoare (1–6 % Fe), tensiunile electrice naturale sunt relativ ridicate, în special în intervalele superioare ale tufurilor și mai puțin în zona contactelor vulcanic-sedimentare.

Mai mult chiar, apariția mineralizațiilor de nisipuri sideritice, în special pe intervalul contactelor vulcanic-sedimentar, sau apariția în sedimentar și sub contactul vulcanic-sedimentar al nisipurilor, conglomeratelor și pachetelor de gresii poroase, creează posibilități mai mari de formare a tensiunilor electrice naturale de oxidoreducere, tensiuni mai

ridicate decît tensiunile de oxido-reducere din mineralizări și cu treceri în maxim mai brusce.

Prin trecerile brusce în maximum a tensiunilor de oxidoreducere, se creează posibilitatea de separare a maximelor de tensiuni electrice naturale, datorită mineralizărilor, de maximile tensiunilor, din cauza porozităților nisipurilor.

În aceste cazuri interpretarea utilului se face ținând seama de forma curbei potențialelor electrice naturale (variațiile brusce ale curbei, amplitudinile maximelor, etc.).

Totuși potențialele de oxidoreducere ne pot fi de folos în interpretarea geofizică pentru cazul cînd se mai cunosc și alte date fizice, obținute prin alte procedee geofizice.

Ankeritele făcînd trecerea de la calcare la siderite, prezintă în general un conținut redus de fier cu porozități apropiate de ale calcarelor și cu structuri compacte. În aceste condiții alterarea lor este redusă la maximum.

În găurile de sondă pentru explorare, le vom întîlni totuși cu tensiuni electrice naturale mai ridicate decît ale calcarelor sterile dar mai reduse decît tensiunile corespunzătoare sideritelor limonitizate.

În concluzie, cunoașterea tensiunilor electrice naturale dintr-o coloană litologică ne va conduce numai la :

a) Stabilirea intervalor bogate în mineralizații de fier numai pentru anumite tipuri de zăcăminte.

b) Confirmarea tipului de mineralizație de fier în raport cu alte caracteristice fizice : rezistivitate, densitate, porozitate, etc.

c) Stabilirea în mod aproximativ a gradului de oxidare a rocii și a anumitor condiții microtectonice ce pot da naștere oxidărilor.

Rezistivitatea. Variația conținutului de fier ca element conductibil în masa rocii contribuie, prin interpretare, la diferențierea rocilor utile de rocile sterile și în special la stabilirea unor limite din coloana litologică.

a) Procentajul ridicat de fier din minereurile de oxizi de fier (limonită 35—40% fier, magnetit și hematit 50—72,4%) îi mărește cu mult conductibilitatea electrică.

Pentru magnetitele situate în calcare cristaline, conductibilitatea — respectiv rezistivitatea lor electrică — apare cu mult mai proeminentă.

De altfel, o diferență sesizabilă poate fi observată chiar și față de celelalte roci șistoase — și chiar și în cazurile cînd conțin diseminări ușoare de magnetite în masa lor.

În vederea valorificării rezistivității lor, rezultate din înregistrări în sonde pentru zăcăminte de tip Poiana Rusca, s-au stabilit următoarele date rezistivimetriche :

	$\Omega \text{ m}$
Magnetit	$\frac{50 \% \text{ Fe}}{1 - 25}$
	40 % Fe
Impregnații de magnetit	15 — 80
Limotit	80 — 375
Calcar	100 — 200
Şist cuarțito-cloritos	300 — 8 000
	50 — 2 000

După cum se poate observa, micșorarea conținuturilor de magnetită din rocile calcaroase sau sisturi măresc sensibil rezistivitățile specifice.

Din înregistrările rezistivităților în sonde, putem urmări o serie de date cu privire la intervalele mineralizate și anume :

În fig. 6 intercalațiile mineralizate de magnetită ies mai mult în evidență prin valorile de minim ale rezistivităților de 30—55 $\Omega \text{ m}$, decit prin valorile curbei PS.

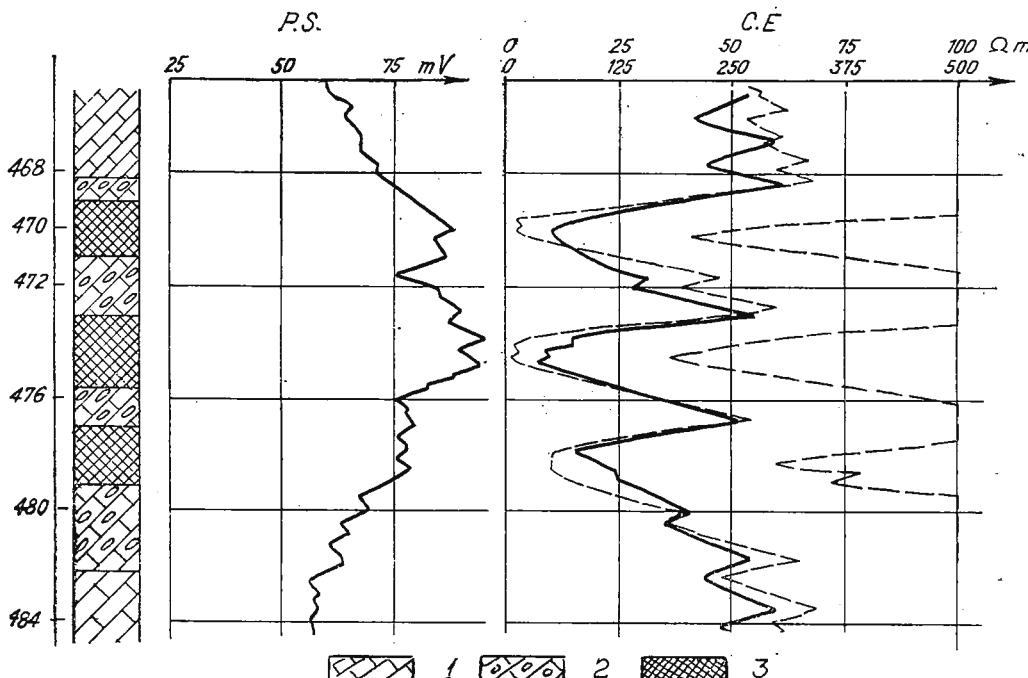


Fig. 6. — Măsurători electrice PS și rezistivitate aplicate pentru identificarea mineralizațiilor de magnetite (40—45 % Fe) din Poiana Rusca.

1, calcare; 2, siderite și ankerite; 3, magnetite.

Conținuturile importante de magnetit din rocă creează o conductibilitate electrică optimă. Rezistivitățile acestor intervale, după cum se observă și în figură, imprimă un caracter cu totul deosebit față de valoarea medie a rezistivităților date de calcarele nemineralizate.

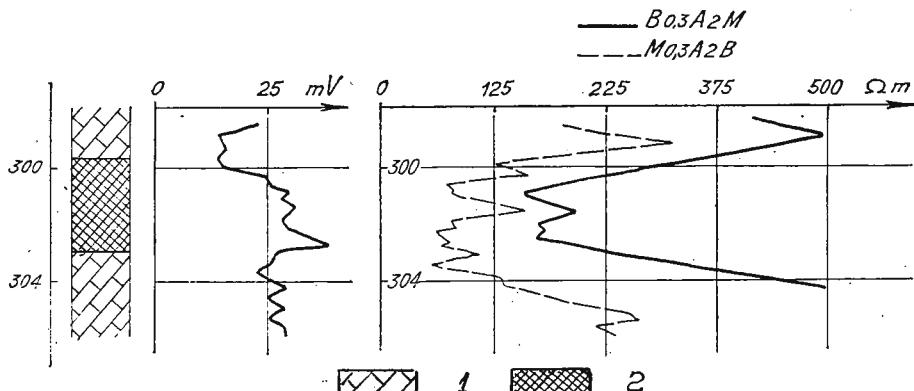


Fig. 7. — O intercalație sideritică limonitizată identificată prin metodele electrice într-un pachet de calcare (Poiana Rusca).

1, calcare ; 2, siderite limonitizate.

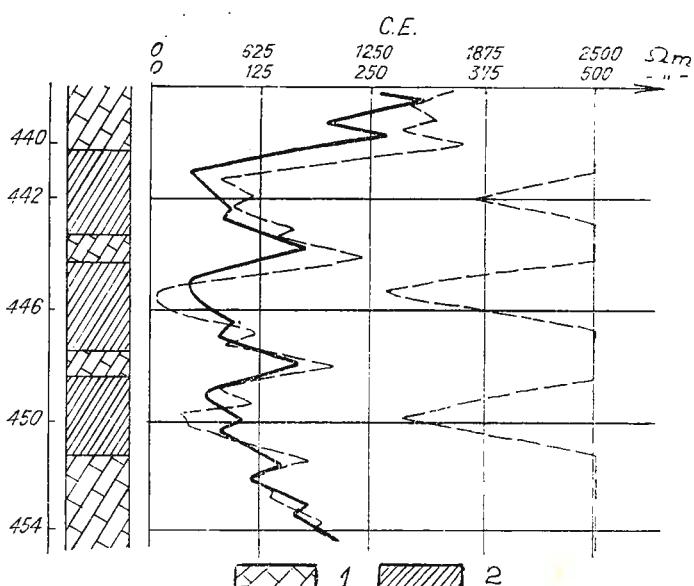


Fig. 8. — Curbe de rezistivitate corespunzătoare unor intercalații limonitice cuprinse într-un banc de calcare (Teliuc).

1, calcare ; 2, limonite.

De remarcat este că intercalațiile se suprapun aproximativ pe aceleași intervale cu ale tensiunilor electrice naturale de maxim. Rezistivitățile aparente minime ($30 \Omega m$) corespunzătoare conținuturilor celor mai ridicate de fier, corespund valorilor PS de maxim ale aceleiași intercalații, iar valorile de rezistivitate mai ridicate, corespunzătoare intercalației mineralizate inferioare, corespund valorilor PS de maxim mai redus al aceleiași intercalații mineralizate. Din cele indicate rezultă corespondența dintre conținutul de element mineral din rocă și valorile caracteristicilor electrice : rezistivități și PS.

Chiar și în cazul mineralizațiilor cu conținuturi de fier mai reduse, cum este cazul sideritelor limonitizate și limonitelor (fig. 7 și fig. 8) valorile rezistivităților aparente variază între $50 - 180 \Omega m$ și corespund valorilor de PS maxim corespunzătoare acelaiași interval mineralizat.

b) Sideritele având un conținut ridicat de fier (pînă la 45% fier) vor prezenta o rezistivitate redusă față de calcarele cristaline nemineralizate a căror rezistivitate atinge valori și de ordinul a $7000 - 8000 \Omega m$.

Asupra rezistivităților specifice pe tipuri de roci se pot prezenta următoarele date :

Zăcămîntul Poiana Rusca

Siderite 25 – 40 % Fe	20 – 375 Ωm
Ankerite 18 – 25 % Fe	100 – 375 Ωm
Calcare cristaline nemineral.	300 – 8 000 Ωm
Calcare ușor limonitizate	100 – 600 Ωm
Șisturi clorito-sericitoase	50 – 2 000 Ωm
Șisturi grafitoase (grafit – 8 %)	10 – 200 Ωm
Șisturi cuarțitice	200 – 2 000 Ωm

Zăcămîntul Vlăhița

Siderite	10 – 150 Ωm
Aglomerate sideritice	30 – 150 Ωm
Gresii sideritice	20 – 125 Ωm
Tufuri andezitice	150 – 500 Ωm
Andezite piroxenice	80 – 250 Ωm
Conglomerate tufogene	10 – 50 Ωm
Argile	10 – 25 Ωm
Gresii	80 – 200 Ωm

Sideritele din cîmpurile carbonifere (valea Jiului și Banat)

Siderite	2 – 150 Ωm
Calcar	150 – 2 500 Ωm
Cărbunc	25 – 150 Ωm
Gresii	100 – 1 500 Ωm
Argile	5 – 150 Ωm



Diferențierea tipurilor de roci pe baza datelor de rezistivitate se poate face în condiții optime pentru zăcăminte de carbonați de fier din Poiana Ruscă.

În fig. 9 se pot urmări rezistivitățile minime 125 Ωm ÷ 300 Ωm , respectiv o conductivitate ridicată a sideritelor, datorită conținuturilor ridicate de fier, existente în roca măsurată.

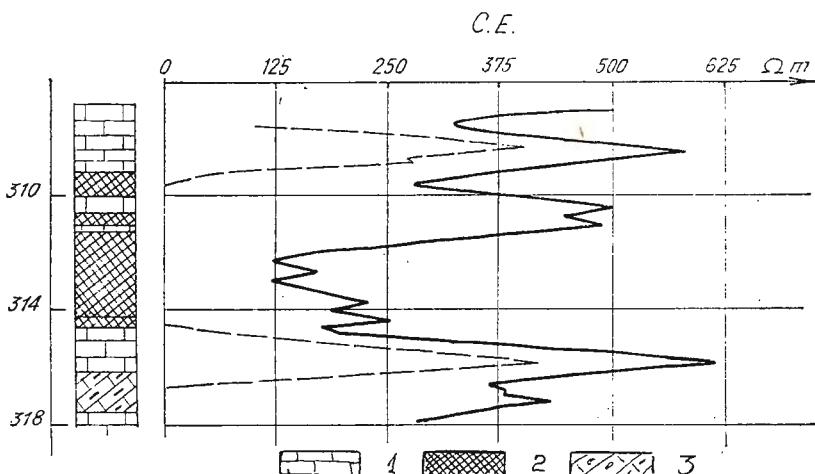


Fig. 9. — Curbele de rezistivitate corespunzătoare unor intercalații sideritice și ankeritice (30–40 % Fe). Teliuc.

1, calcare ; 2, siderite ; 3, ankerite.

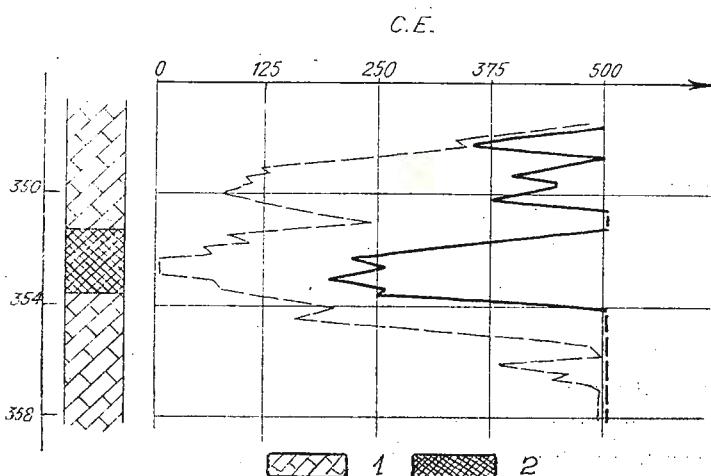


Fig. 10. — Curbele de rezistivitate corespunzătoare unor intercalații sideritice (25–30 % Fe). Teliuc.

1, calcare ; 2, siderite.

Aceleași raporturi dintre valoarea rezistivităților utilului și cele ale sterilului se întâlnesc și în fig. 10 și 11.

Separarea rocilor sideritice de cele ankeritice prin interpretarea datelor electrice de rezistivitate se poate observa în fig. 11.

Rezistivitățile minime ale sideritelor sunt de ordinul a $90-100 \Omega\text{m}$, iar rezistivitățile ankeritelor sunt de ordinul a $250 \Omega\text{m}$.

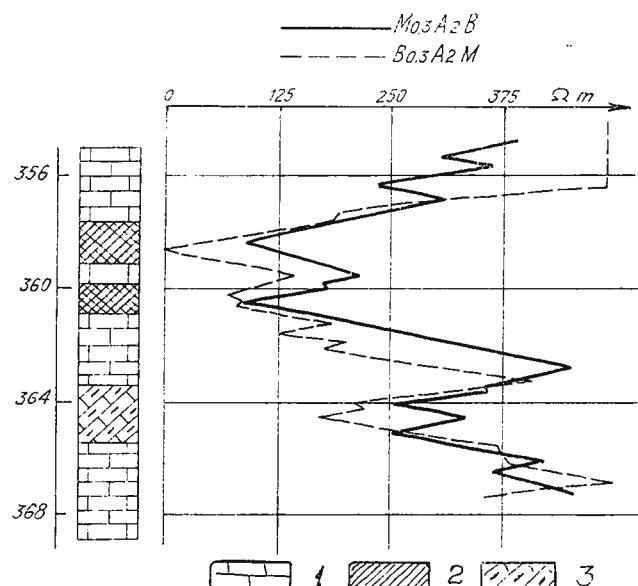


Fig. 11. — Curbele de rezistivitate electrică corespunzătoare intercalațiilor sideritice și ankeritice.

1, calcar; 2, siderit; 3, ankerit.

O problemă dificilă în interpretarea numai pe baza datelor de rezistivitate este problema separării ankeritelor de șisturile clorito-sericitoase sau de calcare ușor mineralizate.

În fig. 12 se prezintă o intercalație de calcare ankeritică cuprinse între șisturile clorito-cuartițo-sericitoase.

Conținutul de fier foarte scăzut din intervalul ankeritizat a creat o rezistivitate aparentă de $80-150 \Omega\text{m}$, rezistivitate a cărei valoare este apropiată de a șisturilor din culcușul pachetului de calcare.

Nu același lucru se poate întâlni în interpretarea complexului de roci din zăcămîntul Lueta.

Deasupra limitelor sedimentarului în eruptiv, tufurile andezitice și andezitele pot prezenta rezistivități de 1,5-3 ori mai ridicate, decât a

conglomeratelor sideritice iar la limita și sub limita eruptiv — sedimentar, valorile rezistivităților rocilor sterile (argile, micro-aglomerate, etc.) să fie mult inferioare rezistivităților sideritelor.

Deci, în eruptiv, sideritele le întâlnim sub formă de rezistivități medii între rezistivitățile tufurilor și ale conglomeratelor iar în sedimentar le întâlnim sub formă de maxime de rezistivitate.

În cîmpurile carbonifere, sideritele la fel se pot urmări, pentru valorile medii de rezistivitate cuprinse în aceleasi limite $25-150 \Omega\text{m}$,

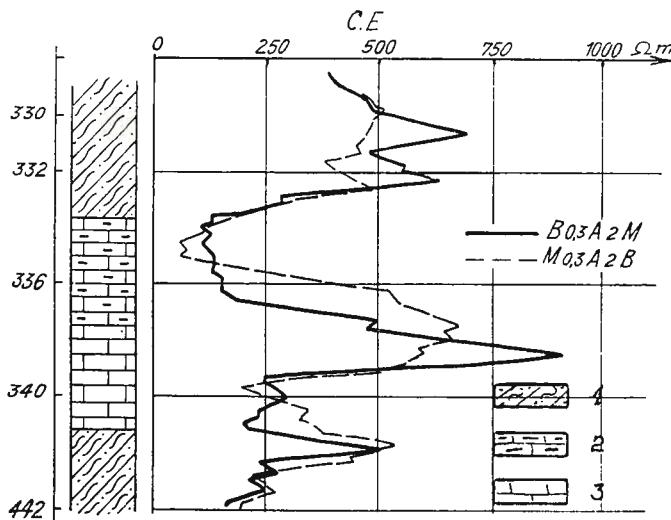


Fig. 12. — Rezistivități electrice corespunzătoare unui interval cu calcare ankeritic.

1, șisturi clorito-sericitoase ; 2, calcare ankeritic ; 3, calcare.

reprezentind aceleiași dificultăți de interpretare ca și în intervalul eruptiv din zăcămîntul Lueta.

Radioactivitatea naturală. Elementele radioactive, U, Th și.a. se pot întâlni în asociații disperse în rocă sau în asociație cu minereurile meta-lifere [27].

În majoritatea cazurilor, conținuturile de elemente radioactive rămîn specifice pentru anumite tipuri de roci, fapt care îngăduie și o interpretare a intervalelor din coloana litologică a sondei, pe baza conținuturilor elementelor radioactive din rocă.

Pentru cazul zăcămintelor de oxizi de fier, în special pentru hematite și magnetite, prin conținuturile lor importante în fier, prezintă condiții suficiente de existență a asociațiilor disperse de elemente radioactive.

În vederea valorificării caracteristicii de radioactivitate naturală, s-au efectuat măsurători pentru stabilirea valorilor de radioactivitate specifică pe tipuri de roci din coloana litologică a unor sonde de explorare a minereurilor de fier. Intensitatea gama-naturală stabilită de autor pe unitate de volum de rocă este următoarea :

Magnetit Tehuc	(2 ÷ 8)	imp/minut/cmc
Magnetit cu scarn	(6 ÷ 17)	„
Magnetit în serpentine	(4 ÷ 12)	„
Hematit	(2 ÷ 3)	„
Limonită manganiferă	(2 ÷ 6)	„
Calcar	0	„
Şist cloritos	(16 ÷ 20)	„
Şist cuarțos	(8 ÷ 15)	„

Important de remarcat este faptul că conținutul de elemente radioactive din roci crește aproximativ cu creșterea conținutului de elemente grele din rocă, respectiv cu creșterea conținutului în fier.

Pentru cazul zăcămintelor de cercetat, intercalăriile de oxizi de fier apar în înregistrările gama-natural prin valori medii, corespunzătoare de altfel radioactivității naturale stabilite pentru zăcămintele de oxizi de fier [9, 13, 27] și pe cale de laborator.

Radioactivități ridicate se înregistrează în special pentru șisturile cristaline cloritoase — cuarțoase care uneori limitează corpurile de minereuri oxidice și a căror radioactivitate reprezintă maxime care în majoritatea cazurilor sunt cu mult superioare intervalelor mineralizate.

Nu același lucru se întâmplă și în cazul calcarelor și dolomitelor. Radioactivitatea lor naturală se identifică în înregistrările din sondă prin valori de minim pronunțate.

Copurile de magnetită cuprinse în calcare pot fi scoase ușor în evidență prin diferențierea ce apare între maximele de radioactivitate ale magnetitelor și minimele de radioactivitate corespunzătoare calcarelor.

Nu aceeași diferențiere o putem avea și pentru magnetite din șisturi cloritoase, a căror radioactivitate este similară.

Urmărind cîteva din rezultatele înregistrărilor de radioactivitate naturală în sondă se pot evidenția o serie de exemple de interpretare. Diferențele de valori ale radioactivității naturale dintre diferite roci (șisturi, calcare sau marne), permit o interpretare justă a limitelor de strate, interpretare asupra naturii rocilor, compoziție petrografică, adîncime, etc.

În fig. 13 se poate evidenția limita dintre calcare ankeritice și șisturi.

Valorile de radioactivitate de 300 imp/minut corespunzătoare rocilor carbonatați se diferențiază mult față de valorile de 850—1100 imp/minut.



ale șisturilor. Prin diferențierea datelor de înregistrare se poate trece la precizarea limitelor de intercalări din coloana litologică a sondei, se poate indica natura rocilor în funcție de valoarea radioactivității naturale (calcareale corespunzând minimelor, șisturile corespunzând maximelor de radioactivitate).

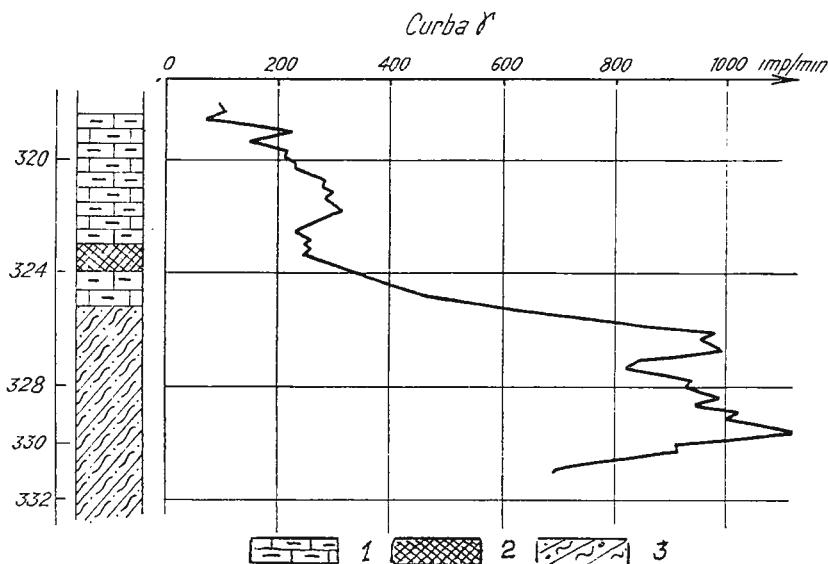


Fig. 13. — Limită de separație dintre calcare și șisturi clorito-sericitoase, identificată prin măsurarea radioactivităților gama naturale.

1, calcare ankeritic; 2, siderite; 3, șisturi clorito-sericitoase.

Dintr-o diferență similară de valori, adică dintre valorile radioactivităților marnelor și calcarelor cristaline, se poate stabili și adâncimea contactului litologic dintre sedimentar și cristalin, cum este exemplificat în fig. 14.

În aceeași figură, apariția unei intercalării de magnetită apare ușor diferențiată din fondul radioactiv al calcarelor.

Același contact între șisturi și intercalăriile de magnetită sunt indicate de curba gama din fig. 15.

Impregnațiile reduse de magnetită datorită conținuturilor slabe de fier prezintă și o radioactivitate scăzută.

Nu același lucru se poate întîlni în fig. 16.

Intervalul $242^{25} - 243^{30}$ m cu mineralizație în magnetit, prezintă pentru porțiunea superioară o radioactivitate ridicată (900—1000 imp/min), interval verificat prin carotajul mecanic.

Mai mult chiar, din aceeași figură se poate observa pe lîngă variația elementului mineral pe coloană și o variație a conținutului de elemente radioactive din rocă, așa cum reiese din intervalul :

242,35—243,80 cu 900—1000 imp/minut și intervalul
244,35—245,75 cu cca 100 imp/minut.

Curba δ'

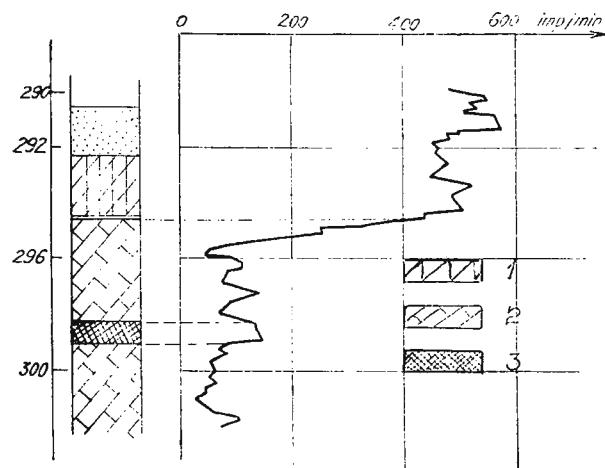


Fig. 14. — Identificarea limitei neogen-cristalin (marne-calcare) prin metoda radioactivității gamma-naturală.

1, marne; 2, calcare; 3, magnetite.

Curba δ'

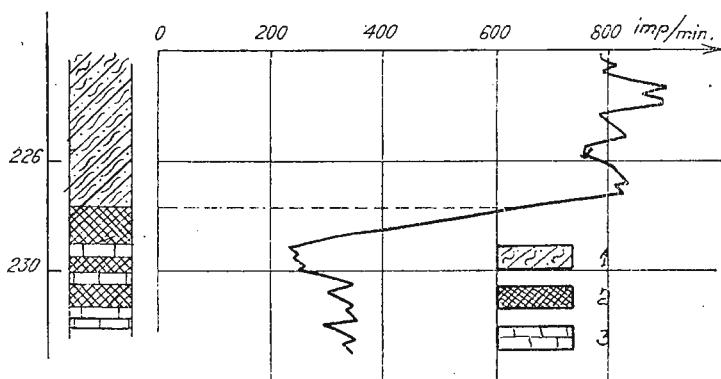


Fig. 15. — Limita dintre șisturi clorito-sericitoase și calcare cu magnetită, stabilită pe baza radioactivităților naturale.

1, șisturi cloritoase; 2, magnetite; 3, calcare.

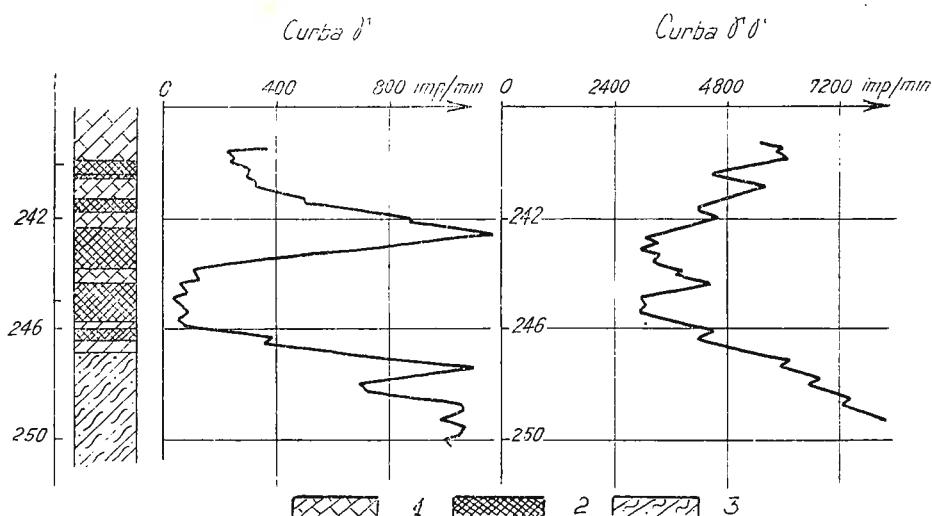


Fig. 16. — Intervale cu mineralizații de magnetite cu radioactivități naturale crescute.
1, calcar. 2, magnetite; 3, sisturi.

Rezultă că metoda gama-natural nu poate da totdeauna indicații suficiente în ceea ce privește diferențierea după conținuturi a unei intercalații magnetice dintr-un complex de calcare.

Date relative asupra valorilor de radioactivitate s-au precizat prin măsurările de laborator și pentru minereurile de fier carbonatate cît și pentru rocile adiacente :

Siderită	(0 ÷ 3) imp/minut/cm ²
Ankerită	(0 ÷ 2) „
Calcar	(0 ÷ 2) „
Şist cuarțos	(8 ÷ 15) „
Şist cloritos	(16 ÷ 20) „
Tuf andezitic	(6 ÷ 10) „

După cum se poate observa, cu ajutorul datelor relative asupra radioactivității naturale a rocilor, se poate trece la interpretarea rocilor constituite din carbonați, roci caracterizate prin radioactivități minime, cît și la stabilirea intervalor rocilor vulcanice sau șistoase, roci ce corespund radioactivităților maxime.

Important de remarcat este faptul că conținutul de elemente radioactive din roci crește aproximativ cu creșterea conținutului de elemente grele din rocă, respectiv cu creșterea conținutului în fier.

De exemplu :

Siderită	$20 \div 25\%$	Fe $0 \div 1$	imp/minut/cm ²
Siderită	$25 \div 40\%$	Fe $1 \div 3$	"
Siderită limonitzată	$40 \div 45\%$	Fe $2 \div 5$	"

În fig. 15 curba γ natural scoate în evidență intervalele calcaroase mineralizate sau nemineralizate prin valori de minim (200—400 imp/minut) și intercalăriile de sisturi prin valori de maxim (700—1000 imp/minut).

De altfel diferențierea intervalelor calcaroase de intervalele sistoase se poate observa și în fig. 16.

Pentru zăcămîntul Harghita radioactivitățile naturale minime ale sideritelor se evidențiază clar dintre radioactivitățile relativ ridicate ale tufurilor și conglomeratelor andezitice.

Diferențierea radioactivităților corespunzătoare sideritelor de radioactivitățile corespunzătoare tufurilor sunt cu atât mai pronunțate cu cît conținutul de fier este mai ridicat.

Pentru conținuturi de fier mai mari de 15%—20%, valoarea de minim a radioactivității naturale a sideritelor (300—400 imp/minut) se diferențiază mult mai bine de valorile radioactivităților naturale de maxim (600—900 imp/minut) ale tufurilor vulcanice (fig. 34).

Trebuie precizat însă că amplitudinea valorilor minime ale radioactivităților naturale, corespunzătoare sideritelor, în afară de conținutul de fier, mai depind și de grosimea intercalării mineralizate și natura rocilor din culcușul și coperișul intercalăriilor mineralizate.

Intercalăriile subțiri de util cuprinse în andezite sau tufuri vor prezenta minime în valoare absolută mult mai ridicate decât ale intercalăriilor groase de siderită cuprinse între conglomerate de tufuri și andezite și sedimentar (gresii argiloase), cum se prezintă intercalăția sideritică din fig. 36 curba γ natural.

Pentru cazul intercalăriilor de util cu conținuturi reduse de fier și cuprinse în aglomeratele andezitice, radioactivitatea naturală poate fi cuprinsă în limitele 350—450 imp/minut, față de fondul radiațiilor gama de cca 800 imp/minut ale rocilor înconjurătoare, cazuri frecvent întâlnite la zăcămîntul Vlăhița.

Sideritele cuprinse în stratificațiile cîmpurilor carbonifere se caracterizează prin aceleași valori de minim pronunțat, bine înțeles cu valori comparative cu ale calcarelor nemineralizate în corpul căror se găsesc ca intercalării.

Greutatea specifică (densitatea). Zăcămîntele de elemente utile se diferențiază de rocile înconjurătoare și prin greutatea lor specifică.



Pentru aceeași unitate de volum, rocile utile constituite din elemente cu greutate atomică ridicată, ca :

$$\begin{array}{ll} \text{Fe} - 56 \text{ g/cm}^3; & \text{Mn} - 55 \text{ g/cm}^3 \\ \text{Cr} - 52 \text{ } ", & \text{Ni} - 58 \text{ } " \end{array}$$

se diferențiază de rocile sterile formate din elemente cu greutate atomică mică, de exemplu :

$$\begin{array}{ll} \text{Ca} - 40 \text{ g/cm}^3; & \text{Al} - 27 \text{ g/cm}^3 \\ \text{Mg} - 24 \text{ } ", & \text{Si} - 28 \text{ } " \end{array}$$

Aceleași diferențieri de roci pe baza greutăților specifice reies și din tabelul rocilor întâlnite în coloana litologică a unei sonde de explorare a zăcămintelor de fier metamorfice din Poiana Ruscăi ;

Magnetit Teliuc	4,97	- 5,1	g/cmc
Hematit	5,0	- 5,3	"
Limonită	3,6	- 4,0	"
Siderit	3,0	- 3,88	"
Calcar	2,6	- 2,9	"
Cuarț	2,654		"
Şist cuarțitic	2,5	- 2,8	"
Şisturi clorito-sericito-cuar-			
țoască	2,6	- 2,8	"

Din datele prezentate reiese clar diferența dintre roca utilă și roca sterilă, dintre greutatea specifică medie de 4,66 g/mc a minereurilor de oxizi de fier și greutatea specifică medie de 2,7 g/cmc pentru rocile sterile, ambele tipuri de roci fiind situate în același complex litologic de explorare.

Pentru zăcămintele hidrotermale de tip Harghita, greutățile specifice se identifică prin aceleași diferențieri dintre rocile din coloana litologică [3] :

Siderită	3,6	- 3,9	g/cmc
Andezit piroxenic	3,18	- 3,7	"
Andezite	2,40	- 2,573	"
Cuarț	2,654		"
Calcită	2,717		"
Gresii	2,4	- 2,7	"

Pentru zăcămintele din bazinile carbonifere la fel se identifică aceleași diferențieri de greutate specifică :

Siderită	3,7	- 3,9	g/cmc
Calcar	2,6	- 2,9	"
Marne	1,8	- 2	"
Gresii	2,4	- 2,7	"
Cărbune	1,2	- 1,5	"



Important este faptul că în diferențele de greutate specifică, respectiv de densitate, se reflectă și caracterul diferit de reacționare a elementului de rocă util sau steril expus într-un flux de cuante gama.

Ori se știe că un flux de cuante gama străbătînd un mediu de grosime x , la ieșire va avea intensitatea :

$$I = I_0 e^{-\mu_k x}$$

unde :

I_0 = intensitatea inițială

μ_k = coeficientul de absorbție a cuantelor gama datorită efectului Compton.

Dacă expresia μ_k este de forma :

$$\mu_k = N Z \sigma$$

unde s-a notat cu :

N_a = numărul atomilor dintr-o unitate de volum

Z = numărul de ordine al atomului

σ = secțiunea eficace.

și dacă se notează prin :

$$N_a = \rho \frac{N}{A}$$

ρ = densitatea

N = numărul lui Avogadro

A = greutate atomică

atunci :

$$\mu_k = \rho N \sigma \frac{Z}{A}$$

Pentru :

$$N \frac{Z}{A} = K ,$$

$$\mu_k = K \sigma \rho ; \quad \rho = \text{g/cm}^3$$

Rezultă că absorbția (μ_k) a cuantelor gama este proporțională cu densitatea ρ .

Pentru un mediu de grosime x și secțiune eficace de absorbție σ ¹⁾ variația intensității I rezultată va depinde numai de variația densi-

¹⁾ Absorbția datorită efectului fotoelectric pentru mineralizațiile de fier reprezintă 0,037 din absorbția datorită fenomenului Compton, fapt care a contribuit să nu fie luat în evidență.



tății ρ a mediului străbătut, respectiv de variația conținutului de element util din rocă și anume :

$$I = I_0 e^{-K \sigma \rho x}$$

Fenomenul s-a verificat și prin stabilirea experimentală de către autor a unor rapoarte calitative dintre intensitatea emisă I_{γ_0} și intensitatea recepționată $I_{\gamma\gamma}$ pe o serie de probe de roci din perimetrele de explozare (tab. 1),

TABELUL 1

P r o b a	$I_{\gamma\gamma}/I_{\gamma_0} = K_1$		
	$\theta = 61^\circ$ $x = 100$ mm	$\theta = 50^\circ$ $x = 150$ mm	$\theta = 42^\circ$ $x = 200$ mm
Magnetită	0,917	0,937	0,971
Hematită	0,938	0,953	0,976
Limonit cuarțos	0,932	0,950	0,981
Siderită	0,940	0,957	0,992
Calcar	0,949	0,972	0,998
Şist cloritos	0,959	0,986	0,996

unde s-a notat cu :

I_{γ_0} = intensitatea gama inițială

$I_{\gamma\gamma}$ = „ „ „ înregistrată

θ = unghiul dintre raza retrodifuzată și incidentă a fluxului gama.

Rezultă că raportul dintre intensitatea emisă și intensitatea recepționată pentru minereurile de fier este minimă pentru proba cu conținut de fier mai ridicat, respectiv pentru proba cu densitate mare și raportul este maxim pentru probele de roci sterile, roci ce reprezintă o densitate redusă (de ex. calcarul cu $K_1 = 0,971$ față de magnetit cu $K_1 = 0,937$, pentru unghiul $\theta = 50^\circ$ și $x = 150$ mm).

Intensitățile măsurate în gaura de sondă mai depind desigur și de o serie de condiții tehnice : lungime de dispozitiv, viteze, intensitatea sursei, diametrul găurii, etc., pentru care aceleași elemente de rocă mineralizate de aceeași densitate, pot schimba ușor valorile pentru intensitățile gama retrodifuzate.

Rezultă că în interpretarea rocilor mineralizate sideritice sau ankeritice și cu atât mai mult pentru oxizi de fier (magnetit, hematit și limonit), densitatea constituie o caracteristică fizică principală.



De aceea și metoda densitivă (metoda gama-gama) poate fi considerată ca metodă de bază pentru interpretarea elementelor cu greutate atomică mare.

Pentru cazul zăcămintelor din Poiana Ruscăi, densitatea mineralizației sideritice sau ankeritice, fiind superioară oricărora roci din profilul litologic al sondei, metoda densitivă poate înscrie cu multă precizie intervalele mineralizate (fig. 26 curba 4).

Aceleași date se pot preciza și pentru aplicarea metodei densitive, în cazul zăcămintului Harghita (Vlăhița).

Mineralizațiile de carbonați de fier sub formă de siderite, aglomerate sideritice, tufuri sideritice, gresii sideritice, datorită conținuturilor slabe de fier (sub 15—20%), face ca densitatea lor în multe cazuri să fie inferioară densității anumitor roci vulcanice din aceeași coloană litologică (așa cum este cazul andezitelor piroxenice).

În aceste cazuri, intensitatea $I_{\gamma\gamma}$ măsurată pe mineralizațiile de fier poate fi similară intensităților ($I_{\gamma\gamma}$) obținute pe andezitele piroxenice. În acest caz metoda densitivă se interpretează în paralel cu metoda gama naturală.

Aplicarea însă a metodei pentru determinarea intercalățiilor de util — pentru cazul zăcămintului Harghita (Vlăhița—Mădăraș) poate constitui o metodă de bază în special pentru porțiunile de limită vulcanic-sedimentar.

Porozitatea. Un element esențial în diferențierea rocilor este și porozitatea care pentru rocile mai afinate se prezintă cu valori mai mari, iar pentru rocile mai dure, roci care conțin elemente cu greutate atomică mare — deci și o densitate mare, — valori ale porozităților mai reduse. De altfel porozitatea este și în raport direct cu densitatea. Mai mult chiar pentru cazul unei roci oarecare, porozitatea depinde de densitate, structură și textura rocii, de forma și dimensiunile particulelor, de gradul de omogenitate, de prezența și caracterul cimentului de legătură a particulelor, etc.

Pentru cercetările de laborator, dependența porozității π a unei roci cu greutatea sa specifică δ este dată de relația :

$$\pi = \frac{\rho - \delta}{\rho} \cdot 100 \%$$

unde :

δ = greutatea volumetrică.



Rezultă că coeficientul de porozitate π este prezentat de raportul dintre volumul total de pori și greutatea sa specifică.

Creșterea volumului total de pori și micșorarea greutății specifice corespunde unei porozități mari, iar scăderea volumului total de pori și mărirea greutății specifice duce la scăderea porozității rocii.

Această dependență inversă dintre densitate, respectiv greutate specifică și porozitate, poate fi exemplificată pentru zăcăminte din Poiana Rusca prin următoarele valori :

	$\pi \%$
Magnetit	0,1 – 0,5
Hemavit	0,1 – 1
Limonit	0,2 – 5
Calcar	2 – 9
Șisturi cuarțitice	5 – 25
Șisturi cloritoase cu impreg. de magnetit	15 – 35
Șisturi clorito-sericitoase	25 – 38

pentru zăcămîntul Harghita, prin valorile :

	$\%$
Siderit	3 – 9
Calcar	4 – 40
Gresie	40 – 60
Argilă	40 – 65
Loess	20 – 35
Tufuri	5 – 15
Lavă	30 – 40
Nisip	2 – 9
Andezit	2 – 9

În general se observă o diferențiere între rocile șistoase de porozitate mai mare și rocile de carbonați și oxizi de porozitate redusă.

