

Folyamatkövető kutatási módszerek a szénhidrogén-kutatásban

A dolgozat a rekonstrukciós módszerű kutatás lehetőségére és szükségességére mutat rá. Áttekinti az egyes szénhidrogén-genetikai részfolyamatok ismertségét. A részfolyamatok időben és térben való összekapcsolásával folyamatkövető modellt javasol, bemutatva a módszerre épülő háromdimenziós, dinamikus szimuláció szénhidrogénföldtani alkalmazásának lehetőségeit.

Bevezetés

A múlt század közepén fogalmazták meg a geológusok a szénhidrogén-kutatás első nagy elméletét, az antiklinális felhalmozódás elvét. Az eltelt másfél évszázad során ez az elmélet máig is a szénhidrogénkutatás meghatározó elmélete maradt. Az elméletre épült kutatási módszer hatalmas fejlődést mutatott, melyet a geofizikai technika kifejlesztése és a részletes földtani elemzések tették lehetővé.

A század elejétől kezdve bontakozott ki az ún. hidrodinamikus elmélet, amely a víz, olaj, gáz többfázisú áramlásával és felhalmozódásával kapcsolatos tanulmányokra épült. Ez az elmélet a kutatásnak új lehetőségeket adott a hidrodinamikai csapdázódás reális lehetőségeinek feltárásával. Az antiklinális kutatás geológiai rutinját felváltotta a kedvező hidrodinamikai feltételeket kereső, a matematika és fizika eszköztárát is felhasználó kutatás. Az elmélet igen fontos terméke a dinamikus, folyamatkövető szemlélet kialakulása, a migrációs és akkumulációs folyamatok leírásánál.

A kutatási módszerek az utóbbi harminc évben a geokémiai kutatás lehetőségeivel bővültek. A szervesgeokémiai ismeretek tudatos alkalmazása főleg a szénhidrogének keletkezési körülményeinek tisztázásával jelentett segítséget a perspektivikus kutatás számára. Segítségével tisztázhatók a szénhidrogéngenezis fontos mozzanatai: az egyes földtani-szerkezeti egységekben keletkező szénhidrogének keletkezési körülményei, az üledéktömegek szénhidrogénperspektivitása, a megtalált szénhidrogének származási kapcsolatai.

Az üledékes medence egészére vonatkozó szénhidrogéngenetikai következtetések ellenére is szakadék van a keletkezés és felhalmozódás folyamatai között. A migráció, amely ezt a kapcsolathianyot kitölti, földtani felfogásban csak az általános szintjén írható le, a gyakorlati kutatás azonban a probléma konkrét megoldását kéri számon. Az elmúlt évek során számos hidrodinamikai modell született, amelyek a paleo-hidrodinamikai viszonyok tisztázása érdekében magukba foglalják a medence üledékföldtani folyamatainak feltárását, a medencesüllyedés és feltöltődés kapcsola-

tának elemzését, a hőmérséklet és nyomásviszonyok rekonstruktív leírását, a szervesgeokémiai eredmények felhasználást (Magara, K., 1976, Cousteau, H. 1977).

Rekonstrukciós szemléletű kutatási módszer.

A kutatási módszerek története fordított fejlődési vonalon haladt, mint a szénhidrogén-genezis folyamata. A gazdasági szükség nem volt tekintettel a keletkezés megválaszolatlan fehér foltjaira. Napjaink komplex kutatása sem elsősorban tudományos indíttatású, hanem szigorú gazdasági szükségességéből fakadó: annak a belátása, hogy az egyszerű szerkezetek fogyván, fel kell készülni a bonyolultabb körülmények közti kutatásra. A technikai csúcshintre fejlesztett szeizmika mellett fel kell használni a geokémia és hidraulika nyújtotta segítséget is úgy, hogy mindezeket egy dinamikus geológiai személet ötvözze egésszé. Napjaink új kutatási koncepcióját, a rekonstrukciós módszerű folyamatkövető kutatást, a bonyolult földtani viszonyok hívták életre.

