

Szénhidrogének genetikája, migrációja, felhalmozódása

Írta: Dr. Dank Viktor

A szénhidrogénkutatások folyamatos törekvése, hogy minél kevesebb költséggel (ráfordítással), minél több kőolaj és földgázkészletet tárjon fel.

Az ember egyre tökéletesebb eszközöket és módszereket dolgoz ki és egyre bonyolultabb földtani körülmények között végzi kutatásait. Mindmáig azonban nem áll rendelkezésre direkt módszer és eszköz, mellyel a szénhidrogéntepek jelenlétét a mélyben kimutathatnók.

Valamennyi ma alkalmazott kutatási módszer közvetett, és a szénhidrogéntepek jelenlétének bizonyítása, feltárása, termeltetése mélyfúrások segítségével történik.

A természetes kibúvások környékének extra és interpolációval megalapozott kezdeti kutatása után a közvetlen megfigyelések segítségével kialakított közvetett módszerekkel kimutatható mélyföldtani alakulatok, szerkezetek kutatása következtetést és folyik ma is egyre korszerűbb geofizikai és mélyfúrési eszközökkel.

A szénhidrogénfelhasználás és igény világszerte ugrásszerű megnövekedésével az egyre nagyobb mennyiségben kitermelt készletek pótlása érdekében hatalmas erőfeszítéseket tesz az ember újabb telepek felkutatására. A földtani irányítás ezért a rendelkezésre álló eszközöket, módszereket, más tudományágak legfrissebb eredményeit azonnal beépíti és alkalmazza.

A tudományok közül elsősorban a kémia (geokémia), a fizika (geofizika), a matematika (számítástechnika) eredményei segítettek a kőolajgeológia tudományát újabb összefüggések, törvényszerűségek felismerésére, és a „jószerencse” egyre inkább kiszorul az eredményes kutatótevékenység kellékei közül.

Minél többet tudunk a kutatás tárgyát képező hasznosítható nyersanyag képződéséről, felhalmozódási folyamatáról, azok törvényszerűségeiről, annál nagyobb az elvi valószínűsége új telepek feltárásának. Azért elvi valószínűsége, mert esetenként ki kell nyomozni az adott terület földtani fejlődéstörténetét, figyelembe venni annak módosító faktorát.

Azok a problémák, melyeket az elmúlt évtizedekben szívós laboratóriumi és ipari kutatások során megoldottunk, egyúttal rámutattak azokra a komplex, bonyolult folyamatsorozatokra, melyek a szénhidrogénképződés, migrálás, akkumuláció kapcsán nemcsak elvi jelentőségűek, de a gyakorlati szénhidrogénkutatások bázisát adják.

Előjáróban talán néhány szót a szénhidrogének keletkezéséről. Valamennyi idézett irodalom tükrözi azt az egyértelmű felfogást, hogy a szénhidrogének, (a gazdasági jelentőségű mennyiségben felhalmozódott szénhidrogének) szerves eredetűek. Annak ellenére, hogy ez a megállapítás ma már általánostn elfogadott, sokoldalról bizonyított, ismeretes, hogy a szervesetlen eredet elméletének átmeneti térhódítása milyen nagy károkat okozott az ipari kutatásokban.

Ma már igen nagyszámú adattal rendelkezünk világszerte a tengeri üledékképződésről, ennek kapcsán a szingenetikus szerves anyag kőolajjá és földgázzá válásának feltételeiről.

A szénhidrogének kutatása, eredményes kutatása, azért is nehezebb, mint más hasznosítható anyagoké, mert a telepek nem képződési helyükön alakultak ki, esetlegesen többszöri migráció útján, továbbá mert a szénhidrogének a közetek ásványaival (agyagásványok) kémiai kapcsolatba kerülnek, mely körülmény a migráció útjának nyomozását megnehezíti, sok esetben ma még lehetetlenné teszi. (Agyagásványok adszorbcioja, a kolloidokon abszorbeálódott szénhidrogének polimerizálódása stb.)