O diferențiere similară se observă și între rocile sedimentare și rocile metamorfice sau vulcanice.

Pentru cazul cînd valorile coeficienților de porozitate a andezitelor și sideritelor (pentru cazul zăcămîntului din Harghita), sau a calcarelor și a sideritelor sunt egale, se oferă condiții mai reduse de interpretare a rocilor utile.

Tot atât de slabe posibilități de cercetare sunt și pentru nisipurile sideritice din zăcămîntul Vlăhița (Harghita), a căror porozitate atinge valori de cca 45 – 50% în loc de porozitatea specifică a sideritelor de 2 – 5%.

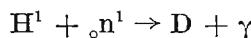


Pentru cazul situației oxizilor de fier în rocile calcaroase, cum de altfel se găsesc în Poiana Ruscăi, diferențierea elementului util numai pe baza porozității devine de asemenea imposibilă.

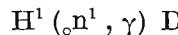
Totuși urmărirea porozităților, ca și în cazul altor caracteristici fizice, ne poate conduce la: stabilirea naturii zonelor, de stratificație din coloana sondelor, corelarea stratificațiilor sondelor de explorare, urmărirea de orizonturi productive, precizări asupra duritateilor rocilor, precizări asupra porozităților în sprijinul lucrărilor hidrogeologice.

Metoda de cercetare a porozităților se bazează pe reacția conținutului de hidrogen din apa situată în porozitățile rocii, atunci cînd este iradiată de un flux de neutroni.

Prin pătrunderea liberă prin mediu, neutronul poate fi captat de către nucleul unui element. Nucleul intermedian ce se formează prin captarea neutronului, suferă unele transformări. Astfel nucleul de hidrogen, prin captarea unui neutron, formează deuteriu cu eliberare de cuante gama, conform reacției :



sau :



reacție ce constituie principiul de bază în aplicarea metodei nucleare neutron-gama pentru studiul porozității rocilor.

Neutronul ciocnindu-se, suferă și o încetinire suficientă pentru a-i reduce parcursul. În acest caz, hidrogenul apare și ca moderator al fluxului de neutroni în rocă.

Pe lîngă aceasta însuși fenomenul de reacție ($n - \gamma$) creează în mediul vecin sursei Po — Be, nuclee de deuteroni care constituie, conform tabelului 2, un moderator și mai puternic pentru neutroni.

TABELUL 2

Nucleul moderator	H	D
Numărul de ciocniri cu un neutron	18	24

Atât fenomenele de încetinire obținute prin moderatorii H și D cît și energia redusă (2,25 MeV) a cuantelor gama obținute din reacția $H (, n^1 - \gamma) D$, fac ca contorii să recepționeze intensități gama minime.



Pentru mediile lipsite de porozitate și corespunzătoare unor conținuturi minime de hidrogen, puterea de pătrundere a neutronilor este maximă.

În acest caz, reacțiile ($n - \gamma$) produse de neutronii care au pătruns pînă în apropierea contoarelor G.M., creează un flux de cuante gama de o intensitate maximă.

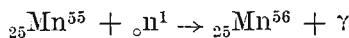
În concluzie intensitățile gama minime înregistrate ca rezultate ale bombardării cu neutroni ai mediului, se interpretează ca fiind datorite mediilor poroase, iar intensitățile gama maxime ca fiind datorită mediilor neporoase, respectiv mediilor cu densitate mare.

Intervalle de minereu compact din coloana litologică, în cazul reacției neutron-gama se vor înregistra cu intensități maxime, iar intervalle de șisturi clorito-grafitoase-sericitoase, roci sedimentare, micro-aglomerate andezitice, nisipuri, etc., datorită existenței apei (H) se vor înregistra cu intensități minime.

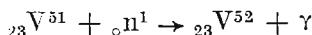
Condiții de activare

Din studiul asupra elementelor minerale utile ce intră în componența minereurilor de fier, pe lîngă elementul principal fier, se identifică și prezența elementelor: mangan, magneziu, vanadiu și.a.

Elementele Mn, Mg, V prezintă proprietatea că în cazul cînd sunt bombardate cu un flux de neutroni termici, izotopii Mn^{55} , Mg^{26} sau V^{51} ¹⁾ și.a., se transformă în izotopii Mn^{56} , Mg^{23} sau V^{52} , conform reacției :



sau :



Trebuie sătuit însă, că mărirea intensității radiației gama născută în urma unor astfel de bombardări cu neutroni lenți, depinde de asemenea și de conținuturile specifice ale elementului de activat, mangan, vanadiu, și.a., din rocile de explorare, de fluxul de neutroni utilizat, de timpul de activare, de distanța dintre țintă și sursa de neutroni, etc.

De asemenea important de remarcat este că fenomenul de activare se poate produce și pentru alte elemente, al căror timp de înjumătățire diferă de timpul de înjumătățire al izotopului urmărit de identificat.

¹⁾ Activarea V^{51} va constitui o publicație ulterioară.



De exemplu :

	$T_{1/2}$
$^{12}_{\Lambda}Mg^{27}$	= 10,2 minute
$^{23}_{\Lambda}V^{52}$	= 2,6 "
$^{25}_{\Lambda}Mn^{56}$	= 2,59 ore
$^{26}_{\Lambda}Fe^{59}$	= 47 zile

Rezultă că manganul sau vanadiul, datorită timpului de înjumătățire diferit de timpul de înjumătățire al altor elemente cu care se găsește asociat în rocă, oferă posibilitatea de a fi identificat în masa rocii prin utilizarea fenomenului de activare.

Folosirea unui timp corespunzător de activare și apoi de înregistrare a intensităților radiațiilor în urma scurgerii timpului de înjumătățire a altor elemente activate (cum este cazul Mg⁶), permite identificarea intensităților corespunzătoare conținutului izotopului $^{25}_{\Lambda}Mn^{56}$ din roca de explorat.

Din analizele petrografice asupra conținuturilor de mangan din rocile coloanelor litologice ale sondelor de explorare pentru fier, rezultă următoarele conținuturi caracteristice de Mn :

Pentru Poiana Ruscăi	Mn %	Pentru zăcăminte tip Vlăhița	Mn %
Siderită	2 – 5	Siderită	1,07 – 2
Ankerită	2 – 4	Tufuri andezitice	0,04 – 0,1
Șisturi	0,2 – 0,5	Aglomerat andezitic	0,28 – 0,44
Calcar	0	Gresie sideritică	0,77 – 1,46

Din tabelul dat se remarcă conținuturile ridicate de mangan, caracteristice de altfel numai minereurilor de fier.

Legătura conținuturilor ridicate de mangan de minereurile de fier, justificată din punct de vedere genetic, constituie principiul de bază pentru aplicarea metodei geofizice nucleare de activare în explorarea minereurilor de fier.

Stabilirea existenței elementului Mn sau V într-un interval din coloana litologică, constituie o dată fizică importantă în complexul celor lalte date geofizice obținute în vederea precizării intervalelor mineralizate, indiferent dacă este nisip sideritic, conglomerat sau gresie sideritică, siderit sau ankerit.

Într-adevăr, explorarea indirectă a fierului prin activarea manganului sau vanadiului, rezolvă pentru prima dată explorarea geofizică a



nisi purilor și conglomeratelor sideritice, caracteristice zăcămîntului Vlăhița, precum și a ankeritelor și sideritelor cu conținuturi slabe de fier, caracteristice zăcămîntelor din Poiana Ruscăi.

Rezultate obținute din cercetarea zăcămîntelor de fier prin măsurătorile geofizice efectuate în gura de sondă

Interpretarea geologică a datelor geofizice, stabilite mai sus pe tipuri de zăcămînte, permite a se obține caracteristicile fizice esențiale în vederea completării datelor asupra coloanei geologice a sondei de cercetat.

Zăcămîntele de tip Poiana Ruscăi. În cadrul acestui tip de zăcămînt deosebim zăcămîntul Teliuc și zăcămîntul Ghelar, care în general prezintă aceleasi caracteristici de zăcămînt.

Totuși rezistivitățile electrice înregistrate pe coloanele sondelor din aceste perimetre de cercetare favorizează oarecare deosebire a acestor două zăcămînte, deosebire datorită formei structural petrografice a rocilor.

Prin faptul că în toată coloana litologică a sondelor de la Ghelar apar interstratificații foarte frecvente de SiO_2 , de grosimi pînă la ordinul centimetrilor, rezistivitățile electrice prezintă treceți brusce de la valori maxime (datorite SiO_2) la valori minime (datorită fierului) și invers, în special pentru intervalele mineralizate (fig. 31 și 32).

Această caracteristică apare mai puțin frecventă pentru coloanele sondelor de explorare a zăcămîntului Teliuc (fig. 25, 28, 29).

În ceea ce privește stabilirea intervalelor mineralizate, aceasta se poate face prin interpretarea caracteristicilor fizice prezentate atît de curbele radioactive cît și de curbele electrice.

De precizat este că curbele electrice aduc contribuții importante în special pentru stabilirea tipului de mineralizație și a formei structurale a rocii.

Zăcămîntul Teliuc. Diagrafia sondei prezentată în fig. 17 evidențiază intercalații de calcare ankeritice și sideritice limonitizate cuprinse în calcare.

Rezistivitățile cuprinse între $125-250\Omega \text{ m}$ identifică existența acestor mineralizații într-o serie de intercalații din coloana litologică a sondei.

Variația de conținut este indicată de altfel de tensiunile electrice naturale — care sunt minime pentru ankerite (cca 15 mV) și devin maxime



(100–150 mV) pentru mineralizații cu conținut de fier mai ridicat (siderite).

Pe intervalele 213,10–214,30 ; 220–222,30 m conținutul de fier de 16–21% a creat posibilitatea înregistrării unor rezistivități reduse de cca 125Ω m corespunzătoare unor potențiale electrice naturale ridicate, datorită alterării elementului mineral.

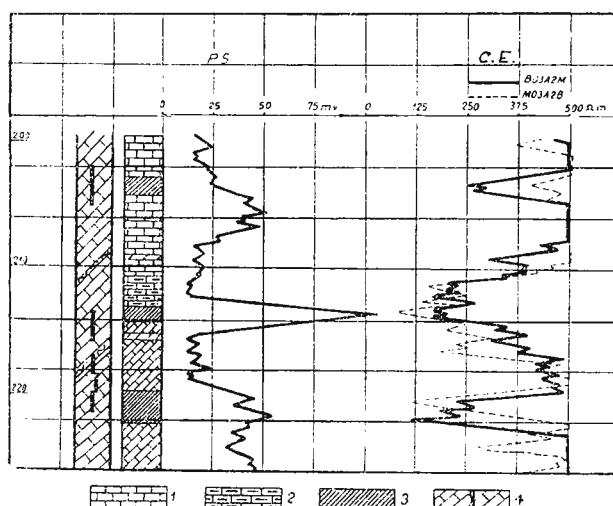


Fig. 17. — Diagrafia electrică a sondelor 01131 Teliuc.

1, calcar; 2, ankerit (18% Fe); 3, siderit (30–35% Fe); 4, interval probat.

Se poate preciza totuși, așa cum se observă și din coloana interpretată din fig. 17, căci și numai prin diagrafia electrică se pot limita cu destulă precizie intercalațiile cu mineralizații de fier, fie chiar și pentru cazul conținuturilor de fier reduse, în special pentru cazul cînd mineralizațiile nu conțin un procent prea ridicat de cuarț ($\text{SiO}_2 < 21\%$).

Ordinul de precizie a indicării zonelor mineralizate crește și mai mult pentru cazul cînd mineralizările sunt urmărite numai în masa calcarelor.

Apariția sisturilor în coloana de explorare ridică probleme mai greu de rezolvat numai prin diagrafia electrică.

Observații similare pot fi făcute și în cazul coloanei din fig. 18 unde paralel cu variația tensiunilor electrice naturale variază și minimele valorilor de rezistivitate. Aceasta ne conduce la interpretarea că intercalațiile mineralizate din intervalul (290–303 m) este reprezentat de siderite ușor alterate și cu conținuturi foarte slabe de Fe.

Însăși valorile de $125-250\Omega m$ ale rezistivității indică conținuturile slabe de Fe.

Important de remarcat este faptul că atunci cînd șisturile clorito-sericito-cuarțoase se prezintă compacte cu intercalații slabe de minerali-

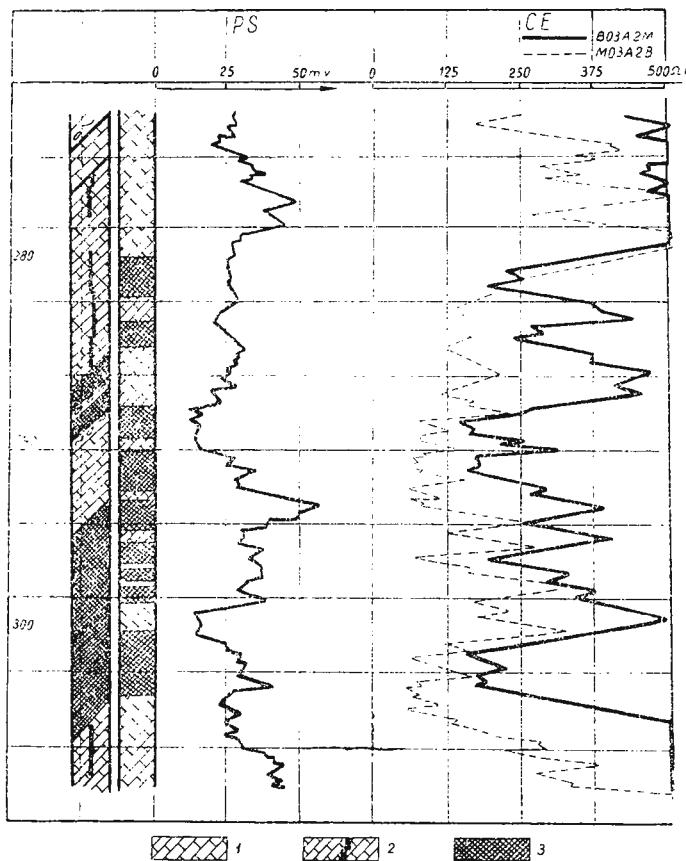


Fig. 18. — Diagrafia electrică a sondei 01132 Teliuc.

1, calcar; 2, interval din coloană probat; 3, siderite ($30-35\%$ Fe).

zație, tensiunile electrice naturale ce se formează în corpurile lor se pot ușor compara cu tensiunile electrice corespunzătoare ale ankeritelor și chiar sideritelor cu conținuturi mai slabe.

Rezultă că mineralizările slabe de fier în prezența șisturilor nu pot fi evidențiate numai prin măsurătorile electrice (ex.: fig. 18 intervalul 266,5–271,00 m).

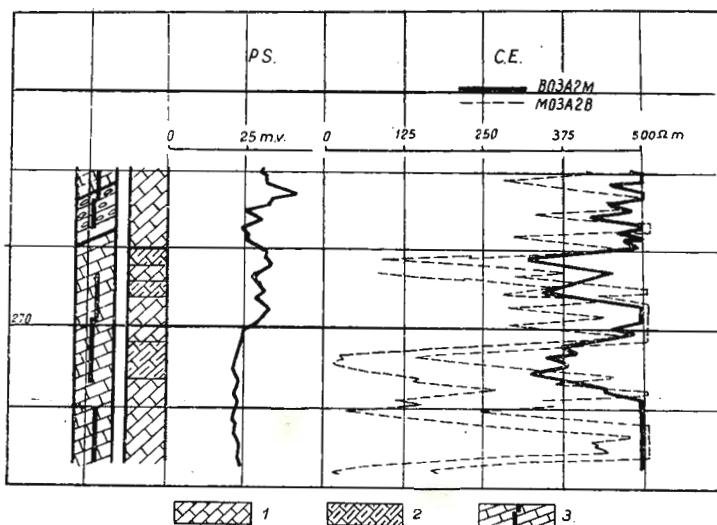


Fig. 19. — Diagrafia electrică a sondei 01231 Teliuc.
1, calcar; 2, ankerită; 3, interval probat.

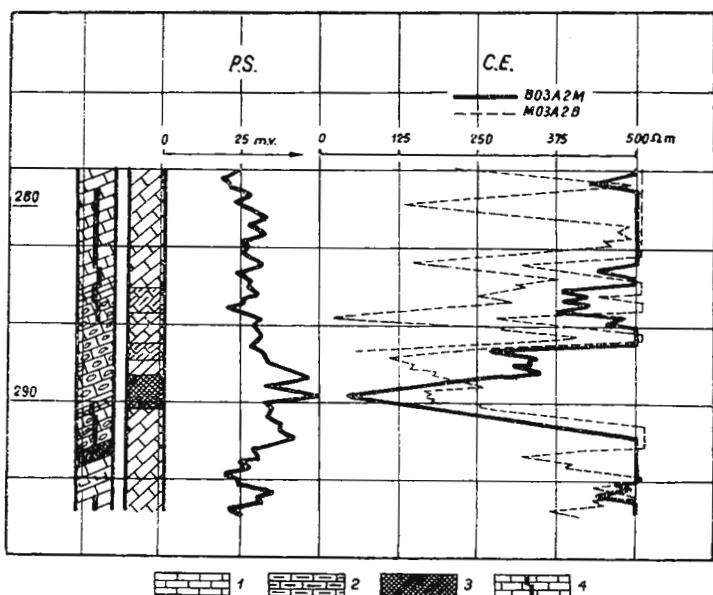


Fig. 20. — Diagrafia electrică a sondei 01232 Teliuc.
1, calcar; 2, ankerită; 3, siderite; 4, interval probat.

De asemenea în fig. 19 și 20 prezența ankeritelor se evidențiază de asemenea în pachetele de calcare. Tensiunile electrice naturale reduse (25–35 mV) și rezistivitățile cuprinse între 250–375 Ωm, scot în relief intercalățiile ankeritice cu conținuturi reduse de fier.

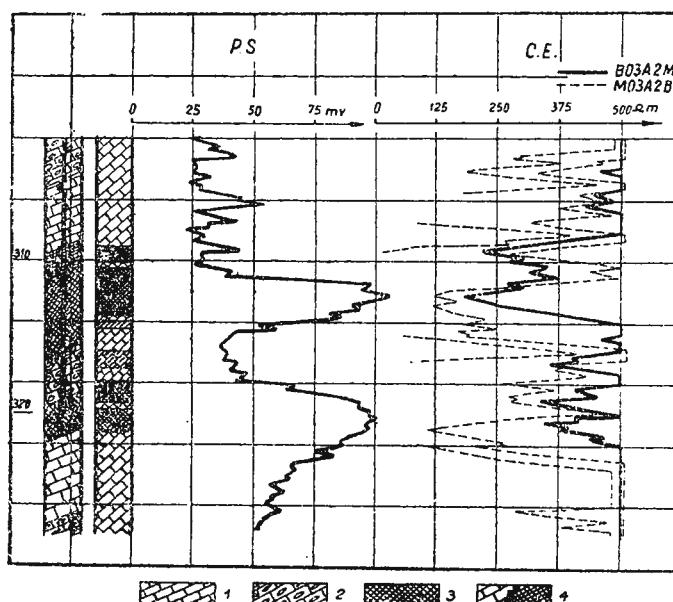


Fig. 21. — Diagrafia electrică a sondei 01233 Teliuc.

1. calcar ; 2. ankerite ; 3. siderite și limonite ; 4. interval probat.

Creșterea conținuturilor în fier — respectiv trecerea către mineralizațiile de siderită — se face simțită și prin valorile rezistivităților înregistrate. Pentru astfel de cazuri valoarea rezistivităților scade de la 250–375 Ωm la 35–40 Ωm aşa cum este cazul intercalăției sideritice 288,60–290,50 m (fig. 20).

În fig. 21 magnetitele din intervalul superior (310,25–313,50 m) deși cuprind cîteva intercalății de steril, valorile anormale ale rezistivităților de ordinul a 175 Ωm, ca și tensiunile electrice naturale de cca 110 mV indică un conținut important de fier (18–20%).

După ordinul de mărire a valorilor electrice, zona mineralizată 310,25–313,50 m prezintă un conținut mai ridicat de minereu de fier decît zona inferioară mineralizată (318–321,40 m).

Între zonele principale de mineralizație se poate observa și o intercalăție de calcare ankeritice și sideritice nealterate și cu conținuturi minerale mai reduse.

Deasupra intervalului superior mineralizat și anume între, limitele 309—310,10 m, rezistivitățile reduse ($200\ \Omega m$) ca și tensiunile electrice naturale de ordinul a 35—40 mV indică prezența unei limonite.

În restul pachetelor de calcare se mai pot întâlni zone ușor mineralizate, dar conținuturile reduse de fier, fac ca să nu prezinte importanță economică.

Date similare se pot observa și în fig. 22 ce reprezintă diagrafia sondei 0196 Teliuc.

Mărimele amplitudinilor curbei PS și a rezistivităților reprezentate în figură, față de curbele etalon stabilite pe baza datelor experimentate,

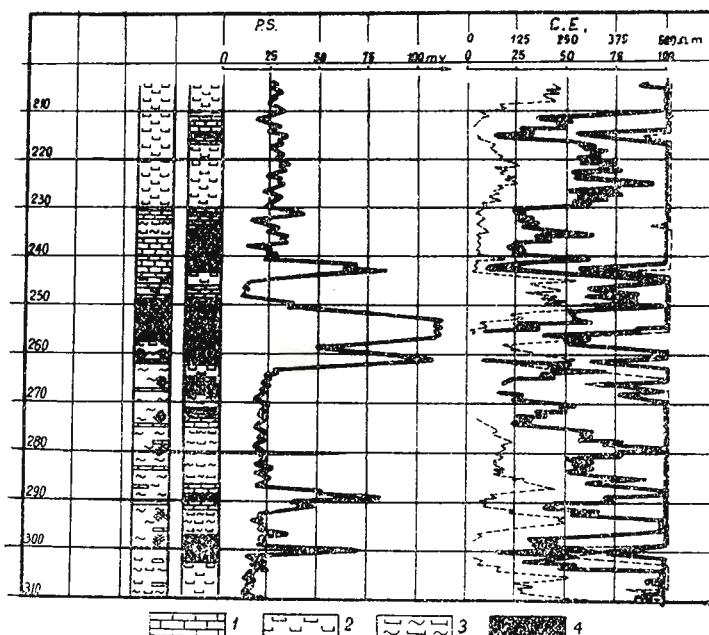


Fig. 22. — Diagrafia electrică a sondei 0196 Teliuc.

1, calcar; 2, sist cuarțos; 3, sist clorito-cuarțos; 4, magnetite cu intercalății de siderite.

corespond unor intercalății de magnetite de un conținut mediu de 35% Fe pentru intervalele 239,50—243,00 și 251,60—263,00 și cu un conținut de 20—25% Fe în intervalele inferioare mineralizate 289—290,25 și 297,50—303,50 m.

În coloana prezentată mai apar și alte intercalații de mineralizații atât în șisturi cât și în calcar dar de conținuturi mult mai reduse față de limitele de exploataabilitate.

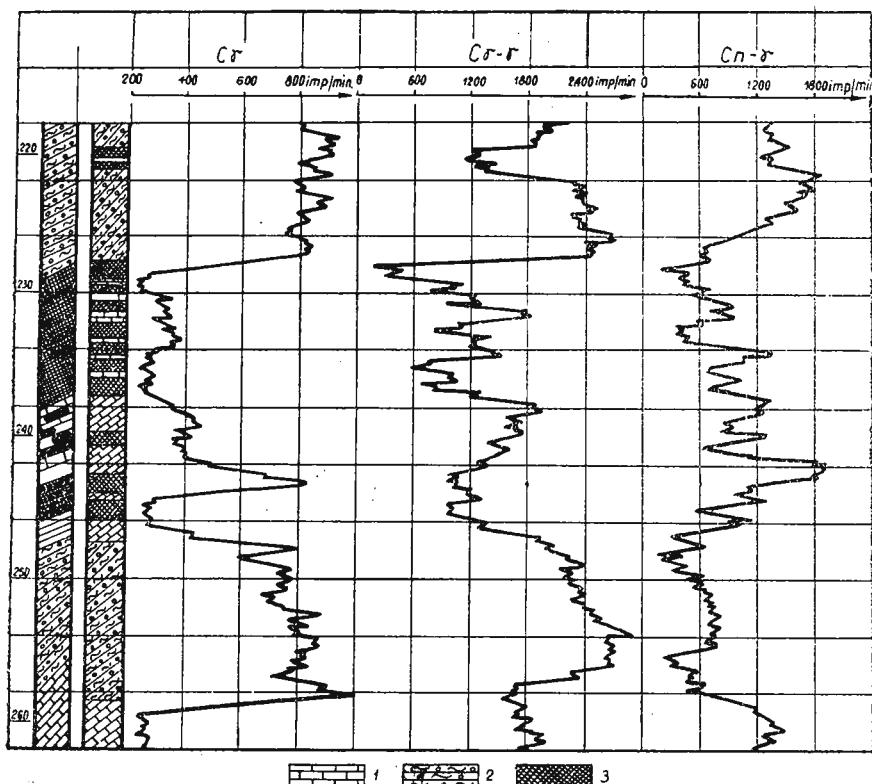


Fig. 23. — Diagrafia radioactivă a sondei 0142 Teliuc.

1, calcar; 2, șisturi clorito-cuarțoase; 3, mineralizații de magnetit și siderit.

Delimitarea stratigrafică precisă a intervalelor mineralizate precum și stabilirea naturii intervalelor sterile se poate indica și prin metodele radioactive.

În fig. 23 pachetul de calcar (228–247,20 m) cu intervale mineralizate este scos în evidență perfect dintre șisturile care-l mărginesc numai pe baza radioactivităților naturale (100–500 imp/minut) pentru calcare, față de 1200–1600 imp/minut pentru șisturi, în condițiile de gaura de sondă.

Pentru cazul fig. 24, în pachetul de calcar, curba densitivă evidențiază mai multe intervale slab mineralizate, dar de porozități relativ

ridicate (20—25%) care, ținând seama și de curba PS, pot fi interpretate ca fiind siderite parțial limonitizate.

Se mai poate preciza că conținuturile în util variază de la un interval la altul, neexistând un interval de mineralizație compactă.

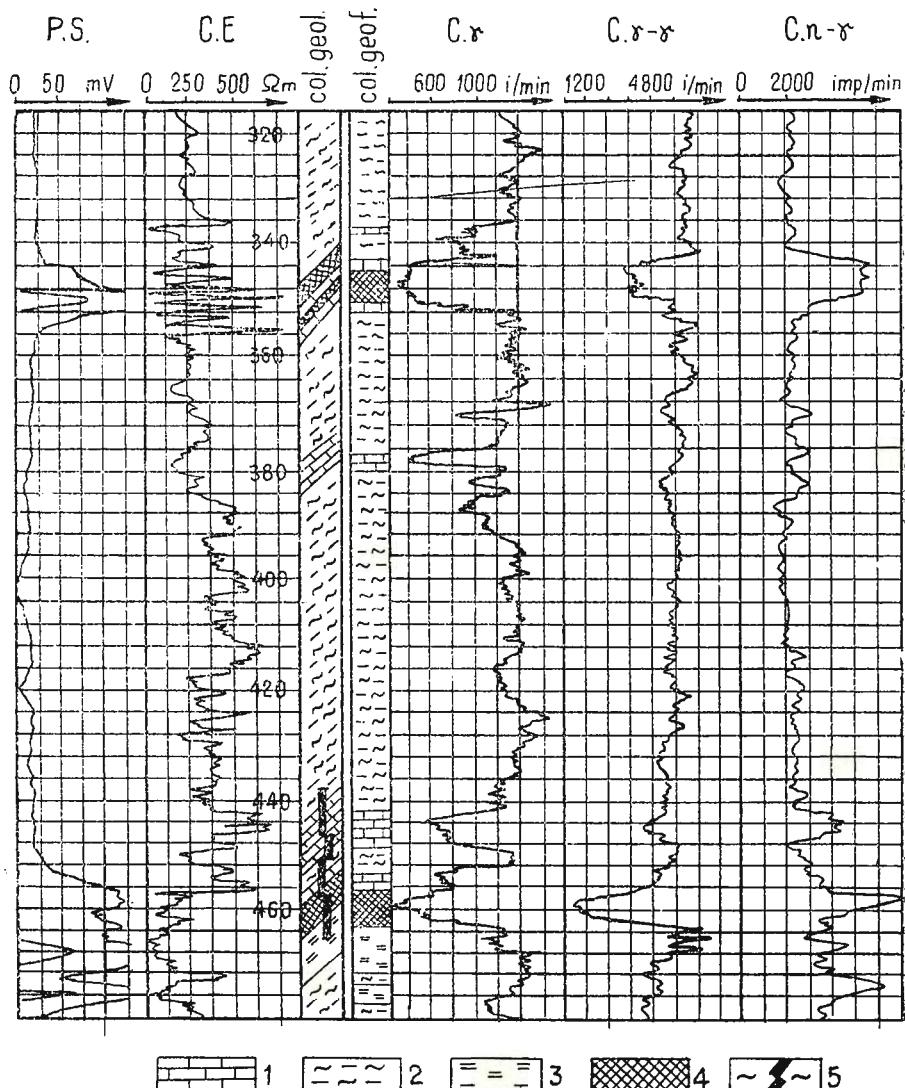


Fig. 24. — Diagrafia complexă a sondei 01380 Teliuc.

1, calcar; 2, șist clorito-cuarțos; 3, șist grafitos; 4, siderite și magnetite; 5, interval probat.

Acest aspect ne este indicat în special de variația densităților în intervalele cu mineralizație.

În pachetul de șisturi din coperișul calcarelor mineralizate, curba densităților ne prezintă șisturile cuarțito-cloritoase cu impregnații de magnetită.

Curba porozităților ($n - \gamma$) confirmă prezența mineralizațiilor de magnetită prin porozitatele aproximativ reduse (10–15%) ale acestor intervale.

Ca un caz particular în interpretarea datelor geofizice se prezintă cînd rezistivitatea electrică a minereurilor de fier și a valorilor de PS sunt aproximativ egale cu ale altor tipuri de roci, ce se pot întîlni în coloana litologică a unei sonde.

Un caz îl formează șisturile grafitoase. Valorile datelor electrice ale șisturilor grafitoase se suprapun în anumite cazuri total peste valorile datelor electrice ale mineralizațiilor de fier.

În acest caz separarea mineralizațiilor de fier de șisturile grafitoase se poate face pe bază de radioactivități naturale și pe bază de densitate.

În fig. 25 se prezintă tocmai acest aspect cînd magnetitul (din intervalul 459–462,25 m) ca și șisturile grafitoase (din intervalul 466–469,50 m) prezintă aceleași rezistivități și tensiuni electrice naturale.

Totuși intensitatea radioactivității naturale minime, corespunzătoare minereurilor de fier, face ca să se deosebească în mod categoric de inten-

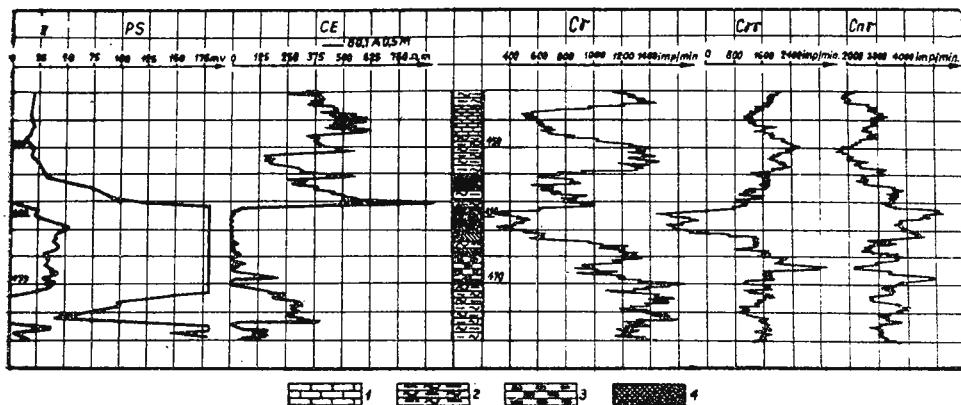


Fig. 25. — Diagrafia electrică și radioactivă a coloanei sondei 01382 Teliuc.

1, calcare; 2, șisturi clorito-cuarțitoase; 3, șisturi grafitoase; 4, magnetite și siderite.

sitatea radioactivității naturale ridicate, ale șisturilor grafitoase, din aceeași curbă a carotajului gama natural.

O diferență similară apare și în cazul urmăririi greutăților specifice ale minereurilor ($3,7 - 4,5$ g/cm 3) și greutățile specifice ale șisturilor grafitoase ($1,5 - 2$ g/cm 3).

Aceste date contribuie la precizarea grosimilor reale ale stratificațiilor de magnetită, grosimi confirmate și de datele carotajului mecanic.

Mai important de remarcat este faptul că în cazul coloanei interpretate apar evidențiate cîteva intervale cu rezistivități, PS și radioactivități naturale de aceleași valori cu a magnetitelor. Aceasta se datoră existenței sulfurilor complexe din șisturile grafitoase.

Datorită faptului că intercalăția de sulfuri complexe nu apare compactă, (așa cum se interpretează prin curba porozităților) curba densităților va pune în evidență numai densități mari ale magnetitelor.

Pentru cazul apariției sulfurilor complexe în corpuri compacte și alăturate corpurilor de magnetit, nu se mai pot deosebi prin metodica geofizică clasică.

Singura cale posibilă de separare este metoda de activare a manganiului, care se găsește numai în minereul de fier, fără a se găsi în sulfurile complexe.

Important în interpretarea datelor geofizice este și problema interstratificațiilor subțiri sau a diseminărilor de mineralizații de fier în masa șisturilor. Un astfel de caz îl prezintă magnetitele situate în șisturile cuarțito-cloritoase care în diagrafia electrică și radiometrică apar sub forme cu totul specifice față de alte tipuri de minereuri de fier.

Spre exemplu, în fig. 26, curbele de radioactivitate (γ , $\gamma - \gamma$, $n - \gamma$) indică prezența unei stratificații de magnetite din intervalul 344,20 – 351,80 m mărginită de șisturile cuarțito-cloritoase. În acest caz curba γ natural indică o radioactivitate scăzută a întregii zone (100 – 500 imp/minut), iar curba $n - \gamma$ indică o porozitate aproximativ uniformă pe toată zona.

Curba densitivă ($\gamma - \gamma$) prezintă zona mineralizată, corespunzătoare aceleiasi adîncimi și grosimi, în două compartimente, cu ușoare variații în greutate specifică pe grosimea zonei.

Cu totul diferit apar datele electrice.

Curba rezistivităților pune în evidență o serie întreagă de intercalății de steril, foarte rezistive, atingând valori și de $900 \Omega \text{ m}$, valori ce corespund unor interstratificații de cuarțite. Mineralizația interstratificată în grosimi de la cîțiva centimetri pînă la cîțiva zeci de centimetri apare cu valori ale rezistivităților cuprinse între $0 - 250 \Omega \text{ m}$. Valorile indicate con-

stituie date cu totul relative datorită intercalațiilor cu dimensiuni reduse ale utilului.

Curba tensiunilor electrice naturale confirmă existența unei roci complet nealterate și justifică totodată prezența intercalațiilor cuarțitice din pachetul stratificațiilor de magnetite.

În fig. 27 se reprezintă o limită stratigrafică corespunzătoare adâncimii de 295 m.

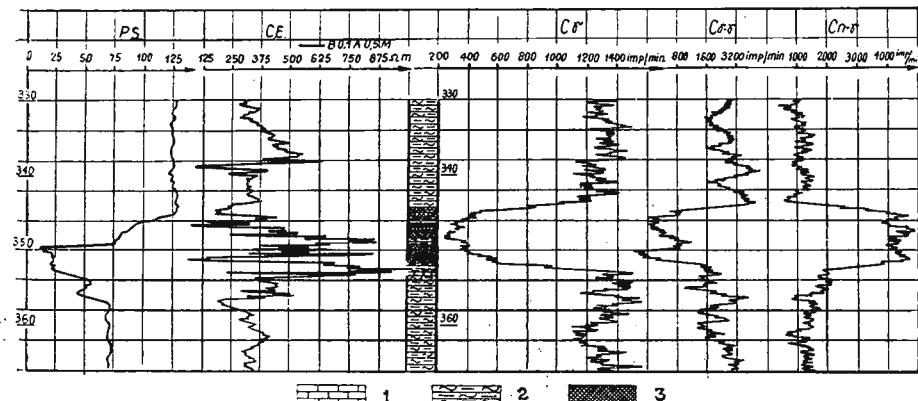


Fig. 26. — Diagrafia complexă a sondei 01381 Teliuc.

1, calcar; 2, șisturi; 3, minereu sideritic.

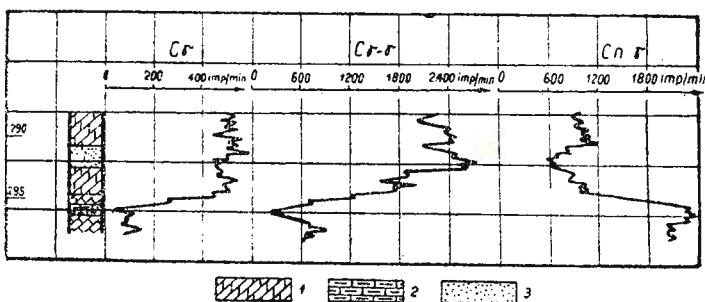


Fig. 27. — Identificarea limitei neogen-metamorfic în perimetrul Teliuc.

1, marne; 2, ankerite; 3, nisipuri.

Partea superioară limitei de 295 m corespunde Neogenului, reprezentat prin marne cu radioactivități ridicate, de cca 1000 imp/minut, densități reduse și porozități ridicate de 30–35 %, corespunzătoare unor intensități ($I_{n,\gamma}$) de 1900 imp/minut.

În partea inferioară a intervalului înregistrat de curbele radioactive se identifică cristalinul reprezentat din calcare în anumite intervale (295,75—296,25 m) cu mineralizații sub formă de ankerite. Acest interval se evidențiază prin radioactivitatea naturală minimă (de 50—60 imp/minut), densități ridicate și porozități reduse (5—8%).

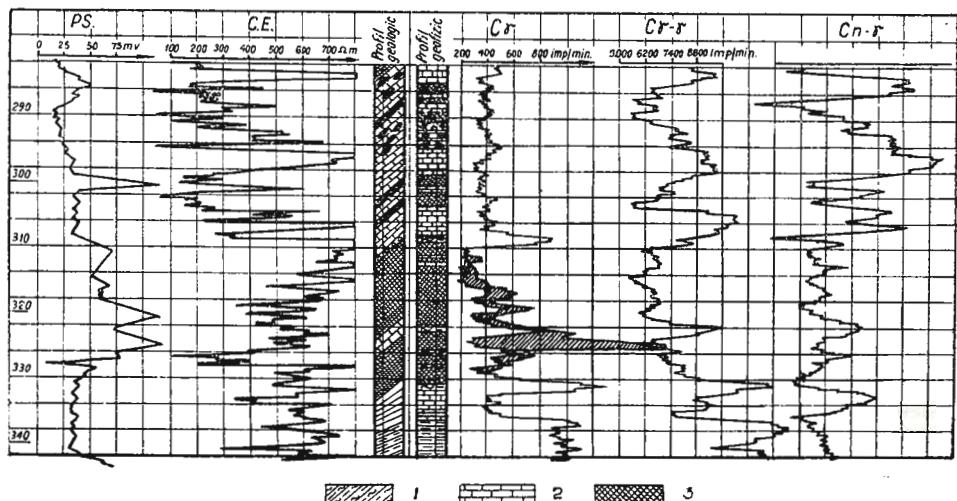


Fig. 28. — Diagrafia geofizică complexă a sondei 01561 Teliuc.

1. sisturi ; 2. calcare ; 3. mineralizații de siderită și magnetită.

Zăcăminte sideritice de origine metamorfică în măsurătorile electrice și radioactive, se prezintă cu caracteristice mult mai concluzante.

Acest fapt se datoră atât conținuturilor ridicate de fier din rocă cît și datorită diferențelor dintre caracteristicile fizice ale rocii utile și ale rocii sterile.

Se pot însă prezenta și unele excepții în posibilitățile de înregistrare a caracteristicilor fizice a acestor zăcăminte.

De exemplu, sideritele de tip Teliuc (fig. 28), datorită intercalațiilor de rocă calcaroasă, intercalații complet neuniforme din cuprinsul intervalului nemineralizat, creează o gamă întreagă de rezistivități care nu mai dă posibilitatea menținerii unui raport uniform între rezistivitate și conținuturi de fier sau între valoarea tensiunii lor de oxido-reducere și conținut mineral.

Singurele curbe permanent eficiente în interpretarea intervalelor mineralizate în coloana litologică a unei sonde, sunt: curba intensităților gama naturale, curbă ce precizează că și în cazul de față, natura rocilor

(calcaroase sau șistoase) și curba densităților ($I_{\gamma\gamma}$) care se pronunță asupra conținuturilor, asupra datelor de adâncime și grosime și asupra intervalelor mineralizate.

Verificarea și stabilirea intervalului mineralizat se face și pe baza evidențierii conținutului de mangan din mineralizația de fier ($C_{\gamma A}$).

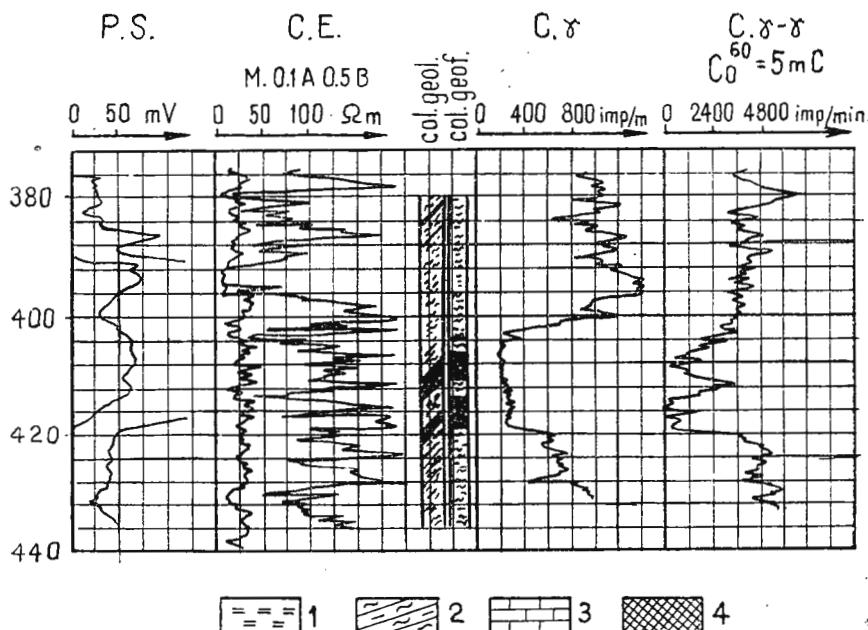


Fig. 29. — Diagrafia geofizică complexă a sondei 12610 Teliuc.

