- نام درس:زمین شناسی نفت
- نام مولف:دکتر عباس افشار حرب
- تهیه کننده Power point: دکتر محمد بهرامی

www.oilexploration.ir

- **زمین شناسی نفت کاربرد زمین شناسی در اکتشاف و استخراج نفت و گاز است. این دو ماده اهمیت بسیار زیادی در دنیای صنعتی امروز داراهستند. از اینرو اهمیت درس زمین شناسی نفت به عنوان یک درس اصلی در دوره کارشناسی زمین شناسی آشکار است.**

www.oilexploration.ir

- در این درس موارد زیر بررسی می شوند:
- فرضیه های مربوط به منشا نفت و تبدیل مواد آلی به نفت و گاز
- سنگ مادر و چگونگی تشکیل نفت و گاز
- سنگ مخزن
- سنگ پوشش
- نفتگیرها
- سیالهای مخزن
- شرایط مخزن ، فشار، درجه حرارت ، مکانیسم مخزن و مها جرت نفت

بخش اول
فرضیه های مربوط به منشاء نفت و تبدیل مواد آلی

منشاء نفت

- فرضيه هاي ارائه شده درباره منشاء نفت را بر اساس آلي يا معدني بودن مواد توليد كننده به دو گروه معدني يا غير آلي و آلي تقسيم كرده اند.
- در اواخر قرن گذشته قبول منشاء آلي جنبه عام يافت ولي در اينكه نفت از كدام ماده آلي است اختلاف نظر وجود داشت.

www.oilexploration.ir

- قبل از شرح باورهای جدید به چند فرضیه بسیار معروف قدیمی‌که اکنون فقط از نظر تاریخی مورد توجهند و دلائل رد آنها بطور خلاصه اشاره می‌گردد.
- **فرضیه های منشاء غیر آلی یا معدنی**
- فرضیه های معدنی تشکیل نفت و گاز را حاصل واکنشهای شیمی‌معدنی می‌داند.
- مختصری از فرضیه های مهم ارائه شده که در زمان خود شهرتی یافته اند به شرح زیر است:

www.oilexploration.ir

منشاء آتشفشانی یا آذرین

- فرضيه منشاء آذرين بر اين پايه است كه هيدروكربنها در اثر واكنشهاي شيميمعدني در اعماق زمين توليد ميگردند و همراه با گدازه به لايه هاي كم عمق حمل ميگردند.
- از اين رو بانيان اين فرضيه سعي در يافتن شواهدي طبيعي جهت ارتباط دادن نفت وگاز با سنگهاي آذرين داشته اند.

منشاء از واکنش های شیمی‌معدنی

- آن چه از نوشتارهاي علمي‌بر مي‌آيد تشكيل نفت در اثر واكنش هاي شيمي‌معدني نخست در سال ۱۸۳۹ توسط د. سوكولف در روسيه مطرح شد.
- اين فكر ناشي از تجارب آزمايشگاهي بود كه در اين زمان آغاز و در اواسط قرن نوزدهم به اوج گسترش خود رسيد. اين آزمايشها بر اساس معروف ترين فرضيه هايي كه بر اين پايه ارائه شده (فرضيه هاي برتلو(M.Berthelot) و مندليف(D.Mendeleef) مي‌باشد.

www.oilexploration.ir

رد فرضیه های منشاء از واکنش های شیمی‌معدنی

- ادوارد ارتون(E.Orton) در سال ۱۸۹۱ درباره فرضيه هاي برتلو و مندليف چنين اظهارنظر مي‌كند:« اين گروه از فرضيه ها چنانكه مشاهده مي‌شود كار شيميدانان است و نه زمين شناسان و همان طور كه انتظار مي‌رود بيشتر منطبق بر اصول شيميايي مي‌باشند تا زمين شناسي و بخصوص در تشريح علت تنوع نفت خامها و چگونگي توزيع نفت و گاز در پوسته زمين نيز توضيحي ندارد.»

- س.ف.پكهم(S.F.Peckham) شيميدان معروف آمريكايي، در سال ۱۸۸۴، در مورد فرضيه هاي برتلو و مندليف و كارهاي همانند ديگر دانشمندان اظهار داشت كه اين نظريه ها بر پايه كارهاي شيمي‌آزمايشگاهي وتحقيقاتي استادانه بنا و با نامهاي بزرگي پشتيباني شده اند ولي بر فرض هايي بنا شده اند كه در طبيعت شاهد آن نبوده ايم .

www.oilexploration.ir

فرضيه منشاء فضايی

- تفاوت عمده اي بين فرضيه فضايي و فرضيه هاي پيشين وجود ندارد.
- تنها در فرضيه فضايي منشاء نفت به خارج از كره زمين نسبت داده مي‌شود.
- فرضيه منشاء فضايي متكي بر دو پايه است:
- الف- وجودهيدروكربن در شهاب سنگها كه از اواسط قرن نوزدهم به وجود آن پي بردند.
- ب- مطالعات اسپكتروسكپي در آغاز دهه ۱۹۳۰ نشان داد كه بيشترين بخش جو سيارات مشتري، كيوان، اورانوس و نپتون از گاز متان تشكيل شده است.اين فرضيه نيز توضيحي براي تنوع نفت خامها و نحوه توزيع آن در پوسته زمين ندارد.

www.oilexploration.ir

فرضیه های منشاء آلی

- نخستين فرضيه هاي ارائه شده درباره منشاء آلي نفت نيز مانند فرضيه هاي غير آلي پايه در آزمايش هاي شيميداشته است. در اين تجربه هاي آزمايشگاهي مواد آلي حيواني و گياهي در حد تخريب بافت تقطيرميشدند و گاه پژوهشگران هيدروكربنهاي مايعي شبيه به نفت چشمه هاي نفتي به دست ميآوردند.

www.oilexploration.ir

- آزمايشهاي نخستين و ابتدايي، مشاهدات و بحثهاي علميسه طرز تفكر را در نيمه دوم قرن هجدهم به شرح زير به وجود آورد كه در طول قرن نوزدهم نظر زمين شناسان را به خود معطوف داشت:
- الف- هيدروكربنها مشتق از مواد آلي گياهي اند.
- هيدروكربنها مشتق از مواد آلي جانوري اند.
- ج- عامل تبديل مواد آلي به هيدروكربن تقطير است.

www.oilexploration.ir

منشاء گیاهی

- **منشاء از زغال سنگ**
- در اوائل نيمه دوم قرن هجدهم شيميدانان اروپايي از تقطير زغال سنگ نفت سبكي شبيه نفت سفيد بدست آوردند.
- بر اين اساس نتيجه گرفته شد كه در طبيعت نيز هيدروكربنها به همين ترتيب توليد مي‌گردند. قبول اين فرضيه علاوه بر الزام وجود لايه هاي زغال در زير سنگ مخزن در مخازن نفتي براي نخستين بار مسئله مهاجرت نفت را نيز مطرح مي‌ساخت.
- حفاريهاي اوليه در پنسيلوانيا نشان داد كه در زير سنگ مخزن نفت لايه هاي زغال وجود ندارد و فرضيه اعتبارش را از دست داد.
- امروزه ثابت شده است كه گر چه زغال سنگ توليد كننده منحصر به فرد هيدروكربنها نيست ولي در پاره اي مولد زغال سنگ مي‌تواند منشاء گاز و مواد مخازن گازي باشد.

www.oilexploration.ir

منشاء از گیاهان خشکی

- گروهي از پژوهشگران در اوايل قرن نوزدهم تشابهي بين منشاء زغال سنگ و نفت تصور مي‌كردند و چون روشن بود كه منشاء زغال سنگ گياهان خشكي است بنابراين منشاء نفت را نيز از گياهان خشكي دانسته و وجود گاز متان در مردابها و تالابها را نيز شاهدي بر اين ادعا مي‌آوردند.

- اين مطلب قابل قبول است كه رودخانه ها مقدار زيادي مواد آلي كه بيشتر شامل خرده هاي گياهان خشكي است به درياها حمل مي‌نمايند كه همراه با مواد آلي دريايي تبديل به نفت و گاز مي‌گردند.
- وجود نفت خامهاي با موم زياد نيز نمايانگر وجود گياهان خشكي در مواد آلي اوليه توليد كننده اين نفت هاست. ولي بايد توجه داشت كه گياهان خشكي تنها توليد كننده نفت و گاز نيستند .

www.oilexploration.ir

منشاء از گیاهان آبزی

- گیاهان آب شور و شیرین در مطالعات منشاء نفت مورد توجه قرار گرفته اند.
- این امر بخصوص به این علت که نفت و گاز بیشتر در آب نهشته هاي دریایي یافت مي‌شوند مورد توجه بوده است.
- گیاهاني که اغلب پژوهشگران نام برده‌اند شامل جلبك ها، خزه هاي دریایي و دیاتمه ها مي‌باشند. امروزه نیز پلانکتونهاي گیاهي را یکي از مهمترین گیاهان دریایي تولید کننده نفت مي‌دانند .

منشاء جانوری

- مواد نفتي از بافتهاي نرم جانوران دريايي توليد شده است.منشاء بيتومن در شيلهاي بيتوميتي ناحيه تيرول ماهيها مي‌باشند.
- بافتهاي نرم، نرم تنان مولد مواد نفتي است. بخش نرم بدن ارتوسراس و دو كنه ايها به نفت تبديل شده است .

www.oilexploration.ir

- مشاهدات و اظهارنظرهايي مشابه آنچه در بالا آمده در نوشتارهاي علميقرنهاي هجدهم و نوزدهم زياد ديده مي‌شود.
- بطور كلي از اين مطلب مي‌توان نتيجه گرفت كه نظريه هاي نخستين ارائه شده درباره منشاء جانوري بر پايه مشاهدات محلي و محدود بنا شده است.
- اگر در داخل خلل و فرج سنگواره اي ماده نفتي ديده شده اين امر را دليل بر تبديل بافت نرم آن جانور به نفت دانسته و آن را تعميم داده اند.
- روشن است كه وجود نفت با توجه به سياليت آن در حفره هاي سنگواره، دليل قطعي براي تشكيل در همان محل نمي‌تواند باشد.

www.oilexploration.ir

چرخش نورپلاريزه

- در سال۱۸۳۵ معلوم شد كه برخي از تركيبات آلي و همچنين بخشي از نفت كه داراي نقطه جوش بالاست از نظر نوري فعالند يعني صفحه نورپلاريزه اي را كه بر آنها بتابد مي‌چرخانند. اين پديده نيز از دلائلي بود كه در جهت اثبات منشاء آلي نفت عنوان شد. اين خاصيت مربوط به وجود كلسترول(cholesterin) در مواد آلي جانوري وفيتوسترين(Phytosterin) در مواد آلي گياهي است .

www.oilexploration.ir

نظريه های جديد درباره منشاء نفت

- با پيشرفت دانش شيمي‌آلي در اوائل قرن اخير معلوم شد تمام اندامهاي زنده، چه گياه و چه جانور، از تركيبات شيميايي مشابهي تشكيل شده اند كه عبارتند از چربيها(Liqids)، پروتئينها(Proteins)، كربوهيدراتها(Carbohydrates) و در گياهان رده هاي بالا ليگنين(Lignin) و تانين(Tannin).بديهي است كه در جانوران مختلف نسبت تركيبات شيميايي فوق و جزئيات ساختمان شيميايي مولكول متفاوت است.

- مواد آلي چه گياهي و چه جانوري اگر حوادث زمين شناسي معيني را طي كنند نفت و گاز توليد خواهند نمود. آنچه سبب مي‌شود برخي از مواد آلي تبديل به نفت و گاز گردند شرايط محيط رسوبي و حوادث و عوامل بعدي زمين شناسي است نه منشاء جانوري و يا گياهي داشتن مواد آلي .

www.oilexploration.ir

- شرط لازم براي تشكيل نفت وگاز، توليد، تجمع و حفظ مواد آلي است. براي تشكيل نفت بايد مواد آلي به مقدار كافي توسط جانوران توليد و سپس همراه رسوبها ته نشين شده ومحفوظ بماند. بخشي از اين مواد آلي بنابر حوادث بعدي زمين شناسي ممكن است به نفت و گاز تبديل شوند. در طول تاريخ زمين، شرايط براي توليد و حفظ مواد آلي ثابت نبوده است.

www.oilexploration.ir

توليد مواد آلی

- فتوسنتز كه انرژي نوراني را به انرژي شيميايي تبديل مي‌كند پايه توليد انبوه مواد آلي در كره زمين است.
- در فتوسنتز هيدروژن آب آزاد شده با اتصال به كربن مولكول انيدريد كربنيك گلوكز توليد مي‌نمايد و اكسيژن آب آزاد مي‌شود.

$$6CO_2 + 12H_2O \overset{674KCAL}{\underset{\leftarrow}{\rightarrow}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

www.oilexploration.ir

- گلوكز را جانداران اتوتروفيك(Autorophic) طبق نياز خود به پلي ساكاريدها(Polysaccharides) مانند سلولز و نشاسته تبديل مي‌نمايند.
- جانداران اتوتروفيك مانند باكتريهاي فتوسنتز كننده و آلگ هاي سبز آبي(Blue green algae) اولين جانداران توليد كننده انبوه مواد آلي بوده اند. شرط لازم براي انجام عمل فتوسنتز وجود پيگمنت هاي(Pigment) سبز جاذب نور يعني كلرفيل است. در جانداران اتوتروفيك، كلرفيل در حالت نسبتاً آزاد درسلول وجود دارد. در گياهان تكامل يافته، كلروفيل در كلروپلاست برگهاي سبز جمع شده است. كلروپلاستها بمانند كارخانه كامل فتوسنتزند.

www.oilexploration.ir

- قديمي‌ترين حياتي كه در رسوبات ثبت شده مربوط به باكتري و شبه آلگهائي است كه از حدود ۱/۳ تا ۳/۳ ميليارد سال قبل از جنوب آفريقا گزارش شده اند. تصور بر اين است كه از حدود ۲ ميليارد سال قبل توليد مواد آلي به وسيله فتوسنتز در روي كره زمين گسترش كامل داشته است.

