Szimulációs eljárás a másodlagos szénhidrogénvándorlás modellezésére

SOMFAI ATTILA — ifj. SOMFAI ATTILA***

A hazai szénhidrogénkutatás további eredményességének alapfeltétele a kutatási területek kiválasztását előkészítő korszerű medenceanalízis. Ezen belül egyik legfontosabb megoldandó feladat a másodlagos migráció követése, ami kevésbé vizsgált tudományterület a téma bonyolultsága miatt. A cikk szerzői módszert dolgoztak ki a másodlagos migráció főbb trendjeinek számítógépes szimulációjára, melynek alkalmazásával a geofizikai úton prognosztizált szénhidrogén csapdázódási lehetőségeket produktivitási valószínűség szerint nagy biztonsággal rangsorolják.

A cikk a szimulációs eljárás lényegét ismerteti és a módszer eddigi alkalmazásából levonható legfontosabb következtetéseket mutatja be.

The modern basin analysis, is the primary condition of the further effeciency of the Hungarian hydrocarbon research.

Inside of this question following of the secondary migration os on of the most important work which is less examined discipline. The writers of the publication worked out a method for computer simulation of main direction of secondary migration.

The publication introduced the essence of the simulation method and the most important conclusions of the formarly application of the new method.

Основным условием дальнейшего успеха отечественной разведки углеводорода является современный анализ бассейна, подготовливающий выбор разведочной территории. В рамках этого условия одной из важнейших решаемых задач является прослеживание вторичной миграции, что представлением собой из-за сложности темы малоисследованную научную дисциплину. Авторы работы разработали способ для симуляции на ЭВМ главных трендов вторичной миграции, применением которых можно с большой уверенностью установить по вероятности продуктивности последовательность улавшемых углеводородных возможностей прогнозированных путем геологии.

Bevezetés

A hazai szénhidrogénkutatás további eredményességének alapfeltétele a kutatási területek kiválasztását előkészítő korszerű medenceanalízis, amely széleskörű és összehangolt geológiai, geokémiai, geofizikai munkát igényel.

A medenceanalízisre irányuló kutatómunka számos területén jelentős eredményeket értek el a témával foglalkozó szakemberek, de a másodlagos migráció kevésbé vizsgált tudományterület a téma bonyolultsága miatt. A szénhidrogénkutatók évtizedek óta főleg azt akarják különböző geofizikai és geológiai módszerekkel kimutatni, hogy hol vannak kőolaj és földgáz tárolására alkalmas csapdák, hogy hol vannak és milyen értékűek a szénhidrogén genetikai zónák, de azt nem sikerült ezideig jól meghatározni, hogy milyen törvényszerű ségek mellett milyen irányban, milyen útvonalakon, milyen fázisban mennyi szénhidrogén, mennyi veszteséggel vándorolhatott el a keletkezési helyekről a felhalmozódási zónákig, hogy melyek azok a területrészek amelyeknek csapdái feltöltődhettek szénhidrogénnel vagy melyek maradhattak „üresek".

Fontos kihangsúlyozni, hogy a csapda csak lehetőség a szénhidrogén akkumulációhoz, a kőolajnak és a földgáznak azt meg is kell találni a migráció folyamán ahhoz, hogy telep alakuljon ki.

A közelmúltban a Pannon-medence regionális szénhidrogén-felhalmozódási öveinek kimutatására irányuló kutatásaink eredményeként módszert dolgoztunk ki a másodlagos migráció főbb trendjeinek számítógépes szimulációjára, amelyet SM--eljárásnak neveztünk el. (Az első betű a szerzők nevének kezdőbetűje *dr. Somfai A.* és *Somfai A.*, míg a második betű migráció modellezést jelent.) Az elért eredmények alapján lehetőség van arra, hogy a módszer alkalmazásával a fúrásos kutatásra előkészített medenceterületek geofizikai úton prognosztizált csapdázódási lehetőségeit produktivitási valószínűség szerint nagy biztonsággal rangsoroljuk, és a várható eredményességet előre jelezzük.

A migráció modellezésénél az irodalom *kézi* szerkesztéseket közöl, ahol főleg intuíciók alapján jelölik ki a tárolók emelkedési irányait, mint a szénhidrogén vándorlás legvalószínűbb útvonalait. Ez a módszer csak sematikus közelítés és nagyon sok tévedés forrása lehet. Ennek kiküszöbölésére, a megbízhatóság fokozására kiválóan alkalmazható az SM--eljárás.

Az SM-eljárás lényege

A *CH* másodlagos migrációjának modellezésénél alapvető feltétel, hogy a szimulációhoz szükséges bemenő információk térképszerűen ábrázolhatók

* Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc
** Geofizikai Kutató Vállalat, Budapest
„A számítástechnika szénhidrogénipari alkalmazásai az Alföldön" c. ankéton elhangzott előadás

legyenek, és szabályos rácshálóba interpolálva álljanak rendelkezésre. Ha ez a feltétel teljesül, akkor a modellezés folyamata ezen térképek közötti műveletek sorozataként végezhető.

A modellszámítás bemenő térképei (adatai) a következők.

1. A másodlagos *CH*-migrációt vezető felület morfológiai térképe. (Mélységtérkép.)
2. *CH*-forrás térkép. (Azt ábrázolja, hogy egységnyi területű felület eleméről, hány térfogat egységnyi *CH* indul ki.)
3. *CH*-veszteség térkép. (Azt mutatja, hogy egységnyi út megtétele alatt hány százalék, vagy egységnyi felületelem befutása közben hány térfogategység *CH*-veszteség lép fel.)
4. A másodlagos *CH*-migrációt vezető felület dőléstérképe. (A felületelemek vízszintes síkkal bezárt szögét ábrázolja *0°—90°*-ig.)
5. Potenciális migrációs útvonal térkép. (Amely a felület mentén létező, összes migrációs útvonalat ábrázolja.)
6. A potenciális migrációs útvonalakat befolyásoló tektonikai és sztratigráfiai elemek térképe. (Pl. vetők, kiékelődések.)