1. sisturi grafitoase ; 2. sisturi clorito-cuarțoase ; 3. calcare ; 4. siderite.

Într-adevăr prin activarea manganului se pot preciza unele date noi asupra conținutului mineral, tip de mineralizație, poziția intervalului mineralizat (curba 3 și 4 din fig. 28).

În fig. 29 se reprezintă graficele rezultatelor geofizice ale sondei 12 610 Teliuc, comparativ cu datele geologice.

Coloana prezentată cuprinde — în porțiunea superioară — pachetul de sisturi clorito-sericitoase și grafitoase, iar în porțiunea inferioară pachetul de calcare cu mineralizații sideritice.

În acest caz tensiunile PS evidențiază atât mineralizațiile sideritice ușor limonitizate cât și formațiile de sisturi grafito-cuarțoase și clor-

toase, iar curba densităților face o separare categorică între intervalele cu mineralizații de fier și șisturile grafitoase.

Profilul interpretat în urma datelor geofizice este confirmat și de datele geologice.

Zăcămîntul Ghelar. Datele măsurătorilor geofizice se confirmă prin coloanele și graficele geofizice paralelizate cu coloana rezultată din probele de sapă.

În fig. 30, prin coloana sondei prezentate, se identifică o alternanță de pachete de șisturi și de calcare. În pachetele de calcare apar intervale cu mineralizații de siderite și de magnetite. De asemenea în pachetele de șisturi apar și cîteva intercalații reduse de magnetită.

După cum rezultă din valorile radioactivităților naturale (400 – 600 imp/minut), întreaga coloană cuprinde și frecvențe intercalatații de SiO_2 , în special pentru portiunea superioară a intervalului mineralizat.

Aceleași alternanțe dintre pachetele de calcare și șisturi, cu interstratificații frecvente și foarte subțiri de SiO_2 , se pot evidenția și în diagrafia sondei 141 050 din fig. 31.

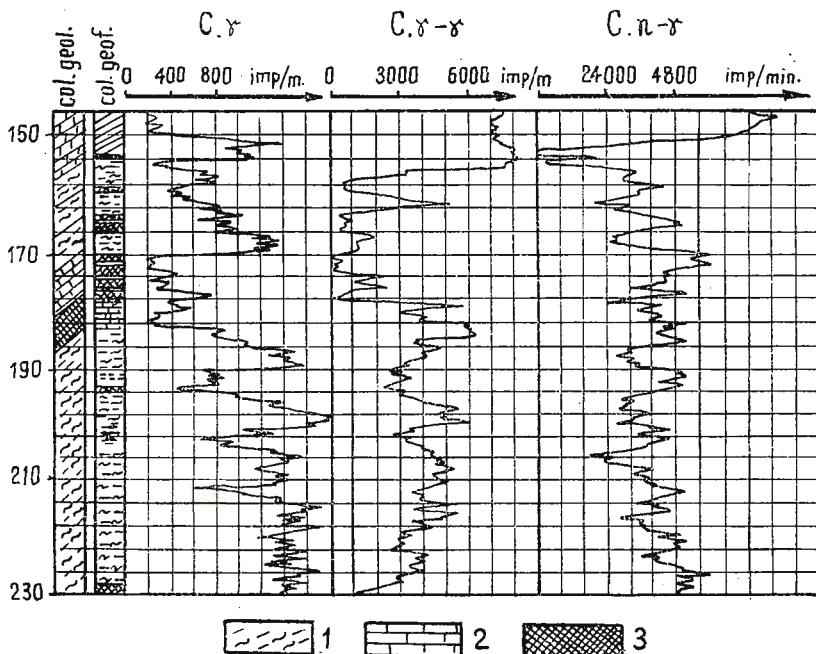


Fig. 30. — Diagrafia radioactivă a sondei 141101 Ghelar.

1. șisturi; 2. calcare; 3. mineralizații de siderită.

Intervallele mineralizate reprezentate în special de densitățile mari identificate prin curba $\gamma - \gamma$ se situează în pachetele de calcare și sunt constituite din siderite și magnetite cu conținuturi importante de fier.

În cadrul fig. 31 important de remarcat sunt valorile ridicate de PS, corespunzătoare intervalelor cu mineralizații de siderită ușor alterate.

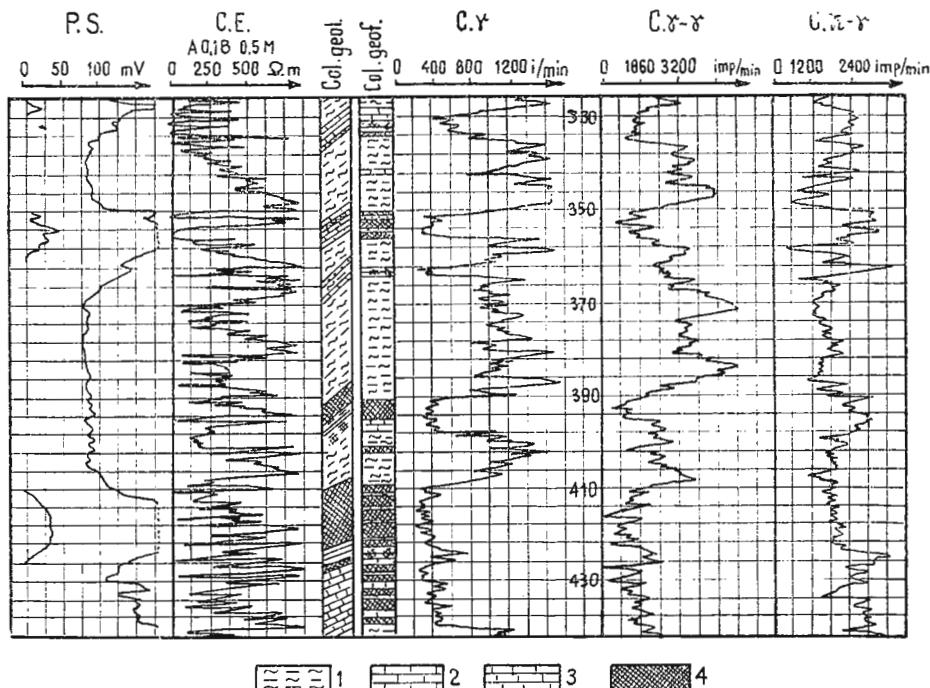


Fig. 31. — Diagrafia electrică și radioactivă a sondei 141050 Ghelar.

1. șisturi ; 2, calcare ; 3, calcare ankeritice ; 4, siderite.

Valorile de PS apar reduse pentru intervalul mineralizat (330–336 m), deoarece este cuprins într-un complex de calcare dure și de porozitate reduse.

În fig. 32 se reprezintă de asemenea diagrafia sondei 141080 unde se poate stabili o alternanță similară de calcare cu șisturi clorito-serici-toase și clorito-cuarțoase.

Intervallele mineralizate cu intercalăriile de SiO_2 , reprezentative de altfel pentru zăcământul Ghelar, se găsesc cuprinse în pachetele de calcare.

Mineralizările sunt constituite din siderite și ankerite, siderite cu calcare și intercalări foarte slabe de magnetite.

Coloana interpretată geofizic se confirmă și de către probele de sapă.

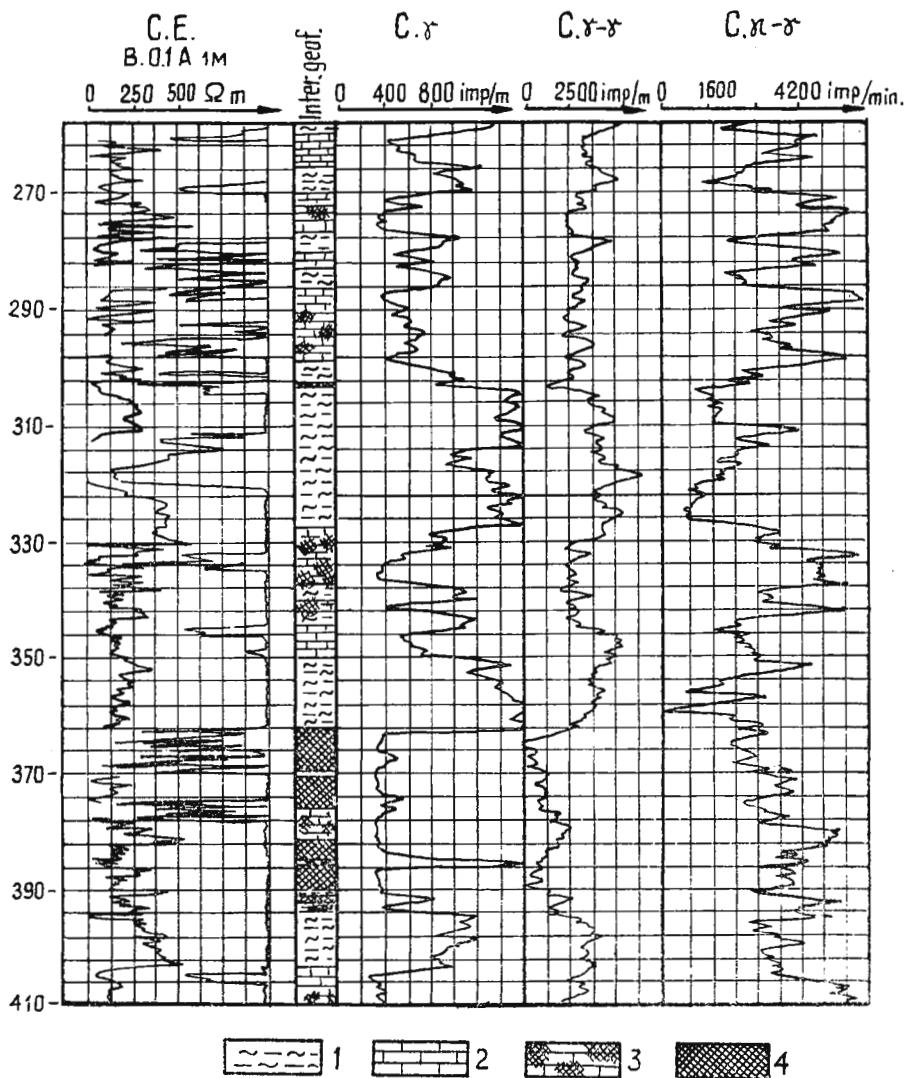


Fig. 32. — Diagrafia electrică și radioactivă a sondei 141080 Ghelar.

1. șisturi clorito-cuarzoase ; 2. calcare ; 3. ankerite ; 4. siderite.

Zăcămîntul de tip Harghita (Vlăhița-Mădăraș) Înregistrările geofizice din sondele de explorare ale acestor zăcăminte se prezintă cu aspecte puțin mai diferite, atât ca valoare a amplitudinilor cât și ca formă.

Mai mult chiar, unele din curbele înregistrate în măsurătorile geofizice din sonde prezintă un aspect cu totul specific pentru complexul geologic al acestui zăcămînt.

Astfel, valorile rezistivităților electrice, apar cu valori specifice pentru fiecare din cele trei orizonturi petrografice întâlnite în sondele de explorare.

Pe baza acestei caracteristici, se poate face o interpretare geologică asupra adâncimii și componentii fiecărui orizont petrografic, iar în cazul unei rețele de sonde de explorare se creează posibilitatea corelării acestor orizonturi.

În ceea ce privește indicarea prin valori caracteristice a intervalelor mineralizate, curba rezistivităților apare mai puțin concludentă.

Dar, odată localizate orizonturile petrografice, curbele radioactive : gama natural și densitivă (gama-gama) stabilesc cu suficientă precizie intervalele mineralizate cu conținuturi exploataabile de fier.

Curba porozităților (neutron-gama) contribuie cu date numai asupra evidențierii intervalelor petrografice poroase sau compacte și mai puțin asupra intervalelor mineralizate.

În ceea ce privește stabilirea intervalelor mineralizate poroase, curba $n - \gamma$ rămîne complet neeficacă în condițiile acestui zăcămînt.

Totuși trebuie precizat caracterul fizic al mineralizațiilor de fier, cu totul diferențiat de caracterul altor roci din coloana sondelor de explorare, care creează posibilități categorice de evidențiere a intervalelor mineralizate prin aplicarea metodelor geofizice de sondă : gama natural și gama-gama.

În fig. 33 se reprezintă profilul unei coloane de sondă de la contactul litologic vulcanic — sedimentar, unde s-a precizat adâncimea și grosimea intercalărilor cu mineralizație sideritică.

Deși interpretarea s-a făcut numai pe baza datelor rezultate din curbele : densitivă și rezistivă, zona mineralizată, datorită concentrațiilor importante de fier, poate fi evidențiată în condițiuni perfecte de restul rocilor adiacente sterile.

Pentru acest interval valorile ridicate ale rezistivităților se datorează conținuturilor ridicate de calciu și siliciu din masa rocii sideritizate.

Pentru conținuturile de sub 18% Fe este absolut necesar de a se utiliza și curba gama, care împreună cu curba densitivă creează condițiile unei interpretări corecte în special pentru mineralizațiile sideritice compacte.

În fig. 34 se reprezintă tocmai un contact dintre rocile vulcanice și sedimentare, unde se evidențiază un interval de mineralizații bogate de siderită.

Evidențierea intercalărilor de util se face nu numai prin grosimea impunătoare a intercalărilor de util, ci mai ales datorită conținuturilor



ridicate de fier în intervalul mineralizat de contact (cca 20–28% fier) și a căror densitate diferă de cea a rocilor înconjurătoare (curba 5).

În aceeași măsură se evidențiază intervalul mineralizat în cazul intensităților gama naturale de minim (de 340–500 imp/minut) față de

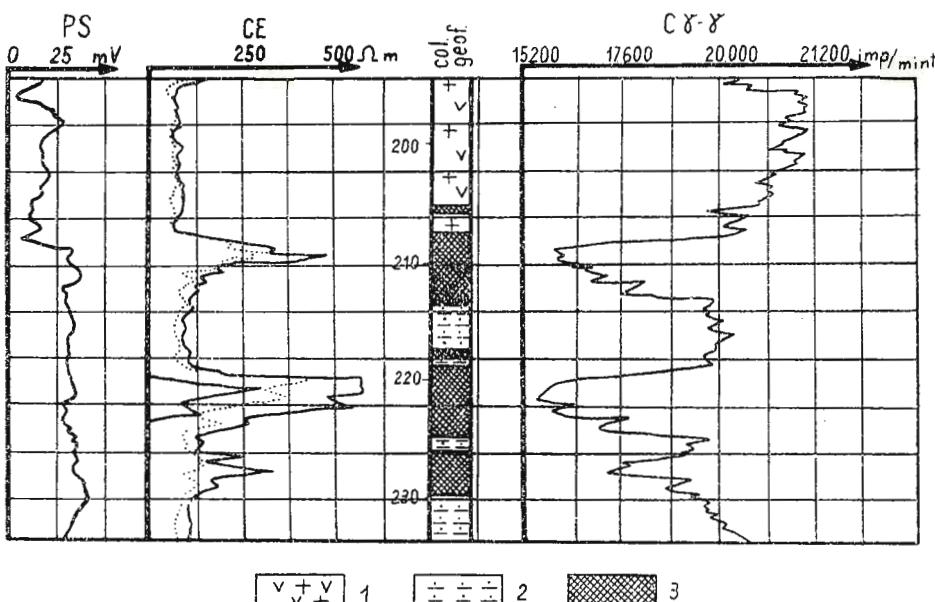


Fig. 33. — Diagrafia electrică (PS și CE) și radioactivă (γ - γ) dintr-un interval sondei 190 Vlăhița.

1. aglomerate andezitice; 2. marne; 3. siderite.

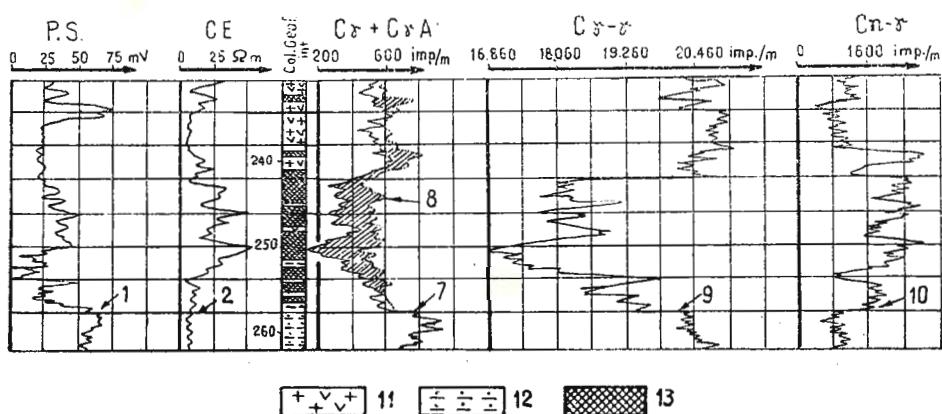


Fig. 34. — Diagrafia electrică și radioactivă pe un interval din coloana sondei 130 Vlăhița.

11. aglomerate andezitice; 12. marne; 13. siderite.

aglomeratele andezitice de coperiş (de 750—850 imp/minut) și mai mult chiar față de argilele grezoase din culeuș (800—1200 imp/minut) (curba 3).

Rezistivitățile (curba 2) ca și porozitățile (curba 6) indică numai anumite date calitative destul de vagi asupra existenței mineralizației de fier.

Important de semnalat în cazul figurii 34 este evidențierea unor tensiuni electrice naturale datorită, pe de o parte, fenomenelor de oxido-reducere din corpul sideritelor și, pe de altă parte, datorită tensiunilor de electrofiltrare din corpul grezos din culușul mineralizărilor de siderită.

Datorită fenomenului de oxido-reducere mai uniform din masa sideritelor și tensiunile electrice ce iau naștere au un caracter aproximativ mai omogen pentru roca mineralizată și cu totul alt aspect îl prezintă tensiunile de electrofiltrare.

Variatarea porozităților stratificațiilor pe adâncimea coloanei sondei, creează o variație și în potențialele naturale, respectiv un caracter zimțat al curbei 1 a PS-ului.

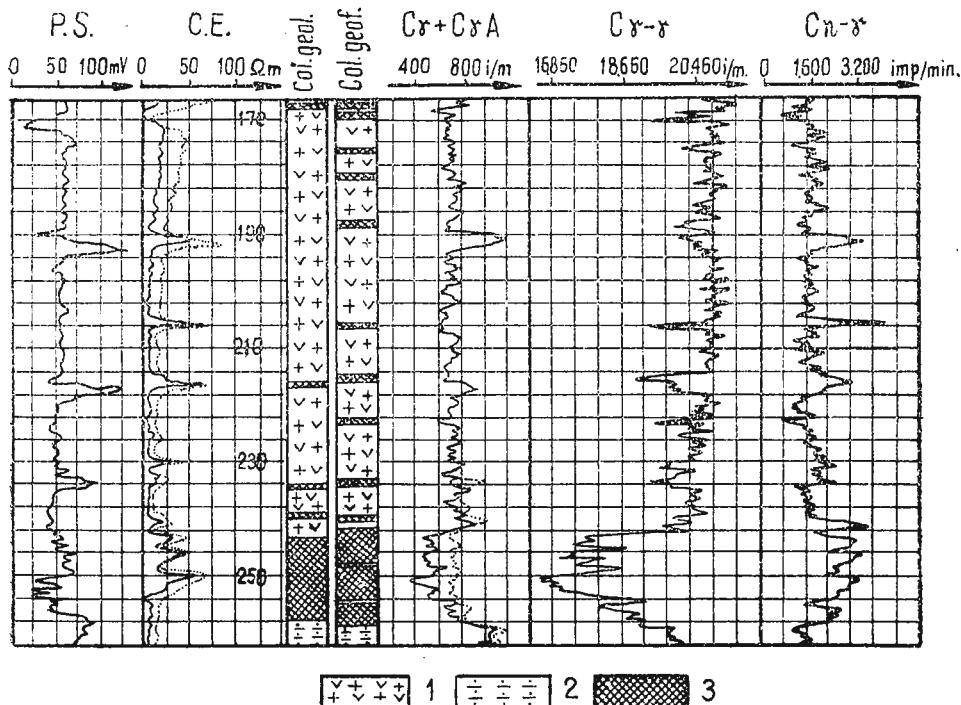


Fig. 35. — Diagrafia geofizică a sondelor 1301 Vlăhița.

1, tufuri andezitice; 2, marns; 3, siderite.

În felul acesta curba PS pune în evidență caracterul grezos al rocii din culcușul bancului sideritic identificat în coloana stratigrafică reprezentată în figură.

Mai trebuie precizat că în multe cazuri gresiile prezintă densități, radioactivitate și chiar porozități similare sideritelor cu un conținut mediu de 4–10% fier.

Această caracteristică a gresiilor poate da naștere la erori în interpretarea sideritelor în special în cazul sedimentarului zăcământului Harghita.

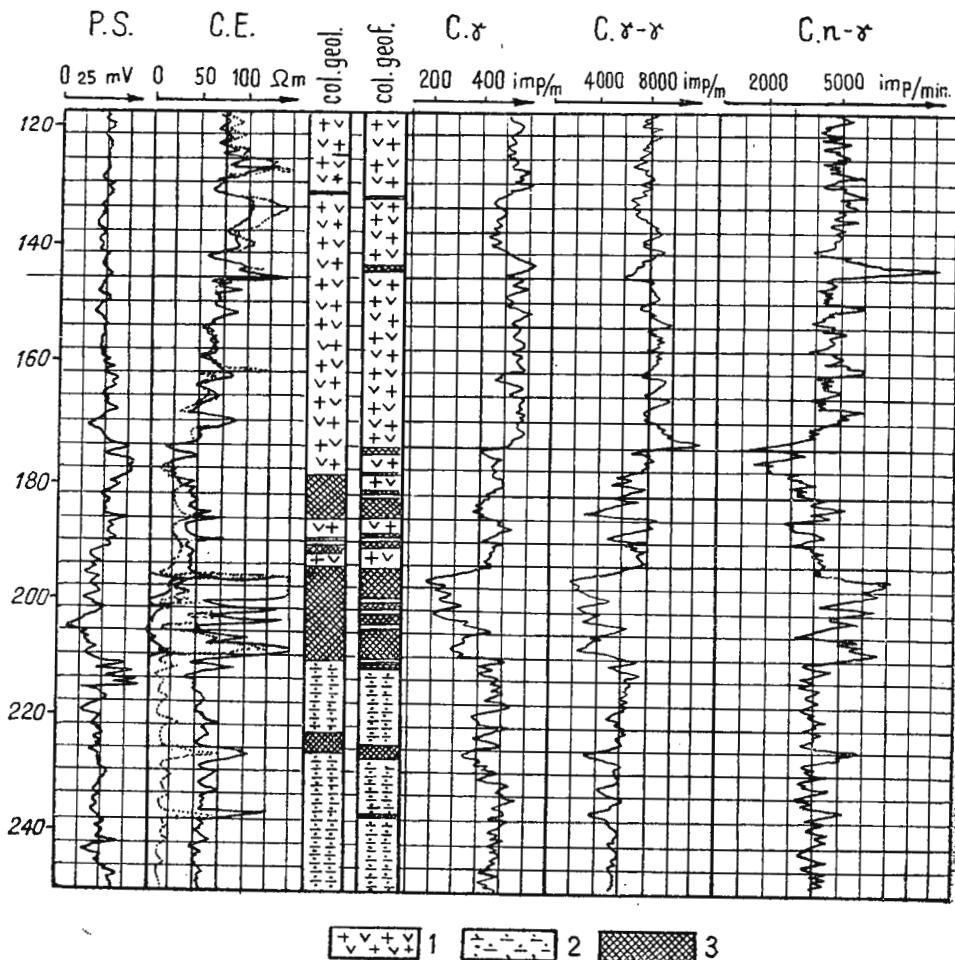


Fig. 36. — Diagrafia geofizică complexă a sondei 1771 Vlăhița.

1. tuburi andezitice; 2. marne; 3. siderite.

Pentru astfel de cazuri, gradul de sideritizare a intervalului de rocă de interpretat se precizează prin identificarea conținutului de mangan legat de elementul fier, determinare ce se efectuează cu ajutorul metodei de activare (fig. 34, curba 8).

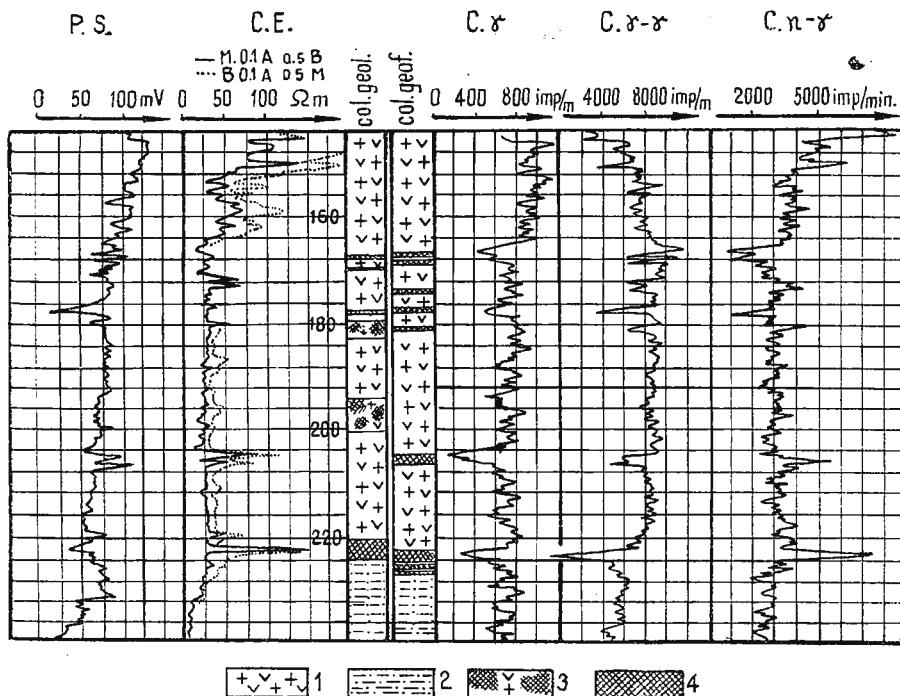


Fig. 37. — Diagrafia geofizică complexă a sondei 1801 Vlăhița.

1, tufuri andezitice; 2, marne; 3, aglomerate sideritzitate; 4, siderite.

Pentru cazul diagrafiei prezentat în fig. 35, se pot duce discuții similare.

În diagrafia sondelor 1771 Vlăhița din figura 36, caracteristicile dinamice ale curbelor scot în relief formațiile tufurilor vulcanice, a aglomeratelor andezitice și a sedimentarului.

În intervalele tufurilor vulcanice se întâlnesc intercalații cu mineralizații, dar cu conținuturi reduse (5–10% Fe).

Către baza orizontului aglomeratelor andezitice se evidențiază și intervale cu mineralizații sideritice mai bogate (12–25% Fe) confirmate de altfel și prin probele de sapă.

Cazuri similare se pot cita și prin diagrafiile sondelor 1807 și 1741 prezentate prin figurile 37 și 38 din care curbele rezistivităților identifică

orizonturile mari petrografice ale tufurilor andezitice, ale microconglomeratelor andezitice și sedimentarul.

Intervalele mineralizate cuprinse în orizontul mediu și superior sunt puse în evidență numai de valorile de minim ale radioactivităților naturale

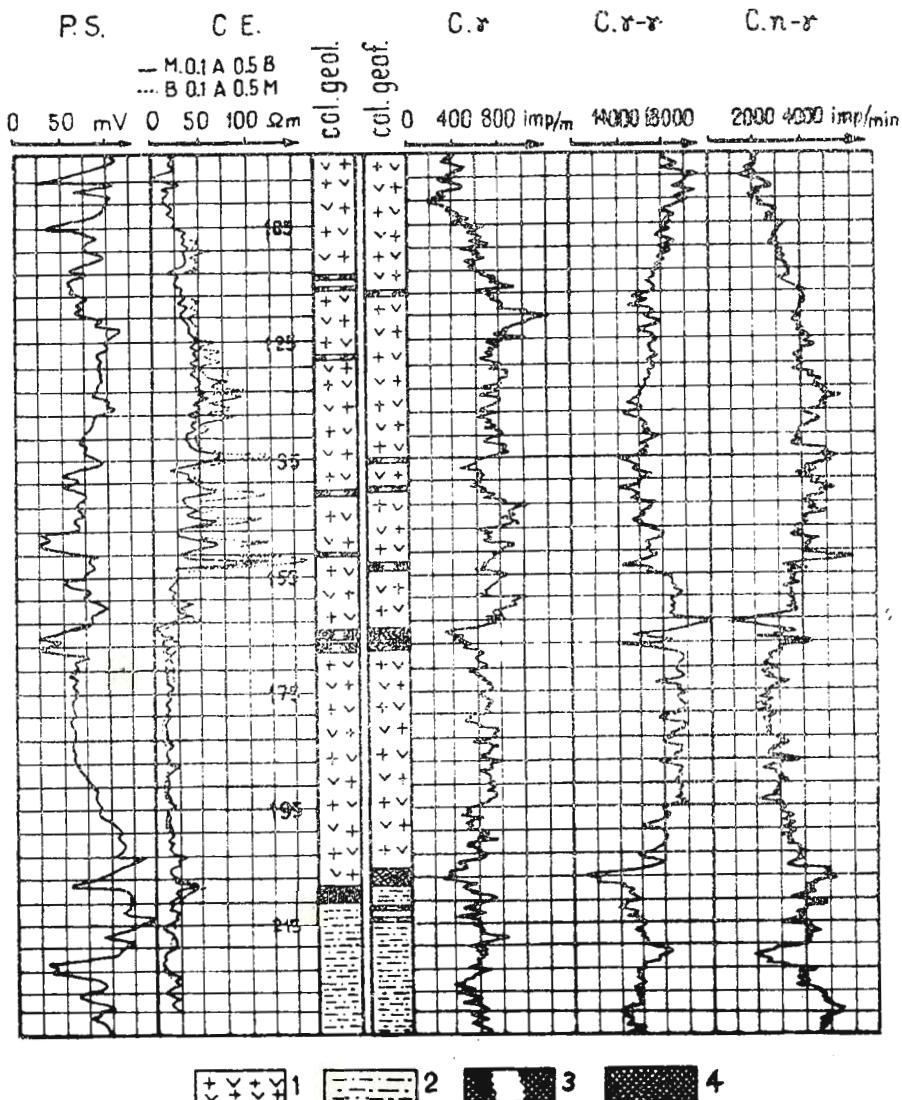


Fig. 38. — Diagrafia geofizică complexă a coloanei sondei 1741 Vlăhița.

1, tuf andezitic; 2, mărne; 3, aglomerate siderizitate; 4, siderite.

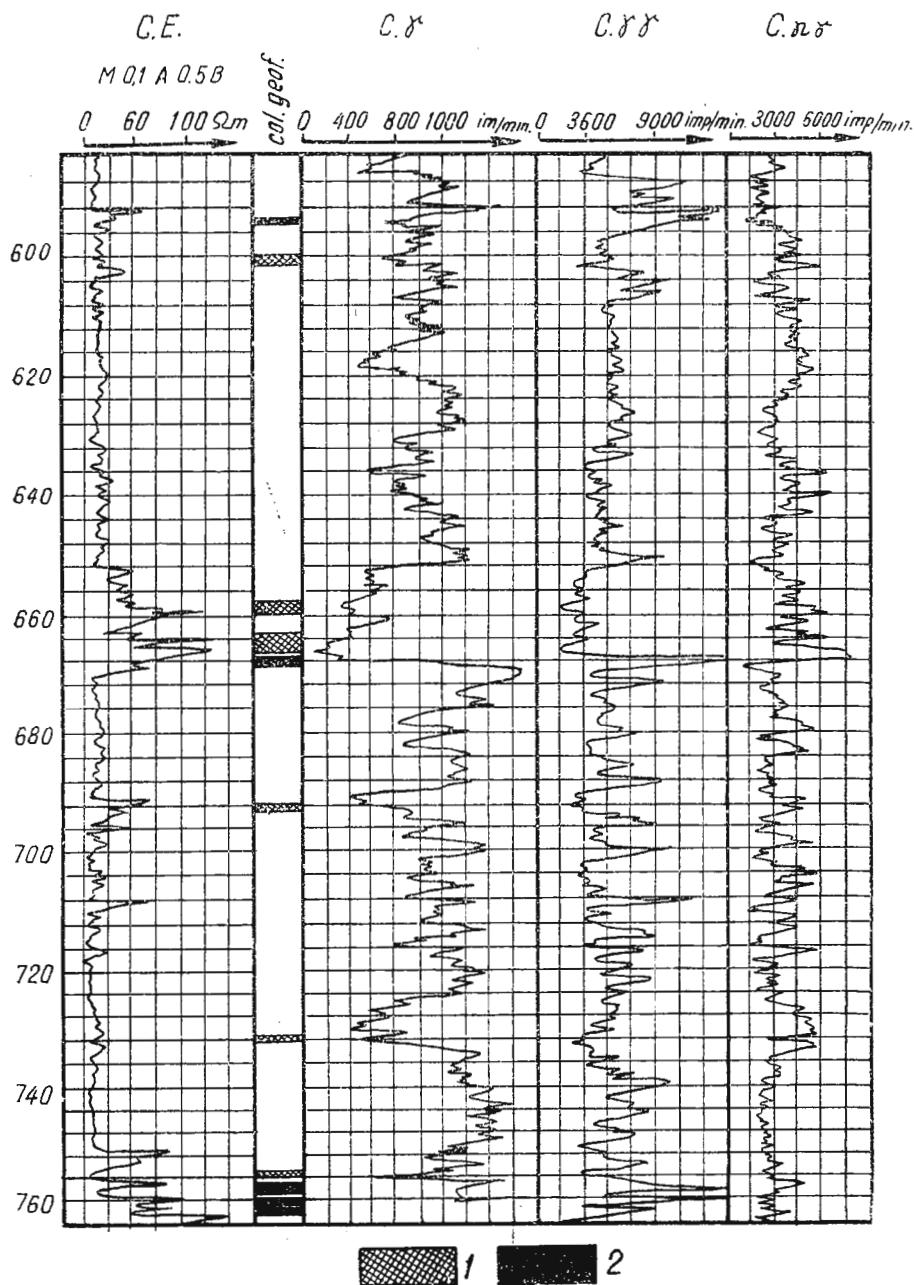


Fig. 39. — Diagrafia geofizică complexă a sondei 15655 valea Jiului.

1, siderite; 2, carbune.

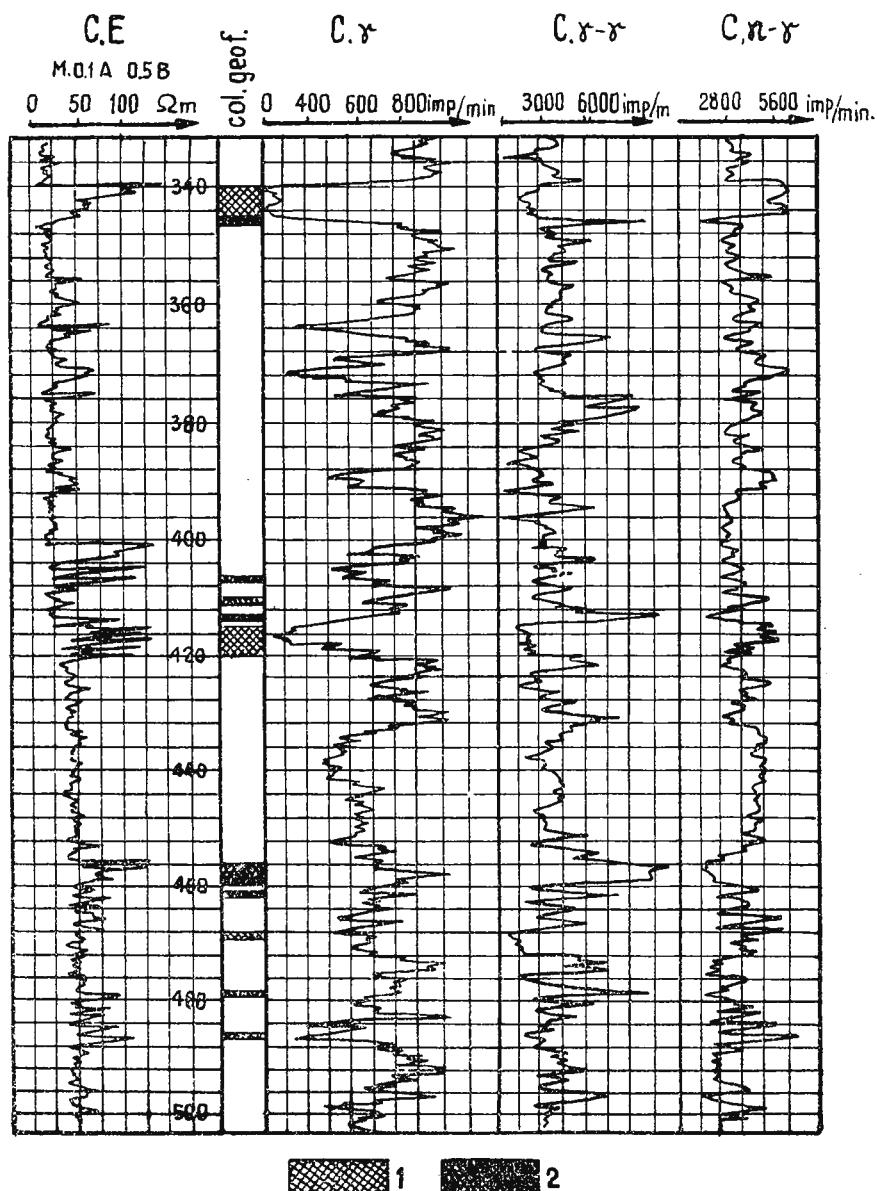


Fig. 40. — Diagrafia geofizică complexă a sondei 15647 valea Jiului.
1, siderite; 2, cărbuni.

și ale intensităților gama retrodifuzate, respectiv ale densităților maxime a conținuturilor în fier.

Coloana litologică rezultată din interpretările geofizice sunt confirmate de asemenea de coloanele geologice ale sondelor stabilite pe baza probelor de sapă.

Mineralizările sideritice din bazinul carbonifer valea Jiului. Mineralizațiile de fier din valea Jiului sunt reprezentate în înregistrările geofizice de sonde cu caracteristici similare mineralizărilor sideritice de tip Harghita.

În fig. 40 sunt reprezentate graficele măsurătorilor geofizice pe coloana unei sonde de explorare a cărbunelui.

Mineralizațiile sideritice de conținuturi reduse ($4-14\%$ Fe) cu intercalări dese de calcar se situează în general în coperișul sau culcușul stratelor de cărbune.

Ele sunt caracterizate prin densități mai ridicate, radioactivitate minime și rezistivități cuprinse între $50-130 \Omega \text{ m}$.

Datele geofizice au fost verificate și confirmate prin probe chimice de laborator¹⁾.

Aceleași rezultate se pot întîlni și în fig. 39 (sonda 15 655). Își în acest caz datele geofizice au fost confirmate de probele chimice de laborator.

Date cantitative

În urma măsurătorilor geofizice executate în mai multe șantiere de explorare a minereurilor de fier, s-a putut constata o variație aproximativ liniară dintre valoarea caracteristicei fizice măsurate și conținutul de fier.

Luându-se în considerație această caracteristică de raportare a valorilor fizice măsurate la conținuturile în metal, s-a putut ajunge la stabilirea unor grafice de interpretare directă a conținuturilor în funcție de fiecare caracteristică fizică măsurată.

Media conținuturilor stabilite separat din fiecare grafic, va permite trecerea de la o interpretare calitativă la o interpretare cantitativă a conținutului de fier din rocă.

Tensiunile electrice naturale. Din cele stabilite anterior, rezultă că pe lângă alți factori care contribuie la crearea tensiunilor electrice naturale în rocă este și conținutul de fier.

Aceasta se confirmă și prin faptul că tensiunile electrice naturale înregistrate în sondele de explorare se mențin într-un raport aproximativ constant față de conținuturile în metal.

¹⁾ Probele au fost analizate în cadrul I.E.P. orașul Dr. P. Groza Oradea.



Față de această situație, pe baza datelor statistice, obținute de autor pe intervale interpretate și probate chimic, se poate trece la întocmirea graficelor tensiuni electrice naturale — conținut.

Pentru minereurile sideritice și ankeritice de tip Teliuc (Poiana Ruscăi), prin raportarea statistică a valorilor înregistrate față de conținuturile stabilite din probele chimice, s-a întocmit graficul din fig. 41.

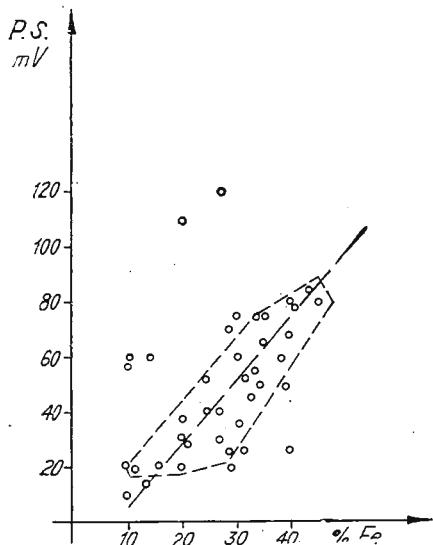


Fig. 41. — Graficul raportului mV/% Fe pentru sideritele de tip Poiana Ruscăi.

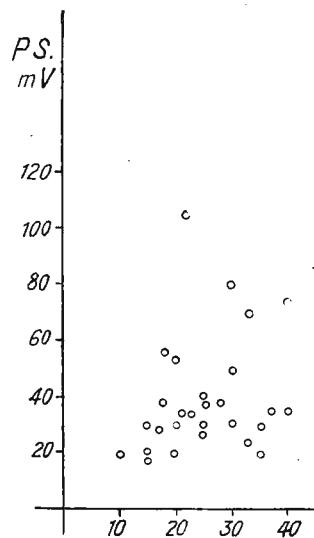


Fig. 42. — Graficul raportului mV/% Fe pentru limonite (Poiana Ruscăi).

Raportul tensiuni electrice naturale-conținut, stabilit prin graficul din fig. 41, este de ordinul a 1,25 mV/procent fier și se menține constant între limitele de conținut 10—40% Fe.

Eroarea ce poate interveni în acest caz la interpretarea directă a conținuturilor este de $\pm 10\%$.

Utilizarea graficului din fig. 41 la interpretarea curbei tensiunilor electrice naturale, poate prezenta o imagine cantitativă asupra conținuturilor de fier din coloana litologică măsurată.

Valorilor tensiunilor electrice naturale pentru mineralizațiile de limonită nu mai respectă o dependență de conținuturile de fier. Mai mult

chiar, valorile tensiunilor electrice naturale apar aproximativ uniforme pentru toate conținuturile de fier cu valori cuprinse între 20—40 mV (vezi fig. 42).