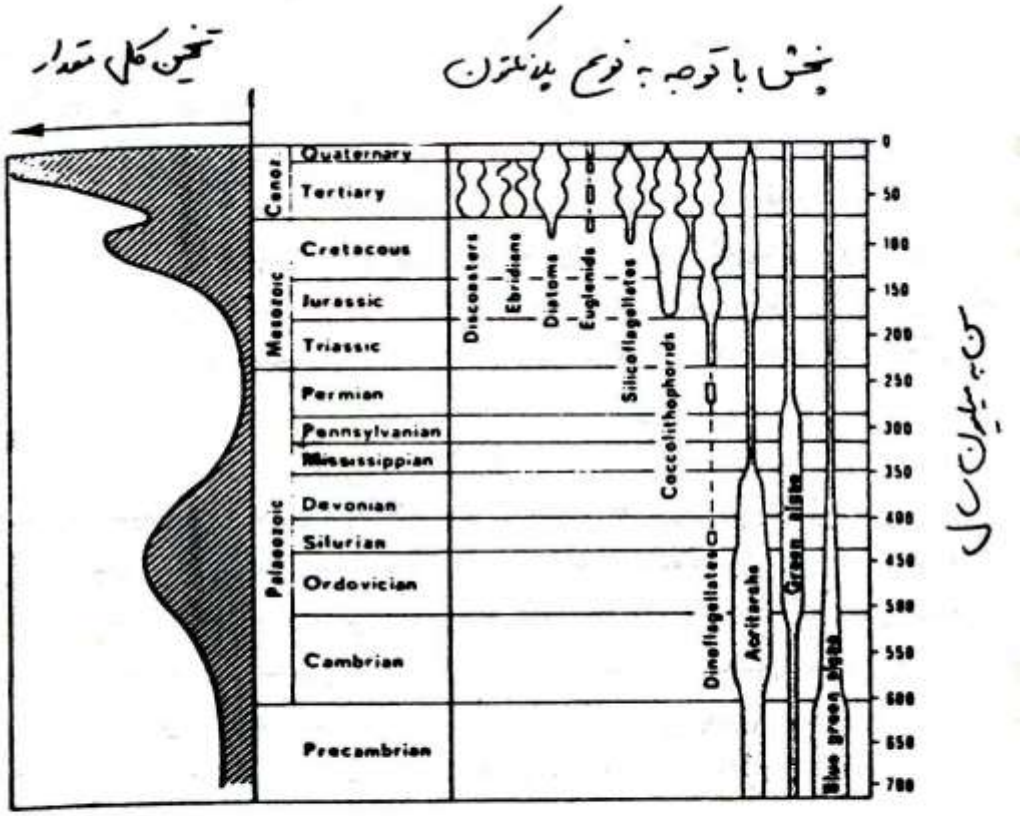
www.oilexploration.ir

- در طول تاريخ زمين متوسط حفظ كربن آلي در مقياس جهاني كمتر از ۱/۰% تخمين زده مي‌شود.
- حداكثر ميزان حفظ مواد آلي در محيطهاي رسوبي بدون اكسيژن كنوني مانند درياي سياه كه مناسب ترين محيط براي حفظ كربن آلي است در حدود ۴% مي‌باشد.

www.oilexploration.ir

تکامل بیوسفر

- در طول کامبرین تا دونین تنها فیتوپلانکتونها، باکتریها و تا حدي الگهاي کفـزي(Bentonic) و وأپلانکتونها(ZooPlankton) مولد مواد آلي توليد کننده هیدروکربنها بوده اند.
- از دونین به بعد گیاهان خشکي نیز با میزاني افزاینده در این امر شرکت داشته اند.
- امروزه تخمین زده مي‌شود که فیتوپلانکتونهاي دریایي و گیاهان خشکي به مقدار مساوي کربن توليد مي‌کنند.



تغییرات فراوانی فسیل پلانکتونهای گیاهی در دوره‌های زمین‌شناسی

www.oilexploration.ir

- از نظر كلي، فيتوپلانكتونها، زوأپلانكتونها، باكتريها و گياهان رده هاي بالاتر چهار منبع عمده تامين كننده مواد آلي در رسوباتند.
- مقدار مواد آلي مشتق از جانوران عالي مانند ماهيها به قدري در رسوبات كم است كه مي‌توان آنرا ناديده گرفت.

www.oilexploration.ir

تکثیر زیستی در محیط های آبی جدید

- تکثير زيستي در محيطهاي آبي به خصوص دريايي اهميت فوق العاده اي در تشكيل سنگ نفتزا دارد.
- تکثير زيستي در محيطهاي دريايي جديد تحت تاثير نور، درجه حرارت و تركيب شيميايي آب به ويژه كانيهاي مغذي مانند فسفاتها و نيتراتها قرار مي‌گيرد. مهم ترين بخشي كه حيات در آن گسترش مي‌يابد ۶۰ تا ۸۰ متري بالاي ستون آب است.

www.oilexploration.ir

- گسترش و تكثير زيستي و توليد مواد آلي در آبهاي ساحلي تقريباً دو برابر آبهاي آزاد و در حدود صد گرم كربن آلي در متر مربع در سال است.

www.oilexploration.ir

ترکیب شیمیایی باکتریها، پلانکتونهای گیاهی و جانوری و گیاهان عالی

- نوع ماده آلي ته نشين شده با رسوبات به نوع جاندار منشاء آن ماده بستگي دارد كه آن نيز متاثر از محيط رسوبي است.
- پلانكتونهاي گياهي و جانوري، باكتريها و گياهان عالي كه تامين كننده اصلي مواد آلي در رسوباتند به طور اساسي از تركيبات شيميايي مشابهي تشكيل شده اند.
- اين تركيبات عبارتند از :
- چربيها، پروتئينها، كربوهيدراتها و ليگنين و تانين در گياهان عالي.
- بديهي است نسبت تركيبات شيميايي و جزئيات ساختمان مولكولي در هر يك از جانداران فوق متفاوت است.

www.oilexploration.ir

چربيها

- چربيها مواد آلي توليد شده به وسيله جانداران مي‌باشند كه عملاً در آب نامحلول بوده ولي در حلالهاي چربيها مانند كلرفرم، تتراكلرورركربن، بنزن و استن حل مي‌شوند. چربيها شامل روغنهاي جانوري، نباتي و مومها هستند. روغنها اغلب ذخيره غذايي موجودات زنده اند ولي مومها نقش حفاظت كننده دارند .

پروتئينها

- پروتئين ها پليمرهاي منظم ساخته شده از اسيدهاي آمينه هستند. بيشترين ازتي كه در تركيبات بدن جانداران وجود دارد در مولكول پروتئين است. پروتئين طيف وسيعي از مواد آلي جاندار از فيبرهاي ماهيچه اي تا آنزيم ها را كه نقش كاتاليزور در واكنشهاي بيوشيميرا دارند تشكيل ميدهند.

www.oilexploration.ir

کربوهیدرات

- واژه کربوهیدرات به شکرو پلیمرهاي آن مانند منوساکارید، دي ساکارید و به طور کلي پلي ساکاریدها اتلاق مي‌گردد. نام کربوهیدرات از فرمول تجربي Cn(H2O)n که نمایانگر هیدرات کربن مي‌باشد گرفته شده است.
- کربوهیدراتها منبع انرژي بوده و همچنین بافتهاي نگاهدارنده برخي از گیاهان و جانوران را تشکیل مي‌دهند.
- سلولز وکیتین(Chitin) فراوان ترین پلي ساکارید در طبیعتند.
- پلي ساکارید سلولز شامل دو تا هشت هزار منوساکارید است.

www.oilexploration.ir

ليگنين و تانين

- ليگنين و تانين داراي ساختماني مولكولي حلقوي اشباع نشده بويژه فنلي(Phenolic) مي‌باشند.
- تركيبات حلقوي اشباع نشده و يا آروماتيك(Aromatic) معمولاً بوسيله جانوران توليد نمي‌شوند ولي در بافتهاي گياهي فراوانند.
- ليگنين و تانين اسامي‌عامند و معرف ماده اي با تعريف و فرمول مولكولي خاص نيستند.
- ليگنين و تانين به علت حضور گسترده در رسوبات و نفتي كه در ژئوشيمي‌آلي دارند از اهميت خاصي برخوردارند .

www.oilexploration.ir

کیفیت و کمیت مواد آلی مهم در پلانکتونها، باکتریها و گیاهان عالی

- گرچه جانداران فوق بیشتر از مواد شیمیایي همانند تشکیل شده اند ولي اختلاف قابل ملاحظه اي از نظر کیفیت وکمیت مواد آلي دارند.
- مثلاً مواد آلي تشکیل دهنده جلبك پلانکتوني کوچك تك یاخته اي با مواد تشکیل دهنده گیاهان رده هاي بالا اختلاف زیادي دارد.

www.oilexploration.ir

تجمع و حفظ مواد آلی

- تجمع و حفظ مواد آلي در رسوبات را شرايط زمين شناسي كنترل مي‌كند.
- در محيط خشكي مواد آلي به سرعت اكسيده شده، متلاشي و نابود مي‌گردند.
- در رسوب هاي خشكي كربن آلي حفظ نمي‌شود.
- رسوبهاي محيطهاي آبي مانند دريايي، دلتايي، درياچه اي ومردابي بايد مقدار معيني مواد آلي دريافت كنند تا بخشي از آن حفظ شود.

- مواد آلي اغلب به صورت ذرات كوچك و يا مواد محلول درآبند.
- مواد آلي ممكن است در جا، يعني در ستون آب بالاي رسوبها توليد و يا از خارج به محيط رسوبي حمل شده باشد.
- رسوبهاي غني از مواد آلي يعني رسوبهاييكه بيش از ۰/۵% وزني كربن آلي دارند به نواحي خاص و شرايط معين رسوبي مربوط مي‌شوند.
- تجمع مواد آلي در رسوبهاي حاشيه قاره ها به علت كثرت جانداران و واردات مواد آلي از خشكي بيشتر است.

www.oilexploration.ir

- تعادلي بين انرژي محيط و ميزان رسوبگذاري جهت حفظ مواد آلي در رسوبها لازم است.
- كانيهاي اندازه رس به راحتي به مواد ريز آلي متصل مي‌گردند.
- ذره حاصل به علت وزن مخصوص كم مواد آلي در ناحيه ايكه انرژي زياد است رسوب نمي‌كند ولي وقتي به آبهاي آرام تري برسد ته نشين مي‌گردد.
- دانه ريزي رسوب ها تماس اكسيژن محلول در آب را با مواد آلي محدود مي‌سازد.
- از اين رو سنگهاي غني از كربن آلي را در گروه سنگهاي رسوبي آواري رس سنگها وشيلها و در گروه سنگهاي آهكي ميكريتها تشكيل مي‌دهند.

www.oilexploration.ir

- سرعت رسوبگذاري نيز حدي دارد. اگر سرعت رسوبگذاري كم باشد ذرات مواد آلي در جريان اكسيژن محلول در آب قرار گرفته اكسيده مي‌شوند.
- اگرسرعت رسوبگذاري زياد باشد عيار مواد آلي در رسوب كم خواهد شد.
- شرايط مناسب براي تشكيل لايه هاي غني از مواد آلي در فلات قاره(Continental platform) و در محيطهاي آبي آرام مانند مصب رودخانه ها، درياهاي عميق بسته با جريانهاي محدود زير دريايي وجود دارد.

www.oilexploration.ir

- عمل چربيها در حين رسوبگذاري با ساير مواد آلي تفاوت دارد.
- چون چربيها به طور كلي در آب حل نمي‌شوند و بيشتر در بخشهاي مقاوم مانند پوسته، تخم، گرده و غيره وجود دارند. به علت مقاومت مكانيكي به صورت ذرات ريز در محيط رسوبي باقي مي‌مانند.
- سهم ذرات مواد آلي در اغناي سنگ مادر بيشتر از مواد آلي محلول در آب است.

www.oilexploration.ir

تبدیل مواد آلی به نفت و گاز

- درباره چگونگي تبديل مواد آلي به نفت و گاز نيز فرضيه هاي مختلفي ابراز شده است. مختصري از نظريه هايي كه در روزگار خود از اهميتي برخوردار بوده اند و سپس نظريه هاي امروزي شرح داده مي‌شوند.

فرضیه های قدیمی

- **تشکیل مستقیم توسط جانداران**
- **تلاشي درجا**
- **تبدیل در اثر تقطیر**
- **تبدیل در اثر حرارت**
- **تبدیل در اثر فشار**
- **تبدیل در اثر پرتو رادیواکتیو**
- **نقش کاتالیزرها در تبدیل**
- **خلاصه نظریه هاي جدید در تبدیل مواد آلي به نفت وگاز**

www.oilexploration.ir

خلاصه نظريه هاى جديد در تبديل مواد آلى به نفت و گاز

- فعاليت بيولوژيكي اوليه، درجه حرارت و فشار همان گونه كه مواد معدني سنگ را متاثر مي‌سازد تحويل ماده آلي را نيز سبب مي‌گردد.
- براي بررسي تغييراتي كه مواد آلي در طول تاريخ حوضه رسوبي تحمل مي‌نمايند، مي‌توان تحولات ماده آلي را به چهار مرحله ديازنز(Diagenesis)، كاتازنز(Catagenesis)، متازنز(Metagenesis) و تامورفيسم(Metamorphism) تقسيم نمود.

دیاژنز

- رسوب ته نشين شده در محيط آبي به مقدار زياد آب به همراه دارد. فاز جامد رسوب از مواد معدني، مواد آلي مرده وريز جانداران(Microorganisms) تشكيل شده است. چنين مخلوطي از تركيباتي مختلف در حالت عدم تعامل كامل است.