Ennek megfelelően igen nagy jelentőségűek a geokémiai kutatások elsősorban a tömegspektrográfias, atommagrezonanciás, gázkromatográfias vizsgálati módszerek. Ezek részben korszerű adatokkal alátámasztották a szerves keletkezési elméletet, részben rámutattak arra, hogy a potenciálisan képződő szervesanyaghoz viszonyítva milyen kevés a hasznosítható mennyiségű felhalmozódás, milyen rossz határfokú a telepképződés. A tömegspektrométeres mérések arra is lehetőséget adtak, hogy különválasztva a folyók útján az üledékgyűjtőbe kerülő szervesanyagotartalmat a tengeri eredetűtől a kőolajok partközeli, vagy attól távolabbi képződés viszonyait megállapíthassák. A szénizotópok közül a C_{12} és C_{13} stabilak. Világirodalmi adatok szerint a kőolajok C_{13} tartalma a tengeri planktonéval nagyjából azonos. Ez a körülmény az eredetre és vándorlásra vonatkozó kutatásokhoz szolgáltat értékes adatokat. A könnyebb szénhidrogének (gázok) általában több C_{12} -t tartalmaznak, mint a nagyobb molekula súlyú szénhidrogének.

A diffúziós mechanizmusú migrálás C_{12} szegegyedést, a desztillációs-kromatográfias folyamatvándorlás C_{12} dúsulást eredményez. Ez is lehet a magyarázata, hogy az algyói szénhidrogéntepek C_{13}/C_{12} arányának vizsgálata arra a megállapításra vezetett, hogy a gáz vertikális

migrációja közben C_{12} -ben szegényedik, a folyékony szénhidrogének viszont dúsulnak.

A kőzetek alkáli és halogén tartalmából az őstengerek sótartalmára következtethetünk. A kén, pirit jelenléte, a kőzetek redox potenciálja a derivatográfus vizsgálatok a szerves anyagok kvalitatív és kvantitatív kimutatására alkalmasak. Ma már nemcsak a kloroformmal, benzollal oldható nafta-bitumen (mikronafta) vizsgálata fontos, de előtérbe kerültek az oldhatatlan kerogének, kerobitumenek vizsgálatai is.

Hazai vizsgálatok arra az eredményre jutottak, hogy ahol az anyakőzetben a nem oldható szervesanyag az átlagostól eltérő értéket mutat, egybeesik az oldható szervesanyagtartalom, nikkeltartalom és vanádiumtartalom maximumával, ugyanakkor a C_{13}/C_{12} minimumával.

A világ kőolajkészleteinek zöme (85%) a mezozoikum és holocén között képződött. Ennek oka, hogy a szénhidrogéntelepek a földkéreg fejlődése során igen sok veszélynek vannak kitéve (erózió, átalakulás, diszpergálás) és zömmel elpusztulnak — áthalmazódnak. Nagyobb mélységekben a nyomás és hőmérséklet növekedésével a gázfázis az uralgó. Ugyanakkor a mélység felé haladva a kőzetek átteresztőképessége leromlik a szénhidrogénanyag egyre nehezebben tudja elhagyni az anyakőzetet.

Az olajkeletkezés környezete az elemi „S” és a porfirinmolekulák jelenléte alapján 150 °C-nál alacsonyabb hőmérsékletre vall. Ennél nagyobb hőmérsékleten merkaptánok keletkeznek; 200 °C-on túl a porfirin molekulaszervezet felbomlik.

A nagyszámú konkrét vizsgálati anyagból arra következtethetünk, hogy a kőolaj fő tömege az élő szervezetekben lévő zsírokból, steoridokból, izoprenoidokból képződik. Az üledékekkel együtt képződő kőolaj katalitikus átalakulása a diagenézis folyamán lényeges tényező (katagenetamorfózis).

A szénhidrogének nem képződési helyükön akkumulálódnak. Változást szenvednek a migráció közben, baktériumok közreműködésére, oxidáció következtében (hipergén folyamatok).