Față de alte tipuri de minereuri de fier și față chiar și de alte roci limonitizate, valorile reduse ale tensiunilor electrice naturale nu pot prezenta nici un indiciu în evaluarea conținuturilor procentuale de fier din intervalul coloanei litologice de interpretat.

Cu totul alt aspect prezintă tensiunile electrice naturale înregistrate pe intervalele cu mineralizație de magnetită.

Într-adevăr, așa cum s-a precizat în capitolele anterioare, fenomenele de oxido-reducere se întâlnesc mai frecvent în cadrul magnetitelor și hematitelor. Mai mult, chiar în cazul măsurătorilor efectuate pe mineralizații de magnetite, se observă o corespondență mai pronunțată între valoarea tensiunilor electrice naturale și conținuturi de fier.

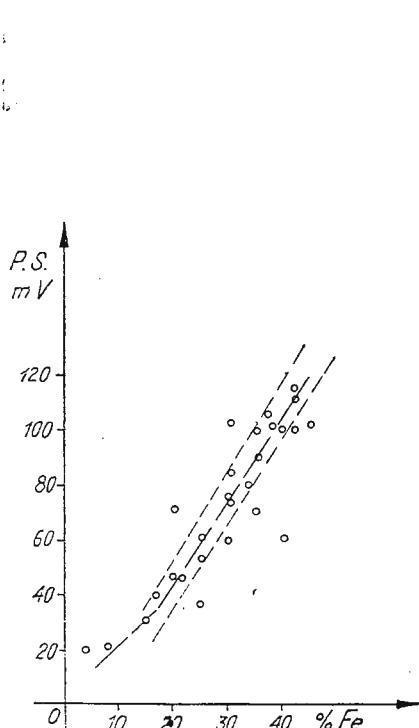


Fig. 43. — Graficul raportului mV/% Fe pentru magnetitele din Poiana Ruscăi.

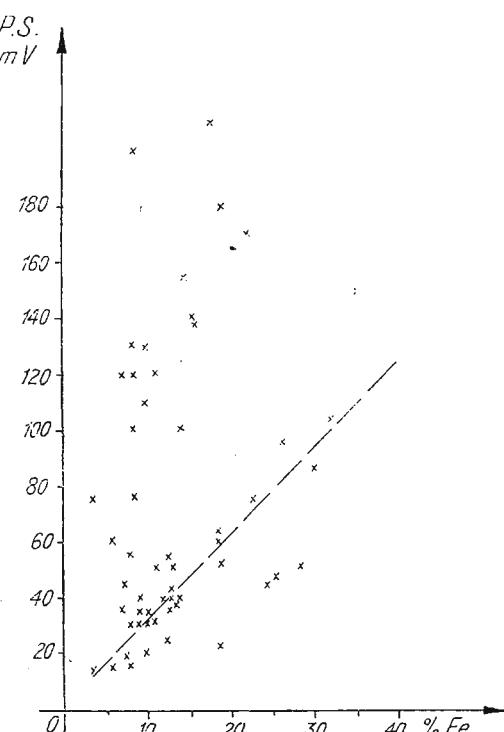


Fig. 44. — Graficul raportului mV/% Fe pentru sideritele de tip Harghita (Vlăhița).

În graficul fig. 43 întocmit cu valorile tensiunilor electrice naturale înregistrate în sonde și conținuturile procentuale de Fe din intervalul corespunzător, se poate urmări justătea proporționalității conținut-tensiuni electrice naturale.

Gradientul creșterii tensiunilor naturale, în funcție de conținuturile de Fe din mineralizațiile de magnetică este de ordinul a 3 mV/% Fe.

Pentru conținuturile mai ridicate de Fe, eroarea de interpretare devine neglijabilă.

Trebuie totuși precizat că datorită existenței în sonde a tensiunilor electrice naturale și de altă natură decât cele de oxido-reducere nu se poate trece la interpretarea conținuturilor de Fe pînă nu este confirmată existența magnetitelor sau a oricărui alt oxid de fier și de alte metode de geofizică de sondă.

Pentru zăcăminte de siderită de tip Vlăhița, datorită alterărilor din rocile vulcanice, roci adiacente mineralizațiilor de fier, valorile tensiunilor electrice naturale nu sunt edificative în evidențierea intervalelor mineralizate și cu atât mai puțin pentru identificarea conținuturilor procentuale de fier.

În fig. 44 se poate evidenția repartiția complet neuniformă a tensiunilor electrice naturale în funcție de conținuturile de fier.

Rezultă că numai valorile tensiunilor electrice naturale, corespunzătoare sideritelor, magnetitelor sau hematitelor de tip Poiana Ruscăi, pot conduce la o estimare continuă a conținuturilor pe coloana sondei măsurate.

Rezistivități electrice. Din măsurările geofizice de rezistivitate efectuate în coloanele sondelor de explorare, rezultă o variație aproximativ lineară și a raportului dintre conținuturile procentuale în fier și valorile rezistivităților înregistrate.

Totuși s-a putut observa că valoarea acestui raport nu se menține aceeași pentru toate tipurile de zăcăminte de cercetat, ci variază în funcție de o serie de factori ce caracterizează tipul mineralizației de cercetat.

Această constatare a condus la stabilirea rapoartelor dintre valoarea rezistivității înregistrate și conținuturi pe tipuri de zăcămînt de cercetat.

Pentru minereul sideritic și ankeritic de tip Poiana Ruscăi valoarea raportului stabilit este de cca $20 \Omega \text{ m}/\text{procent}$ în special pentru conținuturi mai mari de 10% Fe (fig. 45). Eroarea maximă în apreciere poate fi de $\pm 10\%$.



Variațiile valorilor rezistivităților pentru același conținut procentual de fier sînt datorită în special variației conținuturilor de calcar și siliciu din masa mineralizației, variație ce se poate observa în cuprinsul întregului zăcămînt.

Trebuie precizat că pentru aglomerările de mineralizații de fier, sideritice sau ankeritice, ce nu sînt interceptate de coloana sondei, linia

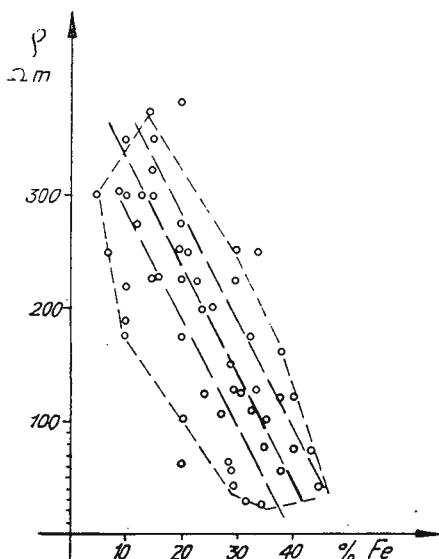


Fig. 45. — Graficul raportului $\rho / \% \text{ Fe}$ pentru sideritele de tip Poiana Ruscăi.

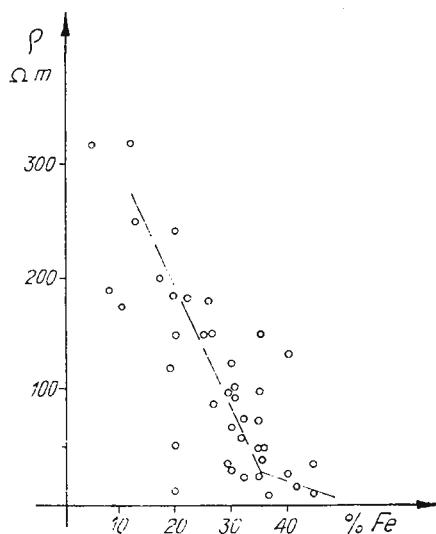


Fig. 46. — Graficul raportului $\rho / \% \text{ Fe}$ pentru limonitele din Poiana Ruscăi.

raportului $\rho / \% \text{ Fe}$ din fig. 45, se deplasează mai înspre dreapta, în funcție de depărtarea mineralizației de punctul de măsurare din coloana sondei.

Cu toate aceste erori ce se pot face în interpretarea conținuturilor de fier al sideritelor sau ankeritelor, direct din datele de sondă, constituie totuși date importante pentru nivelul actual al interpretării, cu atît mai mult cu cît conținutul procentual de Fe prezentat de datele geofizice reprezintă date mai obiective asupra conținutului, poziției, dimensiunilor și caracterului elementului mineralizat interceptat de coloana sondei.

Din măsurările executate în sonde pentru determinarea rezistivităților specifice mineralizațiilor limonitice se poate observa de asemenea un raport aproximativ constant între valorile de rezistivitate și conținutul de Fe din limonite, valoarea raportului fiind de cca $22,21 \Omega \text{ m} / \% \text{ Fe}$.

Raportul rezistivitate/conținut Fe, după cum se observă din graficul din fig. 46, se menține constant pentru conținuturile $15-35 \% \text{ Fe}$,

peste care conținuturi valoarea raportului $\rho/\%$ Fe tinde să scadă sensibil pentru ca să devină chiar subunitară.

Pentru conținuturile mai mici de 10% Fe ale limonitelor se observă o creștere accentuată a raportului $\rho/\%$ conținut de Fe, creștere explicată prin conținuturile ridicate ale calcarelor și silicei din roca mineralizată.

Erorile care pot surveni în aprecierea conținuturilor Fe în funcție de valoarea rezistivităților aparente sunt de cca $\pm 10\%$, eroare de altfel aproximativ constantă pe intervalul conținuturilor 15–35% Fe.

În funcție de graficul raportului $\rho/\%$ conținut fier (fig. 46) stabilit pentru limonitele din zăcămîntul Poiana Ruscăi, se poate trece la o analiză cantitativă directă asupra conținuturilor de fier din coloana litologică.

Din măsurătorile de rezistivitate pe coloanele sondelor de explorare a magnetitelor s-a precizat un raport aproximativ constant între valoarea rezistivității înregistrate și conținutul în fier.

Spre deosebire de celelalte tipuri de minereuri de Fe (ankerite, siderite sau limonite) conținuturile mai mari de Fe din roca cu mineralizații de magnetită, creează rezistivități ale căror valori sunt mult mai reduse.

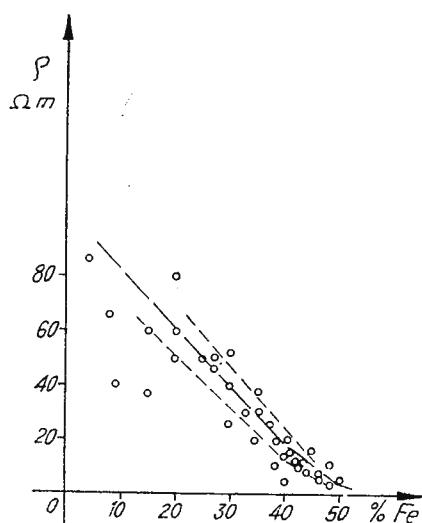


Fig. 47. — Graficul raportului $\rho/\%$ Fe pentru magnetitele de tip Poiana Ruscăi.

grafice — este de ordinul a $\pm 5\%$, eroare mult mai redusă decât valorile corespunzătoare celorlalte tipuri de minereuri de Fe urmărite cu măsurătorile de rezistivitate.

Pentru magnetitele interceptate prin măsurătorile geofizice de sondă din Poiana Ruscăi și verificate prin analizele cantitative de laborator — raportul rezistivitate-conținut de fier, pentru conținuturile de 7–40% Fe, este de $1 \Omega \text{ m}/\%$ Fe.

Valoarea raportului $\rho/\%$ Fe pentru conținuturi mai mari de 40% Fe tinde către valori subunitare.

Spre exemplu, aşa cum se poate observa din graficul din fig. 47, pentru valorile conținuturilor 40–50% Fe, valoarea raportului $\Omega \text{m}/\%$ Fe este de ordinul a $0,72 \Omega \text{m}/\%$ Fe.

Eroarea de interpretare directă a conținuturilor de Fe, din diagrafia electrică de sondă pentru magnetită — și aşa cum rezultă și din datele

Pe baza graficului reprezentat în fig. 47 se poate trece la interpretarea directă a conținuturilor de Fe din diagrafia electrică de sondă pentru magnetitele din Poiana Rusca.

Minereul sideritic de tip Vlăhița prezintă rezistivități a căror valoare poate varia de la $6 \div 7 \Omega \text{ m}$ pînă la $130 \div 140 \Omega \text{ m}$.

Graficul din fig. 48 reprezintă tocmai dependența valorilor de rezistivitate înregistrate în sonde în funcție de conținutul de fier.

Din dispunerea valorilor rezistivităților nu reiese o proporționalitate între rezistivitate și conținut, neproporționalitatea fiind justificată de variația conținuturilor de calcar sau SiO_2 din roca mineralizată.

O curbă cu totul aproximativă, se poate trasa ca în graficul 48. Totuși o interpretare cantitativă a valorilor electrice pentru cazul măsurătorilor de rezistivitate, din zăcămîntul Vlăhița, rămîne cu totul relativă.

Radioactivitatea naturală. În urma măsurătorilor executate în coloanele sondelor de explorare a zăcămintelor de fier, s-a observat că elementele radioactive disperse ocupă un prim loc în masa rocilor cristaline și stisoase și a rocilor vulcanice. Radioactivitățile măsurate pe aceste roci sunt de ordinul a $800 \div 1200$ imp/minut pentru sisturi și $500 \div 1100$ imp/minut pentru rocile vulcanice.

Odată cu creșterea conținutului de calciu sau siliciu din rocă, conținutul în elemente radioactive descrește. Aceasta explică și fondul radioactivității naturale mult mai redus în sisturile cuarțoase sau în calcare ($400 \div 700$ imp/minut). În cazul rocilor calcaroase nemineralizate, valorile radioactivităților naturale pot varia în limitele $200 \div 400$ imp/minut.

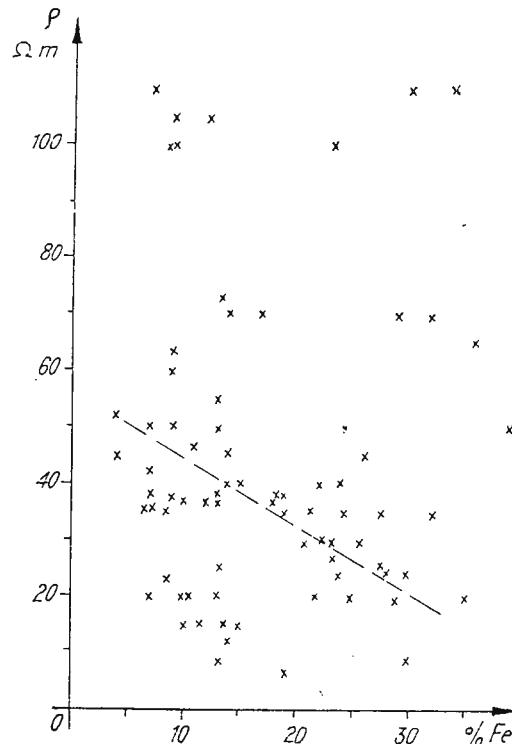


Fig. 48. — Graficul raportului $\rho/\% \text{ Fe}$ pentru sideritele de tip Harghita (Vlăhița).

Pentru cazurile cele mai frecvente, cînd în carbonații de calciu se găsește și fierul bivalent sub formă de siderite sau ankerite, chiar pentru conținuturi de 30—40 % Fe, fondul radioactivităților naturale rămîne același (200—400 imp/minut).

Acest caz se poate întîlni în zăcămîntul Teliuc (Poiana Rusca).

Pentru cazul zăcămîntului Harghita o dată cu creșterea conținuturilor de carbonați de calciu și fier, sub formă de siderite, conținutul în elemente radioactive (U, Th, K, etc.), descrește.

Pentru conținuturi maxime de siderită, în intervalul măsurat, valorile radioactivităților naturale devin minime.

Se poate observa astfel o proporționalitate între scăderea radioactivităților naturale și creșterea conținuturilor în fier.

Pentru zăcămîntul Harghita, urmărirea raportului dintre radioactivitățile naturale și conținuturile rezultate din analizele de laborator ale probelor din punctele măsurate în sonde, este reprezentată în graficul din fig. 49.

Fig. 49. — Graficul raportului $I_{\gamma}/\%$ Fe pentru zăcămîntul Vlăhița.

Raportul intensitate-conținut pentru limitele 6—32 % Fe este de ordinul a 20 imp/minut/% Fe.

Valoarea raportului crește (230 imp/minut/procent fier) pentru conținuturi sub 6 % Fe.

Eroarea maximă în aproximarea conținutului prin utilizarea graficului din fig. 49 este $\pm 15\%$ și pentru conținuturi mai mari de 10 % Fe.

În urma paraleлизării valorilor conținuturilor stabilite și cu alte metode de determinări cantitative utilizate în interpretarea măsurătorilor geofizice de sondă, eroarea de aproximare a conținuturilor poate fi redusă la cca $\pm (5 \div 10)\%$.

Pentru mineralizații de fier din Poiana Rusca, ca și pentru cele din valea Jiului nu au existat date suficiente pentru întocmirea graficelor radioactivitate naturală — conținut fier.

Greutatea specifică (densitatea). Este bine stabilit că rocile cu mineralizații de fier prezintă o greutate specifică mult mai ridicată decât greutatea specifică a rocilor înconjurătoare sterile.

Această caracteristică de diferențiere fizică a rocilor în loc, poate da naștere și la unele fenomene fizice, în funcție de care se poate trece la interpretarea naturii rocii măsurate.

Important de remarcat este faptul că de mărirea greutății specifice medii, respectiv de conținutul în metal al rocii, depinde și intensitatea unor fenomene fizice ce pot lua naștere tocmai pe baza acestei caracte ristici.

Astfel se pot urmări fenomenele de retrodifuzie și absorbție a cuantelor gama în elementele de rocă cu conținuturi diferite în metal (fier). Pentru conținuturile maxime, absorbția și retrodifuzia cuantelor gama va fi maximă, iar pentru conținuturi reduse, absorbția și retrodifuzia va fi minimă.

Aceste rapoarte stabilite

între intensitatea cuantelor gama înregistrate ($I_{\gamma\gamma}$) și conținuturile în metal, stabilite pe bază de analize chimice, pot fi urmărite în fiecare tip de zăcămînt în parte.

Pentru zăcămîntul Harghita graficul intensitate ($I_{\gamma\gamma}$) — conținut în metal este reprezentat în fig. 50. Graficul s-a întocmit în urma stabilirii rapoartelor intensitate-conținut pentru un număr important de puncte măsurate în cca 35 de sonde din perimetrul de explorat. Media rapoartelor intensitate-conținut este prezentată în grafic printr-o linie plină continuă.

Pentru conținuturile în fier pînă la 8%, valoarea raportului este de cca 900 imp/minut/procent fier, iar pentru conținuturile 12—33% Fe valoarea raportului se micșorează pînă la 197 imp/minut/procent fier.

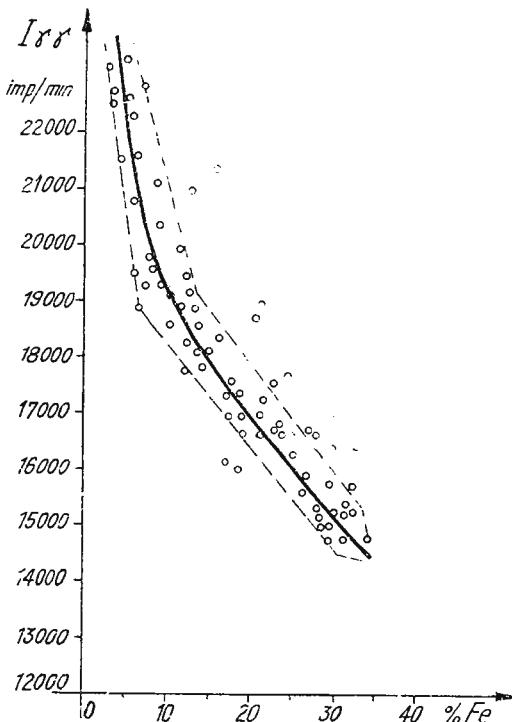


Fig. 50. — Graficul raportului $I_{\gamma\gamma}/\%$ Fe pentru zăcămîntul Vlăhița.

Eroarea în aproximarea conținuturilor în metal pe baza graficului din fig. 50, este de ordinul $\pm 10\%$.

Împrăștierea valorilor rapoartelor de la linia medie este justificată prin condițiile neidentice de efectuare a măsurilor din sonde.

Graficul stabilit poate conduce la interpretarea directă a conținuturilor din diagramele măsurătorilor efectuate în sondele de explorare a zăcământului Harghita.

Rezultate privind interpretarea cantitativă, a diagramelor geofizice de sondă

Geofizica de sondă actuală prin varietatea metodelor aplicate, îmbină toate posibilitățile de cercetare a proprietăților fizice, chimice sau mecanice, în vederea stabilirii datelor cantitative asupra conținutului în util și a condițiilor sale naturale de existență.

Cum s-a prezentat și în capitolul anterior, graficele de conținuturi stabilite pe tipuri de mineralizații de fier, șantiere și metode aplicate, conduc la interpretarea directă a conținuturilor pe întreaga coloană măsurată.

Pe baza fiecărui grafic de conținut se poate întocmi câte o curbă separată și continuă asupra conținuturilor în util pe întreaga coloană a sondei măsurate.

Curba medie a conținuturilor pe întreaga coloană va fi reprezentată de rezultanta curbelor conținuturilor întocmită în funcție de curbele înregistrate.

Rezultate practice ale aplicării metodei graficelor de conținut pot fi exemplificate prin curbele de conținuturi ale mai multor coloane litologice stabilite numai pe baza interpretării diagrafiei geofizice.

Astfel, în cazul sondei 130, fig. 51, prin folosirea graficului din fig. 49 pentru curba γ , s-a stabilit curba de conținut (3).

Prin folosirea graficului din fig. 50 pentru curba $\gamma - \gamma$, s-a stabilit curba de conținut (4).

Din efectuarea medie curbelor de conținuturi pentru intervalele mineralizate, s-a obținut curba conținuturilor pentru întregul interval mineralizat.

Prezentarea comparativă a conținuturilor în fier rezultate din analizele de laborator ale carotelor mecanice din intervalul măsurat (curba 6) confirmă întru totul valorile conținuturilor stabilite prin curba medie continuă (5) a conținuturilor rezultate din interpretarea diagrafiei geofizice.



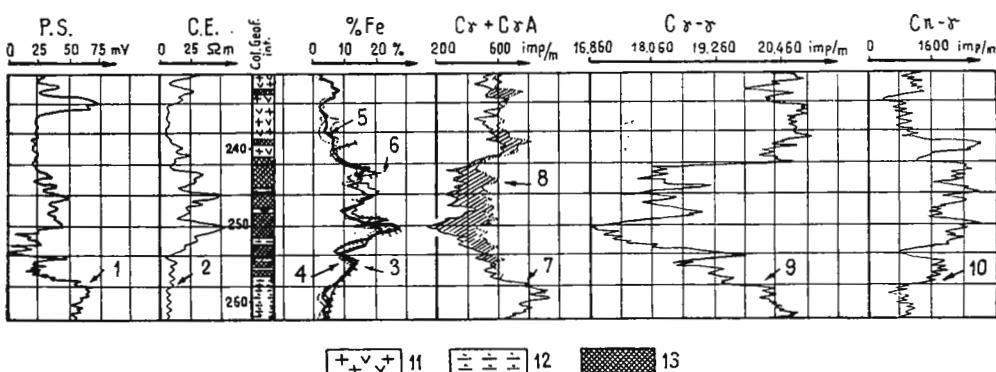


Fig. 51. – Interpretarea cantitativă a diagramelor geofizice ale sondei 130 – Vlăhița.

3, curba conținuturilor stabilită după curba gama naturală; 4, curba conținuturilor stabilită după curba gama-gama; 5, curba medie a conținuturilor rezultată din interpretarea geofizică; 6, curba conținuturilor stabilită pe baza analizelor chimice de laborator; 11, conglomerate andezitice; 12, argile și gresii; 13, mineralizații sideritice.

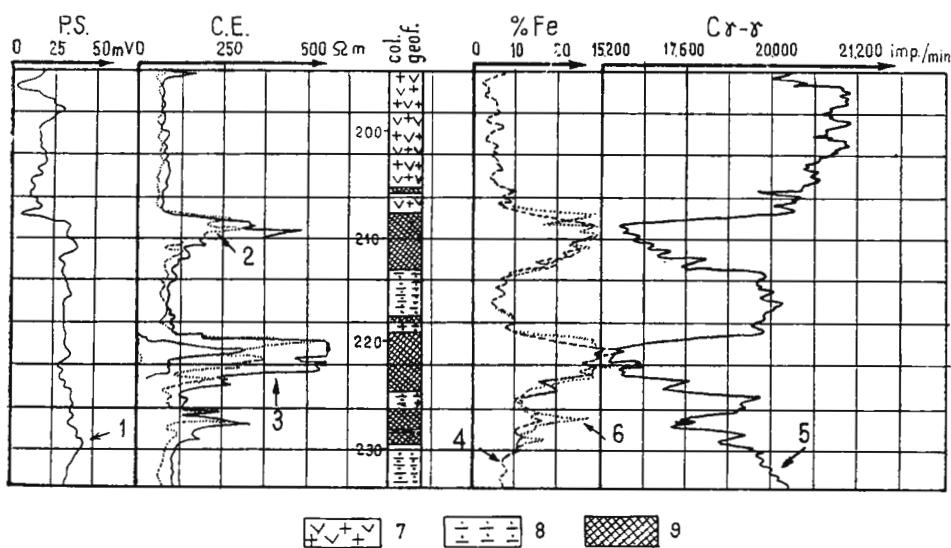


Fig. 52. – Interpretarea cantitativă a diagramei geofizice a sondei 190 – Vlăhița.

4, curba conținuturilor stabilită după curba gama-gama; 6, curba conținuturilor stabilită pe baza analizelor chimice de laborator; 7, conglomerate andezitice; 8, argilă 9, mineralizații sideritice.

Un alt exemplu se poate urmări în cazul fig. 52, unde curba conținuturilor (4) s-a obținut folosind graficul fig. 50 numai pentru curba $\gamma - \gamma$ (5).

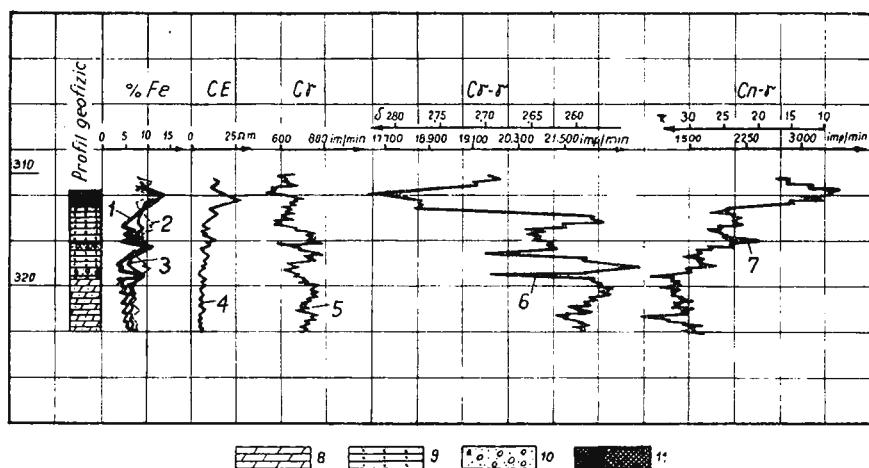


Fig. 53. — Interpretarea cantitativă a diagramei geofizice a sondei 1155 – Vlăhița.
1, curba continuturilor după curba gama-gama; 2, curba continuturilor după curba gama naturală; 3, curba medie a continuturilor după curbele (1) și (2); 4, curba electrică (CE); 5, curba gama ($C\gamma$); 6, curba gama-gama ($C\gamma\gamma$); 7, curba neutron-gama ($Cn\gamma$); 8, mărne; 9, argile nisipoase; 10, nisipuri ușor sideritizate; 11, siderită.

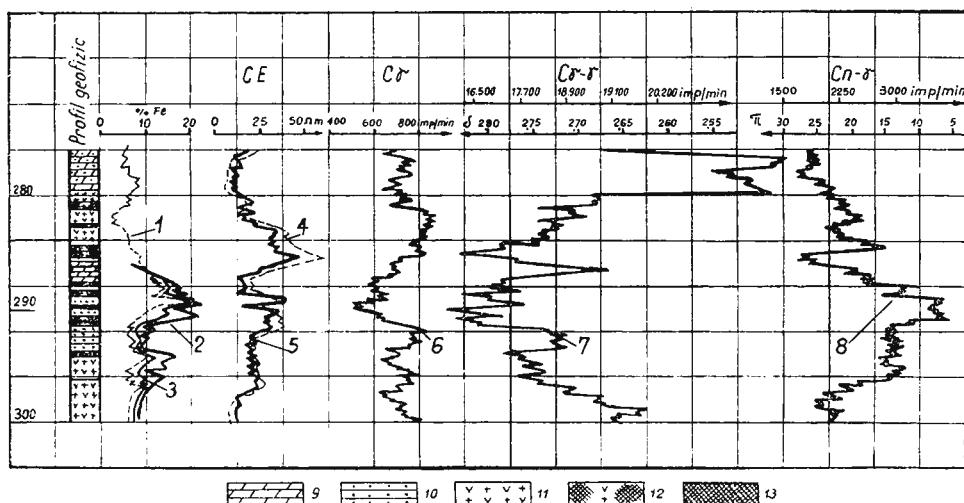


Fig. 54. — Interpretarea cantitativă a diagramei geofizice a sondei 1050 – Vlăhița.
1, curba continuturilor stabilită în funcție de curba gama; 2, curba continuturilor stabilită în funcție de curba gama-gama; 3, curba continuturilor medii; 4, 5, curbe rezistivităților electrice; 6, curba gama ($C\gamma$); 7, curba gama-gama; 8, curba neutronică ($Cn\gamma$); 9, mărne; 10, argile nisipoase; 11, aglomerate andezitice; 12, aglomerate sideritice; 13, siderită.

Prin suprapunerea valorilor rezultate din interpretarea geofizică cu curba conținuturilor (6) trasată în funcție de datele de laborator, se confirmă de asemenea justețea utilizării graficelor conținuturilor.

În fig. 53 și 54 pot fi urmărite de asemenea unele rezultate geofizice ale unor roci din intervalele mineralizate ale sondelor 1050 de cercetare a zăcămîntului Harghita.

Spre exemplu în fig. 53 se stabilesc curbele conținuturilor corespunzătoare curbei gama (C_γ) (2) și a curbei gama-gama ($C \gamma - \gamma$) (1). Media conținuturilor rezultată din diagrafia geofizică este reprezentată prin curba (3).

Conținuturile stabilite pentru intervalul din coloană prezentat în fig. 53 sunt confirmate de conținuturile rezultate din analizele de laborator ale probelor mecanice de foraj din cîteva puncte a intervalului înregistrat, astfel :

Adîncimea de colectare a probei (m)	Fe după analize chimice %	Fe după diagrafia geofizică %
312	13	14
314,80 – 315,10	7	7,50
316,50 – 316,70	13	11,50
318	18	15
319	15	9

Necoincidența conținuturilor stabilite prin diagrafia geofizică cu conținuturile stabilite prin analizele de laborator se datorește mineralizațiilor de fier sub formă de nisipuri sideritice-inundate.

În fig. 54 conținuturile de fier au fost calculate în funcție de curba gama (1) și curba gama-gama (2).

Conținuturile medii stabilite prin curba (3) pentru intervalul interpretat poate fi ușor comparat cu conținuturile stabilite pe baza analizelor chimice de laborator a carotelor mecanice obținute din cîteva puncte din sondă. De exemplu :

Adîncimea de colectare a probei (m)	Fe după analize chimice %	Fe după diagrafia geofizică %
291 – 292	14,5	12 – 21(16,5)
196	13	13,5
297	11	10,5



Datele prezentate comparativ confirmă datele interpretate prin dia-grafia geofizică de sondă.

Concluzii

Pe baza materialelor prezentate referitoare la rezultatele experimen-tărilor efectuate în laborator și teren în vederea explorărilor cu metode geofizice de sondă a zăcămintelor de fier din țara noastră, se poate ajunge la următoarele concluzii :

1. Metodele nucleare completate cu metodele electrice, utilizate în explorarea minereurilor de fier pînă în prezent, pot stabili o serie de para-metri fizici ai rocilor cuprinse în profilul sondei, în vederea stabilirii : naturii petrografice a formațiilor geologice cuprinse în profilul sondei sau în imediata vecinătate a coloanei ; adîncimea și grosimea intercalațiilor rocilor utile sau sterile din profilul sondei ; evidențierea și stabilirea tim-pului de mineralizație de fier (andezit, ankerit, siderit, limonit sau mag-netit) din profilul sondei ; conținuturile în metal (Fe) pe întreaga coloană a sondei ; identificarea unor elemente secundare pe coloana sondei cer-cetate (Mn, V, etc.).

2. Prin metodele geofizice se pot stabili de asemenea și o serie de caractere dinamice ale curbelor înregistrate ale anumitor caracteristici fizice corespunzătoare unor probleme destul de variate de tecto-nică ; determinări de direcții și inclinări de strate, orizontalizări și corelări de strate, accidente tectonice, etc.

3. Prin datele prezentate, metodica geofizică actuală utilizată în găurile de sondă poate constitui o documentare complexă atît în stabilirea rezervelor minerale cît și pentru proiectarea lucrărilor miniere – de deschidere și exploatare.

Rezultă că prin aplicarea metodelor geofizice complexe se vor extinde tot mai mult posibilitățile de explorare geologică aducind contri-buții importante și rapide în mărirea rezervelor de minereuri de fier.

BIBLIOGRAFIE

1. Alexeev P. A. Aktivatsionni analiz gornih porod v usloviyah skvajini i evo ispol-zovanie dlea opredelenie mestorajdenie neftenosnih i vodonosnih plastov. Eadernaia gheofizika Gostoptehizdat 1959.



2. Beiker P. E. Issledovanie metodom rassecanovo gamma-izlucenia (Perev. s angl.). *Promisl. gheofiz.* Nr. 2 Moskva 1960.
3. Berci F. Spravocinik dlea gheologov po fiziceskim konstantam. *Izd-vo, inostr. lit.* Moskva 1949.
4. Braun A., Bauers B. — Zavisimosti mejdú poristostoi i pokazanicami neitronnovo gamma — metoda issledovania skvain. (Perev. s angl.). *Promislovia gheofizika*, Nr. 2 Moskva 1960
5. Bulașevici P. K teorii neitronnovo karotaja. *Izv. A.N. SSSR Seriea gheofiz.* Nr. 2 1951
6. Bulașevici P., Sulatiev S. A. Optimalnnie uslovie neprerivnogo aktivat̄ionovo karotaja. *Izv. A.N. SSSR Seriea gheofiziceskae* Nr. 2 Moskva 1960
7. Dahnov V. I. Interpretat̄ia rezultatov gheofiziceskih issledovanii razrezov skvajin. *Gostoplehizdat* 1955.
8. Diadkin I. G. Despre teoria carotajului gama-gama la cercetarea găurilor de sondă. Traducere din *Izv. A. N. SSSR Serv. Geof.* Nr. 4 1955
9. Filippov E. M. Issledovanie spektra rassecannovo gamma-izlucenia v gornih porodah razlicinovo mineralogicheskogo sostava i razlicinoi plotnosti. *Prikl. gheofiz. vip.* 19 Moskva 1958
10. Filippov E. M. Issledovania raspredelenie gaunma-izlucenia v gornili porodah. *Prikl. gheofiz. vip.* 20 Leningrad 1960
11. Flerov G. N., Alexeev F. A., Erozolinski B. G., Perspektivi ispolzovaniia radioaktivnih izlucenii v gheologhii. *Razvedka i razrabotka polznih iskopaemih-Gostoplehizdat* — Moskva 1958
12. Grigore I. Contribuții la dezvoltarea bazei materiale a minereurilor de fier. *Rev. Minelor*, XII, nr. 7. București 1961.
13. Iordache S. Gh. Perspectivele de utilizare a metodelor radiometrice in carotajul pentru minereuri. TPEDMN și IFA. București 1959.
14. Iordache S. Gh. Rezultate privind măsurătorile geofizice aplicate în prospectarea și explorarea minereurilor metalifere. *Revista minelor* Nr. 10 București 1959.
15. Kantor S. A. Osnovi teorii neitronnovo karotaja. *Prikladnaea gheofizika* vip. 13. 1955.
16. Kolduell R. L. Eadernaea fizika po razvedke na nefti (Perev. s angl.) *Promisloviea gheofizika* vip. 2. Moskva 1960.
17. Kräutner H., Kräutner F. Chimismul zăcămintelor de fier din partea central-estică a masivului Poiana Ruscă. *Studii și Cercetări geologice*, VII, nr. 1. București, 1962.
18. Kubarenko, N. K., Odinkov, V. P., Simel'evici S. Vozmojnosti ispolzovaniia metoda aktivat̄ii natriea. Seriea A.N. SSSR po mirnomu ispolzovaniiu atomnoi energhii 1—5 Iulea 1955 g. *Zasedenie otdeleniea tehniceskikh nauk A. N. SSSR Izd. A. N. SSSR*. 1955.
19. Mason Boian Principles of Geochemistry. New— York. 1958.
20. Meyer V. A. Primenenie karotaja na polimetalliceskih mestorojdenii *Voprosi rudnoi gheofiziki* Sbor. st. 1. Moskva. 1957.
21. Nesmejanov An. N. Lapitskii, A., B. Rudenko N. P. Poluchenie radioaktivnih izotopov, *Goshimizdat*. Moskva. 1954.
22. Ocicur A. P. Karotaj plotnosti. *Voprosi rudnoi gheofiziki* Sbor. St. 1. Moskva 1957.



23. Rezvanov R. A. Vozmojnosti metoda navedennoi aktivnosti dlea kolicestvennoi otenki neftenasšennosti i drugih harakteristik plastov. *Eadernaea gheofizika Gostoptehizdat*. 1955.
24. Savul M., Ianovici V. Chimismul rocilor dolomitice de la Hunedoara. *Studii și Cercetări geologice*, IV.
25. Saukov A. A. Geochimie. Ed. Tehnică Bucureşti. 1954.
26. Senko-Bulatnii I. N. Neutronometria skvajin na mestorojdeniach marganta boksitov. *Izv. A. N. SSSR Ser. gheofiz.* Nr. 3. 1959.
27. Socolescu M., Iordache S. Gh., Mirica Gh. Prospective radiometrice utilizate în interpretări geologice. *Revista minelor* Nr. 12. 1958.
28. Simelievici S. Metodika aktivatjionnovo analiza gornih porod v skvajinnih uslovieah — Vsesoiuz. konf. po prim. izotopov i eadernih izlucenii. *Razvedka i razrabotka poleznih iskopаемых. Gostoptehizdat*. 1958.
29. Semenov A. S. Explorarea electrică după metoda cimpului electric natural (Traducere din limba rusă TPEDMN). Bucureşti, 1956.
30. Wyllie M. R. L. The fundamentals of electric log interpretation. *Acad. Press. Inc. Publ.* New-York, 1957.

RECHERCHE DES MINERAIS DE
FER PAR LES MESURES GÉOPHYSIQUES DE SONDE

PAR

S. GH. IORDACHE

(Résumé)

L'auteur présente une synthèse des recherches entreprises au laboratoire et en terrain, afin d'appliquer les méthodes géophysiques de sonde dans l'exploration des gisements de fer en Roumanie.

Après un bref exposé sur la méthode géophysique de sonde, l'auteur étudie (Chap. II et III) les types caractéristiques des mineraux de fer de Roumanie ainsi que les caractères physiques de chaque type de mineraux.

Pour les gisements sidéritiques et ankéritiques de type Poiana Ruscă, les tensions électriques varient de 5 à 125 mV en rapport direct avec le contenu mineral. Quant au gisement de Harghita, les tensions électriques naturelles sont moins concluantes, à cause des teneurs en fer des roches avoisinées. Les oxydes de fer peuvent accuser également une augmentation des potentiels électriques naturels jusqu'à 100 mV.



Vu les teneurs en SiO_2 ou Ca, les valeurs des résistivités électriques des minéraux mentionnés varient entre des limites très larges. Quant aux oxydes, renfermant des teneurs élevées en fer, la valeur des résistivités est minimum ($0,2 \div 20 \Omega\text{m}$).

La radioactivité naturelle est poursuivie en fonction de la teneur en éléments radioactifs (U, Th) dans la roche. Notons, que les roches à minerais de fer accusent un contenu très réduit en éléments radioactifs. C'est ainsi que l'on a réalisé une différenciation précise entre les calcaires et le minerai, les schistes et les minerai ou les tufs et le minerai.

La densité représente l'une des caractéristiques physiques les plus importantes, vu le rapport direct entre la teneur en métal et la densité.

La porosité présente des résultats importants en ce qui concerne les conditions hydrogéologiques et hydrotechniques des gisements.

L'impossibilité d'étudier certains minéraux, vu l'absence de caractères physiques spécifiques, explique pourquoi l'auteur a utilisé des éléments secondaires, tels que Mn^{55} et V^{51} pour la détermination indirecte des minérais de fer. Dans ce but, pour les éléments mentionnés a été utilisé la méthode d'activation.

Le chapitre IV traite des résultats acquis sur les chantiers par suite de l'emploi de la méthode géophysique complexe de sonde.

En maintenant une variation approximativement linéaire des valeurs des caractères physiques et des teneurs en métal, l'auteur a établi (chap. V) — par type de gisement — plusieurs graphiques d'interprétation directe des contenus en fonction de chaque caractère physique.

En vertu des graphiques établis au chap. V, l'auteur donne également les résultats concernant l'interprétation quantitative de la diagraphie géophysique de sonde, vérifiée par des données de laboratoire.

Pour conclure, l'auteur montre que l'emploi des méthodes géophysiques de sonde à côté des matériaux résultats des recherches permettent : la détermination du profil lithologique de la sonde, la mise en évidence et l'établissement du type de minéralisation et des contenus en métal ainsi que l'identification d'éléments secondaires dans le profil de la sonde, tels Mn^{55} , V^{51} .

On peut déterminer également une série de repères lithologiques afin de résoudre certains problèmes tectoniques, la corrélation des couches, etc.





Institutul Geologic al României

REZULTATE PRIVIND STUDIUL CIMENTĂRII COLOANELOR DE SONDE CU DEOSEBIRE PENTRU SONDELE STRĂBĂTÎND MASIVE DE SARE

DE

Gh. I. PETEU

ABSTRACT

Results Concerning the Study of Wells Cementation Especially of Wells Traversing Salt Massifs. Some aspects concerning the control of wells cementation, especially of wells traversing salt massifs are exposed. Several examples enregistered in the oil fields of Rumania as well as the results obtained by the dual applications of temperature log and the radioactive tracers log are given.

