

Az agyag- és aleurit-frakció szerepe az algyői felső pannóniai tároló kőzetek kőztfizikai tulajdonságainak kialakításában

SZILÁGYI ENDRE

A tanulmányban a szerző megkísérlti az algyői felső pannóniai szénhidrogén-tárolók karottázis-értelmezésénél felmerülő nehézségek kőztfizikai okainak felderítését. A kőzettani tulajdonságok tárgyalása után vizsgálja az agyag- és aleurit-frakció hatását a tároló legfontosabb kőztfizikai tulajdonságaira. Megállapításait szelvényelemzésekkel igazolja.

В работе делается попытка найти петрофизические причины, вызывающие затруднения при интерпретации каротажных данных, получаемых против верхнепаннонских нефтегазоносных коллекторов месторождения Алдьё. После анализа петрофизических особенностей коллекторов рассматривается влияние глинистой и алеуритовой фракций на основные физические свойства этих коллекторов. Автор подтверждает свои заключения на основе анализа каротажных диаграмм.

Es wird versucht, die bei der Karottage-Interpretation der Kohlenstoffspeicher im oberen Pannonikum von Algyő auftretenden Schwierigkeiten petrophysikalisch aufzudecken. Nach der Diskussion der petrophysikalischen Eigenschaften wird der Einfluss der Ton-, sowie der Aleurit-Fraktion auf die wichtigsten petrophysikalischen Eigenschaften des Speichers untersucht. Die Resultate werden durch Profilanalysen unterstützt.

Az algyői szerkezet a legjelentősebb az eddig feltárt alföldi szénhidrogén-tároló szerkezetek között. A kutatási tevékenység az algyői mezőben 1965-ben kezdődött és elsősorban az alsó-felső pannóniai átmeneti zóna és a felső pannóniai alemelet szénhidrogén-tároló telepeinek (a továbbiakban felső pannóniai telepek) megismerésére irányult. E munkában a mélyfúrás-geofizikai interpretáció legfontosabb feladata a szénhidrogén-tároló rétegek kijelölése, valamint az olajtárolók és gáztárolók elkülönítése. A feladatokat, miként az az 1. és 2. táblázatból kitűnik, csak részben sikerült megoldani.

1. táblázat

1968. 8. 1.-ig megvizsgált rétegek

Összes vizsg. réteg	MÉLYFÚRÁSI GEOFIZIKAI JAVASLATOK												Egyéb javaslatok				
	összes vizsg.	I			II			III			IV			összes vizsg.	CH	V	BN
		CH	V	BN	CH	V	BN	CH	V	BN	CH	V	BN				
213	147	47	2		40		2	24	8	3	12	6	3	66	14	42	10

I: Szénhidrogén-tároló

II: Valószínű szénhidrogén-tároló

III: Valószínű víztároló

IV: Bizonytalan

CH: Szénhidrogén-termelő

V: Vízttermelő

BN: Beáramlást nem adott

Az 1. táblázat az 1967. augusztus 1-ig megvizsgált rétegek mélyfúrás-geofizikai minősítését és a vizsgálati eredményeket tartalmazza.

A 2. táblázat – a szénhidrogén-tárolók fázisára vonatkozó előrejelzés.

A nehézségeket a szénhidrogén-tárolók kijelölése vonatkozásában a 3. táblázat szemlélteti. Ebben a szénhidrogén-termelő rétegek fajlagos elektromos

Szénhidrogén-tárolók fázisára vonatkozó előrejelzés

ÖSSZES		MEGVIZSGÁLT		
Javasolt	I–II. Fázisra előrej.	I–II. min. réteg	Fázisra előrej.	Jelzéstől elt. eredm.
402	295	91	49	4

(Olaj helyett gáz vagy gázos víz)

3. táblázat

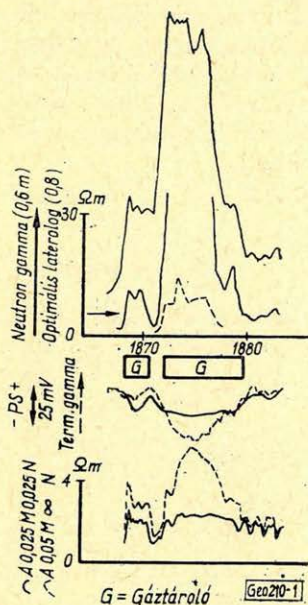
Szénhidrogén-termelő rétegek fajlagos elektromos ellenállása

Fajlagos ellenállás (ohmm)	Gyakoriság %	
	ÉNy-i	DK-i
0 – 5,0		2
5,0 – 7,5	13	49
7,5 – 10,0	18,5	19,5
10,0 – 20,0	29	24,5
20,0 – 50,0	37	5
> 50,0	2,5	

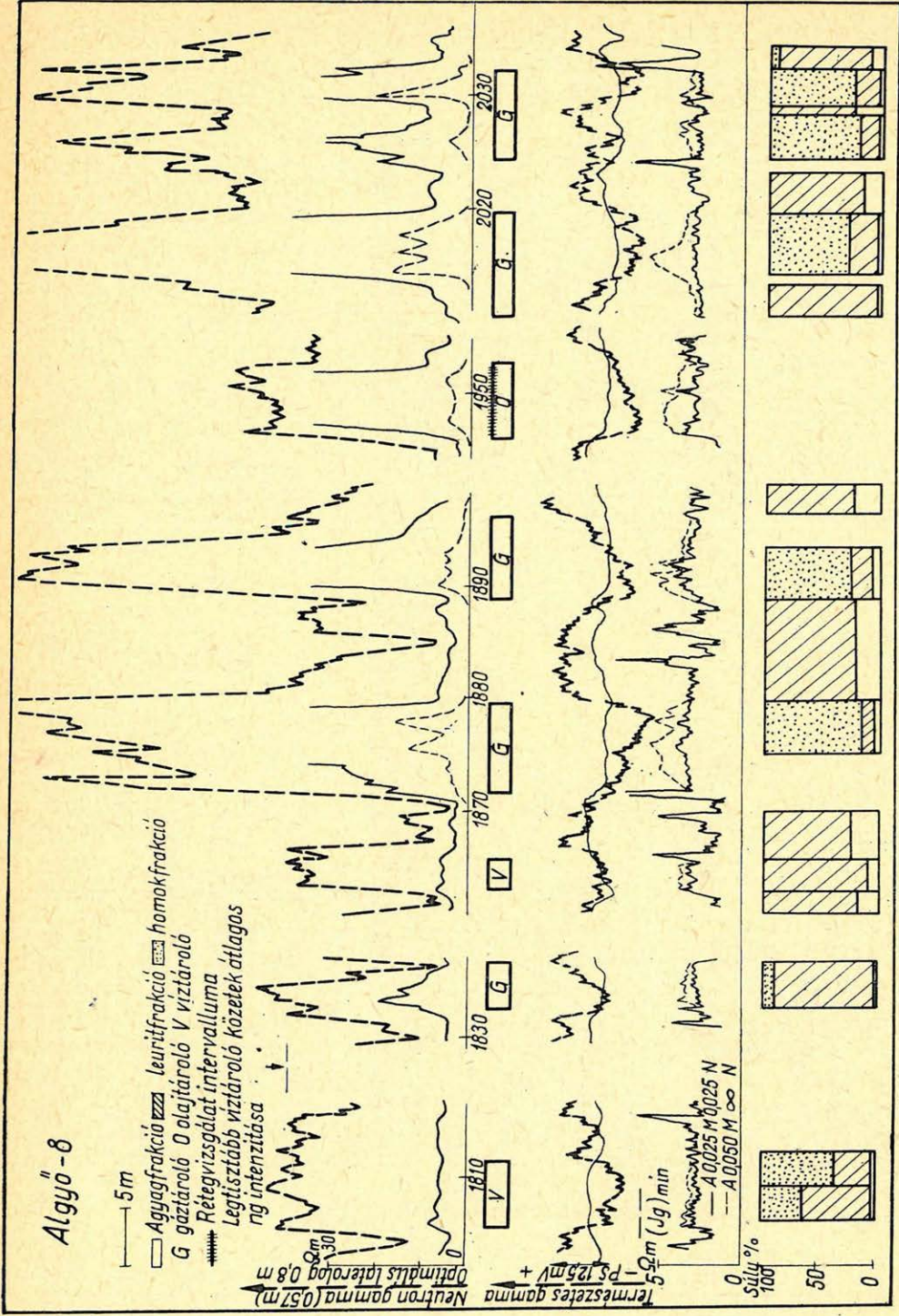
ellenállásának gyakorlati értékei találhatóak, a szerkezet ÉNy-i és DK-i részére külön-külön. Ha figyelembe vesszük, hogy a legtisztább, tehát legkevésbé agyagos víztároló kőzetek fajlagos elektromos ellenállása általában 4,0–8,0

ohmm között változik, látható, hogy a szénhidrogén-termelő rétegek jelentős részének fajlagos elektromos ellenállása ugyanaz, vagy csak valamivel nagyobb mint a legtisztább víztárolóké.

Törmelékeny szénhidrogén-tárolók fajlagos elektromos ellenállásának csökkenését a szakirodalom az agyagtartalom megnövekedésével hozza kapcsolatba. A mélyfúrás-geofizikai szelvények azonban a következő jelenségre hívták fel a figyelmet: Permeábilis rétegekkel szemben a természetes potenciál és természetes-gamma szelvények indikációi nagyon gyakran „ellentmondanak” egymásnak, a természetes potenciál indikáció alig változik, miközben a természetes gamma intenzitás jelentősen emelkedik. Ilyen esetekben a szénhidrogén-tárolórétegek fajlagos elektromos ellenállása és gáztárolás esetén a neutron-gamma intenzitás a természetes gamma szelvényt követi ellentétes értelemben, miként az az 1. ábrán látható.



