

A kőolaj és a földgáz vegyi összetétele és keletkezése

KERTAI GYÖRGY

AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

KERTAI GYÖRGY

A KŐOLAJ ÉS FÖLDGÁZ
VEGYI ÖSSZETÉTELE
ÉS KELETKEZÉSE

A könyv egy nagyobb terjedelműre tervezett műnek, a kőolajföldtannak három elkészült fejezetét tartalmazza. A szerzőt a teljes munka megírásában korai halála akadályozta meg. E három fejezet is érdemes azonban arra, hogy a nagy munka töredékeként napvilágot lásson. A tervezett mű felépítéséről a szerző által összeállított vázlat tájékoztat.

A tanulmány a kőolaj felhasználásának történetét, a kőolaj fizikai és kémiai tulajdonságait, valamint keletkezésének körülményeit s az ezzel kapcsolatos különböző elméleteket és kutatásokat ismerteti. E ránk maradt töredék önmagában is jelentős értéke a magyar földtani tudományos irodalomnak.



AKADÉMIAI KIADÓ
BUDAPEST

A KŐOLAJ ÉS A FÖLDGÁZ
VEGYI ÖSSZETÉTELE ÉS KELETKEZÉSE

KERTAI GYÖRGY

A KŐOLAJ ÉS A FÖLDGÁZ VEGYI ÖSSZETÉTELE ÉS KELETKEZÉSE



AKADÉMIAI KIADÓ · BUDAPEST 1972

A SZERZŐ HAGYATÉKÁBÓL
SAJTÓ ALÁ RENDEZTE

DR. SZUROVY GÉZA

© Akadémiai Kiadó, Budapest 1972

Printed in Hungary

ELŐSZÓ

Ez a könyv 20 esztendő kőolajföldtani oktatás tapasztalata, és 20 éven át folytatott gyakorlati kőolajföldtani munka alapján készült. E gyakorlatokból leszűrt kritikával használtam fel a szovjet, az amerikai és a német vonatkozó irodalom legújabb és klasszikussá vált régebbi műveit.

A „Kőolajföldtan” címszó nemcsak a szorosabb értelemben vett szénhidrogének földtanához nyújt felhasználható kereteket, hanem ezen túlmenően a „nem szilárd” ásványi nyersanyagok, a „fluidumok” kutatásához és termeléséhez szükséges ismereteket igyekszik összefoglalni.

Amikor 1947-ben, Szegeden, DR. KOCH SÁNDOR egyetemi intézetében magántanári előadásként megkezdtem a kőolajföldtan tanítását, még egy-egy külföldi, az egész tárgykört felölelő tankönyv nem állt rendelkezésünkre.

A geológusi feladatkörben annak idején még szétválasztottuk a kutató, a felszíni feladatokat a mélyfúrás geológusi munkakörtől. Az amerikai „subsurface geologist” hivatást szándékoztunk ezzel kiemelni. Ma már a mélyföldtani feladatok nagy részét átvette az azóta kialakult korszerű termelőmérnök („rezervoár mérnök”) munkaköre, így a földtani ismeretek, a földtani keret meghatározása a geológusok egyértelműbb feladatává lett. A kutatás és termelés egymásrataltsága és állandóan fejlődő módszerei azt követelik a geológustól, hogy ismeretanyagával és vizsgálati, valamint ábrázoló módszereivel az egész ipari tevékenység földtani megalapozója legyen.

Budapest, 1967 tavaszán

A szerző

A SZERKESZTŐ ELŐSZAVA

Dr. Kertai György 1964. június hó 3-án kötött szerződést a Tankönyvkiadó Vállalattal a „Kőolajföldtan” c. egyetemi tankönyv megírására azzal, hogy a nyomdakész kéziratot 1965. augusztus 1-ig átadja. A szerződés értelmében „a mű terjedelme az illusztrációkkal, ábrákkal, táblázatokkal, mellékletekkel stb. együtt 24 szerzői (40 000 betűhelyet tartalmazó) ív. Ezen belül az illusztrációk, ábrák stb. terjedelme kb. 200—250 db”.

A szerző 1965. október 12-én a kútvölgyi kórházból írt levelében kérte a Kiadót, hogy a kézirat benyújtásának határidejét 1966 decemberéig hosszabbítsa meg, mivel azt szívinfarktusa miatt nem tudta befejezni. Többek között a következőket írta:

„A kiadásra tervezett tankönyv kézírata tulajdonképpen már készen birtokban van, de sajtó alá rendezése . . . még legalább 5—6 hónapi (munkaidőn túli) munkát igényel. Erre pedig közvetlen lábadozásom után nem vállalkozhatom.”

Dr. Kertai György sajnos már nem tudta művét befejezni. Szellemi hagyatékában csupán az itt közölt töredék maradt ránk. Ha munkáját az elkészült töredék részletességével és alaposágával kívánta volna folytatni, a mű terjedelme bizonyára elérte volna a 40 ívet, tehát az eredetileg tervezettnek közel kétszeresét. Kertai Györgynek ehhez már nem volt ereje.

SZÁDECZKY KARDOSS ELEMÉR akadémikus, osztályelnök szorgalmazására a Tudományos Akadémia Kőolaj-, Földgáz- és Vízbányászati Albizottsága úgy döntött, hogy a töredék önmagában is érdemes a kiadásra, és javasolta, hogy a töredéket az Akadémiai Kiadó adja ki. Ennek értelmében 1971 augusztusában kaptam megbízást a töredék sajtó alá rendezésére.

Nagy gondot okozott az ábraanyag összeállítása, mivel nem készült használható ábrajegyzék. A szerző ugyancsak nem volt már képes összeállítani a csonka 3. fejezet irodalomjegyzékét sem. Ezt a szövegben található nevek alapján igyekeztem felsorolni.

A könyv eredeti címe „Kőolajföldtan” lett volna, de mivel nem készülhetett el az egész mű, a címet megváltoztatni voltunk kénytelenek.

Meggyőződésem, hogy a töredék ebben a formában is igen értékes anyagot ölel fel. Csak az a fájó, hogy nem készülhetett el az egész mű ilyen részletességgel és tudományos alaposággal.

Budapest, 1971. november 7.

Dr. Szurovy Géza

TARTALOM

Bevezetés	11
1. <i>A kőolajföldtan fejlődése</i>	13
1.1 A szénhidrogének és a velük foglalkozó tudományok világgazdasági jelentősége	13
1.2 A kőolaj felhasználásának története	18
1.3 A kőolajföldtan tudományának fejlődése	23
Irodalom az 1. fejezethez	26
2. <i>A kőolaj és a földgáz anyaga</i>	27
2.1 A kőolaj és földgáz elemei	27
2.2 A kőolaj és a szénhidrogéngázok uralkodó vegyületei	29
2.3 A kőolaj járulékos elegyrészei	38
2.4 A különböző kőolajok összehasonlítása. A kőolaj fajtái	42
2.5 A kőolaj fizikai tulajdonságai	45
2.5.1 A halmazállapot	46
2.5.2 A fajsúly	48
2.5.3 A térfogat	50
2.5.4 A viszkozitás	53
2.5.5 A felületi tulajdonságok	55
2.5.6 Optikai tulajdonságok	58
2.5.7 Szaglással kapcsolatos jellemző tulajdonságok	59
2.5.8 Hőtani tulajdonságok	59
2.6 A szénhidrogének felhasználása	61
2.7 A földkéreg gáz halmazállapotú anyagai	65
2.7.1 A szénhidrogének	66
2.7.2 A széndioxid	68
2.7.3 A hélium	76
2.7.4 A hidrogén és a juvenilis gázok	80
2.7.5 Nitrogén és argon	82
Irodalom a 2. fejezethez	84
3. <i>A kőolaj keletkezése</i>	85
3.1 Szervetlen kőolaj-keletkezési elméletek	86
3.2 A „szemiorganikus” elmélet és az ez idő szerinti természetes állapot ..	90
3.3 A szerves olaj keletkezése	91
3.3.1 Történeti adatok	91

3.3.2 A szerves keletkezés fontosabb bizonyítékai	92
3.3.2.1 A porfirinok jelenléte	92
3.3.2.2 A szénhidrogén jelenkori keletkezése	93
3.3.2.3 Az élőanyag (baktériumok) jelenléte a Föld mélyében	95
3.3.2.4 Szerves maradványok a kőolajban	97
3.4 A kőolaj keletkezéséhez szükséges anyagok	98
3.4.1 A szervesanyag mennyisége	98
3.4.2 A szervesanyag minősége	101
Irodalom a 3. fejezethez	105
A szerző további eredeti vázlata	108
Névmutató	110

BEVEZETÉS

A „kőolajföldtan”, helyesebben a kőolaj és földgáz földtana, az alkalmazott földtan egyik leggazdagabb irodalommal rendelkező ága. A kőolajkutatás és -termelés ipara és tudományága az utolsó 100 évben rohamosan fejlődött. E fejlődéssel együtt járt a földtan tudományának fokozott igénybevétele. Az ipar a gyors felkutatás és a jól irányított termelés érdekében követelte a földtani tudományágak széles körű és egyre elmélyültebb használatba vételét. A kőolaj- és földgázbányászatban nagyobb szerepe van a geológusnak, geofizikusnak, mint más bányászati tevékenységnél. A szén, érc vagy más ásvány bányászatánál a geológusra a felfedezés, felderítés feladata vár, és a megtalált ásványkincs kitermelése már mérnöki „látható” közegben történik. A hasadóanyagok bányászatában még szükség van a termelés folyamán nagyobb mértékben geológusra, geofizikusra. A kőolaj- és földgázbányászat munkafolyamatában azonban a geológus a munkaszervezet állandó részvevője. A kutatási vagy „engedményes” („koncessziós”) terület kijelölésétől kezdve a kutató és termelő fúrások kitűzésén, kiképzésén folytatva a másodlagos termelés és a készletszámítás földtani kereteinek meghatározásáig szerepelnek a földtan tudományának kellékei. Ezért a Föld geológusainak több mint fele a kőolaj- és földgázipar szolgálatában áll (K. LANDES szerint kb. 20 000 fő).

1. A KŐOLAJFÖLDTAN FEJLŐDÉSE

A kőolajföldtan fejlődése a földtan egészének fejlődésére is nagymértékben és kedvezően hat. A Föld területén 1965-ben kerekén 3000 mélyfúró berendezés dolgozott csak a szénhidrogén-kutatásban. E fúrások évi több mint 30 millió méter geofizikailag is megmért földtani szelvényadata a legfontosabb korszerű megismerés a földtan szolgálatában.

Magyarország területének kerekén 85%-a fiatal üledékekkel fedett. Ezekről a területekről az alapvető földtani adatokat a szénhidrogén-kutatás adta. 1937 előtt Magyarország területén nem volt ismeretes gazdaságilag értékes kőolaj- vagy földgáztelep. 1947-ben még csupán 6 kőolaj- és földgáztelepet ismertünk. E sorok írásakor Magyarország kőolaj- és földgáztartó alakulatainak száma több 60-nál. További telepek felfedezésére megvan a tudományosan megalapozott, jogos remény. A kőolajföldtan ismeretanyagát, hazai tudományosságunk és színvonalas gyakorlatunk tapasztalatait azonban az egész Földön eredményesen értékesíthetjük.

1.1 A SZÉNHYDROGÉNEK ÉS A VELÜK FOGLALKOZÓ TUDOMÁNYOK VILÁGGAZDASÁGI JELENTŐSÉGE

A kőolaj és földgáz ismerete és használata ipari alkalmazását évezredekkel megelőzte (lásd a 3. fejezetet). A XIX. században az erőgépek bevezetésével a rohamosan fejlődő emberiség az energiahordozók bányászatára építi tevékenységét. A szénrel fűtött gőzgép alkalmas szárazon és vizen a szállításra, és a gyárpar, illetve a mezőgazdaság gépesítésében jelentette az első forradalmi fejlődést, majd ezt követte szárazon, vizen és levegőben a belső-égésű motorok, az olajtüzelés alkalmazása. 1962-ig az emberiség energia-igényét nagyobbrészt szilárd tüzelőanyagokból fedezte.

A Föld kőolajtermelésének és kitermelhető, megkutatott ipari készleteinek alakulását az alábbi számok mutatják:

Év	Termelés 10 ⁶ to	Készlet 10 ⁶ to
1910	21	?
1936	270	4 000
1946	600	12 000
1955	770	20 000
1960	1054	40 000
1964	1410	47 300
1965	1504	49 200
1966	1633	52 450

(lásd még 1. sz. táblázatot)

Az 1964. évi készlet és az 1965. évi termelés viszont a következőképpen oszlott meg:

Ország	Készlet 1964		Termelés 1965	
	10 ⁶ to	%	10 ⁶ v to	%
1	2		3	
Közép-Kelet	29 600	63	420	28,0
Észak- és Dél-Amerika	9 200	19	662	44,0
Szocialista országok	4 200	9,1	268	17,8
Afrika (EAK nélkül)	2 400	5,0	100	6,6
Európa (szocialista országok nélkül)	275	0,6	21	1,4
Ázsia + Óceánia (Kína nélkül)	1 600	3,3	33	2,2
	47 300	100,0	1504	100,0

A kőolajkészletekre vonatkozó számok csak a kútműveléssel kitermelhető mennyiségekre vonatkoznak. Nem tartalmazza ez a $47\,300 \cdot 10^6$ tonna az „aszfalthomokot”, olajpalák olajkészletét, mert ez a hatalmas, a kútműveléssel termelhető meghaladó mennyiség csak bányászati műveléssel és sajátos kiválasztással nyerhető ki. A kanadai Edmonton államban az Athabaska folyó völgyében egy tömegben található kréta korú aszfalthomok olajtartalmát pl. $20\,000 - 30\,000 \cdot 10^6$ tonnára becsülik.

A Föld földgáz- (szénhidrogéngáz-) készletére vonatkozóan csak megközelítő számként szerepel az irodalomban a $25,6 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ ($25,6$ billió m^3).

Ennek megoszlása 1965. I. 1-én a következő: %-ban

Közép-Kelet	24%
Észak-Amerika	40%
Dél-Amerika	6%
Szoc. országok	10% (?)
Ny.-Európa	9%
Afrika	8%
Ázsia + Óceánia	3%
	100%

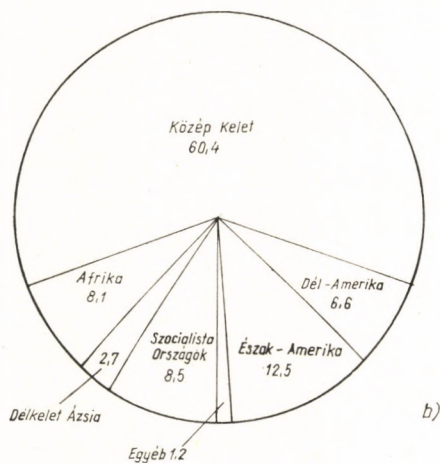
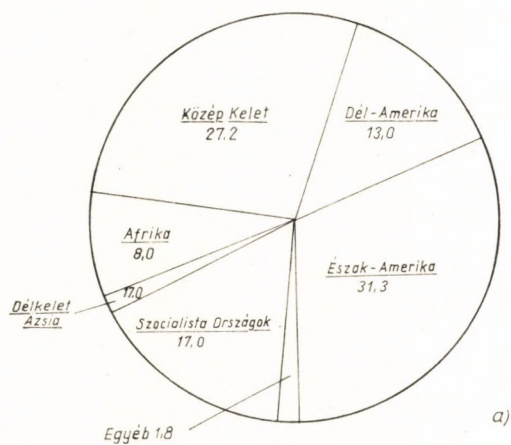
Magyarország szénhidrogéngáz-készlete 1967. I. 1-én $85 \cdot 10^9 \text{ m}^3$.

Az energiahordozók felhasználásában az elmúlt évtizedben nagy fordulat következett:

Az egyezményes (7500 kg/cal) fűtőanyagban számolt energiafogyasztás százalékos megoszlása a következő volt:

	1952	1957	1962	1965
Szilárd anyagok	55,9	52,0	46,3	25,0
Kőolaj	25,6	28,8	31,7	37,0
Földgáz	11,6	12,5	15,3	25,0
Vízierő	6,9	6,7	6,7	7,0
Atomenergia	—	—	—	6,0

(H. HARTLEY becslése szerint. Petr. Press. S. 1965. 10.)



1. ábra. A világ kőolajtermelésének (a) és ismert ipari kőolajkészleteinek (b) megoszlása

Mint a Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet (OECD) alábbi egyezményes (7500 kg/cal) fűtőanyagra vonatkozó összeállítását mutatja, a világ energiaszükséglete szinte lavinaszerűen növekszik.

Év	Feketésén	Kőolaj	Földgáz	Vízi energia	Összesen
1900	721	27	—	—	748
1920	1214	126	31	54	1425
1950	1565	682	257	202	2706
1964	2258	1830	867	495	5450

Az emberiség energiaszükséglete tehát évszázadunk kezdete óta több mint hétszeresére nőtt.

Hazánk energiafelhasználásának százalékos aránya az utóbbi években és a tervek szerint a következőképpen alakul:

Év	Kőszén	Kőolaj	Földgáz	Egyéb (vill. energia, ipar stb.)
1960	71	18	2	9
1965	62	23	6	9
1970	51	28	12	9

A kőolaj- és földgáztermelés, -feldolgozás fellendülése nyomán a világ energiatermelésében 1962-ben haladta meg először a szénhidrogén felhasználása a kőszén felhasználását. Ha a kerekén 1,2 milliárd tonna kőolajtermelést 1,8 milliárd tonna kőszén-egyenértékkel, a szénhidrogéngáz termelését pedig további 0,6 milliárd tonna kőszén-egyenértékkel számoljuk, akkor a 2,4 milliárd tonnányi összes mennyiség a kőszén- és a barnaszéntermelés 1,8—1,82 milliárd tonnáját felülmúlva a szénhidrogének kerülnek a Föld energiahordozói között az első helyre.

Ez az összesített arány természetesen nem minden területre érvényes. Egyes országokban a kőszénfelhasználás sokkal nagyobb mérvű, a földrajzi helyzettől, a földtani lehetőségektől és adottságoktól, továbbá a felhasználás jellegzetességétől függően. (Így pl. a közép-európai országok közül egyedül Romániában múlja felül a szénhidrogének termelése a kőszénét.) Hazánk régen ismert földtani adottságai és az iparfejlesztés eddigi alakulása is a kőszén és barnaszén nagyobb részarányát alapozták meg. Csak a legutóbbi években felfedezett földgáz- és kőolajtelepek, valamint a Szovjetunióból hazánkba vezető „Barátság” kőolajvezeték megépülése tette lehetővé, hogy — a kőszénbányászat fejlesztése mellett — nagyobb mértékben irányozzuk elő a szénhidrogén alapú energiabázis és vegyipar fejlesztését.

Az energiatermelés alapjának ilyen változása a kőszéntermelés állandó „stabil” szintje mellett következett be. Ezért az egyre gyorsabban növekvő energiaigény kielégítése a fejlődő kőolaj- és földgáztermelésre, valamint a kőolajmportra hárul.

Az energetikus közgazdászok számítása szerint a Föld energiafelhasználásában a következő sorsdöntő nagy változás a századfordulók, 1990—

2000 körül következik be. Ekkorra a geológiai megőrzött és felhalmozott „fosszilis” szerves energiahordozók, a kőszén, a kőolaj, a földgáz háttérbe szorulása mellett a szerves energiatermelés válik uralkodóvá. Ezek lesznek: a magenergia, a Föld és a Nap melegének, a földi és csillagászati gravitációs erőknél, kisebb mértékben a légköri elektromosságnak stb. felhasználása. A kőolaj- és földgázkutatókra, termelőkre tehát a most következő 20—25 évben várható feladat a világtermelés új energiabázisának alakításában.

Az utóbbi években a felfedezett új, föld alatti kitermelhető készletek mennyisége nagymértékben felülmúlta a termelés felfutását. (Különösen hatalmasak a Közel-Keleten, a Szaharában, Líbiában, a Szovjetunió területén és a Kanadában feltárt újabb kőolaj- és földgáztelepek.)

A Föld kőolajtermelésének és készleteinek alakulását jellemzi, hogy amíg 1955-ben az évi kőolajtermelés 770 millió tonna volt, és az 1965-re kerekén 1500 millió tonnára nőtt, addig a felkutatott, kitermelhető kőolajkészlet 20 milliárd tonnáról kerekén 47 milliárd tonnára növekedett. Tíz év alatt 9 milliárd tonna kőolajat termeltek ki, s eközben annak háromszorosát, 27 milliárd tonna új kitermelhető készletet fedeztek fel. Földgázból a jelenlegi — és rohamosan növekvő — termelés évi 800—900 milliárd köbméterre becsülhető. A kitermelhető szénhidrogéngáz-készlet pedig felülmúlja a 30 ezer milliárd köbmétert.

Az ilyen kitűnő kutatási eredmények a tudományos haladásnak, a kőolaj- és földgáztelepek jobb földtani megismerésének és elsősorban a geofizikai módszerek fejlődésének köszönhetőek. A földtan és a geofizika tudományának az élet egy területén sincs olyan széles körű és elmélyedt hasznos alkalmazása, mint a szénhidrogén-kutatásban és -kitermelésben.

A vegytan, a fizika, az alkalmazott matematika és az olajtermelés keretében kifejlődött sajátos tudományágak; a tároló kőzeteknek az áramlásokra gyakorolt hatása, a nyomás, a hőmérséklet és az anyagszerkezeti viszonyok egymásra hatásának megismerése, a „rezervoár-mechanika”, továbbá a mélyben lejátszódó fizikai változások tanulmányozása, az olaj-, gáz- és vízrendszerben, a „föld alatti áramlástan” mindegyike egy-egy tudományág, mely segíti a Föld mélyén rejtőző kőolaj- és földgáz nagyobb mérvű kitermelését. A mélyfúrási technológia nagyarányú fejlődése, a kitermelt szénhidrogének kezelése, szétválasztása, majd feldolgozása és átalakítása minden vonatkozásban gyorsan fejlődő, magas színvonalú tudományos munkálkodást tesz szükségessé.

Az ún. „másodlagos” termelési módszerek alkalmazása is igen nagy gazdasági jelentőségű tevékenység. Ma már nem elégedhetünk meg azzal, hogy a mélyben levő kőolaj és földgáz a rendelkezésre álló természetes energiák segítségével szökjék a felszínre. A korszerű termelésnek arról is gondoskodnia kell, hogy mesterséges módszerekkel pótolják, sőt fokozzák a Föld mélyén levő energiákat. Segítségükkel az ott levő szénhidrogéneknek nagyobb százaléka hasznosítható. Természetes energiával a kőzetek likacsában rejtőző kőolajnak ugyanis csak 15—50, ritkábban 70—80 százalékát lehet kinyerni. (Az utóbbi magas kinyerhetőség csak egyes nagy természetes víznomással rendelkező telepek esetében lehetséges.)

Hazánkban már több mint két évtizede használunk másodlagos termelési módszereket. A leggyakrabban használt eljárások: a gáz és víz besajtolása

a rétegbe, az olaj oldószerrel történő kihajtása vagy újabban föld alatti hőfejlesztés stb. A mesterséges, másodlagos eljárásokkal a föld alatti készletből 5–40 százalékkal többet nyerhetünk ki.

A termelés növelése tehát nemcsak az újonnan felkutatott készletekre, hanem a termelés tudományosan irányított fejlettebb módszereire is alapozható.

A készletek és a szükségletek világrészek közötti megoszlása különösen az Amerikai Egyesült Államokat készleteti a termelés nagyfokú tudományos irányítására. A Szovjetunióban viszont, a hatalmas, sőt földtanilag fel nem tárt területek nagy lehetőségei a felkutatás tudományát fejlesztik.

Amíg a jelenlegi kőolajszükségletnek kereken 60 százaléka az amerikai kontinensen jelentkezik, a Föld ismert kőolajkészletének csupán kereken 25 százaléka van az amerikai kontinens területén, és 75 százaléka Európában, Közel-Keleten és Afrikában. A készletek és a termelés, illetve a szükséglet ilyen „ollójának” szétnyitása az USA iparának életkérdése. Ezért újabban pl. a kanadai aszfalt tartalmú homokoknak a kőolajtermelésnél sokkal költségesebb kiaknázásával is kísérleteznek.

A kőolajföldtani ismeretek fejlődésének alapján a föld még megismerhető ún. „perspektivikus” vagy „prognosztikus” — kútmunkálatokkal kitermelhető — készleteit is megbecsülték. E. G. WEEKS számításai alapján a már kitermelt és a már ismert kőolajmennyiségeket leszámítva kb. 205 milliárd tonnára becsülhető a Föld reménybeli készlete. Egyesek, az aszfalthomokok kitermeléséből és a termelési módszerek fejlődéséből származtatható készleteket is figyelembe véve, e mennyiség kétszeresével számolnak. Az említett újabb forradalmi változás az energiahordozók alakulásában — 2000 körül — egybeesik a kőolajtermelés hanyatlásának kezdetével.

Az 1963. évi Frankfurt am Main-i Kőolaj Világkongresszus programja ezért — mintegy mottóként — három gondolatot írt első lapjára:

- „volt idő, amikor az olajleparlás első termékét, a benzint mint hasznavehetetlen és veszélyes anyagot elégették”;
- „volt idő, amikor a lámpákat piszkos olajjal töltötték meg, amelyet valahol a Földön találtak”;
- „volt idő, amikor azt hitték, hogy a Föld olajkészlete csupán másfél évtizedre elegendő”.

Ma tudományos módszerekkel kutatunk, és olyan helyeken találunk kőolajat és földgázt, ahol a Föld felszíne arról semmit el nem árul. Ma a szénhidrogénekből, az energiaszolgáltatókon, kenőanyagokon kívül, a rovarirtószertől a nylonharisnyán át az acélpótló műanyagokig a műanyagoknak végtelen gazdagságát gyártjuk. Ma, ameddig szükséges, biztosítva van fejlődésünk számára a szénhidrogén-nyersanyag.

1.2 A KŐOLAJ FELHASZNÁLÁSÁNAK TÖRTÉNETE

A babiloniak „naptu” elnevezésű, felszíni olajkibúvásokból gyűjtött fekete folyadék a első szénhidrogénanyag, melynek használatáról írásbeli és archeológiai kutatásokból származó adataink vannak. Az akkád és sumir kultúrák művésze a főzéssel sűrített bitument agyagtáblák beborítására

és így domborművek formálására használta. Ninivében, Assurbanipal könyvtárában i. e. 1500-ból származó agyagtáblák beszámolnak a babiloni „Noé”, Utnapisti bárkájáról, melynek falára kívül 3 és belül 6 „gar”, kemencében besúrtított bitument kent fel készítője, hogy az i. e.-i 4000-ben keletkezett vízözön ellen védje a fát. A 6-ik agyagtáblán Istarról, a szerelem istennőjéről is említés történik, kinek megjelenése fényét olajfáklyák lángja tette ünnepegyessé.

A Gilgames-eposz a finomítók „őset” is leírja: a kemencét, melyben a megfelelő keménységű bitumen előállítására érdekében főzik az olajforrások anyagát. Az így nyert bitumen volt i. e. Ur, Nippur, Eridu városok nagyszerű építkezéseinek téglatapasztó anyaga. Ur városának jellegzetes plankonvex tégláit a bitumen őrizte meg a rommádólés után — olyan dombocskák halmazában, melyről a víz leperog. Az ilyen jellegzetes halmocskák az archeológusok kedvelt ásatási helyei, mert a régmúlt emberi tevékenység maradványait rejtik.

A bitumen és finom homok keverékét használták a templomaljzat víztelenítésére, különböző tárgyak, vázák gyűrűk készítésére is. Út- és gátépítésre és növényolajjal kevert világító fáklyák készítésére is felhasználták már a Tigris és az Eufrátesz között lakó babiloniaiak az olajforrások termékét. Megemlíti a Gilgames-eposz az első olajarat is, amikor közli, hogy a bitumen kb. tizedrésze a datolyaszirup árának. Az olaj ára 7000 év alatt lényegesen nem változott tehát, mert ma is ugyanez a különbség a cukor és a kőolaj árának nagyságrendjében.



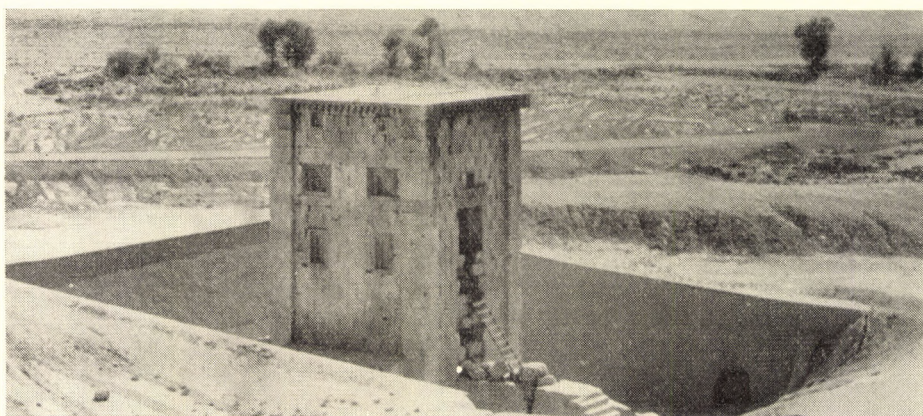
2. ábra. Aszfalttó Hit közelében, az Eufrátesz folyó völgyében (Irak). Középen az égő gáz lángnyelve (dr. Szurovy G. felv.)



3. ábra. Babilon falainak tégláit bitumennel ragasztották össze (Dr. Szurovy G. felv.)



4. ábra. Guffa a Tigris folyón (Dr. Szurovy G. felv.)



5. ábra. Tüzoltár Naqsh-i-Rusztám közelében Iránban (Dr. Szurovy G. felv.)

A „guffa”, a *babiloniak* vesszőkosárszerű, bitumennel vízhatlanított vízi-járműve az egyiptomiaknál is kedvelt volt. Ilyen vesszőkosárban találta meg a kis Mózes a fáraó leánya a Nílus vizén. Az *egyiptomiak* a múmiák bebalzsamozásához is használták a bitument. Az *Ótestamentumban* leírt több csodás jelenség természettudományos magyarázatát a kőolaj és földgáz okozta jelenségekben találhatjuk. Így a Sinai-félsziget meggyulladt gázkibúvásai okozhatták a pusztában vezető lángoszlopot. Sodoma és Gomorra pusztulása is igen hasonló egy vad olaj- és gázkitöréshez, és a kitörés után a kíváncsisága miatt elveszett Lótné sóbálványra változását is megmagyarázza egy sódiapirnak a gázrobbanás után messzire dobott darabja. És hogy az Újtestamentumot is említsük, a Genezáret-tavon is úszhattak közvetlenül a víz felszíne alatt azok az aszfalttáblák, melyeket a Holt-tengerről vagy a trinidadi „pitch”-tóból már a történelmi vagy

jelen időkből ismerünk — fajsúlyuk 1,0 körüli —, és ügyesen meg is lehet állni rajtuk, — mintha vizen járnánk.*

A Kaukázus keleti lábánál, a mai Baku vidékén, valamint Iránban is számos helyen az ősi tűzimádó vallás hívei a földgázforrások fölé építették templomaikat. E templomok tűzimádó istentiszteleteinek emléke az örök-tűz, örökmécses formájában sok vallás mai templomában is megvan.

Az időszámításunk kezdetét követő századokban a kopt „alkimisták” desztillációs készülékei párolják a gyógyászati célra és varázsszerként használt kőolajat. Az alexandriai HÉRON i. e. 100 évvel olyan olajlámpát szerkesztett, melynél a kanóc továbbítása automatikusan történik. Ezt követően is az olajlámpát sokfelé használják, időről időre fel- és eltűnik az emberiség története során, de műszakilag a XVIII. századig nem fejlődik az olajvilágítás.

Ezt követően hosszú századokon át főleg a harcászatban szerepel a kőolaj használata. A *kínaiak* már i. e. 1000 évvel „villámkocsikon” száguldva tüzgolyókat hajítanak az ellenségre. A *mongolok* sárkány formájú ballonokat eregetnek a levegőbe, melyeknek szájában világító olajlámpa rémíti az ellenséget. A *tatórok* olthatatlan tüzes nyilai — melyek többek között a Mohi-pusztai szekértáborot is felgyújtották — olajjal voltak átitatva.

MARCO POLO útleírásában említi, hogy 1270-ben Baku környékén olajat égetnek a lámpákban, és rühes tevéket gyógyítanak olajjal. MURCUS GRAECUS pedig 1250-ben „Tűzkönyv”-ében leírja a desztilláció módszerét. A salernói egyetem nagy orvosa, PLATAERIUS 1300-ban megjelent „Practica Brevis” c. művében az olaj sok hasznáról ír. Főleg gyógyszerként használják ez időben külsőleg és belsőleg egyaránt. Az élet mellett változatlanul — mint napjainkban — a halált, a háborút is szolgálja az olaj, mert a puszkapor felfedezéséig, 1350-ig a „görögtűz” a legveszedelmesebb harci eszköz, ami nem más, mint oltatlan méz és kóccal felitatott olajpárlatok keveréke.

A bajorországi Tegernsee melletti kolostor szerzetesei 1450-ben említik először kenőanyagként a kocsikenőcsnek használt „Quirinus olaj”-at, melyet egyébként orvosságként árulnak.

AGRICOLA (1556) „De re metallico” 12. könyvében hosszan foglalkozik a bitumennel, megemlítve az arabok felfedezte lepárlási eljárást is.

1703-ban a francia FAVRE szabadalmaztatja a reflektoros utcai olajlámpát, 1765-ben GROSSE Meissenben az olajszivattyús lámpát találja fel. 1783-ban ARGAND Genfben megszerkeszti, és Angliában szabadalmaztatja az üreges kanóccal és üveggel védett lámpát. A XIX. század második felében terjed el általánosan a kőolajból párolt petróleummal táplált lámpa.

Az 1673 körül HUYGENS és PAPIN megalkotta első robbanómotort még puszkapor hajtja, és ezért veszélyessége miatt a gőzgép legyőzte. 200 év múlva sikerült OTTO DAIMLERnek az első négyütemű gáz-robbanómotort ipari alkalmazásban elterjeszteni, majd 1873-ban HOCK Bécsben és BRAYTON Philadelphiában az első nyersolajmotort szerkesztette meg. A magyar BÁNKI DONÁT és CSONKA JÁNOS 1890-ben a karburátor és az excentrikus

* A Holt-tenger vizének fajsúlyja a sókoncentráció miatt olyan nagy, hogy benne kb. derékig elmerülve „járni” lehet. A „vízben járás” magyarázatához tehát nem okvetlenül szükségesek az aszfaltleányek (szerk.).

tengely felfedezésével segítette a belsőégésű motorok általános bevezetését és ezzel a kőolajtermékek forradalmi és világméretű felhasználását, melyet DIESEL (1892) és BENZ (1899) találmányai tökéletesítettek.

Így győzte le az ember a kőolaj segítségével a sötétség után a távolságot. A kőolajnak így általánossá vált felhasználása megmagyarázza az 1.1 fejezetben ismertetett nagy jelentőségét. A műszaki fejlődés így megteremtette az emberiség fokozódó igényét a kőolajra. Kezdetben a középkori módszerekkel folytatott termelési színvonal még csak egyes embereket gazdagított: Bakuban a NOBEL testvérpárt, Lengyelországban az első finomító építőjét: LUKASIEWICZ gyógyszerészt. A klasszikus kapitalizmus virágzása a XIX. század második felében együtt jár a nagy tőkés csoportok kialakulásával és az egyes területek kőolaj monopóliumainak megszerzésével. Így válik egyeduralmukodóvá az amerikai piacon J. D. ROCKEFELLER és az általa alapított Standard Oil, Kelet-Indiában a H. DETERDING és a Royal Dutch Shell vállalat.

A Szovjetunióban a XX. Pártkongresszus tűzte ki célul az energiabázisban a szénhidrogének szerepének növelését, és azóta fejlődik minden eddigi mértéket felülmúló arányban a Szovjetunió kőolaj- és gáztermelése.

A kőolaj *magyar földön* való felhasználására vonatkozólag is sok adatot találhatunk. A Bécsi Képes Krónika megemlíti, hogy 1068-ban Nándorfehérvár ostrománál görögtűzet használtak. Egervár védői 1552-ben olajjal, „égő szurokkal” harcoltak. Szigetvár ostrománál 1566-ban, Budavár visszavételénél 1686-ban a támadásnál görögtűzet használtak.

OLÁH MIKLÓS — a későbbi esztergomi érsek — Brüsszelben írt „Hungaria”-jában leírja, hogy „van Magyarországon olyan magános föld is, melyből, mint a viaszból gyertyákat, fáklyákat és világító szereket is csinálnak, azonban a szaguk kellemetlen”. AGRICOLA is megemlékezik szövegében („De natura fossilium” 1540) és képen az erdélyi szászok petróleumfőzéséről. Az erdélyi földgáz felszíni nyomait, a „zugó”-kat FRANCK BÁLINT szebeni királybíró írja le, a báznai „égő forrásokról” pedig a törököket Magyarországról kiűző hadsereg tudós tábornoka, LUIGI MARSIGLI tesz említést hazánk természeti kincseit leíró művében 1726-ban.

Magyar nyelven először TÉGLÁSSY ANDRÁS orvos és alkimista írja le egy orvosi receptben 1730 tájékán a „göres és nehéz nyavalya” ellen. E szerint a „büdös kőolaj, mind öregebb, mind fiatal használnak, ha bé vétetik reggel s estve égett borba 8 vagy 12 cseppig, a vizeletet meg indítja, a csepegést megállítja”.

BOD PÉTER 1769-ben említi először a „küolaj”-at. Korábban a kőolajat „szurok”-ként emlegetik a magyar nyelvemlékek. A Magyar Oklevéltárban 1075-ben és 1358-ban találunk említést egy patakról, amelyben szurok folyik: „Per silvam hortensem quae Hungaricae surkoscher vocatur.”

BENKŐ FERENC: „A köveknek és értzeknek megesmertető jegyeiről” készült, Göttingában 1782-ben megjelent könyvében még csak „termés földi szurok”-ról ír.

1788-ban WINTERE JAKAB, a budai egyetem vegytantanára a muraközi olajon vegyvizsgálatot végez, 1791-ben pedig MARTINOVICS IGNÁC, akkor a lemergi egyetem fizikatanára, a galíciai olajat vizsgálja meg. A Királyi Magyar Természettudományi Társulat 1842-ben kiírt pályázatát NENTD-

VICH KÁROLY, a pesti egyetem kémia tanára nyeri a muraközi és hagymádfalvi aszfaltok „A gyulányok nemébe hegyi kátrány és fekete hegyi olaj” vizsgálatáról írott művével.

RÓZSAY JÓZSEF, Zala megye orvosa pedig a Társulat ülésén ismerteti a bányavári (muraközi Peklenica) olajforrásokat, melyet „egy gráci patikus bérel, és belőle jó minőségű párlatot készít”.

DERVARICS KÁLMÁN, az alsólendvai nemzetőrség hadnagya leírja, hogy 1848-ban a letenyei Mura-hidat bányavári olajjal leöntve gyújtották fel, hogy így késleltessék Jellasics seregeinek átözlését a folyón.

A XIX. század derekán mind Európában, mind Amerikában kezdetét vette a szakszerű tudományos kőolaj kutatás.

1.3 A KŐOLAJFÖLDTAN TUDOMÁNYÁNAK FEJLŐDÉSE

A XIX. század közepéig ásott kutakból termelték a kőolajat. Burmában 1797-ben 520 ásott kút volt. Romániában, Lengyelországban, Kanadában és Magyarországon is termeltek olajat ásott kutakból, aknákból. Az első eredményes kőolajfúrást 1859-ben a pennsylvániai Titusville-ben végezték. 1859. augusztus 27-én áramlott az első kőolaj annak a kis társaságnak a fúrt kútjába, melyet E. L. DRAKE „tiszteletbeli ezredes” és szolgálaton kívüli vonatkísérő és W. A. SMITH kútfúrómester mélyített. Ezt az időpontot tekintik a nagy észak-amerikai olajipar születése napjának.