- در اوايل رسوبگذاري چربيها و كربوهيدراتها در اثر فعاليت ميكروبي متلاشي شده و سپس زمانيكه رسوبها در حال سنگ شدن هستند اين مواد نيز پليمريزه(Polymerized) شده مولكولهاي بزرگتري را تشكيل داده و در نهايت به تعادل مي‌رسند. اين حالت تعادل است كه كروژن(Kerogen) ناميده مي‌شوند.

www.oilexploration.ir

کاتاژنز

- تداوم رسوبگذاري سبب دفن لايه در زير هزاران متر رسوب مي‌گردد و آنرا تحت تاثير حرارت و فشار فزاينده قرار مي‌دهد.
- فعاليت زمين ساختي(Tectonic) نيز ممكن است گاه نقشي در اين ازدياد درجه حرارت و فشار داشته باشد.
- در مرحله كاتاژنز رسوبها تحت تاثير درجه حرارتي بين ۵۰ تا ۱۶۰ درجه سانتيگراد و فشاري در حدود ۳۰۰ تا ۱۲۰۰ اتمسفر قرار مي‌گيرند.
- ازدياد درجه حرارت و فشار تعادل سيستم را بر هم زده و تغييرات جديدي را سبب مي‌گردد.

www.oilexploration.ir

- در اين مرحله بافت سنگ و فازكانيها ثابت مي‌ماند.
- تنها كانيهاي رسي تغييرات مختصري مي‌يابند. سنگ فشرده شده تخلخل و نفوذپذيري آن كمتر مي‌شود. معمولاً غلظت نمك در آب روزنه اي افزايش يافته و در بعضي موارد به حد اشباع نزديك مي‌شود.

www.oilexploration.ir

- در مرحله كاتاژنز مواد آلي بيشترين تغييرات را تحمل مي‌كنند و طي تغيير وضع مداوم مولكولي كروژن ابتدا نفتهاي سنگين و سپس نفتهاي سبك و در مراحل نهايي گاز مرطوب و نفت ميعاني(Condensate) توليد مي‌كنند.
- در پايان اين مرحله تقريباً تمام شاخه هاي زنجيري هيدروكربنها از مولكول كروژن جدا مي‌گردد و مواد آلي از نظر بلوغ در مقايسه با زغال سنگ، وضعي مانند اوائل آنتراسيت دارد.
- ضريب انعكاس ويترينايت در آغاز كاتاژنز ۰/۵% و در پايان آن ۲% است.

www.oilexploration.ir

متاژنز و متافورفيسم

- آخرين مرحله تغيير رسوبها، مرحله دگرگوني يا متامورفيسم است كه در عمق زياد و در فشار و درجه حرارت زياد صورت مي‌گيرد.
- در اين مرحله علاوه بر عوامل فوق، سنگها در معرض، تاثير گذازه و جريانات هيدروترمال نيز قرار مي‌گيرند.
- زمين شناسي نفت فقط به مرحله اي از اوائل دگرگوني(Epimetamorphism or Early metamorphism) نظر دارد و آنرا مرحله متاژنز ناميده است.

www.oilexploration.ir

بخش دوم
سنگ مادر(Source rock) و
چگونگی تشکیل نفت وگاز

- سنگ مادر در محيط هاي رسوبي خاصي تشكيل مي‌شود و براي توليد نفت و گاز نيز بايد درشرايط ويژه اي قرار گيرد.
- مواد آلي موجود در رسوبات در مرحله ديا‌ژنز تبديل به ماده آلي خاصي به نام كروژن مي‌گردد كه نه خواص شيميايي و فيزيكي ماده آلي اوليه را دارد و نه خواص نفت وگاز را.

- سنگ مادر در محيط هاي رسوبي خاصي تشكيل مي‌شود و براي توليد نفت و گاز نيز بايد درشرايط ويژه اي قرار گيرد.
- مواد آلي موجود در رسوبات در مرحله دياژنز تبديل به ماده آلي خاصي به نام كروژن مي‌گردد كه نه خواص شيميايي و فيزيكي ماده آلي اوليه را دارد و نه خواص نفت وگاز را.

www.oilexploration.ir

كروژن

- كروژن ماده آلي جامد موجود در سنگهاي رسوبي است كه در آب و حلالهاي آلي مانند كلرفرم، بنزن، تتراكلروركربن و استن حل نمي‌شود.
- كروژنها از انواع مختلف بوده و داراي فرمول مولكولي واحدي نيستند و منشاء آنها مواد آلي متفاوت است. كروژنها بيشتر آمورفند(Amorphous).

www.oilexploration.ir

- تجزيه عنصري نشان مي‌دهد كه كروژن بيشتر از اتمهاي كربن وهيدروژن تشكيل شده است.
- در برابر هر هزار اتم كربن در انواع مختلف كروژن بين پانصد تا يكهزار و هشتصد اتم هيدروژن وجود دارد.
- سومين اتم فراوان در مولكول كروژن اكسيژن است كه بين ۲۵ تا ۳۰۰ اتم در مقابل هر هزار كربن است.
- اتمهاي ازت و گوگرد به ترتيب ۳۵-۱ و ۳۰-۵ اتم در مقابل هر هزار اتم كربنند.

www.oilexploration.ir

كيفيت كروژن

- براي ارزيابي و از نظر توان توليد نفت و گاز تاكنون دو گروه بندي در كروژنها به شرح زير صورت گرفته است.
- گروه بندي قديميو گروه بندي جديد.

گروه بندی قدیمی

- در دهه ۱۹۶۰ و اوایل گسترش دانش ژئوشيميكروژنها رابه سه گروه تقسيم مي‌نمودند. كروژن نفتي، كروژن زغالي و كروژن گرافيتي.

کروژن نفتی

- این کروژن بیشتر از بقاياي آمورف پلانکتونها، چربيهاي آلي و گرده ها تولید شده و داراي هسته مولکولي کوچکي از هيدروکربنهاي حلقوي آروماتيك و اشباع شده بوده و داراي شاخه هاي جانبي طويل هيدروکربنهاي پارافيني مي‌باشد.
- نسبت وزني هيدروژن در اين نوع کروژن ۱۱-۷% است. کروژن نفتي در اثر حرارت نفت توليد مي‌کند .

www.oilexploration.ir

کروژن زغالی

- اين كروژن از بقاياي مواد آلي گياهان خشكي و دريايي تشكيل شده است.
- نسبت به كروژن نفتي داراي هسته مولكولي بزرگتر و سنگين تري است كه از هيدروكربنهاي حلقوي آروماتيك و اشباع شده تشكيل گرديده است.
- داراي شاخه هاي زنجيري كوتاه است كه بيشتر متيل((Metil(-CH3) مي‌باشند.
- علاوه بر دو عنصر اصلي كربن و هيدروژن داراي اكسيژن، گوگرد و ازت نيز مي‌باشد.
- نسبت وزني هيدروژن به كل وزن مولكول در حدود ۵-۳% است و دراثر حرارت بيشتر گاز توليد مي‌كند .

www.oilexploration.ir

کروژن گرافیتی

- این کروژن در سنگهاي دگرگوني وجود دارد.
- نسبت وزني هیدروژن آن به وزن مولکول کمتر از ۳% است.
- این کروژن قادر به تولید نفت و گاز نیست.
- کروژن گرافیتي و گاز متان محصول نهایي شکستن مولکول(Cracking) کروژن در اثر حرارت است.
- کروژنهاي نفتي و زغالي پس از تولید نفت و گاز، در نهایت به کروژن گرافیتي تبدیل مي‌گردند.

www.oilexploration.ir

گروه بندی جدید کروژنها

- گروه بندي كنوني بر اساس تركيب اتمي‌مولكول كروژن و سه عنصر اصلي تشكيل دهنده آن يعني كربن، هيدروژن و اكسيژن انجام مي‌گيرد.
- در اين رده بندي نسبت اتمي‌هيدروژن به كربن (H/C) و اكسيژن به كربن(O/C) گروه كروژن را تعيين مي‌سازد.
- بر مبناي تجزيه عنصري به طور كلي كروژنهاي شناخته شده در طبيعت در سه گروه به شرح زير قرار مي‌گيرند:

www.oilexploration.ir

کروژن گروه یک(Type I)

- **کروژن گروه يك(Type I) :** نسبت اتمي‌هيدروژن به كربن در اين گروه بيشتر از ۵/۱ است.
- كه بيشترين مقدار اين نسبت در كروژنهاست.
- نسبت اتمي‌اكسيژن به كربن كمتر از ۱/۰ است.
- مواد آلي توليد كننده اين نوع كروژن بيشتر چربي موجود در آلگ هاست.
- اين نوع كروژن داراي شاخه هاي هيدروكربني زنجيري دراز بوده و توان توليد نفت وگاز زيادي را داراست.
- اين كروژن در رسوبات درياچه اي و دريايي به خصوص درياهاي بسته وجود دارد و نسبت به ديگر انواع كروژن در طبيعت كمتر ديده مي‌شود.
- كروژن گروه يك معادل نوع بسيار مرغوب كروژن نفتي در تقسيم بندي قبلي است.

www.oilexploration.ir

کروژن گروه دو

- نسبت اتمي‌هيدروژن به كربن در اين گروه از ۱/۵-۱ تغيير مي‌كند و نسبت اتمي‌اكسيژن به كربن در حدود ۲/۰ است. منشاء اين كروژن بيشتر از پلانكتونهاي گياهي، جانوري و باكتريهاست.
- اين نوع كروژن در طبيعت فراوان بوده و معادل نفت وگاز بسياري را توليد نموده است.
- توان نفتزايي آن كمتر از كروژن گروه يك است.
- اين كروژن نيز معادل كروژن نفتي در تقسيم بندي قبلي است.

www.oilexploration.ir

كروژن گروه سه

- نسبت اتمي‌هيدروژن به كربن در اين كروژن كمتر از دو نوع قبلي بوده و معمولاً زير يك است.
- نسبت اتمي‌اكسيژن به كربن بيش از دو گروه قبلي بوده و در حدود ۳/۰-۲/۰ است.
- مولكول اين كروژن داراي هسته اي بزرگ مركب از تركيبات حلقوي اشباع شده ومعطر است كه هيدروكربنهاي زنجيري اشباع شده كوتاه به آن متصل مي‌باشند.
- تعداد هيدروكربنهاي زنجيري دراز در مولكول آن كم است.
- اين كروژن بيشتر از گياهان خشكي منشاء مي‌گيرد.
- توان توليد نفت آن بسيار كم است ولي اگر در شرايط مساعد قرار گيرد مي‌تواند گاز زيادي توليد كند.
- كروژن گروه سه معادل كروژن زغالي در تقسيم بندي قبلي است.

www.oilexploration.ir

كميت كروژن يا عيار آن در سنگ مادر

- عيار كروژن در سنگهاي مختلف تغيير مي‌كند و بستگي به جنس سنگ وشرايط محيط رسوبي دارد.
- براي سهولت و تسريع در كار آزمايشگاهي معمولاً به جاي محاسبه وزن كل كروژن فقط وزن كربن آلي موجود در آن را تعيين نموده و به عنوان نمودار مقدار كروژن و يا عيار مواد آلي در سنگ به كار مي‌برند.
- بايد توجه داشت كه ۸۰-۷۰% وزن مولكول كروژن را وزن اتمهاي كربن آن تشكيل مي‌دهد.
- بنابراين عيار كربن آلي در سنگ بسيار نزديك به عيار كروژن خواهد بود.

www.oilexploration.ir

- شيل هاي دريايي به رنگ سياه، خاكستري تيره، سبز مايل به خاكستري معمولاً در حدود ۱% كربن آلي دارند.
- در اين نوع شيل ها وجود ۵/۰ و ۵/۱% كربن آلي عادي است.
- گاه كربن آلي به مقدار ۲-۵/۱% نيز ديده مي‌شود ولي عياري بيش از ۵/۲% نادر است.
- شيل هاي آلگي مانند سازندهاي كژدمي‌وسرگلو در ايران و شيل كيمبريج(Kimmerij) در درياي شمال(North Sea) در حدود ۱۰-۵/۰% كربن آلي دارا مي‌باشند.
- مارنها به ندرت بيش از ۵/۲% كربن‌آلي دارند. سنگ آهكهاي ميكرايتي معمولاً كمتر از ۱% كربن آلي را دارا هستند. طبق يك تحقيق مواد آلي در شيل ها به طور متوسط ۱/۱% درسنگهاي كربناته ۳/۰% و در ماسه سنگها ۰۵/۰% وزني است.

www.oilexploration.ir

- امروزه حد ۰/۵% کربن آلي را اکثر زمين شناسان نفت و ژئوشيميستها به عنوان حداقل عيار کربن آلي در سنگ مادر پذيرفته اند و سنگي را که کمتر از آن کربن آلي داشته باشد نفتزا نمي‌دانند.
- اقليتي از زمين شناسان نفت و ژئوشيميست ها ترجيح مي‌دهند عيار ۱% را به عنوان حد بپذيرند.
- شيلها با ۵/۱-۱% وزني کربن آلي معمولاً مخازن نفتي کوچك و متوسط را تشکيل مي‌دهند.
- براي به وجود آمدن معادن نفتي و گازي عظيم(Giant oil & gas fields) سنگ مادر بايد عياري در حدود ۱۰-۵% وزني کربن آلي داشته باشد.

www.oilexploration.ir

از کروژن تا نفت

- با تداوم رسوبگذاري و نشست(Subsidence) حوضه رسوبي، کروژن موجود در لايه هاي زيرين تحت درجه حرارت و فشار بيشتري قرار مي‌گيرد.
- ساختمان مولکولي کروژن با تغيير شرايط فيزيکي محيط از حالت تعادل ناپايداري که در مرحله ديا‌ژنز به آن دست يافته بود خارج مي‌شود.

www.oilexploration.ir

کروژن در مراحل دیاژنز، کاتاژنز و متاژنز

- ساختمان مولكولي كروژن كه در درجه حرارت و فشار كم شكل گرفته است داراي تعادل ناپايدار در رسوبات جوان است.
- اين تعادل ناپايدار حتي در رسوبات بسيار قديمي‌تا موقعي كه در اعماق زياد مدفون نشده اند برقرار مي‌ماند و وضع ساختماني مولكول تغيير نمي‌كند (زغال قهوه اي(Lignite) مسكو به سن كربنيفر).