A kőolajfajták zömét szénhidrogének, aszfaltok, gyanták alkotják, de a genetikai vizsgálatokban igen fontos a csekély koncentrációban jelenlévő nyomelemek vizsgálata, különösen a vanádium és nikkell vizsgálata alkalmas a kor és átalakulás jellemzésére. Felhasználható a rétegzonositásra és ílymódon szerkezeti problémák tisztázására.

A szénhidrogének kutatásának problémája azért igen bonyolult, mert a migráció útja igen nehezen, vagy vitás módon körvonalazható.

A három anyag: kőzet (anyakőzet), víz, szénhidrogének együttes és egyidejű egymáshatása, ülepedése következtében a vízben oldódó ketonok, savak, észterek (nem szénhidro-

gének) a tárolóban redukálódhatnak, a szénhidrogénmolekulákat a víz veszi körül és pelitfációs anyagközet tömörödése során azzal együtt a tárolóközetbe (ha van) préselődnek. Ezt a folyamatot elsődleges vándorlásnak nevezi a kőolajgeológia. Ez az általában rövidtávú, az első porózus ösztetig tartó migráció a kisebb nyomású hely felé halad és helyzetét tekintve lehet felfelé, oldalt és lefelé irányuló. Ennek következtében az anyakőzet magasabb helyzetű is lehet mint a telepek. A földkéreg mozgásai a süllyedő területeken üledékgyűjtők, vastag üledéksorok kialakulását eredményezik. Az egyre mélyebbre kerülő anyakőzet a növekvő nyomás és hőmérséklet végső fokozatokon tektonikai okokra visszavezethetően adja le szervesanyagtartalmát. A heterogén összetetkekből felépülő medencealakulatok, az eltérő mértékű kompaktáció és nyomásviszonyok következtében igen alkalmasak a migráció megindítására.

A primer migráció és az olajképződés szoros kapcsolatú folyamat. Egyes kutatók szerint (Hobson, Silverman) a primer migráció összefüggő fázisban történik a vízzel telített kőzetek porusainál. Más feltételezés értelmében a víz mint szállítóközeg szerepel (Baker, Roberts). Bármely primer migrációs elméletet is fogadjuk el, igen logikus a magyar geokémikusok (Tóth J.) feltételezése, mely szerint a kőolajtelep anyakőzetét, migrációs útvonalát ott kell keresni, ahol az oldószerekkel nem oldható anyagtartalom az átlagostól eltérő értéket mutat.

A másodlagos vándorlás a tárolóközetekben jön létre. A porózus tárolóban ható erők, a felhajtóerő, kapilláris erő, gravitáció a záró ú. n. csapdaközetig biztosítják az anyag mozgását. Nagy szerepet játszanak itt is a tektonikai tényezők, melyek az üledékek originálisan vízszintes helyzetét megváltoztatják. A legújabb vizsgálatok rámutatnak arra, hogy a fluidumok közül pl. a rétegvíznek nem feltétlenül kell mozgásban lennie, a csapdák alatti akkumulációk kialakulásához (ozmózis).

A rétegfolyadékok soha nincsenek abszolút egyensúlyban. A földkéregben létrejövő feszültségek ugyan feloldódásra törekszenek, de ezt az orogenezis és epirogenézis (erózió, szedimentáció) állandóan zavarják. Az agyagos, inhomogén homokkőtestekben pl. nagyobb a szénhidrogén telepképződés esélye. Ezekben az összetetkeben a folyadékmozgás nemcsak Darcy törvénye alapján leírhatóan történik. Az agyagok, márgák szemipermeábilis rétegeként viselkednek, ílymódon hidro-, elektro-, termokémiai ozmózis következtében létrejövő áramlások „hidrodinamikai” akkumulációk kialakulásához vezethetnek. Ma egyre inkább előtérbe kerül az ú. n. hidrodinamikai úton létrejött felhalmozódások kutatása az egyéb kutatómódszerek kiegészítéseként. A mélyvizek összeté-

tele, nyomás, hőmérsékletalakulása és a kőolaj anyakőzetének kapcsolata, egyike az igen fontos tanulmányozandó kérdéseknek.