A Föld különböző országaiban a következő időpontokban nyertek először fúrásból kőolajat:

1859	USA, Pennsylvánia
1859	Németország, Wietze
1861	Románia, Câmpina
1865	Oroszország, Kubány
1871	Oroszország, Baku
1872	Japán
1874	Lengyelország, Buboka
1880	Kuba
1882	Mexikó
1885	Burma
1886	Jáva
1888	India
1890	Magyarország
1896	Peru

A műszaki fejlődéssel egyidőben vált ismeretessé az az alapvető földtani tény, hogy a kőolaj a földkéreg viszonylag magasra emelt helyzetű részein, az antiklinális „redők” legmagasabb, elfedett, likacsos rétegeiben rejtőzik. Az ún. „antiklinális-elmélet”-et a Föld különböző területein kb. egyidőben fogalmazzák meg, de csak hosszú viták után vált elfogadottá. G. V. ABICH 1847-ben Bakuban megállapítja, hogy az olaj antiklinálisokban található, de később (1867—1876) más kaukázusi lelőhelyek megismerése után önmaga is megcáfolta, hogy a kőolaj előfordulása és az antiklinálisok között valamilyen genetikus kapcsolat volna.

Az amerikai kontinensen 1842-ben W. LOGAN, a kanadai földtani szervezet igazgatója írta le először, hogy a Caspe-félszigeten a Szt. Lőrinc folyó

torkolata közelében antiklinális tengelyén fekvő rétegekből szivárog az olaj.

H. D. ROGERS kilenc hónappal DRAKE kútjának elkészülte után megállapítja, hogy az egy antiklinális tetején találta meg az olajat.

Az antiklinális-elméletet először határozottan az ugyancsak kanadai T. STERRY HUNT írta le 1861-ben.

HUNT 1865-ben megállapítja azt a négy alapvető feltételt, mely az olajtelepek létrejöttéhez elengedhetetlenül szükséges:

1. anyakőzet szükséges a keletkezéséhez (HUNT ezt mészkőnek tartja),
2. szerkezeti feltétel az antiklinális vagy „dóm”,
3. likacsos, illetve szerinte repedéses tárolókőzet,
4. olyan fedőkőzet, mely megakadályozza a kőolaj elszivárgását vagy elpárolgását.

HUNTTal egy időben Ohio és Nyugat-Virginia olaj- és gázforrásairól E. ANDREWS írja meg, hogy azok antiklinálisok tengelyén fakadnak.

Európában az osztrák H. HÖFER 1876-ban írja le először, hogy az antiklinális boltozatok a kőolaj felhalmozódásának feltételei.

E kiváló megállapítások ellenére még hosszú időt vett igénybe, amíg egyértelműen elfogadták a kutatást meghatározó alapelveként az antiklinális-elméletet. Olyan nagyhírű geológusok, mint C. LESLEY (1886) és A. ASHBURNER (1885) szembeszegülnek az antiklinális-elmélettel, és a (később megismert és az antiklinálisokban való felhalmozódás folyamatával egyértelműen magyarázható) rétegtani és a kőzettani változások alatti felhalmozódásokkal cáfolták. Véleményük szerint nem a szerkezeti, hanem a kőzettani jelleg határozza meg, hogy valahol keletkezhet-e olaj vagy gáztelep. Szerintük az antiklinális redőkön a széthajló rétegekben a felső részeken keletkezik olyan feszültség, mely repedések, likacsos rétegek képződését eredményezi, és így lehetőséget nyújt az olaj elhelyezkedésére. Az antiklinális egyesek szerint „már éppen azért keletkezik, mert az olajjal és gázzal átitatott kőzetek könnyebbek a vizes rétegeknél”, tehát ugyanazon feszültségek mellett feljebb helyezkednek el. Az ehhez hasonló téves elméletek közül P. KALICKIJT is meg kell említeni, aki még a század elején is azt állította, hogy a kőolaj keletkezési helyén („in situ”) található, és az antiklinálisokban éppen azért hajlanak meg a rétegek, mert az olaj teszi azokat „csúszóssá, síkossá”.

Az olajföldtan megalapítójának az angolszász irodalom ISAC C. WHITE-ot (1848—1927) tartja, aki 1885-ben nemcsak leírta az antiklinális elméletet, hanem az első olyan geológus volt, aki céltudatosan telepített fúrásokat antiklinálisokra, és több olaj- és gáztelepet fedezett fel teljesen új területeken, így többek között a „Washington” olajmezőt Pennsylvániában 1844-ben, a „Mannington” mezőt Nyugat-Virginiában 1892-ben. Ezzel született meg a nagy jelentőségű tény, hogy földtani munka és elmélet alapján olajat lehet találni olyan helyeken, ahol azt addig nem ismerték. A századforduló időszakában fejlődött azután a kőolaj keletkezésének, vándorlásának és felhalmozódásának ismerete gazdag földtani tudományággá.

Az antiklinális-elmélet továbbfejlődött a szerkezeti elméletté, mely szerint nemcsak boltozatokban, hanem más földtani alakulatokban is felhalmozód-



6. ábra. Eötvös Loránd, a torziós inga feltalálója

hatnak a szénhidrogének. Monoklinálisokban, töréses rögrendszerekben, szerkezeti terraszokon. Jelenlegi megfogalmazásunk a „csapda-elmélet” mely szerint a szerkezeti elem lehet akár közettanilag vagy rétegtanilag kialakult, esetleg ősföldrajzi eredetű ferde sík vagy pl. zátonyképződmény, morfológiailag képződött viszonylagos kiemelkedés. Lényeges földtani elem a záró képződmény, mely alatt összegyűlhet a likacsos vagy repedezett kőzetben vándorló olaj és gáz. Orosz földön, illetve a Szovjetunióban J. M. GUBKIN (1871—1939) volt az, aki a kőolaj keletkezésére, vándorlására és felhalmozódására vonatkozó ismereteket helyes irányban fejlesztette, és gazdag tudományos munkássága eredményeként a nagy jelentőségű „II. Baku” olajvidékét fedezte fel.

A „kőolajföldtan” fejlődésének további eredményeit a következő fejezetekben tárgyaljuk.

Fontos a részletes, alapos vegyi feltárás, a keletkezés körülményeinek vizsgálata, az anyakőzet és tárolókőzet megismerése és fizikai paramétereinek megállapítása. A föld alatti anyagvándorlás és a felhalmozódás körülményeinek tisztázása, a telepek elhelyezkedésének törvényszerűségei olyan ismeretek, amelyek mind a kutatás, mind a termelés során alapvető földtani segítséget adnak az ipar feladataihoz.

A XX. században EÖTVÖS LORÁND nagy találmányát, a *torziós ingát* BÖCKH Hugó alkalmazta először a Földön 1912-ben Erdélyben, majd 1914-ben az egbelli (Gbely, Csehszlovákia) területen az olajkutatás érdekében. Ezt követően terjedt el az egész Földön a geofizikai eszközök használata a Föld mélyszerkezetének vizsgálatára. Forradalmi változás volt ez, mely a geofizika továbbfejlődésével ma már a kőolajkutatás és -termelés munkálataiban nélkülözhetetlen földtudományi, „geonómiai” egységet alakította ki.

Az olajgeológus munkája során szintén elérkezik oda, ahová az érc, szén vagy más szilárd ásvány kutatója: átadja a további feladatokat a termelő mérnököknek. A tárolókőzet jellemző fizikai és kémiai adatai a két hivatás érintkezési területe. A kőolaj- vagy földgázteleppel való munkálkodás azonban mindvégig igényli a földtani megismerés fejlesztését.

IRODALOM AZ I. FEJEZETHEZ

- Kőolaj- és Gázipari Tájékoztató, 1966. I. Budapest.
Bányaipari Gazdasági Tájékoztató. Szerk.: BINDER BÉLA 1966. 1—6.
DR. KERTAI GYÖRGY: Kőolaj és Földgáz Gazdasági Figyelő 1957. VII. 4.
DR. KERTAI GYÖRGY: A Föld kőolajtermelése és tartalékai. Figyelő, 1958. II. 4.
DR. KERTAI GYÖRGY: A kőolajtudomány fejlődésének világgazdasági jelentősége. Figyelő, 1962. VI. 12.
KENNETH K. LANDES: Petroleum Geology. 1959. New York.
JEREMENKO, N. A.: Geologija nyefti i gaza. Moszkva, 1961.
JEREMENKO, N. A.: Geologija nyefti. Szpravocsnik. Moszkva, 1960.
SCHÖNWÄLDER, GÜNTER: Erdöl in der Geschichte. 1958. Hamburg.
GYULAY ZOLTÁN: „A soproni bányász-múzeum” kőolaj részének forgatókönyve. Kézirat, 1952.
DR. SZUROVY GÉZA: A korszerű forgó- (rotary) fúrás. Budapest, 1949.

2. A KŐOLAJ ÉS A FÖLDGÁZ ANYAGA

Kőolajnak nevezzük a perzsa és arab „nafud”, az orosz „nyeft”, az angol „oil” vagy „petroleum”, a német „Erdöl”, a spanyol „petroleo”, a román „țiței”, a francia „huil brute”, a kínai „Se Yü” szóval nevezett, a Föld felszínén folyékony halmazállapotú, egyes esetekben természetes hőmérsékleten megdermedő folyadékot. A „kőolaj” elnevezés helyett a magyar nyelvben is használatos az „ásványolaj”, „nyersolaj”, „petróleum”, a régi irodalomban „földi olaj” kifejezés. A kőolaj kifejezés nemcsak — amint azt az 1. fejezetben láttuk — a legősibb, tehát „prioritást” érdemlő megnevezés, hanem azért is kifejezőbb, pl. az „ásványolaj” szónál, mert az ásványok vegyileg egynemű anyagok, a kőolaj pedig vegyületek tömegének keveréke, mely lelőhelyenként más összetételű. A földkéreg szilárd anyagai közül tehát nem az ásványoknak, hanem a kőzeteknek felel meg.

A *földgáz* fogalmát régen a szűkebb értelemben vett szénhidrogéngázokra, sőt egyesek azok közül is a legkönnyebbre, a metánra vonatkoztatták. Ma is így szerepel egyes szótárakban, szakkönyvekben. Földtani értelemben azonban a földkéreg minden, természetes földfelszíni körülményeken gáz halmazállapotú anyagát így kell neveznünk, és a gyűjtőfogalom alatt kell megkülönböztetnünk a szénhidrogéngázokat pl. a juvenilis gázoktól, a széndioxidtól, a héliumtól vagy egyéb, a földkéregben található gáztól.

A szénhidrogéngázoknak az a tömege, mely a kőolajjal együtt vagy ahhoz hasonló körülmények között található, a kőolajhoz hasonló vegyületek keveréke. A Föld mélyében a gáz is sokszor folyékony halmazállapotú. A mélyben levő szénhidrogén-keverék felszíni és átmeneti halmazállapotáról a „fázis”-görbe nyújt tájékoztatást. (L. a „Fizikai tulajdonságok” c. fejezetet.)

2.1 A KŐOLAJ ÉS FÖLDGÁZ ELEMELI

A kőolajok és a földgáz uralkodóan az élő-anyagra jellemző elemekből épülnek fel: súlyszázalékban (LEVORSEN 1954) a következő mennyiségben:

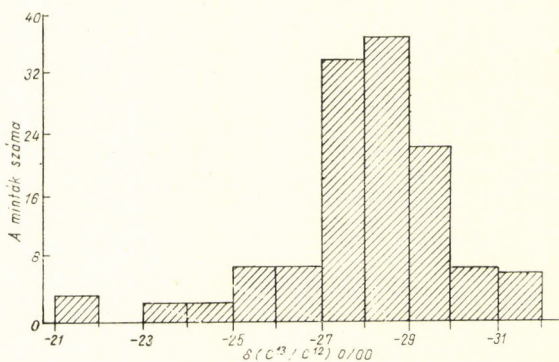
C	82,2 – 87,1
H	11,7 – 14,7
S	0,1 – 5,5
N	0,1 – 1,5
O	0,1 – 4,5

J. P. FORSMAN és J. M. HUNT (1958) szerint az elemi összetétel jelentősen eltér a kőszén és az olajpalák szerves oldószerben oldhatatlan „kerogén” anyagától.

A C : H viszony a kőolajokban 6–8, a gázban 3–4,3. A S, N és O tartalom általában nem haladja meg az 1%-ot. Az élő anyagra jellemző elemek közül a foszfort 1960-ban mutatta ki egyes szovjet olajok 180°-os párlatában A. KORCEV és J. SZLADKOV. Elemi megjelenésében meg kell még említeni a földgázban sokszor előforduló He-t, Ar-t és Ne-t. Az olaj nyomelemeiről a későbbiekben szólnunk.

A kőolajban uralkodó elemek izotóp-összetételével összesítően N. A. JEREMENKO (1961) szovjet geológus foglalkozott. A *karboniumizotópok* közül a ^{12}C és ^{13}C stabil szénizotópokról tudjuk, hogy átlagos összetétel-arányuk K. RANKAMA szerint $\frac{^{12}\text{C}}{^{13}\text{C}} = 90,3-93,1$ a szerves; 87,9–90,2

pedig a szervetlen anyagokban. A meteoritos karboniumban 89,8–92% (SZÁDECZKY K. E. 1955). S. R. SILVERMAN, S. EPSTEIN (1958) és mások foglalkoztak a kőolajok stabil szénizotóp-arányával, és összehasonlították tengeri, tavi és folyódelta-üledékek karbonátjainak szénizotóp-arányával.



7. ábra. 128 kőolajminta stabil szénizotóp-összetétele

Amint azt a 7. számú ábra mutatja, a megvizsgált 128 kőolaj stabil szénizotóp-összetétele inkább a szárazföldi eredetű anyagokéhoz hasonló. Azt mutatja ez, hogy a kőolajban sok, szárazföldről származó szerves anyag maradványa található.

A nyílt tengeri anyagok, mészkövek, dolomitok általában a nehezebb szénből többet tartalmaznak, mint a szerves anyagok és a kausztobiolitok. A magyarországi vizsgálatokat 1964-ben kezdték el (KISS I. MATUS L. és OPAUSZKY I.).

A Szovjetunióban A. B. TROFIMOV kor szerinti különbséget állapított meg a $\frac{^{12}\text{C}}{^{13}\text{C}}$ arány szerint. A miocén andisáni kőolajban 92,4, a permi isinbaji kőolajban 91,2 ez az arányszám. A karbon kőolajokban 88–89-es érték mutatja, hogy általában a fiatalabb kőolajokban kevesebb a nehezebb szénizotóp. A ^{14}C radioaktív szénizotóp, az ún. „radiocarbon”, melynek felezési ideje 5568 év, természetesen a geológiai időkből származó kőolajokban és földgázokban nem mutatható ki, mert a legérzékenyebb műszerek

is csak 25—30 000 éves ^{14}C -et jeleznek. A kőolajföldtanban mégis jelentős ennek a szénizotópnak a szerepe is, mert ez segített hozzá, hogy a jelenkorban képződött olajokat kimutassák (L. a 3. fejezetet).

A hidrogén-izotópok közül a radioaktív ^3H (trícium) 12,46 év felezési idejével nem szerepelhet a kőolajban, de a ^2H , a deutérium mennyiségére vonatkozóan újabban folynak érdekes vizsgálatok. A $\text{H} : ^2\text{H}$ arány, mely B. GRINBERG vizsgálatai szerint a lvovi vízvezetéki vízben 6700, az egyes kőolajokban a következőképpen alakul:

Boriszlav-Dolina 24. kút 3895, uo. 26. kút 4351, uo. 28. kút 4152, a dasvai földgáz metánjában 3764. K. RANKAMA (1949) adatai szerint viszont a texasi és kaliforniai kőolajokban az arány igen hasonló a vízhez: 6700, illetve 6622, a Kolumbia Egyetem vízvezetéki vizében 6800.

Magyarországon DALLOS I. (1959) végzett deutérium-meghatározásokat az olajtelepek kísérő vizeiből, és bizonyos, a rétegtani mélységgel szabályszerűen növekvő deutériumtartalmat mutatott ki.

A. N. GABRILJAN vizsgálatai a fergánai medencében és N. A. JEREMENKO szerint másutt sem mutattak ilyen törvényszerű változásokat a szénhidrogénben levő $\text{H} : ^2\text{H}$ arányok.

A kén-izotópokra vonatkozóan különösen N. A. JEREMENKO (1962) vizsgálatai érdekesek:

a négy stabil kénizotóp általános megoszlása K. RANKAMA szerint a következő: ^{32}S 95,1; ^{33}S 0,74; ^{34}S 4,2; ^{36}S 0,016%. A két elterjedtebb kénizotóp a $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ aránya a meteoritokban 22,21, a magmatikus kőzetekben és a hidrotermális szulfátokban 22,12 óceáni eredetű szulfátokban 21,76. A. P. VINOGRADOV etc. a karboniumhoz hasonlóan, standardhoz viszonyították a két kénizotóp mennyiségét, és $-4,14 + 4,55$ közötti eltéréseket kaptak. A $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ 21,280 és 23,212 között változott, de földtani szabályosságot nem sikerült megállapítaniuk. Legújabban (1966) N. A. JEREMENKO úgy találta, hogy az alsó karbon kőolajoknál a standardhoz viszonyított ‰ -ben kimutatott érték $+3 + 6$ között, a perm és jura kőolajokban pedig $0 - 4$ között változik. A karboniumhoz hasonlóan tehát a kénizotópok is az idővel könnyebb atomokkal gazdagodnak, — a régebbiek nehezebbek.

Az oxigén- és nitrogénizotópok megoszlására vonatkozóan a sok vizsgálat ellenére még semmiféle érdemleges szabályt nem sikerült eddig megállapítani (1967).

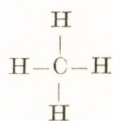
2.2 A KŐOLAJ ÉS A SZÉNHIDROGÉNGÁZOK URALKODÓ VEGYÜLETEI

A kőolaj és földgáz három szénhidrogéncsoport keveréke:

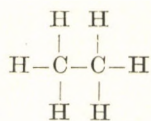
1. a parafin- vagy „metán” szénhidrogének nyílt szénláncú homológ sora $\text{C}_n\text{H}_{2n} + 2$ általános képlettel; a
2. naftén vagy cikloparafin szénhidrogének C_nH_{2n} általános képlettel; és az
3. aromás, gyűrűs szénhidrogének $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$ általános képlettel.

A három csoport nagy változatoságban, de a kőolajokban rendszeresen jelen van. Az alapvegyületeken kívül sokféle kapcsolódásban és oldallán-cokban e három csoport egymással is vegyületet alkothat.

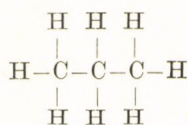
Néhány parafin szénhidrogén szerkezeti képlete:



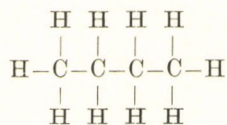
metán CH_4



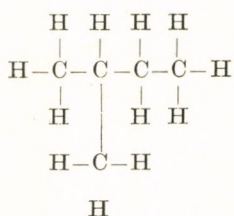
etán C_2H_6



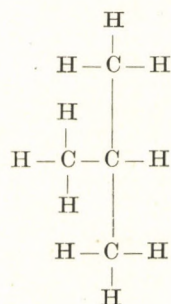
propán C_3H_8



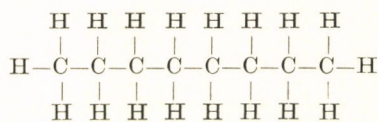
normál bután C_4H_{10}



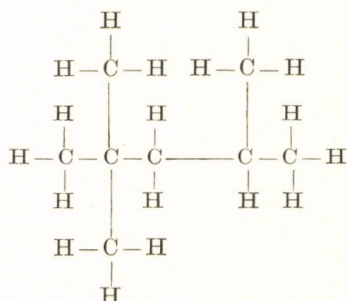
izopentán C_5H_{12}



izobután C_4H_{10}



normál oktán C_8H_{18}



izooktán C_8H_{18}

A parafinsorban a lehetséges izomerek számát az alábbi táblázat tünteti fel:

Szénatom	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25
Izomerek	1	1	1	2	3	5	9	18	35	75	4347	366 319	36 797 588
	30						40						
	4 111 846 763						62 491 178 005 831						

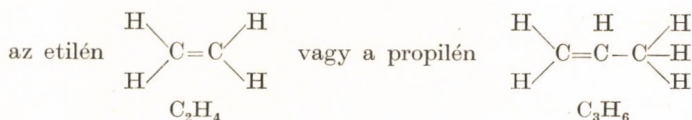
Az elnevezés metántól nonáig (1—9 szénatom), majd dekán (10 szénatom), undekán, duodekán etc., majd eikozán (20 szénatom), heneikozán (21 szénatom), pentakozán (25 szénatom), triakontán (30 szénatom), tetrakontán (40 szénatom), penta-, hexa-, a máig ismert legmagasabb szénszámú (70) heptakontánig.

A sor 3—4 szénatomszámú tagjai természetes körülmények között gáz, —5 —16 szénszám között folyékony, s e fölött szilárd halmazállapotúak. (LEVORSEN 328. old.)

Néhány szénhidrogén fontosabb jellemzői:

	Képlet	Molsúly	Forr. pont C° normál nyomá- son	Kritikus hőmér- séklet C°	Kritikus nyo- más At
Metán	CH ₄	16,04	-161,4	-82,4	45,8
Etán	C ₂ H ₆	30,07	-89,0	32,3	48,2
Propán	C ₃ H ₈	44,09	-42,1	96,8	42,0
n-Bután	C ₄ H ₁₀	58,12	0,55	153,1	36,0
Izobután	C ₄ H ₁₀	58,12	-11,72	134,0	36,9
n-Pentán	C ₅ H ₁₂	72,15	36,0	197,2	33,0
Izopentán	C ₅ H ₁₂	72,15	27,89	187,8	32,9
n-Hexán	C ₆ H ₁₄	86,17	68,75	234,8	29,5
Izohexán	C ₆ H ₁₄	86,17	60,30	228,0	—
n-Heptán	C ₇ H ₁₆	100,20	98,42	267,0	27,0
Izoheptán	C ₇ H ₁₆	100,20	90,10	257,9	27,2
n-Oktán	C ₈ H ₁₈	114,22	125,60	295,9	25,2
Izooktán	C ₈ H ₁₈	114,22	118,10	285,5	—

A nyílt szénláncú szénhidrogének közül más, telítetlen, kettős kötések tartalmazó vegyületek is megtalálhatók kis mennyiségben és ritkán egyes kőolajokban, mint pl.



A kőolaj feldolgozása során, különösen a krakkoláskor gyakran keletkeznek e vegyületek.

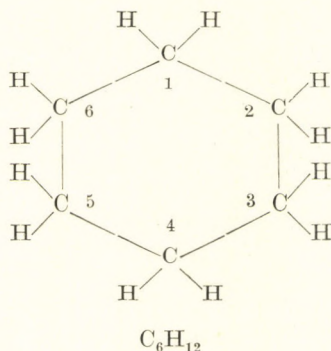
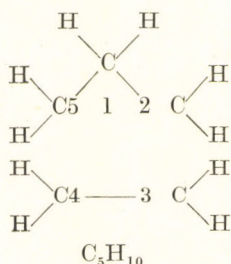
A másik uralkodó szénhidrogénvegyület-csoport a *naftén*-ek gyűrűs szerkezetű, telített vegyületei. Ezeket a parafinokhoz hasonló, de azoknál nagyobb fajsúlyú vegyületeket V. MARKÓWNIKOFF mutatta először ki a

bakui kőolajokból, és a „nafta” névből származtatta megnevezésüket. A legegyszerűbb ilyen stabil cikloparafinok a

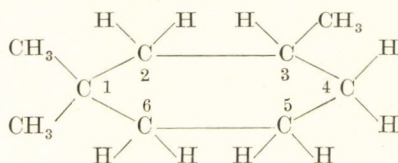
ciklopentán

és a

ciklohexán

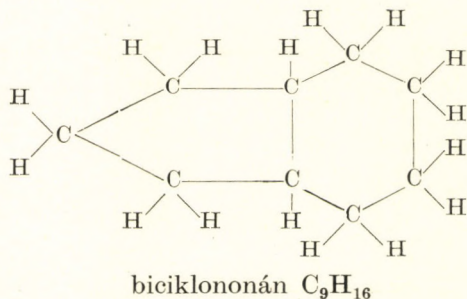
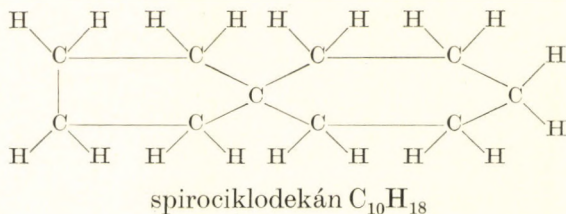


E vegyületcsoportokban az egyes hidrogénatomokat gyakran metiloldallánccok helyettesítik, ilyenkor az elnevezésük a szénatomok sorszáma és a metilcsoportok száma szerint pl.:

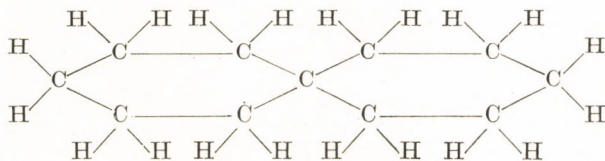


113 trimetil-ciklohexán

Igen gyakoriak a két vagy több telített gyűrű összekapcsolódásából származó „biciklo”- vagy „spirociklo” vegyületek, pl.:

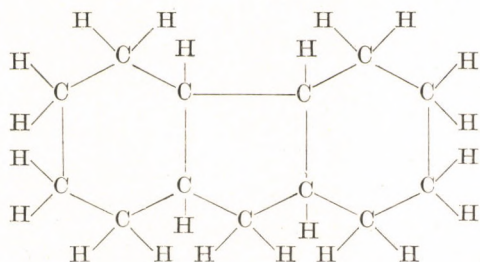


vagy a



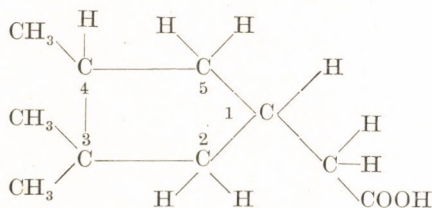
spirocikloundekán $C_{11}H_{20}$

Léteznek azonban három-, sőt több gyűrűs naftének is pl.:



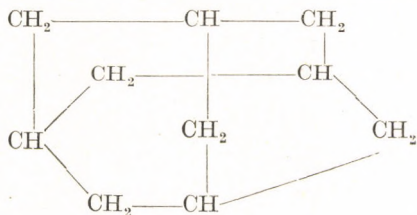
tricyklotridekán $C_{13}H_{22}$

Gyakoriak az ilyen naftén gyűrűkön az idegen (nem szénhidrogén) oldal-láncok is, pl. a nafténsavak legtöbbször naftén gyűrűkre kapcsolódó oldal-láncokkal alakulnak ki. Példaként egy ilyen heterogén felépítésű vegyület a

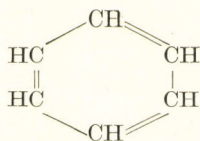


334 trimetilciklopentilacetsav

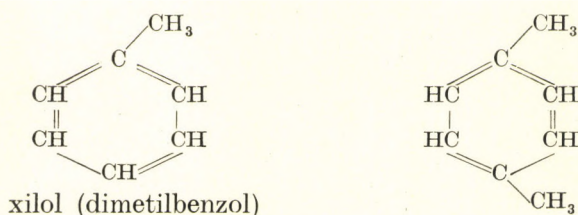
Az érdekesség kedvéért megemlítjük, hogy e csoportba tartozhatnak változó szénatomokkal kapcsolódó gyűrűk is, mint pl. az ebbeli kőolajból S. LANDA és V. MACHÁČEK által kimutatott „adamentan” (1933):



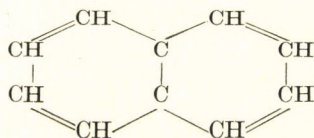
Végül a harmadik uralkodó vegyületcsoport az „aromások” vagy „benzol” szénhidrogének. Az ismert kettős kötések mutatkozó gyűrűvel ábrázolható vegyületek közül a legegyszerűbb a benzol:



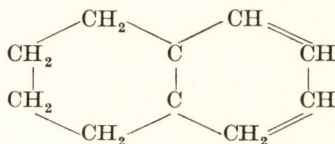
Ilyen egyszerű formában ritka a kőolajban, legtöbbször oldalláncokkal, nyílt vagy naftén szénhidrogénekkel együtt fordul elő. Ismertebb elterjedtebb aromás vegyület még a toluol (metilbenzol) vagy a három változatban ismert



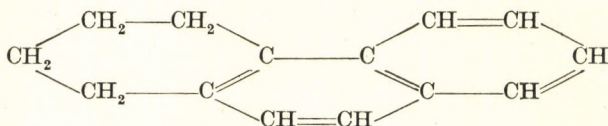
Gyakorik a policiklikus aromás vegyületek, pl. a naftalin:



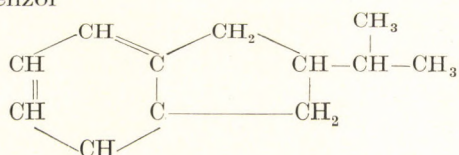
A háromgyűrűs fenantrén vagy antracén. Nem ritkák a naftén és benzolgyűrű kapcsolódásai, pl. a tetralin:



vagy pl. a tetrahydrofenontrén



Végül az aromás naftén és a nyílt szénláncú szénhidrogének vegyülete a propilciklopentilbenzol



A különböző szénhidrogén-vegyületek szétválasztása rendkívül bonyolult feladat. Az egyes kőolajtelepek olajminősége igen eltérő arányban tartalmazza az egyes szénhidrogéncsoportok különböző tagjait. Az olajok teljes vegyelemzését nem is szokták elvégezni. Az oklahomai *Ponca* mező olaját részletes vizsgálat alá vetették azzal a céllal, hogy minden benne levő vegyületet kimutassanak. A sorozatos frakcionális desztilláció, frakcionális kristályosítás és adszorpciós műveletek ezreit végezték. Tonnás tételekből indultak ki és mm³-nyi mennyiségben kaptak végül homogén vegyületeket. Mire az elemzést befejezték, a mező kimerült. A. F. ROSSINI és munkatársai által kimutatott 141 molekulaféleség alkotta az olaj 44%-át. A fontosabb vegyületek ezek közül példaképpen ebben az olajban a következők voltak:

Parafinok:

Az összes normál parafin
CH₄—C₁₀H₂₂-ig

- Izobután
- 2 metilbután
- 23 dimetilbután
- 2 metilpentán
- 5 metilhexán
- 2 metilheptán
- 26 dimetilheptán
- 2 metiloktán

Naftének:

- Ciklopentán
- Ciklohexán
- Metileciklopentán
- 11 dimetileciklopentán
- Metileklohexán
- 13 dimetileklohexán
- 124 trimetileklohexán

Aromások:

- Benzol
- Tuluol
- Etilbenzol
- Xyol
- 124 trimetilbenzol

A növekvő molekulasúllyal általában csökken a parafin szénhidrogénmennyiség. A szilárd alkatrészekben viszont ismét az alifások uralkodnak. Egyes amerikai kőolajok 40° és 102° között átpárolható benzinpárlatában következő a szénhidrogének térfogat %-os megoszlása (B. T. BROOKS szerint):

Terület	Réteg	Képződésmélység kora	Mélység m	Hőmérséklet C°	Parafin	Izoparafin	Ciklopentán	Ciklohexán
					térfogat %			
Ponca	Wilcox	Ordovici	1270	60	35,7	20,5	23,4	20,4
Greendale		Devon	1740	35	63,1	13,2	8,0	15,7
Bradford	Bradford	Devon	655	22	34,4	32,2	13,4	20,0
Winkler Texas	Big Lime	Perm	985	30	9,5	61,6	8,4	20,5
East Texas	Woodbine	Kréta	1080	64	24,7	27,3	26,0	22,0
Conroe Texas	Cockfield	Eocén	1610	78	18,2	20,3	17,3	44,2
Midway Kalifornia		Pliocén	665	46	10,0	21,5	41,0	27,5

A parafinok (P), naftének (N) és aromások (A) %-os összetételét néhány tipikus olaj különböző frakcióiban az alábbi táblázat tünteti fel:

Frakció	Szovertunio Baku Bibi Eybat			USA TEXAS Mexico			USA Oklahoma Tonkawa			USA Kalifornia Huntington		
	P	N	A	P	N	A	P	N	A	P	N	A
60 – 95°	57	40	3	57	17	29	68	26	6	65	31	4
95 – 122°	45	52	3	57	22	21	58	34	8	46	48	6
122 – 150°	27	66	7	58	23	19	45	43	12	25	64	11
150 – 200°	19	69	12	63	21	16	39	41	20	22	61	17
200 – 250°	27	51	22	68	20	12	44	34	22	30	45	25
250 – 300°	29	41	30	59	29	12	46	29	25	31	40	29

A nehezebb, nagyobb szénszámú szénhidrogén-molekulák között, anélkül, hogy a három főcsoportba való tartozásuk tisztázva volna, ismeretesek az aszfaltok, a bitumenek és a szilárd parafinok. E vegyületek főleg nagy molekulájú parafin szénhidrogénekből állnak, elég gyakran O₂ tartalommal.

Amíg a könnyebb szénhidrogének elválasztása a frakcionál átjárással (legtöbbször a ceppfolyós levegő hőmérsékletén megindítva és végső fázisaiban vákuumban végezve a lepárlást) és a frakcionális adszorbciónak kromatográf oszlopokon való folyamatos alkalmazásával aránylag egyszerűen megoldható, addig e nehezebb alkotók elválasztása igen bonyolult. Legtöbbször a könnyűbenzinnel (gazolinnal) készített kivonatot infravörös spektroszkóppal vizsgálják. Ilyen vizsgálat eredményét néhány németországi olajon mutatja a következő táblázat (H. LUTHER etc. 1959. alapján):

Terület	Fúrás sz.	Képződemény	Mélység m	Molekulasúly	Aromás	Parafin	Naftén
					szénhidrogénatom %		
Wesendorf	1023	NEOCOM	360	679	32,5	49,5	18,0
Wesendorf	4	DOGGER	985	590	28,2	65,1	16,7
Wesendorf	61	LIASZ	1860	553	26,1	74,6	0,0
Meldorf	109	PERM	900	606	29,0	56,0	15,0
Eldingen	33	LIASZ		599	30,0	55,4	14,6
Quakenbrück		DOGGER		655	—	79,4	—
Thören		MALM	647	642	30,0	63,2	6,8

A nagyobb (100—800) molekulásújú frakciókban policiklikus gyűrűk, sokszor aromás jelleggel, ritkábban a parafin-oldalláncok találhatóak meg.

A kőolajok e nehéz alkatrészei között gyakoriak a kristályos szerkezetű parafinok, melyek kereszttezett nikolok között anizotróp módon viselkednek. N. A. JEREMENKO és munkatársai Debye-diagramot is vettek fel egyes kőolajok parafin kristályairól, és azokban nagy változatosságú (40—160 Å) elemi rész távolsággal, hosszú szénhidrogénláncok jelenlétét mutatták ki. Az egyes parafin kristályok elemi celláinak adatai Å-ban:

	Lelőhely	a	b	c
C ₂₅	Ozek-Szuat	7,480	4,982	63,2
C ₂₆	Bitkov	7,464	4,970	65,8
C ₂₇	Bitkov	7,454	4,968	68,3
C ₂₉	Dnyeper—Donyec medence	7,445	4,962	73,4
C ₃₂	Tujmazi	7,438	4,958	81,0

A szilárd szénhidrogének közül sok a természetben is megtalálható. Ezek valószínűleg kőolajtelepek felszínre szivárgott anyagának bepárlódása és egyes esetekben azok oxidációja útján keletkeztek. R. MEINHOLD (1962) az összes ilyen szilárd és kolloid szénhidrogént a kőolaj „átalakulási” termékének tartja. Szerinte a parafin bázisú olajok bepárlódásából ozokerit és „földi viaszok” keletkeznek, a naftén és aromás bázisú olaj felszínközeli bomlása pedig aszfaltokat eredményez. Ennek a leegyszerűsített régi feltevése azonban sok vegyi ellenérve van, és ezért már az 1931-ben megjelent Science of Petroleum szerzői kétségbe vonták. Egyes esetekben éppen a nagyobb molekulájú szénhidrogének lehetnek az elsődlegesek, és mint a kőolajfeldolgozás „krakkolás”-nak nevezett eljárásánál, a föld mélyének nyomás és hőmérséklet tényezői bontják fel, „tördelik szét” a nagy molekulákat — létrehozván a könnyű szénhidrogéneket és a földgázt.

Az aszfaltének a „resin” csoport (kristályos parafin, viaszok, gyanták) szilárd vegyületeivel szemben stabil, erősen diszperz kolloid oldatként viselkednek, és benzinben nem, de benzolban, kloroformban oldhatók. Hevítésre nem olvadnak, hanem kokszosodnak. Molekulásújuk több 1000 nagyságú. Ilyenek a természetes aszfaltok (pl. a romániai Dorna-Brusturi, Trinidad, Uhta a Szovjetunióban) 1,0 körüli sűrűséggel, gyakran nagy kén-tartalommal. Olvadáspontjuk 120 C° és 300 C° közötti.

Más hasonló szerves ásványok az ozokerit (Lengyel-Kárpátok) 0,845—0,930 sűrűséggel vagy az aligarit (Kalifornia USA és Fergana SzU). Az „oxikerit”, „elikerit”, „gilsomit”, „kerit”, „korbolit” egy-egy, legtöbbször helyi elnevezéssel illetett fajtája az ilyen nagy szénszámú szénhidrogénekből álló ásványoknak, melyek fokozatosan már a zsíros, olajos szénfeleségekhez teremtik meg a genetikai és petrográfiai kapcsolatokat. Az ún. pyrobitumenek, újabban „aszfaltoidok” egyesek szerint nagy hőmérsékleten és nyomáson keletkeznek az egyszerű aszfaltitokból („albertit” „wurtzilit”, „elaterit”).

Az 1959. évi V. Kőolaj Világkongresszuson az üledékek szerves anyagait s ezen belül az említetteket az oldhatóság alapján három csoportba osztották:

- | | |
|---|--|
| 1. Naftabitumenek:
(Petrobitumenek)
(Széndiszulfidban oldhatók) | kőolaj, földgáz (szénhidrogén)
természetes aszfaltok, aszfaltitok
ozokerit |
| 2. Kerabitumenek
(Nagyrészt oldhatalanok CS ₂ -ban) | az olajjalák és anyakőzetek anyagainak ún. <i>kerogén</i> része |
| 3. Kőszenek
(szerves oldószerben oldhatatlanok) | tőzeg, lignit, szapropelszenek
humusz-szenek, antracit |

A kőolajföldtanban az első csoportba tartozó szerves vegyületekkel foglalkozunk.

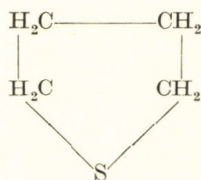
2.3 A KŐOLAJ JÁRULÉKOS ELEGYRÉSZEI

Az elemi alkotók közül a csak gázalakban előfordulókat (He, CO₂ stb.) a 2.7 fejezetben tárgyaljuk. Ezúttal a gyakori — de nem szénhidrogénvegyületeket ismertetjük.

2.3.1 Kén

A kén elemi állapotban, kolloid, diszperz formában is megtalálható. Gyakori a szénhidrogéngázokat kísérő kénhidrogén. Szerves kötésben a nyílt szénláncú szénhidrogénekben, pl. a propylmerkaptán (C₃H₈S) vagy a dithiobután (C₂H₆S₂) formájában jelenik gyakran meg. Míg az alifások mono- és disznefid etil-, propil-, izobutil-merkaptánokat, a naftének ciklikus polimetilén szulfidokat, mások thiofént és származékaikat tartalmazzák.

Az egyszerű szulfidok SzH—S—SzH, a disznefid szulfidok SzH—S—S—SzH a thiofen pedig a ciklopentánhoz hasonló gyűrűben helyezkedik el:



Mennyisége a kőolajban gyakorlatilag a semmitől 5—6%-ig emelkedhet, egyes földgázokban elérheti a 12—13%-ot.

A kén jelenléte a kőolajban az ipar szempontjából igen fontos körülmény. Az energiatermelésben, belsőégésű motorokban veszedelmes szennyező, egyes földgázokból viszont (pl. a franciaországi Lacq mező vagy a mexikói Posa-Ria) a kényártás szinte a szénhidrogéneknél fontosabb nyersanyagforrását jelenti.

