

Adatok a szénhidrogén másodlagos vándorlási és felhalmozódási feltételeihez

Bérczi István¹—Somjai Attila²

(5 ábrával, 9 táblázzal)

A másodlagos migráció a szénhidrogén mozgása a kőzetek vízzel kitöltött pórusain, repedésrendszerein, rétegfelületein át az elvándorlási helytől a telepig. Az elvándorlási hely az anyakőzet és a tárolókőzet határfelületén van, ahová elsődleges migráció eredményeként jutott el a szénhidrogén az anyakőzetből. A telep az olaj és a gáz csapadékos helye, ahol a szénhidrogén fázisok szerint többé-kevésbé differenciálódik.

A másodlagos vándorlás akkor indul meg, ha a permeabilis kőzetben kialakuló összefüggő szénhidrogén szál (oszlop) magasságától és sűrűségétől (illetve a szénhidrogén és a tároló vizének sűrűség különbségétől) függő felhajtóerő és az esetleg áramló tárolóvíz hidrodinamikai hatásából (pozitív vagy negatív érték az áramlási iránytól függően) eredő együttes erő legyőzi a kőzet kapilláris hatását.

A migráció az eredetnél alacsonyabb potenciálú helyek felé irányul, távolságának csak felső határa van, amely kedvező körülmények között több tíz kilométer is lehet.

A másodlagos vándorlás irányát alapvetően a következő tényezők határozzák meg:

- a felhajtóerőből eredő mozgási irány ellentétes az impermeabilis fedőkőzet dőlési irányával, ferde helyzetű áteresztőképes kőzetekben. A rétegdőlés növekedésével kedvezőbbé válnak a migrációs feltételek,
- A tároló vizének mozgási iránya befolyásolja (segíti, gátolja, eltéríti) a felhajtóerőből, illetve a fedőkőzet dőlési irányából eredő szénhidrogén mozgási irányt,
- a tároló litológiai változásaiból adódó kapilláris hatás változások (részleges vagy teljes migrációs gátak, nyílt repedezések stb.) befolyásolják a migrációs útvonalak kialakulásának helyét.

A migráció tényleges irányát a tároló dőlésiránya, a rétegek áramlási iránya és a tároló kőzetfizikai tulajdonságai együttesen határozzák meg. Legkedvezőbb migrációs útvonalak a vetők, a diszkordancia felületek és a jó áteresztőképes-séggel rendelkező (lehetőleg kőzetfizikailag homogén) tárolók.

A telepekben felhalmozódó olaj és gáz minőségi jellemzőit a genetikai táptérület és a migrációs közeg geokémiai tulajdonságai határozzák meg alapvető-

¹ Magyar Szénhidrogénipari Kutató-Fejlesztő Intézet 2443 Százhalombatta, Pf. 32.

² Nehézipari Műszaki Egyetem Földtan-Teleptani Tanszék 3315 Miskolc Egyetemváros

en, de a szénhidrogén a tárolóban differenciálódhat a migráció folyamán szerkezeti vagy litológiai okok miatt.

Az üledékes kőzetekben lejátszódó másodlagos szénhidrogén vándorlási folyamatokat, illetve a migrációs tulajdonságok meghatározását a csapdák feltöltődésének törvényszerűségeit, hézagter-szedimentológiai vizsgálatokkal lehet megközelíteni.

Az ide vonatkozó irodalmi előzmények részletes ismertetése nélkül, néhány alapvető külföldi és hazai munka felsorolása érzékelteti a témakör érdekességét és fontosságát (ARPS, 1964; ASCHENBRENNER-ACHAUER, 1960; BERG, 1975; BÉRCZI, 1981, 1982; HABERMANN, 1960; PETROLEUM RESEARCH CORPORATION, RES. REPT.-S AO-A15, 1958—1962; SCHOWALTER, 1979, 1982; SMITH, 1966).