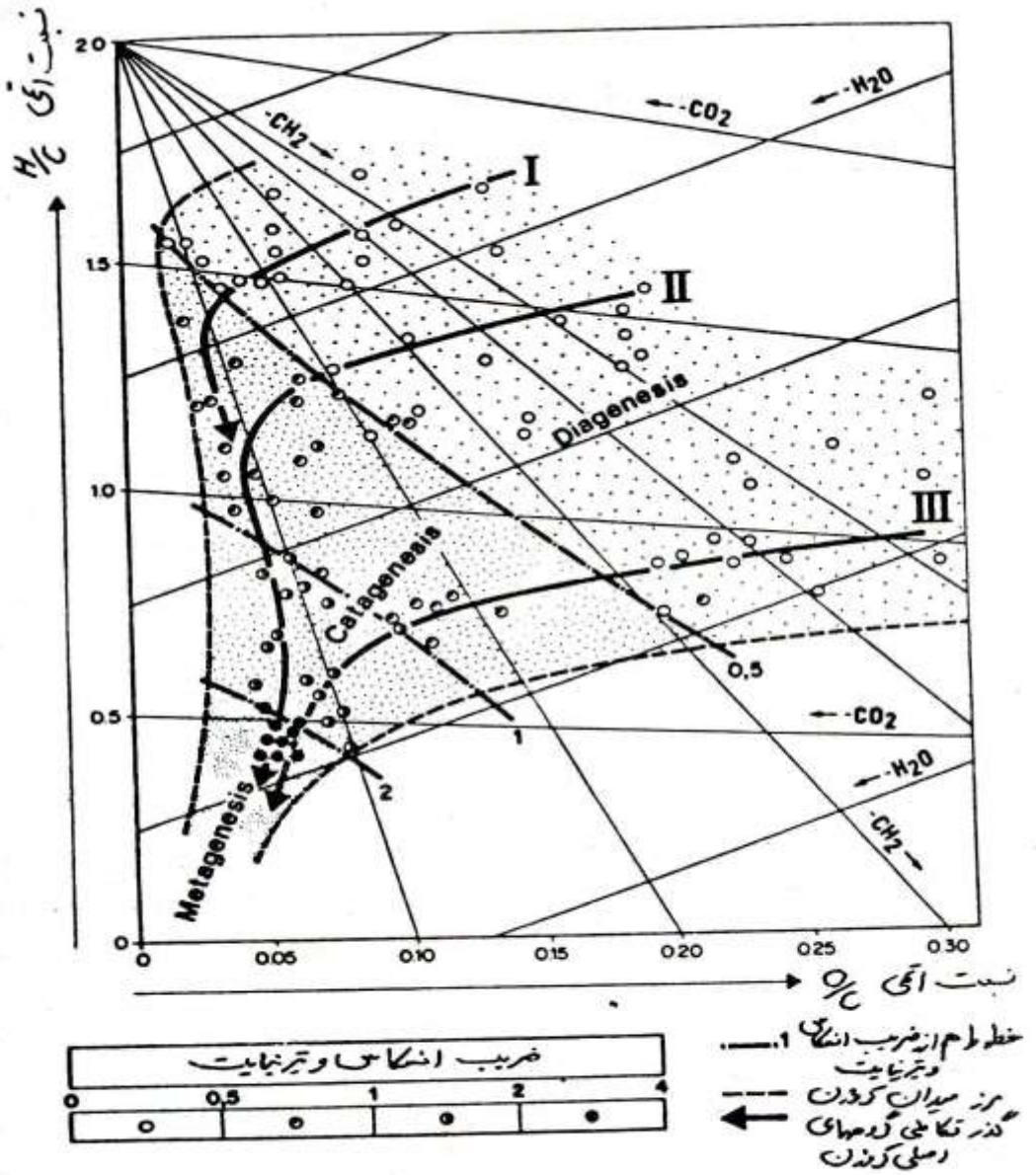
www.oilexploration.ir

- در مرحله دياژنز در اثر توليد گاز كربنيك و آب مقدار اكسيژن مولكول كروژن به مقدار قابل ملاحظه اي كاهش مي‌يابد.
- در اين مرحله به طوريكه در نمودار وان‌كرولن(Van Krevelen) ديده مي‌شود نسبت اتميO/C به مقدار زياد كاهش مي‌يابد ولي كاهش نسبت اتميH/C مختصر است.
- در مرحله دياژنز اتصالهاي اكسيژن به كربن نيز حذف مي‌گردند و ضريب انعكاس ويترينايت(Vitrinite reflectance) كه در مواد آلي مختلف متفاوت است در پايان مرحله به ۵/۰ مي‌رسد.
- كروژن در مرحله دياژنز نفت وگازي توليد نمي‌كند و نابالغ(Immature) ناميده مي‌شود.

www.oilexploration.ir

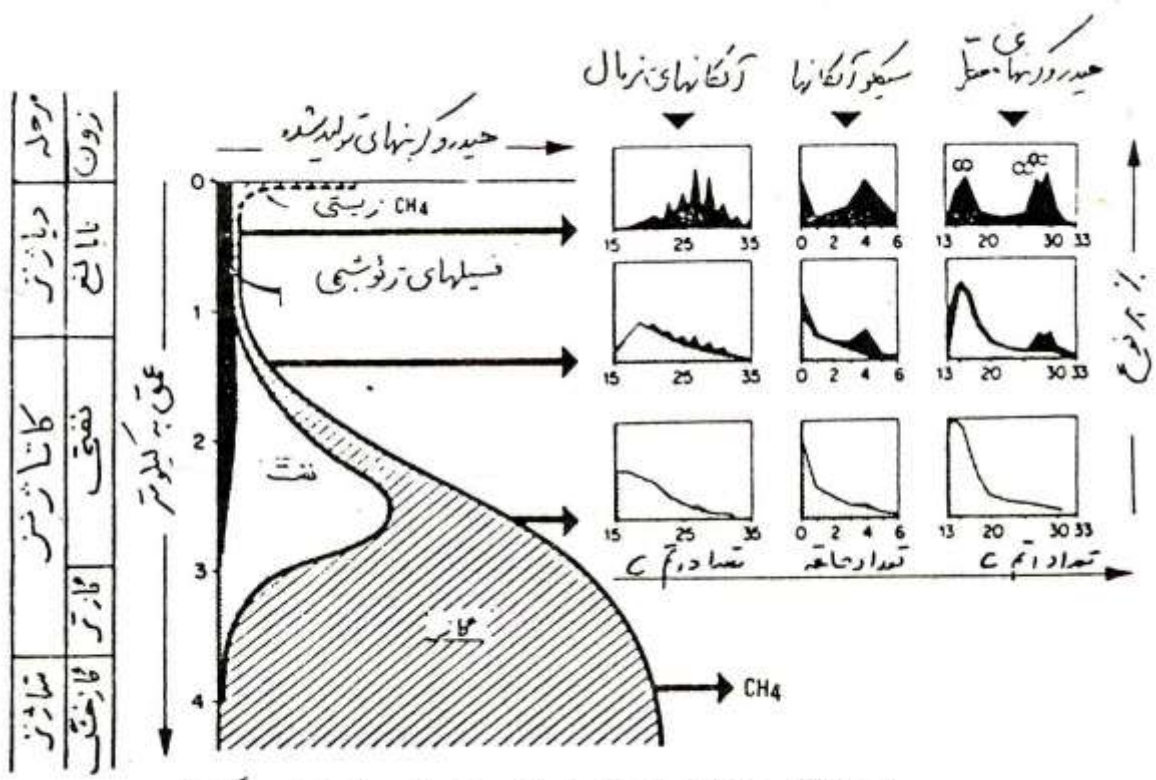
- در مرحله کاتاژنز مولکول کروژن مقدار زيادي از هيدروژن خود را از دست مي‌دهد.
- مثلاً در کروژن گروه II نسبت اتميH/C از ۲۵/۱ به طور متوسط به ۵/۰ کاهش مي‌يابد که در نمودار وان کرولن به خوبي ديده مي‌شود.
- تغييرات نسبت اتميO/C در اين مرحله در کروژنهاي گروه I و II کم است.

www.oilexploration.ir



مسیر کلی تکامل کروژن در مراحل دیاژنز، کاتاژنز و متاژنز در نمودار وان کرولن

www.oilexploration.ir



نمودار کلی تشکیل هیدروکربن به صورت تابعی از عمق سنگ مادر

نمودار فوق نمایانگر فراواني، فاز، نوع هیدروکربنها و مراحل تحول کروژن نسبت به عمق است.

www.oilexploration.ir

زمان و چگونگی تشکیل نفت و گاز

- زمان تشکیل نفت به قرار گرفتن لایه کروژن دار در عمق کافي و بنابراین به نحوه رسوبگذاري و سرگذشت حوضه رسوبي بستگي دارد.

- در آغاز رسوبگذاري مقدار كمي‌هيدروكربن در رسوبات جوان وجود دارد كه همان هيدروكربني است كه در بدن موجودات زنده مانند دياتمه ها توليد مي‌شود.
- به طوريكه در نمودار ديده مي‌شود اين هيدروكربنها در تمام طول دياژنز ودر مرحله توليد نفت كاتاژنز در نفت خام استخوان بندي مولكولي خود را حفظ مي‌نمايند.
- اين هيدروكربنهاي سنگين **فسيلهاي ژئوشيمي**ناميده مي‌شوند.

www.oilexploration.ir

- در زماني طولاني و همراه با افزايش عمق تغييرات بسيار كمي‌در ساختمان مولكولي كروژن صورت مي‌گيرد و كروژن تعادل ناپايدار مولكولي خود را حفظ مي‌كند و چون هيدروكربني توليد نمي‌كند نابالغ خوانده مي‌شود.
- در اين مرحله باندهاي اتم هاي ناهمجنس مي‌شكند و به خصوص اكسيژن به صورت تركيبات آب و گاز كربنيك از مولكول كروژن جدا مي‌شود.
- در اواخر مرحله دياژنز اتمهاي ازت و گوگرد از مولكول جدا مي‌گردند.

www.oilexploration.ir

- با افزايش درجه حرارت، فاز اصلي توليد نفت با شكستن اتصال هاي كربن به كربن آغاز مي‌گردد.
- در ابتدا هيدروكربنهاي زنجيري طويل شكسته مي‌شود.
- در اين زمان كه آغاز مرحله كاتاژنز است مولكولهاي بزرگي كه داراي ۱۵ تا ۳۰ اتم كربنند نيز توليد مي‌گردند.
- تصور مي‌شود كه اين مولكولهاي بزرگ بخشي از هيدروكربنهاي زيستي يا فسيلهاي ژئوشيمي‌مي‌باشند.

www.oilexploration.ir

- به طور كلي نسبت اتميH/C در هيدروكربنهاي توليد شده از اين نسبت در مولكول كروژن بيشتر است.
- اين نسبت در نفت خام متوسط ۵/۱ تا ۲ و در گاز متان ۴ است.
- به اين ترتيب طي مرحله كاتاژنز مولكول كروژن قسمت اعظم هيدروژن خود را از دست داده و در پايان اين مرحله نسبت اتميH/C به ۵/۰% مي‌رسد.
- مرحله كاتاژنز با توليد نفت آغاز و با پايان توليد گاز مرطوب خاتمه مي‌يابد.

www.oilexploration.ir

- در مرحله دياژنز، در عمق ۳۵۰ متري، تنها هيدروكربن موجود در سنگ فسيل هاي ژئوشيميي‌است كه فراواني آن در سطح زير نمودار به رنگ سياه نشان داده شده است.
- در آغاز مرحله كاتاژنز، در عمق ۱۳۵۰ متري، نفت توليد شده به صورت سطح نقطه چين نمايان است.
- در اين مرحله در عمق بيشينه توليد نفت، در عمق ۲۵۵۰ متري مقدار بسيار كمي‌از فسيلهاي ژئوشيميي‌باقي مانده است.

www.oilexploration.ir

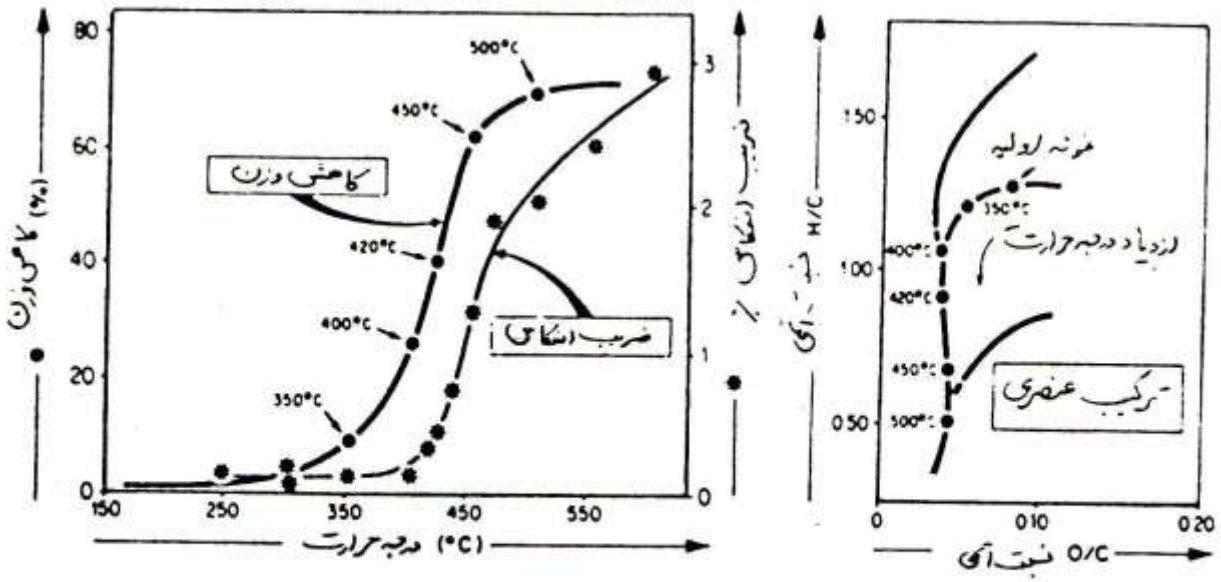
- اعماق آغازين و پاياني مرحله كاتاژنز به خيز زمين گرمايي، نوع كروژن و سن لايه كروژن دار بستگي دارد.
- كاتاژنز از عمق ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ متري آغاز و در اعماق ۴۰۰۰ تا ۵۰۰۰ متري خاتمه مي‌يابد.
- بنابراين به طور كلي مي‌توان نتيجه گرفت كه در اعماق بيش از ۵۰۰۰ متري امكان يافتن نفت يا هيدروكربن مايع بسيار كم است.
- عمقي كه پس از آن ديگر نفت يافت نمي‌شود سنگ كف نفت(Oil floor) مي‌نامند.

www.oilexploration.ir

تکامل مصنوعی کروژن

- کارهاي تجربي زيادي در اين زمينه انجام شده است که بيشتر مربوط به استخراج نفت از شيل هاي نفتي مي‌گردد.
- تکامل مواد آلي و کروژن در طبيعت تحت تاثير درجه حرارت و زمان زمين شناسي صورت مي‌پذيرد.
- در آزمايشگاه عامل زمان را در مقياس طبيعي آن يعني ميليون سال نمي‌توان به کار گرفت.
- با ازدياد درجه حرارت سعي در جايگزين ساختن حرارت به جاي زمان شده و سعي مي‌شود که با سرعت بخشيدن به واکنش شيميايي اين عامل بسيار کوتاه گردد.

