A korszerű mélyfúrási geofizikai szelvényezés és szelvényinterpretáció szerepe egy rossz tárolótulajdonságokkal rendelkező szénhidrogénmező-kutatásban

*TÓTH JÓZSEF**

A metamorf szénhidrogén-tárolók kutatása korszerű mélyfúrási geofizikai méréseket, szelvény interpretációt és a rendelkezésre álló adatok minél szélesebb körű feldolgozását igényli. A cikk ezt a munkát mutatja be egy mező példáján keresztül.

Поиск месторождений метаморфических углеводородов требует современного уровня каротажных измерений, интерпретации и обработки полученных данных. В данной статье эта работа рассматривается на примере одного месторождения.

Exploration of metamorphic reservoirs requires up-to-date well logging and log interpretation moreover processing of the available data on a widest possible scale. This work is shown in the paper on the example of a productive area.

1. Bevezetés

A szénhidrogén-kutatás a feltárt szénhidrogénkészlet egy jelentős részét a kisebb (de iparilag műrevaló) telepek megkutatásával fogja biztosítani.

Az elmúlt években és jelenleg megtalált szénhidrogéntelepek szerkezete, litológiája egyre bonyolultabb, a tárolótulajdonságok rosszabbodnak.

A telepek egy része a kristályos medencealjzat repedezett – mállott zónájához kapcsolódó halmaztelep. Jellemzőjük a szerkezet bonyolultságán túlmenően a kettős porozitás. Ezen tárolók kutatása, megismerése nehéz feladat, a fajlagos anyagi és munkaráfordítás a korábbiaknál lényegesen nagyobb.

2. Az értelmezői munka fejlesztésének lehetőségei

A kutatási hatékonyság növelése iránti igény jelentős feladatot ró a mélyfúrási geofizikára, ezen belül is elsősorban a szelvény interpretációra.

A mélyfúrási geofizikai tevékenység technikai bázisa az elmúlt években jelentősen fejlődött a terepi mérőrendszerek, a digitális jelrögzítés, a számítógépes szelvényinterpretáció hardware feltételeinek javításával. Ez a technikai bázis hosszabb időre állandónak tekinthető, így a mélyfúrási geofizikai tevékenység színvonalának növelése elsősorban az értelmezői munka fejlesztésével biztosítható. Ebbe beletartoznak a következők:

a) Értelmezési módszer és számítógépes software fejlesztés.

b) A szelvények által hordozott információ maximális kinyerése:

- a kutankénti szelvényadatok komplex számítógépes feldolgozása;
- az eredmények többoldalú ellenőrzése;

* Kőolajkutató Vállalat, Szolnok

– a karotázs adatok területi feldolgozása (metszetek, térképek);
– a szelvények, eredmények jellegzetességeinek vizsgálata, az egyedi, mezőre jellemző vagy általánosabb érvényű sajátosságok feltárása.

A mindennapi értelmező munkában döntően a *b)* pontban felsorolt feladatok megoldása jöhet számításba. A karotázs interpretáció akkor tudja hatékonyan segíteni a kutatást, ha gyors és megbízható. Nincs mód megvárni a kutatás befejezését, amikor minden adat egyszerre rendelkezésre áll, az új eredményeket, ismereteket fokozatosan be kell építeni az interpretáció rendszerébe. Ezzel párhuzamosan a korábbi eredményeket újra kell értékelni.

A kisebb mezők kutatásánál, a tárolók egyre bonyolultabb jellemzőit is figyelembe véve nehézséget okoz, hogy a kutatási feladatot viszonylag kevés számú fúrás adataiból kell megoldani.

Ezért szükség van a mélyfúrási geofizikai szelvényezés és szelvényinterpretáció jelenlegi lehetőségeinek maximális kihasználására. Ennek egyik első példája a *K* kutatási területen feltárt gáztelep.

3. A telep jellemzői

A telepet tartalmazó földtani képződmény a sekély-közepes mélységkategóriába tartozó, ÉK–DNY csapásirányú elnyúlt boltozat, amelynek magját prekambriumi kőzetek alkotják. A szerkezet szárnyhelyzetében helyenként jelentéktelen elterjedésben és vastagságban törmelékes-karbonátos miocén képződmények vannak. A fedőkőzet alsópannon márga, agyagmárga összlet.