A szimuláció leegyszerűsített lényege a következő:

A másodlagos *CH*-migrációt vezető felület mentén potenciális migrációs útvonalak léteznek, attól függetlenül, hogy ezeken az útvonalakon haladt-e valaha *CH* vagy sem. Ezen útvonalakon a *CH*-forrás térképnek megfelelően különböző méretű és tartalmú *CH-csomagokat* indítunk el, amelyek a potenciális migrációs útvonalak egy részét befutják. Ezen út megtétele közben az útvonalak találkozásakor a *CH-csomagok* egyesülésével növekszik, illetve a *CH* veszteségi térkép és a választott veszteségi módszer függvényében csökken azok mérete. A befutott útvonalak egy része a morfológiától, valamint a tektonikai és sztratigráfiai elemek helyzetétől függően, egyes akkumulációs csomópontokban találkozik, ahonnan a *CH-csomagok* már semmilyen irányban nem tudnak tovább migrálni. Ezek után ábrázolhatjuk, hogy a vizsgált terület minden egyes felület elemén hány térfogat egységnyi *CH* haladt át. Így jön létre az úgynevezett *CH* mennyiségi térkép *(1. ábra)*. A befutott útvonalak felrajzolásával pedig megkapjuk a *CH* migrációs útvonaltérképet *(2. ábra)*.

A másodlagos *CH*-migráció mennyiségi modellezésének lefgontosabb lépéseit a következők szerint lehet összefoglalni.

1. A bemenő adatok térképszerű megadása
— vezető felület térkép,
— dőléstérkép,
— *CH*-forrástérkép (modell),
— *CH*-veszteségtérkép (modell),
— potenciális migrációs útvonaltérkép (modell).
2. Útvonal és mennyiség számítás.
— feltöltődéses veszteség módszerrel
— százalékos veszteség módszerrel,
3. Az eredmény összehasonlítása az ismert telepek adataival.

Ha az egyezés nem megfelelő, akkor:
— A bemenő paraméterek megváltoztatása
a) A programon belül a *CH*-forrás, a *CH*-veszteség, illetve a számított *CH*-mennyiségtérképek konstanssal történő szorzásával,
b) Új *CH*-forrástérkép (modell), *CH*-veszteségtérkép (modell), potenciális migrációs útvonaltérkép (modell) beolvasásával.
— Visszatérés az útvonal és mennyiség számításához.
4. Interpretáció.

A fenti modellezési eljárás gyakorlati megvalósítására egy programcsomag került kifejlesztésre illetve egyes elemeinek fejlesztése jelenleg is folyamatban van. A programcsomag első modulja a migrációt vezető felület térképe és az útvonalakat befolyásoló tektonikai és sztratigráfiai elemek térképe alapján, létrehozza a dőléstérképet és a potenciális migrációs útvonaltérképét, illetve interaktív beavatkozással az utóbbi különböző változatait. A *CH*-forrás és a *CH*-veszteségtérképeket hagyományos módon kell létrehozni. Az így előállt adatok behívhatók az interaktív migrációs útvonal, valamint *CH*-mennyiség számító és interpretációs programba. Ez a program alkalmas a bemenő paraméterek és modellszámítási módszerek plasztikus változtatására, a modellszámítás gyors elvégzésére, az eredmények és a bemenő adatok képernyőn történő grafikus megjelenítésére, az interpretáció berajzolására, korrigálására, végül pedig az eredménytérképek nyomtatására. A program által biztosított grafikus lehetőségek a következők:

1. Egyszerre megjeleníthető térképek
(a), b), c). d) tetszőleges kombinációban)
a) Színkódolt térkép

Tartalom:
— Vezető felülettérkép
— Dőléstérkép
— *CH*-forrástérkép
— *CH*-veszteségtérkép
— *CH*-mennyiségtérkép
— Üres