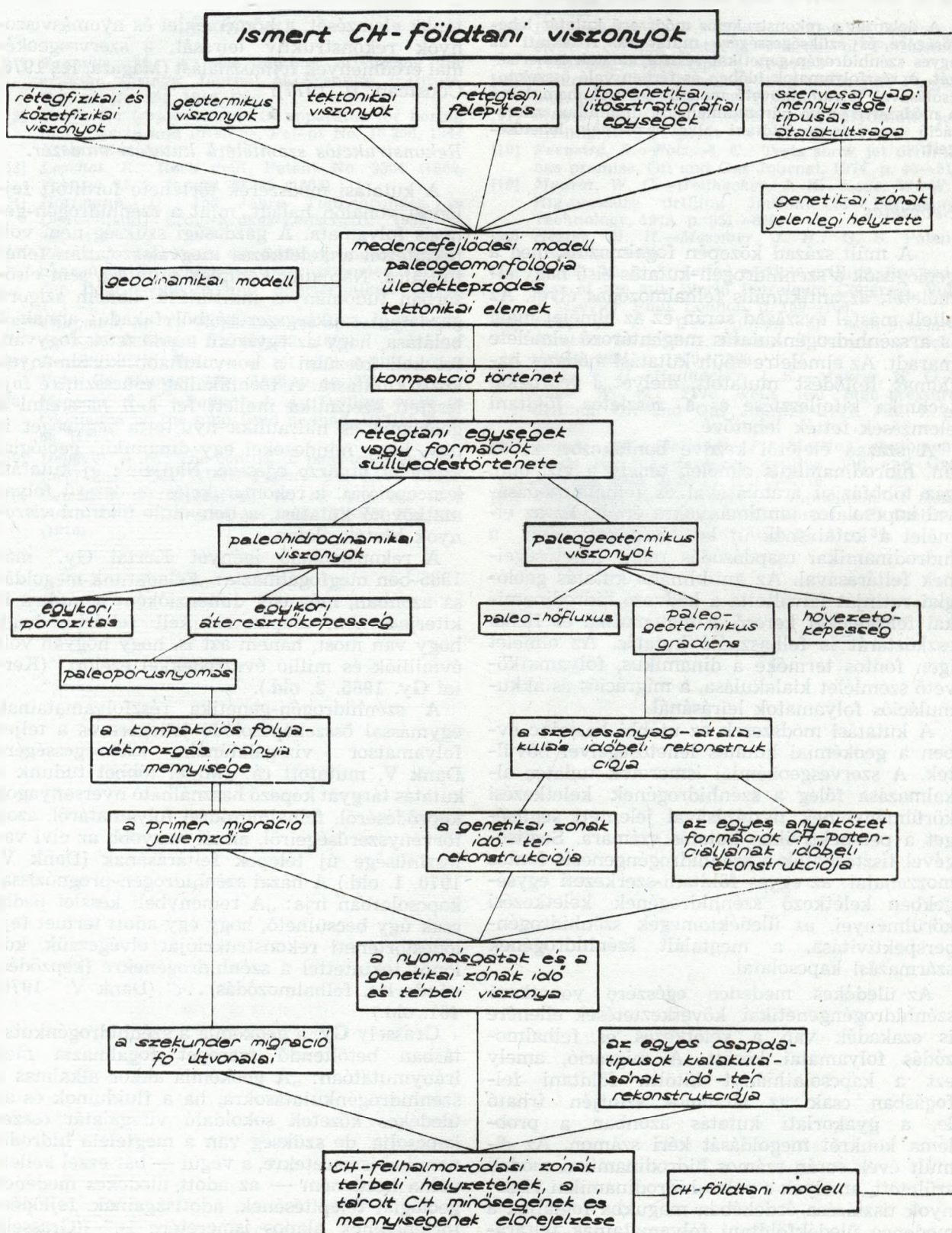
A rekonstrukció igényét Kertai Gy. már 1965-ben megfogalmazta: „Feladatunk megoldása azonban, még egy dimenzióként a múltra is kiterjed, nem csupán azt kell feltárni, hogy hogy van most, hanem azt is, hogy hogyan volt évmilliók és millió évekredekkel ezelőtt” (Kertai Gy. 1965. 2. old.).

A szénhidrogén-genetika részfolyamatainak egymással összekapcsolódó jellegére és a teljes folyamatsor vizsgálatának szükségességére Dank V. mutatott rá: „Minél többet tudunk a kutatás tárgyát képező használható nyersanyagok képződéséről, felhalmozódási folyamatáról, azok törvényszerűségeiről, annál nagyobb az elvi valószínűsége új telepek feltárásának (Dank V. 1970. 1. old.) A hazai szénhidrogén-prognózissal kapcsolatban írja: „A reménybeli készlet pedig csak úgy becsülhető, hogy egy adott terület fejlődéstörténeti rekonstrukcióját elvégezzük, különös tekintettel a szénhidrogénekre (képződés, vándorlás, felhalmozódás)...” (Dank V. 1976. 461. old.)