A prekambriumi képződmények változatos kőzettani kifejlődést mutatnak. Uralkodó kőzettípus a repedezett, palás, diaftoritosodott amfibolit, amfibolos gneisz. Gyakori még a palás, breccsásodott biotit-muszkovitgneisz, migmás gránit. A kőzetek néhol kémiailag átalakultak. A miocénben homokkő, konglomerátum, mészkő, mészmárga rétegek vannak.

A szerkezeten belül kialakult telep a gáz–víz fázishatár alapján két részre bontható.

A prekambriumi tárolókőzet általános jellemzője a rossz áteresztőképesség. A kutak napi gázhozama néhány ezer m^3 és néhány tízezer m^3 között változik.

A területen eddig 18 db kutatófúrás mélyült, ebből 14 db produktív.

4. Mélyfúrási geofizikai tevékenység

4.1. Nyitott lyukszelvényezés és szelvényinterpretáció

A kutatófúrások jelentős részében a nyitott lyukszelvényezés Dresser–Atlas berendezésekkel történt, a következő szelvényválasztékkal:

– dual laterolog *(LLD; LLS)*;
– lyukkompenzált neutron *(CNL)*;
– kőzetsűrűség *(DEL)*;
– akusztikus terjedési idő *(ATL)*;
– természetes potenciál *(SP)*;
– természetes gamma *(TG)*;
– lyukátmérő *(DL)*.

Mikroellenállás (mikrolaterolog, mikrolog) szelvények felvételére az alkalmazott kis fúróátmérők miatt általában nem volt mód.

A karotázs interpretáció a három porozitáskövető szelvényre kidolgozott KISS metamorf modell alapján történt. Ez általános esetben a vegyes porozitású metamorf tárolókban a következők meghatározását teszi lehetővé:

a) *Tárolójellemzők:*

- teljes porozitás *(FITO)*, ezen belül elsődleges *(FI1)*, másodlagos *(FI2)*, üreges *(FIU)* és repedéses *(FIFR)* porozitás;
- effektív tárolóvastagság *(HE)*;
- víztelítettség *(SW)*, ha az elsődleges porozitás $> 10\%$, egyébként csak becsülhető.

b) *Litológiai összetétel:*

Három porozitáskövető szelvényből, független agyagtartalom-meghatározás esetén két kőzetmátrix komponens fajlagos térfogatának meghatározására van mód.

c) Az *áteresztőképes szakaszok* kijelölése részben mért, részben számított (eredmény-) szelvények és cross plotok alapján.

Az eljárást minden esetben a tároló jellegzetességeinek megfelelően adaptálni kell, ezt a számítógépes program nagyfokú rugalmassága biztosítja.

4.2. Termelési kútszelvényezés (PWL)

A mező kútjaiban nagy számban került sor a termelési kútszelvényezés alkalmazására.

A kutatás kezdeti időszakában több esetben előfordult cementpalást hiba, illetve béléscső sérülés. Az első PWL mérések ezek meghatározására történtek és az előfordult kútproblémák felderítésén túl adatokat szolgáltattak a béléscső mögött gáztermelést adó zónákról.

A későbbiekben rétegvizsgálati adatok azt bizonyították, hogy a tároló amúgy is rossz áteresztőképességét a béléscső cementezése tovább rontja. Esetenként előfordult, hogy a fúrás közbeni teszterezéssel bizonyítottan gázos tárolószakaszon a béléscsövezés utáni rétegvizsgálatok egyáltalán nem adtak beáramlást. Ezért a tárolóvédelem érdekében a béléscsövet csak a tároló metamorf összlet felett cementezték, a tárolószakaszra előre perforált béléscső került. A teljes tárolószakasz egyszerre volt vizsgálva, a termelvény származási helyének (termelési profil, fázishatárok) megállapítása a termelési kútszelvényezés feladata volt. Ennek érdekében nagy érzékenységű hőmérséklet és differenciális hőmérséklet *(TEL; TEDL)*; fluidum sűrűség és elektromos fajlagos vezetőképesség *(DEFL; CFL)*; forgólapátos áramlás *(VEML)* és neutron-neutron termikus *(NT)* mérések történtek.