A szekunder migráció szétkülönült fázis-áramlás, melynek folyamán olyan változások lehetségesek, melyek egy kromatográfiai vagy desztillációs folyamat alkalmával létrejönnek. (Silverman).

A másodlagos migráció során a C_{13}/C_{12} arány jelentősen megváltozhat (Colombo) különösen akkor, ha a gázfázis migrál.

A másodlagos migráció során elkülönült földgáz, kőolaj és víz a tárolórétegben nem állandó jellegű. A szénhidrogénfelhalmozódások, telpek is átmeneti jelenségek, mozognak: epigenetikus, regionális emelkedés vagy süllyedés, erózió, törésvonal, fedőközet összetöredezése, emberi beavatkozás (termelés) stb. következtében újra elvándorolnak előző felhalmozódási helyükről. A harmadlagos vándorlás során igen sok telep anyaga diszpergálódik. Ezért minél idősebbek a szénhidrogéntelegek, annál nagyobb a valószínűsége annak, hogy a kéreg fejlődése, mozgása során eljusztljanak. Ezzel magyarázható az a gyakorlati tapasztalat, mely a világ szervesanyag termelését az idő függvényében vizsgálja és állítja szembe a szénhidrogénfelhalmozódások csekély számával és relative kicsiny mennyiségével.

Hunt szerint a Föld potenciális szervesanyag tartalma 3000 billió tonna a kontinensek és a selfek üledékeiben. A diszpergált kőolajmennyiség 60 billió tonnára, a telepekben felhalmozódott mennyiség mindössze 0,6 billió tonnára becsülhető. A telepkepződés tehát igen rossz hatásfokú folyamat, annak ellenére, hogy a szénhidrogének jelenléte általános a földön és a földkéregben. Másodlagos és harmadlagos migráció már nagyobb távolságú (10–100 km nagyságrend). Migrálás közben a kőolaj fajsúlya, aszfalt, gyanta tartalma növekszik.

A szénhidrogéntelegek képződéséhez általában 1–2 millió év szükséges, legalább 600–700 m üledéktakaró alatt. A szervesanyag-tartalmú kőzetek mélybe kerülve ismét mobilis szénhidrogének forrásaivá válhatnak. Ez a körülmény fokozza a szénhidrogénfelhalmozódások mélységgel egyenes arányú növekedését, ugyanakkor a mélységgel csökkenő porozitás erősen rontó tényezőként hat.

Külön figyelmet érdemelnek a karbonátos kőzetek. Ezek is hatásos anyakőzetek lehetnek, ha a süllyedés elég gyors ahhoz, hogy a szervesanyag-tartalom ne pusztulhasson el. A karbonátos üledékek korai diagenezise visszatartja a szénhidrogéneket, de a törések, oldódási csatornák mentén mélybekerülve migráció jöhet létre.

Ezek azok az általános problémacsoportok, melyek a mai szénhidrogénkutatások jellemzői. Néhány szóval megemlítjük azokat az eredményeket, melyeket a pannoniai medencében e

kérdésekkel kapcsolatban elértünk. A pannoniai medence mélyföldtani felépítésének tanulmányozása a gyakorlati szénhidrogénkutatásoknak is kiinduló alapja.