1. ábra. Példa a természetes-potenciál és természetes-gamma-szelvények „ellentmondására”
 Фиг. 1. Пример „противоречия”, намечающегося между кривыми ПС и ГК
 Fig. 1. „Widerspruch” des SP – und natürlichen-Gamma-Profiles



2. ábra. Algyó-8. fúrás

фиг. 2. Скважина Алдьё-8

Fig. 2. Bohrlloch No 8. von Algyó

Az agyag-frakció mellett tehát kell lennie olyan további „zavaró” kőzetalkotónak is, melynek természetes gamma intenzitása a homok-frakcióénál jóval nagyobb, jelenléte a szénhidrogén-tároló réteg vezetőképességét és gáztárolóknál hidrogéntartalmát is jelentősen növeli, miközben az agyagtartalom csak kismértékben emelkedik. A természetes-gamma intenzitás és a természetes potenciál vonatkozásában ilyen tulajdonságokkal irodalmi közlések alapján az aleurit-frakció rendelkezhet. E frakció egyéb tulajdonságait azonban a szerző tudomása szerint még nem vizsgálták.

A dolgozatban fizikai-matematikai kőzetmodellek felhasználásával tanulmányozzuk az agyag- és aleurit-frakció hatását a permeábilis kőzetek fajlagos elektromos ellenállására, neutron-gamma és természetes-gamma intenzitására, valamint a természetes potenciál indikációira. Meg kell kísérlni a modellvizsgálatokból levont következtetések igazolását szelvényelemzésekkel is.

A vázolt program megvalósításához a 8. és 16. kutakból nyert magfúrási anyag kőzetvizsgálati eredményei nyújtanak segítséget. Az anyaggyűjtés időszakában a két fúrás adatai álltak rendelkezésre. A 8. fúrás az *ENy*-i, a 16. fúrás a *DK*-i mezőrészt képviselője.

A következtetések további igazolásához és kiterjesztéséhez vagy módosításához még nagyobb számú, a mélyfúrási-geofizikai célokat jobban szolgáló kőzettani és kőzETFizikai vizsgálat elvégzésére lenne szükség.

1. Kőzettani tulajdonságok

Az alsó-felső pannóniai átmeneti zóna és a felső pannóniai alemelet üledékei váltakozó tavi és folyóvízi üledékképződés során keletkeztek, mind horizontálisan, mind vertikálisan nagyon változatosak. Erről győződhetünk meg a 2. és 3. ábra tanulmányozásával is.

1.1. A frakció-határok megválasztása

A 2. és 3. ábrán a tárolókőzetek szemcsenagyság összetételeit bemutató oszlopdiagramok is találhatóak. A bevezetésben leírtaknak megfelelően a törmelékes kőzeteket három frakcióra kell bontani; homok, aleurit és agyag. Az egyes frakciók mennyiségének megállapítására a szemcsenagyság-elemzések alkalmaznak. Hibái ellenére ez a módszer szolgáltatja a legfontosabb statisztikus jellemzőket a kőzetek ásványi vázának méret szerinti eloszlásáról (*Vendelstejn*, 1967.)

A törmelékes kőzetek egyes frakcióinak elhatárolása kérdésében a kőzettani irodalom nem egységes. A mélyfúrási-geofizikai szempontból történő elhatárolás kérdései sem tisztázottak eléggé.

A frakcióhatárok kijelölésénél szerző a következőket vette figyelembe: Az agyag-aleurit határt ott kell megvonni, ahol a fajlagos elektromos ellenállás, természetes gamma sugárzás, a hidrogén index és a kation szelektivitás, vagy legalább is ezen jellemzők nagyobb része jelentős változást mutat. Ez legvalószínűbben akkor következik be, ha a frakcióban az agyagásványok uralkodó mennyiségűek. *Bárdossy* (1961) szerint hazai agyag-kőzetek vizsgálata alapján *0,005 mm* szemcsenagyságot (szemcseátmérőt) leghelyesebb határnak választani.

Az aleurit-homok frakció határa a kőzettani irodalomban általában *0,05 – 0,1 mm*. Mélyfúrási-geofizikai szempontból az algyői viszonyok között a *0,1 mm* elfogadása látszik jobbnak. A határ megállapításához a 4a ábra nyújt segítséget, melyen a 8. és 16. fúrásból nyert permeábilis minták szemcsenagyság-

eloszlási görbéi módusainak, mint a szemcse nagyság „legjellemzőbb, típusos értékeinek” (Bárdossy (1957) hisztogramja látható. A pszammit frakcióban három fő gyakorisági maximum jelentkezik. A $0,1\text{ mm}$ alattiak az egymáshoz közelebb állók. Ezeket célszerű egy frakcióba sorolni, mert várható, hogy tulajdonságaikban is jobban hasonlítanak egymáshoz. A fő maximumok elhelyezkedése miatt, $0,1\text{ mm}$ -t választva „természetes határral” osztható fel a pszammit frakció.

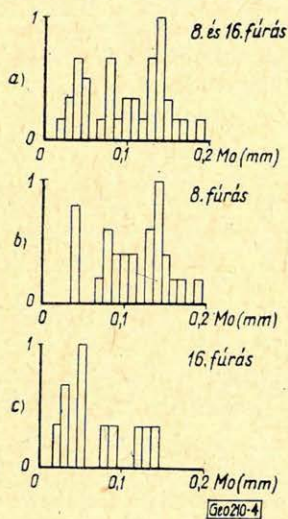
Összefoglalva:

agyag	$d < 0,005\text{ mm}$
aleurit	$0,005\text{ mm} < d < 0,1\text{ mm}$
homok	$d > 0,1\text{ mm}$.

1.2. Permeabilis kőzetek

A kőzettani vizsgálatok szerint gyengén cementáltak (lazák), a kötőanyag karbonát. Gyakori a közel vízszintes rétegződés. Általában jól osztályozottak.

A leggyakoribb szemcse nagyságokat illetően, a vizsgált két fúrás alapján, eltérés van az ÉNy-i és DK-i rész között (4. ábra).



Az átlagos szemcseátmérők a 8. és 16. fúrás alapján a homokköveknél $\approx 0,14\text{ mm}$, az aleuritoknál $\approx 0,05\text{ mm}$.

Az agyag-, aleurit- és homok-frakció súlyszázalékos mennyiségei (Pl , A , H) változása helyi törvényszerűségeinek tanulmányozására szolgál az 5. ábra. A diszperzen szennyezett permeabilis kőzeteket ennek alapján két csoportba lehet sorolni:

Az első csoportnál (1) az agyagtartalom nagymértékű megnövekedésekor kerül túlsúlyba az aleurit-frakció. A második csoport (2) kőzeteinél ezzel szemben az agyagtartalom kismértékű növekedése az aleurit-frakció mennyiségének lényeges megnövekedését eredményezi.

4. ábra. Szemcse nagyság-eloszlási görbék módusainak hisztogramja
 Фиг. 4. Гистограмма кривых гранулиметрического распределения

Fig. 4. Histogramm der Verteilungskurven der Korngrösse

Mindkét csoportban megtalálhatók mind a 8., mind a 16. fúrás kőzetei.

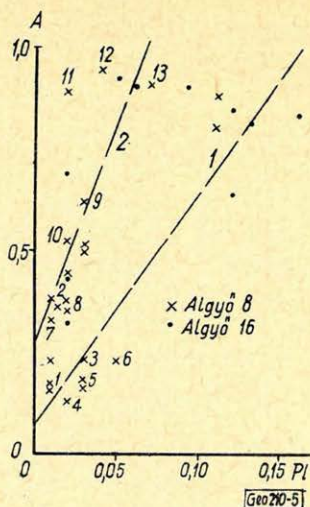
A kevésbé agyagos permeabilis kőzetek porozitása (Φ) általában $\Phi = 0,25 - 0,30$ (a porozitás, víztelítettség értékeit a továbbiakban is tizedestört alakban írjuk a százalék-alak helyett.) Ebből következik, hogy a mátrixporozitás (Φ) értékei is $\Phi_m = 0,25 - 0,30$ közöttiek a kőzetek legnagyobb részénél. Mivel a porozitás nem függ a kőzetet alkotó szemcsék nagyságától, egyező szemcsealak és osztályozottság esetén nincs ok annak feltételezésére, hogy az aleurit mátrixporozitása a homokkőétől lényegesen eltérjen. Az aleuritok ugyanis a homokkövekhez hasonlóan általában jól osztályozottak.

A kőzetváz fajlagos felületének (A_v) becslését Pirson (1966) gömbalakú szemcsékre leszámított összefüggésével lehet elvégezni. Ennek alapján a homokkőmátrix átlagos fajlagos felülete $430\text{ cm}^2/\text{cm}^3$, az aleuritmátrix átlagos fajlagos felülete $1200\text{ cm}^2/\text{cm}^3$.

A tárolókőzetek áteresztőképessége (k) az OKGT. TKFF. (1966) jelentése alapján $10 - 2400$ md közötti. A homokkő-mátrix átlagos permeabilitására 1000 md -t lehet feltételezni.

Az aleuritváz permeabilitása ennél lényegesen kisebb. Ha a fajlagos felületeket a *Kozeny* egyenletbe helyettesítjük és feltételezzük, hogy a többi jellemzők a két kőzetvázra közel azonosak, az aleuritmátrix átlagos permeabilitására 130 md adódik.

Az aleuritmintákon végzett mérések a mindig jelenlevő agyagtartalom miatt kisebb értékeket szolgáltatnak. Azt, hogy az aleuritváz permeabilitására tett feltételezés minőségileg helyes, a 4. táblázat igazolja. Azokban az intervallumokban, ahol a permeabilis kőzetek aleuritok (lásd a 3. ábrát is), a permeabilitás 100 md alatt van. A homokkőves szakaszban lényegesen nagyobb értékeket kaptak. Ezeknek a mintáknak a porozitása nem nagyobb, mint a vizsgált aleuritok egy csoportjánál.