4.3. A karotázs adatok komplex feldolgozása

A termelési kútszelvényezés az alkalmazott metodika miatt (hosszú nyitott szakaszok vizsgálata) képet szolgáltat a tároló beáramlás és fázisviszonyairól.

Mivel eredményei szelvények, hozzárendelhetők a nyitott lyukszelvényekhez, illetve interpretációjukhoz. Így vizsgálhatók a következők:

- A beáramlás intenzitása, a termelési profil, a termelő zónák vastagsága, a zónák termelésének egymáshoz viszonyított aránya megfelel-e a kvantitatív karotázs interpretáció által meghatározott kőzetfizikai jellemzőknek?
- A beáramlás repedésekből, üregekből származik-e?
- A számított víztelítettség értékek alapján várható fluidum minőség (szénhidrogén, víz) megfelel-e a ténylegesen beáramlónak?

Fenti tényezők vizsgálata együttesen vagy külön-külön segít eldönteni, hogy jó-e:

- a számított porozitás, áteresztőképesség;
- a mátrix- és agyagjellemzők;
- a porozitás felbontása *(FI1, FI2, FIU, FIFR);*
- az alkalmazott agyagindikátorok;
- agyag- és rétegvíz-ellenállás.

(Az, hogy a két módszer közötti eltérés nem a tárolóban végbement változások miatt következett-e be, referencia szelvények segítségével eldönthető.)

A két módszer együttes alkalmazása nagymértékben segíti egy-egy tárolóban az interpretációs modell kialakítását, illetve a számítógépes szelvényinterpretáció lehetőségeinek kihasználásával (nagyszámú variáció gyors kipróbálása) az interpretációs modell pontosítását.

A mezőben a mélyfúrási geofizikai adatok komplex feldolgozása alapján a következő fő feladatokat sikerült megoldani.

4.3.1. A kvantitatív karotázs interpretáció pontosítása

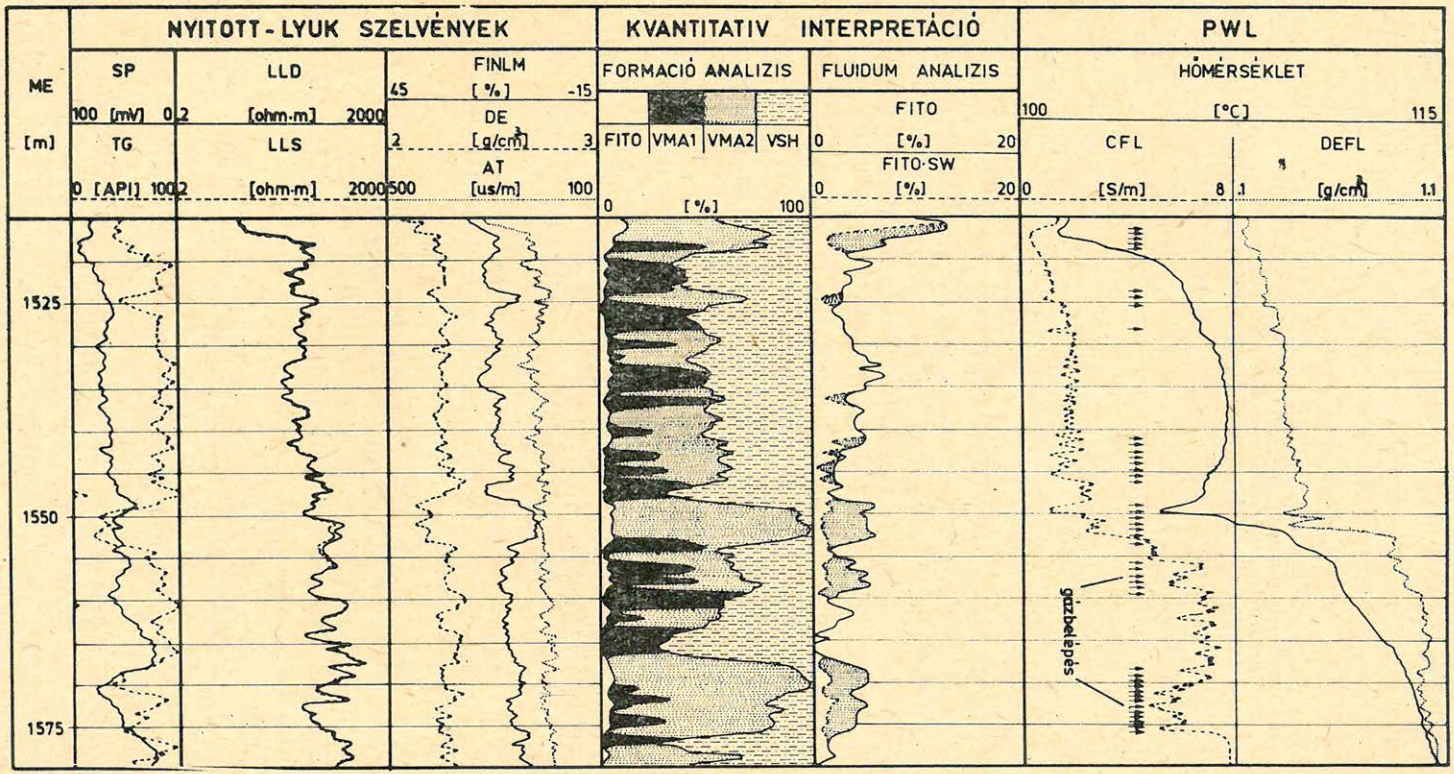
A nyitott-lyuk kvantitatív szelvény interpretáció legfontosabb paramétere a teljes effektív porozitás.