Általában a mészkő tárolókőzetből származó olajokban és gázokban több a kén, mint a homokkőből termeltekben. A kén eredetére vonatkozóan sok felfogás van. Egyesek szerint az üledékes szulfátokkal kapcsolatos vegyi reakciók eredménye. A legvalószínűbb azonban a szerves eredet. Részben bakteriális működés közvetíti a kéntartalmat, részben egyszerűen a bomló szerves anyagokból kerül az olajba. (A proteinek 16%-a H₂, átlag 1%-os S.) A nitrogén- és kéntartalom azonban soha sem arányosan emelkedik és csökken. Emiatt a kérdés megoldása bonyolult.

Azt a körülményt, hogy a mészkövek környezetéből származó kőolaj kénben gazdagabb, úgy magyarázzák, hogy a vasvegyületek hiánya miatt nem köti le semmi a ként, ellentétben az agyagok, márgák, homokok környezetével, ahol is a piritképződés úgyszólván mindig megtörténik, ha szerves anyag van jelen az ülepedéskor.

2.3.2 Oxigén

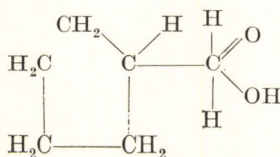
Az oxigén szabad, elemi alakban zsírsav, naftén és fenol vegyület formájában

található a kőolajban. A zsírsavak karboxil gyököt $-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array}$ -t tartalmaz-

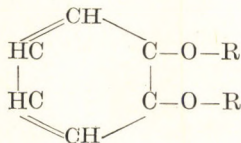
nak, és (C₆H₅O₆[R]) általános képlettel fejezhetők ki. (R = CH₃: metil, CH₃CH₂: -etil, CH₃-CH₂-CH₂ -: propil.) A nafténsavak -C_nH_{2n-1}(COOH) általános képlettel - a texasi olajokban 0,03-0,30; Pennsylvániában 0,03; Kanadában 0,1; Bakuban 0,7; a romániai olajokban 0,049-0,5; a lengyel Kárpátok olajaiban 0,07-1,19%-ban találhatóak. Részletesebb vizsgálatok szerint három csoportra oszthatók:

1. „parafin-karboxil savak”, C_nH_{2n}O₂, 6-7 szénatomos, alacsony forr- pontú tagok,
2. az „igazi petróleum savak”, C_nH_{2n-2}O₂ 8-12 szénatomú tagok és
3. C_nH_{2n-4}O₂, 22-23 szénatomig.

Egy „igazi” nafténsav (C₆H₁₂O₂) szerkezeti képlete:



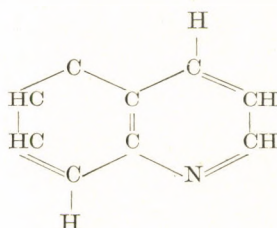
A természetben általában ritka, savanyú kémhatású vegyületek e viszonylagosan nagy mennyisége a kőolajban figyelemre méltó. A fenol (C₆H₅OH) és a fenoléter



formájában az oxigén aromás kötéshez kapcsolódik, pl. a kelet-indiai és a szovjetunióbeli Szahalin (Ehebinszk) harmadidőszaki kőolajaiban. A resinés aszfaltvegyületekben is gyakran kapcsolódik az oxigén. A grozniji (Szovjetunió) kőolaj pl. 8,2% 1,04 sűrűségű $C_{41}H_{57}O_2$ tapasztalati képletű 589 mol. súlyú gyantát tartalmaz.

2.3.3 Nitrogén

A nitrogén elemi állapotban gyakori a földgázokban. A kőolajban ipari szempontból sokkal kevésbé fontos szennyező anyagok a nitrogén tartalmú, főleg gyűrűs vegyületek, mint a kén és oxigén tartalmú járulékos elegyrészek. Kis mennyiségű megjelenésük főleg a kőolaj keletkezése szempontjából vizsgálatra érdemes jelenség. Így az eddig csak az élővilágból ismert chinolin és metilchinolin



elég gyakran mutatható ki. (Benzol és pyridin gyűrűk kapcsolódása.) A nem aromatikus nitrogénvegyületek, a ciklikus aminok $C_{16}H_{25}N$ vagy $C_{13}H_{21}N$ összetétellel ismertek. A Szovjetunió különböző kőolajaiban 0,03 (Emba vidék) — 0,45 (Turkménia) térfogat %-ban mutattak ki nitrogént.

A nagy molekulájú aszfaltos alkatrészek között is gyakori a nitrogén-szennyezés. A kőolaj keletkezése szempontjából fontosak a sok helyen kimutatott porfirinvegyületek, mint a klorofillból való származás bizonyítékai (l. még a 3. fejezetben). Az ilyen heterociklikus aromás kötésű (több pyridin gyűrűs) vegyületek gyakran fématomokat (vas, magnézium, vanádium) is kötnek.

A nehezebb alkatrészek közül az aszfaltének gyakran viszonylag nagyobb mennyiségben tartalmazzák mindhárom járulékos elemet. Néhány szovjetunióbeli aszfaltén járulékos elemtartalmát az alábbi táblázat mutatja: (N. A. JEREMENKO szerint, 1961.)

Terület	A kőolajban az aszfaltén %-a	Karbonium	Hidrogén	Nitrogén	Kén	Oxigén
Romaskino	3,8	83,66	7,87	1,19	4,52	2,76
Tujmazi	3,9	84,4	8,87	1,24	4,45	2,04
Groznij	—	85,2	7,4	—	0,7	6,7
Ilszk	1,6	83,7	8,38	0,91	1,33	5,68

2.3.4 Egyéb elemek

Az egyéb elemek közül a kőolaj hamujában igen sokat kimutattak már. Spektroszkópos vizsgálatokkal a nyomelemek nagy gazdagságát tárták fel. Jelentőségük 1. tudományos szempontból, 2. bizonyos anyagok gyártása szempontjából figyelemre méltó. Pl. a ritka vanádiumnak egyes kőolajokban való előfordulása nagyobb ipari jelentőségű. A legegyszerűbb kinyerési eljárás pl. a vanádium esetében a kőolaj üzemanyagként való felhasználása után kicsapódó füstgázokból történhet. Így nyerik ki pl. a perui aszfalt viszonylag magas vanádiumtartalmát. Analitikai célokra bepárolják az olajat legnehezebb frakciójáig, majd szilikátsészékben levegőn kiizzítják. Az így kapott petróleum-kokszt zárt kemencében redukálják. A kokszt oxigénáramban hevítik tovább, majd az oxigénáramot desztillált vízben felfogják. Természetesen a legegyszerűbb és legpontosabb kimutatás spektroszkópiai úton történik. A. I. LEVORSEN szerint Nyugat-Virginiában 113 telep kőolaját megvizsgálva azok hamutartalmát 0,04 és 400 milliomodnak találták. Mexikó, Dél-Amerika és a Közel-Kelet kőolajainak hamutartalma 0,003 és 0,72% között változik.

Az olaj vegyi jellege és hamutartalma között jellemző összefüggés nincs. Általánosságban azonban a nagyobb fajsúlyú és viszkozitású olajoknak gazdagabb a hamuja. Egyszerű szűrés útján végzett hamutartalom-vizsgálatok a legritkábban adnak az összes hamutartalom felénél több anyagot. Ez azt mutatja, hogy a hamuképző anyagok legnagyobb része vagy mint kolloid szuszpenzió, vagy mint szerves oldott anyag van jelen a kőolajban.

H. PESTER (1927) közli, hogy a mexikói kőolaj abszorberen való átszűrése után vanádiumtartalma teljesen megszűnt, és az azután az abszorberen volt fellelhető (a kéntartalom hasonlóan viselkedett).

Ebből azt a következtetést vonja le, hogy a vanádium szulfid alakjában kolloid állapotban van jelen. Megállapítása a mexikói kőolajokra valószínűleg érvényes, azonban nem általánosítható. Néhány olaj szeretlen alkotórészeit az alábbi táblázat mutatja (W. H. THOMAS, Science of Petroleum, Vol. II. pp. 1053. 1938):

	Kalifornia	Texas	Pennsylvania	Irán
SiO ₂	38,8	1,6	0,8	52,8
Fe ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂	17,3	8,9	97,5	13,1
CaO	8,7	5,3	0,7	6,1
MgO	1,8	2,5	0,2	9,1
MnO	0,3	0,3	0,2	ny.
V ₂ O ₅	5,1	1,4	—	14,0
NiO	4,4	1,5	—	1,4
Na ₂ O	9,5	30,8	0,1	?
K ₂ O	—	1,0	—	?
Li ₂ O	0,1	—	—	?
SO ₃	—	42,1	0,9	2,6
P ₂ O ₅	—	—	—	—
Cl	—	4,6	—	—

Általában a kvantitatív vizsgálatok száma igen kevés. Kvalitatív próbák az alábbi elemek jelenlétét mutatták még ki az olajokból:

Kanada	Fe, Al, Ca, Mg, Au, Ag, és Mo
Ohio (0,11% hamu)	Fe, Al, Ca, Mg, Au, Ag, Cu
Mexikó (0,72% hamu)	Si, Fe, Al, Ti, Mg, Ma, V, Sn, Pb, Co, Au
Baku (0,09% hamu)	Si, Fe, Ca, Al, Mn, S, P, Cu, Ag, Au, Pb, As
Venezuela	Fe, Ni, V (38–45%)
Texas	A fentiekén kívül Ba, Sr, Cr

A perzsa olajokból a fentiekén kívül Zn-t is kimutattak.

Ha a szervesetlen anyag csupán az olajtartó kőzetből származnék, úgy nem volnának ott a ritka elemek, és más volna az arány. Azt várhatnók pl., hogy a homokból származó olajok több szilíciumot, a mészkőből származók több kalciumot tartalmaznak. Ezen elemek előfordulása és a tartókőzethez viszonyított relatív koncentrációjuk között ilyen összefüggés nincs. Jelenlétük tehát azokkal a tényezőkkel kell hogy összefüggésben legyen, melyek az olaj keletkezésénél hatottak.

J. E. HACKFORD (1922) a tengeri algák testéből mutatott ki hasonló arányú elemtársulásokat, és azért az olajhamu elemeit a tengeri élőlényekből származtatja.

A. VINOGRADOV 1934-ben kimutatta, hogy a vanádium $10^{-5}\%$ -nyi mennyiségben a tengeri és szárazföldi állatok és növények testében is megvan. A holothuroideák és ascideák testnedveiben különösen magas a vanádium-tartalom. Miután a tengervízben a vanádium igen kevés, valószínű, hogy ezek anyagukat az iszaptól veszik. Amint L. LINDGREEN kimutatta, egyes növények szervezetében a foszfor helyett viszonylag nagyobb koncentrációban található vanádium.

A főleg az aszfaltos olajokban előforduló vanádium- és nikkeltartalom, valamint ezen elemek gazdaságilag értékes ércekben való felhalmozódása között semmiféle lokális kapcsolat nem ismeretes.

Meg kell végül említenünk A. E. DUNSTAN (1924) érdekes megállapítását az iráni kőolaj radioaktivitásáról. 15 g olajhamu 0,1 g uránium-nitrát aktivitásának kétharmadnyi értékét mutatta.

2.4 A KÜLÖNBÖZŐ KŐOLAJOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA.

A KŐOLAJ FAJTÁI

A bonyolult, sokezer, sőt sok százezer összetevőből alakult kőolajok teljes vegyvizsgálata és így pontos meghatározása megoldhatatlan feladat. A kőolajok különbözőségének, illetve hasonlóságának megállapítására azért gyors, statisztikus „átlagoló” rendszereket vezettek be. Viszonylag gyorsan megállapítható adatok segítségével lehet az összetételre jellemző képet megkapni. Legtöbbször csak az olaj sűrűsége az első megállapított adat, amiből már nagyjából következtetni lehet pl. a legfontosabb tulajdonságra: a „fehér termék” (benzin, petróleum, gázolaj) tartalomra. Az ún. „hozam-elemzés” a később ismertetésre kerülő ipari felhasználhatóság szempontjából párolja le a kőolajat. Az általánosan bevezetett és teljes részletességgel

előírt desztillációs módszer a *Hempel-féle lombik és eljárás* segítségével 25 C°-onként választja szét a különböző forrpon-tú vegyületsoportokat. 275 C°-ig atmoszferikus nyomáson, majd 40 mm Hg nyomáson „vákuum-desztilláció”-val végzik az egyes frakciók szétválasztását. A Hempel-féle módszerrel nemzetközi megállapodás szerint a legmagasabb atmoszferikus és vákuum-desztillációs frakciók fajsúlya alapján szokás a kőolaj jellegét („bázisát”) megállapítani. Ez a következőképpen történik:

1. Megállapítandó az első kulcsfrakció fajsúlya 15,6 C°-on. Első számú kulcsfrakciónak nevezik a normál nyomáson 250—275 fokig átpárolható nyersolajpárlatot.
2. Megállapítandó a 2-es számú kulcsfrakció fajsúlya. Kettős számú kulcsfrakciónak nevezik a 40 mm higanynyomás mellett 275—300 C° között átpárolható nyersolajrészt.

Az 1. alapján a könnyű, a 2. alapján a nehéz frakciókat ítéltjük meg. A továbbiakban azután az olajok kettős elnevezésénél a két név a könnyű, illetve a nehéz frakció természetét jellemzi.

Ha az első kulcsfrakció fajsúlya 0,821 alatt van, úgy parafinbázisról beszélünk.

0,821—0,8506-ig kevert („intermedier”) és 0,8602 fölött nafténbázisúnak nevezzük az olaj könnyű frakcióit.

Ha a második kulcsfrakció fajsúlya 0,8762 alatt van, úgy parafinbázisú.

0,8762—0,934-ig kevert („intermedier”) és ha 0,934 fölött, úgy nafténbázisúnak nevezzük a nehéz frakciókat. Ezen az alapon a kőolajok 9 osztályát szokás megkülönböztetni. A természetben nincsenek éles határok, és ez a tájékoztatás a statisztikai módszer alapján csupán általános képet nyújt. Az egyes kulcsfrakciók is gazdag változatosságú keverékek. A csoportosítás alapelvét az támasztja alá, hogy a parafinok fajsúlya a kisebb, és a nafténeké, aromásoké a nagyobb. Amint pl. a normálhexán, a ciklohexán és az aromás „hexán”, azaz benzol fajsúlykülönbsége mutatja: 20 C°-on 0,659, 0,778 és 0,878, a fajsúly nagymértékben a molekula szerkezetétől is függ. Ez a 2. kulcsfrakció alapján történő megnevezés tehát csak az egyes szénhidrogéncsoportok viszonylagos mennyiségét jellemzi.

Magyarországon e vizsgálatokat GRÁF LÁSZLÓ és munkatársai vezették be és alkalmazták.

A rendszer meglehetősen erőszakolt kémiai rendszernek látszik, azonban ha tisztázott volna a kőolajok genezise, úgy e rendszert valószínűleg természetes rendszernek is nevezhetnénk, mert az olajoknak a természetben való előfordulása sohasem mutat a rendszer tagjai között ugrásokat sem horizontális, sem vertikális irányban.

A 9 osztály a következő:

1. *Parafin bázisú* olajok. Mind a könnyű, mind a nehéz frakció csak parafinból áll. Pl. az USA-ban Ohio, Oklahoma, NSZK nyugati része. A magyarországi kőolajok közül GRÁF L. megállapítása szerint a nagyalföldi kőolajok nagyrésze.
2. *Parafin kevertbázisú* olajok. Ezek tehát azok, melyeknél a könnyű frakció parafin, a nehéz frakció kevert jellegű. Ilyenek pl. az USA-ban Indiana

és Kansas olajai, az iráni és az iraki olajok nagy része. Magyarországon ilyen a nagy lengyeli, a barabásszegi, a mezőkeresztesi és a pusztaföldvári olaj jellege.

3. *Kevert parafin bázisú* kőolajok elég ritkák. Az USA-ban Kaliforniában, Wyomingban, Európában Pechelbronn vidékén fordulnak elő.
4. *Kevert bázisú* („intermedier-intermedier”) kőolajok alkotják a Föld lelőhelyeinek több mint egyharmadát. Ilyenek Dél-Amerika (Venezuela, Argentína) olajai, Magyarországon a dél-zalai Budafa és Lovászi, az Eger-demjéni és a szolnoki kőolaj. A kevert olajok csoportjain belül megkülönböztetik a nagyobb és kisebb szilárd parafintartalmú alcsoportokat.
5. *Kevert naftén bázisú* kőolajok elég ritkák. Az ismert területek olajainak csupán 2,3%-át alkotják. A kelet-indiai szigeteken Jáva és Szumátra telepein elterjedtebbek.
6. *Naftén kevertbázisú* kőolaj előfordulás sincs sok. Mexikó, az USA-ban egyes louisianai, texasi telepek, Magyarországon a kis lendvaújfalui felsőpannoniai előfordulás olaja ilyen.
7. *A parafin-naftén bázis* már elterjedtebb kőolajtípus. Venezuela és a Szovjetunióban az Uraltól nyugatra elterülő területek olaja ilyen.
8. *A naftén-parafin bázis* az előzőkhöz hasonló elterjedettségű csoport. Általában inkább Euráziában (Szovjetunió ázsiai területei, Burma) és egyes újabban felfedezett afrikai területeken ismeretes.
9. *A naftén-naftén bázisú* kőolajok igen gyakoriak. A Föld kőolajtelepeinek közel egyharmada ilyen olajat tartalmaz. Az USA-ban Arkansas, Dél-Amerikában Venezuela, a Szovjetunióban egyes régi bakui telepek, Kubány vidék, Szachalin kőolajai ilyenek. A bécsi medence egyes telepeiben és Magyarországon a kis buzsáki telepben is ilyen — a kenőolajgyártás szempontjából értékes — minőségű a kőolaj.

A kőolaj jellege és földtani helye közötti összefüggések kutatása gazdag tudományos irodalommal alátámasztott, de meg nem oldott probléma. Régen ismeretes az a megállapítás, hogy a mélyebben fekvő kőolajok inkább parafinbázisúak, és könnyebbek, s a magasabban fekvőkben a nagyobb fajsúlyú naftének uralkodnak. Ezzel közel egyértelmű az a megállapítás, hogy a fiatalabb kőolajok naftén, az idősebbek parafinos jellegűek.

H. HLAUSEK (1936) e két megállapítást „mélységsszabály” és „korszabály” néven írta le. Az összetételnek és a keletkezésnek összefüggéseire a 3. fejezetben még visszatérünk.

Ezek alól a csak nagy általánosságban megállapítható „szabály”-ok alól azonban sok kivétel is van! Így pl. a Föld egyik legnagyobb olajkészletét tartalmazó kuwaiti Burgan kréta időszi homokkő sorozatában megfigyelhető, hogy azonos tengerszint alatti mélységben a három elkülönülő olajtelep azonos minőségű (fajsúlyú) olajat tartalmaz, de a növekvő mélységgel nehezebbé válik az olaj. Hasonló a helyzet a Szovjetunió bakui területén, ahol is a surakhani szerkezetben 700 m-ben 0,720, 1800 m-ben 0,900 a pliocén kőolaj fajsúlyja, vagy a Bibi-Eybat boltozatban, ahol a 17 pliocén termelő szint kőolajának fajsúlyja a mélységgel arányosan növekszik 0,840—0,907-ig. Az észak-amerikai Gulf-öböl partvidékének sokszáz har-

madidőszaki kőolaja viszont a növekvő mélységgel egyre kisebb fajsúlyú. Kb. 300 m-ben 0,940, 1800 m-ben 0,810, 3300 m-ben 0,780. Természetesen minden esetben a kőolajnak a felszínen 18 C°-on mért fajsúlyáról szoltunk, és nem a telepbeli, azaz mélybeli fajsúlyáról, mely a benne oldott gáztól, valamint a hőmérséklettől függően változik. Újabban a kőolaj keletkezésének és földtörténeti sorsának kutatása érdekében igen alapos (ultraibolya és infravörös spektroszkópia, röntgen, tömegspektrográf, kromatográf) vizsgálatok tömegét végzik a kőolajokon, és így egyes ritka, kis mennyiségben jelenlevő vegyületek, felületaktív anyagok, ritka elemarányok feltárásával igyekeznek képet kapni a minőség és a földtani helyzet összefüggéseiről.

Az említett kor- és mélység szabályok kivételeit egyes helyeken a terület túlságos tektonizáltságával is meg lehet magyarázni. Így e szabályokat a viszonylag kevésbé bolygatott üledékes medencékre általánosítva lehet felhasználni. A kőolajok fajtájára, jellegére vonatkozó vizsgálatok azok eredete, mélységbeli helyváltoztatásának nyomozása szempontjából a kutató geológust segíthetik.

A kőolajok minőségében levő különbségeket — azonos jelleg esetében is — kitűnően fel lehet használni a gyakorlati olajföldtanban. Telepek, rétegek összefüggésének, azonosításának munkájában segítséget nyújthat az olaj könnyű vagy nehéz alkotóinak mennyisége. Ezek a jellemző adatok egy földtani alakulaton és az abban felhalmozódott, jellegre azonos olajkészleten belül is változnak, de azonos telepben minden szempontból azonos kőolaj helyezkedik el. Így pl. a dél-zalai Lovászi olajtelepeiben felülről lefelé csökken a fehértermékek (270 C°-ig lepárolható rész) mennyisége, és nő a nehéz, „maradék” százalék 7—8 -ról 26—28-ra. Ha egy kútban, két rétegből, pl. az 1100 m körüli ún. „Rátka” telepéből és az 1500 m körüli ún. „Lovászi” szintből termelik az olajat, és valamelyik réteg termelése megszűnik, az olajelemzés választ ad a termelő szint kérdésére. Hasonló a helyzet pl. az Oklahoma—City-i boltozatban. Egyes területeken viszont éppen a nagy mélységű metszetben, sok szintben azonos olajminőség a vertikális vándorlás tényét bizonyítja. Trinidadban vagy az oklahomai Gerbermezőn 14 egymás fölött elterülő telepben teljesen azonos az olajminőség.

A kőzetekből vegyileg kivont kis mennyiségű olaj(nyomok) vizsgálata természetesen nem történhet ilyen módon, de a mikrokémiai és optikai (refrakció, spektroszkóp) vizsgálatok segítséget adhatnak mind a kutatás, mind pedig a termelőföldtani kérdések megoldásában.

Kísérletek történtek arra vonatkozóan is, hogy egyes nyomelemeket használjanak fel a kőolaj jellegére, korára, származási helyére jellemző adatként. Az oklahomai Seminole területen pl. a vanádium- és nikkeltartalmat ősföldrajzi indikátorként kísérelték meg felhasználni. Ezek az elemek ugyanis a partvonalak közelében bizonyos dúsulást, a medencék belsejében szegényedést mutatnak.

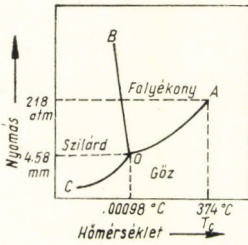
2.5 A KŐOLAJ FIZIKAI TULAJDONSÁGAI

A felszínen folyékony vagy dermedt állapotú kőolaj fizikai tulajdonságai közül a halmazállapottal, a fajsúllyal, térfogattal, viszkozitással, optikai tulajdonságokkal, a kőolaj szagával, felületi tulajdonságaival foglalkozunk.

2.5.1. A HALMAZÁLLAPOT

A földfelszínen kőolajként termelt folyadék a föld mélyében rendszerint gázzal keveredve helyezkedik el. Amikor a kőolaj fizikai tulajdonságairól beszélünk, arról az anyagról szólunk, mely a földfelszínen, normál nyomáson és hőmérsékleten folyékony halmazállapotú. A szénhidrogén-keverékek folyékony fázisának kialakulása azonban (a felszíntől eltérő fizikai viszonyok alatti állandó állapotból) nem egyszerű folyamat.

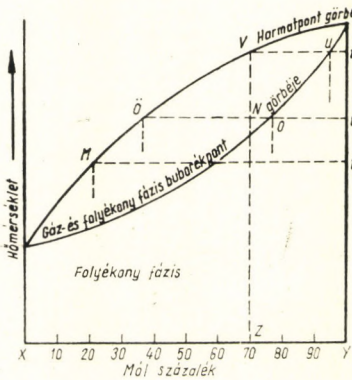
Valamely vegyileg homogén anyag halmazállapot-változása egyszerűen a nyomás és a hőmérséklet változásától függően történik meg két fázis irányában. A szublimáció folyamatától eltekintve általában a szilárd fázis folyékonyba, a folyékony pedig gáz halmazállapotba megy át a hőmérséklet növekedésével. Az átmenet azonban növekvő nyomással arányosan egyre nagyobb hőmérsékleten történik.



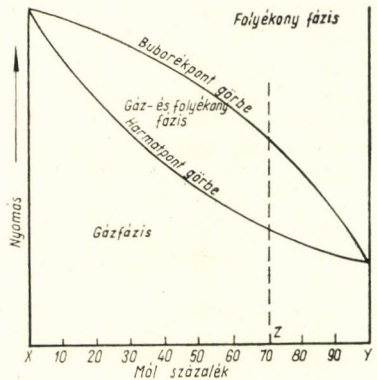
8. ábra. A vízrendszer fázisdiagramja

Valamely anyag (vagy rendszer) különböző fázisainak egyensúlyi viszonyait feltüntető diagramot *fázisdiagramnak* szokás nevezni. A diagramon szereplő vonalak adják meg azoknak az állapotoknak nyomás- és hőmérséklet-jellemzését, melyen a különböző fázisok egymással egyensúlyban vannak. A víz vagy bármely más vegyileg egynemű anyag fázisváltása a nyomás és a hőmérséklet függvényében egy vonallal ábrázolható. Ha a függőleges tengelyen a nyomást, a vízszintes a hőmérsékletet ábrázoljuk, úgy a megfelelő fázishatárvonal végpontja az anyag kritikus hőmérsékletét és nyomását jelenti, kezdőpontja pedig a normál nyomáson és hőmérsékleten érvényes forrás-, illetve kondenzációs pontot (8. ábra). Az ilyen anyagok minden fázisban (szilárd, cseppfolyós vagy gáz-gőz) vegyileg egyféle anyagból állanak, és egykomponensű rendszerként viselkednek.

A több komponensből álló rendszerek fázisváltását már nem vonalak jellemzik, hanem az egyes komponensek — összetevők — fázishatárait



9. ábra. Két komponens: X és Y izobár-hőmérsékletösszetétel diagramja



10. ábra. Két komponens: X és Y izotermális nyomásösszetétel diagramja

jelző vonalak által határolt területek. A 9. ábrán x és y komponensekből álló keverék azonos nyomáson (izobár) a hőmérséklet növekedésének hatására történő fázisváltozását ábrázolhatjuk. A z összetételű keverék folyékony halmazállapota a hőmérséklet növekedésekor t_1 hőmérsékletig egy (folyadék) fázis létezését mutatja. Elérve a „buborékpont” vonalát, elenyésző kis mennyiségben megjelenik a gázfázis is (M összetételben). A „harmatpont” (teljes elgázosodás) vonal eléréséig mindkét fázis jelen van. N pontban t_2 hőmérsékleten a folyadék összetétele o , a gázfázisé \bar{o} . Végül a V ponton már csak végtelenül kicsiny U összetételű folyadékfázis is eltűnik, és a teljes elgázosodás következik (t_3 hőmérsékleten). A nyomás változása, növekedése azonos hőmérsékleten (izotherm vonal) a gázfázisból ugyanígy, a két fázis területén vezet át az ismét egyfázisú folyadékállapothoz (10. sz. ábra).

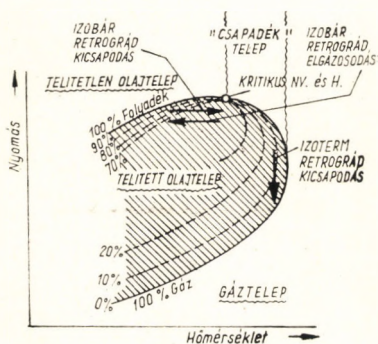
A végtelen sok komponensből álló szénhidrogén-keverék fázisgörbéjét mutatja a 11. ábra. A mélyben levő telep a fázisgörbével jellemzett terület valamely nyomás és hőmérséklet- metszéspontján van. Eszerint a szénhidrogének vagy gázfázisban, vagy folyadékfázisban, vagy kétfázisban vannak. A mélyből felfelé áramló fluidum fázisállapota kezdettől a felszínre jutásig egy vonallal ábrázolható. E változásokat ábrázoló vonal a fázisgörbe megfelelő területeinek, illetve vonalainak metszésével választ ad a mindenkor halmazállapot-viszonyokra. Kiolvasható a görbéből, hogy a kritikus hőmérséklet feletti hőmérsékleten a gáz halmazállapotú fluidum a nyomás csökkenésekor ismét folyékony fázisba csaphat át, vagy ugyanezt eredményezheti a hőmérséklet csökkenése azonos nyomáson. Az ilyen változásokat nevezik „retrográd” kondenzációnak. Az első esetben a nyomás további csökkenése azonos hőmérsékleten is ismét a teljes rendszer gáz alakban való megjelenését eredményezheti a felszínen. Ilyen esetben azonban a szénhidrogének egy része esetleg még a rétegben folyadék alakban kicsapódva lent marad. A fázisgörbén ábrázolható egyaránt az izobár, izotherm és adiabatikus változás. Látható ebből, hogy a mélyben esetleg folyadék halmazállapotú szénhidrogén a felszínen gáz alakban vagy a mélybeli gáz a felszínen folyadék, vagy kevert fázisok alakjában jelenik meg.

Bonyolítja a helyzetet az, hogy az egyes szénhidrogének egymásban általában kitűnően oldódnak. A gáz alakúak és a szilárdak egyaránt a folyékony fázisban oldva helyezkedhetnek el. A gázoknak a folyadékokban való oldódása HENRY törvénye szerint megy végbe:

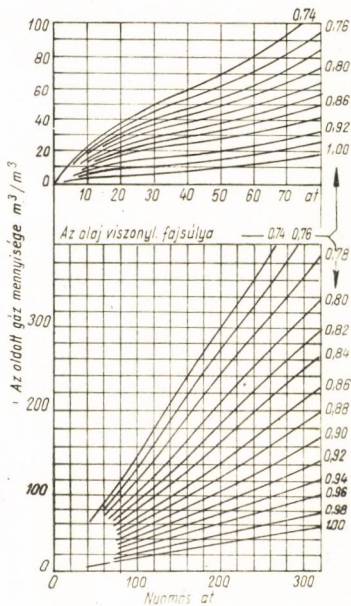
$$\frac{G}{V_f} = k \cdot p,$$

ahol a G az oldott gáz súlya, V_f a folyadék térfogata, p a nyomás, és k a minőségből adódó szám.

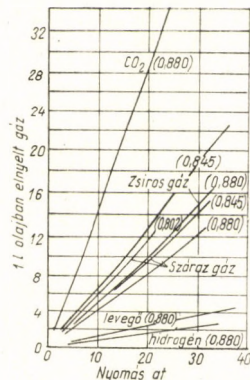
A különböző minőségű olajok a gázokat különböző mértékben oldják. A 12. ábra



11. ábra. Több komponensből álló szénhidrogén-keverék fázisállapot-diagramja



12. ábra. Az olajban oldódó gáz mennyisége, a nyomás és az olaj fajtsúlya közötti összefüggés



13. ábra. Különböző gázok oldhatósága különböző fajtsúlyú olajokban

könnyű és nehezebb kőolajoknak a nyomástól függő oldóképességét mutatja metángázra. A 13. ábrán viszont a különböző gázok azonos olajban való oldhatóságát látjuk.

A szénhidrogén-keverékek szilárd alkotói az esetek nagy részében oldott állapotban helyezkednek el a folyékony kőolajban. A mélységben a magasabb hőmérsékleten az oldódás fokozott mértékű. A felszín hőmérsékletén azonban sok kőolaj maga is „megdermed”, szilárdná válik. A kőolajok *dermedéspontja* általában parafintartalmuktól függően $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tól $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig változhat. A magyarországi kőolajok között is vannak $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt (Lovászi) és $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on (Szolnok) dermedők. A kőolaj halmazállapotával kapcsolatban kell végül megemlítenünk azt a legújabbban P. A. WITHERSPOON (1962) által megállapított adatot, hogy *kolloid állapotú* alkotórészként $40-100\text{ \AA}$ nagyságú $1000-5000$ molekulásúlyú aszfaltént lehetett több kőolajból elektromikroszkóppal, ultracentrifugával kimutatni.

Ezek a könnyen $30\ 000-200\ 000$ látszólagos molekulásúlyú részecskévé tapadó kolloid alkotórészek nagymértékben meghatározzák a kőolaj reológiai tulajdonságait.

2.5.2 A FAJSÚLY

A kőolaj *fajtsúlya* ($15,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ vízre vonatkoztatott sűrűség) olyan jellemző tulajdonság, amely egyszerű eszközökkel legelőször és leggyorsabban megállapítható, és értékéből a kőolaj fontos tulajdonságaira lehet következtetni.

A fajsúly ugyanis a nagy molekulájú szénhidrogének mennyiségétől függően növekszik. A sok gázt oldatban tartó kőolaj természetesen kisebb fajsúlyú. Az ún. „tartályolaj” gázmentes kőolaj fajsúlya 0,700-tól 0,980—1,02-ig változik. A gázból kicsapódó (1. fázisgörbe) könnyű „csapadék”-benzin vagy az annál is könnyebb „gazolin” fajsúlya 0,620—0,650. Az ilyen, sokszor a gáztermelő kutak csőrendszerének felszíni nyomáscsökkenést okozó részeinél kicsapódó „csőfej gazolin”-t azonban még nem nevezik általában kőolajnak. A magyarországi kőolajok közül pl. egyes lovászi felső szinti kevés „maradékot” tartalmazó olajok fajsúlya 0,800, a nagylenyeli kőolajé 0,948. A fajsúly a növekvő hőmérséklettel jelentősen csökken.

Az USA-ban a fajsúlyt nem a víz viszonylatában megadott sűrűséggel, hanem ún. A.P.I.- (American Petroleum Institute) fokokkal jellemzik.

$$\text{A.P.I.- fok} = \frac{141,5}{S_{15,6\text{C}^\circ}} - 131,5 \quad S = \frac{141,5}{131,5 + \text{A.P.I.- fok}}$$

Az A.P.I.- fok ugyanolyan mesterséges gyakorlati fajsúlymérő eszközök egyszerű bemező „hydrometerek” leolvasó mércéje alapján szerkesztett skála, mint az Európában folyadékokra használt Baumé-fokok.

$$S_{15,6\text{C}^\circ} = \frac{140}{130 + \text{Baumé fok}}$$

Összehasonlító értékek

A.P.I.°	Fajsúly 15,6 C°
0	1,076
10	1,000
15	0,9659
18	0,9465
20	0,9340
30	0,8762
40	0,8251
50	0,7796
60	0,7389
70	0,7022
80	0,6690
90	0,6388
100	0,6112

A kőolajok fajsúlyainak földtani jellemzéséről már az előzőekben (2.4) szóltunk.

Néhány külföldi kőolaj fajsúlya

Szovjetunió, Baku és Groznij	0,835—0,934
Szovjetunió, Baku Bingadi	0,940—0,980
Borneo, Szanga-Szanga	0,856—0,963
Indonézia, New Guinea	0,750—0,972
Mexico, Posa Rica	0,876
Mexico, Golden Lane	0,921—0,986
Közél-Kelet (Irán, Irak, Kuwait stb.)	0,810—0,893

Trinidad	0,820—0,953
Venezuela	0,820—1,000
USA Gulf-part	0,779—0,940
Kalifornia	0,779—1,020

A kőolajnak a mélységtől függő fajsúlyváltozására érdekesek A. KORCOV (1955) adatai (JEREMENKO után).

A Szovjetunió kőolajainak fajsúlya és a település mélysége

Mélység	Lelőhelyek száma	Fajsúly
0—500	119	0,889
500—1000	91	0,876
1000—1500	59	0,860
1500—2000	35	0,852
>2000	6	0,850

Az USA Gulf-parti területein

(F. R. HAEBERLE szerint 1951. LEVORSEN nyomán.)

0—610	0,900<
610—1219	0,880
1219—1829	0,846
1829—2438	0,820
2438—3048	0,789
>3048	0,780

A kőolaj fajsúlya természetesen nagymértékben függ a hőmérséklettől:

Ha 15,6 C°-on a fajsúly	Akkor 30 C°-on	93 C°-on	149 C°-on
1,0	0,98	0,96	0,92
0,9	0,88	0,85	0,82
0,7	0,67	0,64	0,59

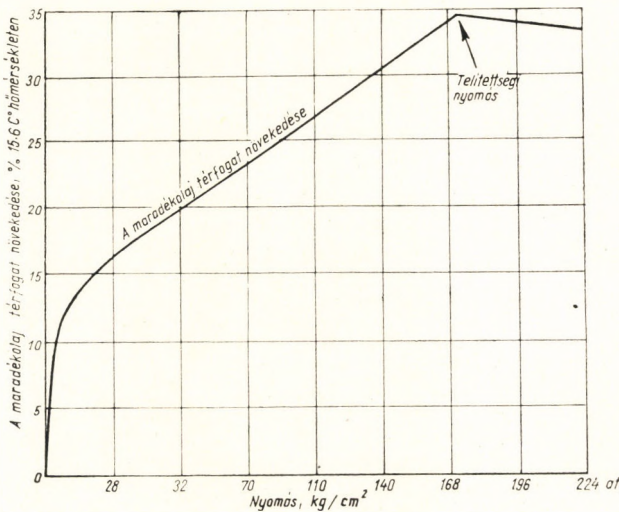
2.5.3 A TÉRFOGAT

A szénhidrogén-keverék térfogata a felszínen mért ún. tartálytérfogattól a Föld mélyében természetesen jelentősen eltér. Ezt az eltérést legnagyobb mértékben gáztartalma befolyásolja. Viszont a felszíni 20 C°-on és az 1 at nyomáson mért térfogat (V_f) és a telepben levő térfogat (V_t) között

$$\frac{V_t}{V_f} = \beta t$$

rétegtérfogati tényezőnek, a mélyből a felszínre kerüléskor történő térfogatcsökkenést „zsugorodásnak” nevezik. A rétegtérfogati tényező 1,15—1,60 között, a zsugorodás mértéke 63—88% között szokott változni. A zsugoro-

dás ellentétes irányú hatások eredménye: a gázvesztés és a hőmérséklet-csökkenés következtében csökken, a nyomásesés miatt kissé növekszik a térfogat. A gyakorlatban ezt ún. „mélységi mintavevővel” vett olajminta felszínén (nyomás–térfogat–hő: „ $p-v-t$ ” cellában) történő vizsgálatával állapítják meg. A gázzal való telítéssel (mely a telítettségi nyomáson következik be) az olaj térfogata úgy nő, ahogy felveszi a gázt. A telítettségi nyomásnál nagyobb nyomás már csökkenti, zsugorítja a folyadékot (14. ábra). A hőhatás történő térfogat-növekedés sokkal kisebb mértékű, mint a gáznyelés következtében észlelt. A térfogat növekedése a kőolaj fajsúlyától függően kisebb (0,670) fajsúlynál átlag $8 \cdot 10^{-4}$ -től 0,97 fajsúlynál $3 \cdot 10^{-4}$ térfogat % 1 C° hőmérséklet növekedésre. Azt jelenti ez, hogy pl. 100 C° meleg tárolóközétekből 0 C° hőmérsékletre való lehűlés közben (a gázvesztés okozta térfogatsökkenésen belül) a kőolaj rétegbeli térfogatának $8-3 \cdot 10^{-2}$ részével zsugorodik. (1 millió m^3 olaj a mélyben 30 ezer m^3 -rel kevesebb a felszínén.)



14. ábra. Az olaj térfogatának változása a gáztelítettségi nyomással

A gáz halmazállapotú szénhidrogének térfogatváltozása természetesen sokkal nagyobb mértékben függ a nyomástól és a hőmérséklettől. A szénhidrogéngázok, hasonlóan valamennyi valódi (nem „ideális”) gázhoz, az állapotváltozásokra vonatkozó általános gáztörvény megsabta viselkedéstől bizonyos eltérést mutatnak. Az eltérés túlsűrítettség (szuperkompresszibilitás) formájában jelentkezik, azaz a földgáz (nagy nyomáson különösen) kisebb térfogatra nyomható össze, mint az ideális gáz. Az ideális gáz a $p v = p_0 v_0 \left(1 + \frac{1}{273} t \right)$ Boyle–Mariotte–Gay-Lussac-törvény alapján számíthatóan alkalmazkodik a változó nyomáshoz és hőmérséklethez.