5. ábra. Agyag- és aleurit-frakció mennyiségének változása

Фиг. 5. Изменение количества глинистой и алевроитовой фракций

Fig. 5. Variation der Anteile der Ton- und Aleurit-Fraktion

4. táblázat

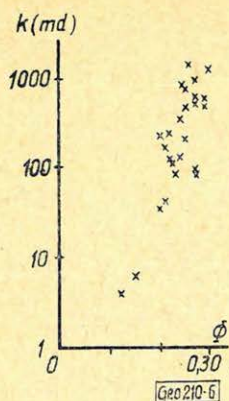
Algyó 16. sz. furás permeabilis kőzeteinek porozitása és permeabilitása

Mélység (m)	Kőzet	Porozitás	Permeabilitás (md)
1875,0 – 1899,5	aleurit	0,218	35,3
	aleurit	0,260	20,5
	aleurit	0,266	14,3
1899,5 – 1918,0	homokkő	0,243	346,9
	homokkő	0,265	663,0
	homokkő	0,260	739,0
1918,0 – 1936,0	aleurit	0,182	65,8
	aleurit	0,227	81,6

A diszperz anyagszennyezés növekedése a porozitás és permeabilitás törvényszerű csökkenését eredményezi. Viszonyaink között az agyagfrakció növekedésének hatása a permeabilitásra kettős: a pszammit-frakció szemnagyságának csökkenése miatt csökken a kőzetváz áteresztő képessége, ezt csökkenti tovább a diszperzen elszórt agyagszennyezés. Ennek növekedése miatt a porozitás csökken. Igazolással az *Algyó-2* telepre szerkesztett összefüggés szolgál (6. ábra.)

A vizsgált kőzetek jelentős részét agyagmárga csíkok is szennyezik.

Vastagságuk mm - dm nagyságrendű. Általában kis dőlésűek, sík felületekkel határoltak és konkordánsak, de hullámos, diszkordáns kifejlődéssel és lencseszerű betelepülésekkel is lehet találkozni.



6. ábra. Algyő 2. telep porozitás-permeabilitás összefüggése

Фиг. 6. Зависимость пористости от проницаемости для залежи 2 месторождения Алдьё
Fig. 6. Porosität-Permeabilität-Zusammenhang der Lagerstätte Algyő 2

A permeabilis szakaszok szemnagyság-összetételére részletesebb vizsgálatokat nem végeztek, a 3. ábra alapján azonban feltételezhető, hogy e kifejlődési formában az aleurit a gyakoribb permeabilis kőzet.

1.3. Impermeabilis kőzetek

Aleuritos agyagmárgák. Két csoportra oszthatók:

Az első csoportot a rendelkezésre álló vizsgálatok alapján 50% körüli agyagfrakció-tartalom jellemzi. Ezek elégitik ki legjobban a mélyfúrásigeofizikai „agyag” követelményeit. A továbbiakban ezért így is nevezzük azokat.

A második csoport agyag-frakció-tartalma 20–30%. Karottázs-paraméterei lényegesen különböznek az agyagokétól.

Az uralkodó agyagásvány a kőzettani vizsgálatok szerint a montmorillonit, az illit alárendelt.

A ritkábban előforduló, valószínűleg nagyobb karbonáttartalmú betelepülésekről ismereteink hiányosak.

2. KÖZETFIZIKA

2.1. A permeabilis kőzetek fajlagos elektromos ellenállása

A szénhidrogén-tároló rétegek kijelölésénél egyik alapvető adat a rétegek fajlagos elektromos ellenállása. Ennek tanulmányozása, miként az a bevezetésből következik, az algyői viszonyok között különösen nagy fontosságú.

2.1.1. A kőzetváz fajlagos elektromos ellenállását befolyásoló paraméterek

Laboratóriumi meghatározásukra lehetőség nem volt, irodalmi ajánlásokat kellett elfogadni.

A cementációs kitevő (m) az 1.2.-ben közöltek alapján Pirson (1966) ajánlásának figyelembevételével $m=1,5-1,7$. Ez megszabja a kőzetváz-formációfaktor (F) értékeit is (5. táblázat). Ezeket mind a homokkőmátrixra,

5. táblázat

Matrixporozitások és formációfaktor-értékek

Φ_m	F
0,30	6–8
0,25	8–11

mind az aleuritmátrixra érvényesnek fogadhatjuk el. Valószínűsíteni lehet azt, hogy a tortuozitásnak a két vázra jellemző értékei között nincs túl nagy eltérés.

Továbbá az ajánlás alapján m és emiatt F csak a kőzetkifejlődéstől és a porozitástól függ, melyek 1.2. szerint mindkét vázra közel egyformának vehetők. A szaturációs kitevő a továbbiakban $n=2$. Mivel a cementáló anyag karbonát, a kőzetváz elektromos szigetelő.

A legtisztább víztároló rétegeknél végzett ellenőrzések azt mutatták, hogy a választott formációfaktor-értékek általában helyesek. Az m -re és n -re tett feltételezés helyességét minőségileg ($m < n$) néhány fúrás szelvényanyagából végzett optimális laterológ-neutron gamma korreláció bizonyítja (Szilágyi 1968).

6. táblázat
Homokkő- és aleuritmátrixra jellemző
redukálhatatlan víztelítettségek (S_{wi})

	Mátrix Φ_m	S_{wi}
Homokkő	0,30	0,215
	0,25	0,125
Aleurit	0,30	0,60
	0,25	0,325

Permeabilitás minden esetben 1000 md.

A redukálhatatlan víztelítettség-értékeket a *Schlumberger* (1955) görbesereg-gyűjtemény $E-4$ lapjából lehet megbecsülni (6. táblázat). Egyező mátrixporozitásnál az átlagos aleuritváz redukálhatatlan víztelítettsége háromszor akkora, mint az átlagos homokkővázé.

A további vizsgálatokhoz szerző feltételezi, hogy az áramvezetés mechanizmusa a homokkővázban és az aleuritvázban egyforma, a felületi vezetéstől el lehet tekinteni.

2.1.2. Diszperz eloszlású agyaggal szennyezett permeabilis kőzetek

A vizsgálatokat csak az idealizált alapesetekre, azaz az átlagos homokkő-mátrix és az átlagos aleuritmátrix fokozatos agyagosodása eseteire lehet elvégezni. („*Elméleti kőzetek*”). Ennek eredményeiből a valóságos viszonyok jól megbecsülhetők.

Feltételezzük, hogy az agyagrészecskék *Pirson* (1966) modelljének megfelelően közel egyenletesen borítják be a mátrix felületét. A mozgásképtelen vízsaturáció ($S_w)_{nm}$ ekkor:

$$(S_w)_{nm} = (S_w)_{it} + \Phi_h, \quad (1)$$

ahol $(S_w)_{it}$ egy olyan tiszta kőzet redukálhatatlan víztelítettsége, melynek porozitása és permeabilitása ugyanakkora, mint az agyagos permeabilis kőzeté;

Φ_h az agyagrészecskék hidrátburka által kötött víz.

Φ_h labormérések hiányában az agyag porozitásának (Φ_a) ismeretében becsülhető. Az egész kőzettérfogatra vonatkoztatott hidrátvíz (Φ_h^*):

$$\Phi_h^* = s - s_t = s_t \frac{\Phi_a}{1 - \Phi_a}, \quad (2)$$

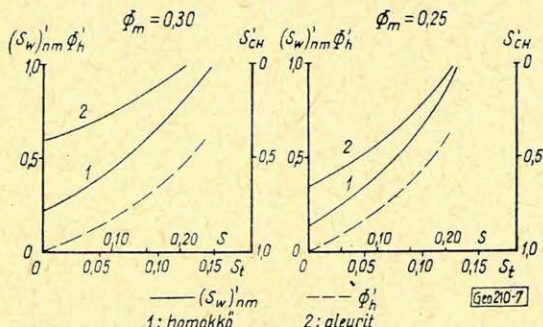
ahol s_t a térfogati agyagmátrix tartalom, az agyagfrakció térfogata az egységnyi kőzettérfogatban;

s az agyagmátrix és az általa megkötött hidrátvíz térfogata az egységnyi köztér fogatban.

Irodalmi ajánlások alapján $\Phi_a = 0,4$.

$(S_w)_{it}$ ugyancsak a diszperz agyagtartalom függvénye. A bemutatott porozitás-permeabilitás-összefüggés és a *Schlumberger E-4* nomogram segítségével lehet a fokozatosan elagyagosodó átlagos mátrixokra érvényes értéket becsülni. A $\Phi'_e = \Phi_m - s_i$ a pórusterre vonatkoztatott agyagtartalom-mozgásképtelen víztelítettség függvényeket a 7. ábra mutatja. Az agyagtartalom növekedése a mozgásképtelen víztelítettség jelentős növekedését eredményezi.

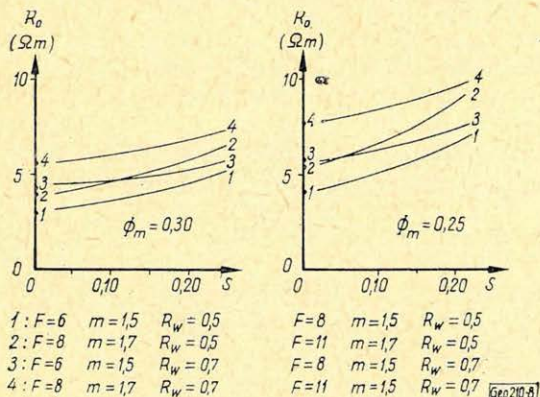
A 7. ábra lehetőséget ad az effektív póruster (Φ_e) minimális víztelítettségének $(S_w)_{min}$ meghatározására is. Az értékeket az agyagtartalom függvényében a 9. ábrán találjuk. A víztároló diszperz agyagos kőzetek fajlagos elektromos ellenállásának (R_o) a *Barlai* (1966) által javasolt kifejezéssel számított



7. ábra. Mozgásképtelen víztelítettség-agyagtartalom összefüggés

Fig. 7. Зависимость водонасыщенности от содержания глины

Fig. 7. Zusammenhang zwischen der Immobil-Wassersaturation und dem Tongehalt



8. ábra. Diszperz-agyagos víztároló rétegek fajlagos elektromos ellenállása.