b) Szimbólumkódolt térkép

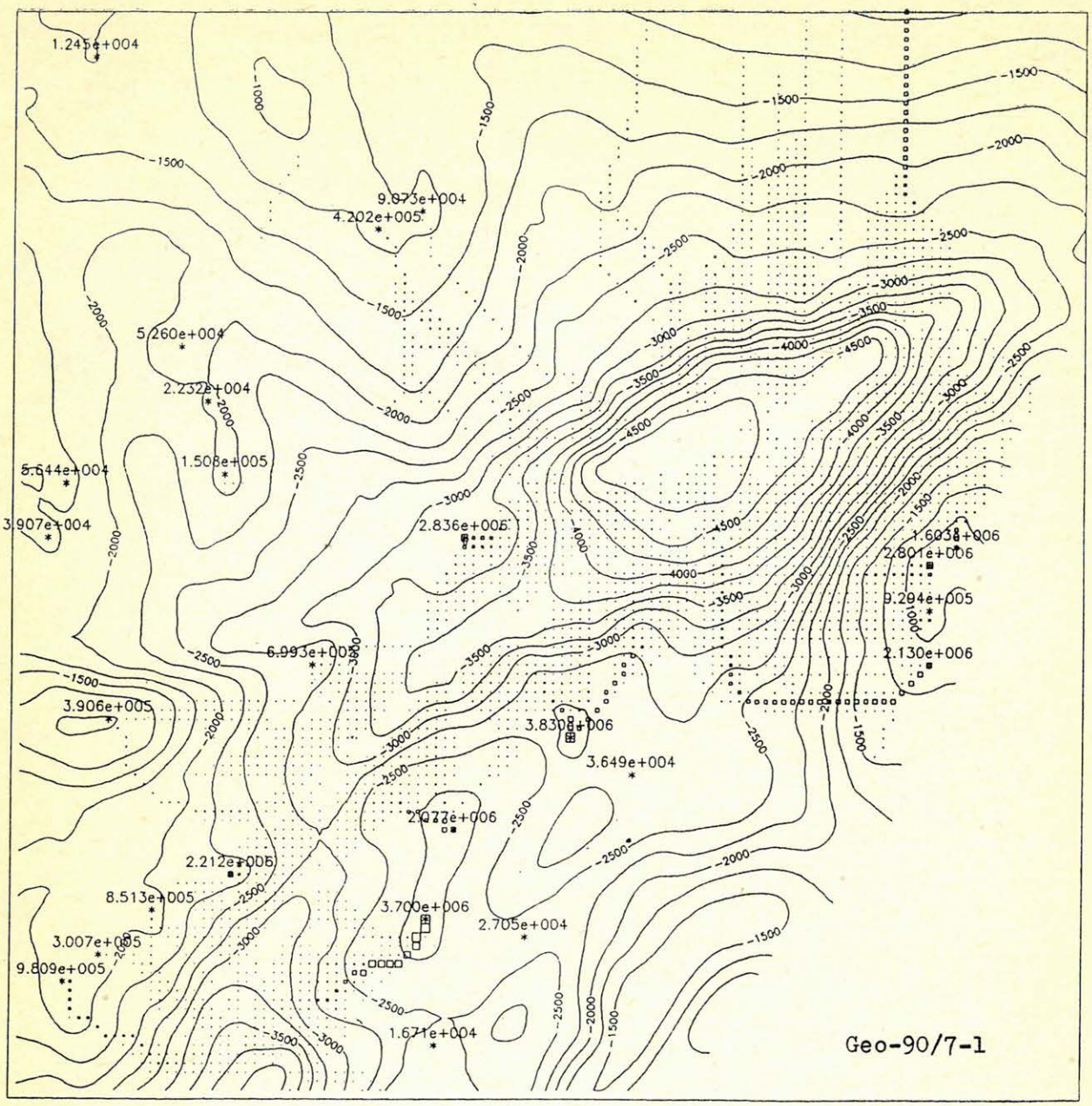
Tartalom:
— Vezető felülettérkép
— Dőléstérkép
— *CH*-forrástérkép
— *CH*-veszteségtérkép
— *CH*-mennyiségtérkép
— Üres

c) Migrációs útvonaltérkép

Tartalom:
— Igen
— Nem

d) Interpretáció

Tartalom:
— Igen
— Nem



1. ábra. *Puc 1.* *Fig. 1.*

2. Folyamatosan látható információk
- Színkulcs
- Színoszlop
- Szimbólumoszlop
- Pillanatnyi értékek a kurzor-helyén numerikusan x; y koordináta, színkódolt Z érték és szimbólum kódolt Z érték.

3. A megjelenítés minimum maximum értékének változtatása
- Színkódolt térképen
- Szimbólumkódolt térképen

4. Zoom-olás

5. Értelmezés berajzolása, törlése, korábbi értelmezés folytatása

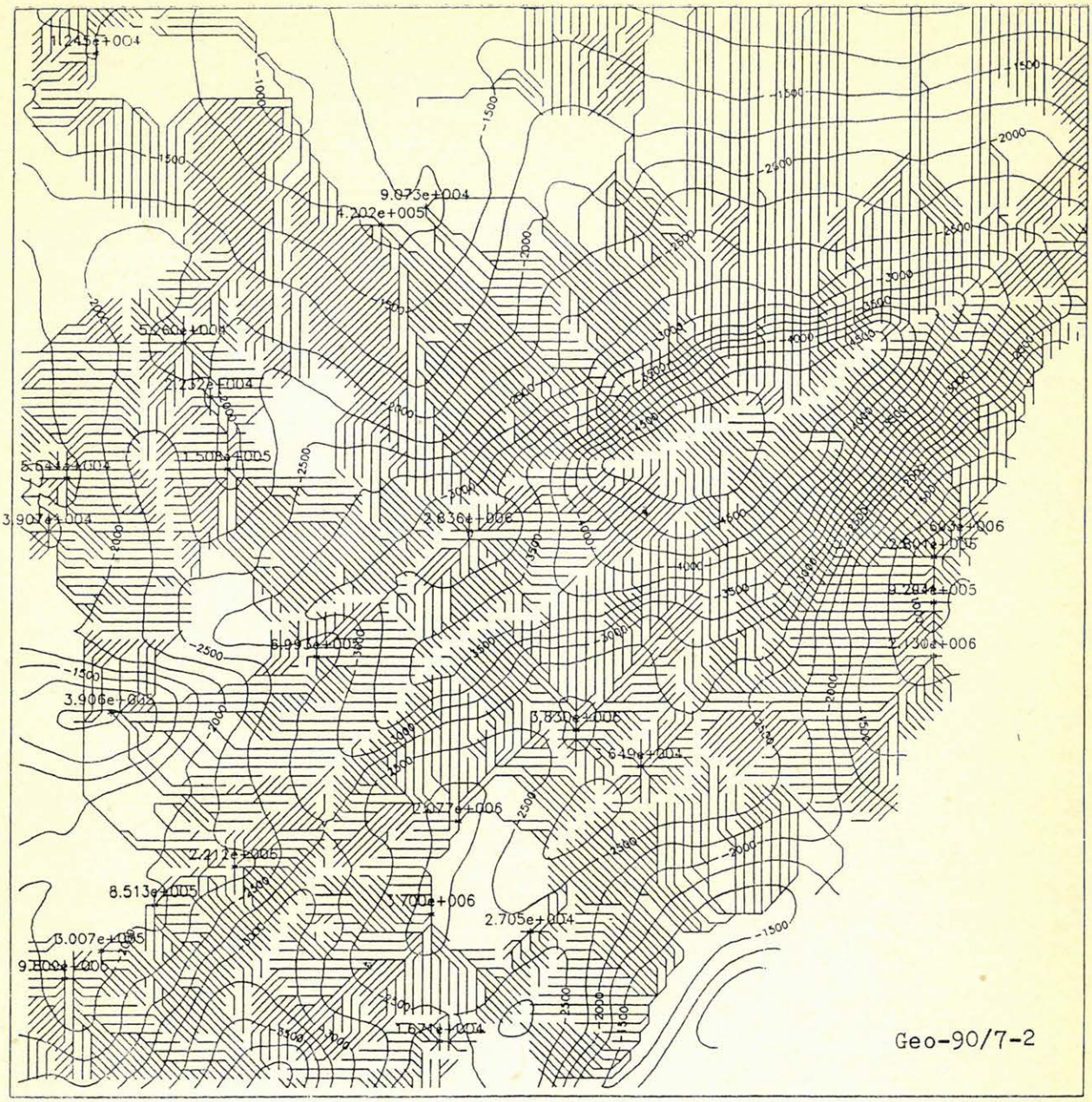
A fenti programcsomag tehát nem egy mechanikus egykimenetű számítást végez, hanem az interpretátor szakmai ismereteit is hasznosítva bizonyos mértékű eltéréseket mutat az eredményekben.