A másodlagos migráció alapegyenletét abból a megfontolásból kiindulva lehet felírni, hogy a szénhidrogén és a rétegvíz közti sűrűségkülönbségből eredő felhajtóerő van egyensúlyban a kőzetpórusok és póruszűkítetek kifejtette, a kapilláris nyomás formájában megjelenített ellenérővel (SCHOWALTER, 1979), ha nincs hidrodinamikai hatás:

$$Z_g [\rho_{vr} - \rho_{CHR}] = p_d \quad (1)$$

ahol: Z = a folyamatos szénhidrogénszál vertikális hosszúsága m-ben,
 g = gravitációs állandó, $9,81 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-2}$
 ρ_{vr} ; ρ_{CHR} = a víz és a CH sűrűsége rétegvízviszonyokon, kg/m^3
 p_d = kiszorítási nyomás, Pa-ban

A telep feltöltődésének, vagyis a fedőkőzet csapdázó kapacitásának, a tárolókőzetben kialakuló átmeneti zónák vastagságának a meghatározására az elvek ismertetésén túl néhány példát is bemutatunk.

A feltöltődés folyamatában két döntő, közzetbe kötött fizikai paramétert különítünk el:

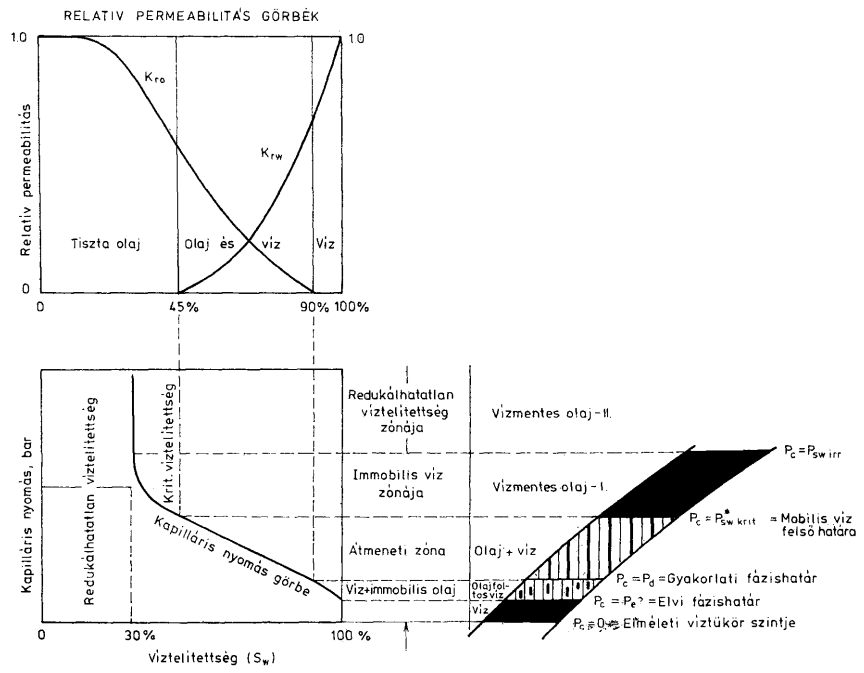
1. a belépési nyomás (p_e) az a minimális nyomásérték, amelynél nem nedvesítő folyadék (szénhidrogén) lép be a víznedves folyadékkal kitöltött legnagyobb pórusba.

2. a kiszorítási nyomás (p_d) az a legkisebb nyomásérték, amelynél a migráló szénhidrogén a legkisebb póruszűkületből is kiszorítja a vizet és ily módon folyamatos olajszál alakul ki.