Ennek meghatározásához a litológiai összetétel megfelelően pontos ismerete szükséges. A litológiai összetételen belül kiemelt szerepe van a térfogati agyagtartalomnak, mivel ezt az interpretációs eljárás – annak érdekében, hogy két kőzetmátrix térfogati összetevőt lehessen meghatározni – nem a porozitáskövető szelvényekből, hanem független agyagindikátor szelvényekből biztosítja.

Az agyagtartalom pontossága a víztelítettség számítások pontosságát is befolyásolja.

Szelvényelemzésből (nyitott lyuk és *PWL*) a kvantitatív interpretáció eredményei (cross plotok, számított szelvények) felhasználásával sikerült a legmegfelelőbb agyagindikátorokat kiválasztani. Ezek érvényessége változó, van amelyik egy teleprészen belül használható, más esetekben kútszakaszonként is változik. Az agyagindikátorok képzéséhez a természetes potenciál és természetes gamma szelvényeket használtuk, kiszűrve az áramlási potenciált és a kőzetmátrix helyenként extrém magas (nem agyagtartalomtól származó) természetes gamma-sugárzását. (Ez utóbbi szakaszok a *PWL* mérések szerint részben áteresztőképesek.)

E munkafázis precíz elvégzése alapján nemcsak a porozitás-meghatározás vált pontosabbá, de mint az *1. ábra* szemlélteti, a víztelítettség-számítás porozi-



1. ábra
Рис. 1.
Fig. 1.

tásküszöbét is sikerült *FITO* = 5% körüli értékre csökkenteni. (A nyitott lyukszelvény-interpretáció kb. 1 hónappal a *PWL* mérés előtt készült.)

Megállapítottuk, hogy a repedéses porozitás aránya a teljes porozitáson belül igen kicsi. Figyelembe véve a kis összporozitást is, a kvantitatív interpretáció első fázisában a porozitás felbontásától eltekintettünk. Ugyanakkor – mivel a *PWL*-mérések azt bizonyították, hogy a beáramlás egy része repedésekből származik – szükséges volt a repedezett zónák kijelölése.

Mivel az erre a célra legmegfelelőbb mikroellenállás szelvények hiányoztak, más indikátorokat kellett keresni. A *PWL*-mérések és a nyitott lyukszelvények elemzése alapján megállapítottuk, hogy a repedéseket, repedezett zónákat (a lyukátmérő szelvényen kívül) az akusztikus terjedési idő szelvények fázisugrásos szakaszai – melyeket egyébként a kvantitatív karotázs interpretációhoz szűréssel eliminálni kell – tükrözik legjobban. Erre mutatnak példát a *2. ábrán* a nyitott lyukban mért akusztikus *(ATL)* és a kút termelése közben felvett hőmérséklet *(TEL)* és differenciális hőmérséklet *(TEDL)* szelvények.