Determinarea nivelului de ciment din spatele coloanei prin metoda termometrică se bazează pe crearea în gaura de sondă a unui cîmp termic artificial produs în urma reacțiilor exotermice asociate procesului de prizare a cimentului.

Evidențierea anomaliiilor termice în măsurările efectuate în sonde poate fi îngreunată de mai mulți factori considerați ca depinzînd de condițiile tehnice în care se materializează prezența cimentului în spatele coloanei precum și de condițiile geologice legate de caracterele specifice ale rocilor din zona de investigare.

În prima categorie se includ : rația de tubaj (diferența dintre diametrul găurii de sondă și al coloanei), producerea curentilor de conductivitate și convecție, la care se adaugă și elemente depinzînd de aparatul și de condițiile măsurătorilor.

Cealaltă categorie se referă la factorii geologici jucind rolul de promotori de perturbație a gradientului geotermic normal și anume : însu-



Institutul Geologic al României

șirile specifice geotermice ale rocilor, poziția structurală a stratificațiilor și în mod deosebit, prezența domurilor de sare.

Obiectul acestui referat este de a prezenta unele dificultăți întâlnite la stabilirea nivelului de ciment prin termometrie datorită influenței unor factori de ordin geologic, cu exemple ilustrative privind cercetările întreprinse pentru elucidarea problemelor ivite.

Studiul întreprins a fost amorsat de constatăriile făcute asupra unor nepotriviri apărute între nivelul de ciment proiectat și cel realizat (indicat în termometrie), în cazul unor sonde săpate în formațiuni cu sare.

Situația acestor sonde în care orizontul exploatat se găsea în apropierea zonei cu ape de zăcămînt — respectiv a zonei salifere—impunea necesitatea cimentării coloanei pe un interval de siguranță în zona orizontului exploatat.

Paralel cu investigarea geofizică în scopul obținerii unor date suplimentare (carotaj radioactiv, cavernometrie, termometrie în gaura de sondă netubată), s-a trecut la controlul în paralel al cimentării coloanei prin termometrie și cu trăsori radioactivi.

Operațiile de verificare au fost întreprinse pentru cazuri diferite privind natura litologică, mărimea zonei investigate și condițiile tehnice de lucru.

Obiectivele urmărite în studiile efectuate ar putea fi concretizate după cum urmează :

Obținerea unei imagini asupra modului în care se evidențiază prezența nivelului de ciment și a cimentării coloanei în ansamblu, prin cele două metode de control ;

Obținerea de informații corecte care să ducă la lămurirea nepotrivorilor dintre programul de cimentare și indicațiile obținute prin metode geofizice, privind nivelul de ciment din spatele coloanei ;

Verificarea indicațiilor asupra nivelului de ciment obținute de termometrie în formațiuni geologice cu caracter specific privind însușirile termice ale mediului investigat.

Materializarea prezenței cimentului în diagrafie

Rezultatele obținute la sonda Nr. 646. În vederea determinării nivelului de ciment cu ajutorul procedeului folosind trăsori radioactivi s-a marcat prima tranșă de 3000 l lapte de ciment cu 3 m Ci Zn⁶⁵, iar după timpul reglementar de priză s-au efectuat termometria și carotajul gama de control (CG₂).



Rezultatele măsurătorilor sînt prezentate în fig. 1 alături de profilele înregistrate în gaura netubată (profilul termic, profilul gama de referință CG₁ și cavernometria).

Analiza în paralel a profilelor gama și termice duce la constatarea că există o diferență între adîncimea la care este indicat nivelul

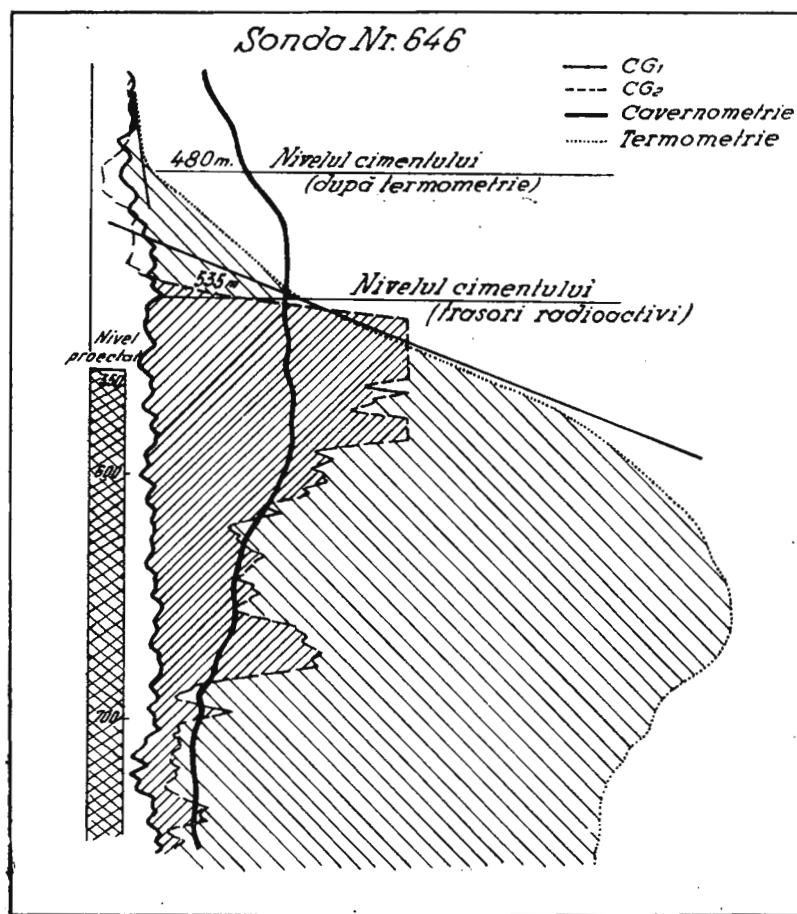


Fig. 1. — Controlul cimentării coloanei la sonda Nr. 646.

cimentului în termogramă și în profilul gama CG₂. Această nepotrivire între modul de indicare a nivelului de ciment prin cele două procedee este explicată de difuzia pe verticală a căldurii degajată din reacția de priză a cimentului.

În același timp configurația profilelor gama și de termometrie studiată comparativ cu cavernometria arată că zona corespunzătoare amplitudinii maximale din profilul CG₂ se paralelizează cu zona de escavație a găurii de sondă, în timp ce maximul termic apare deplasat înspre partea inferioară. Deplasarea anomaliei termice apare verosimilă în condițiile de înregistrare a termogramei, fiindu-se seamă că termometria se înregistrează de sus în jos și ca urmare, este posibil ca valorile inscrise să fie influențate de inerția termometrului, mai ales în cazul anomalilor termice de intensitate mai ridicată, interceptate la viteze mai mari de înregistrare a termogramei.

Prin intermediul celor două procedee aplicate în paralel s-a stabilit și modul de interpretare a profilelor, aducîndu-se corecția corespunzătoare erorii produsă de difuzia căldurii și de inerția termometrelor.

Într-un alt exemplu s-a urmărit modul în care se materializează prezența cimentului în spatele coloanei, pe intervale mai mari.

Rezultatele măsurătorilor geofizice efectuate cu această ocazie sunt ilustrate în diagrama din fig. 2. Analiza complexă a diagramei (profile de carotaj radioactiv, termometrie și cavernometrie) a condus la următoarele concluzii :

Atât termometria cât și controlul cu trăsori radioactivi indică prezența nivelului de ciment din spatele coloanei la adâncimea în jur de 580 m (în timp ce se proiectase cimentarea coloanei pînă la suprafață).

Există o corelație evidentă între configurația profilului gama de control, termometrie și cavernometrie, în sensul că amplitudinile maximale sunt interceptate în zonele corespunzătoare escavațiilor găurilor de sondă determinate prin cavernometrie (cu deplasarea anomalilor termice, menționată și pentru primul exemplu).

Nerealizarea programului de cimentare propus, privind ridicarea cimentului pînă la suprafață, se datorește de bună seamă escavării găurii de sondă, diametrul real ajungînd în unele zone pînă la 400 mm (pentru diametrul sapei de 243 mm).

La analizarea rezultatelor obținute din controlul cimentării cu trăsori radioactivi s-a comparat cavernometria cu profilul CG₂ înregistrat la o scară de sensibilitate redusă de 5 ori (cu scopul de a se reduce în aceeași măsură contribuția radioactivității naturale la profilul CG₂). Admitînd omogenitatea marcării laptelui de ciment, se pot considera creșterile de radioactivitate ca efecte directe ale grosimii inelului de ciment.

În legătură cu aceasta, studiile efectuate în condițiile de laborator și observațiile din rezultatele practice (1) au permis stabilirea unei tehnici



noi de interpretare care aplicată la cazul exemplificat (ilustrat în fig. 3), ar duce la interpretarea detaliată în figura menționată.

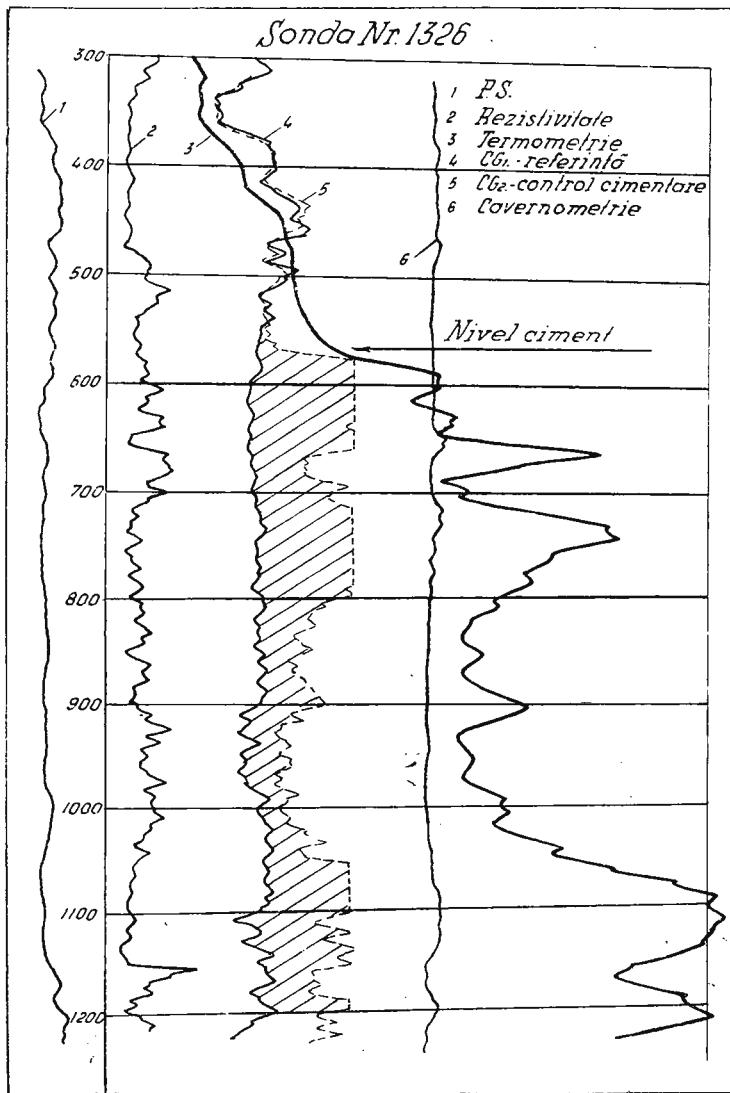


Fig. 2. — Controlul cimentării coloanei la sonda Nr. 1326.

În tehnica interpretării se ține seamă de următoarele elemente :

Păstrarea valorilor reduse de radioactivitate în dreptul nisipurilor, combinată cu același aspect petrecut în dreptul marnelor adiacente,

indică producerea de canalizări sau amestecarea cimentului cu noroiul (pînă la rația 75% ciment — 25% noroi);

Înregistrarea unor valori reduse de radioactivitate în dreptul nisipurilor — în timp ce în dreptul marnelor adiacente nivelul de radioacti-

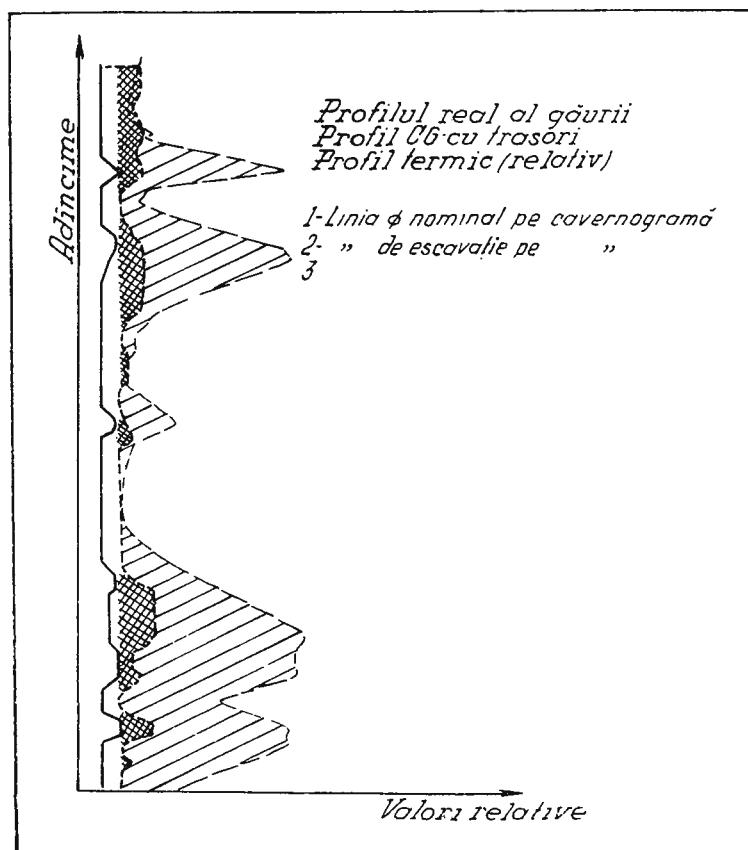


Fig. 3. — Paralelizare eavernometricie — profil gama cu trăsări.

vitate apare considerabil crescut — se poate atribui plasării excentrice a coloanei în gaura de sondă;

Deși există o relație determinată între valorile de radioactivitate și diametrul găurii, de la o anumită mărire a diametrului, dependența nu se mai menține.

Într-adevăr în condiții de laborator s-a stabilit o dependență logaritmică pînă la un anumit domeniu între amplitudinile gama înregistrate

după cimentare și diametrul real al găurii de sondă. În fig. 4 se ilustrează această dependență în cazul sondelor cu coloană centrică și excentrică (5).

De asemenea s-a stabilit că în dreptul stratelor pentru care gaura își păstrează diametrul nominal, amplitudinile determinate depind în mai mare măsură de excentricitatea coloanei în gaura de sondă, însă la creșterea diametrului găurii excentricitatea are un efect mai puțin important.

Indicarea nivelului de ciment în formațiuni salifere

S-a arătat mai înainte că între cazurile în care au fost remarcate anomalii geotermice se înscrie și acela al formațiunilor cu domuri de sare, deoarece domurile de sare având proprietăți termice specifice, provoacă modificări importante în distribuția cîmpului geotermic subteran. Cu alte cuvinte, plasarea domurilor de sare în ansamblul structural decide configurația distribuirii cîmpului termic.

În formațiunile de roci sedimentare cu domuri de sare îngropate (ca și în cazul altor tipuri de roci având de asemenea rezistență termică joasă) se înregistrează deasupra domurilor o creștere a gradientului geotermic și respectiv o apropiere a geoizotermelor de suprafața pămîntului — în timp ce în interiorul domului, gradientul geotermic scade simțitor, iar linia geoizotermelor se afundă.

O imagine grafică asupra modificărilor produse de domurile de sare în ansamblul unei formațiuni sedimentare este prezentată în fig. 5 în care se poate vedea distribuția cîmpului termic și aspectul gradientului geotermic normal la diferite adîncimi (după date experimentale și de laborator) (2). Existența mediilor avînd rezistență termică diferită este clar demarată în reprezentarea geoizotermelor și a gradientului termic.

Diferența între rezistență termică a unor roci și rezistență termică a sării, uneori este apreciabilă. Pentru orientare se prezintă în tabela

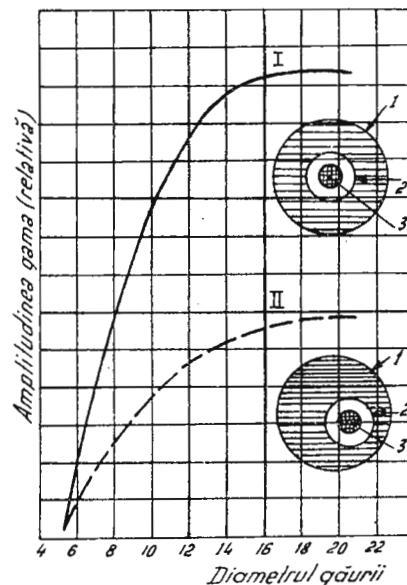


Fig. 4. — Dependența dintre amplitudinile gama și diametrul real.

de mai jos (3), valorile raportului $\frac{\xi_1}{\xi_2}$ dintre rezistență termică a unor roci cu răspândire mai largă și rezistență termică a sării.

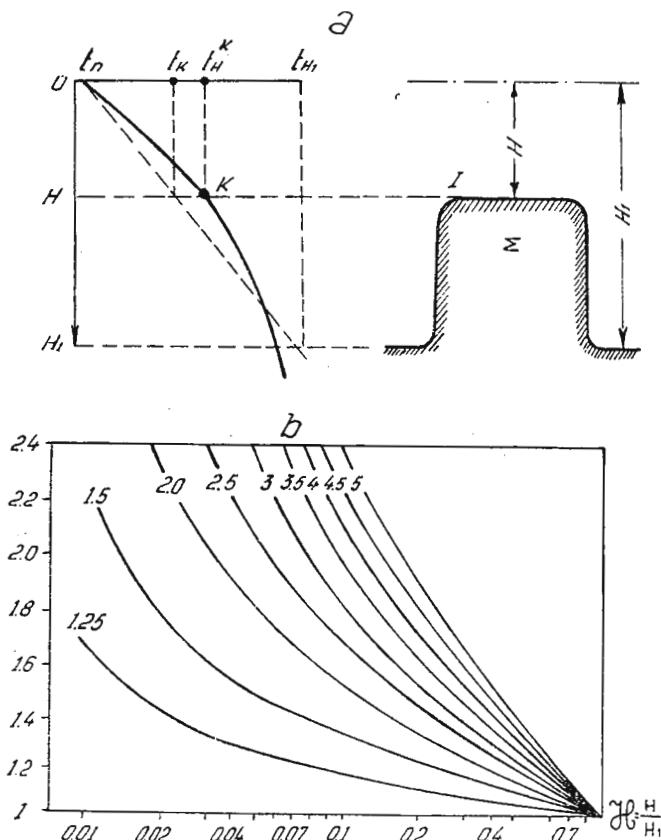


Fig. 5. — Modificarea gradientului geotermic în formațiuni salifere (modelare).

Tabel

	Tipuri de roci considerate	$\frac{\xi_1}{\xi_2}$
1	Argile	5
2	Argile (din material predominant de depunere)	4,5
3	Argile și nisipuri	4
4	Nisipuri (din material predominant de depunere)	3,5
5	Nisipuri	3
6	Roci sedimentare compacte	2,5—2

Aprecierea perturbațiilor în răspîndirea cîmpului termic natural în formațiunile cu domuri de sare s-a făcut pe baza datelor obținute pe modele (3). S-a ajuns astfel la determinarea influenții masivului de sare asupra gradientului geotermic, pornind de la următoarele elemente :

Raportul dintre rezistivitatea mediului adiacent și rezistivitatea sării ;

Coefficientul de temperatură K :

$$K = \frac{t_H^K - t_n}{t_H - t_n} \quad (1)$$

unde :

t_H^K , temperatura corespunzătoare gradientului geotermic la limita mediului considerat ;

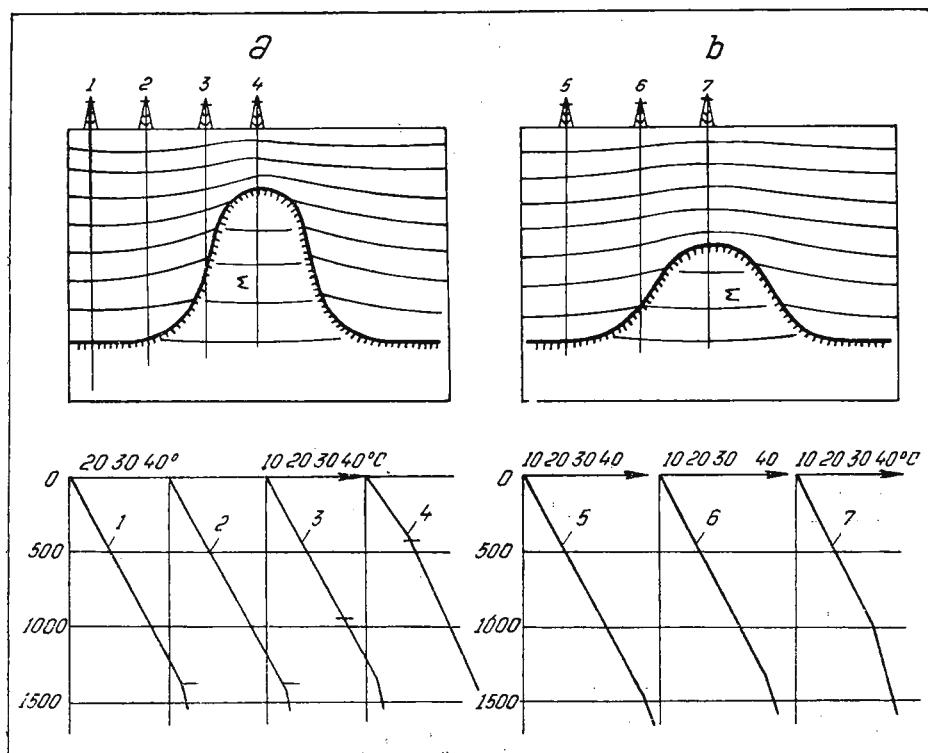


Fig. 6. — Distribuția cîmpului termic și a gradientului geotermic.

t_H^K , temperatura corespunzătoare gradientului geotermic natural dacă nu ar fi existat masivul de sare;

t_n , temperatura medie de la suprafață solului;

Raportul dintre adâncimea corespunzătoare limitei superioare și a limitei inferioare a domului.

În fig. 6 se redă reprezentarea grafică a profilului geotermic într-o formațiune cuprinzând un dom de sare, în condițiile de modelare expuse mai înainte. Pe baza acelorași elemente s-a trasat și o nomogramă (vezi fig. 6b) care poate fi aplicată în modul următor:

Cunoscindu-se raportul rezistențelor termice (valorile indicate în tabel) și adâncimile corespunzătoare limitelor masivului de sare cu mediul adiacent, se determină din nomogramă coeficientul K;

Apoi se calculează t_H^K , aplicând relația (2) :

$$t_H^K t_n + K (t_H - t_n) \quad (2)$$

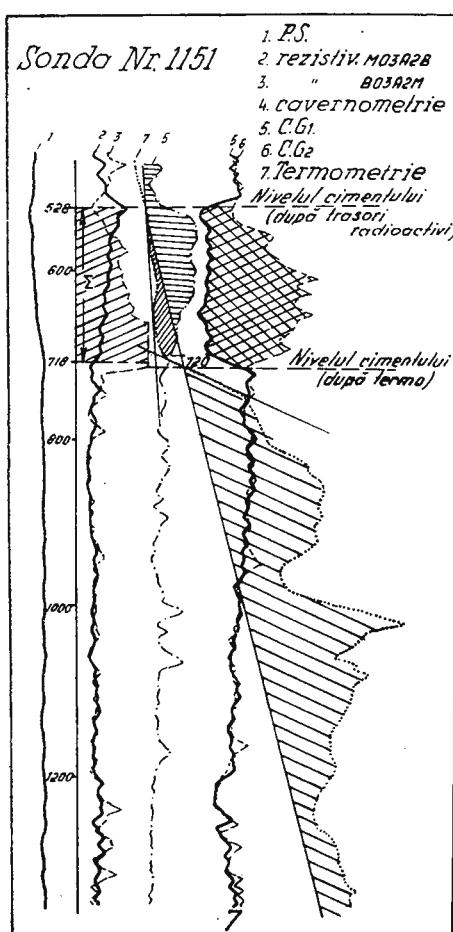
Se exemplifică în cele ce urmează, rezultatele obținute cu ocazia controlului cimentării la o sondă săpată pe o structură saliferă.

La sonda Nr. 1151, conform programului stabilit pentru controlul cimentării coloanei, s-a marcat prima tranșă de 1000 l lapte de ciment.

Fig. 7.—Controlul cimentării la sonda Nr. 1151.

Se prezintă în fig. 7 profilele geofizice considerate utile pentru interpretare, într-un fragment cuprinzând zona de investigare ce interesează.

Analiza termometriei și a profilelor gama înregistrate înainte și după cimentare conduce la următoarele constatari :



Profilul termic marchează o creștere netă de temperatură față de gradientul geotermic în dreptul adâncimii de 720 m. Ca urmare a acestei imagini s-ar considera că cimentul s-a ridicat în spatele coloanei pînă la 720 m.

Profilul gama CG₂ indică prezența pachetului de ciment marcat în intervalul 524—710 m stabilind în felul acesta prezența cimentului în spatele coloanei de la adâncimea de 524 m în jos.

Din analiza în paralel a indicațiilor obținute din termometrie și cu trăsori reiese existența unei diferențe de 196 m în ce privește aprecierea nivelului de ciment prin cele două metode de control.

Cauzele care au generat această diferență trebuie asociate prezenței masivului de sare în zona în care s-a efectuat investigarea. Ținînd seamă deci de situația creată de prezența domului de sare în mediul investigat modul, în care este materializat profilul termic este justificat de distribuția cîmpului termic în structura saliferă.

Delimitarea masivului de sare este precizată de carotajul electric, carotajul radioactiv și de cavernometrie, stabilindu-se întinderea masivului de sare în intervalul 528—712 m.

Așa cum se observă și pe profilul termic, măsurarea temperaturii este influențată de masivul de sare, remarcîndu-se în dreptul sării un minimum termic a cărui valoare rămîne sub valoarea gradientului normal, chiar dacă s-a adăugat și căldura cedată în procesul de priză a cimentului. Ținînd seamă de cele arătate mai înainte este semnificativă imaginea profilului termic care în dreptul sării păstrează o valoare sub gradientul geotermic, iar după ieșirea din masivul de sare înregistrează o creștere frecventă de temperatură — provocată de prezența cimentului din spatele coloanei — dar care, din motivele menționate, nu a putut să se remarce și în dreptul masivului de sare.

BIBLIOGRAFIE

1. D a h n o v V. N., D i a k o n o v D. I. Termiceskie issledovania skvajin. *Gostoptehizdat*, 1952.
2. D a h n o v V. N. Interpretarea rezultatelor cercetării geofizice a profilelor de sonde. Ed. Tehnică. 1961.
3. D i a k o n o v D. I. Geotermia v neftianoi geologii. *Gostoptchizdat*. 1958.
4. G u y o d H. Temperature Wells Logging Part. 1—7 *Oil Weekly*, vol. 123 nr. 8, 9, 10, 11, vol. 124 nr. 1, 2, 3. 1946.
5. R u s s e l C. N o r e l i u s . Radioactive Tracers in Oil Well Cementing. *The Petroleum Engineer* Nov. 1957.



RÉSULTATS CONCERNANT L'ÉTUDE DE CIMENTATION DES SONDES ET EN SPÉCIAL DES SONDES QUI TRAVERSENT LES MASSIFS DE SEL

PAR

G. I. PETEU

(Résumé)

Le travail présente certains aspects concernant le contrôle de la cimentation des colonnes de sondages, en accordant une attention toute spéciale à la cimentation des colonnes de sondages qui traversent les massifs de sel.

Sont présentés les facteurs qui influencent la matérialisation, par moyens géophysiques, de la présence du ciment derrière la colonne, facteurs qui sont en dépendance des conditions physiques du milieu où sont emplacées les sondages, ainsi que les facteurs dépendant des conditions dans lesquelles sont effectuées les mesures géophysiques.

Par la suite, sont présentées l'analyse en parallèle des résultats obtenus du contrôle de la cimentation des colonnes par thermométrie et avec traceurs radioactifs, ainsi que l'étude de certains cas qui ont révélé des nonconcordances entre les indications des deux méthodes et la vérification pratique de certaines situations spécifiques.

Le texte tâche de mettre en évidence certains cas de perturbation de la distribution du champ géothermique naturel provoquée par la présence des massifs de sel. On y trouve des exemples pratiques enregistrés sur les chantiers pétrolifères de notre pays concernant les résultats obtenus par l'applications en parallèle du contrôle thermique et avec traceurs radioactifs.



PROBLEME ALE DIAGRAFIEI GEOFIZICE ÎN ROCI CARBONATICE CU EXEMPLIFICĂRI DIN ROMÂNIA

DE

Gh. I. PETEU, V. G. NEGOITĂ

ABSTRACT

Problems Concerning the Well Logs in Carbonate Rocks, with Examples from Rumania. The paper points out specific of geophysical investigation carried out in carbonate formations, the actual stage of these problems and the exemplification of some characteristic features for the study of carbonate formations in Rumania.

Reprezentarea formațiilor carbonatice în diagrafia geofizică este diferită de a formațiilor nisipoase — grezoase, având consecințe imediate asupra tehnicii de investigare și de interpretare a rezultatelor.

Particularitățile colectoarelor carbonatice privite din punctul de vedere ce interesează investigarea geofizică pot fi concretizate după cum urmează :

Varietatea foarte mare, neprevăzută, a structurii porilor colectorului ;

Varietatea foarte mare a distribuirii volumului porilor atât pe distanțe foarte scurte cît și în toate direcțiile ;

Accesibilitatea foarte greoie a parametrilor geofizici la conturarea eficientă a caracteristicilor geologice ale colectorului și naturii fluidului conținut.

În consecință, la cercetarea formațiunilor carbonatice, în afară de elementele de bază ale evaluării potențialului unui rezervor și anume porozitatea, saturația în fluide și permeabilitatea, trebuie să fie luați în considerare și factorii legați de existența porilor, precum și dimensiunile și distribuția lor în colector.



Ca o consecință a celor menționate mai sus, apar două trăsături caracteristice ale investigării geofizice în aceste tipuri de formațiuni :

Condiționarea datelor geofizice—respectiv a tehnicii de interpretare — de cunoștințe geologice precise privind structura rocilor carbonatice investigate ;

Necesitatea localizării datelor geofizice pentru fiecare caz analizat (sondă) în parte, orice extrapolare pe orizontală inducând riscurile cauzate de eterogenitatea deosebită a sistemului de distribuție a porilor din mediul investigat.

Considerații asupra unor elemente de bază ale investigării geofizice în roci carbonatice. În cazul formațiunilor carbonatice evaluarea elementelor de bază ale investigării geofizice constă din :

Separarea stratelor poroase-permeabile în vederea estimării perspectivelor de productivitate ;

Stabilirea grosimii reale a stratelor productive ;

Determinarea proprietății de colector — respectiv porozitatea și saturată în țăței— care este mult îngreunată de caracteristicile zăcământului, datorită structurii și proprietăților fizice specifice acestor tipuri de roci.

Structura spațiului poros. Condiționarea interpretării geofizice de cunoștințe geologice se datorează faptului că influența structurii spațiului poros (caracteristic pentru colectoarele carbonatice) asupra diagrafiei geofizice este proeminentă la orice scară de observație, provocând implicații extrem de variate, aparent surprinzătoare și care afectează întotdeauna parametrii geofizici.

Rocile carbonatice frecvent întâlnite sunt calcarele și dolomitele avînd un conținut de peste 50% carbonat de calciu, respectiv carbonat dublu de calciu și magneziu, al cărui mediu poros se poate datora unei porozități primare sau porozității secundare.

Porozitatea primară (formată concomitent cu roca) de valoare limitată, este caracteristică numai calcarelor, iar în cazul dolomitelor numai pentru acelea formate prin evaporare, fiind însă fără importanță practică.

Porozitatea secundară este frecventă la calcare, ca urmare a acțiunii soluțiilor apoase active, a fracturilor, sfărâmăturilor și acțiunii dolomitizării. Golurile create ca urmare a procesului de dizolvare pot avea forme și dimensiuni foarte variate.



Formațiunile carbonatice cu proprietăți de colector se prezintă de obicei sub următoarele aspecte :

Calcare cristaline dure, compacte, care nu prezintă pori vizibili la o mărire în jur de 10 x, cu porozitate sub 5% și practic fără permeabilitate — frecvent saturate cu apă ;

Calcare sau dolomite cretoase sau zaharoide, cu pori vizibili la o mărire de 10 x, cu porozitate între 10—25%, în general cu valori mici de permeabilitate — frecvent saturate cu țăței.

Așa cum s-a arătat mai înainte, la valoarea porozității primare se va putea adăuga prezența microfisurilor ($P = 2\%$) și a macrofisurilor cu deschideri care pot separa roca colectoare în blocuri cu dimensiuni de la ordinul milimetrelor la ordinul zecilor de metrii. Prezența acestor fisuri asigură căile de curgere a țățeiului în gaura de sondă.

Este de menționat că structura și distribuția mărimii porilor influențează porozitatea și permeabilitatea rocilor, având în același timp efect asupra repartizării lichidelor în colector, influență care uneori capătă proporții, dezechilibrind repartizarea tabulară a contactului țăței — apă.

În cazul unei texturi determinante a spațiului poros, apa de zăcămînt având o tensiune superficială față de pereții porilor diferită de a țățeiului, tinde să se ridice pe verticală, împotriva acțiunii forțelor capilare. În situația în care porii sunt deajuns de mici, două pelicule de apă vecine se pot uni, astfel încât țățeul sau gazele rămîn în afară, iar colectorul apare saturat numai cu apă, chiar dacă structural și izobatic zona respectivă aparține regiunii productive a colectorului.

Ca o concluzie teoretică, verificată în condiții de laborator și de șantier, apar următoarele aspecte :

Pentru colectorii având o porozitate mai mică de 4%, ne putem aștepta mai mult la îmbibare cu apă ;

Valoarea porozității minime crește cu adîncimea.

Probele de presiune capilară au arătat că pentru o porozitate dată, saturăția în apă este cu atît mai mică cu cît este mai mare presiunea capilară (respectiv elevația deasupra nivelului de apă) ; aceasta duce la concluzia că se poate obține țăței pur la rocile cu o porozitate mai joasă în partea superioară a rezervorului.

Este de adăugat o imagine des întîlnită în cazul rezervoarelor carbonatice : la o porozitate identică, dar la mărimi și distribuție de pori diferite, saturăția în apă capătă valori diferite (fig. 1).



Categorii de calcare. În vederea unei mai ușoare orientări în aprecierea proprietăților geologice și fizice ale calcarelor și a organizării informațiilor obținute pe diferite căi, s-a urmărit o sistematizare a diferitelor tipuri de calcare prin încadrarea acestora în categorii bine definite.

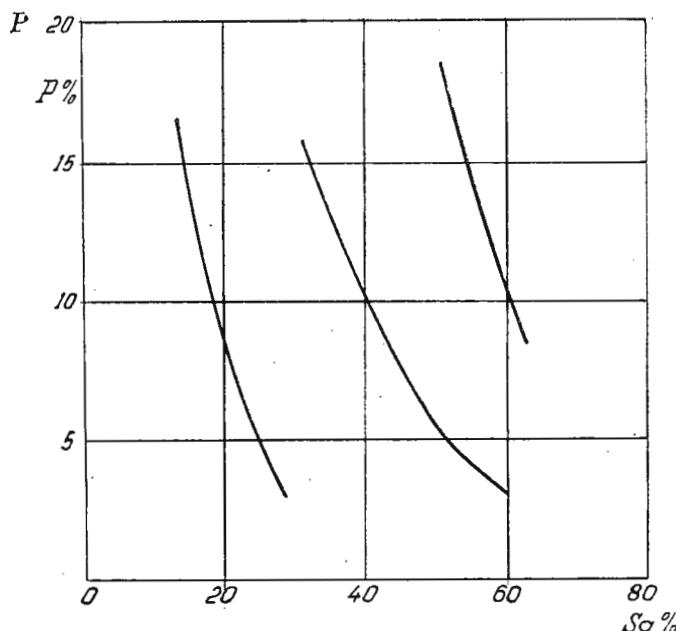


Fig. 1. — Dependenta P—Sa — în funcție de volumul porilor, pentru trei distribuții ale mărimii porilor.

Clasificarea calcarelor după A r c h i e a avut în vedere următoarele trei elemente :

Tipul calcarului	{	calcar compact-cristalin
		calcar cretos
		calcar granular-zaharoid
Dimensiunile porilor vizibili la o mărire de 10–15 x	{	foarte fini
		fini
		medii
		mari

Frecvența de apariție a porilor și microfisurile ca procent din suprafață examinată vizual

Calcarele de tip compact-cristalin au matricea constituită din material cristalin cu densitate de la mediu pînă la

mare, având porozitate foarte scăzută și permeabilitate practic inexistentă. Acest tip poate fi productiv dacă deține o porozitate secundară fie datorită dolomitizării, fie procesului de dizolvare.

C a l c a r e l e d e t i p c r e t o s cu dimensiunile spațiilor poroase de la foarte mici la foarte mari (structura fină și foarte fină a porilor, porii având în general o frecvență mare.) Dat fiind permeabilitatea lor foarte scăzută, la calcarele cretoase procesul de invadare se manifestă lent, zona de invadare a acestora fiind redusă.

C a l c a r e l e g r a n u l a r e fără fisuri, având o porozitate de origină primară, se apropie de tipul structural al gresiilor.

În cazul calcarelor granulare cu porozitate mică (sub 10%) procesul de invadare acoperă o zonă largă, mai largă decât în cazul gresiilor, în care se produce o spălare a conținutului inițial în mai mică sau mai mare măsură, în funcție de rețeaua de pori (frontul de „invazie” poate ajunge la primele 8–10 ore la valori de zeci de cm pînă la 1 m).

În cazul colectoarelor cu porozitate în jur de 20% zona de pătrundere este de ordinul centimetrilor.

Considerații asupra elementelor de proiectare a investigării geofizice în formațiuni carbonatice

Obiectivele investigării geofizice. Elementele de proiectare a investigării geofizice trebuie să țină seamă de obiectivele urmărite, care se pot concretiza după cum urmează :

Identificarea stratelor poroase ;

Determinarea grosimii reale a colectoarelor ;

Identificarea conținutului colectoarelor ;

Determinarea parametrilor fizici legați de potențialul colectorului (porozitate, saturatie, etc.).

În practica obișnuită a investigării geofizice se realizează diagrafia de calcar de ansamblu și diagrafia pentru determinarea parametrilor calitativi și cantitativi ce caracterizează potențialul zăcămîntului.

Diagrafia de corelare. Stadiul actual al procedeelor de investigare geofizică pune la dispoziție o gamă largă de metode prin care se pot obține diferenți parametri. Pentru o imagine de ansamblu prezentăm în fig. 2 o ilustrare schematizată a modului în care acționează diferențele procedee de investigare.

Un exemplu în acest sens îl constituie exemplul din fig. 3 în care, pe baza interpretării datelor din profile, asociate informațiilor geologice,



a fost posibil să se delimitizeze conținutul fluidelor din colector și să se parecieze saturația procentuală în fluide.

În vederea stabilirii rezistivității reale a stratelor se folosește carotajul electric cu curenți focalizați îndeosebi în condițiile de investigare cu noroi mineralizat și pentru roci de rezistivitate mare, condiții materializate în raporturile :

$$\frac{\rho_R}{\rho_n} > 50, \quad \frac{\rho_f}{\rho_a} < 3$$

Se recomandă utilizarea carotajului prin inducție în cazul investigării în noroi de rezistivitate mare și pentru roci cu pătrundere masivă (porozitate mică), corespunzător raporturilor :

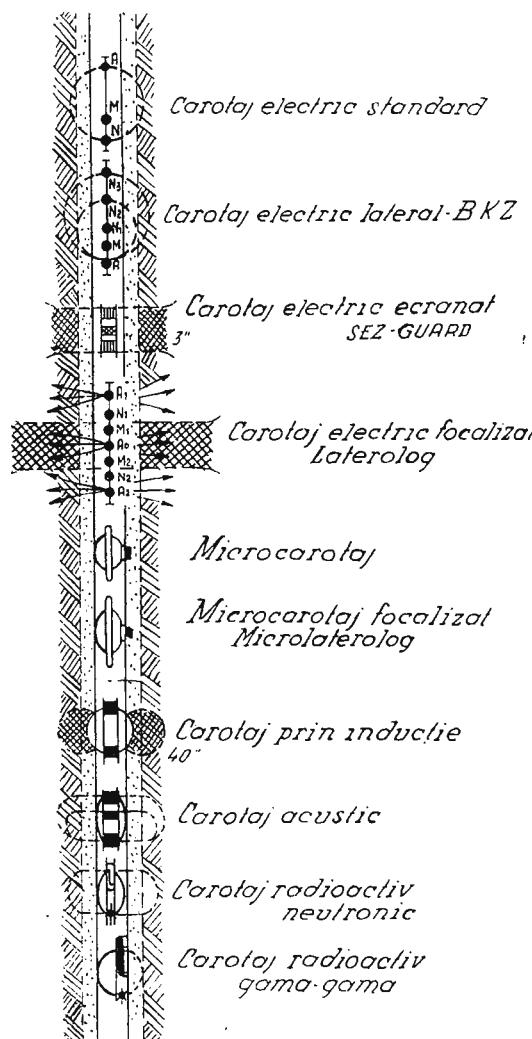
$$\frac{\rho_R}{\rho_n} < 50, \quad \frac{\rho_f}{\rho_a} > 5$$

La determinarea porozității se folosesc mai multe procedee — eficacitatea mai mare însă având carotajul radioactiv (neutronic și gama-gama) și carotajul acustic.

În general determinarea porozității se face cu ușurință din nomogramele realizate pentru formațiuni carbonatice în care se ține seamă de corectarea tuturor factorilor ce influențează măsurările, legați atât de imperfecțiunile aparatului de măsură cât și de condițiile din găurile de sonde.

Fig. 2. — Grafic ilustrativ pentru procedeele de investigare geofizică uzuale.