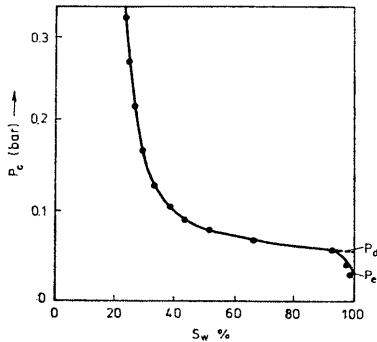
Mindkét nyomásértéket viszonylag egyszerű és bőséggel rendelkezésre álló vizsgálatból, a higanyos kapilláris nyomás meghatározásból lehet meghatározni, a 2. ábrán feltüntetett módon. Ahol ez a nem megfelelő görbelefutás miatt lehetetlen, ott a 10%-os nem-nedvesítő folyadéktelítettséghez tartozó kapilláris nyomást tekintjük kiszorítási nyomásnak (SCHOWALTER, 1979). A p_e és p_d fogalmi meghatározásából a kapilláris nyomás és a relatív átteresztőképesség görbékből a szénhidrogén telítettség térbeli megoszlása levezethető (1. ábra).

A csapdakőzet (fedőkőzet) csapdázó kapacitása (I—II. táblázat) az (1) formula átrendezésével meghatározható és ugyancsak megadható az átmeneti zóna (2. ábra) várható vastagsága is (III—VI. táblázat).

$$Z = \frac{p_d}{g[\rho_{vr} - \rho]} \quad (2)$$

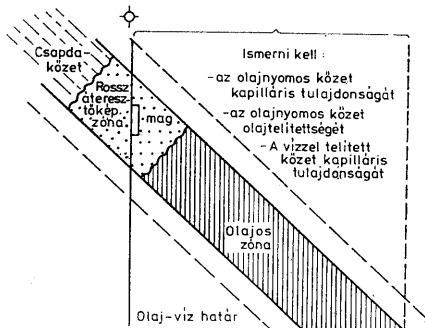


1. ábra — Fig. 1.



2. ábra. A kiszorítási nyomás (P_d) meghatározása Hg-kapilláris mérésből
 Fig. 2. Determination of the displacement pressure (P_d) by capillary measurements

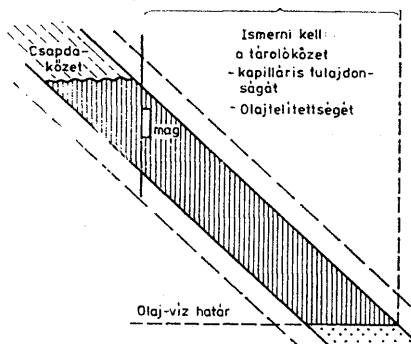
A bemutatott mintaszámítások jelzik a tömöttebb alsópannon márgák kiugró csapdázóképességét, az alsó- és felsópannon homokkövek és ezen belül is a kedvezőbb (kisebb) $A = \sqrt{\frac{\Phi}{k}}$ hányadossal jellemzett változatok várhatóan vékonyabb zónáját. Az extrém magas érték (VI. táblázat) arra utal, hogy vízmentes olajtermelés az adott szakaszon nem várható. A jó tárolókapacitású kőzettestbe betelepülő alacsony porozitású és permeabilitású (= nagy átmeneti zónával rendelkező) részek okozzák a szabálytalan vertikális telítettség eloszlást, amely a heterogén homokkőtárolóinkban gyakran megfigyelt jelenség (VII–VIII. táblázat).



3. ábra. Litológiai csapda kiterjedésének számítása a rossz átteresztőképességű tetőzóna magvizsgálati adataiból
 Fig. 3. Calculation of the extension of a lithological trap from the results of the analysis of drill-cores from the top zone of poor permeability