Grassely Gy. a geokémia a szénhidrogénkutatásban betöltendő szerepét fogalmazta meg iránymutatón: „A geokémia akkor alkalmas a szénhidrogénkutatásokra, ha a fluidumok és az üledékes kőzetek sokoldalú vizsgálatát összekapcsolja, de szükség van a megfelelő hidrodinamikai ismeretekre, a végül — bár ezzel kellett volna kezdenem — az adott üledékes medence geológiai felépítésének, adottságainak, fejlődéstörténetének alapos ismeretére is.” ((Grassely Gy. 1975. 4. old.).

A rekonsztrukciós kutatási módszer következetes képviselői Tissot, B. P. és Welte, D.H. Megfogalmazásuk szerint: „Ennek a felfogásnak az alapötlete az, hogy felismerje és azonosítsa az anyakőzet összeteteket, meghatározza szénhidrogén-potenciálját térben és időben és ezeket az ismereteket a medencefejlődésre vonatkoztassa.

Az ilyen tanulmányok eredményeként a legjelentősebb szénhidrogénfelhalmozódási zónák kijelölhetők. Meg kell határozni az anyakőzetek szénhidrogéngeneráló képességét, a szénhidrogén-migráció legkedvezőbb utait, és a csapdák kialakulásának helyeit a medencefejlődés adott időpontjaiban. Ily módon a fúrásos kutatás cél-



1. ábra. A folyamatkövető, rekonstrukciós elvű kutatási módszer vázlatja

pontja kijelölhető". (Tissot, B. P., Welte, D. H. 1978. 487. old.). Magara, K. (1978) a primér és szekundér migrációs folyamatok elemzésénél az üledékes összletek kompaktójának időbeli követésével valósította meg e kutatási módszert.

Bonham, L. C. (1980) a Gulf-Coast-ra vonatkozó adatok alapján mutatja be a rekonstrukciós módszert. Egyes időpontoknak megfelelően rekonstruálta a medencesüllyedés állapotait, ezekhez rendelve a rekonstruált hőmérséklet- és pórúsnnyomás-értékeket.

A rekonstrukciós elvű kutatási módszer a vizsgálódás vezérfonalaként a földtani időt ragadja meg. A jelenre vonatkozó geológiai, geokémiai, kőzet- és rétegfizikai adatok felhasználva a földtani múlt adott vagy választott időpillanataiban határozza meg a szénhidrogén-genetikai részfolyamatokat jellemző paramétereket. E múltbeli pillanatfelvételek földtani időkeretbe rendezésével a folyamatok történetét kívánja feltárni. A rekonstrukciós elvű kutatás alapja tehát az idő lesz.

Az utóbbi 15—20 évben létrejött annak a lehetőségére tudományos és technikai szinten egyaránt, hogy a szerkezetkutatás mellett — ami a szénhidrogén-genetikai sor legvégső állapotát ragadja meg — a kutatás a szénhidrogén-genézis teljes folyamatát, a keletkezést, vándorlást és felhalmozódást is átfogja. Így alakul ki egy új kutatási koncepció, amely folyamatkövető jellegéből következően a térbeliségre és az időbeliségre egyaránt támaszkodik, és a kutatás HOL kérdése mellett a MIKOR, MIÉRT, MENYNYI kérdésekre is választ akar adni.

A szénhidrogén-keletkezés, migráció, felhalmozódás részfolyamatokat az időben végbemenő medencefejlődés folyamata kapcsolja össze. A rekonstrukciós kutatási módszer tehát a medencefejlődés adott időpontjaiban vizsgálja az egyes részfolyamatokat, az azokat meghatározó fizikai, kémiai, mechanikai állapotokat. A vizsgált időpontokhoz tartozóan a részfolyamatok e pillanatfelvételeit a keletkezés — migráció — felhalmozódás folyamatsornak megfelelően kapcsolja össze. Egy-egy medence szénhidrogén-genetikai rekonstrukciója a pillanatfelvételek szisztematikus egymáshoz rendeléséből alakul ki.