Fig. 8. Удельное электрическое сопротивление водоносных пластов, содержащих рассеянные глинистые частицы

Fig. 8. Spezifischer elektrischer Widerstand wasserspeichernder Schichten mit dispersem Ton

értékei a 8. ábrán találhatóak. A számításoknál a diszperz agyag fajlagos elektromos ellenállása, $R_{shd} = 1,0$ ohmm. A rétegvíz fajlagos elektromos ellenállásának értéktartománya réteghőmérsékleten $0,5 - 0,7$ ohmm. A számítások szerint a diszperz agyagszennyezés növekedése a víztároló kőzet fajlagos elektromos ellenállásának kis mértékű növekedését okozza.

Az ellenállás-növekedési tényező (J)-víztelítettség függvényeket a 9. ábra mutatja különböző diszperz agyagtartalmaknál. A számításhoz felhasznált kifejezést *Barlai* (1966) származtatta le. Az ábrából $(S_w)_{min}$ értékei is leolvashatók; (1) az elagyagosodó homokmátrixra, (2) az elagyagosodó aleuritmátrixra vonatkozik.

A diszperz agyagtartalom növekedésével J jelentősen csökken.

A maximális szénhidrogéntelítettséggel rendelkező szennyezett „elméleti” kőzetek fajlagos elektromos ellenállásának alakulása az agyagtartalom függvényében a 10. ábrán látható. A valóságos esetek ebből a kőzetcsoport tulajdonságainak megfelelően állapíthatók meg.

A diszperz agyagszennyezés legfontosabb hatásai a következőkben foglalhatók össze:

A diszperz agyagtartalom növekedésével rohamosan nő a kőzet mozgásképtelen vízszaturációja, tehát rohamosan csökken a szénhidrogén-felhalmozódás számára rendelkezésre álló pórustérfogat. Az agyagtartalom növekedésével növekszik az a víztelítettség, amely mellett a kőzetből még vízmentes szénhidrogén-termelés várható. A víztelítettség növekedését fokozza az, hogy az agyagtartalom növekedésével a valóságos kőzetek agyagos aleuritokká válnak.

A diszperz agyag a víztároló kőzetek fajlagos elektromos ellenállásának kis mértékű emelkedését eredményezi, a szénhidrogén-tároló kőzetek fajlagos elektromos ellenállását viszont jelentősen csökkenti. E hatást fokozza az agyagos aleuritnak az agyagos homokkőnél nagyobb minimális víztelítettsége.

A tároló ipari értékének megállapításánál a tényleges víztelítettség mellett ezt is ismerni kell. A minimális víztelítettség az agyag- és aleurit-frakció ismeretében becsülhető meg a tároló mátrixporozitását is figyelembe véve. Értéke az agyagos aleuritoknál nagyon nagy lehet.

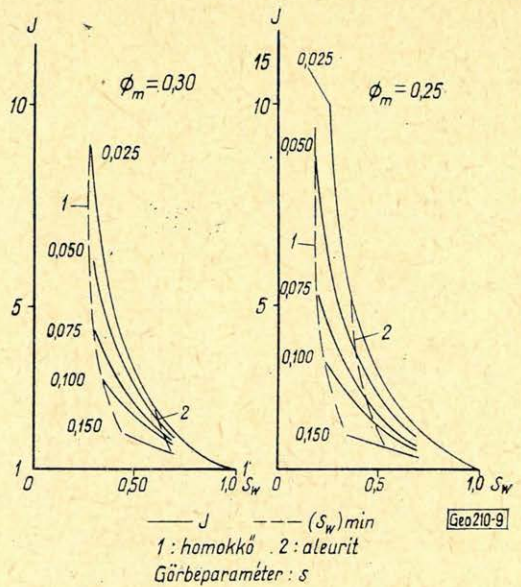
2.1.3. Agyagcsíkokat tartalmazó permeabilis kőzetek

Feltételezhetjük, hogy az agyagcsíkokkal sűrűn tagolt permeabilis kőzetek elsősorban aleuritok. A permeabilis csíkok vastagságának megnövekedésével ezek homokkővek és aleuritok egyaránt lehetnek.

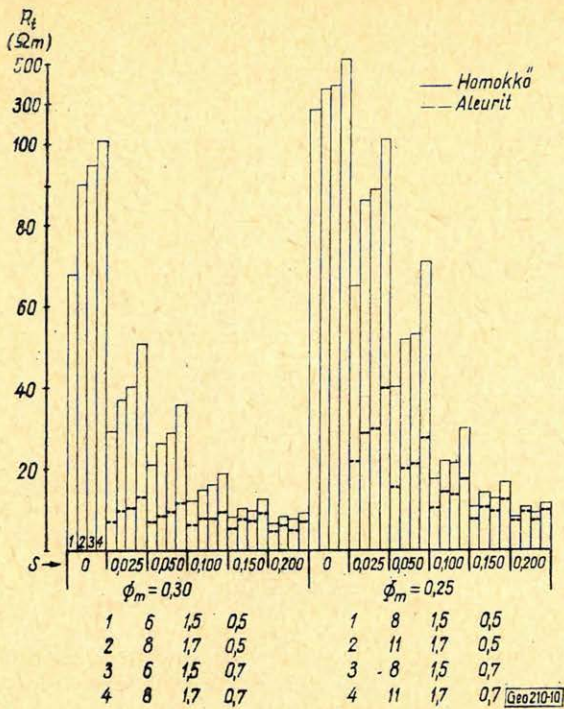
A közbetelepült agyagcsíkok fajlagos elektromos ellenállását (R_{sh}) irodalmi ajánlások alapján egyenlőnek vesszük a vastagabb agyagrétegekével, tehát $R_{sh} = 2,0 - 3,0$ ohmm. A valóság bonyolult eseteit a rendelkezésre álló modellek csak közelítik. Poupon, Loy, Tixier a tiszta permeabilis kőzet és agyagcsíkok váltakozásából álló modellre származtatott le összefüggéseket.

A víztároló kőzet longitudinális fajlagos elektromos ellenállására (R_{0L}) végzett számítások eredményei a 11. ábrán láthatók. Agyagcsíkok jelenléte a víztároló kőzetek longitudinális fajlagos elektromos ellenállását csökkenti és a különböző kőzettani és kőzetfizikai jellemzőjű kőzetek fajlagos elektromosellenállása egyre közelebb kerül egymáshoz.

Az ellenállás-növekedési tényezőnek a modell alapján kiszámított értékei példaként a $\Phi_m = 0,25$ esetre érvényes görbeseregeket mutatja a 12. ábra. Az agyagcsíkok mennyiségének (P) növekedése J erőteljes csökkenését ered-



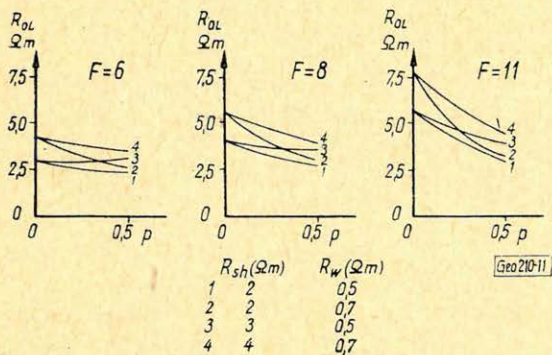
9. ábra. Diszperz-agyagos szénhidrogén-tároló kőzetek ellenállás-növekedési tényezője
 Фиг. 9. Коэффициент повышения сопротивления нефтегазоносных коллекторов, содержащих рассеянные глинистые частицы
 Fig. 9. Widerstandszunahme-Koeffizient von kohlenwasserstoffspeichernden Gesteinen mit dispersem Ton



10. ábra. Diszperz-agyagos szénhidrogén-tároló kőzetek fajlagos elektromos ellenállása

Fig. 10. Удельное электрическое сопротивление нефтегазоносных коллекторов, содержащих рассеянные глинистые частицы

Fig. 10. Spezifischer elektrischer Widerstand von kohlenwasserstoffspeichernden Gesteinen mit dispersem Ton



11. ábra. Agyagcsíkokkal szennyezett víztároló kőzetek longitudinális fajlagos elektromos ellenállása

Fig. 11. Продольное удельное электрическое сопротивление водоносных пород с прослойками глин

Fig. 11. Longitudinaler spezifischer Widerstand von mit Tonbändern verunreinigten wasserspeichernden Gesteinen

ményezi. Ez együtt jár J -nek a víztelítettség-változás iránti érzékenységsökkenésével. Az ellenállás-növekedési tényező csökkenése különösen nagymértékű a tiszta aleurit és agyagcsíkok váltakozásából álló kőzetnél.

Mozgásképes vizet nem tartalmazó szénhidrogéntárolók fajlagos elektromos ellenállásának (R_{IL}) számított értékei különböző értékű agyagcsík-szennyezésnél a 13. ábrából olvashatók le, mind a tiszta homokkő és agyagcsíkok váltakozásából álló, mind a tiszta aleurit és agyagcsíkok váltakozásából álló kőzetre. Az eredmények a rétegvíz fajlagos ellenállása teljes tartományára érvényesek. Az ábrából megállapítható, hogy $p=0,2$ -nél már olyan kicsi a mátrixporozitás és a formáció-faktor-különbségek hatása, hogy a longitudinális fajlagos elektromos ellenállást lényegében csak R_{sh} befolyásolja.

A valóságos kőzetekben a permeábilis csíkok valószínűleg mindig tartalmaznak diszperz eloszlású agyag-szennyezést is. Ennek hatására a szénhidrogén-tároló kőzet longitudinális fajlagos elektromos ellenállása a modellhez viszonyítva tovább csökken, az eltérések az agyagcsíkok mennyiségének növekedésével egyre kisebbek lesznek.