A számításokhoz szükséges rétegvíz ellenállásokat *(RW)* kezdetben csak vízminta analízisből tudtuk meghatározni. Az adatok – a savas rétegkezelések miatt – nagy szórást mutattak. A későbbiekben – a *PWL*-mérések számának növekedésével – fluidum elektromos fajlagos vezetőképesség szelvények *(CFL)* alapján az *RW* értékét sikerült több kútban méréssel meghatározni.

4.3.2. A metamorf összlet belső szerkezetének pontosítása

A karotázs interpretáció ellenőrzéséhez az adatokat metszeteken ábrázoltuk. Ennek során megállapítottuk, hogy a különböző kutakban felvett szelvények jellegzetességei a kutak között korrelálhatók. Ezek a jellegzetességek – markerek – a következők voltak:

- ellenállásszelvények „jellegzetes alakzatai";
- extrém magas természetes gamma indikációk;
- extrém magas kőzetsűrűség-értékek.

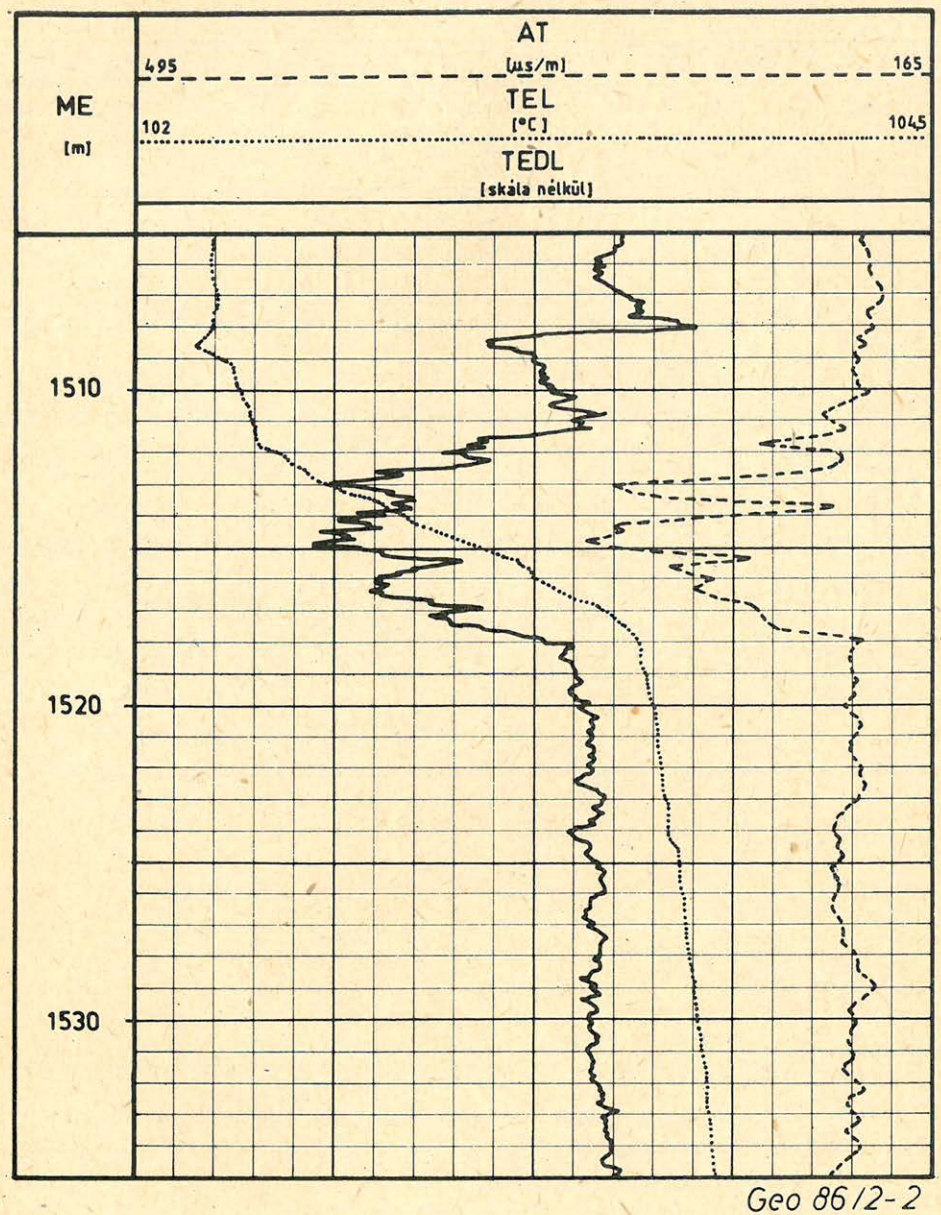
Két szomszédos fúrás között több marker is követhető volt, azonban a különböző fúrások közötti korrelációt más és más markerek biztosították. A korreláció elvét a *3. ábra* szemlélteti.