Az ország legidősebb képződményei ópaleozóos metamorf kőzetek. Ezekre foltokban paleozóos kőzetek települnek eróziós ciklusokkal megszakítottan. A mezozoikum Thetyse valószínűleg egységes üledékképződést eredményezett, de ezeknek ma már csak lepusztult maradványai ismeretesek. A kréta végi nagy lepusztulási időszak valószínűleg az ekkor képződött szénhidrogéntelegeket megsemmisítette. A harmadidőszakban a paleogénben meginduló üledékképződés helyi tengerágra korlátozódott, lepusztulási szakaszokkal tarkítva és a miocénben is még csak sporadikusan állapíthatunk meg vastag üledéksorokkal jellemezhető valódi medencealakulatokat. A pannoniai medence végeredményben a pliocénben (alsó-pannoniai alemelet) vált valódi és általános medencealakulattá. Ekkor képződtek azok a vastag üledékköszletek, melyek részben az idősebb képződmények zárócsapda rétegeit, részben anyakőzeteket, részben tárolókőzeteket tartalmaznak.

Nagy területeken az ópaleozóos kristályos metamorf aljzatra közvetlenül a pliocén (pannoniai képződmények) települnek, de jelentős az a terület is, ahol ezeket miocén rétegek fedik. A mezozoikum viszonylag kis területen fedett eocénnel, zömmel miocén vagy pliocén települ a földtani másodkor képződményein. Ennek megfelelően megállapítható, hogy a hazai szénhidrogénfelhalmozódások a neogén záróközetek leülepedése után jöhettek létre, az idősebb szénhidrogénanyagok ismételt áthalmozódás eredményeként kerültek jelenlegi helyükre.

Magyarország perspektivikus képződményei elsősorban pliocén (pannoniai) korúak, másodsorban a mio-pliocénnel fedett mezozoikum, harmadsorban a vastag miocén összletek, végül a miocénnel fedett paleogén korú képződmények.

Anyakőzetek a mezozoikumban (bitumenes triász réti, karni), paleogénben (oligocén márgák), mio-pliocénben (helvét-, torton-, szarmata-alsópannoniai márgák), felsőpannoniai (márgák) üledékekben képződtek. A neogén utáni felhalmozódások telepei részben a kristályos metamorf kőzetek mállott-repedezett felső övezetében (Délalföld), részben mezozoos karbonátos-repedezett tárolóban (DNy-Dunántúl), továbbá paleogén törmelékes üledékekben (É-Magyarország), alárendelten miocén homokos képződményekben, főleg pliocén homokkőrétegekben (országszerte) alakultak ki.

Az idősebb képződmények telepeinek kialakulásában a töréses, blokkos szerkezetalakulás (Nagylengyel, Barabásszeg, Szilvág) a fiatalabb neogén tárolókban túlnyomórészt kompak-

ciós, tömörödéses álboltozatok játszanak szerepet. (Algyő, Pusztaföldvár, Hajduszoboszló). Az alsópannoniai márgák szerves C-ben kifejezett szervesanyagtartalma DNy-Dunántúlon 0,1—0,5⁰%, de eléri helyenként a 2,5⁰%-ot. A szerves nitrogén mennyisége 0,03—0,1⁰% és általában 10—15 körüli szén-nitrogén viszonyszám. A márgákból extrahált nafta bitumen 0,05—2 súly⁰%. A délnyugatdunántúli pannon homokkötőolajai aromás-vegyülettartalma a mélységgel növekszik, de azonos forrpontú frakció aromás-mentesítés után teljesen azonos összetételűek (Gráf L.). Ez arra utal, hogy az eredet körülményei hasonlóak lehetnek, de a párlatok aromás tartalmának növekedése részben migrációs, részben katagén metamorfózis következménye.

A nagylengyeli mészkötőolaj (triász, felsőkréta) olajai hipergén átalakulásra utalnak, valószínű a triászban keletkeztek, (karni, réti emelet) innen a nóri emeletbe migráltak, majd déli irányból haladva a törések és fáciesváltozások következtében részben a triász dolomit rögökben, részben az ezzel hidrodinamikai kapcsolatban lévő rudistás felsőkréta mészkőben halmozódtak fel. A fajsúly szerinti differenciálódás következtében a vízzel mindig az alul elhelyezkedő nagyobb fajsúlyú olaj migrált tovább — így a vándorlás irányában a szerkezeten felfelé haladva egyre nagyobb fajsúlyú kőolajtelepek képződtek (Bodzay I.).