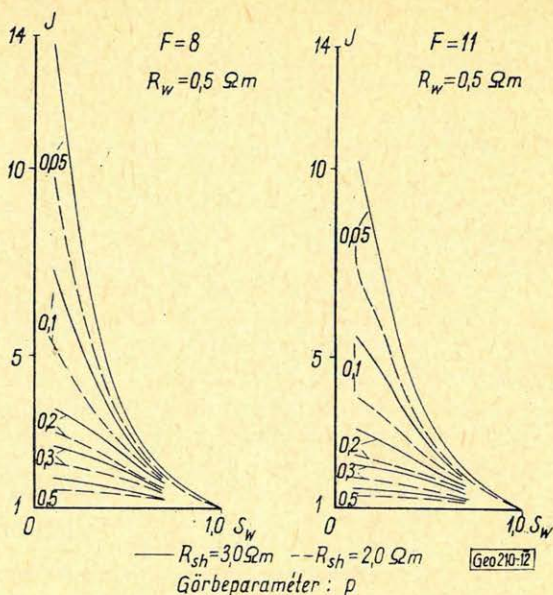
2.1.4. Összefoglalás

Az elvégzett modellvizsgálatok azt mutatják, hogy mind a diszperz, mind a csíkok formájában jelentkező agyagszennyezés a szénhidrogén-tároló kőzetek fajlagos elektromos ellenállásának nagymértékű csökkenését eredményezi. Ezt a csökkenést intenzívebbé teszi az, hogy a diszperz agyagtartalom növekedésével a permeábilis kőzetekben egyre nagyobb szerephez jut az aleuritfrakció.

Ezek a hatások együttesen idézik elő azt, hogy 4,0–10,0 ohmm fajlagos elektromos ellenállású kőzetek vízmentes szénhidrogéntermelést eredményezhetnek. Ez a fajlagos ellenállástartomány egybeesik a víztároló kőzetek nagy részének fajlagos ellenállástartományával. A szénhidrogéntároló rétegek kijelölésénél tehát egyaránt fontos mind a kőzetek agyagtartalmának és a szennyezés formájának, mind az aleurit mennyiségének ismerete. Csak ezek birtokában lehet a tároló ipari értékét megállapítani.

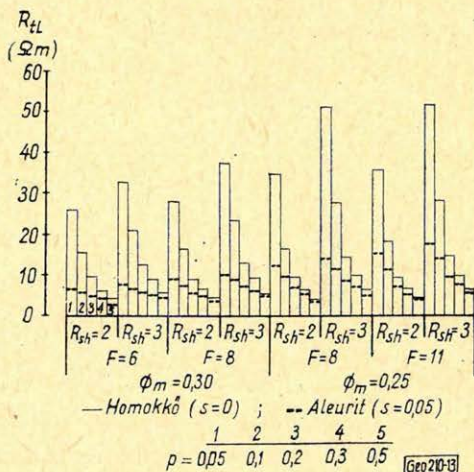
2.2. A permeábilis kőzetek neutron-porozitása

A permeábilis kőzetek neutronporozitásának tanulmányozása képezi a gázkiutató lehetőségének alapját. Az agyag- és aleuritfrakciónak a neutronporozitásra gyakorolt hatása tanulmányozása előtt az egyes alkotók hidrogénindexét kell meghatározni.



12. ábra. Agyagszíkekkel szennyezett szénhidrogéntároló kőzetek ellenállás-növekedési tényezői

Fig. 12. Коэффициент повышения сопротивления нефтегазоносных коллекторов с прослойками глин
Fig. 12. Widerstandszunahmekoeffizienten von mit Tonbändern verunreinigten kohlenwasserstoffspeichernen Gesteinen



13. ábra. Agyagszíkekkel szennyezett szénhidrogéntároló kőzetek fajlagos elektromos ellenállása

Fig. 13. Удельное электрическое сопротивление нефтегазоносных коллекторов с прослойками глин
Fig. 13. Spezifischer elektrischer Widerstand von mit Tonbändern verunreinigten kohlenwasserstoffspeichernen Gesteinen

2.2.1. Az agyag és a rétegfolyadékok hidrogén indexe

A diszperz agyag hidrogén-indexe (egyenértékű víztartalma) a hidrat-burokban megkötött víz és a kristályvíz összege. Utóbbira mérési adatok nincsenek. Az uralkodó agyagásványra tekintettel, irodalmi ajánlást figyelembe véve (Larionov 1959) az agyagmátrix hidrogén-indexére $K_s = 0,2$ -t tételezünk fel. Az agyagrétegek és agyagcsíkok hidrogén-indexe $K_p = 0,4$, ami az agyagrétegek agyagfrakció tartalma és a közbetelepült agyagrétegeknek a diszpergált agyagnál kisebb porozitása (Vendelstein 1966) figyelembevételével adódik és jó összhangban van az irodalmi ajánlásokkal is.

A metánként kezelhető földgáz hidrogén-indexét (K_g) az általánosan ismert nomogram segítségével lehet meghatározni, el kell azonban végezni az algyói telepviszonyok miatt szükséges átszámításokat, így átlagértékként $K_g = 0,21$ adódott.

A telepolaj hidrogén-indexét (K_o) a tartályolaj hidrogéntartalma és az olaj teleptérfogati tényezője határozza meg. Ezek figyelembevételével a telepolaj hidrogén-indexe $K_o = 0,85$.

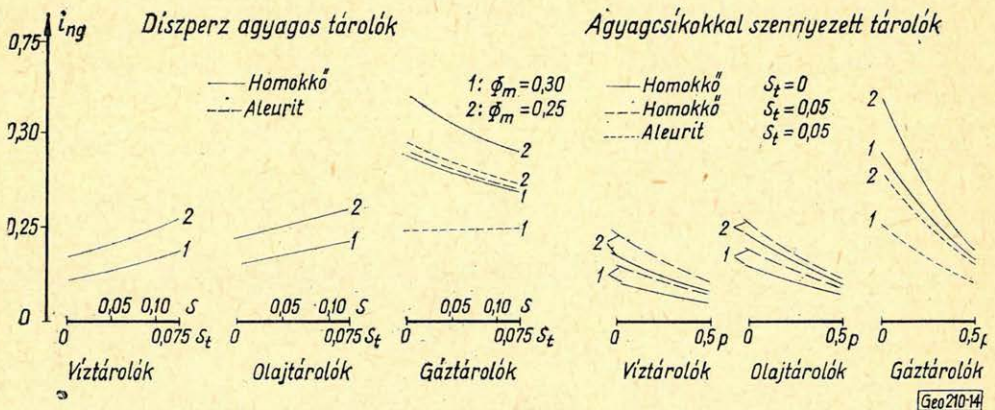
A víz hidrogén indexe: $K_w = 1,0$; a klórtartalom hatását nem kell figyelembe venni.

2.2.2. A permeábilis kőzetek neutron-porozitása és neutron-gamma indikációi

A tároló kőzetek neutron-porozitása (Φ_N) a legáltalánosabb esetben, amikor a diszperz agyagos kőzetet agyagcsíkok szennyezik:

$$\Phi_N = \{\Phi'_e[(S_w)'_{nm} + S'_{CH}K_{CH} + s_t K_s]\}(1-p) + K_p p, \quad (3)$$

ahol K_{CH} az olaj vagy gáz hidrogén-indexe.



14. ábra. Permeábilis kőzetek viszonylagos neutron-gamma indikációi

Фиг. 14. Показания относительного нейтронного гамма-излучения для проницаемых пород

Fig. 14. Relative Neutron-Gamma-Indikationen von permeablen Gesteinen

A továbbiakban a neutron-porozitásoknak tükrözőjűkön, a neutron-gamma szelvényen való megjelenését vizsgáljuk a 14. ábra segítségével. Ezen a másodlagos gamma-indikációk viszonylagos egységekben (i_{ng}) vannak kife-

jezve. Az $i_{ng}=0$ -hoz $\Phi_N=0,40$ és $i_{ng}=1,0$ -hez $\Phi_N=0,025$ tartozik. Ez egyezik a Vendelstein (1964) által $L=0,6$ m szondahosszra általános érvényűnek bemutatott összefüggéssel. Az ábra azzal a feltételezéssel készült, hogy a permeábilis kőzeteknek nincs elárasztott zónája.

A diszperz agyagos tárolóknál a fajlagos elektromos ellenállás tanulmányozásához hasonlóan csak az átlagos homokkőváz és az átlagos aleurit-váz fokozatos elagyagosodásának hatását lehet vizsgálni. A kőzetesoportoknak megfelelő valóságos esetek ebből már jól megbecsülhetők. A homokkőváz fokozatos agyagosodása víztárolás és olajtárolás esetén a másodlagos gamma-intenzitás kis mértékű növekedését eredményezi. Az olajnak a víznél kisebb hidrogén-indexe további intenzitás-növekedést von maga után. Az olajtároló aleuritok indikációi a nagyobb nem mozgó víztelítettség miatt a víztároló és olajtároló „homokkő” közöttiek.

A diszperz agyagnak a gáztárolókra gyakorolt hatása az előbbieknél fordítottja, az agyagtartalom növekedése általában a másodlagos gamma-indikációk jelentős csökkenését eredményezi. A nagy mátrix-porozitású aleuritokra gyakorolt hatás kivétel ez alól. A gáztároló aleurit neutron-gamma-indikációja a nagyobb nem mozgó víztelítettség miatt mindig kisebb mint a „homokkőé”. $\Phi_N=0,25$ mátrix-porozitásnál ezt az agyagtartalom tovább csökkenti, $\Phi_N=0,30$ mátrixporozitásnál azonban a gáztároló aleurit másodlagos gamma-indikációja az agyagtartalom növekedésével gyakorlatilag nem változik és alig haladja meg a közepes agyagtartalmú folyadéktárolók indikációit.