A valódi gázok, így a földgáz is *Clapeyron egyenlete* értelmében a következő összefüggés szerint változtatja állapotát:

$$PV = ZGRT,$$

ahol P a nyomás (ata), V a gáznak az adott nyomás mellett elfoglalt térfogata m^3 , Z a gáz *túlsűrítési* (szuperkompresszibilitási) tényezője, $G = NM$, N a gáz moljainak száma M , a gáz molekulatömege, R az egyetemes gáz-állandó (normál nyomáson minden gáz 1 kg mol-térfogata, kerekén $22,4 m^3$) ezért a fenti képlet alapján

$$R = \frac{PV}{ZGT} = \frac{1 \cdot 22,4}{1 \cdot 1 \cdot 273} = 0,082.$$

T ugyanis az abszolút hőmérséklet, mely az abszolút 0° és az állapot hőmérséklet összege ($t + 273$). A túlsűrítési tényezőt

1. kísérleti úton határozhatjuk meg a már említett „ $p-v-t$ ” műszer (nyomás – térfogat – hőmérséklet cella) segítségével, vagy
2. a gáz összetételének ismeretében ki lehet számítani. A számításhoz kísérleti úton összeállított görbék adnak lehetőséget (G. G. BROWN alapján). Ezek a görbék azt az összefüggést ábrázolják, mely a túlsűrítési tényező és az ún. redukált nyomás, illetve a redukált hőmérséklet között érvényes.

Redukált nyomáson (P_r) és hőmérsékleten (T_r) az állapot abszolút nyomás, illetve hőmérséklet arányát kell érteni az adott összetételű gáz kritikus nyomásának (P_{kr}) és hőmérsékletének (T_{kr}) súlyozott átlagához, ez az ún. „pseudokritikus” nyomás- és hőmérséklet-érték. Ezek szerint

$$P_r = \frac{P}{\Sigma(yP_{kr})}, \quad T_r = \frac{T}{\Sigma(yT_{kr})},$$

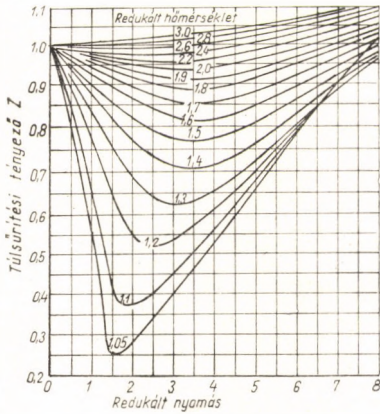
ahol y az illető gázban az egyes szénhidrogénekből tartalmazott mennyiség térfogata $\%_0$ -ban. Egy adott gázösszetétel szerint pl.:

Összetevő	Térfogat %	P_{kr}	T_{kr}	yP_{kr}	yT_{kr}
Metán	93,3	47,3	190	44,10	177,0
Etán	1,4	49,8	305	0,52	3,17
Propán	0,7	43,4	370	0,33	2,58
Bután	2,1	38,7	425	0,80	8,95
Pentán stb.	2,5	34,0	470	0,85	11,7
	100			$\Sigma 46,6$	$\Sigma 203,4$

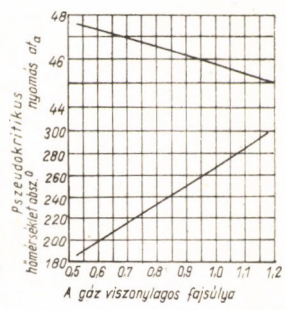
100 ata nyomáson és $50^\circ C$ hőmérsékleten ($273 + 50$)

$$P_r = \frac{100}{46,6} = \underline{2,14}, \quad T_r = \frac{323}{203,4} = \underline{1,59}.$$

E két értéket a 15. sz. ábra görbeseregén leolvassva megkapjuk a túlsűrítési (Z) tényezőt.



15. ábra. Az olajgáz túlsűrítési tényezői (BROWN szerint)



16. ábra. A kritikus nyomás és kritikus hőmérséklet meghatározása levegőre vonatkoztatott sűrűség alapján (BROWN nyomán)

3. Ha nincs kielégítő elemzésünk a kérdéses gázból, akkor a levegőre viszonyított sűrűsége alapján is megközelítően jó értéket kapunk a 16. ábrán feltüntetett, ugyancsak G. G. BROWN által szerkesztett görbékből a P_{kr} és T_{kr} -ra vonatkozóan, és az így leolvasott értéket osztva a kérdéses állapot nyomásával, illetve abszolút hőmérsékletével, valamint a 15. sz. ábra görbéi segítségével megállapíthatjuk a gáz túlsűrítési tényezőjét. Az előbbi példában említett gáz levegőre viszonyított sűrűsége pl. 0,67, a 16. ábra alapján ennek megfelel ≈ 47 ata és $\approx 210^\circ$.

$$P_r = \frac{100}{44} = 2,13, \quad T_r = \frac{323}{210} = 1,53,$$

a 15. ábrán ennek megfelelő $z \approx 0,85$. Azt jelenti ez, hogy az általános gáztörvény alapján számított térfogatot 0,85-tel szorozva kapjuk meg a tényleges sűrítés (kompresszibilitás) mértékét. (I. M. MURAJEV—A. P. KRILOV: Kőolajtermelés, 1950.)

2.5.4 A VISZKOZITÁS

A kőolaj viszkozitása, belső súrlódása fontos és jellemző tulajdonság. A viszkozitás C. G. S.- rendszerbeli abszolút mérőszáma az a dinben kifejezett erő, mely 1 cm² anyagot ugyanazon anyag 1 cm²-én 1 mp sebességgel elcsúsztat. Ezt az egységet *poise*-nak (ejtsd: poáz) századrészét *centipoise*-nak nevezzük. (POISEUILLE francia fizikusról elnevezve, 1840.)

A víz viszkozitása éppen egy centipoise ($1 \cdot 10^{-2}$ poise), a könnyű benzíné $0,6 \cdot 10^{-2}$ poise, a levegőé $1,8 \cdot 10^{-4}$ poise.

A „kinematikai” viszkozitás a sűrűséggel osztott abszolút érték. Ez utóbbit *stoke*-ban, illetve annak századrészét *centistoke*-ban fejezzük ki. A kőolaj viszkozitását sokféleképpen megmérhetjük. Európában a legelterjedtebb

az Engler-féle viszkoziméter, melynek mérési elve a kicsorgási sebesség idejének összehasonlításán alapszik. Az „Engler”- fokokban kifejezett viszkozitás a víz 20 C°-on történő kicsorgási idejével hasonlítja össze a különböző hőfokon (20, 50 vagy 100) mért kicsorgási időket, és a két idő hányadosával $\left(\frac{0}{v}\right)$ jellemzi számszerűen a különbségeket. Ez a mérési módszer nem ad poise-ban kifejezhető viszkozitásra átszámítható értéket — de a gyakorlatban mégis a legjobban elterjedt. Egyes kőolajok Engler-fokban megadott viszkozitásértékét a következő táblázaton adjuk meg.

Egyes kőolajok Engler-fokban megadott viszkozitásértéke

Ország	Terület	Kor	Mélység m	Fajsúly	Viszkozitás Engler-fok 50 C°-on	Kéntartalom-súly %
Magyarország	Budafapuszta	a. pliocén	1100	0,820	1,1	0,16
Magyarország	Lovászi	a. pliocén	1300	0,816	1,0	0,10
Magyarország	Hahót P. Iászló	miocén + triász	1550	0,868	2,0	1,0
Magyarország	Lendvaujfalu f.	f. pliocén	650	0,910	5,5	0,10
Magyarország	Nagy lengyel	kréta	1960	0,950	31,5	3,15
Magyarország	Mezőkeresztes	oligocén	1250	0,870	10,0	0,25
Magyarország	Pusztaföldvár	a. pliocén	1782	0,874	13,0	0,2
Magyarország	Demjén	oligocén	334	0,824	4,0	0,15
Magyarország	Algyő	pliocén	1880	0,856	—	—
Román SZK	Moreni	pliocén	750	0,852	1,62	0,23
Jugoszláv SZK	Szelnica	pliocén	felszín	0,860	1,33	0,12
Albánia	Pathos	miocén	270	0,974	105,7	5,60
Csehszlovák SZK	Gbely	miocén	256	0,933	6,0	0,16
Lengyel NK	Krosno	a. oligocén	700	0,797	1,09	0,17
Szovjetunió	Balakhany	pliocén	433	0,847	1,38	0,11
Szovjetunió	Surakhany	pliocén	896	0,856	1,63	0,0
Szovjetunió	Tujmazi	f. karbon	1200	0,943	2,22	4,91
Szovjetunió	Emba	kréta	950	0,859	1,60	0,16
Irán	Lali	a. miocén	647	0,836	1,29	0,95
Irak	Kirkuk	a. miocén	—	0,847	1,40	1,97
Borneo	Sarawak	pliocén	610	0,819	1,12	0,0
USA	Texas	pennsylvánia	850	0,804	38,0	0,42
USA	Oklahoma	pennsylvánia	1400	0,860	45,0	0,22
USA	Kalifornia	pliocén	650	0,929	1,5	0,07
Venezuela	La Paz	eocén	1100	0,890	37,0	2,2

Az Engler-féle viszkozitás említett hiányosságai miatt egyre gyakrabban használják az ún. *kapillaris (hajszálcsöves) viszkozimétereket*. Ezekben a mérőeszközökben az olaj hajszálcsövön folyik át. Az áramlásra érvényes *Poiseuille-egyenlete*, mely szerint a kinematika viszkozitás (η) és a kifolyási idő (t) között egyenes az arány, ha a nyomás és az áramlási út átmérője azonos. Az így meghatározott értékből a fajsúly (γ) ismeretében kiszámítható a C. G. S.- rendszerben poise-egységben kifejezett abszolút viszkozitás. A viszkoziméter (pl. *Vogel-Ossag* vagy *Fenske* és az Amerikában hasz-

nálatos — golyóknak a folyadékban való lehullási sebességét mérő — *Saybolt-féle*) kísérleti úton meghatározott állandójának (k) ismeretében, miután

$$\eta \cdot \gamma = \mu, \quad \eta = k \cdot t, \quad \text{cP (centipoise)} = K \cdot t \cdot \gamma.$$

A kőolajiparban — de nem a kőolaj, hanem a fűrási öblítőiszap viszkozitásának meghatározására — használatos még a *Stormer-féle viszkoziméter*. Ennél egy a vizsgálandó anyagban forgó henger forgási sebessége és az alkalmazott forgatónyomaték összefüggése alapján lehet a viszkozitást megállapítani és a vízzel való összehasonlítható mérés alapján következtetni az abszolút értékekre.

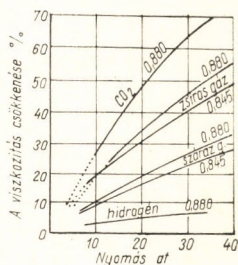
A kőolaj viszkozitását nagymértékben befolyásolja a hőmérséklete, a benne oldott gáz és az uralkodó nyomás. Minél több a gáz, és nagyobb a hőmérséklet, annál kisebb a viszkozitás. Ez természetesen egyszerűen a molekulák közötti távolságok növekedésével magyarázható. A gáz viszkozitást csökkentő hatását a 17. ábra mutatja be (LEVORSEN nyomán).

Az olajok viszkozitása (azonos nyomáson) a gáztelítettség állapotában a legkisebb (*buborékpont*). A gázok viszkozitása viszont a növekvő hőmérséklettel, azonos térfogat esetén növekszik. Ez esetben ugyanis a molekulák közötti távolság nem növekedhet, de a molekulák ütközése, súrlódása fokozódik.

2.5.5 A FELÜLETI TULAJDONSÁGOK

A kőolajnak a környezethez, más folyadékokhoz, a kőzetekhez való viszonyát nagymértékben ún. *felülettulajdonságai* határozzák meg. A folyadék molekulái — a felszínén levők kivételével — a többi molekula vonzásának hatása alatt állnak (*van der Waals-féle erő*). A felszínén levő, a levegővel vagy gőzzel, gázzal érintkező molekulára ez a vonzóerő azonban csak az ellentétes irányból hat. A 10^{-2} cm nagyságrendű, legkülső molekularéteg így a szabad helyzeti energiáját az egymás melletti molekulák fokozottabb vonzására „használja”! A folyadék felszínén egy láthatatlan hártya képződik, mely a folyadék felszín „összehúzóására” törekvő energiát hordoz. Ez az ún. szabad felületi energia alakítja ki a kis folyadéktömegeből a legkisebb felületet, a gömböt, a cseppet. Ha a folyadék felszínét növelni akarjuk, ezzel az energiával szemben kell munkát kifejtetni. Az 1 cm^2 felület növeléséhez szükséges munka erg-ben kifejezve az ún. *felületi energia*. A folyadéknak a gázfázissal határos felszínén jelentkező energiát *felületi feszültség*-nek nevezzük (σ). Ennek értékét azzal a dyn-ben kifejezett erővel jellemezzük, mely a felületnek egy cm-rel való növeléséhez szükséges. Amint EÖTVÖS és RAMSEY megállapította, a folyadékok felületi feszültségének értéke azok állapotának a kritikus hőmérséklettől való távolságától függ. A kritikus hőmérsékleten a $\sigma = 0$. A folyadék belső részeinek egymáshoz való vonzódása, *kohéziója* = 2σ .

A tiszta víz felületi feszültsége 21°C -on $72,5 \text{ dyn/cm}$; $93,5^\circ\text{C}$ -on 60 dyn/cm . A víz ásványos oldatának felületi feszültsége az oldott kapillár-



17. ábra. Oldott gáz hatása az olaj viszkozitására

inaktív szerves anyagok mennyiségétől függően növekedik 76 dyn/cm-ig, felületaktív anyagok (alkoholok, karbolsavak, szappanok, aromás vegyületekhez kötött savas vagy lúgos csoportok stb.) azáltal, hogy hidrofób molekularészük átszakítja a felületi hártát, 59 dyn/cm-ig csökkenthetik a víz σ -ját. Ugyanígy csökkentő hatású a víz felületi feszültségére a benne oldott gáz.

A kőolajok esetében ez az érték jelentősen kisebb a víznél, 21 C°-on általában 24–38 dyn/cm között változik. A kisebb molekulákat tartalmazó kőolajok σ -ja is kisebb. A hőmérséklet növekedés és a gáztartalom ugyancsak csökkenti a felületi feszültséget.

A σ érték megmérése történhet ún. statikai módszerekkel (kapilláris emelkedés, csepegtetés, szakításos módszer) vagy az új felületet képező dinamikus módszerekkel. A szakításos módszer esetében pl. a felülethez érintett nemesfém gyűrűnek a folyadékfelszíntől való elszakításához szükséges erő összehasonlítását végezzük el.

Két folyadék vagy folyadék és szilárd fázis érintkezésénél a *határfelületi feszültség* (γ) érvényesül. Ez az erő az érintkezés felszínének csökkentésére irányul. Nagysága a határfelületen fellépő szabad felületi energia összegével egyenlő. A határfelületi feszültség tulajdonképpen az *adhézióval* ellentétes irányban ható erő. Az *adhézió* (w) vagy *tapadóképesség* a kolloid méreteket (1 μ -nál nagyobb átmérő) meghaladó nagyságú különböző anyagok egymáshoz való kapcsolódásának mértékét fejezi ki. Ha két nem keveredő folyadék vagy folyadék és szilárd test érintkezik, úgy a felületi molekulák között a *van der Waals-féle erő* működik. Minél kisebb a γ , annál nagyobb a w értéke. Az *adhéziós energia* mértékét a két felület egymástól való elválasztásához szükséges munka mennyisége fejezi ki. Ez a két közeg felületi feszültségének a köztük fellépő határfelületi feszültséggel csökkentett összegével egyenlő. Kőolaj és víz esetében

$$w_{ov} = \sigma_o + \sigma_v - \gamma_{ov}.$$

A γ értéke szilárd és folyékony fázis érintkezésénél valamivel kevesebb, mint a két közeg felületi feszültségének összege. Két folyadék esetében a γ kisebb értékű, mint a sűrűbb folyadék σ -ja. A két közeg (pl. víz és szappan) akkor elegyíthető jól, ha kicsi közöttük a határfelületi feszültség értéke.

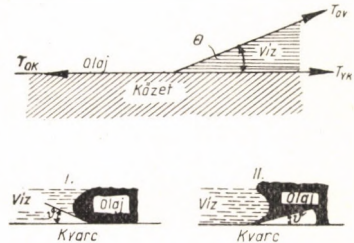
A kőolaj és víz közötti határfelületi feszültség mérésénél ügyelnünk kell arra a körülményre, hogy az olaj felszínén levegő és sósvíz hatására, egy a fő tömegétől eltérő összetételű (oxidált) hártya keletkezhet. A rétegben nincs levegő, s ezért a felszínen mért érték kritikával használható. A. I. LEVORSEN után, H. C. LIVINGSTONE szerint egyes texasi kőolajokon végzett mérések alapján a határfelületi feszültség értéke a rétegvíz és a kőolaj között 21 C°-on 15–35 dyn/cm között változott és 38 C°-on 8–25 dyn/cm között; 54,5 C°-on pedig 8–19 dyn/cm volt. Az ún. kapilláraktív anyagok („tenzid”-ek), mint pl. a poláris oldalmolekulákkal rendelkező szénhidrogén-vegyületek, elősegítik a nem elegyedő folyadékok (pl. olaj és víz) keveredését, és fokozhatják az olajnak a kőzetanyaggal való *adhézió*-ját. Ez a kapilláraktív anyagok ionos oldalának az „ionos” anyaghoz (víz és ásvány) és a szénhidrogén oldalnak az olajhoz való kapcsolódásán alapul. Vannak kationaktív, anionaktív és „amfoter” kapilláraktív anyagok. Ez

utóbbiak savas és bázisos csoportot is tartalmaznak. Vannak semleges kapilláráktív anyagok is (pl. a polioxietilén csoport).

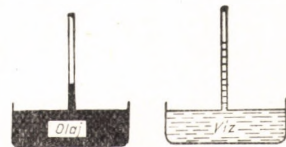
Az utóbbi időben a magyarországi kőolajok tenzidjeinek elkülönítésében eredményes munkát végeztek MILLEY Gy. és munkatársai (az MTA miskolci kőolajbányászati laboratóriumában). A tenzidek szerepe a kőolaj rétegbeli természetes és mesterséges mozgása szempontjából nagyon lényeges.

A felületi tulajdonságokkal függ össze az ún. *nedvesítési* adhéziós jellemző. Ha a vizet üveglapra öntünk, akkor azon az egyensúlyhelyzetig elterülve a víz peremén igen lapos (a vízben mérve hegyes) szöveget alkotva simul az üveghez. Ugyanez a helyzet a kvarc vagy más ásvány-kőzet anyag és a víz érintkezésénél. Az egyes kőzetszemcsék határán lejátszódó jelenség elméleti vázlatát GARRISON alapján a 18. ábra mutatja. A víz a szénhidrogéneket gyakorlatilag nem oldja, tehát egyszerű háromfázisú egyensúly felületi viszonyait kell tanulmányozni. A három fázis a homok kvarcanyaga, a víz és az olaj. A víz és olaj közötti határfelületi feszültség: S_{23} megakadályozni igyekszik a víz elterjedését a homokon. Ugyanilyen irányban hat az S_{13} határfelületi feszültség, mely a kvarc és a víz között áll fenn. Az S_{12} , az olaj és a homok között fellépő határfelületi feszültség viszont az olaj elterjedése ellen dolgozik. Ha már most $S_{12} = S_{13}$ egyenlő vagy nagyobb S_{23} -nál, akkor a θ szög 0, illetőleg a $\cos \theta = 1$. Egyensúly esetében pedig $S_{23} \cdot \cos \theta$ jellemzi a helyzetet. A víz-olaj rendszer egyensúlya esetén x pontban a nyomás 0. Miután a víz felületi feszültsége nagyobb az olajénál, BARTELL és MILLER 13 jellemző olajtípuson végzett kísérleteiben az adhéziós erőből következően a $\cos \theta$ 0,58–0,95 között változott, s így a víz-olaj-kvarc (valamint megvizsgált más ásványok esetében is) rendszerben a víz affinitása minden esetben nagyobb volt a kvarchoz, mint az olajé. A víz tehát a hajszálcsoves rendszerben mindaddig előre nyomul, amíg az összenyomott olaj és gáz nyomásával egyensúlyba nem kerülnek a hajszálcsoves erők.

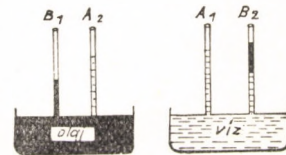
Vannak azonban – jóval ritkábban – olyan esetek is, amidőn a vízben mért „nedvesítési szög”, a θ nagyobb 90 foknál. Az első esetet „vízkedvelő”, hidrophil, a másodikat „hidrophob” (vízgyűlölő), illetve oleophob és oleophil kőzetnek nevezzük. Az olaj-víz határ kialakulásában és az olajnak a rétegből vízzel való kihajtásában van ezeknek a tulajdonságoknak nagy szerepe, ezért még erre a kérdésre a 6. és 7. fejezetben visszatérünk. A 19. ábra a vízzel és az olajjal nedvesedő anyag példáját mutatja egy kapilláris cső-



18. ábra. Nedvesítési jelenség egy kőzetszemcsé felületén



19. ábra. Olaj és víz kapilláris felemelkedése



20. ábra. Olaj és víz kapilláris egymásra hatása

ben. E jelenséget s ezzel a felületfeszültség-különbséget a víz és olaj között kitűnően megfigyelhetjük, ha vékony (kapilláris) üvegcsövet függőlegesen a vízfelszínhez érintünk (20. ábra). Az *A* csövet először (1) a vízhez érintve, az felszökik a csőbe. A *B* csövet olajhoz érintve (1) szintén felszökik, de nem olyan magasra, mint a víz az *A* csőben. A magasságkülönbség azonos kapilláris átmérő mellett a felületfeszültség-különbséggel arányos. Ezután az *A* csövet (2) az olajfelszínhez érintkezésbe hozva változást nem észlelünk, az olaj nem nyomja feljebb a vizet, de a *B* csövet (2) a víz fölé helyezve azt tapasztaljuk, hogy a víz benyomul a csőbe, és feljebb tolja az olajat. Ehhez hasonló jelenségek játszódnak le a kőzetkapillárisokban a nedvesítési tulajdonságok eredményeként.

2.5.6 OPTIKAI TULAJDONSÁGOK

A kőolaj *színe* a feketétől a víztisztaig változhat. Ez utóbbi „színe” csak a 7–9 szénatomnál nagyobb szénhidrogén-molekulákat nem tartalmazó, legtöbbször a gázból kicsapódó természetes párlatoknak van. Az „igazi” kőolaj színes, barnás-zöldes árnyalatú, — gazdag aszfalttartalom esetében legtöbbször teljesen fekete. Sok kőolaj pleokroos sajátosságokat mutat, pl. a magyarországi Lovászi kőolaja a ráeső fényben olajzöld, áteső fényben piros, az olaj habja sárga színű. A világossárga olajok átlátszóak, más zöld vagy pirosasbarna fajták áttetszőek, sötétbarnák vagy feketék, opak anyagként viselkednek. A kőolaj színét *Saybolt-rendszerű koloriméterrel* lehet összehasonlítani. A fényvel szembeni viselkedést műszeresen refraktométerben (pl. *Abbé-féle*) állapíthatjuk meg. A *törésmutatót* 20 C°-on szokták megmérni, és a kőolajok esetében 1,39–1,49 közötti értékű. Különösen jó e módszer a kis mennyiségben (csak nyomokban kimutatható) a kőzetekből kinyert olajok jellegének összehasonlítására. A törésmutató is a kőolaj sűrűségétől függ, s ezért a nehezebb olajok nagyobb értéket adnak, azaz a fény sebessége kisebb bennük:

$$\left(n = \frac{V_e}{V_o} \right) \quad V_e = \text{a fény sebessége a levegőben,}$$

$$V_o = \text{a fény sebessége az olajban.}$$

Néhány olaj *n* értéke: (LEVORSEN nyomán)

Sűrűség	<i>n</i> D ¹ (Na fényre)
1,029	1,566
0,918	1,509
0,802	1,448
0,742	1,417
0,691	1,390

A fény nem látható hullámhosszú sugarainak mind a rövidebb (ibolyán-túli), mind a hosszabb (vörösön inneni) tartományban fontos szerepe van a kőolajok felismerése és elemzése területén. Az *ultraibolya* (a leggyakrabban használt ultraibolya fényt kibocsátó lámpák 2,538–3,650 angström hullámhosszal) szemünk számára láthatatlan sugarainak hatására a szén-

hidrogének fluoreszcencia (lumineszcencia) jelenséget mutatnak. Az így „sötétben” „világítóvá” váló olaj még 1 : 100 000 részben szétszórva, szemmel és 1 : 100 · 10⁶ részben fotografikus úton észlelhető. Magyarországon már az 1937-ben végeztünk ilyen vizsgálatokat, és megállapítottuk, hogy az ultraibolya fény hatására gerjedő, látható fény hullámhossza a gerjesztő molekulák szénszámától függ. A könnyű olajok kék, a nehezebbek zöld, sárga és vöröses színnel reagálnak az ultraibolya fényre.

Az *infravörös* spektroszkópiának a kőolajok elemzése területén van nagy jelentősége. A 0,1–0,01 mm vastag rétegben vizsgált olajon átengedett 6–20 μ hullámhosszú sugarak esetén — igen pontosan rögzített hőmérsékleten — korszerű készülékekben már automatikusan regisztrálható a spektrum. Az infravörös spektrumban jól elkülöníthetők a különböző szerkezetű szénhidrogének és az igen kis mennyiségben jelenlevő egyéb szerves vegyületek.

Az optikai tulajdonságok közül végül az *aktivitást* kell említeni. Ezalatt a kőolajoknak azt a tulajdonságát értjük, hogy a polarizált fény síkját elforgatják. Hasonlóan viselkednek egyes kristályok, de a folyadékok közül csak a szerves vegyületek között vannak ilyen tulajdonságúak. A polarizációval mérhető 1–1,2 °/mm-es forgatóképességet legerősebben a kőolajnak 250–300 C°-on vákuumban átpárolható párlatai mutatják. A 200 C° alatti és a magas hőfokon forró párlatok egyáltalán nem aktívak.

A forgatóképességet cholesterolin (C₂₆H₄₅OH) alkohol jelenlétének tulajdonították. Ez a vegyület mind a növényi, mind az állati anyagokban, pl. a tejben elterjedt. Az optikai aktivitást a kőolaj szerves eredete egyik bizonyítékának tartják, mert optikailag aktív anyagot még mesterségesen nem sikerült előállítani.

2.5.7 SZAGLÁSSAL KAPCSOLATOS JELLEMZŐ TULAJDONSÁGOK

A kőolaj *szaga* elsősorban könnyen illó alkotóitól függ. Jellegzetes kellemetlen szagot a kén tartalmú, szúrós szagot az oxigén tartalmú járulékos vegyületek okoznak. Az aromás szénhidrogének jelenléte kellemes illatúvá teszi a kőolajat.

A metán, etán szagtalan, a propán — s főleg a bután — igen enyhén fokhagyma illatú. A benzín jellegzetes szagát az 5–9 szénatomszámú szénhidrogének adják. A legtöbb kőolaj éppen ezért benzín szagú — ezek lévén legillékonyabb alkotói. A nehezebb frakciók már legtöbbször a kén vagy oxigén tartalmú járulékos elegyrészek miatt jellegzetes szagúak. A 10–12 szénatomszámúak petróleum szagúak.

2.5.8 HŐTANI TULAJDONSÁGOK

A cseppfolyós és gáz alakú szénhidrogének *fajhője* (az a hőmennyiség kcal-ban kifejezve, amely 1 kg anyag hőmérsékletét 1 C°-kal emeli) általában kisebb a vizénél (az 1-nél.) Csak igen nagy hőmérsékletű szénhidrogéngázok fajhője nagyobb 1-nél. A fajhő és a fajsúly összefüggését W. GOULD nyomán a 21. ábra mutatja. A kalorikus *fűtőérték* (mely az *égéshőtől* annyiban tér el, hogy az égéskor keletkező vízgőz elpárologtatásához szükséges hőmennyiséget is figyelembe veszi. 1 kalória az a hőmennyiség, mely 1 gr víz hőmér-

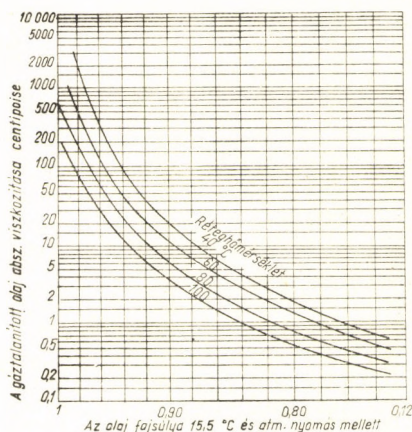
sékletét 3,5 C°-ról 4,5 C°-ra emeli) a kőolaj minőségétől függ. Általában a nagyobb fajsúlyú olajok fűtőértéke kisebb.

A fajsúly és a kalorikus fűtőérték közötti viszonyt az alábbi táblázat tünteti fel (A. I. LEVORSEN nyomán):

Fajsúly	Kalorikus fűtőérték (kalória) (gramm)
0,7 – 0,75	11 700 – 11 350
0,7 – 0,80	11 350 – 11 100
0,80 – 0,85	11 100 – 11 875
0,85 – 0,90	11 875 – 10 675
0,90 – 0,95	11 675 – 10 500

Néhány kőolaj fűtőértékét (W. GOULD alapján) az alábbiakban ismertetjük:

Terület	Fajsúly 20°	Elemzések száma	Kcal/gr	
SzU	Baku	0,873	27	11 360
Román SZK	Moreni	0,884	42	10 480
	Baicoi	0,877	43	10 495
Lengyel NK	Wankowa	0,850	5	11 224
Indonézia	Borneo	0,898	1	10 760
Japán	Kusodsu	0,895	19	11 389
Mexikó		0,966	20	10 101
Trinidad		0,941	7	10 200
USA	Kalifornia	0,958	1	10 265
	Illinois	0,856	—	10 765
	Oklahoma	0,886	—	10 787
	Pennsylvania	0,802	—	11 142



21. ábra. Az olaj viszkozitása és fajsúlya közötti összefüggés atmoszferikus nyomáson, különböző hőmérsékletek mellett

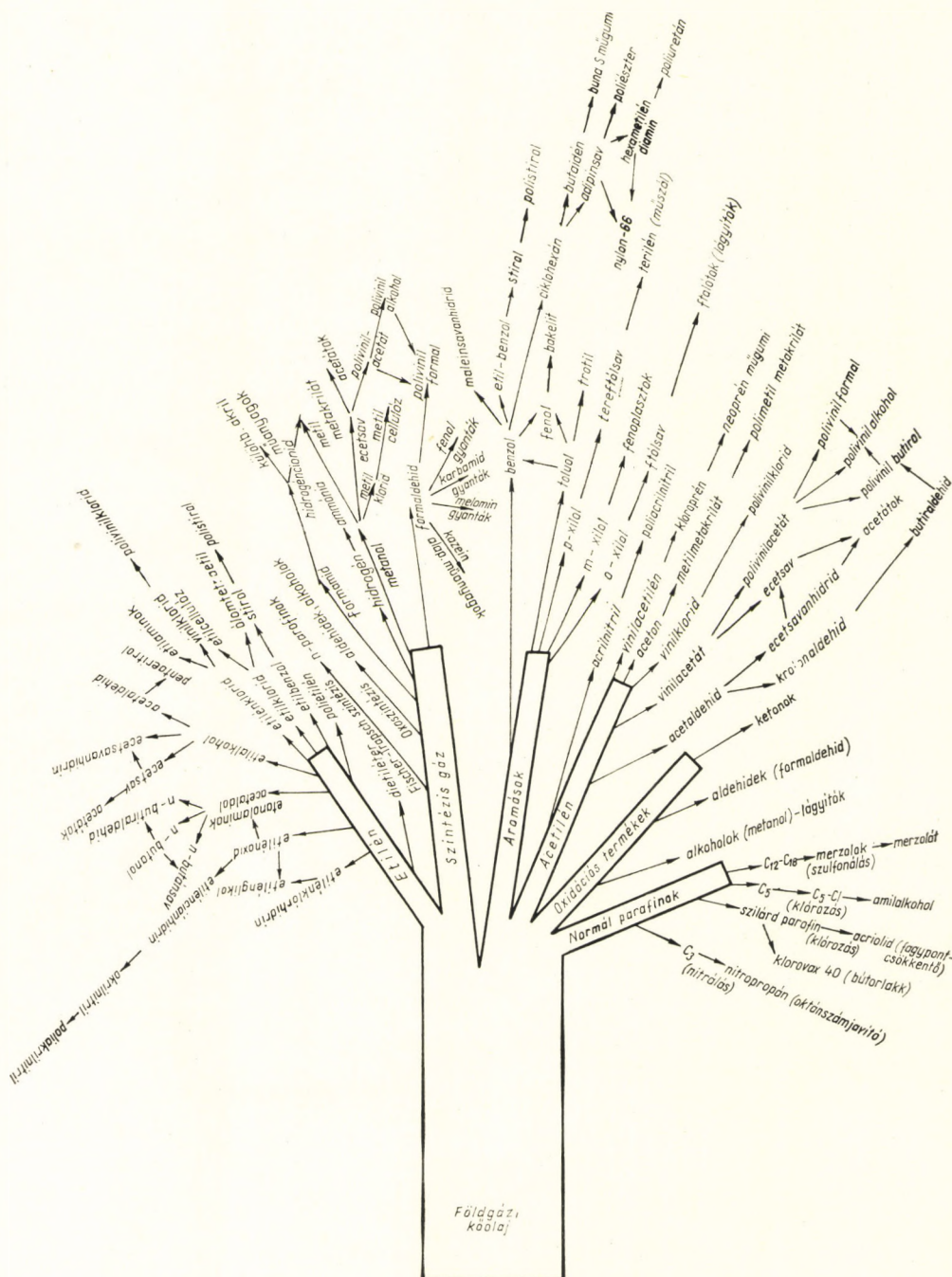
A földgázok fűtőértéke nagymértékben szénhidrogén-tartalmuktól függ. Így pl. a magyarországi földgázok normál m^3 -e kilokalóriában (a grammkalória 1000-szerese) 12 500—100 Kcal-ig esik széndioxid-tartalmukkal fordított viszonyban. A m^3 -re számított fűtőérték különben a tiszta szénhidrogéngázok esetében a növekvő szénszámmal növekszik (ellentétben a kőolajokkal). Így pl. a metán 9 494, az etán 16 634, a normál bután 30 695 Kcal/ m^3 fűtőértékű.

2.6 A SZÉNHIDROGÉNEK FELHASZNÁLÁSA

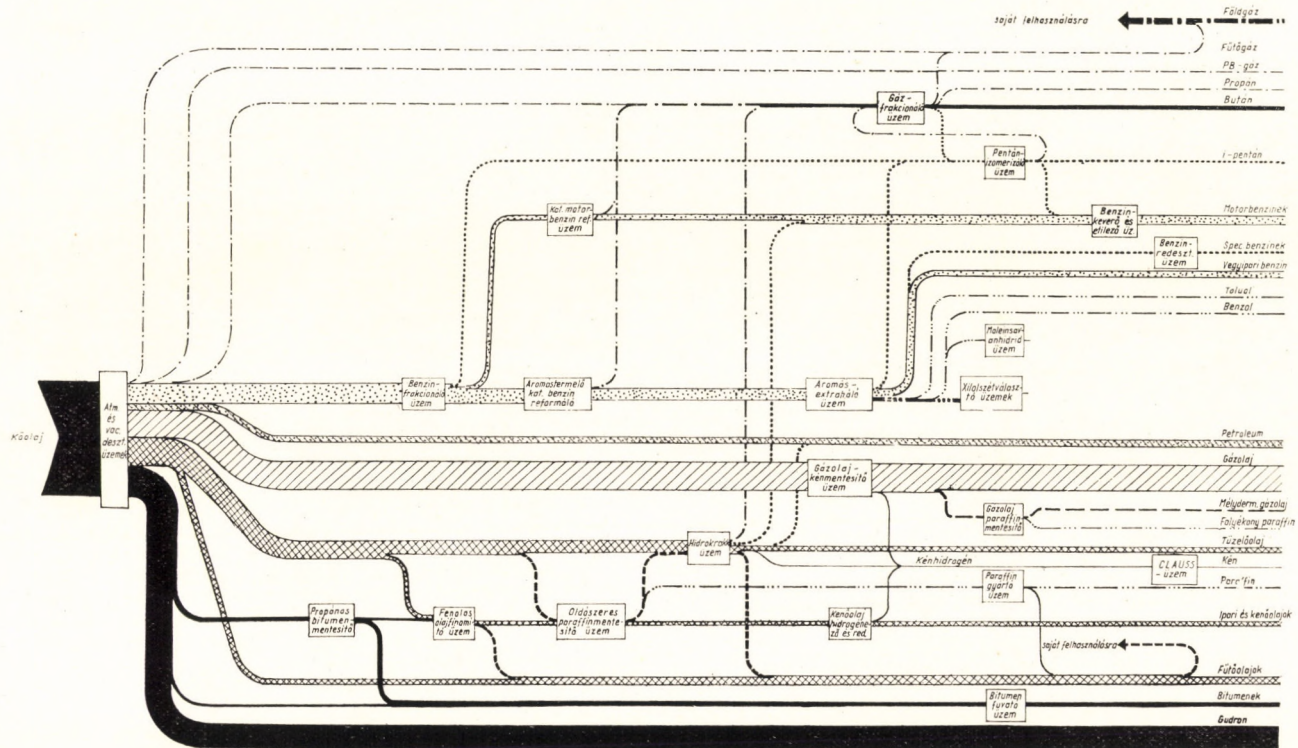
A metán, kevés etánnal keverve alkotja a földgáz főanyagát. Tisztán vagy a kőolajjal együtt kerül a felszínre, majd ha kell, az olajtól elválasztva a csővezetékbe. Újabban az olcsó, hajón való szállítás lehetővé tétele érdekében a metánt hűtéssel (-163 C°) cseppfolyósítják, és így hozzák át pl. Algírból Franciaországba és Angliába. A gázból választják le a „pb” gázt. Ez a palackokban forgalomba kerülő propán-bután gáz, az ún. cseppfolyós, helyesebben könnyen cseppfolyósítható gáz. A propán-bután gázt fém-palackokban 4—10 at. nyomáson, esetleg valamely nagy felületű anyagon (pl. kovaföld) adszorbeálva hozzák forgalomba. A természetes hőmérsékleten, nyomáson folyadék állapotú legkönnyebb termék a *gazolin* vagy *petroléter*. Ezt a terméket mely — főleg 5—7 szénatomszámú alkotókból áll — részben a gáztelepekből termelik, kicsapva vagy kiválasztva a földgázból, részben a kőolajat kísérő gázból választják le adszorbeációs (aktív szénen), abszorbeációs (mosóolajban) vagy hűtési technikával. A kőolaj feldolgozása közben is nyernek mind „pb”-gázt, mind pedig gazolint. A könnyű szénhidrogének közül főleg a 4—5 szénszámú alkotóknak van nagy jelentősége az ún. *petrolkémia*ban. Ez a kőolaj, illetve földgáz alapon dolgozó ipar a korszerű és hatalmas fejlődésben levő vegyipar egyik legfontosabb ága. Szénhidrogén-vegyületekből kiindulva a hasznos vegyületek százait állítják elő; műanyagokat, műgumit, rovarirtó és egyéb mezőgazdasági vegyszereket, műtrágyát, gyógyszereket stb. A szénhidrogén alapú vegyipar gazdag lehetőségeit a 22. ábrán feltüntetett vázlat ábrázolja (VAJTA L. és POZSGAI T. alapján).

A kőolaj üzem-, fűtő- és kenőanyagként való felhasználását a *kőolajfeldolgozás* (kőolajfinomítás) teszi lehetővé. Ez a kőolaj- és földgáztermelő vállalkozásokkal rendszerint szoros egységben dolgozó ugyancsak hatalmas iparág adja a szénhidrogén-bányászat hasznosításának legnagyobb nyereségét.