A folyamatkövető kutatás információs lépcsőit és a megismerési szintek egymásraépülő kapcsolatát mutatom be az 1. ábrán. A jelenre vonatkozó, ún. „statikus” alapadatok — rétegfizikai, kőzetfizikai, geotermikus, tektonikai, rétegtani, litológiai, szervesgeokémiai viszonyok, stb. — felhasználásával jellemezhetjük a vizsgálandó földtani egységet, pl. egy üledékes medencét. A kompaktiótörténetet is figyelembe vevő süllyedéstörténet megállapítása lehetővé teszi, hogy a jelenre vonatkozó statikus alapadatokat időben végbemenő részfolyamatok leírására használjuk fel. Meghatározhatók a paleogeotermikus, paleohidrodinamikai viszonyok a medence fejlődése folyamán. Ezek segítségével következtetni lehet a CH-k primér és szekundér migrációjának jellemzőire, az egyes genetikai zónák kialakulásának idő- és térbeliségére, az anyakőzetösszletek időben változó generáló képességére. A paleo-

geotermikus és palaohidrodinamikai viszonyok idő és térben való összekapcsolása a medencefejlődés során kialakult csapdatípusokkal megteremtheti a CH-perspektívák előrejelzésének lehetőségét. Az egymásra épülő, rekonstruált részfolyamatok szintézise tehát a kutatásainkhoz nélkülözhetetlen CH-földtani modell, melynek megbízhatóságát a megismert, valóságos CH-földtani viszonyokkal folyamatosan ellenőrizni, ill. módosítani kell.

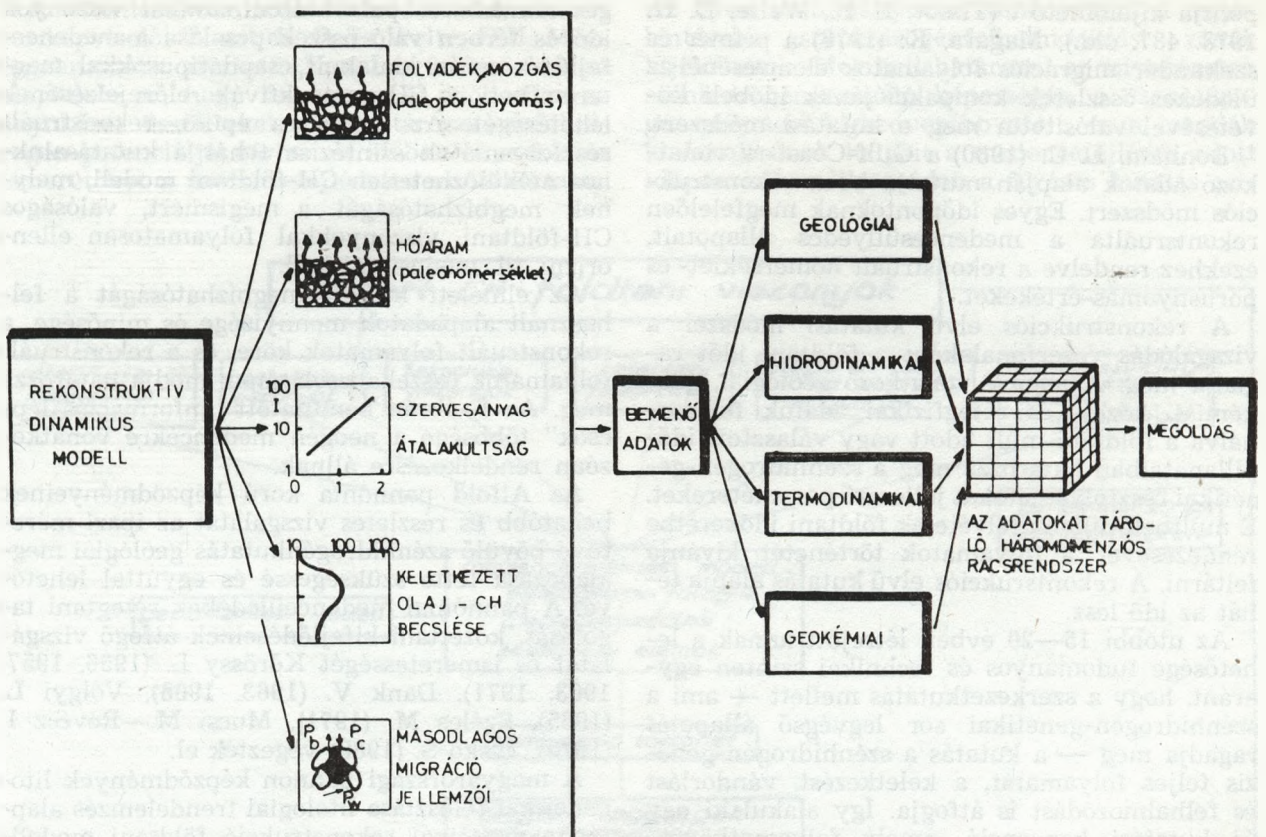
Az elméleti modell megbízhatóságát a felhasznált alapadatok mennyisége és minősége, a rekonstruált folyamatok köre, és a rekonstruált folyamatok összekapcsolásának módja határozza meg. Az 1. ábrán bemutatott „információs lépcsők” többsége a neogén medencékre vonatkozóan rendelkezésre állnak.