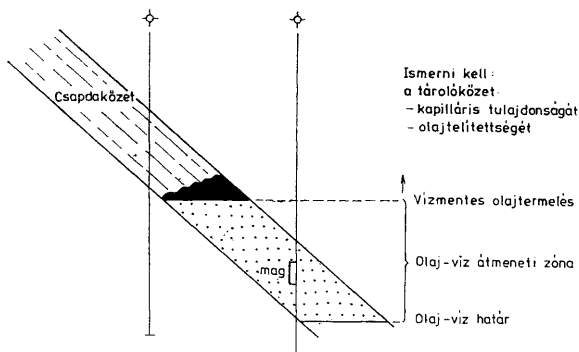
SCHOWALTER (1979) a hézagter szedimentológiai paramétereiből olyan gyakorlati fontosságú adatokat számol, mint a litológiai csapdák vertikális kiterjedése (= etázs előrejelzés) (3. ábra), a fázishatár helyének előrejelzése (4. ábra), illetve a vízmentes olajtermelés alsó határának előrejelzése (5. ábra). Hazai példánk a fázishatár és etázs magasság előrejelzésre (9. táblázat) a módszer használható voltára utal.

A másodlagos vándorlást befolyásoló hidrodinamikai hatás meghatározását a tárolóvíz szalinitásának és nyomásrendszerének elemzésével lehet elvégezni.



4. ábra. Litológiai csapda fázishatár helyzetének számítása az olajos zónában vett mag adataiból

Fig. 4. Calculation of the position of the oil—water contact in a lithological trap by relying on the data of a core from the oil-bearing zone



5. ábra. A vízmentes termelés alsó szintjének számítása átmeneti zónában vett magminta adataiból (3—4—5. ábrák SCHOWALTER (1979) nyomán)

Fig. 5. Calculation of the lower level of water-free production by relying on the data of core samples from the transitional zone (Figs 3—4—5 after SCHOWALTER 1979)

Fedőkőzet zárókapacitás számítása

I. táblázat

Felsőpannon Algyő-2 telep
 A-19 2/1/8. 1998,0—2015,5 Tiszta agyagmárga
 $\Phi = 3,8$ $\rho_{rr} = 1004 \text{ kg/m}^3$
 $k = 0,01$ $\rho_{or} = 705 \text{ kg/m}^3$
 $P_{10} = 18; 1,698$

$$s = \frac{P_{\text{ácsr}}}{\rho \cdot (\rho_{rr} - \rho_{or})}$$

$$s = \frac{1,698 \cdot 10^5}{9,81 \cdot (1004 - 705)} = \frac{1,698 \cdot 10^5}{9,81 \cdot 299} = \frac{1,698 \cdot 10^5}{2933,19} = 57,88 \text{ m}$$

A fenti tiszta agyagmárga csapdakapacitása az A-2 telep olajára 58 m.

Zárókőzet csapdázó kapacitás

II. táblázat

Alsópannon-13 B 2438,70—2438,75 márga
 A-537. 2/19.
 $\Phi = 3,07$ $\rho_{rr} = 1008 \text{ kg/m}^3$
 $k = 0,01$ $\rho_{or} = 735 \text{ kg/m}^3$
 $A = 17,52$
 $P_{10} = 72; 6,79 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$$s = \frac{6,79 \cdot 10^5}{9,81 \cdot (1008 - 735)} = \frac{6,79 \cdot 10^5}{9,81 \cdot 273} = \frac{679\,000}{2678,13} = 253,53 \text{ m}$$

Az alsópannon márga csapdakapacitása tehát: 253,53 m.

Algyői felsőpannon, Szeged-2 telep

III. táblázat

A-530. 1870,60—1870,70 m tiszta laza homokkő
 $\Phi = 30,6$
 $k = 539,1$
 $A = 0,24$
 $P_{10} = 0,20; 0,03 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$$s = \frac{3000}{8534,7} = 0,35 \text{ m}$$

A kérdéses homokkő átmeneti zónája: 0,35 m.

Algyői felsőpannon; Szeged-2 telep

IV. táblázat

A-533 1870,33—1870,43 m aleurolitos homokkő
 $\Phi = 24,3$
 $k = 21,46$
 $A = 1,06$
 $P_{10} = 3,00; 0,19 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$$s = \frac{0,19 \cdot 10^5}{8534,7} = \frac{19\,000}{8534,7} = 2,22 \text{ m}$$

A kérdéses homokkő átmeneti zónája: 2,22 m.