Az idősebb szénhidrogének esetében a C₁₃/C₁₂ arány (Tóth J.) a fiatalabb képződményeknél tapasztaltakkal ellentétes tendenciájú. Lehetséges, hogy idősebb olajaink képződésekor alacsonyabb szénzámú vegyületek kapcsolódtak össze magasabb szénzámú vegyületekkel.

Az aljzat minősége szerinti kőolaj és gázfajták összehasonlító vizsgálata még nem vezetett részletes összefüggések felismerésére. A pannoniai medencében a kristályos-, mezozoós paleogén aljzat vagy miocén vulkáni összletek kiemelkedései felett pliocénben kialakult álboltozatokban hasonló jellegű és minőségű szénhidrogének halmozódtak fel. A kristályos aljzat feletti CO₂, ill. nagy CO₂ tartalmú szénhidrogéngáz előfordulások, a mezozoikum feletti CO₂ gáztelepekhez hasonló összetételűek. Mindkét esetben a vulkáni képződmények hiánya a távolabbi környéken, a CO₂ metamorfózis során felszabaduló eredet valószínűségére utal (Kertai Gy.). Ezt bizonyítja a CO₂ C₁₃/C₁₂ arányának a karbonátos kőzetekkel való egyezése. Azt is megállapítottuk, hogy a nagy neogén, elsősorban pannoniai (pliocén) süllyedékekből felfelé migráló szénhidrogének a relatív magasabb szerkezeti helyzetű kristályos, mezozoós, paleogén stb. rögök felett kialakult csapdába jutva a mio-pliocén főleg homokkőrétegekben képeznek telepeket, alárendelt mennyiségben megtalálhatók a kaptafául szolgáló idős aljzat felső, repedezett zónájában azonos minőségben annak

anyagától (fillit, gneisz, gránit, dolomit, mészkő) függetlenül. Ezek az olajok általában közepes vagy könnyűolajok, paraffin vagy intermedier jelleggel s csaknem minden esetben jelentős gáztartalom kíséretében (oldottgáz, gázsapka). Ezzel szemben a mezozoikumban képződött, neogénben mobilizálódott, törések mentén felmigrált és mezozoós karbonátos tárolókban felhalmozódott olajok, nehézőolajok nagy kőntartalmunkkal és csaknem teljes gázmentességükkel tűnnek ki. A dunántúli pannoniai gázokban jelentős C₁₂ feldúsulás tapasztalható, ugyanezt mutatták az Alföld (Algyő) gáz és párlatvizsgálatai is, kevesebb C₁₂-t tartalmaznak a NO₂ gázok és még kevesebbet a márgák karbonátjai. (Tóth J.) A miocén eredetű szénhidrogének már viszonylag több C₁₃-t tartalmaznak.

Ezek a megállapítások természetesen nem általánosíthatók. Ismerünk a közeli országokból mezozoós tárolókat CH₄ előfordulásokat és miocénkori nehéz nafténbázisú olajtelepeket.

Ennek kapcsán rá kell mutatnunk arra, hogy a geokémiai adatok elsősorban statisztikai módszerekkel értelmezhetők. Sok, igen sok mérés alapján adódnak a nagy számok törvényszerűségei. Ez a körülmény ma még sok nehézséget okoz, egyrészt mert nincs megfelelő számú mérés, másrészt mert sem a módszerek, sem az értékelés nem egységes.

Az eltérések oka sok esetben a különböző módszerek alkalmazása is, melyek világméretű egységítésre szükséges. Földgázanalízisek, felszínhez közeli rétegekből vett minták alapján kirajzolható anomáliák a Szovjetunióban, Csehszlovákiában eredményre vezettek, Lengyelországban, Magyarországon nem volt lehetséges egységes értelmezésük, s az értelmezés alapján végzett kutatások nem vezettek eredményre. A bitumenfelmérés kedvező eredményeket hozott Lengyelországban, ennek ellenkezőjét tapasztalták a Szovjetunióban, Csehszlovákiában, Magyarországon. A redox potenciál vizsgálatok kedvező indikációkat adtak Csehszlovákiában, szemben a szovjet vizsgálatok eredményeivel.