Az egyes termékek egy-egy szénhidrogéncsoportot foglalnak magukban, de nem annyira vegyi összetételükkel, hanem bizonyos fizikai jellemzőikkel, felhasználásuk szempontjából fontos tulajdonságokkal jellemzik azokat. Éppen ezért nem egyszerű és főleg nemzetközileg nem teljesen egységes a termékek megnevezése. Miután még a legegyszerűbb szétválasztásnál, a desztillációnál sem ugyanaz a szénhidrogéncsoport párolódik át ugyanazon hőfokon a különböző kőolajokból, nem is lehet pontosan meghatározni, még kevésbé megkövetelni a vegyi összetételt. A követelmények, a felhasználás körülményei szabják meg a jellemző, legtöbbször szabványban előírt



22. ábra. Földgázból és kőolajból előállítható fontosabb vegyipari termékek



23. ábra. A kőolajfeldolgozás lehetséges elvi folyamatábrája

tulajdonságokat. Nyilvánvaló, hogy még ezek a jellemzők is függenek a felhasználás műszaki, sőt földrajzi körülményeitől. Másféle benzin vagy aszfalt kell a trópusokon és más a sarkkörön. Másféle „benzint” igényel egy magasabb hőfokon dolgozó belsőégésű motor, mint a napraforgómagból az olajat kioldó extrakciós készítmény. Emiatt a kőolajból gyártott termékek igen sokfélék, és a kőolajfeldolgozás technológiája állandóan fejlődve törekszik arra, hogy szinte függetlenül a kőolaj eredeti összetételétől a követelményeknek megfelelő gazdag termékválasztékkal álljon az igénylők rendelkezésére.

Az egyszerű, normál nyomáson történő „atmoszferikus” desztillációt vákuumban folytatják, a szénhidrogén-molekulák szerkezetét „krakk” eljárással rombolják, vagy katalitikusan megváltoztatják. A feldolgozás folyamatát SZÁVA N. alapján a 23. ábra mutatja.

A feldolgozás egyik fő termékcsoportha az ún. „fehéráruk”, a benzin, a „világítóolaj” vagy petróleum és a gázolaj (vagy „diesel-olaj”, vagy helytelenül „nyersolaj”). Országonként más és más az előírás a termékekre is.

Az Amerikai Petróleum Intézet szabványa szerint pl. 100 C°-ig átpárolt anyag „könnyűbenzin”, 200 C°-ig „nehézbenzin”, de csak az a része, melynek fajsúlya kisebb 0,825-nél, a 200 és 275 között átpárolt rész ugyancsak 0,825-nél kisebb fajsúlyú párlatai „kerosine”, a világítóolaj vagy „petróleum”-ként, a 0,825 fajsúlynál nehezebb párlatai, gázolajként kerülhetnek forgalomba.

A jelenlegi magyar szabványok szerint (SZÁVA N., BURSCHIK E., CSOP Á. és SZEMZŐ E-né 1962. alapján) az egyes termékeket a következők jellemzik:

<i>Motorbenzin:</i>	végforrpont	205 C°	
	minimum átdesztillál	10 %	80 C°-ig
	minimum átdesztillál	90 %	195 C°-ig

A benzinekre a motorban való kompressziótűrés miatt jellemző az ún. *oktánszám*. Az oktánszám a „detonációszerű” robbanások kiküszöbölésének jellemzésére szolgál. Az ilyen robbanások ugyanis termikusan és mechanikusan ártanak a motornak, melynél különben a lehetséges legkisebb térben a maximális teljesítményt normális, egyenletes égési sebességgel akarják elérni. Az izooktán biztosítja a legjobb kompressziótűrést — biztosítja a minimális robbanásszerű gyúlási folyamatot. Az oktánszám azt fejezi ki, hogy az illető szénhidrogén-keverék (benzin) hány %-os izooktán (oktánszám 100) és normál heptán (oktánszám 0) keverékkel azonosan kompressziótűró.

Az összehasonlítás az erre a célra szolgáló egyhengeres (nemzetközileg szabványosított) motorban a kopogások mérésén alapul (*knockmeter*). Az oktánszámot lehet a szénhidrogén-keverék változtatlanul hagyása mellett ólomtetraetil hozzáadagolással is javítani, az így nyert etilbenzin olcsóbban előállítható, mint a szénhidrogén-keverék krakkolással vagy hidrogénezéssel (stb.) való átalakítása. A magyar normálbenzin is etilezett: oktánszáma 70. Az ún. szuperbenzin végforrpontja 200 C°, kezdő forrpontja 70 C°. Oktánszáma: 85.

A *repülőbenzin* kezdő forrpontja 40 C°. Minimum 97,5 tf. % kell, hogy 180 C°-ig átpárolódjon. Oktánszáma 91—100. Előállítanak ezenkívül aro-

másmentes *sebbenzint* (0,660—0,710 fajsúly, 130 C°-ig 98 %-ban átpárolható), extraháló benzint, foltbenzint, lakkbenzint, analitikai benzint és kohászati benzint.

A *világító petróleum* fajsúlya 20 C°-on 0,840. 98 % át kell forjjon 315 C°-ig.

A benzinek vagy más könnyebb kőolajtermékek előállítására egyszerű lepárláson túl történhet a nagyobb szénhidrogén-molekulák szétrombolásával, hőbontással vagy katalitikus krakkolással és hidrogénezéssel.

A *lőkhajtásos* repülőgépek és a gázturbinák *üzemanyaga* olcsón előállítható, könnyű petróleumfrakció. Fajsúlya 15,5 C°-on 0,775—0,825. Végforrpontja 300 C°. Kezdő forrpontja 150 C°.

A traktorok, tankok, egyes gépkocsik hajtóanyaga a *gázolaj* (diesel-olaj). Lehet magas (−10 C°) és mély (−25 C°) dermedéspontú. Végforrpontja 396 C°. Külső feltétele, hogy 12 ± 1 C° hőmérsékleten átlátszó legyen. Égési tulajdonságait a cetánszámmal jellemzik. (Cetán [100] és alfametilnaftalin [0] keverékkel való összehasonlítás alapján.) A jó gázolaj 40—60 cetánszámú.

E „fehértermékek” lepárlása után visszamaradó *pakura* vagy *gudron* tartalmazza a nehezebb szénhidrogénekből előállítható olajokat, a belsőégésű motorok ún. „kenőolajait”, az ipari gépek kenésére, hidraulikák töltésére, gőzhengerek, hajtóművek, turbinák olajozására szolgáló keverékeket. Készítenek szigetelő olajat, röntgen-olajat, kondenzátor-olajat is.

Végül a nehezebb keverékekből álló *fűtőolajokat* (ezek csak előmelegítéssel égethetők) és a könnyebb párlatokat tartalmazó (hidegen is égethető) *tűzelőolajokat* kell megemlíteni. E termékek fő jellemzői viszkozitásuk, könnyen kokszosodó anyagtartalmuk, kéntartalmuk, olvadás- és dermedéspontjuk. A kenőolajgyártás igen gazdag technológiájából ki kell emelnünk a *parafintalanítás* bonyolult és költséges feladatát. A szilárd parafinok (aszfaltok) eltávolítása (a naftén bázisú olajoknál mellőzhető) történhet a régi kénsavas kezeléssel és a korszerű (furfurolos, krezolos vagy propános) „finomítással”.

A kenőcszerű *gépzsírok*, az ún. „konzisztens kenőanyagok” nemcsak kenési, hanem védő, burkoló feladatokat is ellátnak. Ezek részben csak szénhidrogénekből állnak, részben fémszappanokkal kialakított gélek. Vannak mészbázisú, grafitbázisú stb. hőálló gépzsírok, pl. a gördülőcsapágy- vagy a légfékzsír.

A kőolaj szilárd alakban felhasználásra kerülő termékei a parafin „viasz”, a vazelinek, a cerezin és az útépítő, szigetelő, építőipari, brikettipari stb. bitumenek.

2.7 A FÖLDKÉREG GÁZ HALMAZÁLLAPOTÚ ANYAGAI

A „kőolajföldtan” a földtan tudomány anyagainak olyan szempontból történő szétkülönítése és összesítése, hogy módszerei és ismeretanyaga a földkéregben elhelyezkedő nem szilárd anyagok, *fluidumok* minden fajtájára érvényesek legyenek. A vízzel a *hidrogeológia* külön foglalkozik. A gázok sokféleségének földtani szemléletét a kőolajföldtan foglalhatja magába. Ezekről ezért külön szólunk.

A nyelvhasználat sok helyen — így nálunk is — a földgázon csak a szénhidrogéneket, sőt sokszor csak a metánt érti. A geológus szemével azonban földgáznak kell tekintenünk minden olyan légnemű anyagot, mely a szilárd földkéregben előfordul.

2.7.1 A SZÉNHIDROGÉNEK

Vegyji jellegükről már az előzőekben szóltunk. Szénhidrogén tartalmú jelenkori képződményektől, a mocsárgáztól fogalmilag és földtani értelemben meg kell különböztetnünk: a Föld nagyobb mélységeiben, nyomás alatt álló gázok tartoznak ide. Vannak közöttük gyakorlatilag tiszta metánból állók, de gyakoribbak az egyéb szénhidrogénekkal, főleg etánnal, propánnal, esetleg még magasabb szénszámú alkotókkal kevert földgázok. A gázokban általában a parafinsorozatbeli szénhidrogének gyakoribbak. Az ilyen földgázok között megkülönböztetik az ún. *száraz* és a *nedves* vagy „*zsiros*” *gázokat*. Előbbiek m^3 -ként nem tartalmaznak a metánon kívül 12 g-nál több, nehezebb szénhidrogént. Szennyezőként kénhidrogén, széndioxid, nitrogén, argon stb. a leggyakoribb kísérő. Az olyan gázokat, amelyekben a kénhidrogén-tartalom felülmúlja a 0,1–0,2%-ot, *savanyú gázoknak* nevezik. Ilyen pl. a dél-franciaországi Lacq terület vagy egyes iráni, mexikói területek gáza, ahol a H_2S -tartalom az 5–30%-ot is felülmúlja, és a gázból a gazdaságos kéntermelést is lehetővé teszi. A kéntartalom sokszor etil-, propil-, butil-, merkaptánokban jelenik meg a földgázban. Különlegesen nagy H_2S tartalma (42,4%) van a texasi (ÉK) Emory és néhány más USA-beli gáznak Arkansas, Wyoming államokban.

A kőolajtelepekkel együtt található gázt *kísérő gáznak* szokták nevezni. Az ilyen gáz magasabb szénhidrogén-alkotókban általában gazdagabb. Etán, propán, bután, izobután, pentán, izopentán, hexán, heptán és kevés oktán is van gyakran a felszínen gáz fázisú elegyben. Erősen aromás olajok esetében a kísérő gáz toluol- és benzolgőzt is tartalmaz. A gáz összetétele a 2.5 fejezetben ismertetett fázisgörbe szerint alakul aszerint, hogy a mélyből való feláramláskor hogyan változnak a nyomás- és hőmérsékletviszonyok. Ha az olajtelepben levő gáz teljes egészében az olajban oldva található, akkor *telítetlen* tárolórendszerrel, ha az olaj mellett szabad gáz is van, akkor pedig *telített* tárolásról beszélhetünk. A gáznak az oldatból való kiválása a *buborékpont* hőmérsékletén és nyomásán történik. A tároló hőmérséklete általában állandó, a nyomás viszont a termelés közben csökken. A buborékpont nyomást gyakran *telítettségi nyomásnak* nevezik. Ahol a telítettségi nyomás azonos a tárolórendszer (telep) nyomásával, ott az olaj buborék nélkül az összes gázt oldatban tudja tartani. Ha a tárolórendszer nyomása csökken, a gáz kiválik az oldatból.

A gázsüvegnek az olajtesttől távoli helyeiről szárazabb gáz termelhető, mint az olaj–gáz határ közeléből vagy magából az olajból, mint a benne oldott gázból. Természetesen ugyancsak zsirosabbak, dúsabbak a *retrográd* kondenzáción átment gázok. A gázból a nehezebb szénhidrogének elválasztása az ún. *gazolintelepeken* történik (lásd a 2.6 fejezetet). Gyakran azonban külön adszorpciós vagy abszorpciós leválasztás nélkül, a nyomáscsökkenés vagy az expanzió hűtő hatására kicsapódnak a nehezebb szénhidrogén-alko-

tók (gáz-, „csapadék”). Az iszap-, „vulkánok” (mélyben levő földgáz vagy olajtelepek felszíni „kibúvási”) gázának összetétele teljesen hasonló a szénhidrogéntelegek gázához.

A szénhidrogéngázok kismértékben a mélységi *vizekben* is oldódnak. LEVORSEN szerint 350 at. nyomáson, „az olajtelepek hőmérséklet tartományában” 1 m³ víz kb. 3,5 m³ (LANDES szerint 2,5–3 m³) gázt old. 1 súly % oldott ásványos anyag (só) kerekén 5%-kal szállítja le a gáz oldódóképességét. Gyakorlati tapasztalatok szerint a tárolórendszer vize kb. 6%-át oldja annak a gázmennyiségnek, amit az ugyanolyan telepviszonyok között levő olaj. Ezért az olaj melletti szemcseközi (tapadó-) víz gáztartalma számottevő mennyiségű lehet.

A szénhidrogéngáz kutatása — tekintettel azonos keletkezési és felhalmozódási körülményeikre — a kőolajhoz teljesen azonos módon történik. Nincs még olyan módszer, mely előre lehetőséget adna a kőolaj- és földgázkutatás különválasztására. Amit a továbbiakban a kőolajföldtan probléma köréből állítunk a földgázra, szorosabb értelemben véve a szénhidrogéngázokra is vonatkozik.

A *mocsárgáz* jelenkori, főleg szénhidrogénből, széndioxidból és nitrogénből álló gázkeverék. Előfordulásának körülményei és kémiai összetétele különbözteti meg a fosszilis szénhidrogéngázoktól. Nagyobb mennyiségben, 1 at-át felülmúló nyomáson csak ritkán található, ha óholocén vagy pleisztocén képződésű mocsárgázt magába foglaló tőzegtelepet vagy egyéb laza üledéket még fiatalabb, folyami vagy tavi üledék fed el. Keletkezése kétségtelen, hiszen úgyszólván szemünk láttára elbomló szerves anyagok oxidációs, majd redukációs közegben történő pusztulásának terméke.

A fosszilis szénhidrogéngáztól való megkülönböztetése részben előfordulási körülményeinek alapján történhet, részben vegyi összetételének megállapításával. H. WOOLNOUGH tanulmányozta egy olyan helyen a recens gázokat, ahol mintegy átmenetnek tekinthetők a recens és fosszilis gázok között. Ausztráliában a Viktória-tó egy iszapszigetén, melyet periodikusan önt el a tenger, nagy tömegű iszapot is hordva reá, az elborított periódus alatt nagy mennyiségű gáz gyűlik össze, ami azután a szárazulat folyamán hosszabb ideig fúj ki az üledékek közül. E gáz összetétele CO₂: 24,4%, O₂: 0,8, CH₄: 62,5, N₂: 12,3. Semmi nehéz szénhidrogén nem fordul elő tehát a gázban. A mocsárgázokat általában nehéz felfogni, de ahol eddig ilyen analízisek történtek, mindenütt jellemző a nitrogéngazdagság és a nehéz szénhidrogének hiánya.

Magyarországon a Zala megyei Bajcsa környékén fordult elő gazdag nitrogén tartalmú mocsárgáz, óholocén, folyami üledékterasz alá rejtve.

A kőszénbányászat kellemetlen, ugyancsak szénhidrogéneket tartalmazó *kísérő gáza* az ún. *bányalég*. Egyes helyeken — pl. a pécsi bányavidéken 40–50 millió m³-re becsülik — olyan mennyiségű is lehet, hogy ipari felhasználását is tervezik. Csehszlovákia területén, az osztrava—karvinái szénmedencében 8500–9000 Kcal/m³ bányagázt használnak kazánfűtésre. Összetételére jellemző, hogy általában a nehezebb szénhidrogének hiányoznak belőle.

A bányalég vagy a szénbányászat során megütött üregekből ömlik ki, vagy a szénporban abszorbeálva fordul elő nagyobb tömegben. A gáz nyo-

mása 25–30 légkört is elérhet. A bányagáz mennyisége a szén lefejtésének arányában csökkenni szokott, és a széntelep lefejtésével legtöbbször meg is szűnik. Egy wales-i bányából származó bányalég összetétele a következő:

CO ₂	3,0	3,52%
CH ₄	93,9	87,1 %
C ₂ H ₆	ny.	ny.
CO	—	0,01%
N ₂	3,1	9,4 %

Újabban németországi barnakőszénből hevítéssel nyert magasabb szénhidrogének több fajtáját R. GEDENK (1966) összehasonlította a közeli kőolaj összetételével, és meglepő hasonlóságot állapított meg. Megállapításai szerint a növényi eredetű kausztobiolitokból adszorbeálható gázok összetétele független a képződmény földtani korától, és általában az izoparafinokkal szemben a normál parafinok (oktánig) uralmával jellemezhető.

Ezeknek a gáz halmazállapotú alkotórészeknek a kőszénből való eltávolítása hőhatásra történhet meg. A kiindulási — növényi eredetű — anyag (1.3 fejezet) biokémiailag katalizált bomlása viszont a kőolaj szénhidrogének keletkezéséhez vezet.

A Rajna—Ems vidéki nyugat-németországi kőszéngázoknak és szénhidrogéngázoknak kapcsolatára vonatkozó legújabb vizsgálatok (R. GEDENK, H. A. HEDEMANN és W. RÜHL 1964) új megvilágításba helyezik a kőolaj-keletkezés folyamatára vonatkozó elméleteket, és áthidalják az éles határt a bányalég — a kőszént kísérő gázok — és a kőolajtelepek gázának keletkezése között. Megállapításaik szerint a hatalmas, újonnan felfedezett észak-nyugat-európai földgáztelepek (pl. Groningen, Hollandia) a felsőkarbon szénből származnak. Gázkromatográfiával végzett vizsgálataik azt mutatták, hogy a szénülés fokozódásával csökken a magasabb szénszámú homológok mennyisége.

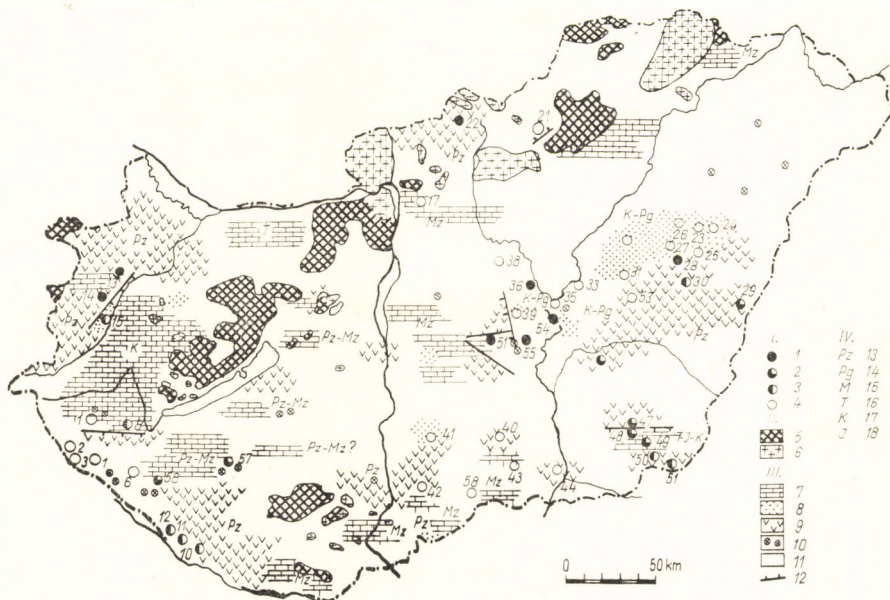
2.7.2 A SZÉNDIOXID

A Magyarországon különösen gyakori CO₂-gáz-előfordulások szükségessé teszik, hogy annak előfordulási körülményeivel részletesen foglalkozzunk.

A magyarországi gáztelepekben sok helyütt igen alárendelt a metántartalom, és a gázok kémiai összetételében igen változatos mennyiségben szerepel a metán, széndioxid, a nitrogén, a nehéz szénhidrogének, kis mennyiségben argon és hélium. Különösen feltűnő a széndioxid-tartalom nagy változatosága 1–99%-ig (lásd a 24 és 25. ábrát).

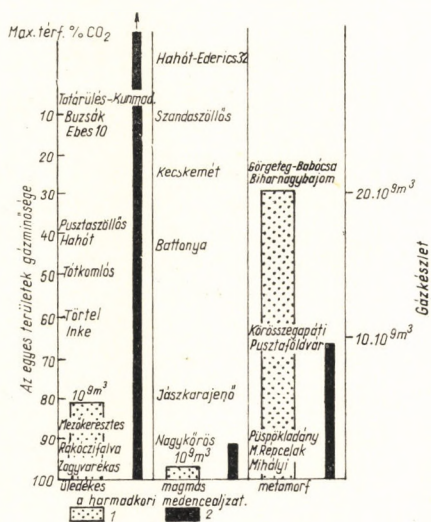
Az előfordulások sokféleségéből adódott a törvényszerűségek kutatása. 1962-ben már megállapítható volt, hogy mint a világ lelőhelyeinek többségében, Magyarországon is a mélyebb szintek széndioxid dúsabbak, magasabban pedig felszaporodik a szénhidrogén. A szabályosság azonban nem egyszerűen és általánosan érvényes, hanem bizonyos kivételekkel megerősítve ad lehetőséget érdekes és eredeti megállapításokhoz.

Egymástól látszólag impermeábilisan elválasztott rétegekben növekszik felfelé a szénhidrogén, több ez tehát, mint az a jelenség, amire szintén van



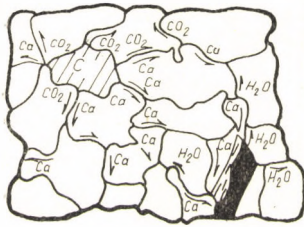
24. ábra. A magyarországi földgázok széndioxid-tartalma

I. 1. Széndioxid-tartalom 90% felett. 2. Széndioxid-tartalom 50–90%. 3. Széndioxid-tartalom 10–50%. 4. Széndioxid-tartalom 10% alatt. II. 5. A felszínen levő képződmény mezozoikum vagy paleozoikum. 6. A felszínen levő képződmény magmatikus eredetű. III. A harmadkori medenceterület. 7. Karbonátos aljzatú. 8. Törmelékeny aljzatú. 9. Metamorf aljzatú. 10. Magmatikus aljzatú. 11. A medencealjzat még ismeretlen. 12. A feltételezett tektonikus övezetek. IV. Pz 13 paleozóos vagy idősebb. Pg 14 paleogén. M 15 mezozoós. T 16 triász. K 17 kréta. J. 18 jura.

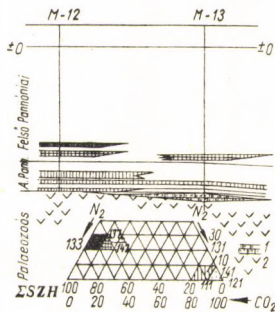


25. ábra. A CO₂-tartalom és a medencealjzat összefüggése a magyarországi földgázokban

1. CO₂-készlet, 2. Szénhidrogén-készlet



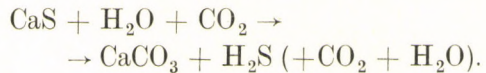
26. ábra. CO₂ felszabadulása epidotosodás folyamán földpát- és csillámtartalmú kőzetből (Ramberg nyomán)



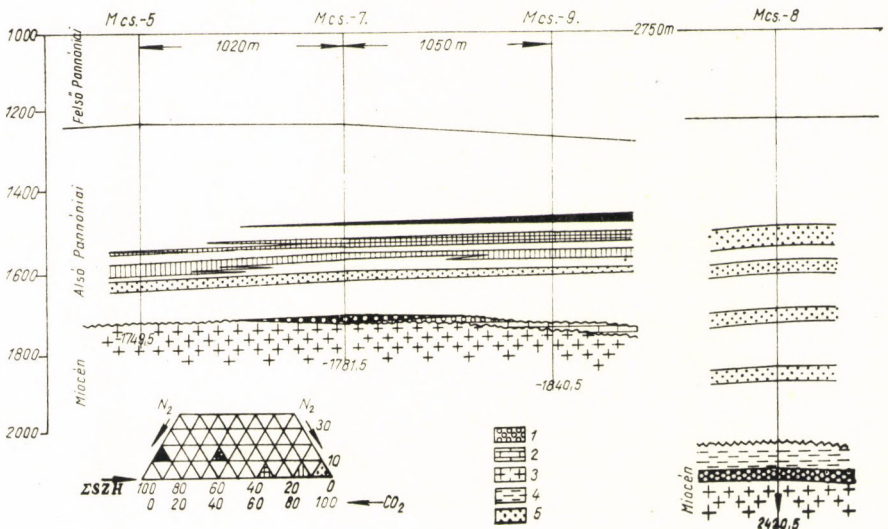
27a. ábra. Geokémiai metszet a mihályi szerkezeten át
1. tortonai lithothammiumos mészkő,
2. paleozóos metamorf kvarcit, fillit

példa Magyarországon is (Rákóczi falva), hogy egy tárolón belül a mélyebb részekben több a széndioxid, tehát sűrűség szerint úgy helyezkednének el a gázok, mint a borospincében.

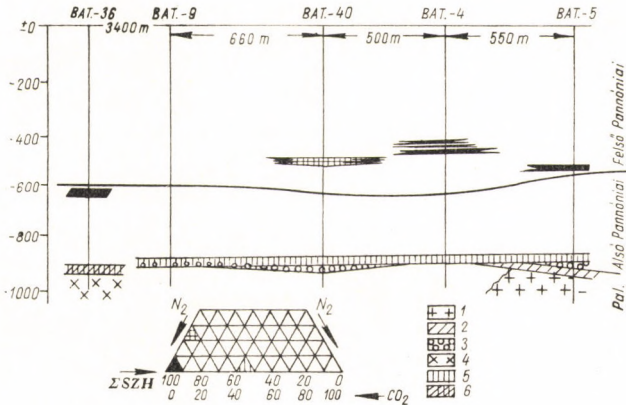
Ismeretes hogy a széndioxid-gáz keletkezése visszavezethető organikus és anorganikus útra (KERTAI, 1951, R. E. FARMER, 1964). Összefoglalja a lehetőségeket: az 1. organikus eredet lehet: 1.1 egyszerűen a gyorsan eltemetett szerves anyagok oxidációjának következménye; 1.2 a szénhidrogének szulfátdús vizek által történő oxidációjának eredménye $C_nH_n + CaSO_4 \rightarrow$



Az anorganikus gáz lehet juvenilis vagy metamorf származású. A metamorfózis során már a zöld-pala fáciesben 100 C° körüli hőmérsékleten a kalcit, klorit és kvarc együttesből tremolit víz és széndioxid keletkezik. Az epidot ugyanígy széndioxid és víz keletkezése mellett keletkezik a magasabb hőmérsékleten a kalcitból és kaolinitből. A magas hőmérsékleten stabil anortit, kalcit és víz együttes alacsony hőmérsékleten való epidotosodása ugyancsak széndioxid-felszabadulással jár. RAMBERG (1952)



27b. ábra. Az inkei földgáztartó szerkezet geokémiai metszete

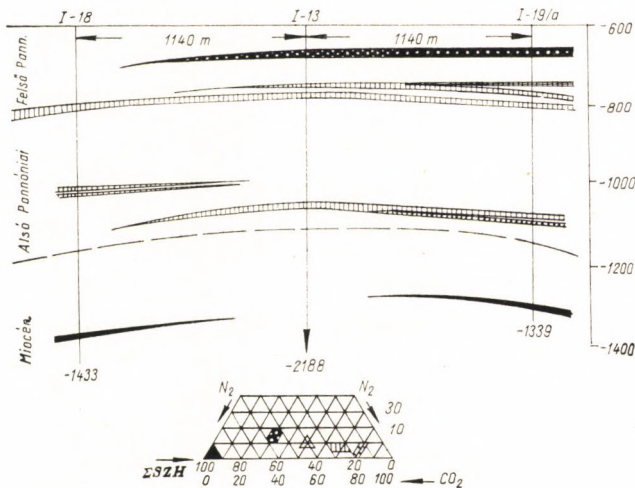


27c. ábra. A mezőcsokonyai földgáztartó szerkezet geokémiai metszete

1. alapkonglomerátum, 2. lithothamniumos mészkő, 3. riolit-andezit tufa, 4. miocén agyagmárga, 5. vizeztartalmú homokkő

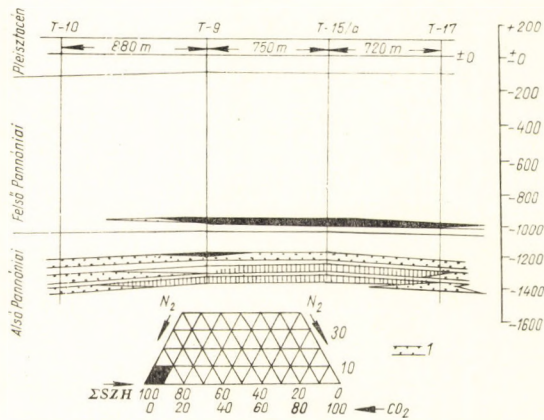
több hasonló folyamatot ír le, és még kitűnő ábrát is (26. ábra) közöl a széndioxid felszabadulásáról. A széndioxidnak a karbonátokból való felszabadításához tehát nincs szükség a magmatikus hőhatásra, mert az a dinamotermál vagy regionális metamorfózis hatására is megtörténik.

A folyamat kvantitatív megközelítésére megemlítjük, hogy ha 1 kg metamorf medencealjzat 200 m³ széndioxidot termelhet, úgy 2 km³ kőzet elegendő 1 milliárd normál m³ gáz keletkezéséhez (FARMER 1965).



27d. ábra. A battonyai földgáztartó szerkezet geokémiai metszete

1. gránit-gneisz, 2. az alaphegység mállott felszíne, 3. konglomerátum és breccia, 4. kvarcporfir, 5. repedezett mészmárga, 6. mállott aljzat

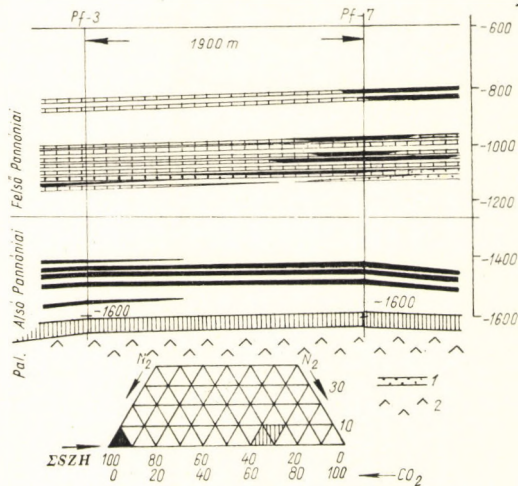


27e. ábra. A tótkomlósi gáztartó szerkezet geokémiai metszete

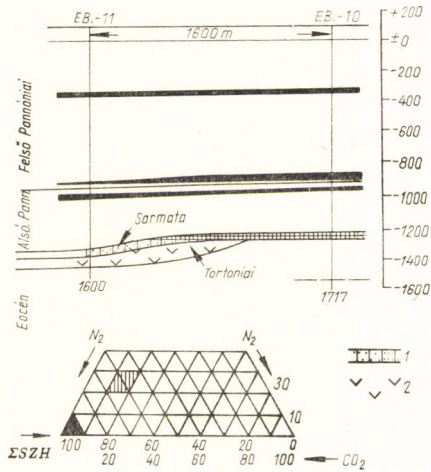
1. víztároló homokkő

Végül a hidrokarbonátos vizek fizikai állapotának változása következtében is felszabadulhat és felhalmozódhat széndioxidgáz.

H. U. HARK (1961) az északnyugat-német zechstein-gázzról és E. P. MÜLLER „szóbeli közlés alapján” a thüringiai gázokról megállapítja, hogy a széndioxid-előfordulások juvenilis eredetre utalnak, de HARK is hangsúlyozta, hogy a gázok elhelyezkedésében nem egyszerű súly szerinti elkülönülés a szabályozó, és hangsúlyozza a tektonikai tényezők szerepét. Magyarország 58 lelőhelyéről 480 réteg gázelemzését és földtani viszonyait vizsgáltuk meg. A gázelemzések GRÁF L. irányításával történtek. Az összetétel válto-



27f. ábra. A pusztaföldvári gáztartó szerkezet geokémiai metszete

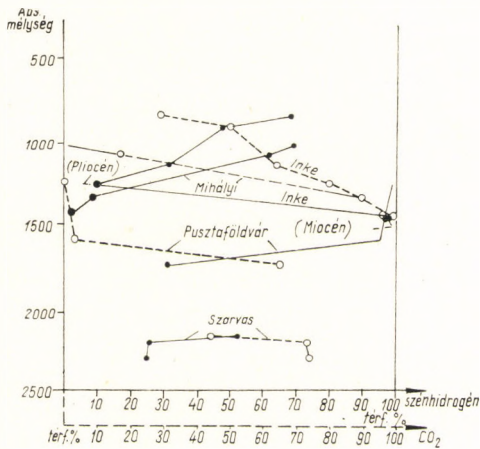


27g. ábra. Az ebesi földgáztartó geokémiai metszete

1. víztartó homokkő, 2. riolittufa

zásának néhány példáját mutatjuk be a következő ábrákon (27a-g. ábrasorozat). A bemutatott geokémiai profilokon látható, hogy a pliocén rétegekben a metántartalom alulról felfelé növekszik. A széndioxid-tartalom alulról felfelé csökken. A széndioxid-dúsulások (gazdagodások) közül sok C2–C5 szénhidrogénnel vagy olajjal található együtt.

Amint azonban a 25. és 28. ábrán láthatjuk, a miocénben az előbb említett szabályosság már nem érvényes, illetve a miocén tetején ugyanúgy szénhidrogéndús a gáz, mint a pliocén tetején. Közben azonban a pliocén alján, még ha az közel is van a miocénhez, nagy széndioxid-gazdagodás látható.



28. ábra. A gáztartó szintek mélysége és a gázminőség közötti összefüggés

Megállapítható, hogy a gáz minősége teljesen független a tárolóközet korától, mind a pliocénben, mind a miocénben, oligocénben és a pretercier aljzatban egyaránt előfordulnak hasonló összetételű gázok.

A felsőpliocénben és a paleozoós — mezozoós aljzatban hiányzik a 70%-ánál magasabb széndioxid. A legszellőzőttebb és legreduktívabb környezetben egyaránt található magas és alacsony széndioxid-, illetve szénhidrogéntartalmú gázok. Ez a körülmény tehát a jelenség genetikai magyarázatát teszi valószínűtlenné. 2000 m alatt és 1000 m fölött egyaránt érvényes a szabályszerű elkülönülés, a minőségváltozás tehát nem abszolút, hanem relatív mélységsökkenés szerint történik (28. ábra).

A gáztelepek regionális földtani helyzetéből sok külföldi szerző (pl. H. U. HARK a németországi zechstein-gázok esetében) a széndioxidnak a magmatizmussal való elsődleges összefüggését állapította meg. A magyarországi adatok összesítése más következtetést eredményez:

A 25. ábra bal oldalára a széndioxid-tartalmat, jobb oldalára a gázkészleteket vittük fel milliárd m³-ben. Az egyes lelőhelyeket a lelőhelynek megfelelő minőség alapján a bal oldali skálának megfelelő hely magasságába írtuk be. A lelőhelyeket azonban a terület földtani jellege szerint három csoportra osztottuk. A pretercier kőzettani jellege alapján az első csoportba az üledékes aljzatú medencék, a másodikba a magmatikus aljzatú területek és a harmadikba a metamorf aljzat felett elhelyezkedő telepek kerültek. Az eddigi uralkodó felfogással szemben azt az érdekes megállapítást lehet ebből az ábrából levonni, hogy a széndioxidkészletek túlnyomó része nem magmatikus működési területeken, hanem a metamorf aljzatú szerkezetekben helyezkedik el. Elenyésző a magmás területek széndioxid-tartalma és bizonyos mennyiségű széndioxid van az üledékes aljzat felett.

A széndioxid és szénhidrogéngáz eredetének vizsgálatára az utóbbi időben többen (SILVERMAN és EPSTEIN 1958, LANG 1959, ZARTMAN etc. 1961. SACKET etc. 1966 és mások) a szén 12—13 izotópjának viszonyszámát használták. A magyarországi gázokat KISS I., MATUS L. és OPAUSZKY I. az akadémiai fizikai kutatóintézetben, M. I. 1305 szovjet gyártmányú tömegspektroszkóppal vizsgálták. A gázok szénizotópvizonyát összehasonlítottuk szénhidrogén, barnakőszén és a kísérő kőzetek C 13/C 12 izotóparányával (lásd 29. sz. ábra). Az eredmények az említett szerzők eredményeihez hasonlóak és éles különbséget mutatnak a széndioxid gáz, valamint a szénhidrogének és a barna kőszén szénizotóparánya között. A széndioxidban ugyanis a nehezebb szénizotóp ugyanolyan arányban van jelen, mint a környező kőzetek karbonátjában.

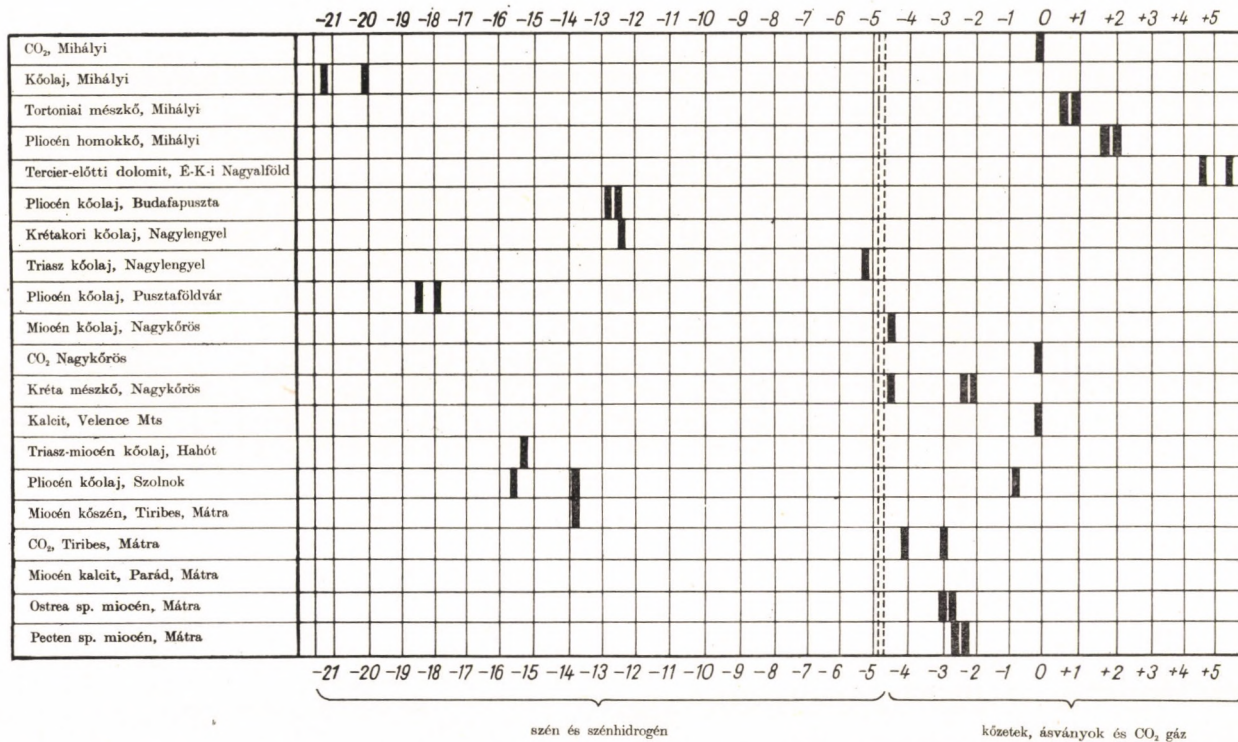
A Mátra hegységbeli tiribesi szénbányában a bányászok életét veszélyeztető hirtelen széndioxid-betörés gáza is nehezebb szénet tartalmaz, mint a barnakőszén, és izotóparánya és a mellékkőzetek karbonátjának izotóparányához hasonló.

Az organikus eredetet az is cáfolja, hogy a nitrogéntartalom és a széndioxid-tartalom között semmilyen összefüggés nincs. Az organikus eredet kérdése a szénhidrogénekkel való együttes előfordulás miatt érdemelt cáfolatot.