www.oilexploration.ir



نمودار تکامل مصنوعی کروژنی از گروه ۲ را نشان می‌دهد. نمودار سمت راست تغییر ترکیب عنصری و نمودار سمت چپ کاهش وزن و تغییرات ضریب انعکاس را نشان می‌دهد

www.oilexploration.ir

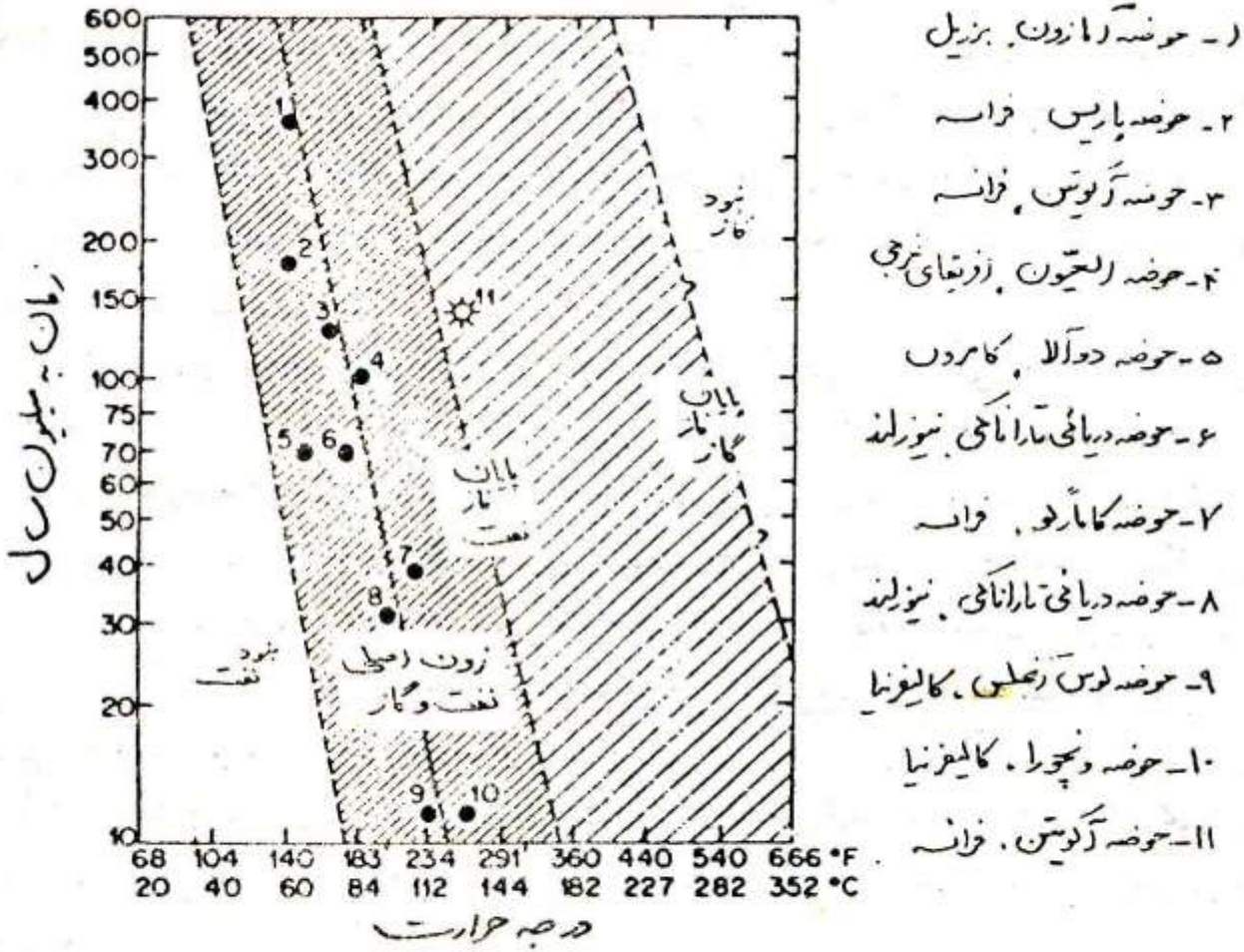
نقش درجه حرارت، زمان و فشار در تكامل كروژن

- تكامل كروژن و توليد نفت و گاز به طور كلي شيميايي است و سرعت آن مانند هر واكنش شيميايي به درجه حرارت و زمان بستگي دارد.
- بديهي است از سنگ مادري كه فقط يك ميليون سال تحت درجه حرارت دماي ثابتي قرار داشته انتظار نمي‌رود همان قدر نفت توليد نموده باشد كه سنگ مادر مشابهي با همان مشخصات در همان درجه حرارت طي صد ميليون سال توليد نموده است.

www.oilexploration.ir

- اثر فشار در تكامل كروژن به خوبي شناخته نشده است.
- مقايسه حوضه هاي رسوبي لوس آنجلس و ونچورا كه دو حوضه رسوبي نزديك به يكديگر ولي داراي خيز زمين گرمايي متفاوتند نشان مي‌دهد كه شروع مرحله كاتاژنز در حوضه لوس آنجلس در عمق ۲۴۰۰ متري صورت مي‌گيرد ولي آغاز اين مرحله در حوضه ونچورا در عمق ۳۶۰۰ متري مي‌باشد.
- با توجه به تفاوت خيز زمان گرمايي، درجه حرارت در هر دو حوضه در اعماق فوق مساوي و معادل ۱۱۵ درجه سانتيگراد است.
- اختلاف اين دو عمق ۱۲۰۰ متر است كه اختلاف فشاري در حدود ۳۰۰ اتمسفر را ايجاد مي‌كند ولي اين اختلاف فشار اثر محسوسي بر تكامل كروژن نداشته و در هر دو حوضه كروژن در درجه حرارت مساوي از نظر تكامل وضع مشابهي داشته است.
- از اين رو مي‌توان اثر فشار را در تكامل كروژن جزيي فرض نمود.

www.oilexploration.ir



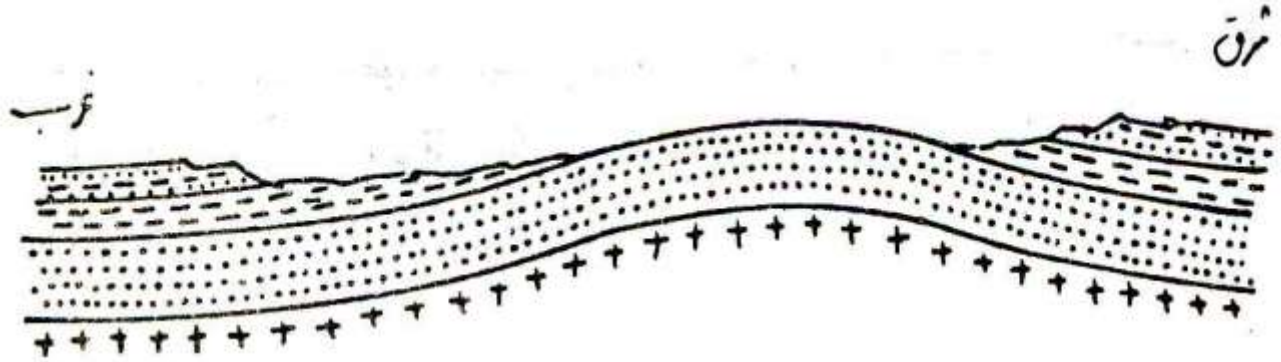
نمودار تجربی اثر درجه حرارت و زمان در تکامل کروژن و تشکیل نفت و گاز

www.oilexploration.ir

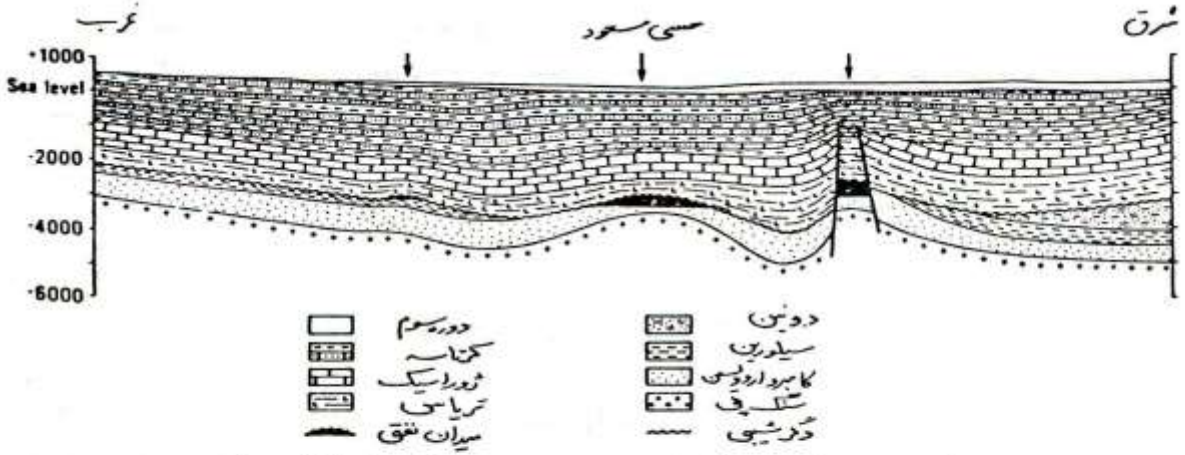
زمان تشكيل سنگ مادر و زمان توليد نفت و گاز

- هنگامي‌نفت در زماني كوتاه، در حدود ۵ تا ۱۰ ميليون سال پس از رسوبگذاري سنگ مادر تشكيل مي‌شود كه سرعت رسوبگذاري و نشست حوضه رسوبي زياد باشد.
- مانند حوضه هاي رسوبي اندونزي، ساخالين و كاليفرنيا كه در آنها ضخامت رسوبات ميو-پليوسن در حدود ۳۰۰۰ متر است.

www.oilexploration.ir

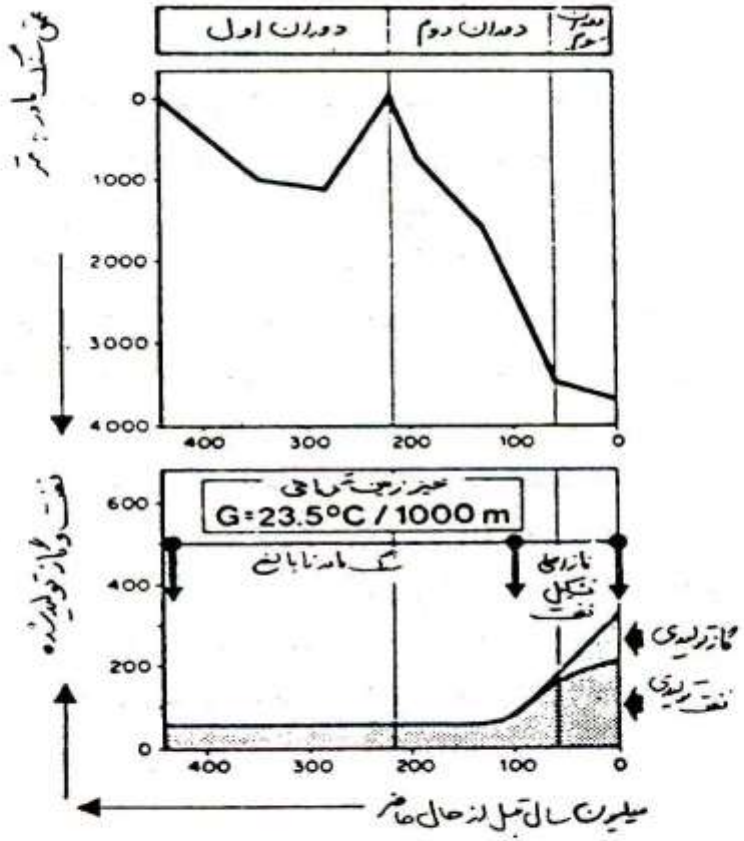


مقطع زمین ساختی تاقدیس حسی مسعود در پرمین میانی



مقطع زمین ساختی میدان نفتی حسی مسعود. سنگ مخزن کامبرواردویسین و سنگ مادر سیلورین را سنگ‌های دوران دوم با دگرشیبی پوشانیده است

www.oilexploration.ir



وضع مدفون شدن و تولید نفت سنگ مادر سیلورین در طول زمان زمین‌شناسی

در تاقدیس حسی سعود

www.oilexploration.ir

شیل های نفتی(Oil Shales)

- شيلهاي نفتي سنگ مادرهاي بسيار غني از كروژن مي‌باشند كه هيچگاه در عمق كافي مدفون نشده، نابالغ باقي مانده و نفتي توليد نكرده اند. اين شيلها نوعي سنگ مادر محسوب مي‌شوند.

- ماده آلي موجود در شيلهاي نفتي كروژن است. اين شيلها به طور طبيعي فاقد نفت بوده و فقط مدار كمي‌قير در آنها يافت مي‌شود كه به وسيله حلالهاي نفتي قابل استخراجند.
- نفت شيل(Shale oil) تنها در اثر حرارت دادن شيل نفتي تا ۵۰۰ درجه سانتيگراد استخراج مي‌شود.
- اين حرارت زياد در زمان كم همان اثر حرارت كمي‌را دارد كه اگر سنگ در اعماق كافي مدفون مي‌شد در طول زمان زمين شناسي به طور طبيعي سبب بلوغ كروژن مي‌گرديد.

www.oilexploration.ir

تاریخ استخراج نفت از شیلهای نفتی

- نخستين نوشته درباره شيل هاي نفتي از قرن هفدهم در دست است.
- اولين تاسيسات استخراج نفت از شيلهاي نفتي در سال ۱۸۳۸ در فرانسه، در ۱۸۵۰ در اسکاتلند وسپس در بسياري از کشورهاي ديگر اروپايي به راه افتاد.
- استخراج نفت از شيلهاي نفتي در سال ۱۹۷۲ در چين ۱۰ ميليون تن و درشوروي ۳ ميليون تن بوده است.
- در برزيل در سال ۱۹۷۴ در حدود ۵۰۰۰۰ تن نفت از شيلهاي نفتي استخراج شده است.

www.oilexploration.ir

مقايسه شيل نفتي با سنگ مادر

- كروژن موجود در شيل نفتي تفاوتي با كروژن سنگ مادر ندارد.
- حرارتي كه به شيل نفتي داده مي‌شود قابل مقايسه با حرارتي است كه در اثر مدفون شدن سنگ مادر، در طبيعت به آن داده مي‌شود تا نفت توليد گردد.
- تفاوت عمده بين سنگ مادر و شيل نفتي در عيار كروژن و درجه بلوغ آن است.

www.oilexploration.ir

بخش سوم
سنگ مخزن

- سنگ مخزن(Reservoir rock) فضاهاي خالي ظرف زير زميني نفت و گاز را تامين مي‌كند. اين فضاها را خلل و فرج بين ذرات كانيها ايجاد مي‌كنند. هر سنگي كه به اندازه كافي فضاي خالي براي تجمع هيدروكربن داشته و هنگامي‌كه چاهي در داخل آن حفر گردد سيال ذخيره شده را در چاه تخليه كند مي‌تواند سنگ مخزن باشد.