Astfel pentru calibrarea măsurătorilor de carotaj radioactiv s-au realizat standuri de etalonare a aparatului, constând din puțuri artificiale cu diametre diferite în care s-au plasat strate de calcar cu porozitate



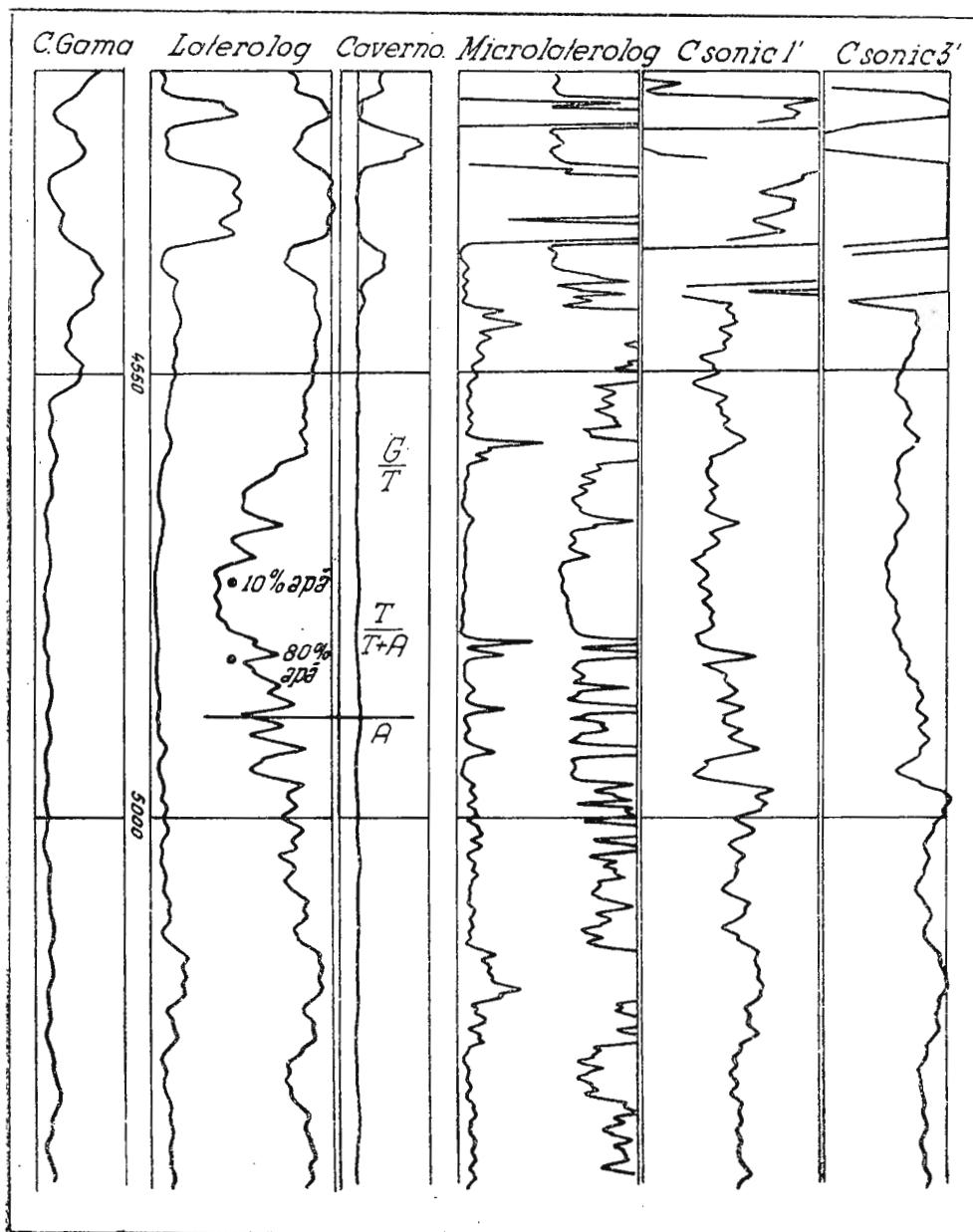


Fig. 3. — Diagrafie complexă în formațiuni carbonatice (după Chombart L. G.).

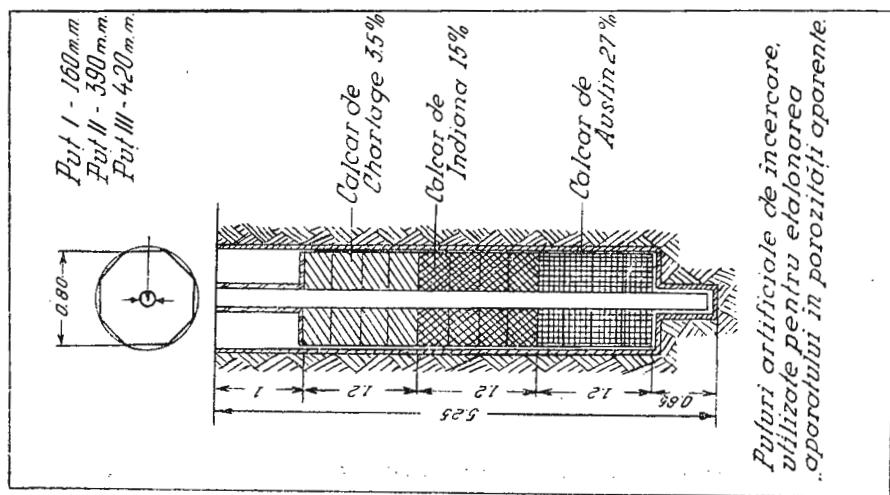


Fig. 4. – Pufuri de etalonare pentru aparatul de carotaj neutronic.

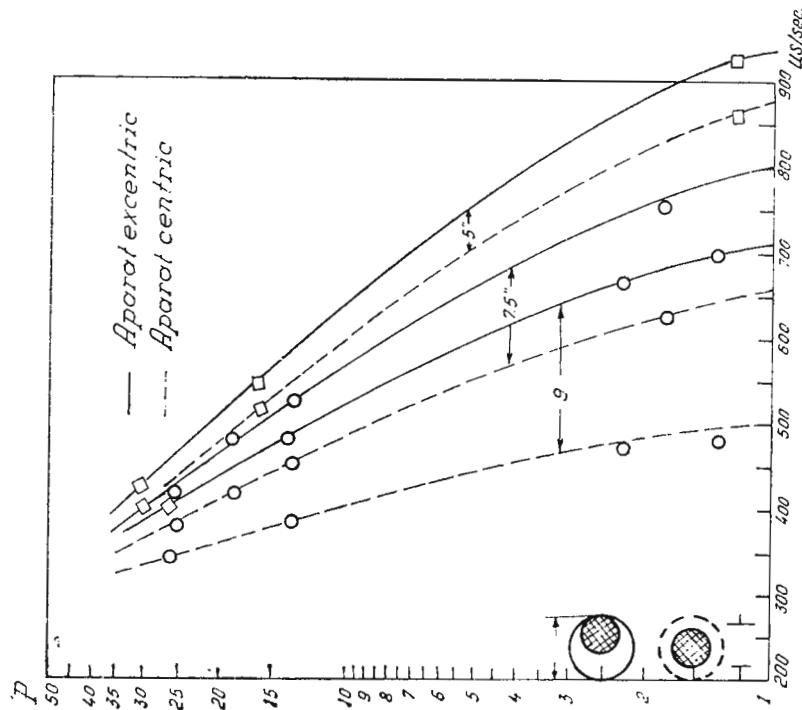


Fig. 5. – Nomogramă de determinare porozității pe baza carotajului neutronic.

diferite (fig. 4). În continuare se prezintă două exemple de nomograme pentru determinarea porozității pe baza măsurătorilor de carotaj neutronic (fig. 5) și gama-gama (fig. 6).

În mod analog s-au realizat și nomograme pe baza măsurătorilor de carotaj acustic (fig. 7).

Metodele moderne de investigare pe bază de diagrafie de radioactivitate, se adresează direct conținutului în unele elemente specifice existente în roci (Cl, O, H etc.), în scopul stabilirii atât a naturii fluidelor din rezervoare cît și a unor caractere fizice ale rocilor.

Probleme legate de interpretarea diagrafei în formațiuni carbonatice

Interpretarea diagrafei înregistrate la sonde traversând formații carbonatice constituie una din problemele căreia trebuie să i se acorde importanță cuvenită.

Pentru o muncă eficientă în domeniul interpretării în formații carbonatice, este necesară o judicioasă pregătire a interpretatorilor asupra problemelor de geofizică și geologie, pregătire care să permită o corelare permanentă a datelor geologice și geofizice. După părerea noastră, la baza

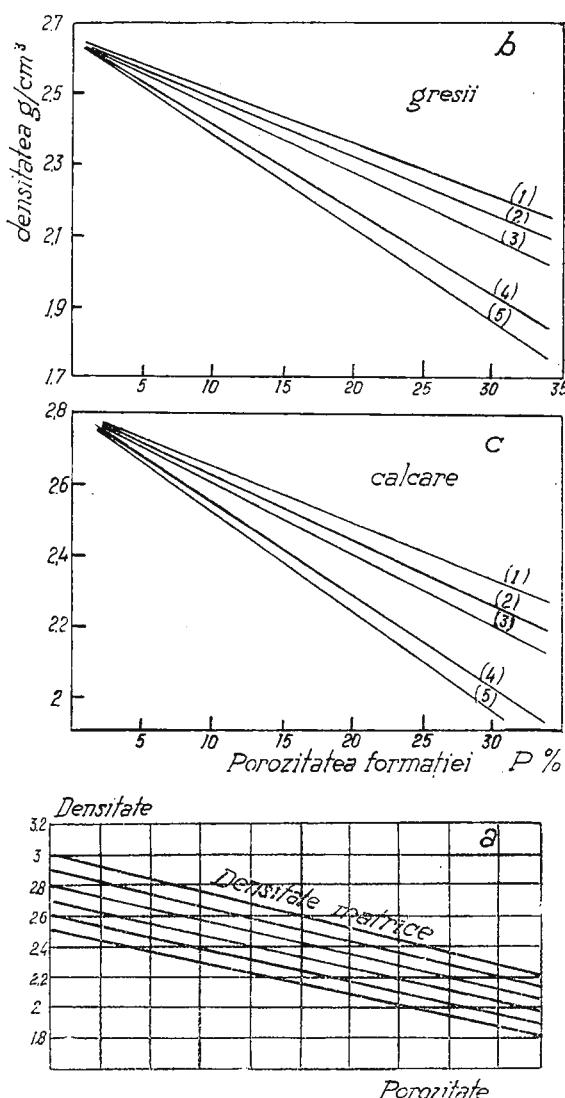


Fig. 6. -- Nomogramă de determinarea porozității pe baza carotajului gama-gama.

muncii în acest domeniu trebuie să stea o continuă confruntare a observațiilor vizuale în paralel—observații făcute direct pe probe mecanice (inclusiv probe de sită) și pe profile geofizice — completată cu datele de producție și alte informații geologice.

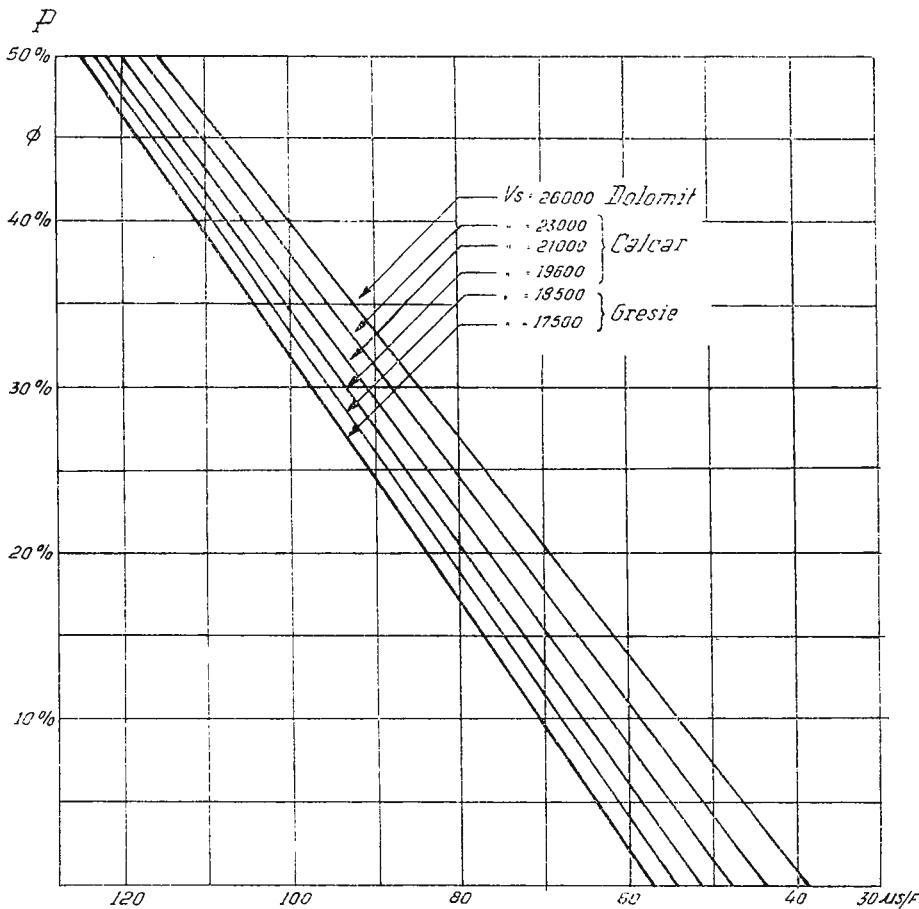


Fig. 7. — Nomograma de determinarea porozității pe baza carotajului acustic.

În acest sens s-a întrevăzut realizarea de etaloane de tipuri de calcare, care să ajute sistematizarea observațiilor și a criteriilor de apreciere făcute de interpretatori.

În vederea realizării dezideratelor de creștere a eficienții interpretării geofizice în formațiile carbonatice se consideră necesar :

Obținerea de date geologice pe timpul forajului (din analiza carotelor mecanice și a detritusului) trecîndu-se la sistematizarea informării prin intermediul aprecierilor pe bază de etaloane;

Determinarea factorului de cimentare „ m ” și a exponentului de saturatie „ n ” pe carote extrase din sonde reper și ori de câte ori este posibil, în scopul stabilirii unor puncte de plecare veridice pentru interpretarea cantitativă;

Organizarea prelucrării datelor geofizice din întregul material obținut din măsurători, precum și a studiilor geofizice pe structuri și zone caracteristice, care să ajute interpretarea curentă, completă și corectă a diagrafiei. Satisfacerea acestui deziderat, noi o vedem realizată prin intermediul unui colectiv destinat, format și calat pe aceste probleme și care să lucreze astfel încît să aibă posibilitatea acoperirii corespunzătoare și în întregime a problemelor ce se pun.

Unele exemplificări privind investigarea geofizică realizată în formațiuni carbonatice în România

În ultimii ani accentuîndu-se lucrările de explorare prin sonde în formațiile carbonatice din țara noastră, procedeele geofizice existente au fost solicitate să răspundă condițiilor specifice de investigare în astfel de formațiuni.

Cu ocazia operațiunilor geofizice efectuate îndeosebi în formațiile carbonatice din Platforma moesică s-a urmărit obținerea unei serii de date, după cum urmează :

Aspectul general al reprezentării formațiilor carbonatice în diagrafia complexă (realizată cu mijloacele existente);

Aplicabilitatea metodelor de carotaj electric lateral — B.K.Z. la determinarea rezistențăii reale a stratelor. În paralel s-au experimentat și dispozitivele de B.K.Z. — potențial ;

Gradul și influența pătrunderii filtratului din noroi asupra profilelor electrice cu dispozitive standard și laterale (B.K.Z.);

Aspectul și avantajele procedeului de carotaj electric cu dispozitive simetrice și aplicabilitatea la determinarea porozității ;

Aspectul profilelor de microcarotaj privind decelarea intercalărilor poroase în masa de calcare precum și aplicabilitatea datelor furnizate de aceste măsurători la interpretări cantitative (determinarea porozității) ;

Aspectul profilelor de carotaj radioactiv gama și neutron-gama în formațiunile carbonatice ;



Aspectul profilului real al găurilor de sonde (materializarea escavațiilor);

Aprecierea selectivă a conținutului colectoarelor carbonatice.

Lucrările de investigare geofizică au fost efectuate fie ca urmare a unui program de cercetare (în 1960—1962), fie pentru lămurirea unor probleme apărute pe parcurs.

Menționăm că o parte din lucrări s-au referit la zona superioară a Cretacicului inferior care se dovedise a fi productivă, existând astfel și posibilitatea unor verificări a interpretării materialului diagrafic cu situația de la sonde.

În cele ce urmează vom prezenta câteva exemple în care vor fi ilustrate problemele urmărite și rezultatele obținute.

Aspectul general al diagrafiei este caracteristic formațiilor carbonatice, în care se înregistrează valori mari de rezistivitate (ordinul zecilor și sutelor de ohmi-metri). Înțînd seama de rezistivitățile înscrise în profil precum și de recomandările literaturii de specialitate (1, 2, 4, 5) apare limitată eficiența carotajului electric lateral utilizat în prezent.

Cu ocazia operațiilor de CE și BKZ repetitive după un anumit timp în aceeași zonă de investigare, s-au obținut informații asupra gradului de pătrundere a filtratului de noroi. Așa cum se observă și în pl. I la repetarea după 10 zile a profilului înregistrat cu dispozitivele BO, 3A2M apare o modificare considerabilă a valorilor de rezistivitate în intervalele notate pe diagrame cu I.II.III și IV.

Acste indicații au fost confirmate și cu ocazia urmăririi pătrunderii noroiului marcat cu izotopi radioactivi ($\text{iod } ^{131}$) la traversarea aceleiași formațiuni (Neocomian-Ciurești).

Operațiunile de carotaj electric cu dispozitiv gradient-simetric $N_1 0,1 M_1 0,76 A 0,76 M_2 0,1 N_2$ au ocasionat unele corelații satisfăcătoare permitând în același timp și determinări de porozitate.

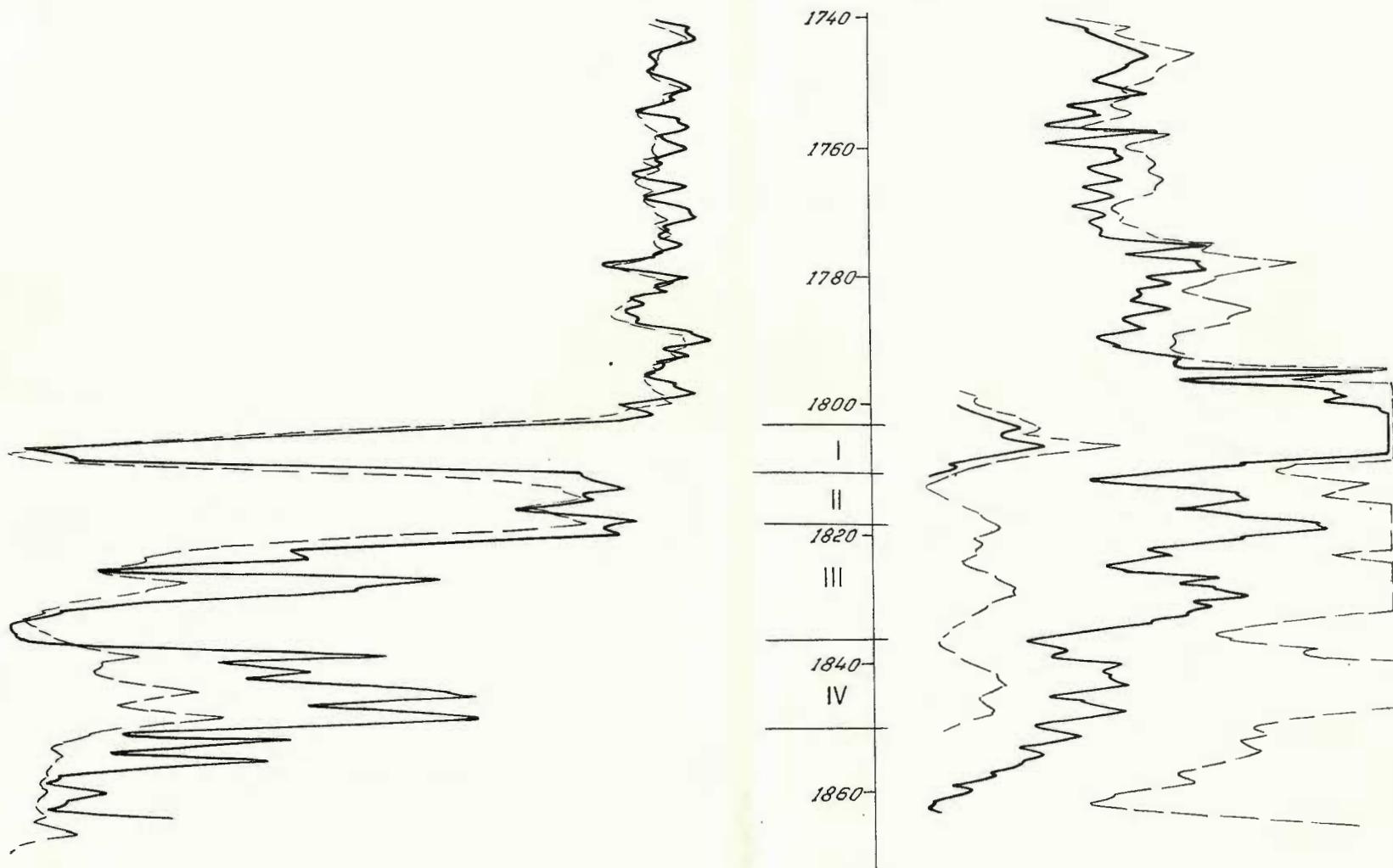
Carotajul radioactiv înregistrează profile caracteristice în Neocomian așa cum se poate observa și în exemplul din pl. II. Este de remarcat intervalul 1650—1850 m în care se constată asemănarea surprinzătoare a profilului neutron-gama cu profilul P.S. Avindu-se în vedere că în această zonă profilul gama nu înscrise variații care să confirme schimbarea litologiei, trebuie să se considere că intervalelor cu amplitudini reduse (minimale) de pe profilul neutron-gama le corespund zone în care spațiul intergranular conține o cantitate de hidrogen mai mare decât a intervalelor cu amplitudini mai mari. Această imagine a fost întlnită la mai multe sonde și urmează să fie concretizată în studiile ce vor urma.

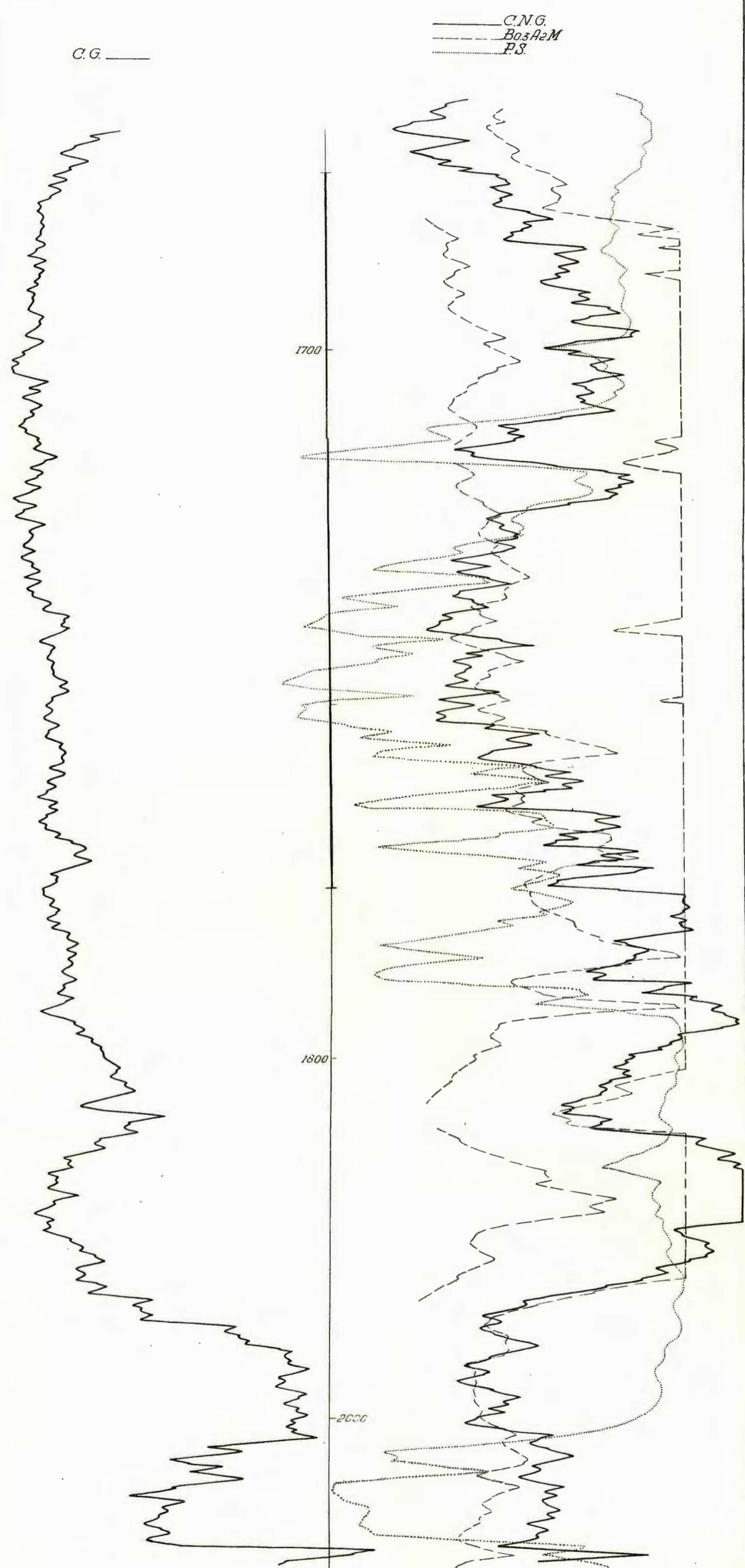


Sonda Nr. 92

— 2.IV.62 }
— 12.IV.62 } Bo.3 A2 M

Urmărire a influenței pătrunderii filtratului
de noroi asupra rezistențăii.





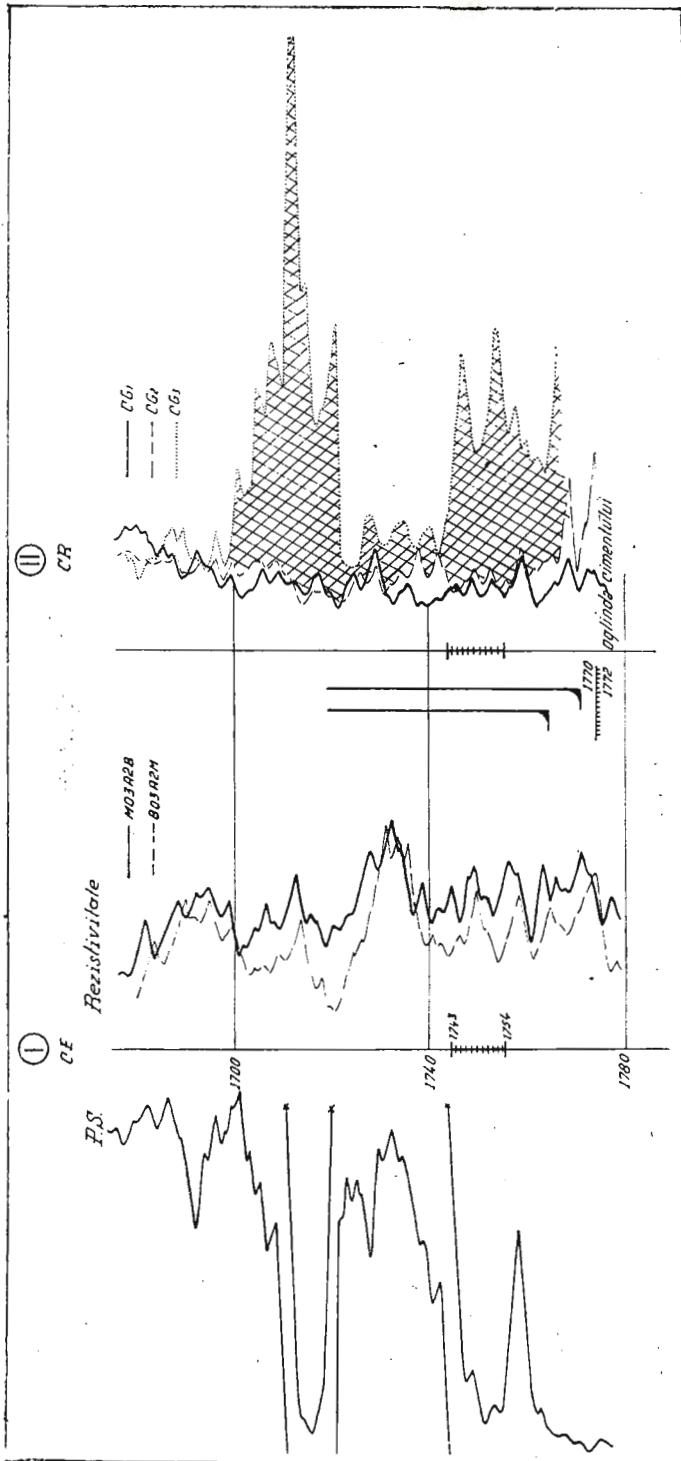


Fig. 8. — Diagrame cu traseuri radioactivi la sonda 145.

În încheierea acestor exemplificări ne vom referi la o operațiune experimentală, cu ocazia căreia s-a urmărit determinarea selectivă a conținutului stratelor cuprinse în complexul productiv din partea superioară a Cretacicului inferior, prin intermediul reacțiilor chimice produse de către naftenatul de sodiu marcat în prezența ionilor chimic-activi Ca^{++} și Mg^{++} , existenți în apa de zăcămînt. Așa cum se poate observa în fig. 8 naftenatul de sodiu a pătruns prin intervalul perforat, ridicîndu-se în partea superioară prin spațiul neetans cimentat și s-a acumulat cantitativ în intervalul 1722–1702 m.

Pe baza elementelor de interpretare menționate s-a apreciat existența conținutului petrolifer în dreptul acumulării naftenatului marcat de deasupra intervalului perforat și acvifer în dreptul perforaturii.

Probele ulterioare de producție au confirmat aprecierea făcută asupra modului în care a acționat trisorul radioactiv.

BIBLIOGRAFIE

1. ** Log Interpretation Charts Edited by Schlumberger Well Surveying Co Houston. Texas, 1958.
2. Bleakley W. B. Use the right log. *Oil and Gaz*, June 12, 1961.
3. Chombart L. G. Well logs in carbonate reservoirs. *Geophysics*, vol. XXV. Nr. 4 aug. 1960.
4. Dahnov V. N., Dolina L. P. Geofiziceskie metodi izucenia neftegazonosnih kollektorov. *Gostoptehizdat*, 1959.
5. Dahnov V. N. Interpretarea rezultatelor cercetării geofizice a profilelor de sondă. Traducere din limba rusă. Ed. Tehnică, București, 1961.
6. Pătruț I., Popescu M., Teodorescu C., Molnar M. Contribuție la cunoașterea geologiei Platformei Moesice. Stratigrafie. *Petrol și Gaze* Nr. 11, 1961.

PROBLÈMES DE LA DIAGRAPHIE GÉOPHYSIQUE DANS LES ROCHES CARBONATÉES, À EXEMPLES PRIS DE ROUMANIE

PAR
G. I. PETEU, V. G. NEGOIȚĂ
(Résumé)

L'exposé passe en revue quelques aspects liés à la diagraphie en roches carbonatées, ainsi que des exemples pris de chez nous.

Des considérations sont faites d'abord sur les éléments des recherches géophysiques dans les roches carbonatées, en relevant le rôle de



la structure de l'espace poreux dans les représentations des paramètres géophysiques. En contingence sont les considérations concernant les caractères physiques des catégories de calcaires décrites par la littérature.

Par la suite est analysée l'applicabilité des procédés géophysiques dans les formations carbonatées et sont commentées les relations géophysiques pour les formations à ce spécifique et les principaux éléments de projection des recherches géophysiques. Toujours dans ces chapitres sont présentées les possibilités des procédés géophysiques actuels, en insistant sur les difficultés provoquées par les caractères physiques spécifiques aux formations carbonatées. La fin du travail présente des exemples pris des résultats obtenus dans les mesures réalisées chez nous. Les auteurs présentent les objectifs visés par le programme des opérations géophysiques respectives et ils exemplifient certains résultats considérés représentatifs. Le texte du travail cherche à donner du relief aux problèmes spécifiques aux recherches géophysiques dans les formations carbonatées ; le travail tâche de mettre en évidence le stade actuel — à niveau mondial — de l'étude de ces problèmes, ainsi que les exemples de quelques aspects spécifiques aux recherches dans les formations carbonatées de notre pays.





Institutul Geologic al României

APLICAREA CAROTAJULUI GEOFIZIC LA EXPLORAREA ZĂCĂMINTELOR DE CĂRBUNI ȘI MINEREURI PRIN SONDE ÎN ROMÂNIA

DE

AL. VORONCA, ELENA FETCU, GH. MIRICĂ, M. POPP, GR. SCURTU,
W. STÖCKEL

ABSTRACT

Application of Well Logging in the Exploration of Coal and Ore Deposits from Rumania. Based on the characteristic features of coals and of the iron ores from two significant deposits, the authors present the employed methods, the data acquired and the economical advantages secured by the exploration with well logging.

Prospectarea și explorarea substanțelor utile prin sonde are ca scop descoperirea de zăcăminte noi, calculul rezervelor respective și obținerea datelor necesare proiectării exploatarii lor.

În România, prospectarea și explorarea zăcămintelor de substanțe minerale utile prin sonde se face prin extragerea continuă a carotelor pe porțiunile presupuse productive. Această operație este completată în ultimii ani prin măsurători geofizice, executate în găurile de sonde și probe cu ciupitorul lateral. Pentru reușita acestei metode, este necesar ca probele de teren să se ia astfel încit profilul stratigrafic al găurii de sondă să nu prezinte discontinuități, în special la adâncimile unde se află substanță minerală utilă.

Scoaterea integrală a carotelor pare o operație simplă, însă practica forajului arată că această operație nu reușește în toate cazurile, cele mai multe lacune producindu-se mai ales în stratele cu minerale utile, cu toată perfecționarea continuă a utilajului și a metodelor de foraj cu carotiera.



Institutul Geologic al României

Pînă acum cîțiva ani completarea lacunelor se făcea prin resăparea parțială, uneori chiar totală, a găurii de sondă. Recarotarea mecanică prin devierea găurii de sondă în unele zăcăminte de cărbuni, ca cele din Banat, în zăcăminte de fier, etc., datorită durității mari a rocilor și uneori friabilității lor (Liasicul superior de la Anina, Doman), sănt greu de executat, necesită timp mult, sănt scumpe și prezintă riscuri mari în ceea ce privește reușita operației. Chiar în cazul regiunilor unde recarotările prin deviere sănt mai ușor de executat, completarea lacunelor prin procedeele geofizice este mai sigură, mai ieftină și de durată mult mai redusă.

În industria de petrol, pentru a înlătura inconvenientele semnalate, s-au introdus de peste 30 de ani procedeele geofizice, care au înlocuit aproape total carotajul mecanic; probe de teren se extrag foarte puține și numai pentru problemele speciale. În U.R.S.S., în unele țări de democrație populară și în unele țări din apus, carotajul geofizic este întrebuită pe scară industrială pentru prospectarea zăcămintelor de cărbuni prin sonde, cu rezultate tot atât de bune ca și cele obținute în industria de petrol.

Pentru a remedia inconvenientele carotajului mecanic, Ministerul Minelor a introdus, începînd cu anul 1956, procedeele geofizice în prospectarea și explorarea zăcămintelor de cărbuni prin sonde, în 1957 pentru prospectarea și explorarea zăcămintelor de fier și în 1961 pentru prospectarea și explorarea de minereuri neferoase.

Completarea lacunelor carotajului mecanic prin carotajul geofizic permite un calcul real al rezervelor de substanțe minerale utile, întrucît acesta din urmă nu prezintă disconținuități.

Înlocuirea recarotărilor mecanice prin recarotări geofizice reduce prețul de cost pe metru forat cu 5—100%, după cum recarotarea mecanică se execută pe cîțiva metri sau cîteodată sonda se resăpă integral.

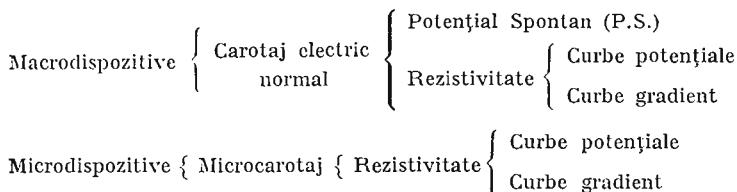
În afara de detectarea substanței minerale utile, diagramele geofizice mai identifică și limite geologice, repere de corelare, sinonimii de strate, falii, etc., permitînd corelări geologice pe distanțe de zeci și uneori chiar sute de kilometri, ridicînd valoarea interpretărilor geologice la un nivel încă neatins, în perioada în care aceste interpretări foloseau numai rezultatele obținute din carotajul mecanic, ce prezenta lacune, era de durată și învechit.



Procedee geofizice utilizate pentru detectarea substanțelor minerale utile

În urma studiilor și experiențelor făcute de către T.E.C. și T.P.E.D.M.N. în cadrul M.M. și acum M.M.E.E., în sondele de explorare a zăcăminelor de cărbuni și fier din România, s-au pus la punct și se utilizează pe scară industrială următoarele procedee geofizice (1, 2) :

1. Diagrafie electrică



2. Diagrafie nucleară

- Radioactivitate naturală (gama naturală)
- Radioactivitate provocată (neutron-gama)
- Difuzia radiațiilor gama (gama-gama)
- Activarea rocilor prin neutroni lenți

Probe cu ciupitorul lateral pentru control. Metodica generală de aplicare a procedeelor geofizice la explorarea substanțelor minerale utile în regiunile noi neexplorate este următoarea : se sapă cîteva sonde de referință cu recuperaj mecanic cît mai ridicat, concomitent făcîndu-se și carotajul geofizic ; după punerea la punct a procedeelor geofizice, în sondele de îndesire se poate trece treptat la înlocuirea carotajului mecanic prin cel geofizic.

Rezultate obținute prin carotajul geofizic

Zăcămintele de cărbuni. Caracteristicile geofizice ale cărbunilor sunt următoarele :

Radioactivitatea naturală (gama naturală) minimală cu unele excepții în valea Jiului, Rusca Montană, Ceptura ;

Radioactivitatea provocată (neutron-gama) ridicată, datorită conținutului ridicat în hidrogen a substanțelor volatile (hidrocarburi) din cărbuni ;



Rezistivitatea electrică ridicată sau medie cu unele rare excepții ; Conductibilitatea termică redusă ;

Greutatea volumetrică mică ($1,2 - 1,6 \text{ g/m}^3$), înregistrată prin procedeul gama-gama.

Dintre toate curbele geofizice caracteristice pentru detectarea stratelor cu cărbuni, curbele gama-gama sunt cele mai importante, fiindcă greutatea volumetrică a cărbunilor este mică ($1,2 - 1,6 \text{ g/cm}^3$), în timp ce greutatea volumetrică a celorlalte roci aflate în zăcăminte de cărbuni este mai mare ($2 - 2,85 \text{ g/cm}^3$).

Celelalte curbe geofizice permit și ele identificarea stratelor cu cărbuni prin confruntarea a două curbe pentru eliminarea rocilor sterile care pe una din curbe au caracteristici similare cu ale cărbunilor, dar pe cealaltă curbă au caracteristici diferite. Curbele utilizate pentru detectarea cărbunilor în ordinea importanței lor sunt : gama-gama, neutron-gama, rezistivitatea electrică, gama natural (pl. I, fig. 1 și pl. II, fig. 2).

Înregistrările caracteristicilor geofizice ale stratelor cu cărbuni permit detectarea lor fără dubiu și, ca urmare, completarea lacunelor carotajului mecanic, ceea ce a permis să se identifice, prin măsurătorile geofizice, cantități suplimentare de cărbuni și anume : în perioada 1956 – 1961 cca 50%.

În urma rezultatelor obținute prin măsurătorile geofizice verificate prin recarotări mecanice, cu ciupitorul, și prin compararea lor cu lucrările miniere ce s-au apropiat de sondele de explorare (Uricani), M.M.E.E. a propus și Comitetul Geologic aprobăt ca rezervele de cărbuni suplimentare, obținute din completarea lacunelor carotajului mecanic prin cel geofizic în sondele de îndesire (categoria C₁ și B), să fie omologate ca rezerve oficiale fără altă confirmare (ciupitor, recarotare mecanică).

Ținând seama de stadiul avansat al carotajului geofizic aplicat la explorarea zăcămintelor de cărbuni, putem propune ca sondele de îndesire să fie săpate fără carotaj mecanic, urmând ca stratele de cărbuni să fie identificate numai din curbele geofizice. Procedind în acest fel se va reduce prețul de cost pe metru forat pînă la 30%, viteza de foraj se va putea dubla, iar calitatea documentației geologice va fi egală cu cea actuală (7).

Zăcăminte minereurilor de fier. În privința detectării minereurilor de fier, vom face o distincție între zăcămintele de tip Ghelar – Teliuc și Lueta-Vlăhița, fiindcă fiecare din aceste zăcăminte au anumite nuanțe în privința caracteristicelor geofizice ale minereurilor de fier și ale rocilor



sterile, ce permit separarea minereurilor de rocile sterile. Caracteristicile geofizice ale rocilor din zăcămîntul Ghelar — Teliuc :

Rezistivitatea

Siderita, magnetita, limonita, ankerita	0— 375 Ω m
Calcare, șisturi clorito-sericitoase,	
Șisturi cuarțitice	300—8000 „ m
Șisturi grafitoase (8 % grafit)	100— 200 „ m

Radioactivitatea naturală

Siderita, magnetita, hematita, ankerita	1—8 imp. min/cm ³
Șisturi cuarțitice, șisturi cloritoase,	
Tuf andezitic	8—15 imp. min/cm ³

Greutatea volumetrică (gama-gama)

Siderita, magnetita, hematita	3,7—5,2 g/m ³
Calcare, dolomite, cuarț, șisturi sericitoase, micafero-grafitoase	2,5—2,95 „

Din examinarea caracteristicilor geofizice de mai sus rezultă că minereurile de fier au rezistivitatea electrică redusă în comparație cu celelalte roci sterile, cu excepția șisturilor grafitoase, care au o rezistivitate redusă datorită conținutului de grafit, radioactivitatea naturală redusă față de rocile sterile și greutatea volumetrică mai mare, adică minereurile de fier pot fi identificate astfel : rezistivitatea electrică redusă, radioactivitatea naturală redusă, greutatea volumetrică mare (anomalii gama-gama minime), prezența manganului prin activare cu neutroni lenți.

Este bine cunoscut că minereurile de fier au întotdeauna un conținut oarecare de Mn, care poate fi detectat prin activare cu neutroni lenți, și deci indirect poate fi detectată prezența fierului (pl. III, fig. 3).