Az SM-eljárás alkalmazása

Az SM-eljárás regionálisan a Nagyalföld egész területére kiterjedően nagy léptékben, vagyis átnézetes formában is alkalmazásra került és részletes feldolgozás formájában is kisebb medenceterületekre. A módszer fejlesztése és a mindig nagyobb és pontosabb információtartalommal rendelkező feldolgozások jelenleg is folyamatban vannak. A továbbiakban az eddigi munka folyamán szerzett tapasztalatokra és néhány alapvetően fontos megállapításra hívjuk fel a figyelmet.

Felületmenti migráció

A másodlagos vándorlást a tároló vizének és a migráló szénhidrogénnek a sűrűségkülönbségéből és a szénhidrogén oszlop magasságából adódó felhajtóerő határozza meg alapvetően, és jelentősen



2. ábra. *Рис 2.* *Fig. 2.*

befolyásolja még a tárolóban mozgó víz hidrodinamikai hatása, valamint a tárolóban uralkodó kapilláris hatás. A másodlagos vándorlás útvonalainak kialakulásában kiemelt jelentősége lehet a diszkordanciafelületeknek, a vetőknek, a regionális kiterjedésű tárolókőzeteknek és ezeken a vezető szinteken belüli permeabilitás gátaknak, vagy kiékelődéseknek. A szekunder migráció szénhidrogén veszteséggel jár, ami kedvezőtlen esetben igen nagymértékű lehet.

A felhalmozódási lehetőségeket a migráció útvonalakba eső csapdák mérete, a feléjük migráló szénhidrogén mennyisége és fázisa, valamint ezzel összefüggésben a migrációs távolság és a migrációs idő határozzák meg. A másodlagos vándorlás és csapdázódás vizsgálatánál az általunk legfontosabb nak ítélt fluidumvezető összlet a neogén-preneogén korú kőzetek határzónájában található tágabb értelemben vett *diszkordanciafelület* a Pannon-medence rétegsorában, amely az ún. mészmárgaszint és az alaphegység felszíne között elhelyezkedő permeabilis kőzetekből áll. A kiváló fluidumvezető tulajdonságokkal rendelkező *diszkordanciafelület* fedője globálisan azonos a pannon feküvel, amelynek morfológiája határozza meg alapvetően a felületmenti migrációt.

A Pannon-medence legértékesebb olaj- és gázgenetikai zónái potenciálisan a neogén mélyzónákban és ezek közvetlen környezetében találhatók, ahol a szervesanyag mennyisége és minősége helyről-helyre eltérő egymástól.

A neogén korú szénhidrogéngenetikai zónákon kívül geokémiai vizsgálatokkal több helyről igazoltan idősebb, így triász, júra és kréta anyakőze-

tek is vannak, amelyek a földtörténet utóbbi időszakában is adhattak le olajat és gáztmameglévő telepekbe. Ezek az idősebb genetikai zónák nem feltétlenül korlátozódnak a neogén mélyzónák területére, mivel a nagy vastagságú vagy nagy álvastagságú (nagydőlésű) mezozoós kőzetösszletek mélyebben fekvő részei viszonylag vékony neogén fedő esetén is megfelelő termikus körülmények között lehetnek a szénhidrogének generálódásához.

Az általunk vizsgált medenceterületeken az olajleadás kezdetét jelentő $R_0 = 0{,}6\%$ vitrinitreflexiós szint *2000—3500* m-es változó mélységben található, jellemzően *2500* m-ben van. A termikus érettség szempontjából fontos határértéket jelentő $R_0 = 1{,}3\%$ vitrinitreflexiós szint *3600—5000* m mélységben, az $R_0 = 2{,}0\%$ vitrinitreflexiós szint *4000—5600* m mélységben helyezkedik el.

A keletkezett szénhidrogén kedvezőtlen esetben diszpergáltan az anyakőzetben maradhat, kedvező esetben egy része telepekben halmozódik fel. A szénhidrogén keletkezésének és a migráció megindulásának az időpontja nem azonos. Az elsődleges vándorlást kiváltó termálexpanziós hatás a szénhidrogén keletkezést követően további eltemetődés eredményeként érvényesül, mélységzónája tehát mindenképpen az $R_0 = 0{,}6\%$ szint alatt van. A fluidum mozgás irányát az anyakőzet és az anyakőzet egységét megbontó tárolókőzet nyomásrendszere szabályozza.