- سنگها كم وبيش داراي فضاي خالي يا تخلخل(Porosity) مي‌باشند ولي تنها سنگهايي كه داراي خلل و فرج بيشتر و مرتبط با يكديگرند سنگ مخزنهاي مفيد را تشكيل مي‌دهند.
- بنابراين مهم ترين خاصيت فيزيكي سنگ مخزن دارا بودن تخلخل و تراوايي(Permeability) است.
- هر سنگ مدفون چه رسوبي، چه آذرين و چه دگرگوني(Metamorphic) درصورت داشتن اين ويژگي مي‌تواند نقش سنگ مخزن را داشته باشد.

www.oilexploration.ir

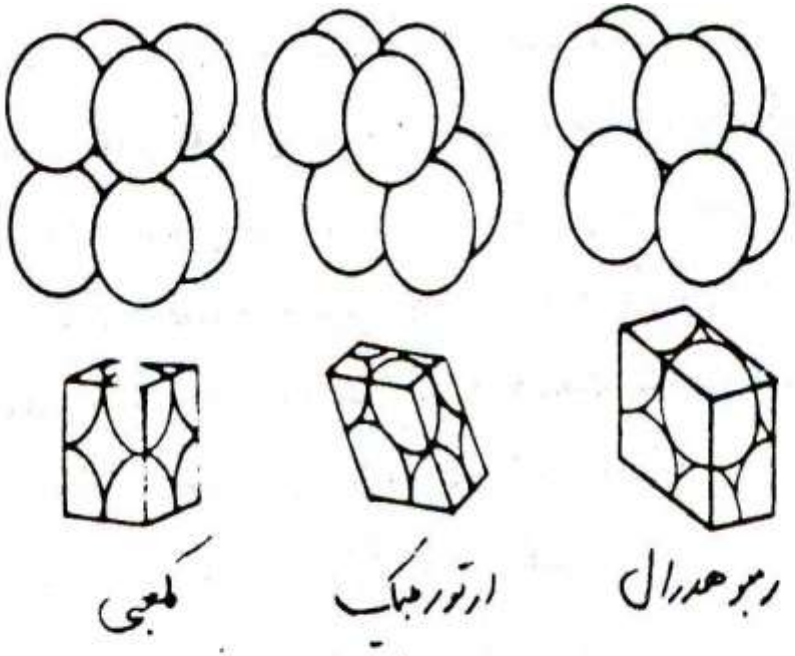
تخلخل

- تخلخل هر سنگ نسبت حجم فضاي خالي موجود در آن به حجم كلي سنگ است.
- تخلخل =حجم فضاي خالي /حجم كلي سنگ اين نسبت معمولاً به صورت درصد و گاه به صورت كسري از واحد نشان داده مي‌شود.

لورسن (A.I.Levorsen) سنگ مخزن با تخلخل۵-۰% را ناچيز، ۱۰-۵% را ضعيف، ۱۵-۱۰% متوسط، ۲۰-۱۵% را خوب و بيش از ۲۰% را عالي محسوب مي‌كند .

www.oilexploration.ir

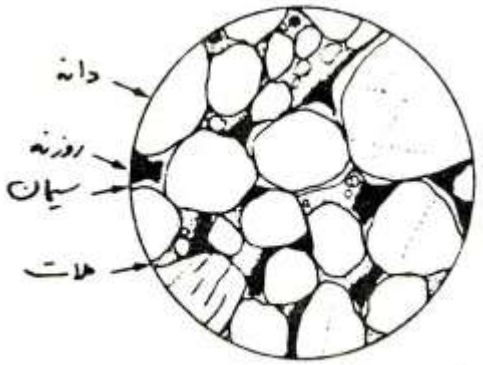
- تخلخل در انباشتگی مکعبی حدود ۴۸٪ ،انباشتگی رومبوئدریک ۲۶٪ و انباختگی ارئورومبک ۴۰٪ می‌باشد.



انباشتگی‌های مهم.

www.oilexploration.ir

- سنگ رسوبی معمولاً از دانه ملات، سیمان و فضاهای خالی تشکیل شده است. دانه ها از کانیهای آواری بوده و بدنه سنگ را تشکیل می‌دهند.
- ملات از کانیهای آواری ریزتر تشکیل شده که همراه با دانه ها رسوب کرده است.
- سیمان از تشکیل و رشد بلور کانیها در فضاهای خالی سنگ پس از رسوبگذاری به وجود می‌آید.
- فضاهای خالی را ممکن است گاز، مانند ازت، گاز کربنیک وهیدروکربن مانند متان ویا مایع مانند آب شیرین، آب شور و یا نفت پر کرده باشد.



ترکیب سنگ رسوبی که شامل دانه، ملات، سیمان و روزنه است.

www.oilexploration.ir

- تخلخل سنگها را به دو طریق می‌توان اندازه گرفت؛ اندازه گیری مستقیم که تخلخل نمونه برداشت شده از رخنمون و یا مغزه چاه در آزمایشگاه اندازه گیری می‌شود.
- اندازه گیری غیر مستقیم با استفاده از نمودارهای چاه نگاری(Well logging) مانند نمودار صوتی(Sonic log)، نمودار جرم مخصوص(Litho – density log) و نمودار نوترن جبران شده(Compensated noutronlog) انجام می گیرد.

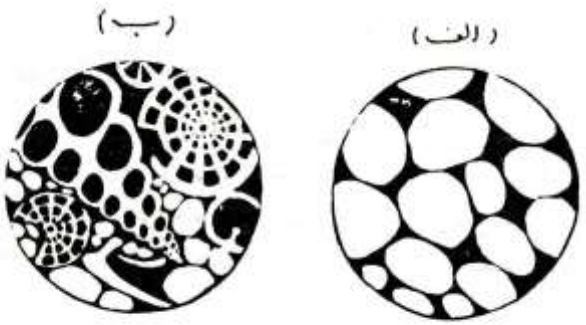
www.oilexploration.ir

- تخلخل را پژوهشگران بر اساس توصيف شكل فضاهاي خالي و يا منشاء زايشي(Genetic) به گروههاي مختلف تقسيم كرده اند. ولي آن چه به طور گسترده مورد پذيرش قرار گرفته است تقسيم آن به دو گروه تخلخل اوليه(Primary Porosity) و تخلخل ثانوي(Secondary Porosity) است. تعريف ديگري نيز از تخلخل مفيد و غير مفيد وجود دارد.

www.oilexploration.ir

تخلخل اوليه

- تخلخل اوليه يا تخلخل رسوبگذاري، تخلخلي است كه سنگ در بدو رسوبگذاري داراست و بيشتر به جورشدگي(Sorting) و گردشدگي(Rounding) دانه ها و انرژي محيط رسوبي بستگي دارد. اگر محيط رسوبي پر انرژي باشد گل يا ملات بين دانه ها رسوب نخواهد كرد در شكل دو نوع متخلخل اوليه در محيط پر انرژي ديده مي‌شود.



تخلخل بين دانه‌ای (الف) و تخلخل مخلوط بين دانه‌ای و ميان دانه‌ای (ب)

www.oilexploration.ir

تخلخل ثانوی

- عوامل مختلف طي زمان زمين شناسي تخلخل اوليه سنگ را تغيير داده و تخلخل جديدي را پديدار مي‌آورد كه تخلخل ثانوي ناميده مي‌شود. اين تخلخل ممكن است كمتر از تخلخل اوليه يا بيش از آن باشد.
- به علت تعدد عواملي كه سبب تغيير حجم فضاهاي خالي اوليه سنگ مي‌شوند تخلخل ثانوي وضع پيچيده تري نسبت به تخلخل اوليه دارد.

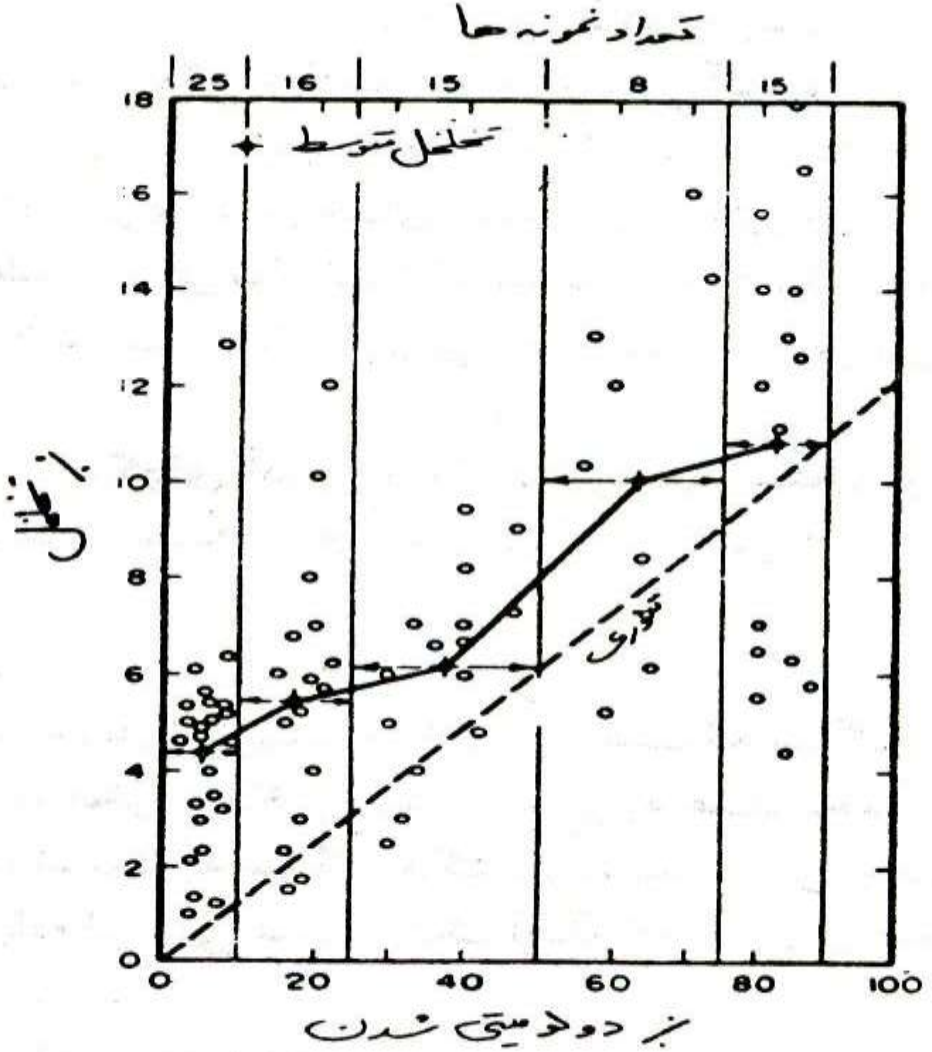
www.oilexploration.ir

- مهم ترين انواع تخلخل ثانوي به شرح زير است. بايد توجه داشت كه در طبيعت ممكن است دو و يا چند نوع از اين تخلخل‌ها در سنگي وجود داشته باشد.
- **تخلخل بين بلوري(Intracrystalline porosity)**
- **تخلخل پنجره اي(Fenestral Porosity)**
- **تخلخل قالبي(Molding porosity)**
- **تخلخل حفره اي(Vuggy porosity)**
- **تخلخل شكافي (Fracture porosity)**

عوامل تغيير دهنده تخلخل

- عوامل مختلف زمين شناسي ممكن است حجم فضاهاي خالي سنگ را تغيير داده و تخلخلي كمتر و يا بيشتر ايجاد نمايند.
- تراكم(Compaction)، سيماني شدن(Cementation) و تبلور مجدد(Recrystallization) سبب كاهش تخلخل مي‌گردند. انحلال(Solution)، درز و شكاف و دولوميتي شدن(Dolomitization) بر تخلخل مي‌افزايند.