Az Alföld pannónia korú képződményeinek behatóbb és részletes vizsgálatát az ipari méretűvé bővülő szénhidrogénkutatás geológiai meg-alapozása tette szükségessé és egyúttal lehetővé. A pannóniai medenceüledékek rétegtani tagolását, közzetani kifejlődéseinek átfogó vizsgálatát és ismeretességét Körössy L. (1956, 1957, 1963, 1971), Dank V. (1963, 1965), Völgyi L. (1965), Széles M. (1971), Mucsi M.—Révész I. (1975), Jaskó S. (1980) végezték el.

A magyarországi pannon képződmények litogenetikai felosztása litológiai trendelemzés alapján a genetikai rekonstrukció földtani modelljét pontosította (Szalay Á., Szentgyörgyi K. 1979). A lyukgeofizikai szelvények közzetani tartalmára alapozva Gajdos I., et. al. (1980) a Tiszai Formációcsoport litosztratigráfiai egységeit dolgozták fel. Ez a munka beépült az ország pannóniai képződményeinek átfogó litosztratigráfiai rendszerébe, melyet Jámbor Á. (1981) vezetésével a Magyar Rétegtani Bizottság Pannóniai Munkabizottsága állított össze. Készmárky et.-al (1981) a szeizmikus reflexiók jellemzők alapján a kelet-magyarországi neogén depressziók rétegtani, faciológiai beosztását változták fel. A szeizmikus és litosztratigráfiai egységek illesztését Pogácsás Gy.—Völgyi L. (1981) végezték el.

Az OKGT irányítása mellett 1967-től jelentős szervesgeokémiai kutatás indult el. A kutatási módszerek kidolgozásában, később az eredmények értékelésében részt vettek az SZKFI, a JATE Ásványtani Geokémiai és Közzetani Tanszéken, a MÁFI Szénhidrogén Prognózis Osztályán és Anyagvizsgáló Főosztályán, az MTA GKL-ban, valamint az Olajbányászati Kutató Laboratóriumban (OKL) dolgozó szakemberek. Az eredmények ismertetésére, konzultációkra és az új kutatási irányok kijelölésére az MTA Geokémiai Szakbizottsága adott lehetőséget, megteremtve a tudományos kutatás és az ipari alkalmazás közvetlen, egymásra támaszkodó kapcsolatát.

E több irányú geokémiai fejlesztés eredményeit is felhasználva elemezték a Délkelet-alföldi és a Dráva-süllyedékek szénhidrogén-képződési és migrációs folyamatait (Szalay Á.—Koncz I. 1980); a geológiai és geokémiai rekonstrukció szerepét a szénhidrogén-képződési folyamatok megismerésében; a genetikai zónák



2. ábra. A háromdimenziós, determinisztikus, dinamikus modell vázlata (D. H. Welte és M. A. Yükler nyomán; AAPG, 65—8, 1981.)

térbeli alakulását, a képződés időbeli vonatkozásait az alföldi süllyedésekre vonatkozóan (Szalay Á. 1982).

A szerves anyag átalakulásának előrejelzését szolgáló számítási eljárások mindegyike a süllyedés és hőtörténet rekonstruálásából indul ki, a szerves anyag átalakultsági fokát az idő és hőmérséklet egymáshoz kapcsolt kettősségére vezeti vissza. A Pannon medence jelenlegi hőmérsékletviszonyainak és neogén hőtörténetének a szerves anyag időbeli átalakulását leíró vizsgálatahoz felhasználhatók Boldizsár T. (1978), Völgyi L. (1977, 1979), Bobok E.—Koncz I.—Szalay Á., (1982), Stegena L. et. el. (1982), Sajgó Cs. (1982), Horváth F. et. el. (1982) kutatási eredményei.