A mészmárgaszint alatti fluidumvezető rendszer jelentősége azért is kiemelkedően nagy a másodlagos migráció szempontjából, mert az anyakőzetből kimigráló szénhidrogén jelentős, feltehetően döntő hányada a mély medencék belsejéből a peremek mészmárgaszint alatti fluidumvezetőrendszerébe migrálhatott, amelynek nyomása nem akadályozhatta az igen nagy túlnyomással végbemenő elsődleges migrációt, sőt feltételezhető, hogy helyenként az összlet túlnyomása az elsődleges migrációból ered. Ugyancsak ebbe a vezetőszintbe jutott fel a mezozoós genetikájú szénhidrogén zöme is.

A neogén litogenetika és a migráció kapcsolata

A medence aljzatra települő és a medencét feltöltő üledékösszlet litogenetikája, ezeknek a kőzeteknek a fluidumvezető, vagy záró jellege alapvetően befolyásolja a másodlagos migrációt.

Az alföldi medenceterületen a miocén időszakban csaknem az egész területet beborító változó vastagságú heterogén kifejlődésű üledékösszlet keletkezett. A miocén képződmények helyenként többszáz méteres (néhol *1—2* ezer méteres) vastagságban fejlődtek ki, máshol nagy területre kiterjedően lepelszerűek. Csupán ott található üledékhiány, ahol az alaphegység relatív kiemelkedése nagy. Annak ellenére, hogy helyenként igen vastag pelites üledékösszletek fejlődtek ki, regionálisan fluidumvezetőnek tartjuk a miocén képződményeket, amelyben a szénhidrogén másodlagos migrációja globálisan biztosított.

A medence mélyzónáiban agyagos üledékek borítják a miocén képződményeket. Ezek az alsópannoniai üledékciklus legidősebb kőzetei, melyek *dr. Szalay Á.* litogenetikai beosztása szerint a Pa_1^{1a} litogenetikai egységet alkotják. A kőzetanyag több mint *90%*-ban pelites és azon kívül, hogy nagyon jó anyakőzet, migrációs szempontból egyértelműen zárókőzetnek minősül.

A Pa_1^{1a} összleten túlterjedően egy jellemzően homokkő és agyagmárga rétegek váltakozásából álló összlet, az ún. Pa_1^{1b} települ. Ebben a pelites és a pszamitos képződmények aránya megközelítően 50—50%. Szeizmo-sztratigráfiai vizsgálatok alapján ez az összlet turbidites prodelta képződmény. Fenntartva azt a lehetőséget, hogy egyes homokkő testek zárt lencsék lehetnek az összletben, ezt a szintet a másodlagos migráció vonatkozásában fluidumvezetőnek tartjuk.

A Pa_1^{1b} összlet fölött, azon túlterjedően a Pa_1^2 üledékek következnek. Az előzőekben említett szeizmosztratigráfiai vizsgálatok szerint ezek delta lejtő képződmények, melyeknek alsó tagjai szinte kizárólag, de több mint 90%-ban pelitek. Homokkő betelepüléseket csak az összlet magasabb részén lehet találni. Migrációs szempontból ezek zárókőzetnek számítanak regionálisan, melyek a fluidumvezető Pa_1^{1b} litogenetikai egységet lezárják. Ugyancsak lezárják a szintén fluidumvezetőnek számító miocén képződményeket nagy területekre kiterjedően ott, ahol a Pa_1^{1b} hiányzik.

A delta lejtő képződmények fölött a deltafront és a delta síkság üledékei, majd tavi képződmények találhatók, melyeken belül regionális kiterjedésű záró képződmények már nincsenek, a homok és agyag rétegek váltakozása olyan, hogy a rétegvizek kapcsolata folyamatos a tároló kőzetekben egészen a felszínig, hidrosztatikus nyomás-rendszert alkotva.

A fentiekben vázlatosan ismertetett neogén litogenetikának rendkívül fontos szénhidrogén migrációs következményei vannak. Sematikusan ábrázolva a preneogén alaphegységet befedő neogén képződmények fluidumvezető és fluidumzáró képességét, a következő helyzet adódik.

A *3a. ábra* egy olyan elvi medencefeltöltődést mutat, ahol az egymást követő fiatalabb képződményeket, vagyis a fiatalabbak túlterjednek az idősebbeken. A Pannon-medencében nem ilyen a szituáció.

A tényleges helyzetet a *3b. ábra* szerinti vázlatos modell mutatja. Az alaphegység morfológiája mindkét esetben azonos, de itt a miocén összlet (M) csaknem teljesen befedi az aljzatot, csupán a nagy relatív maximumokról hiányzik. A Pa_1^{1a} nem terjed túl a miocén üledékeken, csak a mélyzónákban takarja azt. A Pa_1^{1b} túlterjed ugyan a Pa_1^{1a} összleten, de nem terjed túl a miocén rétegeken. Migrációs szempontból ez azt jelenti, hogy a fluidum vezetőnek számító miocén és a Pa_1^{1b} összletek permeabilis kapcsolatban vannak egymással,