www.oilexploration.ir



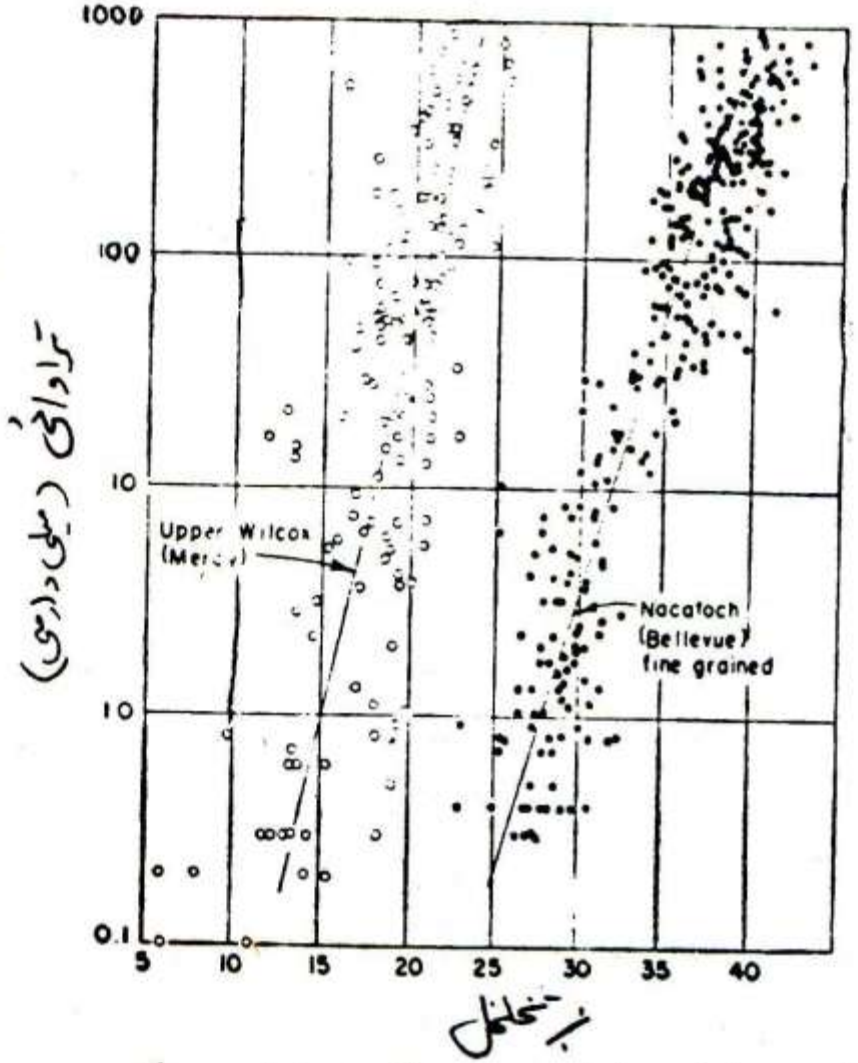
رابطه بین تخلخل و درجه دولومیتی شدن در سنگ آهک آسماری.

www.oilexploration.ir

تخلخل مفيد(Effective porosity)

- فضاهاي خالي مرتبط با هم تخلخل مفيد سنگ را تشكيل مي‌دهند. تراوايي سنگ و توان بهره دهي آن بستگي به ميزان تخلخل مفيد دارد.معمولاً تخلخل مفيد در حدود ۱۰-۵% از تخلخل كلي سنگ كمتر است.

www.oilexploration.ir



رابط بین تخلخل و تراوایی در دو سنگ مخزن ماسه سنگی.

www.oilexploration.ir

انواع مهم سنگ مخزن

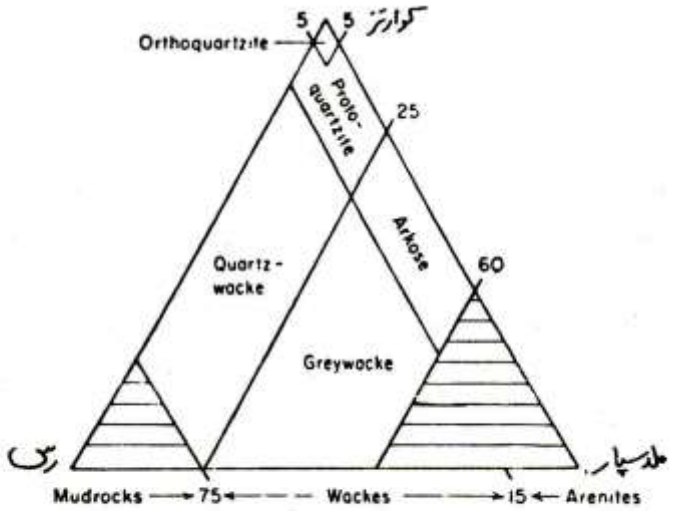
- طبقه بندي سنگ مخزن بر حسب جنس سنگ انجام مي‌گيرد و چون بيشتر مخازن عمده نفت و گاز در سنگ مخزنهاي رسوبي قرار دارند اين طبقه بندي از نوع سنگهاي رسوبي الهام مي‌گيرد.سنگ مخزنهاي مهم از نظر ميزان ذخيره و تعداد، در سه گروه عمده قرار مي‌گيرند، آواري، كربناته ومتفرقه.

سنگ مخزنهای آواری

- سنگهاي آواري از كانيها و سنگهاي قديمي‌خرد شده اي تشكيل مي‌شوند كه از نواحي فرسوده شسته شده و به محل رسوب گذاري حمل مي‌گرديده اند. بنابراين ويژگي هاي سنگهاي آواري به نوع سنگ فرسوده، عامل فرسايش، عامل حمل، مسافت طي شده، سرعت حمل و محيط رسوب گذاري بستگي دارد. بيشتر نزديك به تمام سنگ مخزنهاي آواري را ماسه سنگها و فقط تعداد كمي‌را كنگلومراها تشكيل مي‌دهند.

سنگ مخزن های ماسه سنگی

- ماسه سنگها را از نظر اندازه دانه ها، محيط رسوبي و تركيب مي‌توان طبقه بندي نمود. اگر كوارتز، فلدسپات و رس سه جزء اصلي ماسه سنگها را در سه راس نموداري مثلثي قرار دهيم طبق نمودار ماسه سنگها در ۵ گروه قرار خواهند گرفت.



رده‌بندی ماسه سنگها بر اساس استفاده از رس به عنوان شاخص بلوغ بافتی و فلدسپار به عنوان شاخص بلوغ شیمیایی (از سِلّی).

www.oilexploration.ir

سنگ مخزنهای کنگلومرایی

- مي‌توان کنگلومراها را ماسه سنگهاي بسيار دانه درشت در نظر گرفت که ممکن است تمامي‌خواص لازم سنگ مخزن را دارا باشند ولي چون مقدار کنگلومرا در حوضه هاي رسوبي زياد نيست از اين رو نقش مهمي‌را در ايجاد نفت و گاز ايفا نمي‌کنند. سنگ مخزنهاي کنگلومرايي معمولاً به صورت عدسي در داخل ماسه سنگها موجود مي‌باشند.

www.oilexploration.ir

سنگ مخزنهای کربناته

- سنگ كربناته سنگي است كه بيش از ۵۰% وزن آن كربنات كلسيم يعني كاني كلسيت و آراگونيت ويا كربنات مضاعف كلسيم و منيزيم يعني كاني دولوميت باشد. همواره مقداري از كانيهاي رسي و مواد آلي به صورت ناخالصي در سنگهاي كربناته وجود دارد كه سبب رنگين شدن سنگ مي‌گردد.

www.oilexploration.ir

- سنگهاي كربناته به دو گروه سنگهاي آهكي و سنگهاي دولوميتي تقسيم مي‌گردند. حدود سنگ آهك و سنگ دولوميت بر حسب درصد كاني كلسيت و دولوميت طبق جدول زير تعريف مي‌شود.

سنگ	كلسيت	دولوميت
آهک	٪۱۰۰ـ۹۵	٪۵ ـ ۰
آهک کمی دولومیتی	٪۹۵ ـ ۷۵	٪۲۵ ـ ۵
آهک دولومیتی	٪۷۵ـ۵۰	٪۵۰ ـ ۲۵
دولومیت آهکی	٪۵۰ ـ ۲۵	٪۷۵ ـ ۵۰
دولومیت کمی‌آهکی	٪۲۵ ـ ۵	٪۹۵ ـ ۷۵
دولومیت	٪۵ ـ ۰	٪۱۰۰ ـ ۹۵

www.oilexploration.ir

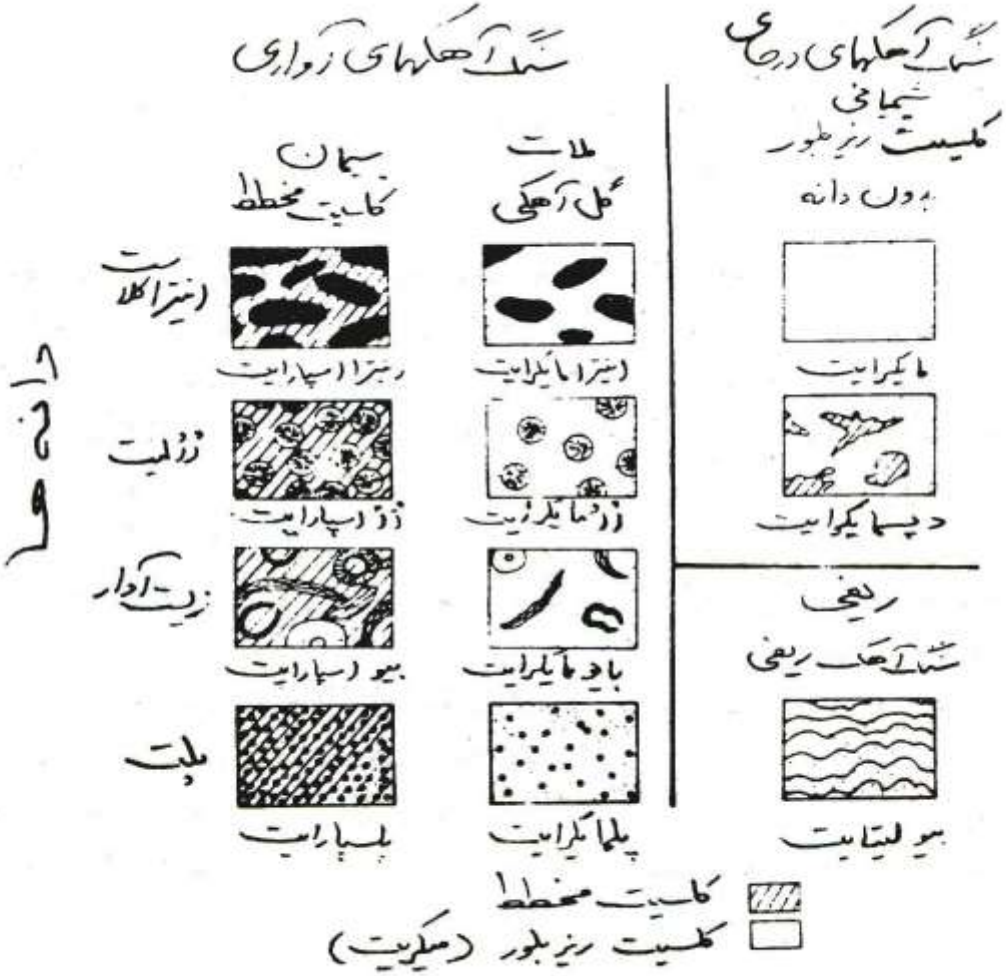
سنگ مخزنهای آهکی

- سنگهاي آهكي در دو گروه قرار مي‌گيرند: سنگ آهكهاي آواري يا نابجا(allochemical) و سنگ آهكهاي درجا (autochthonous).
- **سنگ آهكهاي آواري**
- اين گروه از سنگهاي آهكي مانند سنگهاي آواري از سه بخش دانه، ملات و سيمان تشكيل شده اند.
- زمين شناسان نفت سنگهاي آهكي را اكنون بيشتر بر پايه نامگذاري فولك(R.Folk) و دانهام(R.J.Dunham) مورد مطالعه قرار مي‌دهند. نامگذاري فولك بر اساس ويژگي دانه ها، وجود ملات گل آهكي و سيمان انجام مي‌گيرد.

www.oilexploration.ir

- دانه ها كه فولك از آنها به عنوان اجزاء نابجا نام مي‌برد در چهار گروه به شرح زير قرار مي‌گيرند:
- الف- زيست آوارها(بيوكلست‌ها)
- ب- االيت ها
- ج- پلت ها
- د- اينتراكلست

www.oilexploration.ir



نمودار تصویری رده‌بندی اصلی سنگهای آهکی توسط فولک در سال ۱۹۵۹

www.oilexploration.ir

بافت رسوبی اولیه	بافت رسوبی اولیه مشخص است			
مشخص نیست	اجزاء سنگ در	دانه‌های سنگ در زمان رسوبگذاری متصل به هم نبوده‌اند		
سنگهای کربناته	زمان رسوبگذاری	بدون ملات گل	با ملات گل	
متبلور	متصل به هم	دانه‌ها به‌هم منکی	دانه‌ها به‌هم	دانه‌ها در ملات گل پخش می‌باشند
	بوده‌اند	می‌باشند	منکی می‌باشند	دانه بیش از ۱۰٪	دانه کمتر از ۱۰٪
	باندستون	گرینستون	پکستون	وَکستون	مَدستون

www.oilexploration.ir

در جدول زیر دو سیستم فولك و دانهام با هم مقایسه شده اند

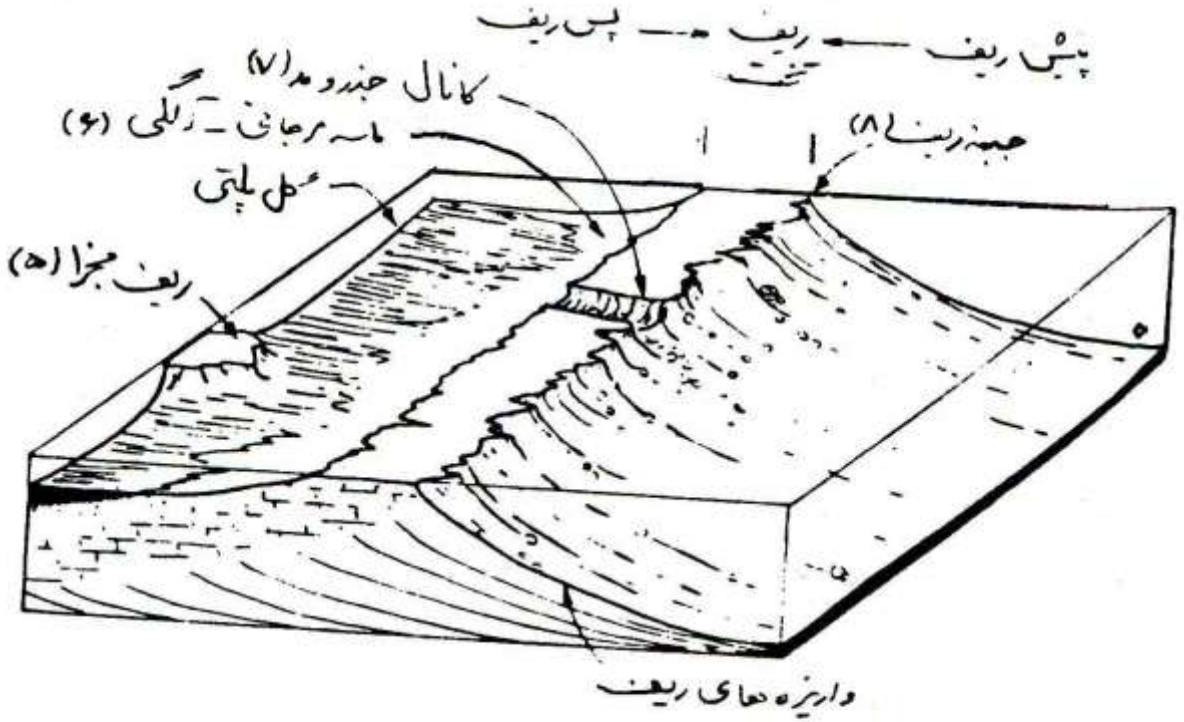
سیستم نامگذاری: فولک				دانهم
اینتراکلاست	آالیت	بایوکلاست	بلت	کمتر از ۱۰٪ دانه
مایکرایت	مایکرایت	مایکرایت	مایکرایت	مدستون
اینترامایکرایت	آامایکرایت	بایومایکرایت	پلمایکرایت	بیش از ۱۰٪ دانه
				وَکستون
اینترا مایک اسپارایت	آامایک‌اسپارایت	بایومایک‌اسپارایت	پلمامایک‌اسپارایت	پکستون
اینتراسپارایت	آاسپارایت	بایواسپارایت	پلسپارایت	گرینستون
	بایولیتایت			باندستون