Ha a tároló agyagcsíkokkal is szennyezett, ezek mennyiségének növekedése az összes vizsgált esetben a másodlagos gamma-intenzitás csökkenését eredményezi. Különösen jelentős ez a gáztárolóknál, főleg a gáztároló aleuritoknál. Hatására már a közepes agyagtartalmú gáztároló aleuritok is a folyadéktárolók indikációinak tartományába kerülnek.

A tárolók fajlagos elektromos ellenállásának vizsgálatánál elmondottakkal egyezően itt is az a végkövetkeztetés, hogy a neutron-porozitás és ezen keresztül a másodlagos gamma-intenzitás kialakításában az agyag- és aleuritfrakció együttesen vesz részt. A gáztároló rétegek biztosabb elkülönítéséhez tehát az agyagszennyezés módjának és mértékének, továbbá az aleurit mennyiségének ismerete szükséges.

2.3. A kőzetek természetes-gamma sugárzása

A természetes-gamma sugárzás szelvénye egyike az agyagtartalom meghatározására alkalmas szelvényeknek. Felhasználási lehetőségeit azonban a helyi viszonyok szabják meg.

2.3.1. Az agyag-, aleurit- és homok-frakció átlagos fajlagos természetes-gamma-aktivitása

A három komponensű kőzetmodellel a kőzetek viszonylagos természetes-gamma-intenzitása (K_{ig}), a következőképpen írható le:

$$K_{ig} = K \frac{I_g - (I_g)_{min}}{(I_g)_{max} - (I_g)_{min}} = g_{Pl}(Pl) + g_A A + g_H H \quad (4)$$

ahol g_{Pl} , g_A , g_H az agyag-, aleurit- és homokfrakció átlagos fajlagos aktivitása, K az agyagrétegekben az agyagfrakció százalékos aránya. A szokásos esetekben: $g_A > g_H$ és $g_A < g_{Pl}$.

A szelvényre ható átlagos fajlagos aktivitások meghatározására a 8. fúrás szemcsenagyság-eloszlási vizsgálatai és a többenél részletesebb felbontó képességet eredményező időállandóval és húzatási sebességgel felvett természetes gamma-szelvénye adott lehetőséget. Az $(I_g)_{max}$ értékek a kb. 50% agyagfrakciót tartalmazó agyagok intenzitása, $(I_g)_{min}$ pedig a legkisebb agyag- és aleurit-tartalmú homokkövek indikációinak átlagos szintje.

A megfelelő szemnagyság-elemzési eredményeket és (ki_g) értékeket (12)-ben egymás mellé rendelve 15 sugárzási egyenletet lehetett felírni. Az ezekből számított normálegyenletek megoldása a keresett ismeretlenekre:

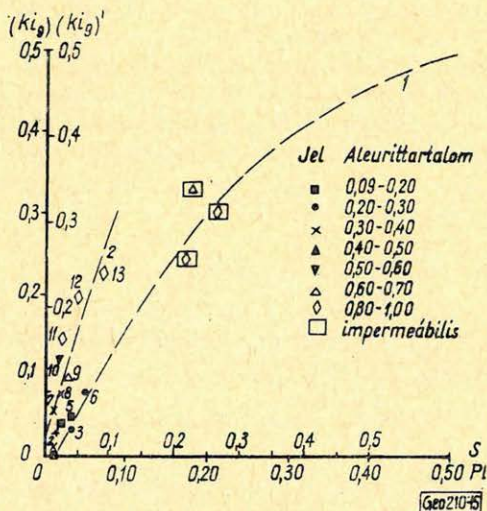
$$g_{P1} = 0,83$$

$$g_A = 0,16$$

$$g_H = 0,02.$$

Az eredmények a vártnak megfelelően mutatják, hogy a tiszta agyag fajlagos aktivitása nagyobb, mint az 50% agyagfrakciót tartalmazó kőzeté, a homokfrakcióé pedig kisebb, mint a kezdő értékül választott agyagot és aleuritot is tartalmazó homokkövek intenzitása.

Az aleuritfrakció átlagos fajlagos aktivitása kb. egyötöd része az agyagfrakció aktivitásának, tehát öt súlyrész aleurit ekvivalens egy súlyrész agyaggal a természetes-gamma intenzitást illetően. Továbbá az aleuritfrakció fajlagos aktivitása lényegesen nagyobb mint a homoké.



15. ábra. Agyagtartalom-természetes-gamma-intenzitás összefüggés az Algyó-8. sz. fúrásban
 Fig. 15. Зависимость интенсивности естественного гаммаизлучения от содержания глины в разрезе скважины Алдьё-8

Fig. 15. Zusammenhang zwischen Tongehalt und natürlicher Gamma-Intensität im Bohrloch Algyó-8.

2.3.2. A természetes gamma-sugárzás törvényszerűségei

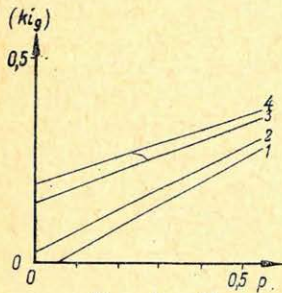
A 8. sz. fúrás diszperz agyagtartalmúnak tekinthető kőzeteire felépített $(ki_g)' = f(Pl)$ összefüggés a 15. ábrán látható. A $(ki_g)'$ lépték a már ismertett rendszerre vonatkozik, ahol $k=0,5$. A (ki_g) lépték a Vendelstein (1964) által a Szovjetunió déli részének harmadkori rétegeire felépített görbesereg $k=0,5$ -ös görbéjének léptéke: Ez az „elméleti görbe” is megtalálható az ábrán (1. sz. görbe).

A pontok egy része az 1. sz. görbét jól követi, a permeábilis kőzetek közül azok (1, 3, 4, 5, 6), melyek kevés aleuritot tartalmaznak. A permeábilis kőzetek pontjainak másik csoportja (7–13) az „elméleti görbe” fölé esik. Ezt a csoportot az előbbinél magasabb aleurit-tartalom jellemzi, az agyagtartalom kis értékeinél is, majd az agyagtartalom növekedésével az aleurit-tartalom jelentősen emelkedik. Hasonlítsuk össze pontjainkat az 5. ábra pontjaival! Az egyforma számmal megjelölteket vizsgálva megállapítható, hogy a természetes-gamma sugárzás szempontjából az első csoportba sorolt kőzetek az első kőzetcsoporthoz tartoznak, míg a második sugárzási csoporthoz (2. sz. görbe) tartozók a második kőzetcsoporthoz. A kőzetcsoporthoz szerinti felosztás tehát a természetes-gamma-intenzitás-agyagtartalom összefüggés eltérő jellege miatt is indokolt.

Permeábilis kőzeteink nagy csoportját szennyezik agyagcsíkok. A szerzőnek az a véleménye, hogy ezeknek agyagtartalmát nem szabad a 15. ábra felhasználásával meghatározni. Szerinte a szennyező agyagcsík-tartalom-termeszetes-gamma-intenzitás összefüggést az alábbi kifejezés írja le helyesen:

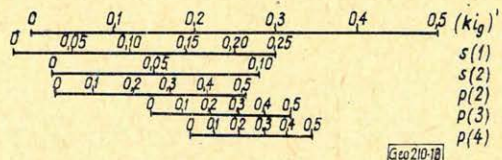
$$(ki_g)' = C_1(ki_g)'_1 + C_2(ki_g)_2, \quad (5)$$

ahol C_1 a homokkő-vagy aleuritesíkok térfogati részaránya a kőzetben, C_2 az agyagcsíkok térfogati részaránya a kőzetben, $(ki_g)'_1$ és $(ki_g)_2$ pedig a homokkő vagy aleurit és az agyagcsíkok szemcseösszetételének megfelelő három kompo-



	H	A	Pl
1	1,0	0	0
2	0,78	0,20	0,02
3	0,17	0,80	0,03
4	0	0,96	0,05

Geo 210-17



18. ábra: Összehasonlító nomogram

фиг. 18. Сравнительная номограмма

Fig. 18. Vergleichendes Nomogramm

17. ábra. Agyagcsíkokkal szennyezett permeábilis kőzetek agyagcsík-tartalma és természetes-gamma-intenzitása közötti összefüggés

Фиг. 17. Зависимость интенсивности естественного гаммаизлучения от содержания глинистых прослоев в проницаемых породах, загрязненных глинистыми прослойками

Fig. 17. Zusammenhang zwischen dem Tonbandgehalt von mit Tonbändern verunreinigten Gesteinen und der natürlichen Gamma-Intensität

nensű sugárzási egyenletek.

Mivel $C_1 + C_2 = 1$ és $C_2 = p$, (5) a következő alakra hozható:

$$P[(ki_g)'_2 - (ki_g)'_1] + (ki_g)'_1 = (ki_g)' \quad (6)$$

Ha feltételezzük, hogy $(ki_g)'_1$ és $(ki_g)'_2$ az agyagszikok mennyiségétől függetlenül állandó, a (6) összefüggés egyenes egyenlete, melynek meredekségét az impermeábilis és permeábilis kőzetek természetes gamma intenzitásának különbsége szabja meg. A 17. ábrán ezzel a feltételezéssel különböző összetételű agyagszikokkal szennyezett kőzetekre számított egyenesek láthatók.

A 18. ábra a 15. és 17. ábrák felhasználásával szerkesztett összehasonlító nomogram. Ez szemléletesen bizonyítja, hogy a természetes gammaszelvény egymagában nem alkalmas az agyagtartalom meghatározására. Ez még akkor sem ad egyértelmű eredményt, ha az agyagszennyezés fajtáját ismerjük. Ennek oka, hogy a természetes-gamma intenzitás is az agyag- és aleuritfrakció együttes hatásának eredménye.

2.4. A permeábilis kőzetek természetes potenciálja

Van-e olyan, általunk mérhető közetfizikai tulajdonság, melyre az aleuritfrakció hatása várhatóan minimális?