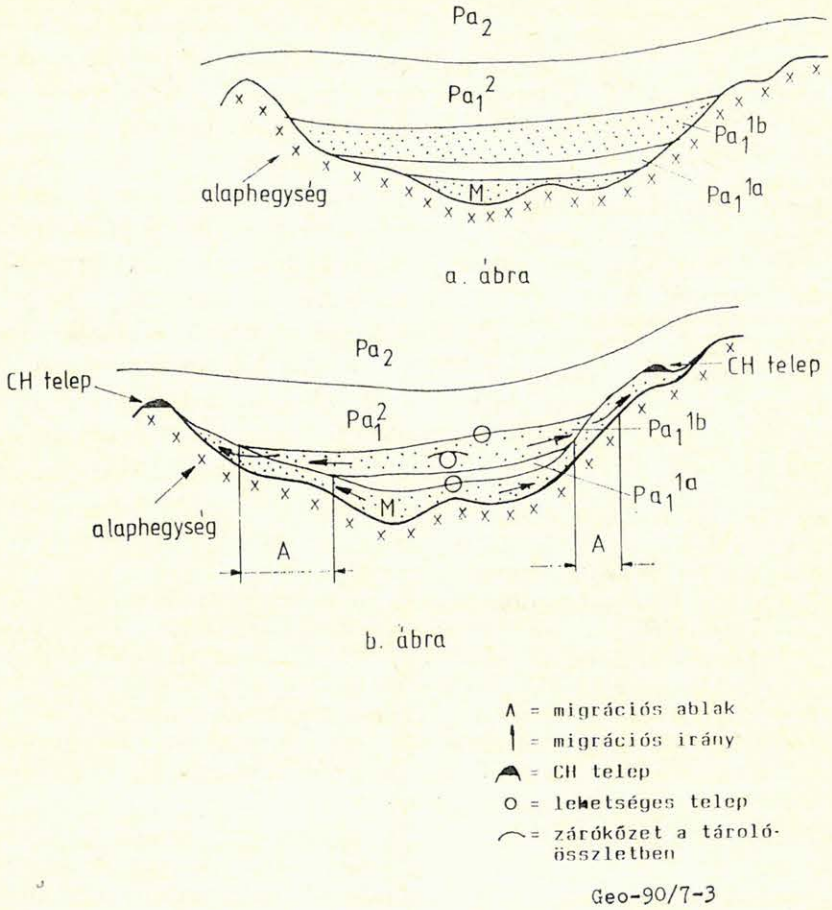
és lencseszerűen zárják magukba a Pa_1^{1a} pelites egységet. A Pa_1^{1b} tetőtérképe azt mutatja, hogy kompakciós határra ez a vezetőképes összlet magasabb szerkezeti helyzetben van a peremeken, mint a mélyzónák fölött, tehát az összletbe bekerülő szénhidrogén a peremek felé migrál és átjut a miocén rétegekbe. Ott kapcsolódhat ahhoz a szénhidrogénhez, ami a Pa_1^{1a} alól a miocénben vándorol fölfelé és ez az együttes migráció addig tart, amíg megfelelő csapda esetén valamilyen neogén, vagy alaphegységi csapdában fel nem halmozódik. A végeredmény tehát általában az, hogy ahol a Pa_1^{1b} összlet közvetlenül a miocénre települ, ott „migrációs ablak" van és ezért ott telep nem található, míg a szénhidrogén előfordulások sorban a migrációs ablak fölött a Pa_1^{1b} kiékelődési zónáján túl helyezkednek el és fedőkőzetük a Pa_1^2 pelites üledékösszlete.

Kedvező esetben telepek alakulhattak ki a Pa_1^{1a} összlet alatt is, vagy a Pa_1^{1b} összleten belül, de ennek az előzőeknél kisebb a valószínűsége.

A tektonika hatása a migrációra

A Pannon-medence aljzatában már a variszkuszi és óalpi hegységképződési fázisok gyűrődései, az ausztriai-larami hegységképződési fázisok torlódásos jelenségei, pikkelyeződések és feltolódások is felismerhetők. Az alpi orogenezis ÉK—DNy-i irányú törésrendszerei főleg az ausztriai és szávai fázisban alakultak ki. A neogénben bekövetkezett extenzió és gyors medencesüllyedés számos újabb törést eredményezett az említett vetőzónákkal párhuzamosan és közel merőlegesen ezekre az irányokra. *Pogácsás Gy.*, *Horváth F.*, *Rumpler J.* és mások legújabb vizsgálati eredményei alapján a Pannon-medence neogén szerkezetfejlődésében alapvető szerepet játszottak a regionális oldaltolódásos vetők és az ezekhez kapcsolódó másodlagos szerkezeti elemek, lisztrikus vetők.

A vetőzónák kedvező esetben kiváló fluidumvezető képességgel rendelkeznek, a „diszkordanciafelületen" migráló szénhidrogéneket gyűjthetik, továbbvezethetik az emelkedések irányában és újra eloszthatják azokat a pannon fekü alatt is. Abban az esetben, ha a tektonikai elemek felnyúlnak a pannoniai összlet fiatalabb üledékeibe, akkor vertikálisan is szállíthatják a szénhidrogént, fel-



3. ábra. *Рис 3.* *Fig. 3.*

juttatva a migrációt szerkezetileg magasabb régiókba.

A vetők pannon fekü alatti migrációs hatásait vizsgálva az a megállapításunk, hogy a genetikai zónán belül haladó vetők a szénhidrogén gyűjtés és újraelosztás során az általunk korábban meghatározott migrációs irányokat nem befolyásolják, de az egyes migrációs utakon szállított szénhigorén mennyiségeket jelentősen megváltoztathatják.

Eltérő a helyzet akkor, ha a vetők túlterjednek a genetikai zónahatáron. Ekkor a genetikai zónából kiszállított szénhidrogén olyan területeken kerül szétosztásra, amelyeket nem tekinthettünk migrációs kiindulási helyeknek. A probléma megoldására olyan elvi migrációs térképet készítettünk, amely nemcsak a genetikai zónából kiinduló migrációs lehetőségeket tünteti fel, hanem attól függetlenül minden potenciális kiindulási helyet figyelembe vesz.

Ezen a térképen ábrázolva a kérdéses vetőszakaszokat megszerkeszthetők azok a lehetséges felhalmozódási helyek, amelyek a genetikai zónából a vetők által kivezetett szénhidrogénnel töltődhettek fel.