Algyő, Alsópannon 13-B homokkőcsoport

V. táblázat

A-537. 2/12 2437,05—2437,16 aleurolitos homokkő
 $\Phi = 20,17$
 $k = 41,31$
 $A = 0,70$
 $P_{10} = 1,95; 0,18 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$$s = \frac{0,18 \cdot 10^5}{2678,13} = 6,72 \text{ m}$$

A fenti alsópannon aleurolitos homokkő átmeneti zónája: 6,72 m.

Algyő, Alsópannon 13-B homokkőcsoport

VI. táblázat

A-537. 2/20. 2439,23—2439,32 aleuroitot homokkő

$$\begin{aligned} \Phi &= 11,4 \\ k &= 1,31 \\ A &= 2,95 \\ P_{10} &= 16; 1,51 \cdot 10^6 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$\epsilon = \frac{1,51 \cdot 10^6}{2678,10} = 56,58 \text{ m}$$

A kérdéses aleuroitot homokkő átmeneti zónája: 56,38 m.

Kútszám: Algyő-532

Algyői Szeged-2 telep, átmeneti zóna vastagságok

VII. táblázat

Magfúrás		Porozitás		Áteresztőképesség ($10^{-3} \mu\text{m}^2$)		Kiszorítási nyomás (pd bar) levegő-Hg rendszer	Átmeneti zóna vastagsága (m)
száma	helye	Hg-os	hagyom.	vízszintes	függőleges		
2.	1875,00—1886,00						
3/8.	1879,10—1879,17	25,13	27,93	234,88	90,86	1,70	-0,83
2/9.	1879,35—1879,47	35,84	29,78	118,18	—	0,30	0,15
2/10.	1879,60—1879,73	26,32	27,86	110,66	—	1,75	0,86
2/10.	1880,10—1880,20	31,46	27,97	40,32	—	1,00	0,49
2/12.	1880,50—1880,60	33,33	28,85	158,39	50,08	0,30	0,15
2/14.	1881,00—1881,10	24,89	27,14	56,76	22,75	1,90	0,93
2/15.	1881,25—1881,38	25,39	26,68	54,43	48,16	1,65	0,81
2/16.	1881,70—1881,80	25,25	29,04	173,72	82,49	1,65	0,81
2/17.	1882,05—1882,20	25,33	26,88	92,52	46,44	1,65	0,81
2/18.	1882,25—1882,35	19,76	19,57	1,13	—	4,65	2,27
2/19.	1883,30—1883,45	26,71	18,33	1,65	—	1,65	0,81
2/20.	1883,45—1883,55	23,14	25,52	7,10	—	2,00	0,98
2/21.	1883,75—1883,85	4,02	3,57	0,0098	0,0098	47,00	23,00