Pentru acest tip de zăcămînt înregistrările geofizice de bază sunt : gama-gama, gama naturală și rezistivitatea ; celelalte înregistrări PS și neutron gama sunt numai curbe ajutătoare¹⁾.

Caracteristicile geofizice ale rocilor din zăcămîntul Lueta—Vlăhița :

În acest zăcămînt minereul de fier se prezintă sub forma de siderită mai mult sau mai puțin curată. Siderita din acest zăcămînt este de calitate superioară, ceea ce permite exploatarea ei chiar pînă la un conținut de 15% fier.

Rezistivitatea nu permite separarea sideritei de rocile sterile.

¹⁾ S. Iordache. Explorarea geofizică a minereurilor de fier din R.P.R. Arh. T.P.E.M. București, 1961.



Radioactivitatea naturală

Siderita	minimală
Andezite piroxenice	ridicată
Marne grezoase, argile	ridicată
Gresii, microconglomerate	minimală
<i>Greutate volumetrică (gama-gama)</i>	<i>g/cm³</i>
Siderita	3,7–3,9
Aglomerate sideritizate	3,0–3,4
Siderită nisipoasă	2,72–2,83
Andezite piroxenice	3,18–3,50
Marne grezoase	2,2
Argile	2,0
Gresii, microconglomerate	2,4–2,7
Aglomerate andezitice comune	2,40–2,75
Aglomerate andezitice tufogene	1,9–2,1

Din aceste tabele se vede că s-ar putea produce următoarele confuzii :

Siderita cu andezitele piroxenice (ambele au greutăți volumetrice ridicate) ;

Siderita nisipoasă cu gresiile compacte și bine cimentate (greutăți volumetrice asemănătoare, circa 2,7 g/cm³).

Cu toate că greutățile volumetrice ale sideritei și andezitelor piroxenice sunt apropiate, ele pot fi totuși separate din cauză că siderita are o radioactivitate naturală redusă, în timp ce andezitele piroxenice, fiind roci eruptive, au radioactivitatea naturală ridicată.

Sideritele nisipoase cu conținut redus de fier (15–17%) au o greutate volumetrică mică (2,7–2,9 g/cm³), vecină cu a gresiilor compacte calcaroase (2,6–2,7 g/cm³), iar radioactivitatea naturală atât a minereului de fier cit și a gresiilor este mică, așa că în acest caz procedeele gama natural și gama-gama nu pot separa siderita nisipoasă de gresiile calcaroase. Ca urmare a acestei situații, s-au făcut în laborator determinări de susceptibilitate magnetică asupra rocilor sterile și a minereurilor de fier, obținându-se următoarele rezultate :

	u.e.m. C.G.S. 10 ⁻⁶
Siderită compactă	70–80
Aglomerate sideritizate, conglomerate cu ciment sideritizat	40–60
Aglomerate andezitice slab sideritizate	29
Gresii	4–11
Aglomerate andezitice	9–10
Calcar	2

Din acest tabel se poate vedea că minereul de fier chiar slab sideritizat poate fi ușor distins de gresii, calcare, aglomerate andezitice, adică



de rocile sterile, prin susceptibilitatea magnetică mai ridicată a minereului de fier¹⁾.

Din cele expuse rezultă că siderita din zăcămîntul Lueta—Vlăhița poate fi distinsă de rocile sterile prin următoarele caracteristici geofizice (pl. IV,fig. 4) : radioactivitatea naturală redusă, greutatea volumetrică mare (gama-gama minim), susceptibilitatea magnetică mare, prezența Mn prin activare cu neutroni lenți care, fiind asociat cu fierul, poate detecta indirect prezența lui.

În cursul anului 1961 din 20 de sonde carotate geofizic s-au obținut următoarele rezultate comparative între carotajul mecanic și cel geofizic, privind grosimea minereului de la limita eruptiv-sedimentar :

Carotaj mecanic (recuperat)	41,79 m
Carotaj geofizic (interpretat)	55,20 m (+32%)

Din cele expuse rezultă că și în cazul zăcămintelor de fier înregistrările geofizice sunt de un real folos pentru completarea carotajului mecanic. După introducerea măsurătorilor de susceptibilitate magnetică în găurile de sondă, se va putea păsi la omologarea de rezerve a surplusului de minereu obținut prin complectarea lacunelor carotajului mecanic, din măsurătorile geofizice.

Zăcămintele de sulfuri complexe. Procedeele geofizice pentru detecarea zăcămintelor de sulfuri complexe au fost încercate numai în timpul din urmă, așa că ele sunt încă în fază experimentală ; totuși primele măsurători au dat rezultate destul de interesante. S-au făcut înregistrările geofizice obișnuite : PS, rezistivitate, gama natural, neutron gama și gama-gama, în două sonde de la Băiuț. S-a observat că zona mineralizată impregnată cu sulfuri complexe (pirită, calcopirită, blendă, galenă), determinată din cercetarea carotelor mecanice și analizelor de laborator, corespund acolo unde mineralizația este mai puternică cu indicațiile geofizice. Detectarea zonelor mineralizate s-a făcut pe baza minimelor prezентate concomitent cu curbele de PS, gama natural și gama-gama.

Ținându-se seama că zonele mineralizate cu sulfuri complexe sunt exploataabile chiar și la conținuturi mai reduse, este necesar ca ele să fie detectate în consecință. În acest scop se vor încerca următoarele metode : potențial spontan și gradient de potențial spontan, rezistivitatea aparentă, carotajul curentului cu contacte alunecătoare, potențial provocat și

¹⁾ A.I. Voronca. Observații privind explorarea zăcămintului Lueta—Vlăhița prin carotaj geofizic. Arh. T.P.E.M. București 1961.

gradient de potențial provocat, susceptibilitate magnetică, gama natural, gama-gama.

Înregistrările făcute cu aceste procedee în U.R.S.S. au dat rezultate bune pentru detectarea zăcămintelor de sulfuri complexe (4).

În sondele de referință se vor încerca procedeele enumărate mai sus, alegîndu-se cele mai caracteristice regiunii respective, iar în celealte sonde de îndesire se vor înregistra numai curbele caracteristice regiunii.

Limite geologice – coredări – sinonimii – falii determinate prin măsurători geofizice

Limitele geologice în majoritatea cazurilor pot fi determinate cu precizie acolo unde are loc o schimbare de facies odată cu schimbarea vîrstei geologice, ca de exemplu în Banat, Ghelar-Teliuc, Lueta, în zăcămintele aflate în Pliocen, etc.

În Banat limitele geologice sunt clare datorită faptului că profilele litologice prezintă variații pregnante de facies odată cu schimbarea vîrstei geologice, de exemplu (pl. VI, fig. 5, 6, 6a) :

Lusitanian (calcare cu intercalații de benzi stratiforme de silice) gama natural minimum, neutron gama ridicat.

Oxfordian (marno-calcare fin pelitice) – gama natural crescut.

Callovian (calcare grezoase cu accidente neregulate de silice) – gama natural minimum, neutron gama ridicat.

Liasic superior (șisturi argiloase, bituminoase) – gama natural crescut, neutron gama coborît.

Liasic inferior (gresii, microconglomerate) – gama natural anomalii de minimum, neutron gama anomalii de maximum.

Permian (gresii fine compacte) – gama natural minimum, neutron gama maximum.

În pl. VI,fig. 6 se poate observa că datorită unei falii din Liasicul inferior, o parte din Liasicul superior și inferior se repetă.

Identificarea Permianului și a limitei Liasic inferior/Permian se poate face în special printr-o înregistrare de PS (pl. VI, fig. 7) care prezintă în dreptul Permianului o curbă monotonă, situată pe minimul cel mai coborît. Este interesant de observat că și la această sondă, datorită unei falii, Liasicul inferior și o parte din Permian se repetă.

La Teliuc, limita Neogen/Metamorfic este clară, cum se poate vedea în pl. III, fig. 3.



La Lueta, limita Eruptiv-Sedimentar poate fi determinată cu precizie (pl. V, fig. 4 a).

În zăcăminte de lignit din Pliocen, limitele Dacian (nisipuri cu intercalații de marne) — Ponțian (marne) — Meoțian (intercalații de nisipuri și marne) sunt de asemenea foarte clare (pl. VI, fig. 8).

Corelările se pot face ușor în Banat, fiindcă limitele Cretacic/Liasic /Permian sunt clare și ușor de identificat, asemenea la Teliuc limita Neogen/Metamorfic, la Lueta limita Eruptiv — Sedimentar. În privința corelării diverselor etaje din Pliocen (Dacian, Ponțian, Meoțian) poate fi făcută pe multe sute de kilometri, adică pe tot teritoriul Munteniei și Olteniei.

Asemenea în valea Jiului P. Baciru a identificat un reper geofizic clar care separă stratele de cărbuni în două părți, unele sub stratul 10 și celelalte deasupra lui¹⁾.

Sinonimia stratelor de cărbuni este clară în valea Jiului de la Cimpa la Lupeni-vest, pe o distanță de circa 25 km, în sondele unde nu intervin deranjamente tectonice, adică unde seria stratelor 10—9—8—7—6—5—4—3—2—1 este completă, se poate face sinonimia lor, ea fiind bazată pe următoarele considerații (pl. I, fig. 1 și pl. II, fig. 2):

Grupul de strate 10—9—8—7 au o prezentare caracteristică pe curbele de radioactivitate.

Stratul 5 este format dintr-un banc superior subțire (paprica), în grosime de 0,2—0,5 m, la circa 1 m sub acest banc de cărbune urmează stratul propriu-zis format din unul sau mai multe bancuri de cărbuni. Prezentarea acestui strat este caracteristică pe curba gama natural și în special pe curba neutron gama.

Stratul 3 prezintă curbe caracteristice, în special curba neutron gama care permite o identificare ușoară și precisă.

Celelalte strate 6, 4a, 4, 2, 1 pot fi ușor paralelizate ca urmare a sinonimizării stratelor cu prezentare caracteristică.

Falii. Am arătat mai înainte că la unele sonde din Banat s-au identificat unele falii în Liasicul superior, inferior și Permian (pl. VI fig. 6, 7). În pl. VII, fig. 9 și pl. VIII, fig. 10 se poate vedea repetarea stratului 3 al unei sonde din Valea Jiului datorită unei falii ce se află la baza lui (1).

Detectarea zonelor cu pierderi mari de noroi în Banat. Într-o sondă din Anina, unde s-au produs pierderi mari de noroi, în calcarile Creta-

¹⁾ Această problemă este tratată amănunțit în lucrarea lui P. Baciru: „Contribuții la corelarea, stratelor din bazinul carbonifer al văii Jiului pe baza măsurărilor geofizice de sondă” publ. în acest volum.

cicului s-au putut identifica prin măsurători geofizice adîncimile la care au avut loc. Curbele neutron gama și gama-gama prezintă anomalii caracteristice la adîncimile unde au avut loc pierderile de noroi și anume curbele neutron gama arată anomalii de minimum, precizindu-se deci prezența hidrogenului în cantitate mare, datorită apei din norioi pierdut sau unei ape subterane, iar curba gama-gama indică prezența unei roci mai ușoare, datorită unei zone foarte fracturate, sau a unui calcar alveolar sau poate chiar a unei zone carstice, cu toate că cavernograma nu arată un diametru mărit al găurii de sondă la adîncimile respective (pl. VIII fig.11).

Întreprinderea de Carotaje și Perforări a M.I.P.Ch. a executat primele carotaje geofizice pînă la înființarea Sectorului de carotaj geofizic a T.P.E.D.M.N.-ului, continuînd și după aceea să ne ajute, pentru care le exprimăm mulțumiri.

Introducînd și perfecționînd înregistrările geofizice, precum și interpretarea lor în toate domeniile de explorare prin sonde a substanțelor minerale utile se va putea obține: reducerea prețului de cost al explorațiilor prin micșorarea prețului pe metru de foraj (30—50%); reducerea timpului de explorarea prin mărire vitezei de foraj și înlăturarea recaro-tărilor mecanice; mărire rezervelor de minerale utile prin identificarea lor fără lacune; o interpretare geologică mai completă și de calitate mai superioară.

Toate aceste avantaje aduse de carotajul geofizic, va permite să ne încadrăm în Directivele Partidului Comunist Român.

BIBLIOGRAFIE

1. Belknap B. W., Dewan J. T., Kirkpatrick C. V., Mott W. E., Pearson A. J., Rabson W. R. A.P.I. Calibration Facility for Nuclear Logs. *Drilling and Production Practice* A.P.I. 1959.
2. Iemberg S. S. Geofizica pentru geologii din schelele petrolifere. I.T.D. București, 1959.
3. Mardock E. S. Radioactivity Logging and its Future Potential. *Geophysics*, August, 1960.
4. Meier V. A. Primnenie Karotaja na polimetaliceskih mestrojdeniia. *Voprosi rudnoi geofiziki*. Moscova 1957.
5. Ocikur A. P. Karotaj plosnosti. *Voprosi rudnoi geofiziki*. Moscova, 1957.
6. Wyllie M. R. I. Bazele interpretării profilelor electrice ale sondelor. Editura Tehnică. București, 1959.
7. Voronca AI. Aplicarea procedeelor geofizice la explorarea zăcămintelor de cărbuni. I.D.T. București, 1960.



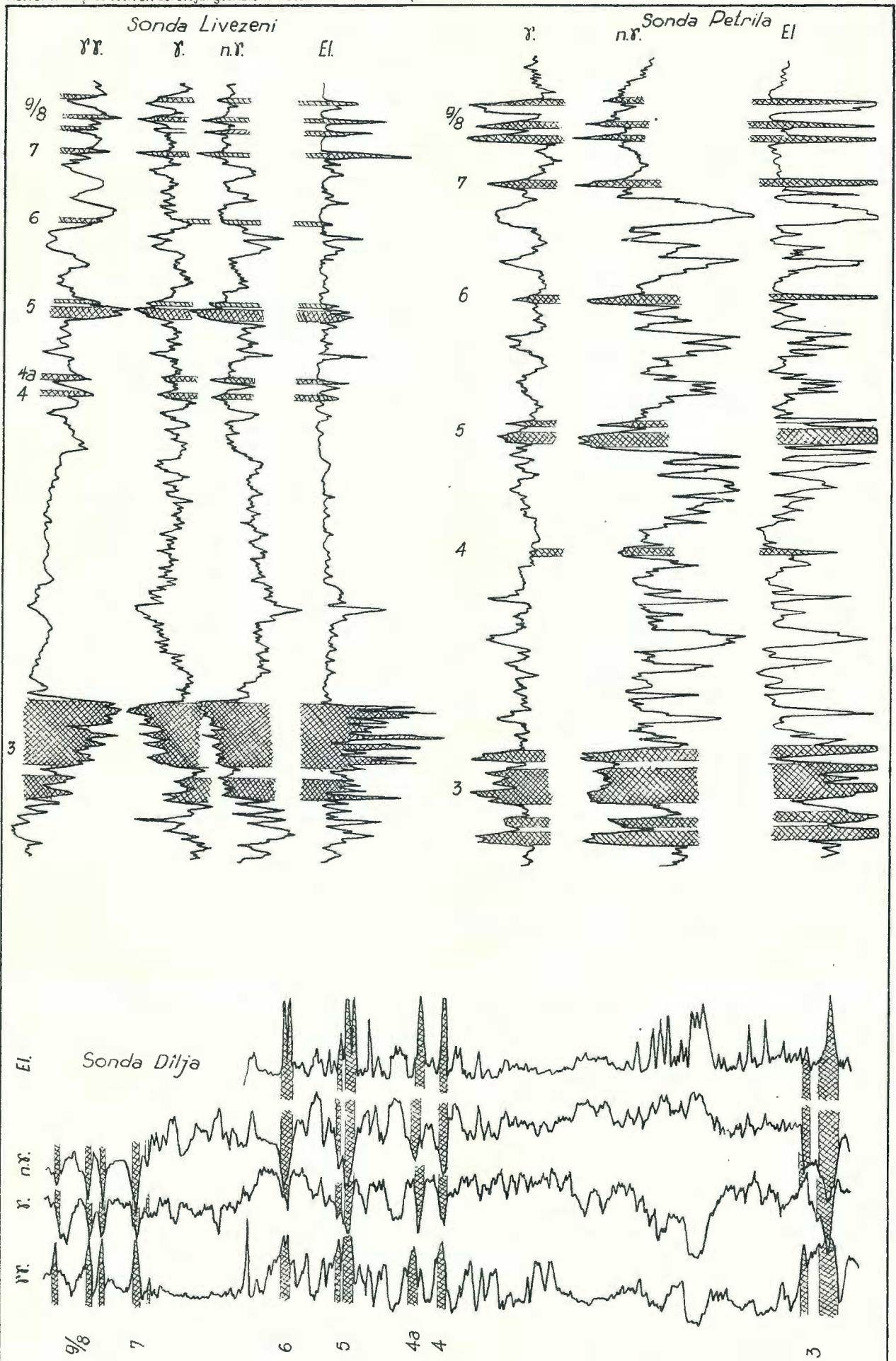


Fig. 1

Sinonimia straturilor 9-8-7-6-5-4-3 Dilja - Livezeni - Petriș - V. Jiului

γ - gama natural; $n\gamma$ - neutron gama; $\gamma\gamma$ - gama gama

EI - rezistivitate electrică și EI - rezistivitatea electrică a solului

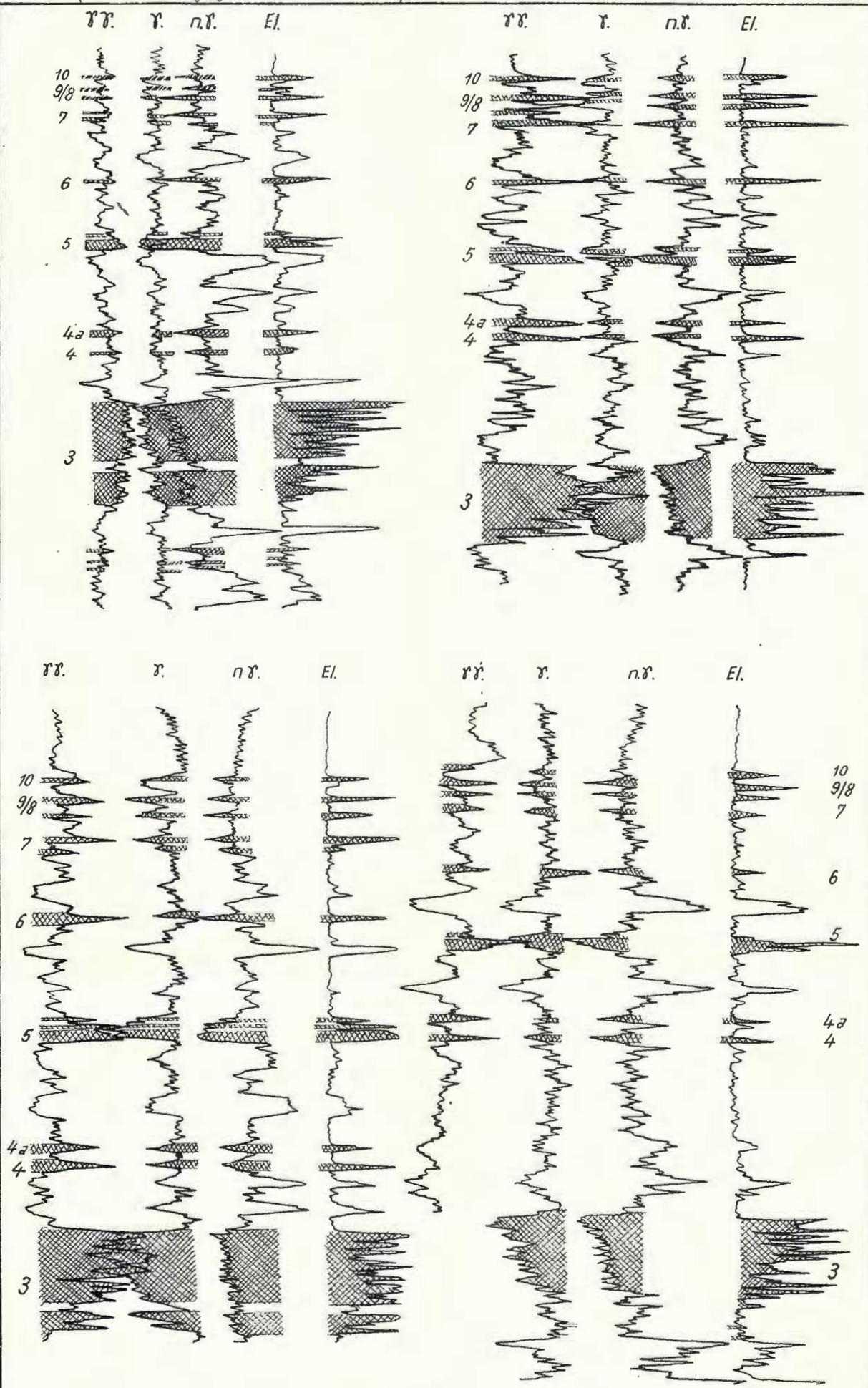


Fig. 2

Sinonimia stratelor 9-8-7-6-5-4-3. Sonde Livezeni V. Jiului

 δ - gama natural ; $n\delta$ - neutron gama ; $\gamma\gamma$ - gama gama

El - rezistivitate electrică

Institutul Geologic al României

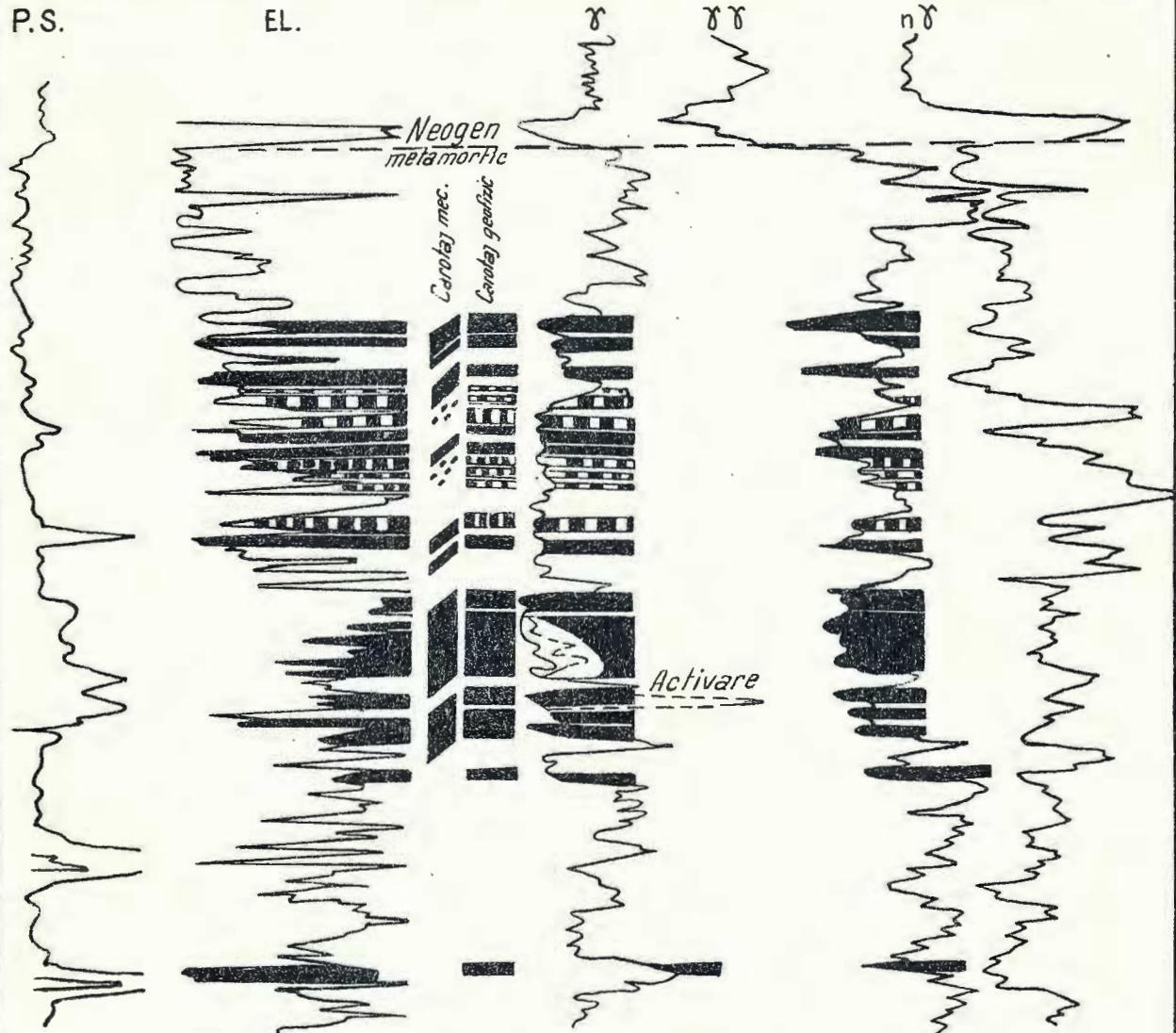


Fig. 3

DIAGRAMA COMPLEXA PENTRU MINEREURI-TIP GHELAR-TELIUC
Limita Neogen-metamorfic

P.S.-potențial spontan; EL.-rezistivitate electrică;
 γ -gama naturală; $n\gamma$ -neutron gama; $\theta\gamma$ -gama gama.
 minereu de fier concentrat; minereu de fier mai puțin concentrat

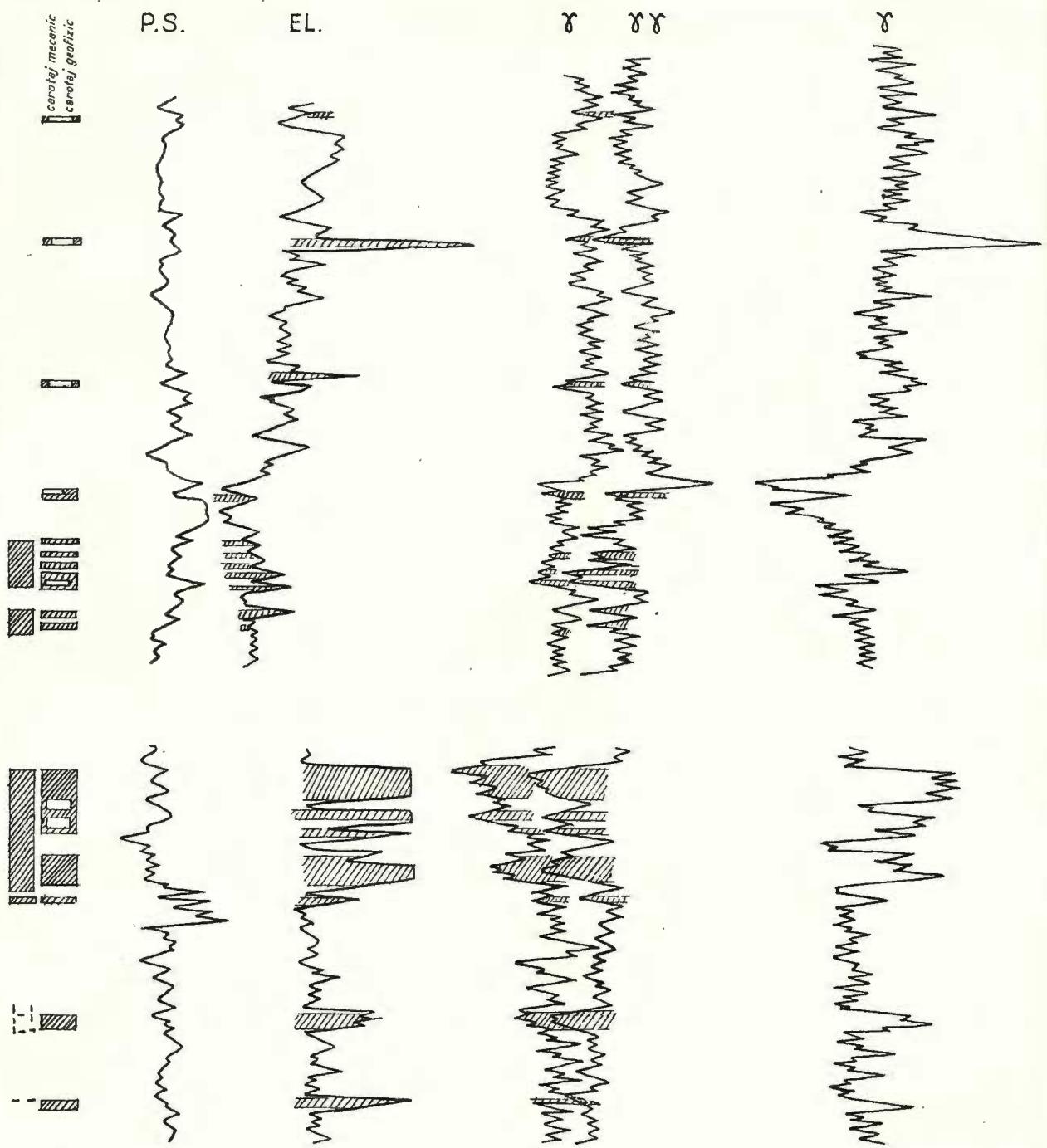


Fig.4. Diagramă complexă pentru minereuri de fier-Tip.Lueta

P.S - potențial spontan ; El. - rezistivitate electrică ; γ - gamă naturală $n\gamma$ - neutron gamă ; $\gamma\gamma$ - gamă gamă ; siderită ; - aglomerate sideritizate

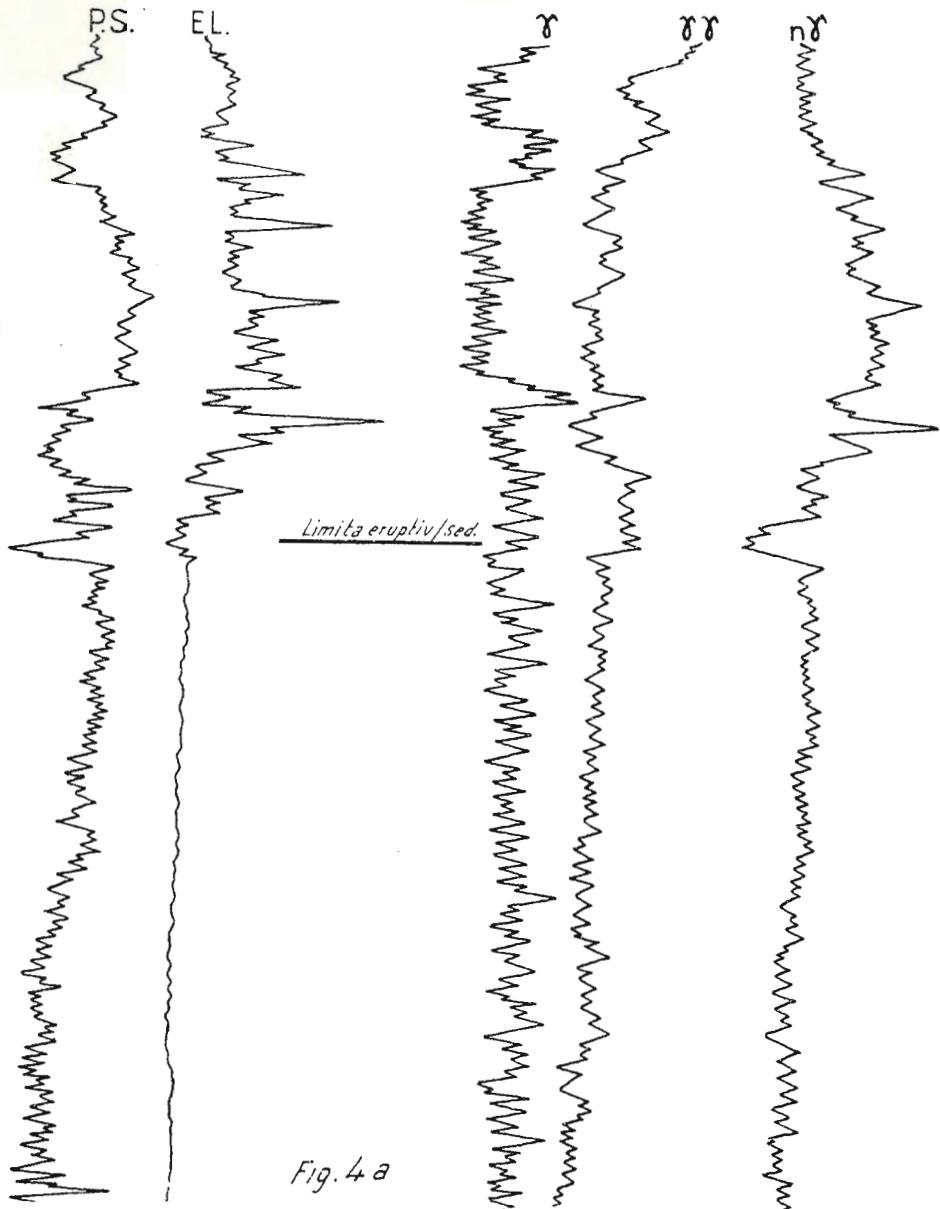


Fig. 4 a

- Diagramă complexă pînă minereuri de fier tip Luetă. P.S.-potențial spontan; EL.-rezistivitate electrică; δ -gama naturală; $n\delta$ -neutron gama; $\gamma\gamma$ -gama gama
- Siderita

Institutul Geologic al României

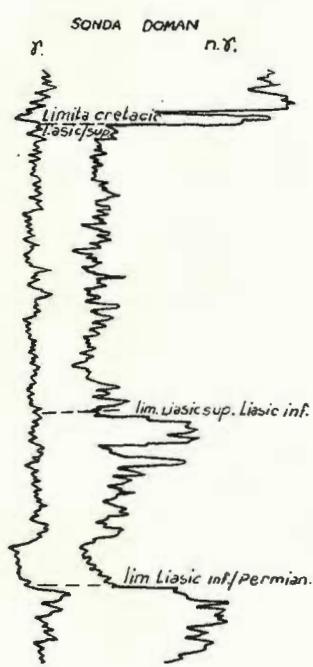


Fig. 5

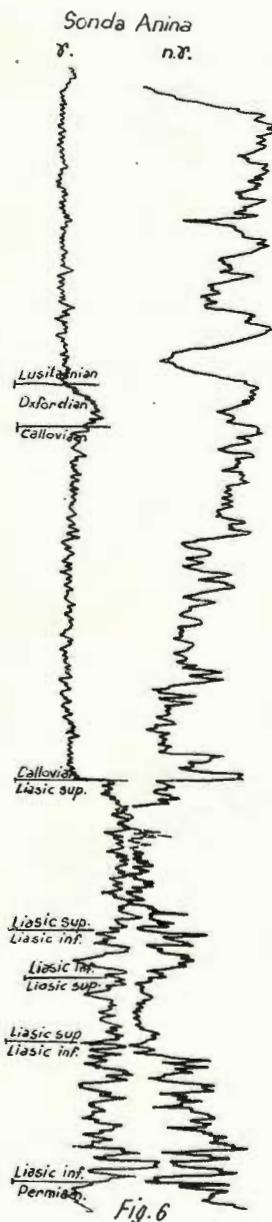


Fig. 6

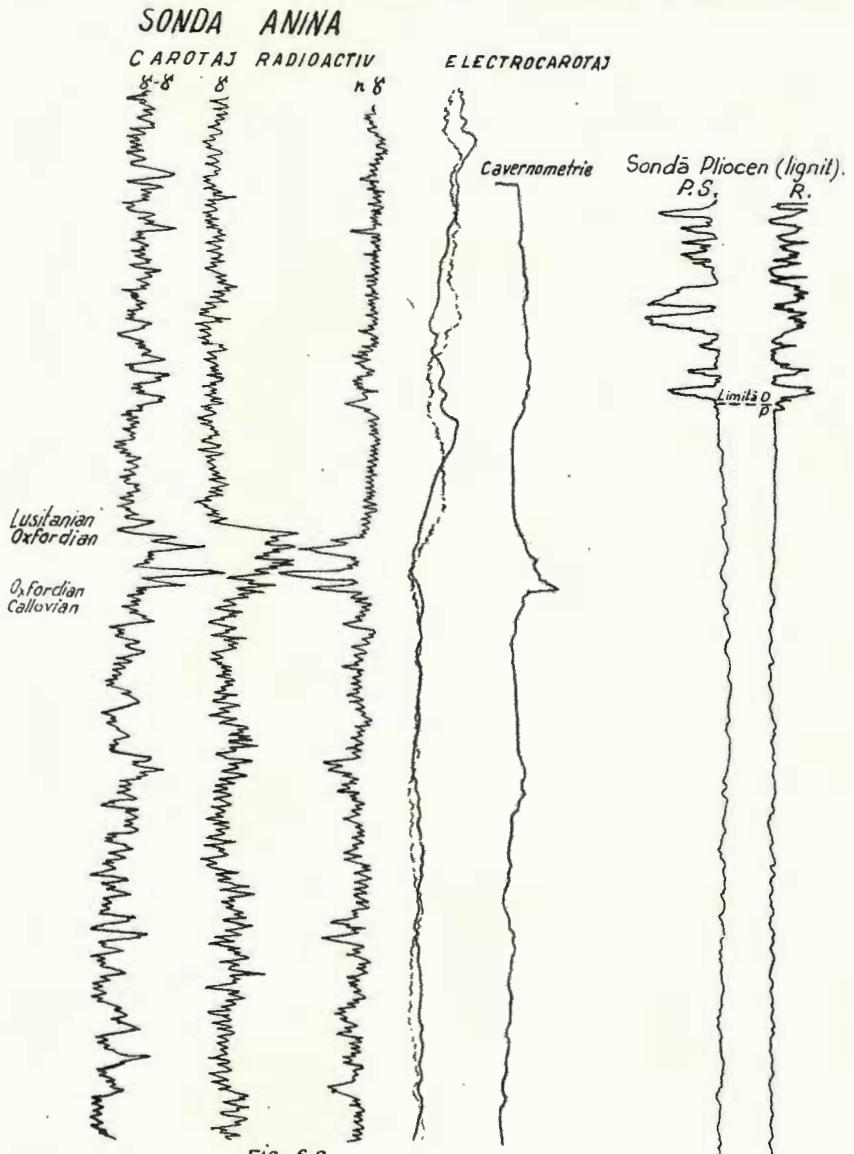


Fig. 6a.

LIMITE GEOLOGICE

Electrocarotaj: — Curba potentiala
— — — Curba gradienta

Carotaj radioactiv: γ -gama natural:

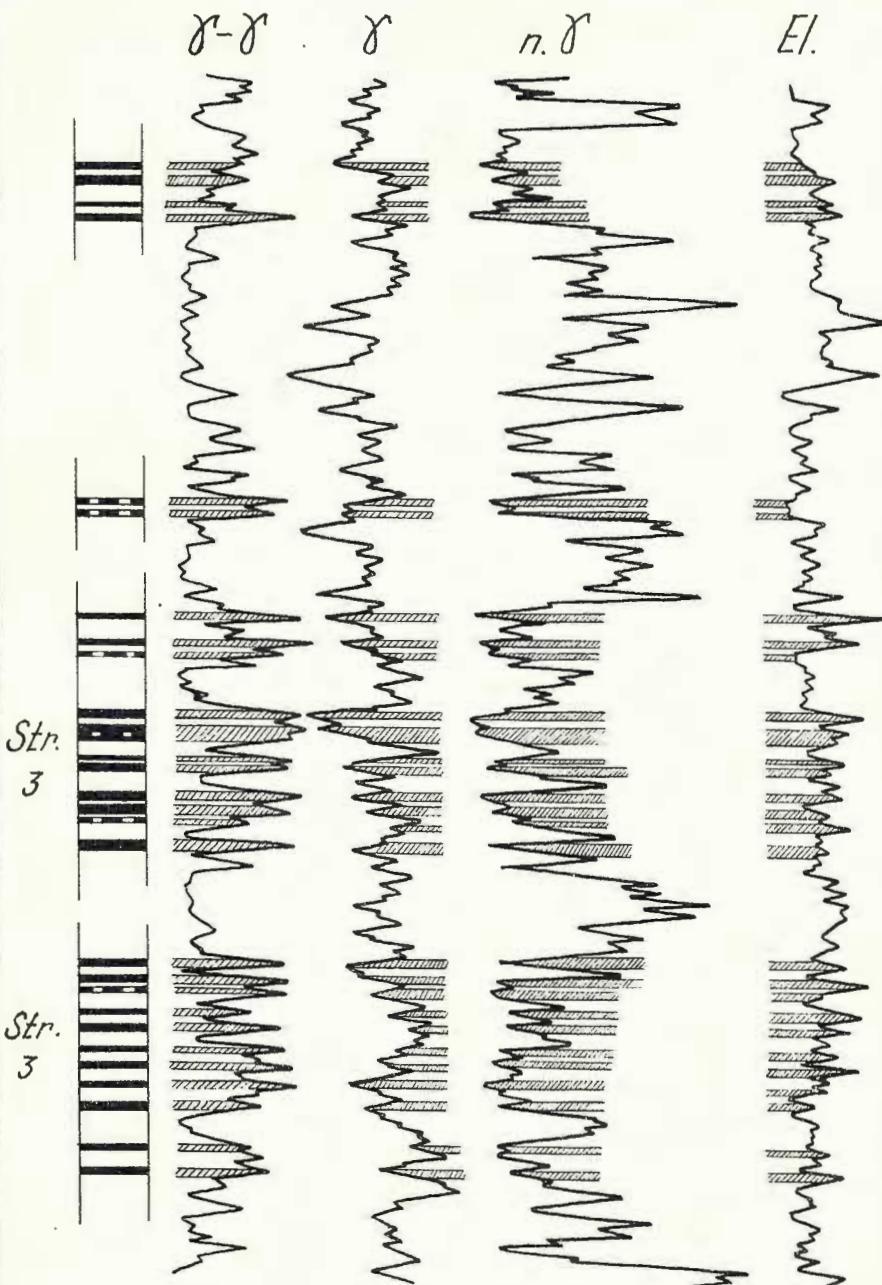


Fig. 7

LIMITE GEOLOGICE

Fig. 5-6 SONDE ANINA ; Fig. 7 SONDA DOMAN ; Fig. 8 SONDA PLIOCEN

P.S. - potential spontan; R. - rezistivitate; δ - gamma natural; $n\delta$ - neutron gamma.