Terzaghi, K. és Peck, R. (1948) a vízzel telített agyagok tömörödésére vonatkozó talajmechanikai elméletére támaszkodva Hubbert, M. K. és Rubey, W. (1959) dolgozták ki a finomszemcsés törmelékek kompaktációjának földtani vonatkozásait, bevezetve az ekvivalens mélység fogalmát. Az agyagos kőzetek porozitása és az effektív kőzetváz feszültsége, ill. pórusnyomása közti kapcsolatot felhasználva, Hottman, C. E.—Johnson, R. T. (1965), Foster, J.—Whalen, H. E. (1966), Magara, K. (1978), Plumpley, W. J. (1980), Alexandrov, B. L. (1980) munkái alapján becsülhetők a paleopórusnyomásértékek (Szalay Á. 1983).

Az anomáliás pórusfolyadék-nyomás kialakulásának törvényszerűségeit, a neogén medencékben végbemenő migrációs lehetőségeket Somfai A. (1976, 1980) világította meg, rámutat-

va a medencealjazati képződmények szénhidrogén-tárolási perspektíváira.

A miskolci NME Olajtermelési Tanszéken folyó kutatás kontinuummechanikai eszközök alkalmazásával a kőzet—folyadék—gáz rendszer mozgását, állapotait leíró általános modellt dolgozott ki, ami a migrációs folyamatok rekonstruálását teszi lehetővé (Bobok E.—Szalay Á. 1982).

Háromdimenziós, dinamikus, determinisztikus kutatási módszer.

A rekonstrukciós módszer dinamikus szemléletét és a modern számítástechnika lehetőségeit egyesíti a CH-kutatás kialakulóban lévő új kutatási módszere, az ún. háromdimenziós, dinamikus determinisztikus módszer.

A módszer felismerése az, hogy a szénhidrogén-földtani folyamatok nyomkövetése, időben való visszaállítása az esettanulmányok, pillanatfelvételek kapcsán csak egymástól elkülönítve oldható meg. A folyamatok azonban nem elszigetelten mennek végbe, hanem egymásrahatva, hiszen legtöbb folyamat nemcsak időfüggő, hanem kölcsönösen összefüggő is, kölcsönösen determinált. A paleogeotermikus viszonyok nemcsak a szerves anyag érettségét határozzák meg, hanem befolyásolják a pórusnyomást, a pórusfolyadékok viszkozitását, stb. Ugyanakkor a túlnyomásos összletek befolyásolják a paleogeotermikus viszonyokat a hővezetőképesség változtatása révén. A túlnyomás létrejötte nemcsak segíti a migrációt, de a ki-

alakult nyomásgátak lehetetlenné is teszik azt bizonyos irányokban.

A folyamatkövető, dinamikus és determinisztikus kutatási módszer, adott ismeretségi szinthez tartozóan, számítógép segítségével egymásra hatásában szimulálja a részfolyamatokat.

A dinamikus, determinisztikus modell az ismert, vagy megismert részfolyamatokon, és azok közötti függőségen alapszik. Ezek a részfolyamatok — ha a szénhidrogén-genezis teljességére vagyunk kíváncsiak — a keletkezés, migráció és felhalmozódás teljes folyamatát át kell fogják.

A részfolyamatokat laboratóriumi kísérletek, megfigyelések, számítások során tisztázni kell, esettanulmányokkal az adott területen ellenőrizni.

A részfolyamatok és kapcsolataik összessége képezi a dinamikus determinisztikus modellt. A jelenlegi rétegtani, litológiai, tektonikai, faciológiai, stb. adatokat a geológia adja. A folyadékmozgás irányát, sebességét, a folyadékok hidraulikus tulajdonságait a hidrodinamika határozza meg. A hőáram nagyságát, sebességét, a közetek és folyadékok termikus tulajdonságait a termodinamika szolgáltatja. A szerves anyag mennyiségét, típusát, átalakultsági fokát és szénhidrogén-képző potenciálját a geokémia adja. A dinamikus, determinisztikus modell egy háromdimenziós geológiai rácsszerkezet minden pontjában kiszámítja választott helyen és időpontban a keletkezésre, migrációra, akkumulációra vonatkozó adatokat (2. ábra).