Általános tapasztalat, hogy ott kedvezőek az eredmények, ahol az üledéksor homokos márgákból és gyengén cementált homokkővekből áll. Mészkőösszletek, különösen ha tömöttek, alacsony diffúzió-sebesség miatt kedvezőtlen viszonyokat teremtenek, a magas talajvízhez hasonlóan, mely a szénhidrogének diffúzióját eltereli.

Legtöbb esetben a geokémiai anomáliák a produktív zónák határain túl is folytatódnak, néha nagy területen összefonódva jelentkeznek (Magyarország), így értékelésük nem egyértelmű. Ezzel kapcsolatos, hogy a mélység és gazdasági jelentőség nem határozható meg ezzel a módszerrel. Ismeretes, hogy a propán nagy a diffúziós sebessége, így geokémiai kutatás szempontjából sokkal jelentősebb a szerepe,

mint a kis diffúziós sebességgel jellemezhető butáné. A metán és etán nem jellemző a kőolajelőfordulásokra és általános feladatnak tekinthető a felszínen vagy felszínhez közel vett mintákból a diffúziós és recens szingenetikus szénhidrogének elkülönítése.

Ami a területek földtani felépítését illeti, természetesen sablont nem lehet alkalmazni. Minden országnak saját magának kell geológiai adottságait a lehető legjobban megismerni és a feladatokat ehhez szabottan igazítani. A feladatok megoldására viszont egymás tapasztalatainak kicserélésével egységes módszerek alkalmazásával, a KGST vonatkozó munkabizottságainak témájával, összehangolásával igen konstruktív javaslatokat tehetünk.

Munkánkat az egységes szempontok szerinti együttes adatgyűjtés és számológépek jelentősen elősegítik.