A kapott modell, annak ellenére, hogy nem kapcsolható egyértelmű rétegzettséghez vagy litológiai tagozódáshoz, a rétegvizsgálati eredmények feldolgozása és a modell alapján prognosztizált események bekövetkezése alapján tükrözi a tároló belső szerkezetét. Az alkalmazott elv – megfelelő markerek esetén – más tárolókban is felhasználható.

4.3.3. A tároló termelési jellemzőinek megismerése

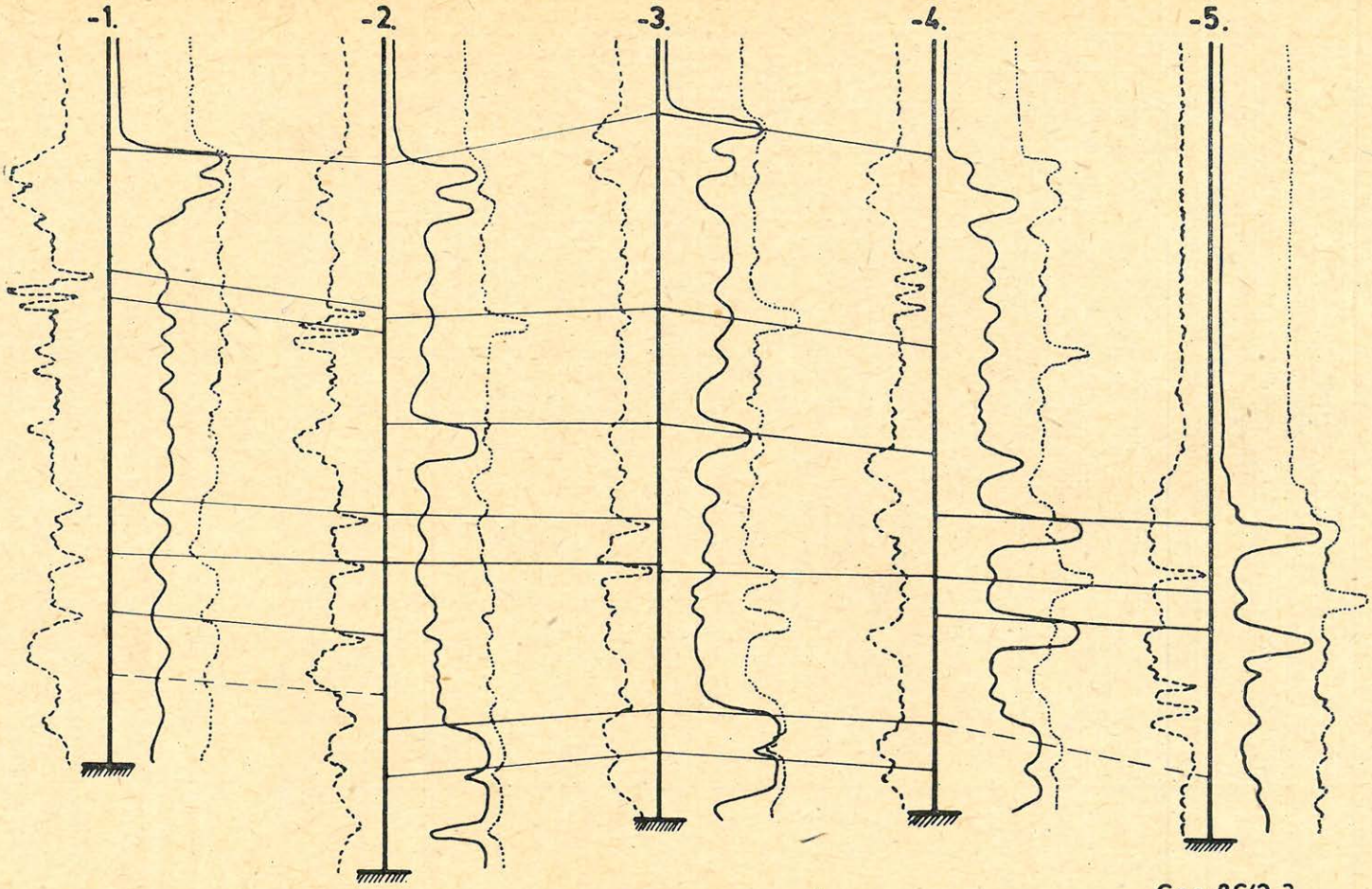
A termelési kútszelvényezés a mezőben – az eredetileg kitűzött feladatok teljesítésén túlmenően – az alábbi fontosabb ismereteket szolgáltatta:

- Termelési szempontból kevés kitüntetett zóna van. A nagyobb gázhozamú kutak termelésének döntő része a metamorf összlet tetőrészéből származik, míg a kis hozamú kutaknál az ipari szempontból termeltetésre érdemes gázmennyiség nagyon sok, önmagában jelentéktelen beáram-



2. ábra
Puc. 2.
Fig. 2.

lásból *50 – 150* m-es kútszakaszon „gyűlik össze". (Ezekben a kis hozamú kutakban a hagyományosan lefolytatott perforálásos rétegvizsgálat esetén, néhány méter hosszú szakaszokat vizsgálva sok esetben nem lett volna ipari mennyiségű gáztermelés, ami a mező értékelését esetleg ron-



Geo 86/2-3

3. ábra *Рис. 3.* *Fig. 3.*

totta volna.) A beáramlási sajátságokat a termelő kútkiképzéseknél figyelembe kell venni.

– A mérések több ízben kimutattak a gázbeáramlást adó zónán belül kis intenzitású vízbelépést. Az eddigi ismeretek szerint a tárolóban nincs aktív víztest, a vízutánpótlódás korlátozott és a tárolókőzet is rossz áteresztőképességű. Ez alapján felmerül a gyanú, hogy a víztermelés nem a vízfázissal kapcsolatban levő repedésrendszeren keresztül történik, azaz a telep nem halmaztelep, hanem a metamorf összleten belül rétegtelepek alakultak ki. Ennek bizonyítására további vizsgálatok szükségesek.

5. Összefoglalás

Az egyre bonyolultabb kutatási feladatok megoldásánál a mélyfúrási geofizika csak akkor tud megfelelni az elvárásoknak, ha alkalmazza a nyitott-lyukszelvényezés, termelési kútszelvényezés és számítógépes adatfeldolgozás korszerű eszközeit és módszereit.

A korszerű technikai eszközök alkalmazása szükséges feltétel, de az adatszolgáltatás színvonalát döntően az értelmezői munka határozza meg.

Az értelmezési tevékenységben alapelvnek kell lennie, hogy az adatszolgáltatás értékét a gyorsaság és megbízhatóság határozza meg. Ennek érdekében:

– az értelmezői munkát elemző munkává kell fejleszteni;
– az interpretációba minden rendelkezésre álló adatot be kell vonni, fel kell tárni ezek kapcsolatait;
– a feldolgozást lehetőleg az adatok keletkezésének a helyén kell elvégezni, mivel így kevesebb az információveszteség és könnyebb az ellenőrzés;
– egy-egy kutatási terület valamennyi fúrásának kiértékelésével ugyanaz az interpretátor vagy csoport foglalkozzon, így az összegyűlt tapasztalatok könnyebben integrálhatók és a szubjektív hibák egy része kiszűrhető.

IRODALOM

[1] *Kiss Bertalan:* A metamorf kőzetanyagú szénhidrogén-tárolók mélyfúrási geofizikai jellemzői és interpretációjuk. Egyetemi doktori értekezés. Szolnok, 1980.

[2] *Tóth József:* Bonyolult felépítésű szédhidrogén-tárolók kutatásánál végzett termelési kútszelvényezések tapasztalatai. Magyar Geofizika 1982. XXIII. évf. 3. szám.