A folyamatkövető, rekonstrukciós kutatási módszer tehát csak abban az értelemben új, hogy az eddigi módszerek eredményeit dinamikus, determinisztikus rendszere szerint asszimilálja, ez által a keletkezéstől a felhalmozódásig átfogja szénhidrogén-genezis folyamatát. Az egymás mellett lejátszódó folyamatok időbeli rekonstrukciójával, ezek szelvényen, térképen való megjelenítésével olyan segítséget ad a geológus kezébe, amelyent eddig egyetlen módszer sem produkált. A módszert napjainkban már használják új kutatási területek kilitásainak megítélésére. (Welte, D. H., Yukler, M. A. 1981; Rouchet, J. 1980., Kuzuo Nakayama, De Witt C. Van Sien 1981).

Jelenlegi ismereteink lehetővé teszik a részfolyamatok leírását. A számítógépi technikai háttér megteremtése, az új kutatási módszert elfogadó, képzett szakemberek összehangolt munkája a jövőben megteremtheti, a magyarországi szénhidrogén-földtani sajátosságok miatt igényelt, új kutatási elmélet kibontakoztatását és az új kutatási módszerek alkalmazását.

IRODALOM

Alexandrov, B. L.: A geofizikai módszerekkel történő mennyiségi porusnyomásbecslés délkelet-magyarországi lelőhelyeken való alkalmazásának néhány eredménye. Magyar Geofizika. 1980. XXI. 2. 41—50.

Bobok E.—Szalay Á.: Kontinuummechanikai eszközök alkalmazása a közvetett szénhidrogén-genetikai kutatásban. MTA X. Oszt. Közl. 1981. 14/1. 95—106.

Bobok E.—Koncz I.—Szalay Á.: A paleogeotermikus rekonstrukció szerepe. Kőolaj és Földgáz. 1982. 1. 17—22.

Bonham, L. C.: Migration of hydrocarbons in compacting basins. Bull. Am. Assoc. Petr. Geol. 1980. 64/4. 549—568.

Boldizsár T.: Geotermikus energiatermelés Magyarországon. MTA X. oszt. Közl. 11, 3—4, 233—255. 1978.

Cousteau, H.: Formation waters and hydrodynamics. J. Geochem. Exploration. 1977. 7. 214—241.

Dank V.: A délföldi neogén medencék rétegtani viszonyai és kapcsolatuk a dél-baranyai és jugoszláviai területekhez. Földtani Közöny. 1963. 93. 3. 304—324.

Dank V.: A délföldi szénhidrogén-kutatások legújabb eredményei. Földtani Kutatás. 1965. 8. 4. 1—8.

Dank V.: Szénhidrogének genetikája, migrációja, felhalmozódása. 1970. Földtani Kutatás, XIII. 1. 1—6.

Dank V.: A hazai szénhidrogén-prognózis néhány kérdése. Földtani Közöny. 1976. 106. 457—463.

Foster, J. B.—Whalen, H. E.: Estimation of formation pressures from electrical surveys offshore Louisiana. of. Petr. Techn. 1966. 18. 165—171.

Gajdos I.—Pap, S.—Somfai A.—Völgyi L.: Tiszai Formációcsoport litosztatográfiai egységei. Kézirat. 1980.

Grasselly Gy.: A geokémia szerepe és lehetősége a szénhidrogén-prognózisban. Földtani Kutatás. 1975. XXIII. 3. 3—6.

Horváth, F.—Szalay, Á.—Dövényi, P.—Stegena, L. et. al.: Interpretation of Hungarian vitrinite reflectance data from the Pannonian basin. Evolution of extensional basins... Discussion meeting. 1982. Veszprém. June. 20—26. Abstract: 70—71.

Hottman, C. E.: Johnson, R. K.: Estimation of formation pressures from log-derived shale properties. J. Petr. Technol. 1965. 17. 717—722.

Hubbert, M. K.—Rubey, W. W.: Role of fluid pressure in mechanics of overthrust faulting. Geol. Soc. Am. Bull. 1959. 70. 115—166.

Jaskó S.: Üledék-felhalmozódás és kőszénképződés a neogénben. MÁFI-kiadvány. Budapest. 1981.

Kertai Gy.: A geofizika szerepe a kőolaj- és földgáz-kutatásban. Földtani Kutatás. 1965. VIII. 3. 1—3.

Késmárky L.—Pogácsás Gy.—Szanyi B.: Szeizmikus szelvények sztratográfiai értelmezése kelet-magyarországi neogén-quarter depressziók példáján. Kézirat. 1981.

Kazuo Nakayama et. al.: Simulation model for petroleum exploration. AAPG. 65—7, 1230—1256. 1981.