Kútszám: Algyő-491

Algyői Alsópannon-13 B telep átmeneti zóna vastagságok

VIII. táblázat

Magfúrás		Porozitás		Áteresztőképesség ($10^{-3} \mu\text{m}^2$)		Kiszorítási nyomás (pd bar) levegő-Hg rendszer	Átmeneti zóna min. vastagság (m)
száma	helye	Hg-os	hagyom.	vízszintes	függőleges		
1.	2436,00—2454,00						
1/17.	2440,05—2440,15	8,45	9,22	—	1,19	36,0	30,80
1/18.	2440,30—2440,40	6,04	3,63	0,0098	0,0098	22,0	18,69
1/19.	2440,54—2440,63	6,58	7,10	0,0098	0,0098	38,0	32,23
1/20.	2440,80—2440,91	7,23	5,73	0,0098	0,0098	30,0	25,48
1/21.	2441,14—2441,30	4,86	3,21	0,0098	0,0098	17,0	14,53
1/22.	2441,30—2441,39	8,73	2,11	0,0098	—	6,0	5,13
1/23.	2441,61—2441,63	7,27	3,51	0,0098	—	36,0	30,76
1/24.	2441,78—2441,89	6,86	3,54	0,0098	0,0098	36,0	30,76
1/25.	2442,10—2442,20	7,71	9,50	0,0098	0,0098	22,0	18,80
1/26.	2442,30—2442,40	7,67	1,79	0,0098	0,0098	8,0	6,84
1/27.	2442,58—2442,64	20,76	21,42	113,89	70,35	1,25	1,07
1/27.	2442,73—2442,81	19,55	14,49	123,60	70,66	1,50	1,26
1/29.	2442,88—2443,00	4,47	4,81	0,0098	0,0098	13,00	11,11
1/30.	2443,23—2443,33	18,62	17,18	42,23	67,23	3,20	2,73
1/31.	2443,52—2443,60	19,60	23,30	47,60	119,46	1,65	1,32
1/32.	2443,68—2443,79	8,20	13,70	2,16	1,97	5,40	4,61
1/33.	2443,98—2444,06	16,20	20,34	15,76	13,61	4,15	3,55

Az izoszalinitás térképek kijelölik a tárolóvíz mozgásának irányát, amely egybeesik az összsó, valamint a Cl^- tartalom növekedésének, illetve a hidrokarbonát tartalom csökkenésének irányával. A horizontális nyomáseloszlás izovonalas térképén az esésgradiensek kijelölik a potenciális vízáramlási irányok vízszintes összetevőit. A tényleges áramlási sebesség vízszintes irányú kompo-

Fázishatár + etázs magasság számítás

IX. táblázat

Algyő, Alsópannon — 17 telep

	%	k $10^{-3} \mu\text{m}^2$	S_w %	P_c bar
2610,9—2612,6 m (2625,2—2627,0 m)	15,3	7	74	0,25
V_{ps} = 155 900 m ³				
V_{po} = 141,1 m ³				
ρ_{or} = 615 kg/m ³				
ρ_{vr} = 980 kg/m ³				
ρ_{gr} = 365				

1. Fázishatár

$$z = \frac{P_d \text{ tároló}}{g \Delta \rho} = \frac{0,25 \cdot 10^5}{10 \text{ m/sec}^2 \cdot 365 \text{ kg/m}^3} = 6,8 \text{ m}$$

A kérdéses legalsó rétegszakasztól tehát 6—7 m-re van a várható olaj—víz határ

2. Etázmagasság

A tárolóhoz tartozó már mobilizálható szénhidrogént nem tartalmazó kőzet (márga aleurit) tulajdonságai (lyukszelvény alapján):

	k	P_c
	10	8,73
$z = \frac{P_{kőzet}}{g \Delta \rho} = \frac{0,873 \cdot 10^5}{10 \cdot 365} = 23,9 \text{ m}$	9,1	

teljes (számított) etázs: 23,9 m
valóságban: 24,2 m

nense (V_h) számítható a kőzetek vízszintes átteresztőképességének (K_h) és a térképről leolvasható horizontális nyomásgradiensek (I_h) az ismeretében

$$V_h = K_h \cdot I_h$$

Az áramlási sebesség függőleges komponense (V_v) a vertikális nyomásgradiens térképről leolvasható I_v segítségével határozható meg

$$V_v = K_v \cdot I_v$$

K_v értékét tapasztalati képlettel, vagy az összlet homokossági százalékának figyelembevételével (diagramról) lehet meghatározni. A tárolón belüli tényleges vízmozgási irányt a V_h és V_v vektorok eredője adja meg.

A hidrodinamikai hatás elemzéséhez, a vízáramlási irányok meghatározásához további információkat adhatnak a nyomás-sótartalom, a hőmérséklet-sótartalom, a nyomás-hőmérséklet diagramok.