Dahnov (1962) vizsgálatai alapján a természetes potenciál elégíti ki ezt a követelményt. A 0,02 mm szemátmérőnél nagyobb frakció diffúziós-adszorpciós aktivitása ugyanis szerinte már csak kis mértékben csökken az átmérő növekedésével. A vizsgált permeábilis kőzetek legnagyobb részénél tehát a diszperzitásfok-változásának hatása a természetes-potenciál-indikációkra másodrendű.

2.4.1. A permeábilis kőzetek természetes potenciálja és az agyagtartalom közötti összefüggés

Ennek tanulmányozására szolgál a 19. ábra. Ez négy olyan fúrás feldolgozását tartalmazza, melyek a telepek legnagyobb részét víztároló helyzetben harántolták. Így elkerülhető több, részben korrekcióba sem vehető zavaró hatás. A 21. fúrást gipszes-sós, a többit olajemulziós öblítőiszappal mélyítették.

A feldolgozás első lépése a vizsgálatra kiválasztott rétegek agyagtartalmának a 15. ábra 1. görbéjével történő meghatározása volt. Az *a*) ábrán ezek az „agyagtartalmak” (PV) láthatók a PS kitérés függvényében. A 2000 m alatti rétegek külön meg vannak jelölve. Az *a*) ábrából valóban az tűnik ki, hogy nincs kapcsolat a PS indikációk és az így meghatározott agyagtartalmak között. Ha tehát nem vesszük figyelembe a természetes-gamma szelvény és az agyagtartalom közötti, az előbbieken tárgyalt helyi jellegzetességeket, látszólagos ellentmondás van a két szelvény között.

Ha azonban a diszperz-agyagosnak minősíthető szakaszok agyagtartalmát a 15. ábra 1. és 2. görbéjéből is meghatározzuk, majd a PS indikációk nagyságát is figyelembe véve választjuk ki ezen értékpárok közül a rétegre valószínűbben jellemző agyagtartalmat, ezek és a PS indikációk között az ismert minőségi összefüggés állapítható meg, (*b*. ábra), nevezetesen az, hogy az agyagtartalom növekedésével a természetes-potenciál-indikációk csökkennek. Az agyagszikokkal szennyezett permeábilis rétegek feldolgozása ugyanilyen elv alapján a 17. ábra segítségével történt.

A 20, 21, 24. fúrások szelvényeiből szerkesztett összefüggések egymással egyező eredményt szolgáltatottak.

Ettől eltér a 161. fúrásra kapott összefüggés. Ennek valószínű oka az, hogy míg az előbbi kutakban az öblítőiszap fajlagos elektromos ellenállása réteg-

hőmérsékleten kielégítette az elméleti követelményt, a 161. fúrásnál ez nem következett be.

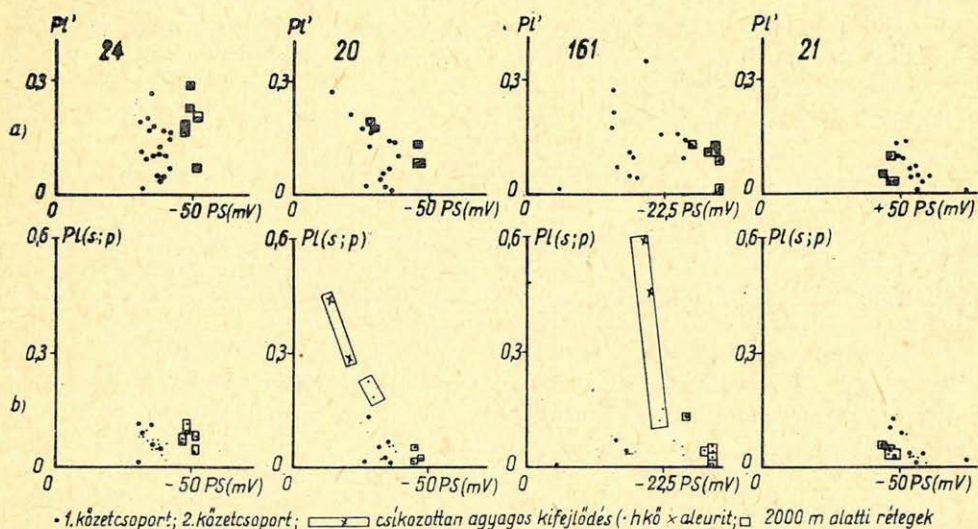
2.4.2. Az agyag- és aleurit-frakció mennyiségének meghatározása

A bemutatott feldolgozás nemcsak a természetes-potenciál-indikációk agyagtartalomtól való függésének igazolására szolgál, hanem általában alkalmas a permeábilis kőzetek agyag- és aleurit-tartalmának meghatározására, ha az agyagszennyezés fajtája ismert.

A diszperz agyagos kőzetek valószínűbb agyagtartalmának a PS indikáció figyelembevételével történő kiválasztása a 15. ábra 1. és 2. görbájéből leolvasott két agyagtartalom közül egyben a kőzetcsoport meghatározását is jelenti, miként azt a 19. ábra mutatja is. Ha pedig az agyagtartalom és a kőzetcsoport ismert, az 5. ábra felhasználásával lehet a valószínűbb aleurit-tartalmat meghatározni. Agyagsíkokkal szennyezett rétegeknél pedig a 17. ábra 2., 4. (vagy 3.) görbájéből meghatározott agyagtartalmak közül a valószínűbb kiválasztása egyben a permeábilis csíkok uralkodó szemcsefrakciójára is felvilágosítással szolgál.

A 19. ábrán vizsgált rétegek aleurit-tartalma nagyon változó. Ennek ellenére mutatják az agyagtartalomtól való lineáris függést. Az aleurit hatása tehát a természetes-potenciál-szelvényre elegendően nagy izzapellenállás esetén valóban csak másodrendű.

Az agyagtartalomnak a természetes-gamma-szelvényből történő meghatározása előnyösebbnek tűnik, mint a természetes-potenciál-szelvényből történő meghatározás. Utóbbira ugyanis csak olyan interpretációs anyagok állnak



19. ábra. Permeábilis kőzetek természetes potenciálja és agyagtartalma közötti összefüggés

Фиг. 19. Зависимость величин ПС от содержания глины в проницаемых породах

Fig. 19. Zusammenhang zwischen dem natürlichen Potential und Tongehalt von permeablen Gesteinen

rendelkezésre, amelyek feltételezik, hogy mind az iszap, mind a rétegvíz $NaCl$ oldat. A rétegvízre vonatkozóan ez nem teljesül. Biztosan nem teljesül a gipszes-sós öblítőfolyadékra, de az általánosan alkalmazott olajemulziós öblítő-iszap is vizsgálatokat igényel ilyen irányban.

3. SZELVÉNYELEMZÉSEK

A 2. fejezet megállapításait a 8. és 16. fúrások szelvényelemzésével igazoljuk, az agyag- és aleurit-tartalom-meghatározás kivételével. Vizsgált fúrásaink öblítőiszapjának fajlagos elektromos ellenállása ugyanis nem volt elegendő kifejező természetes-potenciál indikációk kialakításához. Ezért a PS – természetes-gamma összehasonlítást nem lehetett elvégezni. Felhasznált szelvények: $0,8$ m-es optimális laterolog, neutron-gamma természetes-gamma, mikrológ, természetes potenciál. A $0,8$ m-es optimális laterolog szonda által mért látszólagos fajlagos elektromos ellenállás sok esetben jó közelítéssel a réteg valódi longitudinális fajlagos ellenállásával egyező. Az elárasztás ugyanis csak kis mértékű.

Az elemzésnél a szerző felhasználta a laboratóriumi porozitás- és permeabilitás-mérések eredményeit is, ezek külön bemutatása nélkül.

3.1. Algyő 8. sz. fúrás.

1. 1806,5 – 1812,5 m. Víztorló.

Fajlagos elektromos ellenállása ($6,0 - 7,5$ ohmm), az agyagtartalmat és a porozitást figyelembe véve a modellszámításokkal jól egyezik. $1810,0$ m alatt a fajlagos ellenállás kismértékű csökkenése összhangban van az agyagtartalom csökkenésével. Itt a természetes-gamma -indikáció is kisebb. A neutron-gamma-szelvény indikációja a víztorló, kevésbé szennyezett kőzetekével egyező.

2. 1833,0 – 1837,0 m. Gáztorló.

Az összetétel változására (agyag- és aleurit-tartalom-növekedés) utal a rétegtalp közelében a természetes gamma-szelvény emelkedése és a fajlagos ellenállás csökkenése. Ezt az alsó szakaszt kihagyva, a réteg fajlagos elektromos ellenállása (kb. $14,0$ ohmm), valamivel magasabb, mint az átlagos aleuritra kapott számítási eredmény. Ennek valószínű oka a jelenlevő homokfrakció. A továbbiakban bemutatásra kerülő, hasonló porozitású és agyagtartalmú homokkövekkel összehasonlítva azonban kitűnik az aleurit-frakció hatására bekövetkező jelentős fajlagos ellenállás-csökkenés.

A neutron gamma szelvény indikációja a legtisztább víztorlók szintjét alig haladja meg. A nagy porozitású gáztorló aleurit tehát nem különíthető el a hasonló porozitású folyadéktorlóktól.

3. 1863,0 – 1866,0 m. Víztorló.

A diszperz agyagos aleuritra kapott számítási eredmények intervallumába esik a réteg fajlagos ellenállása ($6,0$ ohmm). A természetes-gamma-szelvény indikációja lényegesen magasabb, mint a legtisztább homokkövek szintje.

4. 1873,0 – 1881,0 m. Gáztorló.