Migráció a pannoniai összleten belül

A pannoniai összleten belüli másodlagos migráció a Pa_1^{1b} és a Pa_2 litogenetikai egységben lehetett jelentős, míg a Pa_1^2-ben alárendelt, a Pa_1^{1a}-ban pedig csak nagyon esetleges a homokossági arányok miatt.

Ennek alapján a Pa_1^{1a} összletbe elsődleges migrációval bejuthatott olaj és gáz, míg a Pa_2 összletben legfeljebb csak biogén diagenetikus gázok halmozódhattak fel közvetlenül, a termogén katagenetikus gázok és olajok a feküt képező Pa_1^2 vastag márgás összleten keresztül leginkább csak tektonikai zónákon át juthattak fel.

A Pa_2 összlet deltahomokkövei de még a fölöttük található tavi homokos üledékek is kiváló szénhidrogéntárolási tulajdonságokkal rendelkeznek, de regionális fedőkőzetük nincs.

A tároló és a zárókőzetek sűrű összefogazódása azt eredményezi, hogy a tektonikai zónákon följutó szénhidrogén gyakorlatilag vertikálisan migrál az összletben, kis távolságra kiterjedő „oldalirányú" mozgásokkal, amíg csapdába nem kerül, vagy el nem diszpergálódik. Ennek alapján néhány fontos következtetés levonható:

— A Pa_2-ben ott várható jelentősebb termikus eredetű *CH*-felhalmozódás, ahol a benne levő csapdák tárolókőzetei tektonikai kapcsolatban voltak (esetleg vannak) a „diszkordancia-felület" migrációs útvonalaival.
— Nem eredményezhet szénhidrogénfelhalmozódást a Pa_2 tektonikai kapcsolata a diszkordancia felület olyan zónájával, amely kiesik a migráció útvonalából.
— A telepek távolsága nem lehet nagy a *CH*-t közel vertikálisan közvetítő tektonikai zónától (maximum néhány km) a Pa_2 sztratigráfiai felépítése miatt.

Ezek a következtetések alapvetően fontos felismeréshez vezetnek, amely szerint a felületi migráció alapján kijelölhető felhalmozódási zónák nemcsak a diszkordanciafelületen (alaphegységben, miocénben, pannoniai alapkonglomerátumban) elhelyezkedő telepek legvalószínűbb helyeit jelölik ki, hanem egyben megadják a pannoniai telepek legvalószínűbb területi elhelyezkedését is. Ezt bizonyítják meggyőzően azok a térképek, ahol a felületi migrációval prognosztizált felhalmozódási zónákban találhatók a pannoniai telepeket tartalmazó *CH*-előfordulások is.

Több szénhidrogénelőfordulásnál a diszkordanciafelület és fölötte a pannoniai csapdák egyaránt feltöltődtek szénhidrogénnel. Gyakori az olyan eset is, hogy csak az egyik szinttáj produktív. Ha nincs vető, akkor *CH* csak a „diszkordancia-felületen" csapdázott, viszont ha egy vető valamelyik migrációs utat teljesen „megcsapolta", akkor azon a területrészen csak a pannonban lehet szénhidrogén telep. Attól függően, hogy a vető mikor élt a migráció változó mennyiségi és minőségi (főleg olaj, vagy főleg gáz migráció) folyamatában, ez a vertikális szénhidrogén elosztás nagyon változatos *CH*-felhalmozódási rendszereket eredményezhetett.

A pannoniai összletben található szénhidrogénelőfordulások valószínű helyének prognosztizálása tehát a felületi migráció és a tektonikai együttes elemzésével oldható meg. Ennek alapján jelenleg már meg tudjuk adni a prognosztikus területeket, de a felhalmozódások vertikális megoszlását csak esetlegesen.

Nem zárható ki annak lehetősége sem, hogy bizonyos mértékű vertikális migráció vetők közvetítése nélkül, sztratigráfiai kapcsolatokon keresztül történt. Ezek követése ma még megoldhatatlan regionálisan. Mivel a fiatalabb üledékek globálisan követik az aljzat morfológiáját, a bennük történő másodlagos migráció is globálisan azonos irányú lehet mint a diszkordanciafelületen, vagyis a valószínű felhalmozódási területek emiatt is egybeeshetnek.

Megállapítások

Az **SM**-eljárás célja egy olyan térkép létrehozása, amely a migrációs irányok, a migrációs távolságok, a migráló szénhidrogén mennyiségek meghatározásával, a litogenetikai, a sztratigráfiai, a tektonikai és egyéb geológiai viszonyok figyelembevételével megadja a lehetséges olaj- és gázfelhalmozódási zónák helyét és azok várható értékét. A *4. ábra* egy térképrészletet mutat a Derecskei-mélyzóna környezetéről, amelyen a pannon fekü szintvonalai és az *SM*-módszerrel meghatározott perspektivikus szénhidrogénfelhalmozódási zónák (a térképen fekete foltok) vannak ábrázolva. Ez nem az említett céltérkép, de a legfontosabb következtetések erről is levonhatók:

— A szénhidrogének másodlagos vándorlása felületi migráció esetén is viszonylag keskeny útvonalakon történik a genetikai zónákból a felhalmozódási helyek felé. Ezek az útvonalak jól

Geo-90/7-4

4. ábra. *Рис 4.* *Fig. 4.*

meghatározhatók a számítógépes szimulációval.

— A szerkezeti maximumoknak csak egy része esik migrációs útvonalba, vagyis a módszer nem egyszerűen a maximumokat keresi, hanem a produktívnak várható zónákat különíti el.