A juvenilis, azaz a posztvulkáni eredetet akkor fogadhatnánk el, ha valamilyen összefüggés volna a vulkáni kőzetek elterjedése és a széndioxid-

$$\frac{\frac{C^{13}}{C^{12}} \text{ vizsgált} - \frac{C^{13}}{C^{12}} \text{ standard}}{\frac{C^{13}}{C^{12}} \text{ standard}} = \delta \cdot 10^3$$

$\delta = 0 = \text{CO}_2, \text{ Mihályi}$



29. ábra. Gázok szénizotóp-viszonyának összehasonlítása szénhidrogén, barnakőszén és kiserőkőzet X^{13}/C^{12} arányával

felhalmozódások között. A 27c. ábra azonban mutatja, hogy ilyen összefüggés nincs, sőt ahol — pl. Mezőcsokonyán — a miocén vulkáni működés felett van a gáztelep, a miocén rétegek gáza sokkal kevesebb széndioxidot és több szénhidrogént tartalmaz, mint a későbbi pliocén rétegek.

A többi területen a vulkáni működést hosszú földtörténeti időszak választja el a földgáz-felhalmozódás idejétől, illetve a rátólórtegek keletkezésétől.

A metamorfózis időszaka ugyancsak régebben történt, mint a gázfelhalmozódás, a posztvulkáni működés, a szénsavtermelő fumorola azonban közvetlen követi a vulkáni tevékenységet. A metamorfózis akár kontakt-, akár piro-, akár dinamotermál vagy csak regionális metamorfózis, a kőzetben felszabadult széndioxidot részben a kőzetben magában tartja, és a süllyedéskor a növekvő hőmérséklet következtében a gáz geológiai időszak múltán is távozhat a keletkezés helyéről. Régen ismeretes (CLARKE 1924), hogy egyes metamorf kőzetek melegítéskor tizenötször annyi széndioxidot adnak le, mint pl. a gránit (MILLER 1938). A magyar medencék területén a geotermikus gradiens 12–20 m, ellentétben az átlagos 30–33 m-rel. Ezt a többlet melegmennyiséget újabban a magyar medencék alatti felső kéreg elvékonyodásával magyarázzák (BOLDIZSÁR T. és STEGENA L.).

Az organikus és juvenilis eredet kizárásával eljutottunk tehát a metamorf eredethez. Ezek szerint a széndioxidgáz a terciér, elsősorban a pliocén depresszió idején az átlagosnál jobban felmelegedett metamorf kőzetekből szabadult fel. Magának a gáznak keletkezésében a vulkáni, pirometamorfi hatásoknak, a magma, láva és a karbonátok érintkezésének, a transzvizaporizációnak is lehetett szerepe, ez azonban az eddigi adatokkal nem bizonyítható. A 24. ábra azonban azt mutatja, hogy bizonyos nagytektonikus zónák közelében vannak a különösen nagy széndioxid-felhalmozódások. Hazánkban, bármennyire cáfoljuk a „takarós tektonikát”, inverz vetők létezését a felszínen is látjuk, pl. a Mecsek déli szárnyán, fúrásokból ismerjük a „Darnó” vonal mentén, feltételezhetjük Pusztaszőlősen, és legutóbb mutatták ki SZABÓ E. és SZANTER F. a móri és csákberényi árok területén. Az ilyen rátalódásos szerkezet alsó tagjában mindig ott van a karbonátos összlet. Ami az alpesi tektonikában tehát a felszínen látható, a karbonát kőzetekre való rátalódás, az a magyar medencékben a legtöbb helyen a mélyben van pliocén vagy más terciér takaróval borítva.

Mindez megmagyarázza, hogy Nyugat- és Közép-Európa legnagyobb széndioxid-készletei miért Magyarország területén a terciér üledékösszletben helyezkednek el.

2.7.3 A HÉLIUM

A világ He-fogyasztása 1963-ban $18 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ volt, ennek nagy részét (90%) az USA-ban használták fel.

Amíg a széndioxiddal magyarországi vonatkozásai miatt kellett részletesen foglalkoznunk, a hélium hazánkban gyakorlatilag nem ismert gáz. Feltárása és termelése másutt azonban a szénhidrogéngázokéhoz hasonlóan történik, tehát a kőolajföldtanban nem mellőzhetjük tárgyalását.

Amint tudjuk, a He az elemek periódikus rendszerének második eleme és a nemesgázok közül a legkönnyebb. Atomsúlya 4,002 (3,016 He izotóp

is ismert). A He háromszor olyan gyorsan diffundál, mint a nitrogén, a hidrogénhez képest $2/3$ -ad sebességgel. Vannak anyagok, mint pl. a felhevített üveg, zselatin, celluloid, celofán, melyek a levegőre nézve teljesen áthatolhatatlanok, de He-ra nem.

Vízben való oldékonysága $0,97$ térf. % ($N_2 = 2,35$ $O_2 = 4,89$)

Kritikus hőmérséklete: $-267,9$ C°. Forrpontja: $-268,9$. Az összes gázok közül tehát a legnehezebben cseppfolyósítható. Fajsúlya: $0,125$.

Keletkezése számtalan atombomlási folyamat termékeként gyakori. Az alfa-sugárzás nem más, mint pozitív töltésű He-atomok árama. Egy uránatom ólomná válása közben 8 atom He szabadul fel. 1 atom thorium ólomná alakulása közben pedig 5 atom.

Az atmoszférában 1 cm³ levegőben $5,3 \cdot 10^{-6}$ cm³ He van. A sztratoszférában elméletileg valószínűleg több, de 18 km-re még nem volt a mennyiség-szaporulat kimutatható. Egy 21 km-ből származó mintában is csupán $5,64 \cdot 10^{-6}$ cm³ He volt; tehát csak 7% -kal több, mint a Föld felszínén. A légkörben több a He 3 izotóp, mint a földrétegben, és ezért feltételezte SZÁDECZKY K. E. (1955), hogy kozmikus sugárzás által keletkezik. A legújabb mesterséges égítésekkel végzett szovjetunióbeli és amerikai kísérletek ezt a feltételezést bebizonyították.

Becslések szerint évi $8-30$ millió m³-re tehető a radioaktív anyagok bomlása révén keletkező He mennyisége. Az atmoszféra He-készletét 10^{14} -en m³-re becsülik. Ezt a mennyiséget állandóan szaporítja a keletkező He-tömeg. A rendszer dinamikus egyensúlya azonban még nem tisztázott.

Vannak a földkéregnek egyes pontjai, ahol különösen sok He halmozódott fel, és hagyja el a kérget. Ilyen helyek a vulkáni gázok—gőzök, egyes ásványvizek felfakadási helyei, valamint néhol az olajmezők gázai. Egyes helyeken ritkaságként a széntelepek mellől felszivárgó gázban is előfordul He.

A gázok vegyi összetétele és He-tartalma között eddig még okszerű összefüggést nem találtak. Franciaország, Németország, Olaszország és Japán területén vannak szénhidrogéngáztól mentes He-koncentrációk. Ezek a gázok főleg N_2 -t tartalmaznak, a franciaországiak ezenkívül nagy mennyiségű CO_2 -t. A N_2 -tartalom általában jellemző a He-előfordulásokra, mennyiségi összefüggést azonban még nem sikerült találni a két gáz között. Az összetételek közötti összefüggés hiányára jól rávilágít a következő összeállítás a különböző helyekről származó gázok analiziséről:

A bányagázokban általában $0,2-0,001\%$ He fordul elő, elsősorban metán mellett. Ilyen előfordulásokat találtak eddig Németországban több helyen, pl. Weszfáliában és a Saar vidékén. Franciaországban Pas de Calais, továbbá Belgium és Japán egyes szénbányáiban. A vulkáni gázokban a He-tartalom a legritkább esetben éri el az $0,0n\%$ -ot, és legtöbbször kísérője $80-90\%$ CO_2 , továbbá néhány % szénhidrogén, $1-2\%$ H_2 és N_2 , valamint $2-3\%$ H_2S . Ilyenfajta összetételt mutatnak az olaszországi vulkáni gázok, valamint Izland szigetének és Japánnak vulkáni gázai. A geológust elsősorban az érdekli, hogy a gyakorlatilag fontos földgáztömegek keletkezésére milyen útmutatást kap a He-gáz előfordulásából, továbbá, hogy a He-nak mint földgáznak kiaknázásra érdemes mennyiségei milyen viszonyban állnak a szénhidrogéngázok jelenlétével. Amennyiben ezt a geológiai okokra

Szénhidrogén-területek gázainak He-tartalma

		CH ₄	C ₂ H ₄ stb.	CO ₂	O ₂	N ₂	He
USA Kolorádó Model Dom	280 m	—	—	12,19	0,92	79,71	7,18
USA Kansas Augusta	150 m	10,54	1,64	0,13	—	85,56	2,13
USA Kansas Dexter 3	100 m	14,85	0,41	—	0,20	82,70	1,84
USA Kansas Augusta	440 m	79,10	7,44	—	—	12,44	0,25
USA Texas Cliffside	980 m	59,80	13,70	0,70	0,10	23,90	1,80
Kanada Bow Island	580 m	89,55	1,90	0,10	0,21	7,91	0,33
Németország Westfalen Ascheberg	920 m		94,10	—	—	1,5	0,076
Olaszország Padua Albano	—		10,7	6,6	—	82,7	0,120
Román SZK Kissármás	302 m		99,—	—	—	0,73	0,0014
Magyar NK Budafapuszta	1200 m		99,—	—	—	—	0,00253
Magyar NK Mihályi	1600 m		1,73	95,6	—	—	0,00234
Magyar NK Battonya	1030 m		19,57	—	—	—	1,200
Magyar NK Mihályi (12)	1077 m		62,83	15,68	—	21,49	0,0625
Magyar NK Inke (19)	878 m		39,51	50,00	—	10,49	0,1000
Magyar NK Algyó (2)	1965 m		97,79	0,51	—	1,70	0,00057

Ezekkel a jellemző összetételekkel szemben hasonlítsuk össze néhány *ásványvíz mellett előforduló gáz* összetételét (valamint mélyfúrásból *fakadó vizek melletti gázokét*).

Franciaország Santenay	—	—	—	—	86,54	10,16
Franciaország Vichy	—	—	84,5	—	15,1	0,12
Németország Bad-Gastein	—	—	—	—	97,3	0,169
Magyarország Székesfehérvár (Árpádforrás)	—	—	94,5	—	—	0,0085
Magyarország Székesfehérvár mélyfúrás	820 m	29,7	—	1,0	67,8	1,53

vissza tudjuk vezetni, úgy a He-kutatás, egybeforrván a szénhidrogén-kutatással, a továbbiakban ismertetendő geológiai módszerek tárgyává válik.

A He kiaknázására érdemes mennyiséget Amerikában 1% fölé rögzítik. Ilyen gázokból is természetesen csak akkor gazdaságos a termelés, ha ezekből a gázokból nagy tömeg (napi néhány százezer m³) áll rendelkezésre.

A He eredetének kérdésénél elsősorban arról győződhetünk meg, hogy az egyszerű üledékes kőzetek thorium- és urániumtartalma elegendő ahhoz, hogy akár a leggazdagabb gázok He-tartalmát belőle származtassuk akkor, ha az elbomláshoz és felhalmozódáshoz elegendő idő állt rendelkezésre, és az ilyen módon keletkezett másodlagos tároló megfelelő záróközzel volt borítva.

Egyes helyeken kétségtelen, hogy a He a fekü gránit pegmatitokból származik. Így van ez pl. a texasi és a francia He-előfordulások esetében.

Kansas gazdag előfordulásainál azonban csak az üledékes eredet indokolható. Amint láttuk, a magyarországi He-előfordulások leggazdagabbika: a székesfehérvári fúrás gáza arra utal, hogy gránitból származik a He. Ott van ugyanis az átfúrt harmadkorú üledékekhez legközelebb a gránit.

Bármi az eredeti kőzet, kétségtelen, hogy a viszonylag gazdag He-források másodlagosan felhalmozódott He-tárolókőzetekből származnak. Feltűnő, hogy az iráni és iraki gázok He-tartalma kevesebb, mint $2,7 \cdot 10^{-3} - 2,1 \cdot 10^{-4}$. Ez valamennyi amerikai gáznál kisebb érték. Az iráni és iraki gázok feküje, hatalmas meszes üledéktömeg, több ezer méter mélységek stb., míg az amerikai gázoknál homokdúsabb üledéksorok uralkodnak, mutatva, hogy a kvarc és egyéb gránitból vagy más eruptívumból származó ásványszemek termelik a héliumot. A kémiai üledékeknél ez a körülmény nem áll fenn. Az idősebb üledékek általában gazdagabbak is héliumban, mert hosszabb idő állt rendelkezésre a felhalmozódáshoz. A kőzetek mechanikus felörlődése nagyban segíti a hélium kiszabadulását. A texasi Amarillo terület héliumban gazdag kútjai egy konglomeráttá őrlött, durva arkoza-üledék felett, illetve abban található. A felörlődés mechanikus hatásán kívül a hőmérsékletnek is nagy szerepe van a gáz felszabadulásában. $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet mellett rendkívül meggyorsul a hélium felszabadulása, amíg $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt évezredekre esik vissza az egyébként órák alatt észlelhető kiválási sebesség.

Mindezek mellett azt a tényt sem a radiológus, sem a geológus nem tudja megmagyarázni, hogy gazdaságilag értékes hélium-előfordulások csakis kőolajtelepeken vannak! Ennek magyarázata esetleg az lehet, hogy csak a kőolajtermelés kapcsán fúrnak át olyan vastag, felörlött üledéksorokat, melyek a tárolásra, felhalmozódásra alkalmasnak bizonyulnak. A másutt keletkező hélium a töréseken, repedéseken át az atmoszférába szivárog, és nem fogják fel csövezett kútrendszerekkel. Miután azonban sok ilyen helyen a mélységgel nem nő átlagosan a héliumgazdagság, sőt egyes helyeken éppen a sekélyebb rétegekben több a hélium, egy új magyarázat kerül előtérbe. Tudvalevő, hogy hidrogén jelenlétében a kőzetek könnyebben bocsátják el a héliumtartalmukat. Az a lehetőség merült fel, hogy a szénhidrogének bomlása közben keletkező hidrogén katalizálja esetleg a hélium kiválását. Ennek az elméletnek csupán az a nehézsége, hogy a szénhidrogének termál dekompozíciójához szükséges hőmérséklet, amely mellett a hidrogén keletkezése indokolt, nem képzelhető el az olajmezők azon sekély rétegeiben, ahol a hélium gazdagsága szemtetűnő. Természetesen az újabb biogén hidrogén keletkezés (baktériumok hidrogéntermelő megismerése) ezt a problémát megoldáshoz segíti.

Az olajmezők alatti vizek esetenként rádiumban az átlagnál gazdagabbak. Amíg a forrásvizek átlagos rádiumtartalma 10^{-15} g/cm^3 , az olajtelepek vizei egyes esetekben elérik a 10^{-10} g/cm^3 -t. Ennek magyarázata abban rejlik, hogy az olajmezők alatti vizek általában szulfátszegények. Rádiumot a rádiumszulfát nagy oldhatatlansága miatt csak olyan vizek tartalmazhatnak, melyeknek szulfáttartalma nem nagyobb $0,2\%$ -nál. Így tehát ezek a vizek jobban oldják az eredeti vulkanikus kőzetek Ra-tartalmát, mint egyéb vizek. A rádium kitűnően oldódik az olajban, és ez indokolhatja magas He-tartalmát is.

Meg kell itt említenünk S. C. LIND (1931) elméletét, aki szerint éppen a kórolaj keletkezésénél szerepet játszanak a radioaktív anyagok. Szerinte alfa-sugárzás hatására egyes metán sorozatbeli tagok, magasabb szénhidrogének komplex keverékévé konvertálhatók.

2.7.4 A HIDROGÉN ÉS A JUVENILIS GÁZOK

A hidrogéngáz a természetben gyakoribb, mint azt a múltban megállapították. Legtöbbször az elemzések hibáiként a szénhidrogénnel együtt mutatták ki, mint „elégő” gázalkatrészt. A természetben gyakran keletkezik, de a keletkezéskor vegyülésre hevesen hajlamos elem azonnal új vegyületbe is lép. Széndioxid jelenlétekor pl. szénhidrogén és víz képződése közben használódik fel. A Föld mélyében megfelelő katalizátorok jelenlétében túlhevített vízgőz és szén kölcsönhatásaként keletkezhet. Vasszulfid és kénhidrogén vegyületek $\text{FeS} + \text{H}_2\text{S} = \text{FeS}_2 + \text{H}_2$ folyamat játszódik le. Ezzel magyarázzák azt, hogy az üledékekben, melyekben a szerves anyagok bomlásakor felszabaduló kénhidrogén vasszulfidok képződésére vezet — az sohasem pyphrotin, hanem pirit vagy markazit alakban van. Szerves keletkezésében nagy szerepet játszanak egyes baktériumok. Több tucat olyan *Bacterium* sp. *Sarcina* sp. *Micrococcus* sp. stb. hasonló gombafajtát mutattak ki felszín alatti vizekből, amelyek életműködésük közben hidrogént termelnek. Ennek ellenére a szénhidrogéngázok kíséretében ritkán található nagyobb mennyiségben. Egyes erdélyi földgázokban 0,4%-ot mutattak ki. Gyakoribb azonban az utóvulkáni működések területén, így pl. a Hawai-szigetek egyes vulkáni eredetű gázaiban eléri a 8%-ot, a Vezúv gázában csupán 0,015%. Új-Zéland egyes gázaiban és az urali értelemek környékén 4–2% H_2 tartalmú gázokat is leírtak. Radioaktív folyamatok eredményeként keletkezve az idősebb kőzetekben több, a fiatalabbakban kevesebb, de gyakori erősen diszperz állapotú kísérő elem a hidrogén. Kozmikus gyakorisága aránytalanul nagyobb a földinél. A nap atmoszférája pl. 80% hidrogénből áll. SZÁDECZKY K. E. (1955) szerint a világrendszer kationjainak mennyiségét a hidrogénatomok, ill. protonok száma feltételezhetően legalább ezerszer meghaladja.

Legújabbán M. G. GUREVICS (1967) foglalkozott a hidrogén esetleges szerepével a szénhidrogén képződésben. Szerinte a „nyomokban” keletkezett hidrogén gyakori jelenség a földkéregben. (Pl. alfa-sugarak vízre való hatásakor víz és vasoxidok egymásra hatásából.) V. A. SZOKOLOV (1965) szerint az így keletkezett gázmennyiség elegendő ahhoz, hogy megfelelő körülmények között a szénhidrogének keletkezésében a „hidrogenezis” folyamata megtörténhessék. M. G. GUREVICS (1967) több kőszéntelep (Kuznyeck-i-medence) gázában 20%-ot is elérő mennyiségben talált hidrogént. A Kaukázus északi előterében a széndioxidgázos források vidékén ugyancsak gyakori gázalkatrész a hidrogén. A Tünnüauszk-i 104 sz. kút 763 m-ből 1956-ban két napig 87,4% H_2 tartalmú (7,1% CO_2 , 0,8% szénhidrogén 4,7% N_2 + „ritka” gáz) napi 5 m³ mennyiségű gázt szolgáltatott. Két nap után 49,7%-ra, egy hét után pedig 7,4%-ra esett a H_2 -tartalom.

Néhány szovjetunióbeli gáz összetétele és hidrogéntartalma:

Előfordulás helye	Co ₂ stb.	Térfogat %		
		szénhidrogén	N ₂ és más ismert gáz	H ₂
Alexandrovszk	—	91,55	4,75	3,7
Prolovszk	25,1	77,2	22,0	0,8
Türnüaüz 104 sz. kút	7,1	0,8	4,7	87,4
Szanepiro	7,3	0,0	90,0	2,7

A különböző kőzetek is tartalmaznak abszorbeált szabad hidrogént. I. A. PETERSZIL (1962) vizsgálatai szerint a lovorerszki pluton sugitporfirja 54,1%, tufái 81,1% H₂ + N₂-t tartalmaz szénhidrogén és széndioxid mellett. A Szaharioszk-masszívum szienitje és pegmatitja átlag 10,5%, az oligoklász gránit és metagabbro 31,0% H₂-t tartalmaz. Az ilyen jellegű gázok már átvezetnek a „juvenilis”, azaz eredetében kétségtelenül magmatikus gázok fajtáihoz. Sok esetben a vulkáni gázok tartalmaznak szénhidrogént is, ilyen esetekben, vitatható annak eredete. A Vezúv működését kísérő gázok 15–20%-ot az alaszakai Katmai terület fumarolája 8,5% szénhidrogént is tartalmaz. Lehetséges, hogy a szénhidrogén a beolvasztott vagy metamorfizált üledékekből kerül a szilikátolvadékba, de az is lehetséges, hogy a Föld eredeti anyagaként jelenik meg. A világegyetemben más égitestekről ismeretesek a szénhidrogének (spektroszkópos vizsgálatok — meteoritok tanúsága szerint), nem lehetetlen tehát, hogy juvenilis szénhidrogének is léteznek.

Általában a juvenilis, a litoszférából az atmoszférába vagy a hidroszférába első ízben átlépő elemeket gáz alakban a vulkáni működést kísérő vagy követő fumarola, szolfatára (kénes jellegű) vagy gejzír működéskor figyelhetjük meg. Az ilyenkor uralkodó vízgőz mellett a már említett szénhidrogéneken és hidrogéneken kívül jellemzőek a széndioxid, kénhidrogén, oxigén, nitrogén, hélium, argon és a savas jellegű gázok: HCl, HF, továbbá SO₂, SiF₄. Az alaszakai katmai terület fumarolája pl. 98,8–99,99% vízgőz mellett az alábbi összetételt mutatja:

CO ₂	24,3	52,8
O ₂	3,4	2,3
CO	0,2	0,5
CH ₄	0,1	8,5
H ₂ + H ₂ S	25,3	20,5
N ₂ + nemes gáz	4,67	14,4

A kőzetekből, ásványokból, azok gázzárványainak felszabadításából ugyancsak észlelni lehet a „földkéreg gáz halmazállapotú alkotóit,” ha nagy diszperzitásban is, de összességében hatalmas mennyiségben.

Egy connecticuti füstkvarcban talált szárazgáz P. V. CLARKE közlése szerint 98% CO₂-t, 1,67% N₂-t tartalmazott. Ezenkívül kisebb mennyiségben H₂S-t, SO₂-t, H₃N-t és HF-et tartalmazott a füstkvarc gázzárványa.

Egy kanadai kalcitban H_2S -t, a wielickai sókristályokban viszont 84,6% CH_4 -t 10,35% $N_2 + O_2$ -t és CO_2 -t találtak. A zirkonban hélium és argon fordul elő, de más ásványokban is gyakoriak a gáz- és nemesgáz-zárványok.

A gránit, gabbro, gneisz elbontás nélküli hevítéskor CO_2 , CO , CH_4 , H_2 és N_2 gáz kisebb mennyisége észlelhető.

A nyugat-ausztráliai Kalgoorlie aranybányában a metamorf kísérő kőzetből sok helyen gáz fakad, melynek eredetét az üledékek metamorfózisára vezetik vissza. E gáz összetétele CO_2 : 0,28, O_2 : 5,36, CH_4 : 56,50, N_2 stb.: 37,86%. Ehhez hasonló jelenségeket a Föld több pontjáról ismerünk.

2.7.5 NITROGÉN ÉS ARGON

Mindkét gáz a földgázok gyakori alkotórésze, gyakori, úgyszólván kis mennyiségben elmaradhatatlan kísérői a szénhidrogéngázoknak. Eredetükre vonatkozóan a legegyszerűbb magyarázat a levegőből való származtatás. A levegőben ismert arányukat ($N_2 : Ar = 83,6$) azonban igen ritkán közelíti meg. R. SUGISAKI (1964) vizsgálta e kérdést igen részletesen a japán földgázok sok ezer összehasonlító elemzése alapján. Megállapítja, hogy ha a vízben való oldódási aránytól vagy a levegőben egyensúlyban levő aránytól eltérő a földgáz összetétele, akkor más (organogén vagy radioaktív hatásra) forrásra kell visszavezetni a gáz keletkezését. Az esetek nagy részében — s ez így van a Föld egyéb lelőhelyein, így Magyarországon is — a nitrogén nagyobb bőségben van jelen, mint az egyensúly keverékekben. A nitrogén nagy tömegében szükségszerűen szerves eredetű kell legyen, mert ellenkező esetben az élő anyag által hatalmas tömegben elfogyasztott N_2 egy része a Föld mélyébe kerülve éreztetné hatását az atmoszférában. A N_2 -tartalom egyes földgázokban eléri a 89%-ot is. (pl. Csehszlovák SZK, Trnava). A magyarországi gázok nagyobb nitrogéntartalmú példáit az alábbi táblázat mutatja:

(GRÁF L. és TÓTH J. alapján)

Kút helye	Mélység m	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	CO_2	N_2
Hahótederics 41	1466—1478	78,62	2,85	1,57	0,92	0,46	1,53	14,05
	1482—1485							
Kilimán	322—324	59,06	1,42	0,58	0,15	—	0,11	38,70
Tarany 1	2819—2821	56,21	10,39	1,99	3,86	1,30	8,99	14,26
Ikervár 1	1559—1564	52,72	0,84	0,26	0,15	—	3,15	42,88
Nagykörű 2	1946—1948	39,56	1,18	0,54	0,28	0,10	13,10	44,44
Soltvadkert 2	962—963,5	77,83	1,46	0,68	0,29	—	1,25	18,49
Battonya	1029—1031	42,30	2,99	0,74	0,41	—	42,51	11,05

A nitrogén- és argontartalmat TÓTH J. alapján az alant közölt táblázat mutatja. Az adatok mellett keletkezés szempontjából értékeltük a gázok arányát. Az eredmények szerint a radioaktív keletkezésű argon ott valószínűsíthető, ahol az üledékes összlet aljzata gránit, vagy ahhoz közel

települ (Battonya és Pusztaföldvár déli része). Az Ar⁴⁰ tudvalevőleg a K-ból képződik. Ezért a radioaktív eredet pontos meghatározására tömegspektrográffal történő vizsgálat szükséges. A levegővel egyező arány ugyanis lehet véletlen eredménye is, mint az Texasban előfordul G. J. WASSERBURG és munkatársai vizsgálatai szerint.

Magyarországi földgázok Ar- és N₂-tartalma TÓTH JÓZSEF szerint

N₂-, ill. Ar-többlet $\frac{N_2}{Ar}$ a levegőben 83,6 alapján

Szint	Szerkezet	Kút	Talp m.	Argon	Nitrogén	Argon- nárán- nyos N ₂ (atm.)	Organo- gén N ₂ vol %	Radio- aktív Ar vol % (N ₂ -ben)
				Vol %				
Alsó pannon	Lovászi	348	1147	0,0156	3,22	1,3	1,9	0,7
	Pf. Békés szint	34	1778	0,0126	2,56	1,1	1,5	
	Pf. Békés szint	80	1778	0,0255	1,34	2,1		
	Pf. Békés szint	24	1777	0,00280	0,83	0,23	0,6	
	Pf. Békés szint	57	1785,5	0,00196	0,63	0,2	0,4	
	Pf. Békés szint	13	1788	0,0480	1,81	4,0		
	A. Földvár	11	1718	0,0300	3,80	2,5	1,3	2,2
	A. Földvár	29	1716	0,0168	3,90	1,4	2,4	
	F. Földvár	86	1637	0,0210	8,06	1,8	6,3	
	Battonya	10	1029	0,0175	5,11	1,5	3,6	6,0 0,2
	Battonya	42	1033	0,0140	4,37	1,3	3,0	
	Battonya	25	1033	0,094	1,90	7,9		
	Battonya	63	1034	0,0579	4,56	4,8		
	P. szállós K.	1	1778,5	0,0158	2,76	1,3	1,5	
F. pamm.	Mihályi	12	1077	0,0440	5,66	3,7	2,0	
	Mihályi	12	1069,5	0,1112	24,45	9,3	15,2	
	Görgeteg-B.F.	5	1318	0,0875	12,0	8,2	3,8	
Mioc.	Heresznye	6	1406	0,0490	16,50	4,1	12,4	
	Vízvár	20	1937,5	0,0138	11,2	1,2	10,0	
Olig.	Mezőkeresztes	48	1326	0,0255	11,43	2,1	9,3	

A radioaktív argon ilyen módon való feltételezése nem szabatos. Pontosabban a He-tartalom figyelembevételével lehet megközelíteni a kérdést. R. E. ZARTMAN, G. J. WASSERBURG és J. H. REYNOLDS (1961) vizsgálatai szerint ugyanis annak ellenére, hogy a He radioaktív úton az Ar-tól teljesen függetlenül keletkezik — a migrálás során a nagyjából átlagos kőzetösszetétel kiegyenlíti a különbségeket, és a gyakorlati He⁴ : Ar⁴⁰ arány 7-nek vehető. Ezért a gázkromatográfiával könnyebben meghatározható He-mennyiséggel arányos argont lehet szabatosabban radioaktív eredetűnek tartani. GRÁF L. és TÓTH J. (1966) magyarországi gázok esetében azt találták, hogy a széndioxid-os gázokkal együtt előforduló Ar inkább radioaktív eredetű, a nitrogén pedig a levegőből származik.

IRODALOM A 2. FEJEZETHEZ

- BOLDIZSÁR T.: 1958: New terrestrial heat flow values from Hungary. *Geofisica Pura e Applicata* 39.
- ENGELHARDT, W.: *Der Porenraum der Sedimente*, Springer Verlag Berlin, 1960.
- FARMER R. E.: Genesis of subsurface carbon dioxide. Fluids in subsurface environments. Publ. by The Am. Ass. of Petr. Geol. USA. Oklahoma 1965.
- GEDENK, R.: Zur geochemischen Beurteilung und Genese von Kohlenwasserstoffansammlungen. *Erdöl und Kohle*, 19. 1966. 10. p. 270.
- GEDENK R.—HEDERMANN H. A.—RÜHL, W.: *Oberkarbongase, ihr Chemismus und ihre Beziehungen zur Steinkohle*. Paris, 1964. Cinquième Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère.
- GRÁF L.: *Olajbányászati kémia*. Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Váll. Budapest, 1951.
- GRÁF L.—TÓTH J.: Hazai földgázok nem-szénhidrogén komponenseinek vizsgálata . . . stb. OKGT. A kőolaj- és földgázbányászat tudományos-műszaki közleményei. Budapest, 1966. p. 11.
- GUREVICS, M. G.: Vodorod v prirodnih gazah i jeho vozmoznaja rolj v obrazovanii nyeftjanih uglevodorodov. *Genezisz nyefiti i gaza*. Moszkva, 1967. p. 166.
- HARK, H. U.: Über Zusammensetzung und Herkunft der Zechstein Gase in Nordwestdeutschland. *Erdöl und Kohle*. 1961. Heft. 3. p. 174.
- HLAUSCHEK, H.: Napthene und Methanolle, ihre geologische Verbreitung und Entstehung. *Schriften aus den Gebiet der Brennstoff-Geologie II*. Heft. Freiberg 1937.
- JEREMENKO, N. A.: *Geologija nyefiti i gaza*. Moszkva, 1961.
- KERTAI GY.: A magyarországi kőolaj- és földgáztelepek keletkezése. *A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományos Osztálya Közleményei*. V. 1952. 3. p. 85.
- KERTAI GY.: A kőolajtermelés földtani tényezői. *Magyar Technika*, 1947. p. 1.
- KERTAI GY.: *Kőolajföldtani alapismeretek*. Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Váll. Bpest, 1951.
- KERTAI GY.: A magyarországi földgázkinés és széndioxid-tartalmának keletkezése. *Az MTA Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának közleményei*. I. 3—4 sz. pp.: 199—218. Budapest, 1966.
- KERTAI GY.: A magyarországi földgáztelepek kialakulásáról és továbbkutatásuk alapelvéről. *Földtani Közöny*, 1962. p. 274.
- KERTAI, GY.: Oil and natural gas in Hungary. *Symposium Sobre Yacimientos de Petroleo Y. gas*. Tomo. V. Mexico, 1956. p. 275—315.
- LALICKER, C. G.: *Principles of petroleum Geology*. New York 1949.
- LANG, W. B.: The origin of some natural Carbon Dioxide gases. *J. Geophys. Research*. 64. 1959. p. 127.
- LEVORSEN A. I.: *Geology of petroleum*. San Francisco. 1954.
- MEINHOLD, R.: *Erdölgeologie*. Akademie Verlag. Berlin 1962.
- MILLER, J. C., Carbon dioxide accumulations in geologic structures. *Am. Inst. Mining Metall. Eng.* 1938. p. 439.
- RAMBERG, H. *The origin of metamorphic and metasomatic Rocks*. University of Chicago Press, 1952.
- SILVERMAN, S. R.—EPSTEIN, S.: Carbon isotopic composition of petroleum and other sedimentary organic materials, *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.* 42. 1958. p. 998.
- STEGENA, L.: A magyarországi földi hőáram kérdéséhez. *MTA Műsz. Tud. Osztályának Közleményei*. 32. 1—4. 1963.
- SZÁDECZKY K. E.: *Geokémia*, Budapest, 1955.
- SZÁVA N. és munkatársai: *Magyar kőolajtermékek kézikönyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1962.
- ZARTMAN, R. E.—WASSERBURG, G. J.—REYNOLDS, J. H.: Helium, Argon and Carbon in some natural gases. *J. Geophys. Res.* 66. 1961. p. 277.
- WITHERSPOON, P. A.: The colloidal nature of oil. Publication in the Proceedings of the international scientific oil conference. Budapest, 1962.
- The Science of Petroleum*. Oxford University Press. London, 1938. Vol. I. and vol. II.

3. A KŐOLAJ KELETKEZÉSE

A kutatás szempontjából fontos, érdekes, gazdag tudományos vizsgálati anyaggal és gyakorlati megállapítással alátámasztott kérdés a gazdaságilag értékes szénhidrogéntömegek létrejötte. E fejezetben nem a telepek létrejöttével, hanem a telepekben felhalmozódott anyag keletkezésével foglalkozunk. A rendkívül gazdag, sok vonatkozásban spekulatív „elméleti” lehetőségekkel foglalkozó irodalmi anyag ellenére a fő kérdés: szerves vagy szervesetlen úton — azaz az élő anyag közvetítésével vagy anélkül — jöttek-e létre a kőolaj- és földgáztömegek, még ma is egyes kutatók részéről eldöntetlennek tartott, vitatott tény. A nyugati, észak-amerikai, nyugat-európai irodalomban már nemigen vitatott kérdést a Szovjetunió Tudományos Akadémiája még 1958 októberében és 1968 januárjában is két nagyarányú, több napig tartó konferencia napirendjére tűzte, és a viták anyagát két kiadványban közrebocsátotta (1959, 1967). Az utóbbi kötetben 141 kutató 85 értekezését közlik a kérdéstről.

Az amerikai irodalomban 1964-ben foglalta össze utoljára H. D. HEDBERG a kőolaj keletkezésére vonatkozó földtani ismereteket. Dolgozatában 210 irodalmi adatot idéz. Bevezető szavaiban megjegyzi, hogy annak ellenére, hogy „a kőolaj igen elterjedt”, nagy gazdasági jelentősége van, és eredetére vonatkozólag „óriás” irodalomtömeg áll rendelkezésre, mégis több bizonytalanság van körülötte, mint bármely más a természetben található egyéb anyag tekintetében. Tovább is HEDBERG szavait idézzük, alátámasztva a magyar kutatók és a Szovjetunióban rendezett olajkeletkezési konferenciák túlnyomó többségének álláspontját: „függetlenül a régi vitától, hogy szerves vagy szervesetlen keletkezésű a kőolaj, abban az összes gyakorlati kőolaj-geológus megegyezik, hogy a gazdaságilag értékes felhalmozódások növényi és állati eredetű anyagokból keletkeztek.”

Az 1967. évi hetedik Kőolajipari Világkongresszuson (Mexico City) ugyancsak H. D. HEDBERG foglalta össze a kőolaj-keletkezésre vonatkozó korszerű ismereteket. Az izotóp elemviszonyok, a kőzettani ismeretek, a keletkezés lehetséges geomorfológiai körülményeinek rendszerezése, a geológiai kor- és geokémiai adatok összehasonlítása, az üledékek szervesanyag-tartalmának elemzése, a kőszénképződéshez való viszony tisztázása, a magmatikus eredetű történésekkel kapcsolatos olajelőfordulások vizsgálata (stb.) után az 1967 évi Kőolaj Világkongresszus „keretvitéja” („panel discussion”) is a fent említett álláspontot erősítette meg. Újszerű e vita eredményében talán csak annyi, hogy az „anyakőzet” (a kőolajjal egyidőben, egy környezetben keletkezett kőzet) fogalma helyett a „keletkezés rétegösszlete” fogalom bevezetését ajánlják — hangsúlyozva ezzel, hogy a vándorlás és felhalmo-

zódás folyamatai során alakul ki végleg a kőolaj — s az első kőzet „otthonában” csak kiinduló anyagai gyűlnek össze.

Az eredet eldöntését két körülmény nehezíti meg.

1. A „mobilitás”, mozgékonyság „migrációra”, helyzetváltoztatásra való „képesség” „hajlama”, az a tény, hogy a jelenlegi lelőhelyétől egészen távol és egészen eltérő jellegű lehet a keletkezés környezete.

2. Hajlamossága, „érzékenysége” a fizikai és vegyi körülmény változása következtében történő minőségi változásra. Így a hőmérséklet, nyomás, szűrődés, katalitikus és mikrobiológiai hatások, adszorbcio, kioldás stb. mind olyan tényezők, melyekre összetétele változásával reagál, és így a jelenlegi vegyi jellege nem az eredeti összetétellel azonos.

A később ismertető okok miatt azonban még mindig vannak — HEDBERG szerint — „partizánjai”, hívei a szervesetlen elméleteknek. Ezért a részleges tárgyalások előtt előrebocsájtjuk röviden azokat a fő érveket, melyek a szerves keletkezést támasztják alá:

1. A kőolaj vegyi hasonlósága az élőlények szervezete által termelt vegyületekhez, zsírokhoz, olajokhoz.
2. A szerves növényi és állati maradványok nagy bősége a kőolajban.
3. Az optikai aktivitás.
4. A magma hőmérsékletén elbomló porfirin-, klorofill- és heminszármazékok jelenléte az olajban.
5. A C13/C12 izotóp aránya az élőanyagokéhoz hasonló.
6. Jelenkori üledékekben és a talajban gyakori kőolajszerű szénhidrogének jelenléte.

1797-ben CH. KLUK varsói lelkipásztor még azt írja, hogy a Paradicsomban oly bőséges és gazdag volt a föld, hogy zsírból is nagy tömegek voltak a felszínén — a bűnbeeséskor azonban ez a zsír vagy elpárolgott vagy elsüllyedt a föld mélyére, ahol a kőzetekkel vegyülve „kőolajjá” változott. (R. MEINHOLD 1962.)

A XIX. században azonban már a természettudományok fejlődésének köszönhetően a keletkezés magyarázatára is tudományos elméletek születtek.

3.1 SZERVETLEN KŐOLAJ-KELETKEZÉSI ELMÉLETEK

A természetet először tudományosan leíró XIX. század kutatóit a megfigyelések hű véghezvitelén túl a laboratóriumi kísérletekhez való ragaszkodás is jellemezte. Érthető, hogy a vegyi folyamatok felismerésével egy időben a természetben talált anyagok keletkezésében is a vegyi folyamatok lehető legegyszerűbb feltételezésével próbálkoztak, összefüggésében még nem ismerték a természet, a földkéreg fejlődését. Mind minőségileg, mind mennyiségileg sok ismeretlen tényezővel dolgoztak. Ekkor születtek az első tudományos elméletek, melyek a kőolaj-keletkezés folyamatában az élő anyagnak semmi szerepet nem tulajdonítottak.

A későbbiekben még visszatérünk az ún. anorganikus, szervesetlen kőolaj-keletkezési elméletek összehasonlító értékelésére, előzőleg azonban

történeti sorrendben megemlítjük annak kiemelkedő alapelméleteit, híveit, kutatóit.

Az alkálifém-elmélet: M. BARTHELOT francia vegyész 1866-ban, megjelent művében feltételezte, hogy a Föld mélyén elemi alkálifémek léteznek, és ezek CO_2 -vel alkálifém karbidokká vegyülnek. Az alkálifém karbid vízzel acetilén alakul (C_2H_2). Az acetilén 900°C -on benzollá (C_6H_6) polimerizálódik, és a benzol hevítve bizonyos körülmények között hidrogént veszít. Ez a kiindulása a többi szénhidrogén keletkezésének. Valamennyi felsorolt folyamat valóban elvégezhető a laboratóriumban, de BARTHELOT kiindulási pontja — az elemi alkálifémek létezése a Föld mélyén — bizonytalan elmélet maradt.