Az $1876,0$ m alatti szakasz átlagos fajlagos ellenállása (kb. 100 ohmm) valamivel magasabb, mint a réteg porozitásánál jellemző számított érték. Ez az

átlagosnál magasabb permeabilitással lehet kapcsolatban, amit a mérési eredmény igazol. A fajlagos ellenállás-változások kisebb inhomogenitásokra utalnak. A gáztárolás tényét a jelentősen megnövekedett neutron-gamma-indikáció mutatja. A réteg teteje felé a fajlagos elektromos ellenállás és a neutron-gamma-intenzitás csökken, a természetes-gamma-intenzitás növekedik, a *PS* alig változik. Ezek a jelenségek az agyag, de főleg az aleurit-tartalom növekedésével fűgghetnek össze.

5. 1890,0 – 1898,0 m. Gáztároló.

Az 1890,0 – 1898,0 m közötti szakaszon a kőzettulajdonságok a szelvények szerint kis mértékben változnak. A fajlagos ellenállás átlagértéke (35,0 ohmm), a bemutatott számítási eredményekkel összhangban van. A gáztárolás tényét a neutron-gamma szelvény bizonyítja.

A réteg alján a fajlagos ellenállás és a neutron-gamma indikációk csökkenése, a természetes gamma intenzitás növekedése az agyag- és aleurit-tartalom növekedésre utal.

6. 1947,5 – 1953,5 m. Olajtároló.

Annak bemutatására szolgál, hogy a tiszta olajtároló réteg neutron-gamma intenzitása a víztárolókénál valamivel magasabb.

7. 2012,0 – 2020,5 m. Gáztároló.

A 2015,0 m alatti szakaszon a szelvények kisebb inhomogenitásokra utalnak. A réteg átlagos fajlagos ellenállása (kb. 100 ohmm) magasabb, mint az átlagos kőzetre végzett számítások eredménye. Permeabilitása is magasabb, ez adhatja előbbiek magyarázatát. A gáztárolást a neutron-gamma szelvény szembetűnően jelzi.

A 2015,0 m feletti szakaszon jelentős fajlagos ellenállás és másodlagos-gamma-intenzitás-csökkenés, természetes-gamma-indikáció-növekedés következik be. Ennek szemnagyságelemzési vizsgálattal is igazolt oka az aleurit-frakció uralkodóvá válása. A fajlagos ellenállás átlagértéke (9,5 ohmm) a modellvizsgálati eredményeket igazolja.

3.2. Algyő 16. sz. fúrás.

Ebben a fúrásban az előbbivel ellentétben a permeábilis kőzeteket gyakran szennyezik agyagcsíkok.

1. 1813,0 – 1818,0 m. Gáztároló.

Kőzetleírás szerint néhány, 5 cm-nél vékonyabb finomhomokos agyag-márga csík szennyezi a kevés homokot is tartalmazó aleuritot. Az átlagos fajlagos ellenállás (9,0 ohmm) a várható értékek tartományába esik. A neutron-gamma-intenzitás nem haladja meg a tiszta víztároló kőzetek szintjét.

2. 1892,0 – 1897,0 m. Gáztároló.

Néhány agyagmárga-csíkkal szennyezett aleurit. A fajlagos ellenállás a réteg tetején 8,0 ohmm, 1895,0 m alatt csökken. Ez valószínűleg kőzetkifejlődési eltérés következménye. Az értékek a modellvizsgálatokat igazolják.

A neutron-gamma-intenzitás alig haladja meg a vizes szintet. A természetes-gamma sugárzás erősen megnövekedett.

3. 1905,0 – 1980,0 m. Gáztároló.

Tulajdonságai 2-vel egyezők.

4. 1912,0 – 1921,0 m. Gáztároló.

A szemmagyságvizsgálat szerint a rétegtetőn (1912,0 – 1914,5 m) a homok-frakció az uralkodó. A természetes gamma szelvény indikációja I_{min} -hez közel álló. A fajlagos ellenállás átlagértéke kb. 50 ohmm-nek becsülhető, a homok-kövekre számított értékek tartományába esik. A neutron-gamma szelvény jelentős indikációnövekedéssel mutatja a gáztárolás tényét.

1918,0 m alatt a szemmagyságvizsgálat és a szelvények is az aleurit-frakció megnövekedésére utalnak, de a homok-frakció is képviselteti magát. Ennek megfelelően a fajlagos ellenállás és a neutrongamma-indikáció magasabb, mint az eddig vizsgált aleurit rétegeknél. A természetes-gamma szelvény is alacsonyabb értékeket mutat.

5. 1934,0 – 1938,0 m. Gáztároló.

Az agyagtartalom növekedése, az aleurit frakció uralkodóvá válása hatására a természetes-gamma-intenzitás az előbbi réteg alueritos szakaszának indikációjánál magasabb. A fajlagos ellenállás 7,0 ohmm ami az agyagcsíkokkal való közepes szennyezettség tényét figyelembevéve a számított értékek tartományába esik.

A másodlagos-gamma-intenzitás a víztárolók szintjével egyező.

6. 1961,0 – 1974,0 m. Gáztároló.

1964,0 m-ig agyaggal diszperzen szennyezett, alatta agyagcsíkokat is tartalmazó aleurit. A fajlagos ellenállás átlagértéke 7,0 ohmm, a réteg alja felé kissé csökken. Az értékek a számítottaknak megfelelnek. Érvényes ez mind a felső szakasz magas diszperz-agyagtartalmú aleuritjára, mind az alatta levő, agyagcsíkokkal közepesen szennyezett permeábilis kőzetre. A neutron-gamma-intenzitás csak valamivel magasabb, mint a víztároló szint, a természetes-gamma indikáció is megnövekedett.

3.3 Összefoglalás

A szelvényelemzéseket a permeábilis rétegek fajlagos elektromos ellenállása vonatkozásában mennyiségileg, a neutron-gamma és természetes-gamma intenzitása vonatkozásában minőségileg végeztük el.

A fajlagos ellenállásértékeket és a modellvizsgálati eredményeket összehasonlítva általában jó egyezés adódott, az eltéréseket pedig minőségileg meg lehet magyarázni az 1. és 2. fejezetben leírtakkal. A természetes-gamma és neutron-gamma szelvények minőségi elemzése is összhangban van az erre vonatkozó megállapításokkal. Kiemelendő, hogy az egyezés a homokköveknél és aleuritoknál egyaránt jó. A szelvényelemzések tehát igazolják az 1. és 2. fejezetben tett megállapításokat.

A dolgozat kísérlet az algyői felső pannóniai szénhidrogén tárolók karot-tázs értelmezésénél felmerülő nehézségek kőzetfizikai okainak felderítésére.

A bevezetésben tett feltételezést, az agyag-frakció mellett egy másik zavaró kőzetalkotó – az aleurit-frakció jelenlétét a kőzetani vizsgálatok beigazolták. A 2. fejezetben felderítettük e zavaró kőzetalkotók együttes hatását a tárolók legfontosabb kőzetfizikai tulajdonságaira. A szelvényelemzések megerősítették

a kőzetfizikai fejezet megállapításait. Ezeket jó közelítéssel helytállóknak nyilváníthatjuk, bár a vizsgálatokhoz sokszor kellett mért értékek helyett irodalmi utalásokból származó adatokat használni. Több helyen rámutattunk a kőzet-tani ismeretek hiányára is.

A tárolók tulajdonságainak jobb megismerése tehát további vizsgálatokat tesz szükségessé. Ezek adhatnak felvilágosítást arra is, hogy a leírtak hol és milyen mértékű módosításra szorulnak.

IRODALOM

- Barlai Zoltán*: Mérési adatok feldolgozása és értelmezése a szénhidrogén-kutatás és -termelés mélyfúrásai geofizikai vizsgálatainál. I. – II. Tankönyvkiadó, 1966., 1967.
- Bárdossy György*: Statisztikai módszerek alkalmazása a földtanban. Földtani Közöny, 1957. 3. füzet.
- Bárdossy György*: Üledékes kőzeteink nevezéktanának kérdései. Földtani Közöny, 1961. 1. füzet.
- Bérczi István*: Az Algyői 1, 2, 4, 5 kőolajkutató fúrásokkal feltárt felsőpannóniai homokkővek nehézasvány-vizsgálata. Kézirat, 1967.
- Dahnov V. N.*: Interpretacija rezultatov geofiziceszkih issledovanyij razrezov szkvazsin. Gosztoptyehizdat, 1962.
- Larionov V. V.* – *Holín A. I.*: Ucsjot vlijanyija mineralizacii plasztovoj zsidkosztyi i glinisztosztyi kollektorov pri ocenke ih porisztnosztyi po dannim nyejtronnovo gamma metoda. Nyeftjanoe Hozjajsztvo, 1959. 9.
- OKGT. TKFF*: Az algyői szénhidrogén-telepek tárolómérnöki vizsgálata. Jelentés, 1966.
- Pirson S. J.*: Handbook of well log analysis – Szpravocsnik po interpretaciji dannih karotazsa. Nyedra, 1966.
- Pirson S. J.*: Formation evaluation by log interpretation. World Oil, 1957. ápr. máj. jún.
- Szilágyi Endre*: Optimális laterolog-neutron gamma korrelációs módszer vizsgálata az algyői felsőpannóniai tárolókban. M. G. E. előadás, 1968.
- Vendelstejn B. Ju.* – *Larionov V. V.*: Iszpolzovanyije dannih promiszlovoj geofiziki pri podszesote zapaszov nyefti i gaza. Nyedra, 1964.
- Vendelstejn B. Ju.*: Issledovanyije razrezov nyeftjanih i gazovih szkvazsin metodom szobsztvemnih potencialov. Nyedra, 1966.
- Vendelstejn B. Ju.*, stb.: O roli diszpersznosztyi materiala v formirovanyii szvojsztyv terrigennih porod. Voproszi promiszlovoj geofiziki. Nyedra, 1967.

EGYESÜLETI HÍREK

A MTESZ 20. évi fennállása alkalmából rendezett rendkívüli közgyűlésén első ízben kiadott MTESZ-DÍJ-at többek között Egyesületünk elnöke

Bese Vilmos

is megkapta a hosszú időn át az MTESZ-ben végzett áldozatos társadalmi munkájának elismerésül.