Fig. 9

Repetarea stratului 3 datorită unei falii
 δ - δ -gama gama; δ -gama natural
 $n\delta$ -neutron gama; El.-rezistivitate

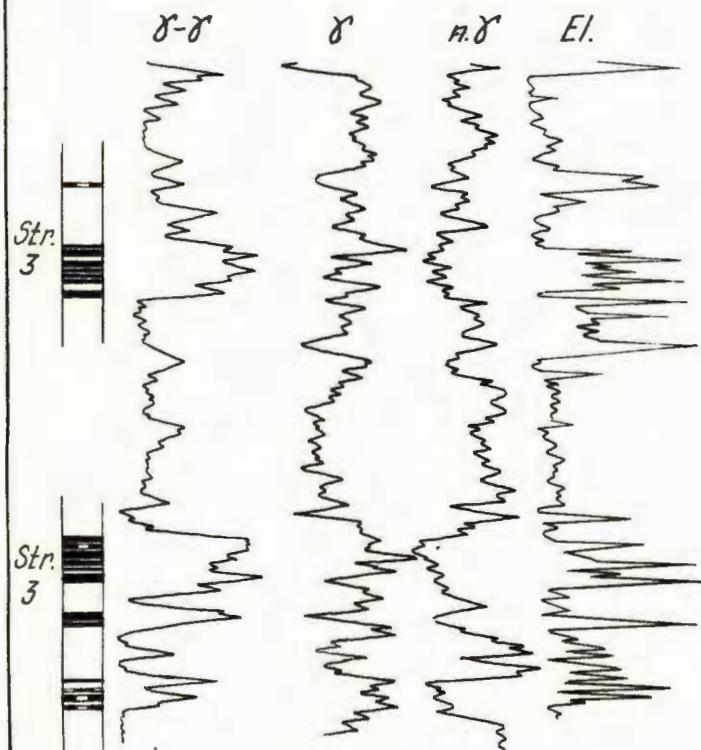


Fig. 10

Repetarea stratului 3 datorită unei fâlli
 $\delta-\delta$ -gama gama; δ -gama naturală
 $n\delta$ -neutron gama; El.-rezistivitate

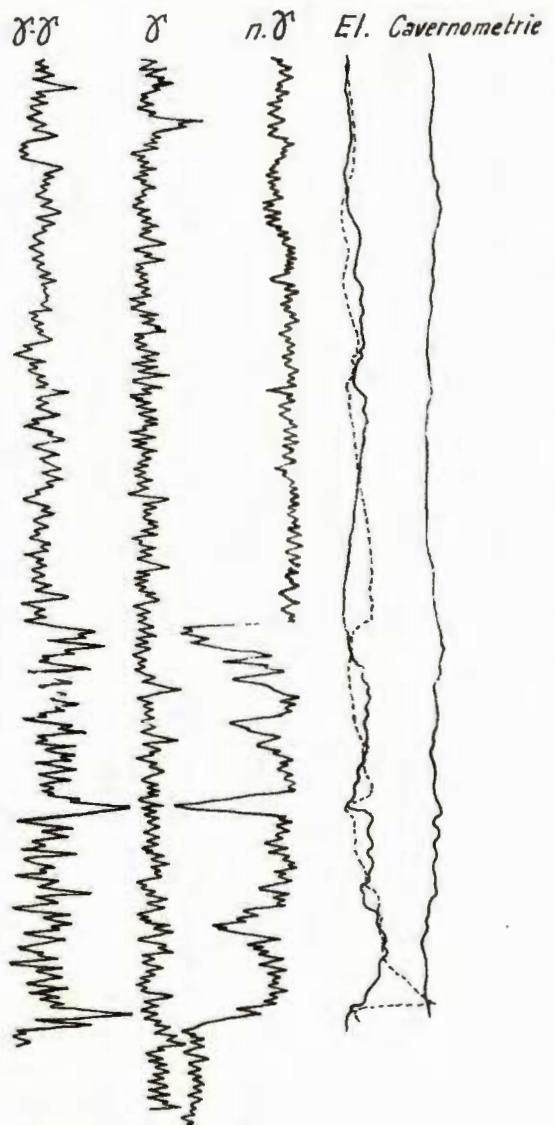


Fig. 11 Sonda Anina

El.-rezistivitatea electrică = (— curba potențială, --- curba gradientă); δ -gama naturală; $n\delta$ -neutron gama; $\delta-\delta$ -gama gama

Zone cu pierderi mari de noroi.

Institutul Geologic al României

APPLICATION DU CAROTTAGE GÉOPHYSIQUE DANS
L'EXPLORATION PAR SONDES DES GÎTES DE CHARBONS
ET DE FER DE ROUMANIE

PAR

AL. VORONCA, ELENA FETCU, GH. MIRICĂ, M. POPP, GR SCURTU,
W. STÖCKEL

(Résumé)

En vertu des études et des expériences effectuées par le Ministère des Mines et de l'Énergie Électrique (M.M.E.E.) dans les sondes d'exploration des gîtes de minéraux utiles solides on emploie les procédés géophysiques suivants : P.S. résistivité, micro-carottage, activation des roches par des neutrons lents, carottes prises par le carottier latéral pour contrôle.

Gîtes de charbons. Les caractéristiques géophysiques des charbons sont : la radioactivité naturelle réduite, la radioactivité provoquée élevée, la résistivité électrique élevée, la conductibilité thermique réduite et le poids volumétrique réduit. Les courbes gamma-gamma sont les plus importantes pour la détection des couches de charbons, vu que le poids volumétrique des charbons est réduit ($1,2 - 1,6 \text{ gr/cm}^3$) et celui des autres roches du gisement est plus élevé ($2 - 2,85 \text{ g/cm}^3$). Les enregistrements géophysiques permettent la détection des couches de charbons dans les trous de sonde et par conséquent, le complètement des lacunes du carottage mécanique. Ainsi, les mesures géophysiques ont permis l'identification d'une quantité de charbons avec 50 % supérieure à celle résultée du carottage mécanique employé dans l'exploration des années 1956—1961. En vertu des résultats obtenus par les mesures géophysiques, le M.M.E.E. et le Comité Géologique ont été d'accord que les réserves de charbons supplémentaires, établies à l'aide du carottage mécanique complété par celui géophysique, dans les sondes (catégories C₁ et B) soient homologuées en tant que réserves officielles, sans aucune autre confirmation.

Gîtes de minéraux de fer. Les caractéristiques géophysiques qui permettent l'identification des minéraux de fer sont les suivantes :



Gîte de Ghelar—Teliuc : résistivité électrique réduite, radioactivité naturelle réduite, poids volumétrique élevé, présence du Mn par activation à neutrons lents.

Gîte de Lueta—Vlăhița : radioactivité naturelle réduite, poids volumétrique élevé, susceptibilité magnétique élevée, présence du Mn par activation à neutrons lents.

Dans ce gîte, en 1961, grâce aux mesures géophysiques effectuées dans 20 sondes on a obtenu un supplément de 32% mineraux de fer, comparé aux résultats du carottage mécanique.

Gîtes de sulfures complexes. Dans plusieurs sondes ont été effectuées des mesures concernant le P.S., la résistivité, le gamma naturel, le neutron gamma et gamma-gamma avec des résultats concluants sur la détection des zones imprégnées de sulfures complexes.

Les procédés géophysiques peuvent établir : des limites géologiques, des corrélations sur des aires étendues, des synonymies de couches, des failles, des zones à phénomènes karstiques.

Les procédés géophysiques perfectionnés appliqués à l'exploration ainsi que la substitution graduelle du carottage mécanique par le carottage géophysique mènent à des résultats, tels : la réduction de 30—50% du prix de coût par mètre foré, la vitesse de forage doublée, des réserves réelles, une interprétation géologique complète.



METODE DE INTERPRETARE GRAFICĂ A DIAGRAFIEI DE PANDAJMETRIE CU EXEMPLIFICĂRI ÎN ROMÂNIA

DE
EMILIA POTERAŞ

ABSTRACT

Methods of graphical interpretation of the dipmeter diagraphy with examples from Rumania. The aim of this paper is to resolve the interpretation problem of dipmeter diagraphy by two graphical methods. These methods are applied to a number of dipmeter measurements on a structure in Rumania and compared with the old interpretation method.

Operațiunea de pandajmetrie ca metodă de cercetare geofizică a complexelor stratigrafice traversate de gaura de sondă, pune la dispoziția cercetătorilor doi parametri fizici necesari în descifrarea tectonicii zăcămintelor și anume înclinarea și orientarea stratelor.

În această lucrare se prezintă două metode grafice de interpretare a diagrafiei de pandajmetrie. Aceste metode au fost descrise în literatura străină de către A. J. de Witte, Jack Grinberg, M. J. Ettinger, B. O. Prescott, Gilbert Swift, etc. Aplicarea lor a condus la obținerea unor rezultate bune, ceea ce a determinat înlocuirea metodei mecanice de interpretare.

1. METODA GRAFICĂ BAZATĂ PE UTILIZAREA UNEI REȚELE DE COORDONATE POLARE ȘI A UNEI REȚELE STEREOGRAFICE (WULFF)

Dacă se consideră un plan de referință (H) normal la axa găurii de sondă (pl. fig. 1), punctele m_1 , m_2 și m_3 în care cei trei electrozi vor intersecta planul stratului (S), vor avea cotele h_1 , h_2 și h_3 . Aceste cote corespund decalajelor dintre curbele de P.S. sau rezistivitate înregistrate.



Convențional planul de referință se ia la nivelul punctului m_1 corespunzător electrodului de referință E_1 , la care se va considera cota egală cu zero. Celelalte două puncte vor avea cotele pozitive sau negative după cum vor fi situate mai sus sau mai jos față de planul de referință, sau după cum intrarea electrozilor în strat se va face înaintea sau în urma electrodului de referință.

Problema urmărește un sistem de coordonate cilindrice cu axa z considerată axa găurii de sondă și axele x și y în planul de referință, având nordul magnetic de-a lungul uneia dintre ele. Poziția punctelor m_1 , m_2 și m_3 va fi determinată de un unghi ξ față de nord (ξ_1 pentru electrodul-reper, care se citește pe filmul de deviație, $\xi_2 = \xi_1 + 120^\circ$, $\xi_3 = \xi_1 + 240^\circ$), distanța radială r față de originea axelor de coordonate (raza găurii de sondă) și cota z .

La transpunerea în plan a acestor parametri se folosește o rețea de coordonate polare (pl. fig. 2).

Determinarea inclinării și orientării unui plan care trece prin trei puncte se va urmări pe pl. fig. 4.

Pe o foaie de calc se trasează un cerc având raza proporțională cu raza găurii de sondă și se suprapune peste rețeaua polară, care ajută la mărcarea punctelor m_1 , m_2 și m_3 , corespunzătoare azimuturilor ξ_1 , ξ_2 și ξ_3 . În dreptul punctelor se trec cotele h_1 , h_2 și h_3 .

Dacă se unește punctul cu cota cea mai ridicată cu punctul cu cota cea mai căzută și pe dreapta obținută se determină un punct (c') corespunzător cotei electrodului rămas, dreapta $c'm_3$ va reprezenta direcția aparentă a stratului sau „linia de bază” cum se citează în literatură.

Din punctul cel mai depărtat de „linia de bază” (m_2) se coboară o perpendiculă pe aceasta ($m_2\bar{E}$). La aceeași scară orizontală la care s-a luat raza găurii de sondă, pe „linia de bază” se măsoară un segment $\bar{E}\bar{F}$ cu o lungime egală cu diferența între cota liniei $c'm_3$ și a punctului din care s-a dus normala. Din triunghiul $m_2 \bar{E}\bar{F}$ se determină mărimea inclinării necorectate a stratului (α).

Linia de cea mai mare pantă sau direcția necorectată de cădere a stratului se determină prin coborârea unei perpendiculare prin centrul coordonatelor polare la linia de direcție aparentă a stratului, cu sensul către partea în care se găsește punctul cu cota cea mai coborită ($\bar{G}\bar{D}$).

Unghiul în sensul acelor de ceasonic între nordul magnetic și linia de cea mai mare pantă corespunde orientării necorectate a stratului (β).

Inițial unghiiurile α și β sunt citite în funcție de planul înclinat al găurii de sondă și un plan normal la aceasta. Cu ajutorul rețelei stereono-



grafice se transformă datele obținute în raport cu primul sistem de coordinate, într-un sistem de coordonate verticale (pl. fig. 3).

Corecția se face introducind în calcul mărimile unghiurilor de înclinare și orientare ale găurii de sondă, după cum urmează : Pe cercul azimutal se marchează azimutul găurii de sondă (A_s), în sensul acelor de ceasornic, de la direcția nordului magnetic. Linia direcției aparente de cădere a stratului se suprapune peste axa Est–Vest a rețelei stereografice. Pe această linie, de la centrul rețelei, se măsoară mărimea unghiului de înclinare necorectat al stratului ($O\bar{P}$) (Proiecția meridianelor și paralelor de pe jumătatea superioară a sferei pe planul ecuatorial a fost făcută din 2° în 2° pentru rețeaua de lucru). Se suprapune direcția $\bar{O}A_s$ peste axa Est–Vest a rețelei. Din punctul P se trasează un arc de cerc în sensul opus direcției de înclinare a găurii de sondă sau în aceeași direcție în funcție de orientarea electrodului-reper, de-a lungul unei paralele sau între două paralele, de lungime egală cu mărimea unghiului de înclinare a găurii. Se notează capătul arcului cu P_c . Prin unirea centrului cu punctul P_c se determină direcția de cădere corectată a stratului (Dc).

Mărimea unghiului de înclinare corectată a stratului se determină prin citirea pe rețea de la centru la punctul P_c .

Unghiul de orientare corectat (β_c) va fi unghiul între direcția nordului magnetic și direcția de cădere corectată a stratului ($\nearrow NOD$).

În cazul cînd unghiul de înclinare al găurii de sondă este mai mare de 10° , se corectează nordul magnetic cu înclinarea găurii de sondă în același mod în care s-au corectat și unghiurile α și β .

Avînd în vedere aceleasi date ca și pentru construcția grafică, M. J. Ettinger a dedus cu ajutorul calculului analitic două formule care ne dau unghiurile α și β :

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{2(h_2^2 - h_2 \cdot h_1 + h_1^2)^{\frac{1}{2}}}{3r} \quad (1)$$

$$\operatorname{tg}\beta = 1,732 \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} \quad (2)$$

unde :

r — este raza găurii de sondă ;

h_1 — diferența dintre elevația punctului cu cota cea mai joasă și un alt punct de pe curbă ales în sensul mișcării acelor de ceas ;

h_2 — diferența dintre elevația punctului cu cota cea mai joasă și elevația punctului rămas.



Pentru a obține mărimea orientării necorectate a stratului, se adaugă la β orientarea electrodului a cărui elevație este cea mai joasă.

Cu ajutorul formulelor (1) și (2) se pot determina unghiurile α și β necorectate cu înclinarea și orientarea găurii de sondă. Corecția se face cu ajutorul analizei vectoriale sau cu rețea stereografică.

2. METODA GRAFICĂ BAZATĂ PE UTILIZAREA UNEI REȚELE GНОMONICE

Principiile de la care pornește această metodă sunt identice cu cele descrise la metoda anterioară. Modul de proiectare și determinare a mărimilor propuse este mai simplu și mai rapid.

După cum se vede în pl. fig. 5, în jurul cercului azimutal se află dispuse șase scări liniare, cîte două scări identice pentru fiecare din cele trei perechi posibile de brațe ale dispozitivului de măsură.

Formula pentru determinarea valorii de scară este următoarea :

$$V_s = \text{Dif.} \frac{(I - II)}{(I - III)} \frac{50}{D}$$

în care V_s este valoarea de scară ;

$(I - II)$

Dif. $(I - III)$ — este diferența între cotele perechilor de electrozi
 $(I - III)$ unul față de celălalt ;

50 — constantă ;

D — diametrul găurii de sondă.

Cu ajutorul rețelei de mai sus, se determină pentru fiecare dintre perechile de electrozi considerate, cîte două puncte pe scările liniare corespunzătoare. În funcție de poziția pe care o ocupă ceilalți doi electrozi față de electrodul-reper la intrarea în strat, se notează valoarea de scară determinată, pe scara hexagonală, în sus sau în jos (pl. fig. 6).

„Pe abacă de calcul centrul rețelei corespunde cu axa sondei, punctul de intersecție I corespunde cu normala la planul înclimat al stratului, iar direcția deviației de la verticală determină planul care conține axa sondei și verticala”¹⁾.

Deoarece unghiurile de înclinare și orientare ale stratului se vor citi în funcție de orientarea electrodului-reper, valoarea nordului magnetic va trebui corectată cu mărimea orientării electrodului-reper (Nc).

¹⁾ Gilbert Swift. Dip-Log Computer Chart- (Well Surveys, Tulsa Okla). *Journal of Petroleum Technology*. Septembrie 1959.



Prin unirea centrului rețelei cu punctul I se determină direcția de cădere necorectată a stratului (D). Unghiul în sensul acelor de ceasornic între direcția nordului corectat și \overline{OD} reprezintă unghiul necorectat de orientare al stratului ($\alpha\beta$). Mărimea inclinării necorectate se citește de la centrul rețelei la punctul I.

Pentru obținerea valorilor reale ale unghiurilor α și β ele se corectează cu inclinarea și orientarea găurii de sondă pe baza aceluiași principiu cu care s-au corectat și la metoda anterioară, folosindu-se de data acea sa rețeaua gnomonică.

La determinarea inclinării și orientării stratelor cu ajutorul metodelor descrise, intervin erori de care depinde precizia interpretărilor, cum sunt : eroarea dată de aparatură, eroarea care se face la alegerea stratului-reper (factorii litologici joacă un rol important la interpretarea acestor operațiuni), eroarea dată de variația diametrului găurii de sondă sau cea provenită din cauza unghiului mare de inclinare al găurii de sondă, erori din precizia cu care interpretatorul proiectează mărimile și citește cele două unghiuri. De asemenea apar erori și la desenarea rețelelor necesare pentru lucru.

În tabelul 1 sunt evaluate erorile ocasionate la măsurători la interpretări.

În cazul metodelor grafice, erorile se pot elimina numai printr-o dublă verificare a materialului de interpretat sau prin folosirea a două sau trei metode de interpretare la determinarea acelorași mărimi.

Erorile introduse de metoda mecanică practic nu pot fi eliminate, din care cauză, astăzi această metodă nu mai este folosită.

Având în vedere că scopul înregistrărilor de pandajmetrie este acela al descifrării tectonicii zăcămintelor și că eficacitatea economică a acestor operațiuni se referă la suprimarea forării unor locații care în urma datelor de inclinare ale stratelor pot fi anticipate ca neproductive, s-a încercat confruntarea între rezultatele pandajmetriei de pe structura studiată și rezultatele cercetărilor geologice (tabelul 2 și pl. fig. 7), constatare care a condus la concluzia concordanței nete între cele două cai de cercetare.

Operațiunile de pandajmetrie studiate au fost înregistrate cu pandajmetrul discontinuu de P.S. Dificultatea acestor înregistrări constă în aceea că ele nu oferă decât un număr insuficient de date la un nivel stratigraphic anumit.

Înregistrările cu pandajmetrul continuu de rezistivitate, în afară de faptul că oferă posibilitatea înregistrării a trei curbe de rezistivitate și simultan o curbă care indică orientarea electrodului-reper, dau posibilitatea determinării inclinării și orientării stratelor la toate nivelele stratigraphic.



TABELUL 1
Erori la operațiunile de pandajmetrie

	Nr. crt.	Natura erorilor	Eroarea evaluată pentru inclinare	Eroarea evaluată pentru orientare	Cauzele erorilor
Erori de măsură	1	Erori ocasionate la măsuratori în sondă	$\pm 2^\circ$	$\pm 20^\circ$	Diametrul electrozilor și diametrul găurii de sondă, grosimea electrozilor, poziția aparatului, scara de înregistrare, erori de decalare
	2	Erori introduse de metoda mecanică (cu ajutorul pandajscopului)	$\pm 6^\circ$	$\pm 25^\circ$	Din construcția dispozitivului și din aprecierile interpretatorului
	3	Erori totale (cumulative) pentru metoda mecanică	$\pm 8^\circ$	$\pm 45^\circ$	
	4	Erori introduse de metodele grafice	$\pm 1^\circ$	$\pm 5^\circ$	Din cauzele descrise în text pentru metodele grafice
	5	Erori totale (cumulative) pentru metodele grafice	$\pm 3^\circ$	$\pm 25^\circ$	
	6	Metodele grafice față de metoda mecanică	$\pm 5^\circ$	$\pm 20^\circ$	
	7	Metodele grafice între ele	$\pm 1^\circ$	$\pm 4^\circ$	

grafice care interesează (vezi tabelul 3 care conține rezultatele obținute prin înregistrarea unei diagrame continue de rezistivitate), și pe această cale, posibilitatea verificării limitelor geologice și chiar a stabilirii lor cu mai multă exactitate în cazul cînd cele două formațiuni au inclinări diferite, de asemenea ele dă posibilitatea construirii de armonici în scopul urmăririi stratelor la care s-au determinat parametrii respectivi. Efectuind la fiecare sondă diagrafia de pandajmetrie continuă de rezistivitate sau



TABEL Nr. 2

Cu rezultatele determinărilor de înclinare și orientare ale stratelor prin trei metode: 1-metoda mecanică (pandaj/scop), 2-metoda grafică (proiecția stereografică), 3-metoda grafică (proiecția gnomonică).

Sonda Structura	Diameetrul găurii de sondă (mm)	Scara de înregis- trare	Adâncime m	Baza/ Inclinație Azimutul	Deviația găurii de sondă orientarea reperului fix	Ordinea intrării în strat a electrozilor	$\frac{R_s}{2}$	Azimutul electrozilor m_1 m_2 m_3	Cotele punctelor M_1 M_2 M_3	Valoarea de scară pentru electrazii	N magnetic	Inclinarea/orientarea stră determinante cu:				OBS.								
												Pandaj/scopul		Proiecția stereografică		Proiecția gnomonică								
												α°	β°	$\alpha\hat{\epsilon}$	$\beta\hat{\epsilon}$	$\alpha\hat{\epsilon}$	$\beta\hat{\epsilon}$							
A X	243	1:20	1234, 1236, 1234, 1236	1 2° 2 2°15' 3 2°15' 4 2°15'	300° 300° 300° 300°	30° 30° 30° 30°	II I II I II I II I	05 1 05 1 05 1 05 1	III 0 III 0 III 0 III 0	0 0 0 0 0 0 0 0	60,7 60,7 60,7 60,7	30° 30° 30° 30°	150° 150° 150° 150°	270° 270° 270° 270°	0 -1 0 0 -1 0 0 -1 0 0 -1 0	2,06° 2,06° 2,06° 2,06°	0 2,06 J 0 2,06 J 0 2,06 J 0 2,06 J	330° 330° 330° 330°	4° 4° 4° 4°	150° 150° 150° 150°	3°30' 3°30' 3°30' 3°30'	147° 147° 147° 147°	4°30' 4°30' 4°30' 4°30'	148° 148° 148° 148°
B X	243	1:20	1385, 1382,40, 3	1 3° 2 3° 3 3°	60° 70° 55°	155° 150° 150°	III I II I III I	3 6 II 3 6 II 3 6 II	0 0 0 0 0 0 0 0 0	60,7 60,7 60,7	155° 190° 160°	275° 310° 280°	35° 70° 40°	0 0 -6 0 0 0 -6 0 0 0 -6 0	12,3 S 12,3 S 12,3 S	205° 170° 200°	19° 19° 19°	40° 70° 42°	15° 15° 15°	31° 70° 38°	15°20' 15°30' 15°20'	34° 69° 40°		
C X	298	1:20	1244, 1244	1 1°30' 2 1°30'	95° 90°	270° 270°	III I III I	6 12 II 6 12 II	6,5 15 6,5 15	74,5 74,5	30° 30°	150° 150°	270° 270°	+12+25 0 +12+24 0	21,8 J 20,1 S	41,9 S 40 S	330° 330°	47° 45°	300° 300°	43°30' 44°	300°30' 300°	Reper fix electrodul III		
D X	298	1:10	1035, 1036	3 2%5 2 2%5	95° 95°	285° 285°	II II	13 13 1	3 3	74,5 74,5	286° 286°	45° 45°	165° 165°	0 -16 -3 26,9 S 0 -14 -5 23,5 S	5,04 S 8,39 S	21,9 J 15,1 J	75° 75°	40° 55°	50° 60°	32° 63°30'	55° 65°	31°30' 26°30'	55° 65°	
E X	243	1:20	1150, 1196	1 2° 2 1°	50° 50°	45° 340°	I II I II	0 0 III 0	0 0 C	60,7 60,7	30° 340°	100° 100°	220° 220°	0 0 0 0 0 0 0 0	315° 20°	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	Scara este determinată de exa structura					
F X	243	1:20	958, 958	1 3° 2 3°	285° 280°	80° 85°	I III	1 2 II 3	6 6	60,7 60,7	80° 85°	320° 325°	200° 205°	0 +8 +2 4,10 J 0 +6 +2 4,10 J	16,4 J 12,3 J	280° 275°	18° 15°	140° 135°	24° 19°	122° 119°	21° 16°	120° 116°		
G X	243	1:20	1144	1 3°30'	285° 50°	50° 50°	III I	1 2 II 2 4	4 6,7 4 6,7	60,7 60,7	290° 290°	170° 170°	0 -2 +4 4,10 S 0 -2 +4 4,10 S	6,2 J 6,2 J	12,3 J 12,3 J	310° 310°	18°20'	150° 150°	20° 20°	125° 125°	19° 18°	128° 124°	2 3	
H X	243	1:50	972, 972	1 1°30' 2 1°30'	240° 240°	250° 250°	I III	15 15 II 0 5	25 25	60,7 60,7	230° 230°	350° 350°	110° 110°	0 +10 -75 20,5 J 0 +12 -10 25,8 J	15,2 J 20,5 J	5,13 S 5,18 S	130° 130°	25° 28°	210°220° 210°220°	25° 31°	214° 217°	26° 32°	214° 217°	
I X	243	1:20	1161, 1163	1 4° 2 4°	80° 80°	345° 355°	II III	1 2 II 1 0 5	1 0 5 1	60,7 60,7	105° 115°	225° 235°	345° 355°	+1 -2 0 6,2 S +1 -3 0 8,22 S	2,06 S 2,08 S	4,10 J 4,10 S	255° 245°	5° 6°	250° 250°	10° 10°	240° 245°	10° 11°	235° 241°	
J X	243	1:20	1311	1 4°	50° 230°	270° 160°	II III	5 6 1 5 10	6,7 10	60,7 60,7	270° 280°	30° 30°	150° 160°	0 -16 -10 33 S 0 -12 -4 8,22 J	3,23 S 4,0 S	12,3 J 12,3 S	90° 90°	32°35'	50° 50°	34° 34°	72° 72°	38° 38°	72° 72°	
K X	243	1:20	1051, 1052	1 2° 2 2°	195° 195°	150° 150°	II II	1 2 III 2 4	4 6,7	60,7 60,7	150° 150°	30° 30°	270° 270°	0 -2 +4 8,22 J 0 -2 +4 8,22 J	4,0 S 4,10 S	12,3 S 12,3 S	210° 210°	20° 20°	60° 60°	1730' 1730'	66° 66°	17° 17°	64° 64°	
L X	243	1:20	1577	1 2°	230°	160°	III I	1 2 II 1 0 0	1 0	60,7 60,7	160° 160°	280° 280°	40° 40°	0 0 -2 0 6,2 S 0 0 -2 0 6,2 S	4,10 S 4,10 S	12,3 J 12,3 S	210° 210°	20° 20°	60° 60°	1730' 1730'	66° 66°	17° 17°	64° 64°	
M X	243	1:20	830,5, 831,5	1 3'43 2 3'45	260° 260°	350° 350°	II III	4,5 9 1 0,5 1	6,7 0,5 1	60,7 60,7	350° 350°	110° 110°	230° 230°	0 -10 -1 20,5 S 0 -10 -1 20,5 S	18,5 J 18,5 J	10° 10°	25° 25°	115° 115°	30° 32°	112° 108°	37° 37°	110° 106°		
N X	243	1:20	1528	1 0'45	110° 110°	180° 180°	III I	95 19 1 0,5 1	6,7 10	60,7 60,7	160° 160°	280° 280°	40° 40°	0 -1 -20 2,05 S 0 -1 -20 2,05 S										

M.I.P.C. D.G.F.E.T
 Întreprinderea Carătaj-Perforare
 PLOIEȘTI

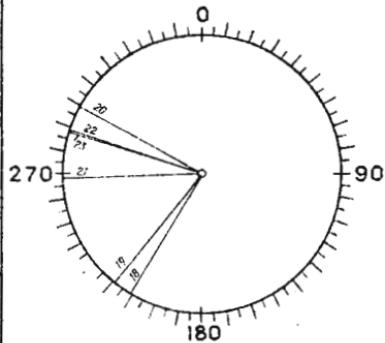
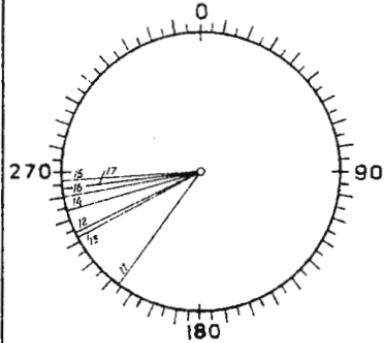
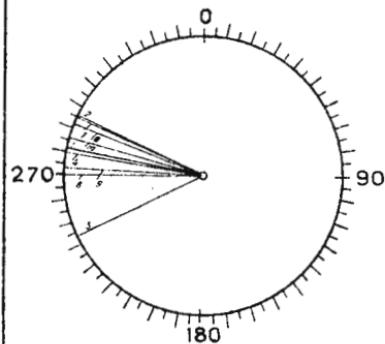
PANDAJMETRIE

SONDA Nr. ——————

DATA : _____

Verificat. — — — — —

OPERATOR : _____



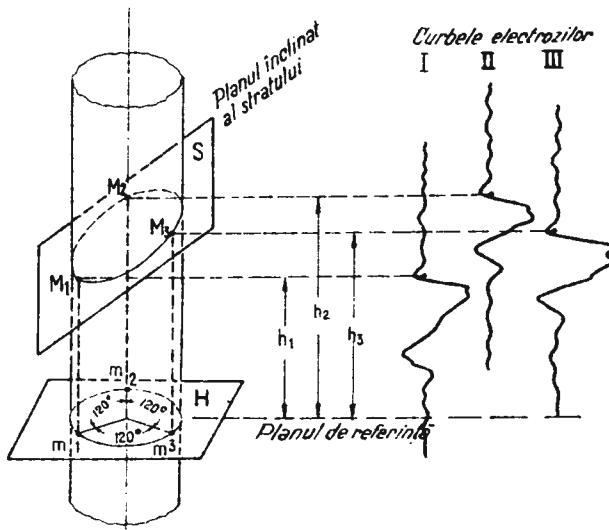


Fig. 1

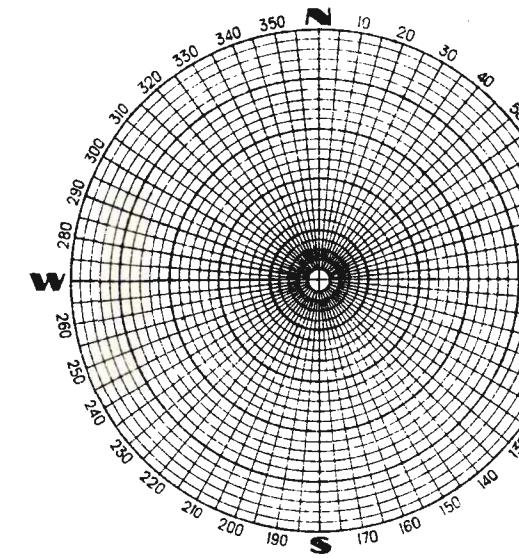


Fig. 2

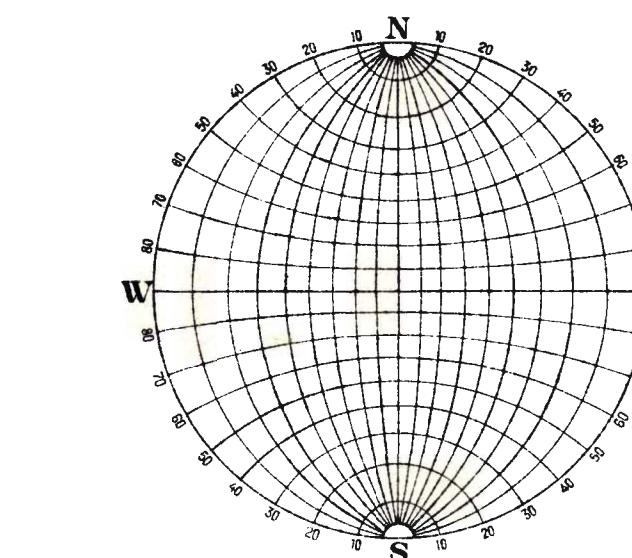


Fig. 3

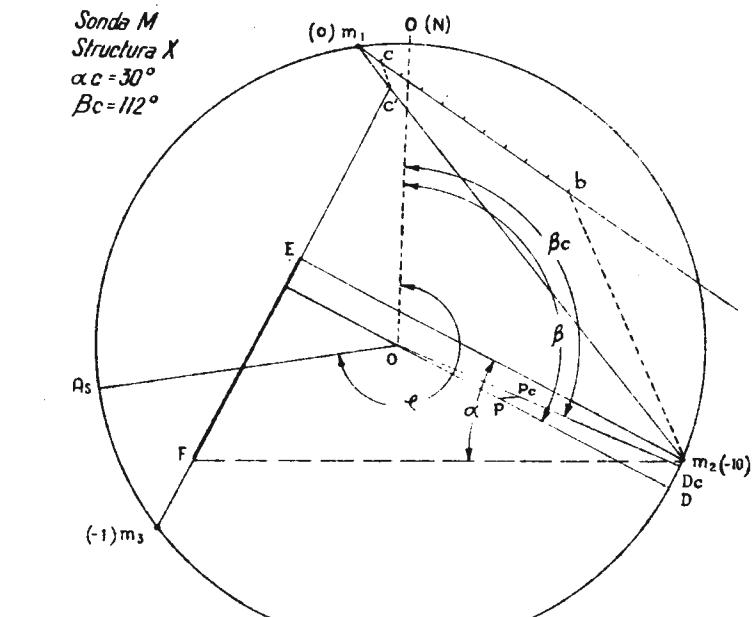


Fig. 4

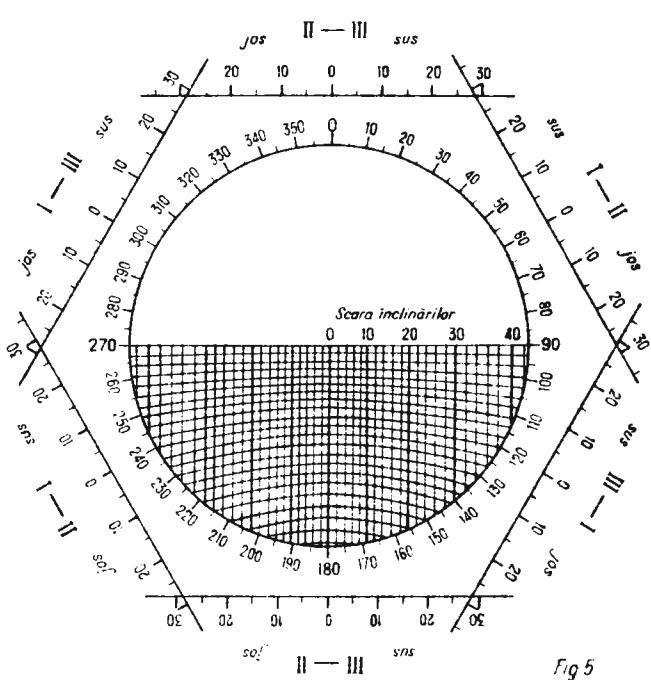


Fig. 5

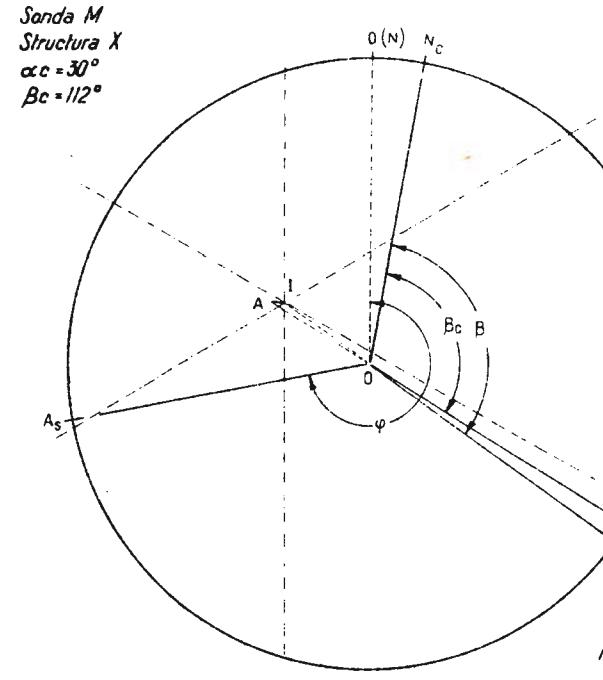
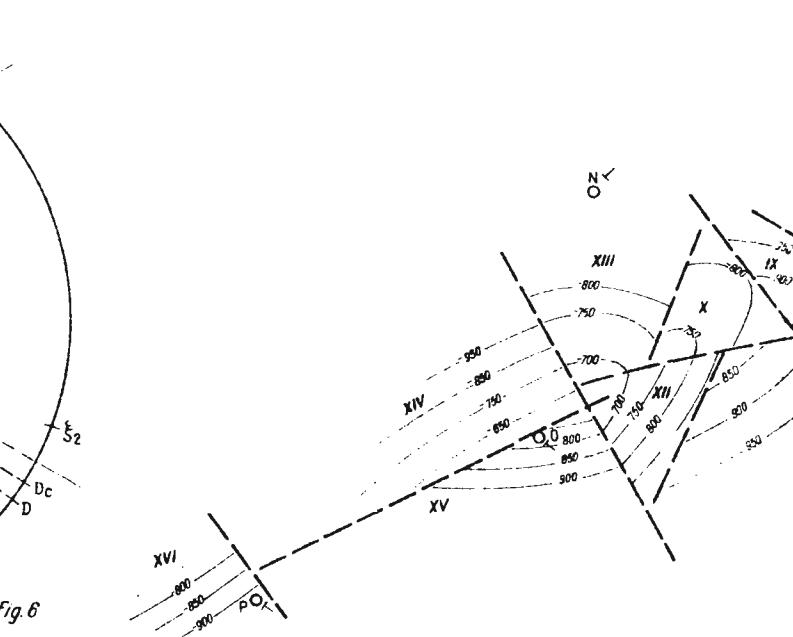


Fig. 6



Structura X.
Harta cu izobate

Fig. 7

P.S., nu este exclus ca în viitor indicațiile de cădere ale stratelor la aceeași adâncime să ajute geologia de șantier în scopul construirii de hărți cu izobate și a separării tectonice a zăcămintelor.

Pentru a se ajunge la rezultate cît mai precise, este absolut necesar ca interpretatorul să cunoască structura și să urmărească rezultatele în toate sondele. De asemenea trebuie să urmărească rezultatele obținute și prin aplicarea celorlalte metode de determinare a înclinării și orientării stratelor, cum sunt: metoda orientării magnetice a carotelor și metoda carotajului mecanic orientat.

În tehnica interpretării rezultatelor pandajmetriei, cel mai nou instrument „Analogul electric” va veni să înlocuiască metodele de interpretare deservite. Principiul acestui instrument constă în transpunerea pe aparat a parametrilor electrici determinați în gaura de sondă și obținerea directă a înclinării și orientării stratelor.

Prin folosirea metodelor de interpretare grafică și cu perspectiva de a folosi în viitor analogul electric de calcul, se va atinge în domeniul interpretării operațiunilor de pandajmetrie, nivelul tehnicii mondiale.

BIBLIOGRAFIE

- Comarov S. G. (1957). Tehnica geofizică de șantier. Ediția, 1957.
- Grynberg Jack, Estinger J. M. (1957). The Continuous Dipmeter — *Oil and Gas Journal*, vol. 55 aprilie 22, 1957 și Nr. 16 aprilie 1957.
- Gheorghiu C. Manualul inginerului petrolier 41 cap. Operațiuni speciale.
- Osborne B. Prescott (1955), Calculating Dip and Strike from Continuous Dipmeters. *Oil and Gas Journal* (Martie 7 1955).
- Swift Gilbert (1959), Dip Log Computer Chart — (Well Surveys, Tulsa, Okla). *Journal of Petroleum Technology*. Septembrie 1959.
- Witte A. J. de (1956). A. Graphical Method of Dipmeter Interpretation Using the Stereonet. *Trans. AIME* (1956) 207, 192.

MÉTHODES DE L'INTERPRÉTATION GRAPHIQUE DE LA DIAGRAPHIE DE PENDAGEMÉTRIE AVEC DES EXEMPLES DE ROUMANIE

PAR
EMILIA POTERAŞ
(Résumé)

La découverte de nouveaux gisements de pétrole et de gaz a conduit au développement du forage dans notre pays et en conséquence à la nécessité d'effectuer un grand nombre d'opérations électrométriques.



L'opération de pendagmetrie ou la détermination de l'inclinaison et de l'orientation des couches s'est développée en nous assurant des données pour tout l'intervalle qui nous intéresse (enregistrements continues). Le grand nombre des points choisis a nécessité le choix des méthodes d'interprétation rapides et précises. Dans ce sens, le problème important a été celui de résoudre par voie analytique, graphique ou électrique, les dimensions, qui caractérisent l'emplacement d'un plan de stratification.

Le présent ouvrage a comme but de présenter deux méthodes graphiques pour interpréter la diagraphie pendagmetrique et de nous donner quelques indications pour l'avenir en ce qui concerne l'admission de la méthode électrométrique d'interprétation.

En appliquant les méthodes d'interprétation graphique et avec la perspective d'employer dans l'avenir „l'analogie électrique“ de calcul, on arrivera dans le domaine de l'interprétation des opérations de pendagmetrie au niveau de la technique mondiale.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Fig. 1. — Schéma de la situation du trou de sonde au moment de l'enregistrement des trois courbes de potentiel spontané.

Fig. 2. — Réseau de coordonnées polaires.

Fig. 3. — Réseau stéréographique (Wulff).

Fig. 4. — Schéma graphique pour la détermination du pendage et de l'orientation réelle des couches à l'aide du réseau stéréographique.

Fig. 5. — Réseau gnomonique de travail.

Fig. 6. — Schéma graphique pour la détermination du pendage et de l'orientation réelle des couches à l'aide du réseau gnomonique.

Fig. 7. — Carte des isobathes de la structure „X“ sur laquelle sont indiquées pour chaque sonde les directions de pendage des couches déterminées de la diagraphie de pendagmetrie.



Redactor : MIRCEA PAUCA
Tehnoredactor și corector : G. CAZABAN
Traduceri : C. MISSIR
Ilustrația : I. PETRESCU

Dat la cules : noiembrie 1964. Bun de tipar 14.II.1966.
Tiraj : 750 ex. Hârtie cartografică 49 gn/m². Ft 70×100.
Coli de tipar 12. Com. nr. 4973. Pentru biblioteci
indicele de clasificare : 359/3

Intreprinderea Poligrafică „Informația“. Str. Brezoiu nr. 23—25 București — România.



Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României