A karbid-elmélet: D. MENDELEJEV (1877) vaskarbid létezését tételezi fel a Föld mélyén, és annak a „körző” vízzel való érintkezése útján létrejött szénhidrogénekből származtatja az olajat. H. HAHN (1864), S. CLOEZ (1874) és F. W. WILLIAMS (1873) laboratóriumi kísérleteire építi fel elméletét, akik kimutatták, hogy a vaskarbid vízzel és savakkal érintkezésbe hozva szénhidrogének képződését teszi lehetővé. Ha a Föld mélyebb öveiben elképzelhető is (a meteorvasak tanúsága szerint, melyekben gyakori a cohenit; Fe_3C) a vaskarbid a víz jelenléte, s főleg folyadékok mozgása ugyanezen fizikai viszonyok között azonban semmiképpen sem. P. SABATIER és J. B. SENDEREUS 1902-ben folyékony szénhidrogén-keveréket állított elő acetilén és hidrogén egymásra hatásával, nikkal katalizátor segítségével. Véleményük szerint a természetes szénhidrogén keletkezésében is hasonló folyamatok játszanak szerepet.

A magmatikus elméletek: Á. HUMBOLDT 1800-ban közép- és dél-amerikai útján megfigyelte, hogy egyes olajforrások és a vulkáni tevékenység között valamiféle kapcsolat van, és feltételezte, hogy a forró láva szabadítja fel a mélyben rejtőző kőolajat. O. SILVESTRI (1877) az Etna bazaltos lávájában olaj- és parafinnyomokat mutatott ki. A. BRUN (1909) hasonló megfigyelésekről számol be Jáva szigeti vulkánok területéről. E. COSTE (1909) a mexikói Tampico terület olajtelepeinek esetében mutatott rá a vulkáni kőzet jelenlétére, és ezért válik a szervetlen eredet elméletének hívévé. G. STEIGER (1924) a grönlandi Ovifak elemi vas anyagát ammóniumkloriddal érintkezésbe hozva telített és telítetlen szénhidrogének keletkezését észlelte. Ez azért érdekes, mert az ammóniumklorid igen gyakori vulkáni emanáció.

Kozmikus elméletek: Míg az eddigi szervetlen elméletek a Föld mélyében legtöbbször még ismeretlen anyagokat tekintették a kőolaj kiinduló pontjának, mások abból a tényből indultak ki, hogy a csillagászok a világegyetemben, egyes égitestek „lég”-körében pl. a Jupiteren, Uránuszon, a Szaturnusz Titán nevű holdján, a Vénuszon és a Neptunon, valamint az egyes meteoritekben is kimutattak szénhidrogéneket. D. V. SZOKOLOV (1889) orosz kutató volt az első, aki a múlt század végén már a világegyetemből származó, a Föld keletkezésekor „magával hozott” anyagnak tartja a szénhidrogéneket. Ez az elmélet hosszú ideig nem talált követőkre — de a legújabb időkben feléledő anorganikus eredetre vonatkozó elgondolásokban felelevenedik. Így a Szovjetunióban P. N. KROPATKIN (1955), Amerikában pedig a chilei egyetem tanára, a magyar származású MÜLLER GYÖRGY

vallja 25 meteorit vizsgálata alapján a szénhidrogének kozmikus eredetét. A. T. WILSON (1962) feltételezi, hogy a Föld felszínén is található „petróleum-kocsz”.

A felsorolt szervesetlen eredetre vonatkozó elméletek részben már csak tudománytörténeti jelentőségűek, ritka jelenségekre épülnek, és a nagy tömegű előfordulások, s egyéb már említett, s a későbbiekben részletesen tárgyalt tényekkel megcáfoltak. Ennek ellenére még a legutóbbi időben is vannak — ha kevesen is — jelentős kutatók, akik a szervesetlen eredetet kívánják bizonyítani.

A közvetítő — „duplex” — eredet (R. ROBINSON 1963) elnevezést ezért kell megemlítenünk. Szerinte az idősebb olajok anorganikus, a fiatalabbak organikus úton jöttek volna létre.

Nagyobb jelentőségű azonban N. A. KUDRJAVCEV (1951) leningrádi, és V. B. PORFIRJEV kijevi akadémikus állhatatos harca a szervesetlen eredet bizonyításáért. Ez indokolta a Szovjetunióban sokszáz résztvevővel e kérdésről rendezett, legmagasabb szintű tudományos vitát még 1968 januárjában is!

Az új „szervesetlen” elmélet szovjetunióbeli indoklása tulajdonképpen ugyanúgy a múlt századbéli magmatikus elméletek felelevenítése, mint ahogy G. MÜLLER kozmikus elméletének alapelve elhangzott már a XIX. század végén. Ennek ellenére, a felsorolt új geológiai adatok nagy száma szükségessé teszi, hogy fő érveikkel foglalkozzunk:

1. Az Ural—Volga-terület kristályos — metamorf aljzatában 40 feltárt hely közül 32-ben olajnyomok voltak észlelhetők.
2. Szibériában, a Bajkál tó körüli övezet metamorf-prekambriumából származó kőzetekben több helyen jelentős olaj-előfordulás ismeretes.
3. Hasonlóan, „nem élő anyaggal szingenetikus” kőzetekből a Föld több helyéről ismertek szénhidrogénnyomok, így a skandináv pajzsról, Norvégia ezüst-, Svédország vasbányáiból. Marokkóban ténylegesen is termelnek olajat a metamorf aljzataból.
- Az afrikai és az ázsiai jakut kimberlittölcsérekben a gyémántkitermelést jelentős és néha veszélyes metánkitörések kísérik. Olajnyomok találhatóak a szibériai táblán, Angara körzetében diabáz kőzetben, a Kola félsziget apatit pegmatitja kísérő körzetében, spanyolországi és kaliforniai higanybányákban stb.
4. A vulkáni kitöréseket lángra lobbanó (Etna, Vezúv, Kulis) metánkitörések kísérik.
5. A Föld kőolaj-lelőhelyeinek zöme nagy törésvonalak mentén helyezkedik el. (Kiemelt példaként említik a bécsi medencét.)

KUDRJAVCEV és PORFIRJEV valamennyi érvét azzal a negatív indokolással támasztja alá, hogy az ismert kőolajtelepek és anyakőzetük között szoros és bizonyított földtani és geokémiai összefüggést sehol nem mutattak ki. (Bizonyos különbség volt az anyakőzet olaja — „mikro” olaja, ahogy N. B. VASSZOJEVICS nevezi — és az olajtelep olaja között.) Erre az ellenérvre kitérő megoldást nyújtott az 1967. évi VII. Kőolaj Világkongresszus olajkeletkezési vitaülésének már említett álláspontja. Ugyanígy könnyen cáfolható azonban a többi „érv” is. Igazak a metamorfokban és magmatikus

kőzetekben talált olajnyomok, de azoknál több mint 10 nagyságrenddel nagyobb az üledékekben kimutatható olajnyomok mennyisége. Vannak gazdasági értékű olaj-előfordulások magmatikus és metamorf kőzetekben is — de ezek összesen sem érik el a Föld feltárt olajkincsének 0,1%-át.

A. A. TROFIMUK úgyszólván valamennyi magmás kőolajtelep esetében bebizonyította az üledékekkel való migrálás lehetőségét. KUDRJAVCEVnek arra az érvelésére, hogy a porfirinek — az élet e jellemző vegyületei — és más szerves anyagok az üledékekből való kioldás útján kerültek az egyébként magmás olajba, frappáns választ adott az uhtai és Bajkál tó környéki metamorf kőzetből származó olaj analízise, mely olaj KUDRJAVCEV szerint igazi elsődleges helyen levő anyag, mégis ugyancsak tartalmaz porfirint és optikailag aktív. A kozmikus — anorganikus — eredet létezése mellett figyelembe kell venni a következőket:

Kétségtelen, hogy a nagy bolygók szénhidrogén-tartalma összefügg a bolygókon uralkodó nagyobb gravitációs értékkel, mely a kis bolygókon nem tudja legyőzni a könnyű szénhidrogének szétszóródását. Kétségtelen az is, hogy a kezdeti életet megelőző szénhidrogének az életfolyamatok útján válnak újra magasabb szerkezetű szénhidrogének kiinduló anyagaivá. A dialektikus fejlődés spirálvonalának klasszikus példája ez.

TROFIMUK hangoztatja, hogy a ciklizált szénhidrogének már csak az élet, az első fehérje után jelentkeznek. A protoplanetáris felhő, amely alatt a Vénuszon állítólag olajtenger hullámzik, bolygónként más és más összetételű, a Merkúr forró felszínéről szükségszerűen eltávozott. Más bolygóról, mint a Földről is, fizikai vagy biológiai hatásra pusztult el a felszínen levő szénhidrogén. Az évmilliók alatt az üledékes kőzetek pusztulásából szükségszerűen felszínre kerülő olaj így pusztult el a Földön is, s ezért nem borítja ma olajréteg tengereinket. PORFIRJEV fő érve, mely a Bécsi-medence szerkezetében látja a töréseken a mélyből származó olajfelhalmozódás tipikus példáját, továbbá az az állítása, hogy a kőolajtelepek mindenütt csak a harmadkorban keletkeztek, az újabb mezozoós olaj-előfordulások, sőt éppen a Magyarországon (Nagylengyel) valószínű mezozoós anyakőzet lehetőségével dől meg.*

A magyarországi magmatikus kőzetek olaj-előfordulásainak vizsgálatából kiindulva megállapíthatjuk, hogy bár hazánk területén a felszínen olajnyomokat először a Recsk és Nagybátony környéki andezitből és fúrásokból a Tard—Bogács környéki andezittufából ismertünk, mégsem a magmatikus eredet feltételezése irányította eredményes kutatási elveinket. A tufában levő olajnyom nyilván nem a vulkáni hamuval együtt hullott „olajeső”, hanem ugyanúgy oda vándorolt, mint a szépen összehajló oligocén rétegösszlet magjában levő, azt megemelő andezit kvarcos üregeibe is.

A magmatikus kőzetek szénhidrogén-tartalmára ad magyarázatot SZÁDECZKY K. E. transzsvaporizációs elmélete is.

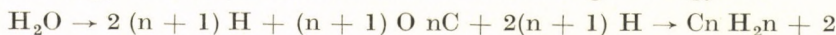
Végül a nagy törésvonalak mellett levő olaj-előfordulásokra vonatkozóan meg kell állapítanunk, hogy az nem a kőolaj anyagának (mélyből való felszállítás) eredetét indokolja, hiszen hatalmas olajtelepek vannak táblás

* Mezozoós-, sőt idősebb „anyakőzetek” a Föld más geoszinklinális öveiből is ismeretesek. (Szerk.)

területeken, pajzsokon is (Ural—Volga, Arab pajzs peremvidéke, Pennsylvania stb.). A nagyszerkezeti mozgékony-ság feltétele annak, hogy a diszperz szerves anyag mozgása — migrációja létrejöhön. A szerkezeti mozgások útján keletkezett ferde rétegek, a tektonizmus következtében létrejövö nyomáskülönb-ségek a felhalmozódás feltételei közé tartozhatnak. A nagyszerkezeti vonalak nagy üledékes medencékben jelentös formai átalakulásokkal járnak együtt, s ezek adják a kőolaj- és földgáz-felhalmozódások egyik feltételét.

3.2 A „SZEMIORGANIKUS” ELMÉLET ÉS AZ EZ IDÓ SZERINTI TERMÉSZETES ÁLLÁSPONT

Szemiorganikus elméletnek nevezi E. N. TIRATSOO (1951) GALDICKE 1927-ben megjelent elméletét, mely szerint a körző víz a radioaktív ásványokból eredő γ -sugár hatásra alkotóelemeire bomlik, és az így keletkezett hidrogén szerves vagy szervesetlen karbóniummal szénhidrogénné egyesül.

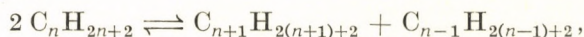


A „szemiorganikus” elméletek közé sorolhatjuk azokat az elgondolásokat, melyek részben szerves eredetű kiinduló anyagból szervesetlen tényezők közbeléptével magyarázzák a kőolaj létrejöttét. E tényezőkkel még a későbbiekben az „olajjá válás” folyamatának hatóerőivel kapcsolatban részletesen foglalkozunk, — itt megemlítjük W. E. PRATT 1934-ben közzétett magyarázatát a kőolaj hidrogéntöbbletének indoklására. Szerinte azt a tényt, hogy a kőolaj 11—15% hidrogént tartalmaz a tengeri szerves anyag 7—10%-ával szemben, anorganikus hidrogénezésnek tulajdoníthatjuk. A vulkáni eredetű H_2 -gáz magnetitre ható túlhevítésre vízgőzből hematit keletkezése közben szabadul fel ($2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O} = 3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2$). Hasonlóan magyarázza N. KLEMELEVSZKAJA (1950) az „őskőolaj” hidrogénezését.

Más kutatók a radioaktív sugárzásnak tulajdonítanak fontos szerepet a kőolajnak szerves anyagból való létrejöttében. Így S. C. LIND, D. C. BARDWELL és G. GLOCKLER (1938) feltételezik, hogy az alfa-sugárzásnak van szerepe a kőolaj létrejöttében. Elméletüket arra a megfigyelésre építik, hogy a hemipelagikus üledékekben gyakoriak a thorium és más radioaktív-elem-felhalmozódások, így a kis szénszámú és egyszerű biogén bomlás (l. 3.3 fejezet) útján keletkezett szénhidrogének nagyobb szénszámmá alakulnak át:



Ha ehhez még ismerjük H. A. WILSON (1927) thermodinamikailag levezetett megállapítását a szénhidrogén-vegyületek nagy nyomáson és hőmérsékleten való viselkedésére:



akkor megértjük a vegyületgazdag szénhidrogén-keverékek létrejöttét.

3.3 A SZERVES OLAJ KELETKEZÉSE

3.3.1 TÖRTÉNETI ADATOK

Történetileg elsőként R. MEINHOLD (1962) egy német kutatót említ (J. FR. HENKEL), aki 1725-ben közzétett könyvében leírja, hogy a kagyló- és csigamaradványok a kőzetekben valóban élőlények maradványai — nem a természet „játékai” —, és hogy ezek testéből keletkezhetett a kőolaj.

M. V. LOMONOSZOV 8. könyvében szerepel az orosz szakirodalomban (1757) először az a feltételezés, hogy a kőolaj kőszénből és tőzegtől nagy nyomáson és hőmérsékleten jött létre. J. B. SPIELLMANN 1774-ben a bitumenről, „földi viasz”-ról írja meg, hogy az a „fák gyantájából” keletkezett. 1778-ban F. BEROLDINGEN teszi közzé elméletét, mely szerint a kőszén barnaszénből és tőzegtől keletkezett, és a kőszénből a Föld mélyén a meleg hatására kőolaj és földgáz válik ki.

A továbbiakban a XVIII. század végén és a XIX. század folyamán több földtannal foglalkozó kutató — szemben a vegyészekkel — sikraszállt a szerves keletkezés mellett; így B. HAYNET 1788-ban szintén „kagylók és csigák” testének anyagaira vezeti vissza az északi Kárpátok kőolajának keletkezését.

R. MURCHISON (1829) az Alpok bitumenes paláinak szerves anyagát halak testének pusztulásából származtatja.

J. S. NEWBERRY (1859) Ohióban megjelent dolgozatában a tengeri eredetű növényeket említi, mint a kőolaj ősanyagát. G. ABICH 1876-ban bitumenes palák lepárlási termékének tartja a szerinte (1847) törések mentén felemlékendő kőolajat. B. RENOULT nagy tömegű algamaradványt mutatott ki a skóciai olajpalákban.

A XX. században, annak elején K. ENGLER a nagy olajvegyész és H. HÖFER kiváló geológus nevéhez fűződik a ma már klasszikusnak mondható *Engler-Höfer-elmélet*, mely szerint a kőolaj zsírokból, fehérjékből, viaszból, gyantából, növényi és állati olajokból keletkezik redukciós közegben való bomlás, majd átpárlódás útján. Az így keletkezett „protopetroleum” azonban még sokban különbözik a kőolajtól, és főleg a szén — hidrogén oxigén — nitrogén arány nagy változását nem magyarázza meg. Ezért maradt még ezek után is nyitott kérdés a kőolaj uralkodóan szénhidrogén-keverékének kialakulása, és ma is nagyszámú tudományos vizsgálat tárgya az egész kőolajtudomány területén a kőolajjává válás módja és az átalakulás ható tényezői. Ugyanez indokolja azt is, hogy a szerves keletkezés fő bizonyítékait részletesebben ismertessük.

M. G. MIHAJLOVSKIJ 1906-ban már így ír:

„Az ásványolaj keletkezését a Kaukázusban a következőképpen képzelem. A meredek partnál jelentékeny mélységben meszes — agyagos iszap ülepedett le gyors ütemben. Részecskéivel együtt az állat és növényvilág különböző szervezeteinek maradványai is a fenékre hullottak. Mivel a leülepedés gyorsan ment végbe, és a rétegek csendes vízből rakódtak le, ennek következtében a lerakódások nem kavarodtak fel, és a tengervíz oxigénjének kevés alkalmá volt a leülepedő anyaghoz hozzáférnie: közben pedig mindegyik réteget hamarosan elborította a rákövetkező.

Tekintve, hogy minden rothadásos bomlás baktériumok életműködésének a következménye, nem kétséges, hogy a szervezetek maradványai bomlásának első szakasza amazok működése folytán következett be.

A rothadásos bomlást ásványi sók oldatainak hatására bitumenizáció váltotta fel.

Végül a harmadik tényezőként a hőmérséklet emelkedése szerepelt, és ekkor a bitumenes kőzetek vonulata jelentékeny méreteket öltött.”

M. G. MIHAJLOVSKIJ kétségkívül ismerte V. N. ZELINSZKIJ és M. E. BRUSZILEVSKIJ felfedezéseit (1893), akik megállapították, hogy a tengeri iszapokban némi baktériumtevékenység megy végbe, és ez kénhidrogénes erjedést idéz elő.

A kőolajképződés elméletének további tökéletesítését találjuk D. A. ARHANGYELSKIJ műveiben; ő az alábbi következtetéshez jut el: (1927)

A kőolaj tartalmú vonulatok alapjául szolgáló agyagos lerakódások leülepedése olyan tengermedencékben ment végbe, melyeknek mélyen fekvő rétegeibe kénhidrogén került.

Igy tehát a környezet, melyben a szerves anyagok a tengerfenéken felhalmozódtak, majdnem tökéletesen anaerob volt.

E tulajdonképpen már helyes magyarázó elméletek után időrendben is elérkeztünk a szerves keletkezés döntő, korszerű, vegyi, fizikai és földtani módszerekkel való bizonyításához.

3.3.2 A SZERVES KELETKEZÉS FONTOSABB BIZONYÍTÉKAI

3.3.2.1 A porfirinek jelenléte

A. TREIBS 1934-ben több kőolajban megtalálta az élő anyagok két legjellemzőbb vegyületének, a klorofillnek (növényi asszimilációt előidéző vegyület) és a heminek (állati szervezet keringő nedveinek gázcsereelő folyamatához szükséges vegyületek) származékait.

TREIBS különböző (USA, Mexico, Románia) olajok aszfaltmaradékában a minták közel felében 0,004–0,02 mg porfirint talált 100 g aszfaltban — egyes mintákban a porfirintartalom elérte a 0,4–4,0 mg-ot grammonként, tehát nagyobb volt, mint az őszi avar klorofill származéktartalma.

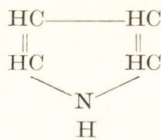
A növényi eredetű vegyületek között a $C_{32}H_{36}N_4$ (desoxiphyllerythroethioporfirin), $C_{32}H_{35}N_4COOH$ (desoxophyllerytrin), a heminszármazékok között a $C_{32}H_{38}N_4$ (mesoethioporfirin), deuthioethioporfirin és a $C_{32}H_{36}N_4COOH$ (mesoporfirin) mutatta ki.

O. A. RADCSENKO (1958-ban) kimutatta, hogy ezek a vegyületek minden esetben vanádium-, nikkell- vagy ritkábban vas komplex ionokhoz kötve jelennek meg. Érdekes, hogy a vanádium-komplexek a kőolaj aszfaltos párlataiban, a nikkell (vas-) porfirin-komplexek a könnyebb olajos részben dúsulnak. Összefüggés mutatható ki a kőolaj kéntartalma és a vanádiumos porfirintartalom között is.

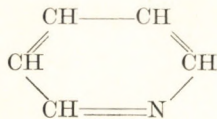
Ezekre a vegyületekre viszonylagos hőérzékenység jellemző, 200 C° körül elbomlanak, és oxigén jelenlétében is átalakulnak.

A porfirinek jelenléte a kőolajban tehát a szerves eredet bizonyító érve mellett a viszonylag kis hőmérsékletű és anaerob körülmények feltételezését is szükségessé tette.

Itt említjük meg, hogy a porfirinek szerkezeti képletében pirrol gyűrűs



vegyületek foglalnak helyet, és pirrolt, •



indolt (benzol és pirrol gyűrű), piridént, kinolint (benzol és piridin gyűrű), valamint a nitrogén tartalmú gyűrűs vegyületeknek metil-oldalláncos változatait is kimutatták több olajból. Így pl. az egyik kuwaiti olajból származó maradék 100 cm³-ként 0,079 g piridint, 0,017 g indolt, 0,016 g pirrolt és 0,015 g kinolint tartalmaz. Igen sok a nitrogén tartalmú vegyület a kaliforniai kőolajokban is.

Az amerikai kőolajintézet (American Petroleum Institute- API) 1959-ben megjelent kiadványa „a kőolaj misztériumának kulcsaként” emlegeti a nitrogén tartalmú vegyületeket.

3.2.2.2 A szénhidrogén jelenkori keletkezése

A következő részfejezetben tárgyaljuk majd a baktériumtevékenységnek már a múlt században tisztázott, egyszerű, metántermelő folyamatát. A Föld felszínén a szerves anyagok pusztulása a szemünk láttára történik — sok esetben, kellőképpen redukív közegben —, a folyók deltavidékének vagy elzárt ágainak pangó vizében, a rothadó iszapban *metán* keletkezik.

P. V. SMITH 1952-ben tette közzé nagy jelentőségű dolgozatát, melyben a Mexikói-öböl jelenkori tengeri üledékéből nagyobb szénszámú szénhidrogének jelenlétét mutatta ki. A tengerparti vizek olajos szennyezését régen ismerik, de sokszor ipari szennyezésnek vélték, máskor az erózió által lepusztított olajtelepes rétegsorok vagy egyszerűen tenger alatti, tengerparti olajforrások termékének tartották. SMITH magfúrást végzett a tengerfenék homoklisztes agyagjából és homokjából. A magokat megszáritotta, majd szerves oldószerekkel kioldotta szervesanyag-tartalmukat. Az így nyert oldatot kromatográffal (szilikogél oszlopokon történő lépcsős adszorbcio és deszorbcio) vizsgálva minden esetben parafin, naftén és aromás szénhidrogéneket mutatott ki. Az anyag egy része a normál szénhidrogéneknél erősebben kötődött az adszorbens felületén, hasonlóan az „anyakőzet”-ből kivonható szerves anyagok egy részének („kerogének”) jellegéhez. Az infravörös spektrumkép és a kromatográffban való viselkedés azonban azt mutatta, hogy a jelenkori üledékekben kőolaj-szénhidrogének helyezkednek el.

A minták mélysége és a szervesanyag-tartalom jellege közötti összefüggést a következő táblázat mutatja:

A mag mélysége a tengerfenéktől	Kivont szerves anyag 100 gr száraz üledékben	Kromatográfán szétválasztott vegyületek %			Maradék %
		Parafin- naftén	Aromás	Aszfalt	
1 m	0,031	6,0	1,5	14,0	78,5
5,5–6,7 m	0,032	17,9	2,5	12,1	67,5
31 m	0,031	25,0	5,7	10,6	58,7

A táblázat az eltemetetéssel fokozódó olajjellegű bizonyítja ugyanazon szervesanyag-tartalom mellett.

V. V. VEBER és A. I. GORSZKAJA 1958-ban a Kaspi-tenger környéke negyedkori és jelenkori üledékeinek szerves anyagai között ugyancsak kimutatták a szénhidrogének és szintén az eltemetetéssel növekvő mennyiségben. A minták szervesanyag-tartalma mennyiségileg és minőségileg a P. V. SMITH által vizsgáltakéhoz hasonló volt.

N. P. STEVENS, E. E. BRAY és E. D. EVANS 1958-ban a radiokarbon módszerrel kétségtelenül bebizonyította az említett olaj jelenkori keletkezését. Vizsgálataikat ugyancsak a Mexikói-öböl kontinentális párkányának öt helyéről vett mintán végezték (Louisiana és Texas partjától kb. 10–40 km-es távolságokból). A legtávolabbi minták egymástól való távolsága 530 km volt. A mintavételek 12–15 m vízmélységű helyeken a tengerfenéktől 1–3 m mélységben fúrt magokkal történtek. A minták szervesanyag-tartalma mennyiségileg és minőségileg a P. V. SMITH által vizsgáltakéhoz hasonló volt.

A minták szervesanyag-tartalmának korát a ^{14}C tartalom alapján határozták meg, és azt 3100, 404 (± 280) 7860 (± 250) 9300, 12 180 (± 620) évnél találták. Az egyik mintavétel helye alatt talált kagyló már nem tartalmazott kimutatható mennyiségben ^{14}C -et, tehát 30 000 évnél idősebbnek, pleisztocén korúnak bizonyult.

A jelenkori szénhidrogén-keverékek kromatográfion való viselkedését különböző korú kőolajokéval összehasonlítva határozott eltérés mutatkozott jelöl annak, hogy az ilyen jellegű szénhidrogén-keletkezés csak kiindulása lehet a kőolajképződésnek. A végleges kialakításban hosszabb földtani időben, nagyobb méretekben lejátszódó több fizikai, kémiai hatótényezőnek van fontos szerepe, amelyekkel éppen a még ezúttal is felmerülhető kétértelműségek miatt a későbbiekben részletesebben kell megismerkednünk.

A tengeri iszaphoz hasonló szénhidrogén-tartalom volt több talajból is kivonható. Egy montanai talajban 4% 500 évnél fiatalabb szénhidrogént mutattak ki. Az Indonéziából származó mocsári talajban a szervesanyag-tartalom jóval több volt, de szénhidrogén-tartalma csak 2‰. A kőolaj-anyagokozetnek tartott Woodford agyagmárga szervesanyag-tartalma kb. az indonéziái talajmintakéval egyezett, de abból 66% volt a szénhidrogén.

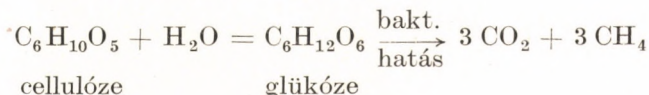
Az infravörös spektrumkép is mutat bizonyos jelentős eltérést a recens és fosszilis szénhidrogén-komplexumok között, de az anyagokozetek és tároló-kőzetek szénhidrogénjeinek infravörös spektruma sem szokott azonos lenni.

A tömegspektrográffal történő vizsgálat azt mutatta ki, hogy a tengeri iszapokban a páratlan szénatomszámú (23, 25, 27, 29, 31) szénhidrogének kb. kétszer olyan mennyiségben vannak, mint a párosak. A kőolajoknál ez az eltérés nincs meg, de a Florida keleti partja előtt gyűjtött plankton mintában is 1,1 volt az arány a páratlan és páros szénhidrogének között, ami csak 0,1-el több, mint a fosszilis kőolajokban.

3.3.2.3 Az élő anyag (baktériumok) jelenléte a Föld mélyében

Míg az előző alfejezetben az élő anyagból való jelenlegi szénhidrogén-keletkezést bizonyítottuk; a következőkben a földtanilag „fosszilis” nagy mélységében levő rétegekben az élet, az élő anyag jelenlegi meglétére vonatkozó ismereteket foglaljuk össze.

Azt a tényt, hogy baktériumok tevékenysége különböző szerves anyagokból szénhidrogén-képződésre vezet, — már 1875-ben L. POPOV megállapította. Később E. RADZISZEWSKI (1878) elméletileg és HOPPE-SEGLER (1866) kísérletileg is megállapította a legegyszerűbb folyamatot, a cellulóze-hidrolízist cukorszerű polisachariddá, majd ennek baktériumműködés segítségével való felbontását széndioxidra és metánra.



E. S. BASTIN 1926-ban (Kaliforniában) és GINZBURG-KARAGICSEVA 1930-ban (a Szovjetunióban) több olajterületen steril mintát vett a kutak mélyéről, és az olajjal együtt feljövő vízből ma is élő, szaporítható baktériumokat tenyésztettek ki. V. A. EKZERTCEV 1950-ben a szarlatovi területen 2100 m-ből, GYURKÓ PÁL és SZOLNOKI JÁNOS 1954-ben a magyarországi Lovászi olajmező 1200–1400 m közötti mélységből 12 fajta (*Clostridium* sp., *Micrococcus*, *Actinobacter* stb.) élő baktériumot tenyésztett ki a szervesen táptalajon kizárólag az eredeti réteg olajával táplálva!

Az „élet övének” — a bioszférának — illetően kiterjesztése a földtani mélységekig, nagy jelentőségű, megállapítás volt. Azóta könyvek születtek e probléma körül: a legismertebb E. BEERSTECHEK: „Petroleum Microbiology” c. műve (1954).

A baktériumoknak szervesanyag-bontó és a kőolaj anyagának végső kialakulásában játszott fontos szerepe nem kétséges. A kőolaj keletkezésében való közvetlen baktériumtevékenységet még bizonyítani nem lehetett. A mélyben élő mikroorganizmusok ugyan anaerob (levegő nélkül élő) természetűek, de a vizet életfolyamatuk során nem nélkülözhetik. Az olaj mellett, a vízzel nedvesedő (hidrofil) kőzetben mindig ott van a víz is, mely a legtöbb esetben tengeri „maradék”. A peremi vizekben — az olajtest mellett — még mindig ott vannak a baktériumok, de a távolabbi víz-



30. ábra. *Clostridium* sp. a Lovászi 181 sz. kútból (1250× nagyítás)

kutakban már nagy ritkaságként találhatók csak. Vitatott tehát, hogy a szerves anyagban gazdagabb fosszilis tengervíz — vagy maga az olaj — e baktériumok hordozója. JÁRÁNYI I. 1959 óta a baktériumok gyakorlati, olajtermelési alkalmazási kísérletein túlmenően több, külföldön is nagy érdeklődéssel fogadott dolgozatot írt e kérdéstről, s ezekben felveti a bakteriális olajkeletkezés termodinamikai folyamatának magyarázatával az elsődleges szerep lehetőségét is. (Lásd a 30. sz. ábrát.)

A baktériumoknak csak olajban való létezését támasztják alá azok a kísérletek, melyek során szilikogél „táp”-talajon — csupán szénhidrogéngáz-ellátással — sikerrel létesítettek baktériumtenyészeteket. E kérdéssel legtöb-
bet C. E. ZO-BELL a kaliforniai oceanográfiai intézet vezetője foglalkozott. „Tengeri mikrobiológia” („Marine microbiology”) c. könyve 1946-ban jelent meg, és ebben már több olyan megfigyelésről számol be, melyek az olajkeletkezés foglalkozó irodalomban szinte mindenütt alapmegállapítás-ként szerepelnek. Így elsősorban a tengeralji iszap rendkívüli baktérium-gazdagságára vonatkozóan ZO-BELL megállapítását az alábbi táblázat szemlélteti:

A tengeri iszapban fúrt mag mélysége	Különböző mintavételi helyek vízmélysége		
	950 m	1080 m	430 m
	baktérium darab az iszap 1 gr-jában		
0—25 mm	38 000 000	7 500 000	840 000
25—51 mm	940 000	250 000	102 000
101—127 mm	88 000	160 000	63 000
23—25 cm	36 000	23 000	19 000
36—38 cm	2 400	8 700	1 500
48—50 cm	400	2 100	2 200
74—76 cm	180	600	370
98—102 cm	330	200	190
150—153 cm	250	300	210
202—204 cm	130	100	140
252—254 cm	290	150	140

Tengervízben a baktériumeloszlást a 31. sz. ábra szemlélteti.

A tengeri üledékek baktériumfajtái között tevékenységük szerint csoportosítva ammonifikálók, fehérjebontók, szulfátredukálók, nitrogénredukálók, szénhidrátterjesztők, keményítőt és zsírt hidrolizálók, kitin- és cellulózebontók találhatók. A leglényegesebb azonban, hogy vannak olyan baktériumok, melyek zsírsavakat bontanak el, és szénhidrogént fejlesztenek, s vannak olyanok, melyek testükben szénhidrogéneket halmoznak fel. A legismertebb ilyen baktériumok az *Achromobacter gasoformans*, *Bacillus ethanicus*, *B. methanicus* vagy *Methanomonas*, *Bacillus paraffinae*, *Bacterium benzoli*, *B. naphthalinicus*, *Desulfuristella hydrocarbonallistica* stb., több mint 50-féle eddig ismert fajta. Újabban W. SCHWARTZ, E. P. MÜLLER (1953) a Német Demokratikus Köztársaságban és M. MOGILEVSKIJ (1959) a Szovjetunióban foglalkoztak több szénhidrogén-baktérium kitenyésztésével.

ZO-BELL laboratóriumi mérések alapján becslést is készített a termelt szénhidrogén mennyiségéről; 1 cm³ üledékben levő tíz baktérium 0,001 g

éterben oldható, olajszerű anyagot termel $1,6 \cdot 10^8$ év alatt. Ha 1 cm^3 üledék súlya $1,5 - 2 \text{ g}$, és $10\,000$ db baktériumot tartalmaz, úgy az előbbi megállapítás alapján az üledék minden grammjában $300\,000$ év alatt képződik $0,001 \text{ g}$ olaj. Az egyik leggazdagabb, egyesült államokbeli olajterület a kaliforniai „Santa Fe Springs” készletét, a gyűjtő területet figyelembe véve P. D. TRASK (1936) az üledékben $0,0012 \text{ g/g}$ olajból származtatta. Annak ellenére, hogy a számításban sok az esetleges kissé „célszerűsített” feltételezés, a nagyságrendi egyezés az elméletet támogatja.

A bioszféra az atmoszféra, hidroszféra, litoszféra hatására jön létre — KOCH S. (1935) „Geokémia” előadásán elhangzott szavaival élve — mintegy a levegő, a víz és a kőzetek közötti „harc” fizikai és vegyi kölcsönhatások eredményeként. A LAMARCK nyomán bevezetett bioszféra elnevezés a legmagasabban repülő sástól a legmélyebben túró vakondig terjedt. Hozzávehettük ehhez a mélytengerek és barlangok élővilágát is.

A fentiekben bizonyított tény, hogy a földkéreg mély rétegeiben is „virágzik” az élet, szaporodnak, táplálkoznak, 1000 kg/cm^2 nyomást is élve eltűrő mikroorganizmusok — nagy jelentőségűen kitágítva az élet övének vastagságát.

Nem mulaszthatjuk el e gondolatsorból V. I. VERNADSZKI nevének említését sem, aki geokémiai szintézisében az élettudomány és földtan kapcsolatainak jelentőségére először mutatott rá. Természetesen a földkéregben tevékenykedő élőlények szerepe a vasérc-, foszfát-, kén- stb. telepek létrejöttében és átalakulásában ugyanilyen fontos és érdekes „geobakteriológiai” problémakör.

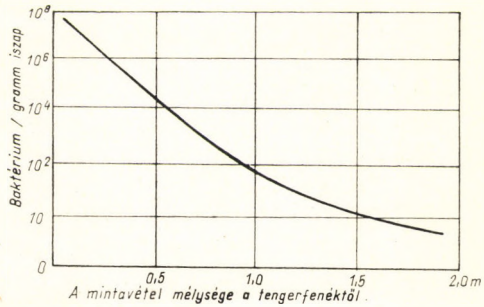
3.2.2.4 Szerves maradványok a kőolajban

A szerves eredet bizonyítói közül B. RENAULT (1899) volt az első, aki a skóciai olajpalákban levő különösen sok algamaradványra hívta fel a figyelmet. A Sziklás-hegység „Green River” nevű olajos palákban gazdag képződményeiben részben elbontott alga-, gomba-, spóra-, baktérium-, pollenmaradványokat talált.

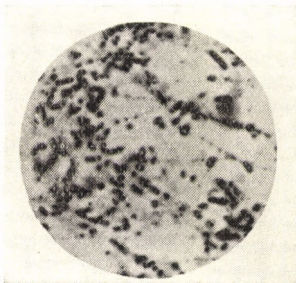
R. D. GEORGE 1925-ben ismerteti, hogy egyes olajpalákban sok növényi másokban állati maradvány található.

J. M. SANDERS 1937-ben romániai, mexikói s egyéb olajokból ügyes szűrési eljárással mikroszkopikus foraminiferákat, radiolariákat, kovaalgákat, rovar eredetű hártványokat, spórákat, alga-, gombamaradványokat mutatott ki nagy bőségben.

W. A. WALDSCHMIDT 1941-ben egyesült államokbeli perm kőolajokból SANDERShez hasonló szerves maradványokat mutatott ki.



31. ábra. A tengerfenék iszapjának baktériumtartalma ZO-BELL szerint



32. ábra. Szerves maradványok a Budafa 111 sz. kút kőolajából

A magyarországi kőolajokat TOMOR J. vizsgálta meg 1949—1950-ben SANDERShez hasonló módszerrel, és vizsgálatairól gazdagon illusztrált összefoglaló dolgozatban számolt be a Földtani Közlönyben, értékelve eredményeinek a kőolaj-keletkezés elméletére vonatkozó jelentőségét.

VARGA L. (1955) szellemes, egyszerűbb módot talált a kőolaj szerves maradványainak összegyűjtésére; a centrifugált olaj alján összegyűlt sűrűbb anyagból a mikroszkóp látóterében szétkent preparátumban ugyancsak megtalálhatóak voltak az említett maradványok.

A kísérő vizekben vagy víztartó kőzetben csak sokkal kisebb mennyiségben vannak ilyen jellegű szerves maradványok.

A szerves keletkezés ellenzői feltételezik, hogy a maradványok e nagy tömegét a kőolaj vándorlás közben oldotta ki az üledékes kőzetekből.

Éppen ezért egyedüli érvnek ez a megfigyeléscsoport nem fogadható el, de a felsorolt többi adattal együtt a fontos bizonyítékok közé kell sorolnunk.

Ismételten utalva a 2.1 fejezetben leírt izotópvizsgálatokra és a kőolaj szén- (újabbban a kén-) izotóp-összetételének és nyomelemeinek az élőanyagokéhoz való hasonlóságára, alátámasztható a kőolajnak a következőkben leírt, szerves anyagokból való keletkezési folyamata.

3.4 A KŐOLAJ KELETKEZÉSÉHEZ SZÜKSÉGES ANYAGOK

3.4.1 A SZERVES ANYAG MENNYISÉGE

A szárazföldi élet sohasem termel, gyűjt össze annyi szerves anyagot, mint a tenger. A szárazföldi növények, állatok olaj- és zsírtermelése elenyésző mennyiségű a tengeri üledékekben talált diszperz és felhalmozott szerves anyag tömegéhez képest. A nagy mélységű tenger már szintén kedvezőtlen közeg az élet számára. A tengeri eredetű üledékek szervesanyag-tartalma az egykori élővilág anyagainak maradványa. Ennek mennyiségére vonatkozóan a legelső, megalapozó vizsgálatokat az Egyesült Államokban P. D. TRASK (1932—1942 között) végezte. H. W. PATNODE-dal együtt kb. 32 000 mintát vizsgáltak meg, főleg az Egyesült Államok olajterületeinek környékén. A szerves anyag elemi széntartalmát 0,8—1,1% közötti súly %-nak találták. Miután a szerves anyag kb. 1,6 szorosa az elemi széntartalomnak; ez 1,3—1,7%; átlag 1,5%-nak felel meg. A jelenkori üledékek szervesanyag-tartalma 0,5—5,0% között változik, átlagban 2,5%. A csökkenés tehát TRASK szerint a földtani fejlődés során kb. 40%. A Szovjetunióban nagyszámú hasonló vizsgálatot végzett V. A. USZPENSZKIJ — CSERNISOVA és MANDRIKINA (1948). Vizsgálataik szerint az egyes kőzetek szervesanyag-tartalma (súly %) a következő volt:

Kőzet	Minták száma	Szervesanyag-tartalom
mészkö — dolomit	120	0,55
agyag — palás agyag	50	3,34
márga — agyagos mészkő	20	2,93
homokkő	20	1,71
termőtalaj	6	5,82

E szerves anyag nagy része (20—40%) azonban szerves oldószerben oldhatatlan, tehát nem olajszerű anyag.