Kőrössy L.: A Tiszántúl északi részén végzett kőolaj-kutatás földtani eredményei. Földtani Közöny. 1956. 86. 390—402.

Kőrössy L.: A Tiszántúl mélyföldtani és ősföldrajzi viszonyai a kőolajkutatás kilitásai szempontjából. BL. 1957. 90. 9. 491—503.

Kőrössy L.: Magyarország medenceterületeinek összehasonlító földtani szerkezete. Földtani Közöny. 1963. 93. 2. 153—172.

Kőrössy L.: Mélyföldtani és fejlődéstörténeti vázlatok a magyarországi pannonból. in: A magyarországi pannonjai képződmények kutatásai. Akadémiai Kiadó. 1971. 201—222.

Magara, K.: Water expulsion from elastic sediments during compaction. AAPG. Bull., 60, 4, 543—553, 1976.

Magara, K.: Compaction and fluid migration. Elsevier. 1978. Amsterdam—Oxford—New-York.

Mucsi, M.—Révész, I.: Neogene evolution of the Southern Part of the Great Hungarian Plain on the basis of sedimentological investigation. Acta Univ. Szeged. 1975, 22. 1. 25—49.

Plumpley, W. J.: Abnormally high fluid pressure: survey of some basic principles. Bull. Am. Assoc. Petr. Geol. 1980. 64/3. 414—423.

Pogácsás Gy.—Völgyi L.: Pannon litosztatográfiai és litogenetikai egységek szeizmikus reprezentációjának vizsgálata Kelet-Magyarországon. Magyar Geofizika XXIII. 3. 82—93. 1982.

- Rouchet, J.: Le programme diagen. deux procédures pour apprécier l'évolution chimique de la matière organique. Bull. des centres de recherches exploration production Elf-Aquitainic. 1980. 4/2. 813—835.
- Sajgó, Cs.—Horváth, Z.: Some remarks on different organic maturation parameters. Discussion Meeting et Veszprém. jun. 20—26, 1982.
- Somfai A.: A Kárpát-medence Nagyalföldjének magyarországi területén megismert szénhidrogén-tárolók fluidumának nyomásviszonyai, a nyomásértékek kialakulásának földtani okai. Kandidátusi ért. 1976.
- Somfai A.: A Nagyalföld medencealjzatát felépítő metamorfitek szénhidrogén-tárolási perspektívája, kutatásuk lehetőségei. Kőolaj és Földgáz. 1980. 3. 13. 69—72.
- Stegena, L.—Horváth, F.—Sclater, J.—Royden, L.: Determination of paleotemperature by vitrinite reflectance data. Earth Evolution Sci. 1981. 1/3—4.
- Szalay Á.—Szentgyörgyi K.: Adatok a szénhidrogén-kutató fúrások által feltárt medencebeli pannon képződmények litológiai tagolásának ismeretéhez trend-elemzés alapján, MTA X. Oszt. Közl. 12/4. 1979. 401—423.
- Szalay Á.—Koncz I.: A DK-alföldi nagymélységű zónáinak szénhidrogén-kutatási perspektívái genetikai szempontú elemzések alapján. SZKFI Jelentés. 1980.
- Szalay Á.: A túlnyomás okai és a paleopórusnyomás becslése. Kőolaj és Földgáz. 1982. 15. 2. 41—46.
- Széles M.: A Nagyalföld medencebeli pannon képződményei. In: A magyarországi pannóniai képződmények kutatásai. Akadémiai Kiadó. 1971. 253—344.
- Terzaghi, K.—Peck, R. B.: Soil mechanics in engineering practice. Wiley, New-York. 1948.
- Tissot, B. P.—Welte, D. H.: Petroleum formation and occurrence. Springer-Verlag. 1978.
- Völgyi L.: A Nagyalföld középső részének mélyföldtani vizsgálata. Földtani Közönlöny. 1965. 95. 2. 140—163.
- Völgyi, L.: The role of geothermal conditions and hydrocarbon prognostics in Hungary. Acta Geol. 1977. XXI. 1—3. 143—167.
- Völgyi, L.: Geothermal inhomogeneity in the Hungarian Great Plain (Pannonien basin). Acta Min.—Pet. Szeged XXIV/1. 137—147. 1979.
- Welte, D. H.—Yükler, M. A.: Petroleum origin and accumulation in basin evolution — a quantitative model. 1981. Am. Assoc. Petr. Geol. 65/8. 1387—1397.