— A migrációs útvonalak meghatározásának megbízhatóságát az ismert szénhidrogén előfordulások igazolják, mivel a területen eddig megismert kőolaj- és földgázelőfordulások mindegyike az *SM*-eljárással kimutatott perspektivikus területekre esik, még a kicsiny készlettel rendelkező telepek esetében is, ezért újabb felhalmozódásokat is csak a migrációs útvonalakhoz kapcsolható csapdákban, vagyis az eljárással prognosztizált helyeken lehet remélni.

— A migrációs útvonalak ismerete, azoknak viszonylag kis területi kiterjedése, hatékonyan koncentrálja a részletes előkutatási igényeket.

— Az eljárás alkalmazásával a sztratigráfiai kutatások optimális helye is megadható.

— A perspektivitás viszonylag széles mélységzónához kapcsolható néhány száz métertől 4000 m körüli mélységig a *CH*-val telített migrációs útvonalak helyzete alapján.

— Az előkutatások számára eddig kevésbé ismert új területek jelölhetők ki az *SM*-eljárás alapján.

Összefoglalva a fentieket megállapítható, hogy az SM-módszer alkalmazásával a perspektivikus szénhidrogénkutatási területek, illetve a részletes előkutatásra, rejtett csapdák szeizmosztratigráfiai kutatására legalkalmasabb helyek kijelölhetők. A számítógépes szimulációs eljárás az új adatrendszerek mellett széleskörűen felhasználja a területre vonatkozó korábbi geofizikai és geológiai ismereteket, a morfológiai, a litológiai, a tektonikai stb. térképeket, amelyeket *rendszerben* alkalmaz és ezáltal minőségileg új eredményeket ér el. Az eljárást ezideig a jelenlegi statikusnak vett földtörténeti állapot modellezésére használtuk fel, de a módszer alkalmas süllyedéstörténeti folyamatban vizsgált dinamikus modellezésre is a különböző geológiai időpontoknak megfelelő felületi térképsorozatok felhasználásával.

Az SM-eljárásban alkalmazott iterációs vizsgálatok rámutattak, hogy a kiindulási mennyiségek (pl. a generálódott *CH*-mennyiség, a migrációs veszteségek stb.) kismértékű változási olyan következményekkel járnak, amelyek előre nem becsülhetők a felhalmozódási helyeken, a bonyolult *elágazásos* számítási rendszer miatt. Szimuláció nélkül a migráció követhetetlen.

Végül megállapítható, hogy a szénhidrogéngenetikai és a migrációs veszteségi adatok ismeretében az SM-eljárás a prognosztika egyfajta módszere is lehet.

IRODALOM

David, A. White (1988): Oil and Gas Play Maps in Exploration and Assessment: AAPG Bullatin, v. 72., pp. 944—949.

Gajdos I.—Pap S.—Somfai A.—Völgyi L. (1983): Az alföldi pannoniai (s.I.) képződmények litosztratigráfiai egységei: MÁFI alkalmi kiadv. Bp.

Haas J. (1987): Magyarország geológiai szerkezetének fő vonásai: MTA SZAB kiadvány, Szeged.

Horváth F. (1987): Az Alföld és környezetének neogén kéregfejlődése: MTA SZAB kiadvány, Szeged.

Pogácsás, Gy. (1984): Seismic stratigraphic features of neogene sediments in the Pannonian basin: Geoph. Transaction V. 30, — No. 4. pp. 373—410.

Rumpler J.—Horváth F. (1984): Extenziós tektonika szeizmikus szelvényeken és ennek kőolajkutatási jelentősége a Pannon-medencében. Földt. Kut., 27 (3): 49—61.

Szalay, Á. (1982): Geológiai és geokémiai erkonstrukció szerepe a szénhidrogén-perspektívák előrejelzésében: MTA X. Osztályának Közleményei 15/3—4.

Könyvismertetés

A *Lecture Notes in Earth Sciences* sorozat *27.* köteteként jelentette meg a *Springer* kiadó az *1988.* márciusában Karlsruheben tartott azonos tárgyú szimpózium előadásait, melyek különösen geofizikusok, geológusok és környezetvédelmi szakemberek számára érdekesek.

G.-P. Merkler, H. Militzer, H. Hötzl, H. Armbruster, J. Brauns (Eds):

Detection of Subsurface Flow Phenomena.
ISBN 3—540—51875—4, 0—387—51875—4,
514 pp, 254 figs.

A *34* előadást tartalmazó kötet *6* részterületet ölel fel, melyek közül a spontán potenciál (PS) mérésekkel foglalkozó rész a legterjedelmesebb. Itt az elméleti alapoktól kezdve, a matematikai (analitikus), numerikus, laboratóriumi és nagyterjedelmű modellkísérleteken keresztül a case history-kon át egészen a feldolgozás és kiértékelés részkérdéseinek tárgyalásáig szinte minden részlettel foglalkoztak az előadók. Úgy tetszik, hogy ez a régi, egyszerű, de a most már sok mérési ponton huzamosabb ideig folytatott észlelések útján keletkező hatalmas adattömeg kezelését igénylő geoelektromos módszer a nagykapacitású személyi számítógépek térhódításával ismét előtérbe kerül.

Több előadásban ismertették a geoelektromos ellenállásmérések speciális alkalmazási lehetőségeit a földalatti áramlások térképezésében mind gátak, mind hulladéktárolók közelében.

Sok tekintetben érdekesek a geotermikus mérésekkel, alkalmazási módszerükkel foglalkozó előadások is.

A szimpózium alkalmából rendezett kerekasztal megbeszéléseken kitértek a geofizikusok és talajmechanikusok csapatmunkájára és az alkalmazott módszerek egyedi és komplex felhasználásának metodikai problémáira is.

A jól szerkesztett és kitűnő minőségű ábraanyaggal ellátott kötet aktuális ismereteket közvetít.

Dr. Deres János