Azt a tényt, hogy a tengeri üledékekkel kapcsolatban élő anyag is ülepedhet le, senki nem vonja kétségbe, még a szervesetlen-elmélet hívei sem. Azt, hogy ez a szerves anyag mennyiségileg elegendő, egyes helyeken már felhalmozódott, a több billió m³-es és milliárd tonnás olajkészletek kiindulási anyagául, már lehet vitatni. Egyes, igen vastag tengeri üledéksorok (pl. alpi mezozoikum, észak-európai jura, perm stb.) rendkívül szervesanyag-szegények, (átlagban 0,1—0,2% alatt). Még a közelmúltban ismert és bőven átfúrt pliocén, miocén, oligocén, kréta beltengerek üledékei is változatosan szegényebbek—gazdagabbak olajszerű szerves maradványokban.

N. B. VASSZOJEVICS (1955) „mikronafta” elnevezéssel illeti az így, szét-szórta található, „protopetroleum”-cseppeket, és ehhez a „mikrogáz” kifejezéssel csatoltuk (1962) az üledéksorok vizeiben igen sok helyen kimutatható szénhidrogéngáz-buborékokat. KARL-KREJCI-GRAV 1960-ban írt kiváló összefoglaló művében VASSZOJEVICS elméletét is elfogadva teszi fel ezt a kérdést újra; mindenütt *keletkezik-e* kőolaj, és csak felhalmozódásai ritkák, vagy a keletkezésnek is bizonyos körülmények találkozása a feltétele? Válasza az utóbbi felfogást támogatja. Az első feltétel a különösen nagy szervesanyag-tömeg létrejötte. Ez a körülmény a nyílt tengerek általános viszonyai között nem jön létre, hiszen akkor minden azonos fáciesű üledékben egyformán soknak kellene lennie az „őskőolaj”-nak. Nem volna mádunk rá, hogy egyes kőzeteket „anyakőzet”-ként kiemeljünk, s ezzel a kutatás területi lehetőségeit pontosabban meghatározzuk. A „kőolajjává válás” később ismertetődjé fejlődési feltételein kívül a legelső követelmény, hogy *különösen nagy tömegű élőanyag keletkezzék, és annak pusztulása olyan viszonylag gyors lerakódási—üledékesi körülmények között történjék, mely az olajjává válás körülményeit lehetővé teszi* (lásd 3.5 fejezet, redukív „toxicus” környezet).

Annak ellenére, hogy a szárazföldet „életszegényebbnek” kellett mondanunk — a folyók is jelentős mennyiségű szerves anyagot szállítanak. Így pl. F. W. CLARKE (1924) szerint az egyes fontosabb folyók által a tengerbe szállított anyag szervesanyag-tartalma:

	%		%
Duna	3,25	Amazonas	15,03
Nílus	10,36	La Plata	49,59
Hudson	11,42	Niger	53,83
Rajna	11,93	Uruguay	59,90
Temze	12,10		

Ennek az anyagnak legnagyobb része humuszsav ($C_{20}H_{10}O_6$) s az ehhez hasonló talajvegyületek, melyek főleg a lignin-beomlásból keletkeznek. Természetesen a tropikus klímák nagyobb mennyiséget termelnek a folyók környezetében. A Volgáról is kiszámították (V. G. DATSKO 1948, BEER-STECHER 1920) azonban, hogy évi $7-8 \cdot 10^6$ t szerves anyagot szállít a Kaspitengerbe. A Duna összes hordaléka $22,5 \cdot 10^6$ t, ebből tehát szerves anyag kb. $0,5 \cdot 10^6$ t. Az Amazonas pedig a Duna $6240 \text{ m}^3/\text{perc}$ vízmennyiségével szemben $120\,000 \text{ m}^3/\text{perc}$ vizet szállít — ötször annyi szerves anyaggal 20-szor annyi vizet, tehát százszor annyi szerves anyagot.

A tengerbe ömlő folyók és a befogadó tenger vize egészen eltérő színű — s ez az eltérő szín a tengerben hosszan megfigyelhető. A Negro folyó a beomléstól 100 km-re még észlelhető. A folyók torkolatvidékén a sós és az édes víz találkozása hatalmas tömegű élőanyag pusztulását okozza. Ez a kérdés már az olajkezelés ősföldrajzi faciológiai problémakörébe tartozik (lásd 3.5 fejezet). Az elektrolitokban gazdag sós víz kicsapja (koagulálásra kényszeríti) a kolloid oldatként lebegő protoplazma- és egyéb szervesanyag-tömeget. Az édesvízben stabilan élő szervezetek elpusztulnak a sós víztől, és viszont a sós víz élővilágát biológiai negatívumként éri az édesvíz-tömeg. A fizikai viszonyok megváltozási övezete ugyanígy növeli a pusztuló, kicsapódó szervesanyag-tömeget: a víz $10-30 \text{ C}^\circ$ -os hőmérsékletváltozása egynegyed, egyharmad rész szervesanyag-kicsapódást okoz. Ez az egyik magyarázata a különösen nagy tömegű szervesanyag-felhalmozódásnak.

A tengereknek azonban vannak olyan részei, illetve vannak olyan viszonylag zárt tengertípusok, mint pl. a Fekete-tenger, ahol különösen gazdag az élőanyag szaporodása és pusztulása. Ez a két körülmény különben is kölcsönhatásban van. Ahol sok a pusztuló szerves anyag (plankton, algák) egy bizonyos övezetben, ott virágzik a baktériumtenyészet, mert bőséges szervesanyag-táplálékot, jó táptalajt kap. Ez viszont egy bizonyos mértékben túl, már tömeges pusztulás révén is egy különösen reduktív, toxikus környezetet hoz létre.

A Fekete-tenger élőanyag-mennyiségét VASSZOJEVICS nyomán a túloldalon levő táblázat mutatja:

De a Barents-tenger évi makroplankton-mennyisége is $3000-3500 \text{ t}/\text{km}^2$ -re tehető — a Golf-áram és a Jeges-tenger határán —, $1\,405\,000 \text{ km}^2$ területen ez évi 56 000 millió ($56 \cdot 10^9$) t szervesanyag-termelésnek felel meg.

Egyes kedvező helyeken igen gazdagon felvirágzik az élet. Pl. Afrika nyugati partjainál a White-öböl planktonja kétszer egy évben megöli a halállományt — melyet egyébként táplál —, s ezzel önmagának egy részét is — toxikus hatásra — pusztultán hullatja a tenger mélyébe.

Japán nyugati partjain a *Rhizoslenia* sp. pelagikus diatoma minden augusztusban—szeptemberben virágzik, „túl az optimumon”. Öblök, különösen a természetes gátakkal, zátonyövekkel, víz alatti padokkal, részben vagy egészében elzáródó partközeli tengerrészek kiválóan alkalmas helyek az élet felvirágzására, majd a nagyarányú pusztulására. Az ilyen tengerrészeket „katasztrófaöveknek” lehet tekinteni. A „katasztrófa” alatt semmiképpen sem valami időbeli „katasztrófát” kell tekinteni a szervesanyag-felhalmozódás feltételének. Ez bizonyos mértékig szűkíti az üledékképző-

Élő anyag	Élőanyag-tömeg (biomassza) millió to.	Évi élőanyag-termelés	
		millió to.	%
<i>Plankton</i>	15,0	2745	
(Phytoplankton)	13,5	2700	13
(Zooplankton)	1,5	45	0,22
<i>Benthos</i>	40,0	80	
(makrophyták)	20,0	40	0,19
(növények)	20,0	40	0,19
(állatok)			
Baktériumok a vízben	30,0	12 000 – 18 000	57,6
Baktériumok a fenéken	10,0	6 000 – 8 000	28,8
Baktériumok összesen	40,0		86,4
Halak	1,0		
ÖSSZESEN:	96,0 · 10 ⁶ to.	20 825 · 10 ⁶ to.	100%

dés hatalmas területeit, és ezzel is segíti az olajképződés számára megfelelő fáciesek kijelölését. Természetesen egyes viszonylag kis kiterjedésű, elzárt beltengerek (pl. Fekete-tenger vagy alsó-pliocén tenger) a maguk egészében alkalmasak lehetnek a szükséges körülmények létrejöttéhez (lásd még a 3.5–3.6 fejezetet).

3.4.2 A SZERVES ANYAG MINŐSÉGE

Az előbbieken leírt nagy tömegű szerves anyag az élő anyagokban gyakori vegyületekből, illetve azok elbomlásából származó anyagokból áll. Nem egyszerű összetételű az ilyen anyagtömeg, és mielőtt az egyneművé válás, azaz olajjá válás általános tényezőiről beszélünk, vizsgáljuk meg, hogy a leggyakoribb szerves vegyületekből hogyan képződhet egyáltalán szénhidrogén.

P. D. TRASK már említett vizsgálatai kapcsán megállapította, hogy a humuszanyagok — elsősorban lignin — alkotja a legnagyobb részt az összegyűlt anyagokban. Azóta sokoldalúan megvizsgálták más szerves anyagok szénhidrogénné alakulása feltételeit is.

TRASK szerint az üledékek szerves anyagai a következő táblázat adatai szerint oszlanak meg:

	Jelenkori üledékes kőzetben	Földtani kőzetben
Éteres kivonat, olaj, zsír stb.	1	3
Alkoholos kivonat, viasz alkaloida stb.	5	4
Szénhidrát	1	0
Nitrogéntartalmú alkatrész, fehérjék, aminosavak stb.	40	27
Lignin — humuszanyag	31	48
Vízben és savban oldható nitrogénmentes szerves anyag	10	9
Teljes szerves anyag	88	91

Az egyes fontosabb élőlények szerves anyagainak elemi összetétele (TRASK szerint)

	Carbonium %	Nitrogén %	Hidrogén %	Oxigén %
Peridineák	45	3	7	45
Diatomeák	50	6	8	36
Plankton átlag	48	5	8	39
Talajgombák	49	4	8	41
Talajbaktériumok	56	11	8	25
Tengeri gerinctelenek	48	11	7	34
Férgek	53	10	7	30
Jelenkori üledékek	52—60	6	7—8	25—35
Földtani (régii) üledékek	55—71	4	8—0	15—30

A plankton 73% szénhidrátból és más nitrogénmentes anyagból, 24% fehérjéből és 3% zsír—olaj anyagból áll. Az eltemetett és süllyedő üledékben az oxigéntartalom csökken. A szerves anyagok közül a legegyszerűbb: a cellulóze, úgyszólván szemünk láttára válik metánná (baktériumos bontás, glükózon át). A kőzetekben P. D. TRASK, P. V. SMITH és a Szovjetunióban V. V. VEBER, A. I. GORSZKAJA és mások több helyen mutattak ki magasabb szénszámú szénhidrogéneket. M. L. DUNTON és J. M. HUNT a Budapesten 1962-ben tartott kőolajtudományi értekezleten éppen azt vetették fel, hogy a C₂—C₁₄ szénszámú alkotók keletkezését a legnehezebb megmagyarázni, mert ezek csak nyomokban vannak a jelenkori és régmúlt üledékekben, holott a kőolajok sok esetben több mint 50%-ban ezekből állnak. Említett szerzők sok elemzést végeztek különböző korú és lelőhelyű kőzetekből igen korszerű kromatográf módszerrel, és megállapították, hogy ha kevés is a C₂—C₆ mennyiség, mégis a prekambriumtól a miocénig az összes szervesanyag-tartalommal arányosan jelen van. Így pl. az Ontario-beli Gunflint prekambrium kova-palájában 0,37% szerves anyag és 0,6 p. p. m. (part per million — milliomod), a kanadai Alberta devon dolomitos márgájában 3,2% szerves anyag 199,86 p. p. m.; az Oklahoma állambeli meszes agyagpalában 8,9% agyag és 859,7 p. p. m. C₂—C₈ volt kimutatható. Egy németországi jura-liász fekete pala szervesanyag-tartalma 11,44%, C₂—C₈

tartalma pedig 592 p. p. m. volt. E vegyületeknek a jelenlegi üledékekből való hiánya azt támasztja alá, hogy ezek az idővel ható olajalakító tényezők eredményeként keletkeznek.

Az egyes, az élővilágban gyakori szerves anyagok közül a *lipoidok* állnak legközelebb a kőolajhoz. Ezek közül a *zsírok*, zsírsavak és (telítetlen) olajsavak glicerín-észterei kevés oxigént tartalmaznak (10–12%). Hidrolízis-kor glicerínre és zsírsavra bomlanak. A glicerín vízzel elegyedik, kioldódik, és kitűnő táptalaja a mikroorganizmusoknak. A zsírsavak viszont igen stabilak az anaerob környezetben. A zsírsavak mesterséges karboxil mentesítése azonban katalizátorok segítségével telített és telítetlen szénhidrogénképződést eredményez.

V. L. MEHTIEV kísérletei szerint denitrifikáló és deszulfurizáló baktériumok jelenlétében — anaerob tengervizes közegben — a szénhidrogénképződést zsírokból laboratóriumi úton el lehet érni. Az átalakulás sterin vegyületeken át történik, és így aromás vegyületek képződésének lehetősége az egyszerűbb. Egyes olajok kevés zsírsavat, esetleg a kiindulási anyag maradványaként (lásd 2. fejezet) mást is tartalmaznak. Hasonló eredményre vezettek K. F. ROGYIONOVA kísérletei 1948–1950-ben.

ENGLER—HÖFER klasszikus olajkeletkezési elméletükben túl nagy szerepet tulajdonítanak a zsíroknak, de a lehetőség tekintetében nem tévedtek.

G. L. STADNIKOV (1937) általában a növényi alapanyagok nagy szerepét hangsúlyozva a zsírsavaknak a kőolaj, a lignin anyagnak a kőszénképződésben való uralkodó jellegét tételezi fel. T. G. GINZBURG—KARAGICSEVA pedig az anaerob baktériumoknak az átalakulásban vitt uralkodó szerepére utal. Ezen az alapon állítja fel N. V. VASSZOJEVICS 1958-ban a kőolajkeletkezés vázlatos ábráját, melyben a zsírok, fehérjék, lignin stb. egységes baktériumos bomlását tartja az őskőolaj kiinduló anyagának. Itt említjük meg, hogy — amint arról a szerves anyagok mennyiségével kapcsolatban szölvünk — egyes zöld-, kék- és kovaalgák hatalmas méretű szaporodása már eleve olajos anyagokat is termel. F. M. ANDERSON (1926) véleménye szerint a földtani képződmény méreteiben felhalmozódó kovaföld protopazma-anyaga az egyik jellemző őskőolaj-forrás. E *diatomeák* szerves anyagának 5–50%-a ugyanis testükben kis olajcseppek formájában látható. A zátonyképző *Halimeda* (aragonit) és *Lithothamnium* vörös alga (kolerit) szerves anyagaiban van olaj, természetesen ez telítetlen szénhidrogénekkal kevert növényi termék, és nem hasonló a kőolajhoz.

Az *Elaeophyton coorongiana* zöld algának még a sejtfalában is vannak olajcsepp-, „zárványok”. Ennek az anyagnak a szerepe — hasonlóan az állati zsírokhöz — az energiakonzerválás. Ez a Dél-Ausztráliában, Coorong körzetében élő alga hatalmas telepeket alkot, és a laguna vizében télen szaporodva, nyáron sötétbarna „kaucsukszerű” anyaggá szárad, amely igen hasonló a természetes aszfaltokhoz, az ozokerithez. Ez a *coorongit*nak nevezett anyag 79,7% carboniumot, 12,9% hidrogént, 7,5% oxigént és 0,7% nitrogént tartalmaz, és főleg illó anyagokból, olajos párlatokból áll. Ha teljesen kiszárad az anyag, és megszűnik a baktériumos tevékenység — oldhatatlanná válik, és üledékes „kőzet” rakódik rá. Hasonló képződményeket írt le M. E. KELLEY (1933) Turkesztánból, ahol a 12 m vastag *coorongit*-réteg homokba temetve 20 km-re van a legközelebbi víztől.

A tengerben élő algák olajos részei is lehullanak a tengerfenékre, és ha a *negatív redox* potenciál szintje alatt gyűlnek össze, részt vesznek a *szapropél*-képzésben.

A *gyanták*, *balzsamok* bonyolult, meglehetősen állandó vegyületek, melyek a földtani időtartamokat is változás nélkül „szenvedik” el. Egyes esetekben, lúgos közegben karboxilcsoportok képződhetnek a terpén tartalmú hidroaromás vegyületek (pl. terpentín) anyagából, és azok a zsírsavakhoz hasonlóan vezethetnek szénhidrogén-képződéshez.

A *szterinek* és hasonló vegyületek szintén játszhatnak szerepet a fosszilis szén, illetve szénhidrogén-alapanyagok között. A spórák, pollenek viaszos anyagai rendkívül ellenállóak, s valószínűleg változatlanul őrződnek meg a kőzetekben s az olajban.

A *fehérje* anaerob körülmények között gyorsan bomlik zsírsavakra, aminosavakra.

A *szénhidrátok* az élő anyag igen elterjedt alkotói. Ezek között is a nem cukorszerű polyszaccharidok, a cellulóze a legnagyobb tömegű. A baktériumos elbontással egyszerű körülmények között metán keletkezik belőle, de nagy hőmérsékleten és nyomáson katalizátorok (pl. kobald) jelenlétében hidrogénnel egyesülve nagyobb szénszámú szénhidrogének képződését is el lehet érni cellulózéből.

A *lignin* bonyolult vegyület, mely a humuszanyagok egyik valószínű forrása, kolloid szerkezetű, vízzel nem elegyedő, és szerves oldószerekben nem oldható.

A humuszanyagok olajképző szerepére H. HLAUSCHEK már 1936-ban rámutatott a későbbiekben még részletesebben ismertetésre kerülő alapvető művében. A szovjet irodalomban J. D. GAZEMAN és A. F. DOBRJANSZKIJ (1948) foglalkoztak a humuszanyag fontos szerepével; főleg a beltengeri és nagy tavakban keletkező „szapropél” kialakulásánál. A humuszanyagok, így pl. a lignin, a kőolajképződésben még tisztázatlan szerepük mellett kétségtelenül fontosabb és jobban felismerhető alapvegyületei a kőszénképződésnek.

A fentiekből láthattuk, hogy az olajképződésben a növényi szervezetek, illetve növényi eredetű vegyületek játsszák a főszerepet. Felmerült szükség-szerűen a *kőszén- és a kőolaj*-keletkezés kiinduló anyagainak azonossága — és az eredmény eltérő okainak magyarázata. A Föld néhány helyén van bizonyos kapcsolat a kőszén- és a kőolaj-előfordulások között. Így van ez az Egyesült Államokban az appalachiai területen, ahol a Pittsburg-medencében együtt van a kőszén és a kőolaj, s amely területen D. WHITE 1915-ben először állította fel a „szén-arányszám”-elméletét. A „carbon-ratio” elmélet szerint a kőszén és kőolaj ugyanannak a szerves komplexumnak a terméke; csak a metamorfózis mértéke különböző. Léteznék egy elméleti „holtvonal” mely a nyomás- és hőmérsékletviszonyok elhatárolásaként jelezne a szénülést és olajjá válást. WHITE szerint minél kevésbé van az appalachiai kőszén metamorfizálva, annál több kőolaj jelent meg a „szomszédságában”. A szeneket a „fix szénarány” szerint osztályozta, és ha a

$$\frac{C_f}{C_{vol} + C_f} = 0,5 - 0,6$$

értéknél kisebb, úgy kőolaj, ha nagyobb, úgy kőszén keletkezik. (C_f =fix szén, C_{vol} = illékony széntartalmú vegyületek.) A metamorfózis mértékével a kőszén illő alkatrészekben szegényedik. Így pl. az említett területen a bitumenes szén 40% C_{vol} , 60% C_f tartalomtól az antracitig változik C_{vol} 10%, C_f 90% tartalommal. E területen a kőolaj nincs olyan helyen, ahol a fix szén 80%, vagy több. Ahol 70%, ott kisebb széntelepek találhatóak, és ahol 55–65%, ott vannak a közelben a nagyobb kőolajtelepek. Később azonban megállapították, hogy a metamorfózis egyformán kizárta a kőolajtelep létezését is az antracit létrejötte mellett. E. N. TIRATSOO (1951) szerint a terület kőszén- és kőolajtároló rétegösszletei között jelentős diszkordancia van. Az alsó mississippi korú olajtelepek tengeri, a felső pennsylvániai széntelepes rétegösszlet pedig folyódelta, lagunáris üledékekben helyezkedik el. Tévedésnek bizonyult a trinidadai „Pitch”*-tő szenesült famaradványaiban talált olajcseppek genetikai összekapcsolása is, mely vélemény szerint: „a sejtfal széné, a sejtállomány olajjává változott” (G. P. WALL 1860). Kiderült, hogy a szenesedett farönkök a napon megolvadt olajos aszfaltot utólag szívták fel. Ugyanígy cáfolták meg a későbbi pontosabb rétegtani vizsgálatok a trinidadai, venezuelai, burmai hasonló példákat.

A „szénarány”-elmélet valóban ad

(Itt a kézirat megszakad. — Szerk.)

IRODALOM A HARMADIK FEJEZETHEZ (BEFEJEZETLEN)

- ABICH, G. V.: Ob isztocsnikah gorjucsego gaza bliz g. Baku i ob izmenijah gorizonta vodi v Kaszpizskom more. Zsurn. (1847).
- ARCHANGYELSKIJ, A. D.: Uszlovija obrazovanija nyefti na Szevernom Kavkaza. N. H. (1927).
- BASTIN, E. S.: The problem of the natural reduction of sulfates. Bull. Am. Ass. Petr. Geol. 10. (1926).
- BARTHELOT, M. P.: Comp. Rend. 62. 949. (1866).
- BARTHELOT, M. P.: Sur l'origin des carbures et des combustibles minéraux. Comp. Rend. 62. 949. (1866)
- BRUN, A.: Arch. Sc. phys. nat. 27. (1909)
- CLOEZ, S.: Compt. Rend. 78. (1874), 85. (1877), 86. (1878)
- COSTE, E.: Trans. Amer. Inst. Min. Eng. 35. 288. (1905)
- COSTE, E.: The volcanic origin of oil. Jour. Canadian Mining Inst. 12. (1909)
- DATSKO, V. G.: Dokl. Akad. Nauk SzSzsR 59. (1948)
- ENGLER, K.: Zur Bildung des Erdöls. Ber. d. deutsch. Chem. Ges. 1. (1900)
- FEHÉR D.—GYURKÓ P.—SZOLNOKI J.—VARGA L.: Vizsgálatok a dunántúli kőolajok baktériumflórájáról és mikroszkopikus szerves maradványairól. Bányászati-Kohászati L. Kőolaj. (1955).
- GAEDICKE, N.: All. Ost. Chem. Techn. Zeitsch. Sept., 1927.
- GEORGE, R. D.: Origin of oil shales, shale oil. Chem. Catalogue Co. (1925).
- GINZBURG, I.—KRAGICSEVA: Microflora of oil waters and oil bearing formation and biochemical processes caused by it. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 17. (1933)

* „szurok” (szerk.)

- HAHN, H.: Liebig's Annalen, 129. (1864)
- HLAUSCHEK, H.: Naphten- und Methanöle, ihre geologische Verbreitung und Entstehung. Schrift a. d. Brennstoff-Geol. (1937)
- HMELEVSZKAJA, L. V.: Metodika masszovogo opredelenija organiceseszkij primeszej v oszadocsnih porodah. (1939)
- HÖFER, H.: Das Erdöl. (1906)
- KREJCI K.—GRAF: Heutige Meeresablagerungen als Grundlagen der Beurteilung der Oelmuttergesteinsfrage Kali u. Erdöl. 14—21. (1935)
- Moderne Anschauungen über die Entstehung des Erdöls. Erdöl u. Kohle p. 836. (1960).
- KROPATKIN, P. N.: Proizhozdenijye uglevodorodov zemnoj kori. Kn. materialii diszkusszii po probleme proizhozdenijya i migracii nyefiti. Izd. A. N. Ukr. SzSzK. Kijev (1955)
- KUDRJAVCEV, N. A.: O prohozdenyii nyefiti. Dokl. 18/XII. 1951. g. BMOIP geol. szerija. 27. vüs. 2. (1952)
- LIND S. C.—BARDWELL, D. C.: Chemical action of gaseous ions produced by alpha particles. J. Amer. Chem. Soc. 48. (1926)
- MEHTIJEV, S. F.: K voprosu o proizhozdenyii nyefiti, formorovanyii zalezsej i genezisza dapirovih szkladok. Izv. A. N. SzSzR geol. szerija No. 3. (1953)
- MEINHOLD, R.: Zur Diagnose der Erdölmuttergesteine. Zeitschr. der ang. Geol. 12. (1966)
- MENDELEJEV, D. J.: Journ. Ruzsk. Ph—Kh Obsz. 9. 1 f. p. 36. (1879)
- MENDELEJEV, D. J.: Entstehung und Vorkommen des Mineralöls Deutsch. Chem. Ges. Ber. 10. (1877)
- NEWBERRY, J. S.: The rock oils of Ohio. Ohio Agric. Rep. (1859).
- PORFIRIJEV, V. B.: The mode of formation of oil and oil fields in the central-asiatic part of the Thetis. Congr. Geol. Int. XVII. sess. Moscow. (1937)
- PRATT, W. E.: Oil in the earth. (1942).
- RADCSENKO, O. A.—SESINA L. Sz.: K voprosu o geohimii porfironov nyeftej. Geoliceseszkij Szbornyik 1. Tr. VNIGRI. 83. (1955)
- RADZISZEVSKI, E.: Czasop. Towarz. Aptek. 7. (1878)
- RENAULT, B.: Houille et Bacteriacies. Soc. Hist. Nat. Aut. Bull. 9. (1896). Compt. Rend. 117. (1893)
- ROGYINOVA K. F.—GINZBURG J.—KRAGICSEVA: Beitrag zur Kenntniss der im Tiefseeschlamm stattfindenden biochemischen Prozesse. Petr. Zeitschr. 32. (1936)
- SABATIER P.—SENDEREUS, J. B.: Comp. Rend. 134. pp. 1185—1188. (1902)
- SANDERS J. M.: Nature of crude petroleum. Mexico. „Science of Petr.” Oxford. Univ. Press, N. Y. 2. (1938)
- SILVESTRI O.: Gaz. Chem. Ital. 7. (1877).
- SMITH, P. V.: Studies on origin of petroleum; occurrence of hydrocarbons in recent sediments. Bull. Amer. Ass. of Petr. Geol. 38. No. 3. (1954).
- STADNYIKOV G. L.: Proizhozdenyie uglej i nyefiti. A. N. SzSzSzR. (1937).
- STEVENS N. P.—BRAY E. E.—EVANS E. D.: Hydrocarbons in the sediments of the Gulf of Mexico. 40th ann. meetg Am. Ass. of Petr. Geol. March 28—31 1955
- SZÁDECZKY KARDOSS E.: Geokémia. Akad. Kiadó (1955)
- SZOKOLOV V. D.: Koszmiczeszkoje proizhozdenyie bitumov. BMOIP T. 8. nov. szerija. (1889)
- TIRATSAO E. N.: Petroleum Geology, London, 1951
- TOMOR J.: Földtani Közl. 80. pp 335—360. (1950)
- TRASK P. D.: Summary of results obtained to date by the A. P. I. research investigation on the origin and environment of source sediments. Bull. Am. Ass. Petr. Geol. 14. (1930)
- TREIBS A.: Chlorophyll und Hämin Derivate in bituminösen Gesteinen. Liebig's Ann. Chem. p. 510. (1934)
- TROFIMUK A. A.—KONTOROVICS A. E.: Einige Fragen zur Theorie der organischen Entstehung des Erdöls und das Problem der Diagnostik erdölproduzierenden Folgen. Geol. u. Geoph. 12. pp. 3—14. (1965).
- USZPENSZKIJ V. A.—ČSERNYISEVA A. Sz.—MANDRIKINA JU.: O rasszejanoj forme nahozsdenijya uglevodorodov v razlicsnih oszadocsnih porodah. Izv. A. N. SzSzSzR. geol. Szerija No. 5. (1949)

- VEBER V. V.—GORSZKAJA A. I.: O uglevodorodah csetverticsnih morszkih oszadkov. Geologija nyefti. No. 12. (1957)
- VASSZOJEVICS, N. B.: O nyeftematerinszkih otlozsenyijah terrigenogo tipa. Geol. Zbornyik No. 3. (1955)
- VERNADSZKIJ V. I.: O nyekotorüh osznovüh problemah biogeochemii. Izv. A. N. SzSzSzR. Otd. matem. i jeszt. nauk. (1938)
- WALL G. P.: Quart. J. Geol. Soc. Petr. 16. (1860)
- WHITE D.: J. Wash. Ac. Sc. 5. (1915)
- WHITE D.: Some relations in origin between coal and petroleum. Jour. Wash. Acad. Sc. 5. 189. (1915)
- ZELINSZKY N. D.: Cholesterin als Muttersubstanz des Erdöls. Berichte d. deutsch. Chem. Gesellschaft. (1927)
- ZO-BELL C. E.: Recent marine sediments. A. A. P. G. (1939)

A SZERZŐ TOVÁBBI EREDETI VÁZLATA

- 3.5 A szénhidrogén-keletkezés ősföldrajzi és vegyi környezete
- 3.6 A szénhidrogének anyakőzete
- 4. *A kőolaj és földgáz tárolókőzete*
 - 4.1 A tárolókőzet kőzettani jellege
 - 4.2 A tárolókőzet kora
 - 4.3 A tárolókőzet fizikai paraméterei:
 - 4.3.1 A porozitás
 - 4.3.2 Áteresztőképesség és tekervényesség
 - 4.3.3 A határfelületi jelenségek jelentősége a tárolókőzetben
 - 4.4 A rétegfizikai paraméterek:
 - 4.4.1 A rétegnyomás alakulása, hidrosztatikus, lithosztatikus, geosztatikus, nyomások. A túlnyomás fogalma és keletkezése
 - 4.4.2 A réteghőmérséklet kőolajföldtani jelentősége
 - 4.4.3 A víz szerepe a tárolókőzetben
- 5. *A szénhidrogének vándorlása és felhalmozódása*
 - 5.1 A csapdaképződés elmélete és a csapdák fajtái
 - 5.2 Elsődleges és másodlagos vándorlás
 - 5.3 Harmadlagos vándorlás
 - 5.4 A termelés folyamata mint mesterségesen előidézett vándorlás
- 6. *A kőolaj- és földgáztartó alakulat*
 - 6.1 A telep, a szerkezet és a tárolórendszer fogalma
 - 6.2 A kőolaj- és földgáztelepek típusai. (A típusok egy-egy, a föld legfontosabb olajtelepeiről származó példákkal illusztrálva.)
 - 6.3 A kőolaj- és földgáztartó szerkezet
 - 6.3.1 A szerkezetek keletkezésének módja
 - 6.3.2 A jellemző földtani szerkezetek (a föld legfontosabb szerkezettípusainak ismertetésével)
 - 6.4 A tárolórendszer gáz, víz és gravitációs kihajtású típusai. A tárolórendszer mint termelési objektum (elsődleges és másodlagos termelés földtani tényezői)
- 7. *A kőolaj és földgáz kutatásának alapelvei*
 - 7.1 Földtani kutatás
 - 7.2 Közvetlen kutatási módszer (geokémiai)
 - 7.3 Közvetett kutatási módszer (geofizikai)

8. *A fúrópontok kitűzése*

8.1 A fúrások típusai a fúrás célkitűzéseinek szempontjából

8.1.1 Alap- és alap jellegű fúrások

8.1.2 Szerkezetvizsgáló fúrások

8.1.3 Felderítő fúrások

8.1.4 Továbbfejlesztő és körülhatároló fúrások

8.2 A termelőfúrások és műszaki segédfúrások kitűzésének földtani szempontjai

9. *A mélyfúrás földtani felügyelete*

9.1 A fúrás műszaki tervezésének földtani szempontjai

9.2 A mélyfúrási anyag feldolgozása:

9.2.1 A kőzetmaganyag feldolgozása őslénytani, kőzetfizikai és kőzetvegytani szempontból

9.2.2 A fúrómag szénhidrogén-tartalmának megállapítása

9.2.3 A fúrómag víztartalma

9.2.4 A víz-olaj viszonzyszám

9.3 Rétegsorkészítés teljes szelvényű fúrás esetében

9.3.1 Mélyfúrási földtani napijelentés készítése

9.4 Rétegvizsgálati terv készítése

9.5 Rétegvizsgálati jelentések készítése

9.6 Mélyfúrási összefoglaló jelentés

10. *A kőolaj- és földgáztelep ábrázolása*

10.1 A mélyfúrás földtani szelvénye

10.2 Mélyfúrási metszetek készítése

10.3 Mélyföldtani, szerkezeti térképek

10.4 Vastagság (izopach) térképek

10.5 Egyéb mélyföldtani térképtípusok

11. *A kőolaj- és földgázkészletek földtani számbavétele (becslés, készletszámítás)*

11.1 A kőolajkészlet számítása

11.2 Földgázkészletek számítása

11.3 A készletkategóriák fogalma

11.4 A reménybeli szénhidrogénkészletek számítása

12. *Magyarország kőolaj- és földgáztelepei*

NÉVMUTATÓ

Abide 23
 Abych 91
 Agricola 21
 Anderson 100
 Argaud 21
 Arhangyelszkij 92
 Ashburne 24

Bánky 21
 Bardwell 90
 Bartell 57
 Barthelot 87
 Bastik 95
 Beerstecher 95, 100
 Benkő 22
 Benz 22
 Beroldingen 91
 Bod 22
 Boldizsár 76
 Böckh 26
 Bray 94
 Brauton 21
 Brooks 35
 Brown 53
 Brun 87
 Bruszilevszkij 92
 Burschik 64

Clarke 76, 81, 99
 Cloez 87
 Coste 87

Csernyiseva 98
 Csonka 21
 Csop 64

Daimler 21
 Dallos 29
 Datsko 100
 Dervarics 23
 Deterding 22
 Diesel 22

Dobrjanszkij 104
 Drake 23, 24
 Dunstan 42
 Duntun 102
 Ekzertcev 95
 Engler 91, 103
 Eötvös 25, 26, 55
 Epstein 28, 74
 Ewans 94

Farmer 70, 71
 Favre 21
 Forsman 27
 Franck 22

Gabriljan 29
 Galdicke 90
 Garrison 57
 Gazeman 104
 Gedenk 68
 George 97
 Ginzburg 95, 103
 Glockler 90
 Gorszkaja 94, 102
 Gould 59, 60
 Graf 99
 Gráf L. 43, 72, 82, 83
 Grinberg 29
 Grosse 21
 Gubkin 26
 Gurevics 80

Gyurkó 95

Hackford 42
 Hademann 68
 Hahn 87
 Hark 72, 74
 Hartley 15
 Haynet 91
 Hedberg 85, 86
 Henkel 91
 Héron 21

- Hlauschek 44, 104
Hock 21
Hoppe 95
Höfer 24, 91, 103
Hunt 24, 27, 102
- Járányi 96
Jeremenko 28, 29, 37, 40, 50
- Kalickij 24
Kelley 103
Kertai 70
Kiss J. 28, 74
Klemelevszkaja 90
Kluk 86
Koch 5, 97
Korcev 28
Kragicseva 95, 103
Krejci 99
Krilov 53
Kropatkin 87
Kudrjavcev 88, 89
- Lamarck 97
Landa 33
Landes 11, 67
Lang 74
Lesley 24
Levorsen 31, 41, 55, 56, 58, 60, 67
Lind 90
Lindgreen 42
Livingstone 56
Logan 23
Lomonoszov 91
Luther 36
Lukasiewicz 22
- Macháček 33
Mandrikina 98
Marco Polo 21
Markownikoff 31
Marsigli 22
Martinovics 22
Matus 28, 74
Mehtiev 100
Meinhold 86, 91
Mendelejev 87
Mihajlovszkij 91, 92
Miller 57, 76
Milley 57
Mogilevszkij 96
Muravjev 53
Müller E. P. 96
Müller G. 88
Müller Gy. 72, 87
- Newberry 91
Nentdwich 22
Nobel 22
- Oláh M. 22
Opaszky 28, 74
- Patnode 98
Pester 41
Peterszil 81
Plataerius 21
Poiseuille 53
Popov 95
Porfirjev 88, 89
Pozsgai 61
Pratt 90
- Radcsenko 92
Radziszewski 95
Ramberg 70
Ramsey 55
Rankama 28, 29
Renault 91, 97
Reynolds 83
Robinson 88
Rockefeller 22
Rogers 23
Rogyionova 103
Rossini 35
Rühl 68
- Sabatier 87
Sacket 74
Sanders 97
Schwartz 96
Sendereus 87
Silverman 28, 74
Silvestri 87
Smith P. V. 93, 94, 102
Smith W. P. 23
Spielmann 91
Stadnyikov 103
Stegena 76
Steiger 87
Stevens 94
Sugisaki 82
- Szabó E. 76
Szádeczky-Kardoss E. 28, 77, 80, 89
Szanter 76
Száva 64
Szemző E.-né 64
Szokolov 80, 87
Szolnoki 95

Téglássy 22
Thomas 41
Tiratsoo 90, 105
Tóth J. 82, 83
Treübs 92
Trofimuk 89

Uszpenskij 98

Vajta 61
Varga L. 98
Vasszojevics 88, 99, 100, 103
Veber 94, 102
Vernadszkij 97
Vinogradov 29, 42

Waldschmidt 97
Wall 105
Wasserburg 83
Weeks 18
White 24, 104
Williams 87
Wilson 88, 90
Wintere 22
Witherspoon 48
Woolnouch 67

Zartman 74, 83
Zelinszkij 92
Zo-Bell 96

A kiadásért felelős az Akadémiai Kiadó igazgatója

Felelős szerkesztő: Dr. Hantos László — Műszaki szerkesztő: Kovács Gábor

Borító- és kötésterv: Somlai Vilma — Terjedelem: 9,8 (A/5) ív

— AK 96 k 7272 —

72.73526 Akadémiai Nyomda, Budapest — Felelős vezető: Bernát György

Ára: 32, – Ft

Az
AKADÉMIAI KIADÓ
gondozásában jelent meg

A KŐOLAJKUTATÁS ÉS
FELTÁRÁS MÓDSZEREI
MAGYARORSZÁGON

Szerkesztette
Szurovy Géza

679 oldal • Kötve 180, – Ft

Kubovics Imre—Pantó György

VULKANOLÓGIAI
VIZSGÁLATOK
A MÁTRÁBAN
ÉS A BÖRZSÖNYBEN

302 oldal • Kötve 62, – Ft

Bartha Ferenc—Kleb Béla

A MAGYARORSZÁGI
PANNONKORI
KÉPZŐDMÉNYEK
KUTATÁSA

Szerk. Góczán Ferenc,
Benkő Jenő

360 oldal • Kötve 85, – Ft

Jakucs László

A KARSZTOK
MORFOGENETIKÁJA

A karsztfejlődés variációi
(Földrajzi monográfiák 8.)

310 oldal • Kötve 62, – Ft



AKADÉMIAI KIADÓ
BUDAPEST

KERTAI GYÖRGY dr. (1912—1968)

Budapesten született. Egyetemi évei alatt elsősorban az ásványtannak akkor még viszonylag új ágával: az ásványkeletkezéssel (ásványgenetikával) foglalkozott. Mivel a faji megkülönböztetés miatt mineralógusként nem tudott elhelyezkedni, dr. Papp Simon főgeológus pártfogásával az EUROGASCO szolgálatába állt fúrási geológusként (1937. szept.). Terepi munkáját a Mihályi—1. sz. mélyfúrásnál kezdte. A kőolajföldtant a gyakorlati munka során sajátította el kiváló eredménnyel. 1949-től a magyar olajbányászat felső vezetésében tevékenykedett az ország szénhidrogénkincseinek minél eredményesebb feltárása érdekében. 1963-tól az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt kutatási vezérigazgató-helyetteseként irányította a magyarországi kőolaj- és földgázkutatót. 1964 nyarán megvált a kőolajipartól és átvette a Központi Földtani Hivatal elnöki tisztét.

A kőolajföldtani oktatásban 1948 óta tevékenykedett. Számos magas-színvonalú értekezés szerzője. A Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja volt. Munkásságáért több magas kitüntetésben részesült.