IRODALOMJEGYZÉK

- Hobson, G. D.: 1954. Some Fundamentals of Petroleum Geology. Oxford Univ. Press.
- V. A. Szokolov: Migracija gaza i nefli. Izd. Akademi Nauk SzSzsZr. Moszkva. 1956.
- Y. Khalifeh et M. Louis: Étude de la matière organique dans les roches sédimentaires. Rev. Inst. Fr. Petr. 9. 1247. (1958.)
- A kőolaj keletkezésével kapcsolatos elmélet jelenlegi állása és további kutatási feladatok. A Szovjet Tudományos Akadémia Szervezőbizottságának tanulmánya. Fordítás. Moszkva. 1958. Gosztoptehizdat kiadó.
- Roof, I. G., Rutherford. W. H.: 1958. Rate of migration of Petroleum by proposed mechanism. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists.
- Al'tovskij, M. E.: 1958. Origin of Oil and Oil Deposits. Gosztoptehizdat. Moscow.
- N. B. Vasszojevics: Voproszi obrazovanija nefli. Gosztoptehizdat, Leningrad. 1958.
- St. Járányi: Untersulchzugen über den Ursprung des „Bitumen“-gehaltes des Bodens. Konferencián.
- B. T. Brookes: Some open questions regarding Petroleum origin. J. Inst. Petr. 45 42. 1959.
- V. B. Porfirjev — J. O. Brod: Problema migracii nefli. Moszkva, 1959. Gosztoptehizdat.
- Zartman, R. E., Vasserburg, G. J., Reynolds, J. H.: 1961. Helium, Argon and Carbon in some natural gases. Jnom. Geophys. 66.
- Hunt, J. M.: 1961. Composition of Conde Oil and its relation to stratigraphy in Wyoming. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologist.
- Baker, E. G.: 1962. Distribution of hydrocarbons in petroleum. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists.
- Silverman, S. R.: 1963. Investigations of Petroleum Origin and evolution mechanism by carbon isotope studies. Isotopic and Cosmic Chemistry. World Petrol. Congr. Frankfurt 1963.
- Colombo, U.: 1964. Isotopic measurement of $^{13}/^{12}$ ratio and their geochemical interpretation. Intern. Geochem. Meeting Paris.
- Colombo, U.: 1964. Carbon isotope Composition of individual hydrocarbons from Italian natural Gases. Nature. 205.
- Dvali, M. F.: 1964. Trends in theoretical studies on the geology of oil and Gas. Intern. Geol. Rev.
- Silverman, S. R.: 1964. The migration and segregation of oil and gas. Geol. Fluids Symp. Midland Texas, Paper, 36. p. p.
- Hannon, N. M.: 1965. A hidrodinamika a kőolaj és földgáz kutatás segítő társa. Canadian Petr. Engineering. Jannar.
- Meinschein, W. G.: 1966. Origin of Petroleum. In: Enciklopedia del Petrolio e del Gas Naturale. Roma.
- Badasev, F. G.: 1966. A szénhidrogének migrálása és akkumulációja Kelet-Azerbajdzsán produktív összleteiben. Azerb. Neftganoe Horjajsztvo. 2. sz.
- Roberts, W. H.: 1966. Hidrodinamic analysis in petroleum exploration. In: Enciklopedia del Petrolio. Roma.
- Kertai Gy.: 1967. The Origin of hydrocarbon resources. Acta Geologica. 11.
- Hubbert, M. K.: 1967. A hidrodinamika alkalmazása olajkutatáshoz. Mexiko 7. Kőolaj Világkongresszus R. P. C. R. 4.
- Hunt, J. M.: 1968. Hogyan képződik és vándorol a földgáz és a kőolaj. World Oil 167. 5.
- Tóth J.: 1969. Tanulmány a Kőolaj- és Földgázbányászati Ipari Kutató Laboratóriumban folyó geokémiai kutatások helyzetéről, eredményeiről és további lehetőségeiről.
- Linetzki, V. Ph.: Szovjetunió) A Keleti-Kárpátok E-i részének kőolajvándorlási és felhalmozódási jellegzetességeiről. 1969. Kézirat.
- Vitrik, S. O., Glushko, V. V., Dolenko, G. N., Uli-tocsenko, I. P., Makovszkij, S. R., Matrejev, D. N.: Ukrajna kárpátaljai részének szénhidrogén kutatásai. 1969. Kézirat.
- Bokov, P., Vucev V., Mandev, P., Monakov, N., Troshanov, V.: A kőolaj-gázmezők és szénhidrogénnyomok megoszlása Bulgária területén. 1969. Kézirat.
- Dimov, G.: Töréses-repedéses tárolók osztályozása. 1969. Kézirat.
- Bokov, P.: A Lom-i süllyedék mezozoos olaj és gáztároló képződményei. 1969. Kézirat.
- Viszockij, I. V., Olenin, V. B.: Az olajtartalmú medencealakulat, mint fő tényezője a szénhidrogének keletkezésének és felhalmozódásának. 1969. Kézirat.
- Paraschiv, D.: Sut, a Seaca olajmező. 1969. Kézirat.
- Dolenko, G. N., Grinberg, Y. V., Csekaluk, E. B., Jarosh, B. I.: Szerkezetalakulás és szénhidrogénképződés összefüggései a Kárpátok környékén. 1969. Kézirat.
- Glogoczovszki, J.: Zsírsvak szerepe az olajkeletkezésben. 1969. Kézirat.
- Kőrössy L.: Tektonikus és atektonikus tényezők szerepe a kőolaj és földgáz migrációs folyamatában. 1969. Kézirat.
- Dedinszky J.: Magyarországi repedezett szénhidrogéntárolók, nyitott kőzetrések előfordulásának lehetősége a mélyben. 1969. Kézirat.
- Bodzay István: Migrációs tanulmány Nagylengyelről. 1968. Kézirat.