A fentiekben a másodlagos vándorlást befolyásoló alapvető paraméterek vizsgálatával foglalkoztunk csupán. A migráció hatékonysága ezen kívül még számos tényezőtől függ, úgy mint a vándorlási útvonalaktól, a csapadék típusától, méretétől, a tároló vízében diszpergálódott vagy feloldódott „elveszett” szénhidrogén mennyiségétől stb.

Irodalom — References

- ARPS, J. J. (1964): Engineering concepts useful in oil finding — AAPG Bull. v. 48. pp. 157—165.
 ASCHENBRENNER, B. C.—ACHAUER, CH. W. (1960): Minimum conditions for migration of oil in water-wet carbonate rocks — AAPG Bull. v. 44. pp. 235—243.
 BERG, R. R. (1975): Capillary pressure in stratigraphic traps — AAPG Bull. v. 59. pp. 939—956.
 BÉRCZI, I. (1981): A nem-hagyományos tárolók kialakulásának közzétanai, közzétanai alapjai I. 86. p. SZKFI kézirat.

- BÉRCZI, I. (1982): A nem-hagyományos tárolók kialakulásának közzeteni, közzetfizikai alapjai II. 78. p. SZKFI kézirat.
- BÉRCZI, I.—PHILLIPS, R. L. (in press): Preliminary sedimentological investigation of a Neogene depression in the Great Hungarian Plain (SE-Hungary)
- HABERMANN, B. (1960): A study of the capillary pressure-hydrodynamic relationship to oil accumulation in stratigraphic traps — Bull. of CMMS. v. 43. pp. 561—567
- MIDDLETON, G. V.—SOUTHARD, J. B. (1977): Mechanics of sediment imovement — Soc. Econ. Paleont. Mineral. Short Course 3. 246. p.
- Petroleum Research Corporation: Research Reports AO-A15 Denver, Co. 1958—1962.
- SCHMIDT, V.—MCDONALD, D. A. (1979): The role of secondary porosity in the course of sandstone diagenesis. In: Aspects of Diagenesis; Eds: SCHOLE, P. A.—SCHLUGER, P. R., SEPM. Spec. Publ. No. 26. p. 175—208.
- SCHOWALTER, T. T. (1979): Mechanics of Secondary Hydrocarbon Migration and Entrapment — Bull. AAPG. v. 63. Wo. 5. p. p723—760.
- SCHOWALTER, T. T.—HESS, P. D. (1982): Interpretation of Subsurface Hydrocarbon Shows — AAPG Bull. v. 66. No. 9. pp. 1202—1327.
- SMITH, D. A (1966): Theoretical considerations of sealing and non-sealing faults — AAPG Bull. v. 50. pp. 363—374.

A kézirat beérkezett: 1984. X. 4.

Contribution to an understanding of the conditions of secondary migration and accumulation of hydrocarbons

I. Bérczi¹—A. Somfai²

A summarizing review of the lithological and petrophysical factors influencing the secondary migration crucial for the generation of hydrocarbon reservoirs is given. Based on Hungarian case-histories, the geometrical parameter calculations that are crucial for the forecast of the main economic geological characteristics (saturation distribution, oil-water interface), especially in the case of nonanticlinal-type accumulation, are discussed.

Manuscript received: 4th October, 1984.

¹ Hungarian Hydrocarbon Institute, H-2443 Százhalombatta, P.O. Box 32, Hungary

² Technical University for Heavy Industry, Dept. of Geology, H-3515 Miskolc-Egyetemváros, Hungary

Данные к условиям вторичной миграции и аккумуляции углеводородов

Иштван Берци—Атилла Шомфай

В статье дается сводный обзор литологических и физических параметров пород, влияющих на вторичную миграцию и определяющих аккумуляцию залежей углеводородов. На примерах анализа истории конкретных исследований в Венгрии показываются расчеты геометрических параметров, определяющих прогноз основных характеристик залежей (распределение насыщенности, контакты) и особенно важных для накоплений не-антиклинального типа.