بطوریکه در این جدول دیده مي‌شود در مقابل هر يك از سه سنگ وکستون، پکستون و گرینستون در سیستم نامگذاري دانهام، چهار سنگ در سیستم نامگذاري فولك وجود دارد.

www.oilexploration.ir

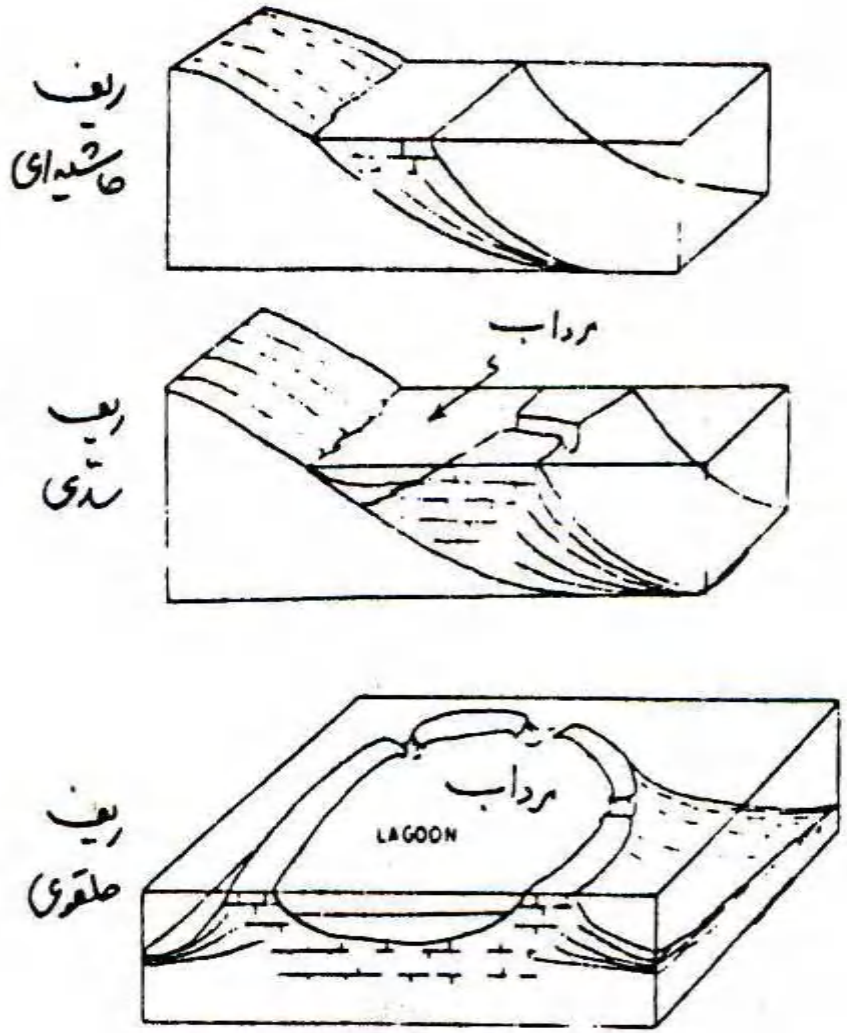
سنگ آهکهای درجا

- در اين گروه از سنگ آهكها كه در محل تشكيل باقي مانده و بدون جابجايي مرحله سنگ شدن را گذارنده اند از ريفها(Reef) مي‌توان نام برد. تمام سنگهاي آهكي ريفي تخلخل و تراوايي زيادي را دارا بوده و سنگ مخزنهاي بسيار نامناسبي را تشكيل مي‌دهند. سنگ آهك ريفي از سنگ شدن درجاي اسكلت آهكي مجتمع جانداران به وجود مي‌آيد. اين سنگها در سيستم فولك بنام بايولبنايت و در سيستم دانهام بنام باندستون ناميده مي‌شوند.



- جغرافياي طبيعي و رخساره هاي ريفي كنوني

www.oilexploration.ir



سه نوع مهم از ریف‌های کنونی

www.oilexploration.ir

سنگ مخزنهای دلومیتی

- در گروه سنگ مخزنهاي كربناته سنگهاي دلوميتي اغلب داراي تخلخل و تراوائي بهتري نسبت به سنگهاي آهكي مي‌باشند. سنگهاي آهكي در طول تاريخ تشكيل خود همواره امكان دولومتيزه شدن را دارا مي‌باشند. دو نوع دلوميتيزه شدن را مي‌توان تشخيص داد: دلوميتيزه شدن قبل از دياژنز كه اغلب همزمان با رسوبگذاري صورت مي‌گيرد و دلوميتيزه شدن پس از دياژنز.

www.oilexploration.ir

سنگ مخزنهای متفرقه

- سنگ مخزنهاي عمده اين گروه شامل سنگهاي آذرين، دگرگوني و شيل هاي شكافدار است. اين كانسارها گر چه از نظر زمين شناسي به علت تجمع نفت و گاز در سنگ مخزنهاي غير متعارف جالب توجهند ولي از نظر اقتصادي به ندرت حائز اهميت مي‌باشد.

بخش چهارم
سنگ پوشش

- سنگ پوشش سنگ يا تركيبي از سنگهاي مختلف است كه در مقابل عبور سيال ناتراوا باشد. سنگ پوشش قابل مقايسه با ديواره ظرف است كه نقش آن نگهداري سيال در داخل ظرف مي‌باشد. سنگ مخزن هر چه ناتراواتر بوده و شكنندگي آن كمتر باشد توان بيشتري براي حفظ هيدروكربن خواهد داشت.
- سنگ پوشش ها را مي‌توان در پنج گروه طبقه بندي نمود كه به ترتيب توان پوششي عبارتند از: سنگهاي تبخيري، آواري، كربناته، مارني و متفرقه.

سنگ پوشش های تبخیری

- مهم ترین سنگ پوشش ها را سنگ نمك(Halite) و گچ(Anhydrite and gypsum) تشكيل مي‌دهند. نمك از ناتراواترين كانيهاست و معادن حفر شده در داخل توده هاي نمك بدون استثناء خشك بوده اند. قابليت سيلان(Flowage) نمك تحت فشار پديده اي شناخته شده است كه در حركت توده هاي نمك در گنبدهاي نمكي به خوبي نمايان است.

www.oilexploration.ir

سنگ پوشش های آواری

- سنگهاي آواري بسيار دانه ريز مانند رس سنگها(Claystone) و شيلها در بسياري از موارد سنگ پوششهاي مناسبي را تشكيل مي‌دهند. شيلها از فراوان ترين سنگهاي رسوبي بوده و به تناوب بين لايه هاي ماسه سنگ ويا سنگ آهك وجود دارد. بنابراين اغلب در رو و زير سنگ مخزنهاي ماسه اي و يا آهكي شيل قرار دارد.

سنگ پوشش های آهکی

- سنگ آهك ريزبلور يا ميكرايت از ديا‌ژنز گل آهكي به وجود مي‌آيد و از اين نظر شبيه رس سنگها است و مانند آن سنگها به دليل موئين بودن خلل وفرج ناتراواست. فرق اين سنگ با رس سنگها در شكنندگي و در نداشتن خاصيت شكل پذيري است. در ناحيه اي آرام از نظر زمين ساخت(Tectonic) اين سنگها مي‌توانند نقش سنگ پوشش را ايفا نمايند.

سنگ پوشش های مارنی

- مارن ها مخلوطي از آهك و رس اند و به اين علت از سنگهاي رسي شكل پذيري كمتري داشته و بيشتر شكننده مي‌باشند، ولي از سنگ آهكهاي ميكريتي شكل پذيرتر بوده از اينرو نسبت به اين سنگها شكنندگي كمتري دارد. خاصيت ناتراوايي مارنها بستگي به مقدار و نوع كاني رس موجود در آن تغيير مي‌كند ولي بهرحال مارنها نيز تحت تاثير نيروهاي زمين ساختي شديد شكاف بر مي‌دارند.

www.oilexploration.ir

سنگ پوشش های متفرقه

- هيدروكربنهاي جامد يا نيمه جامد مانند قيرها گاه با مسدود نمودن خلل و فرج سنگها راه عبور نفت وگاز را مي‌بندند.
- بديهي است چنين سنگ پوششها يعني ماسه سنگهاي قيردار فقط قادر به حفظ نفت در مخازن كم فشار مي‌باشند. ماسه سنگهاي رس دار نيز گاه به حد كافي ناتراوا بوده و مانع عبور هيدروكربن مي‌گردند. سيلتها گرچه به ندرت ولي در برخي از مخازن نقش سنگ پوشش را داشته اند.

www.oilexploration.ir

بخش پنجم نفتگير

- فضاهاي خالي يا روزنه هاي سنگ مخزن را در عمق آب پر مي‌كند. قطره هاي نفت و گاز در داخل روزنه هاي آبدار سنگ مخزن به دليل عوامل مختلف كه مهمترين آنها اختلاف وزن مخصوص نفت و آب است به سوي بالا حركت مي‌كنند تا به لايه اي ناتراوا برسند.

www.oilexploration.ir

- وجود هيدروكربن در داخل نفتگير بستگي به توليد نفت در حوضه و جهت مهاجرت آن دارد. اگر در حوضه نفت توليد شده و در جهت مناسب مهاجرت كرده باشد ممكن است نفتگير پر و يا نيمه پر باشد ولي اگر نفت توليد نشده و يا به سوي نفتگير حركت نكرده باشد، نفتگير خالي خواهد بود.

www.oilexploration.ir

- نفت و گاز پس از ورود به داخل نفتگير و محبوس شدن در آن همراه با آب موجود در نفتگير تحت تأثير نيروي غوطه وري كه ناشي از اختلاف وزن مخصوص نفت و گاز و آب است از يكديگر جدا شده و به ترتيب درجه سبكي روزنه هاي سنگ مخزن را پر مي‌كنند. گاز در بلندترين بخش نفتگير و پس از آن نفت و آب به ترتيب قرار مي‌گيرند.

www.oilexploration.ir

- در نفتگير داراي گاز و نفت و آب، پس از جدايي سيالها و رسيدن آنها به حالت سكون سطح جدايي سيالها كم و بيش به صورت صفحه اي افقي در آمده و سطح تماس گاز و نفت ستون گاز و سطح تماس آب و نفت، ستون نفت ناميده مي‌شود.

www.oilexploration.ir

- گروه بندي نفتگيرها بر پايه مباني مختلفي صورت گرفته است ولي رده بندي بر اساس پيدايش بيشتر اصولي به نظر مي‌رسد. بر اين اساس نفتگيرها در سه گروه به شرح زير قرار مي‌گيرند:
- الف ـ نفتگيرهاي ساختماني كه نيروهاي زمين ساختي در پيدايش و تكوين آنها عامل اصلي است.
- ب ـ نفتگيرهاي چينه اي كه پيدايش آنها به رسوبگذاري و چگونگي گسترش رخساره هاي رسوبي بستگي دارد.

www.oilexploration.ir

نفتگيرهاى ساختمانى

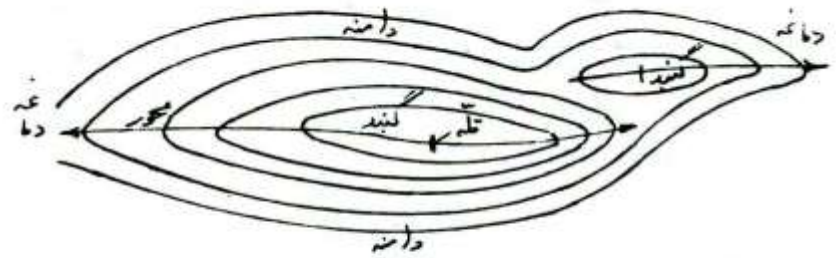
- نفتگيرهاي ساختماني كه در تكوين آنها نيروي زمين ساختي عامل اصلي است شامل سه نوع نفتگير مي‌باشد؛ نفتگيرهاي تاقديسي كه حاصل چين خودرگي مي‌باشند، نفتگيرهاي گسلي كه در تشكيل آنها گسل نقش اصلي را دارد و نفتگيرهاي گنبد نمكي كه در اثر نفوذ و بالا آمدن ستون نمك ايجاد مي‌گردند.

www.oilexploration.ir

نفتگیرهای تاقدیسی(Anticlinal traps)

- اين نفتگيرها كه در اثر چين خوردگي(Folding) پديد مي‌آيند و نفتگيرهاي چيني(Fold traps) نيز ناميده مي‌شوند مهم ترين نوع از نظر مقدار ذخيره و تعداد مي‌باشند. تقريباً تمام مخازن نفت وگاز كشف شده در ايران از اين نوع مي‌باشند. بيشتر روش هايي كه براي اكتشاف نفت ابداع شده براي يافتن نفتگيرهاي تاقديسي بوده است. تاقديس‌ها را با برداشت زمين شناسي در نقاطي كه رخنمون وجود دارد و با برداشت ژئوفيزيكي در زير دشتها و درياها مشخص مي‌نمايند.

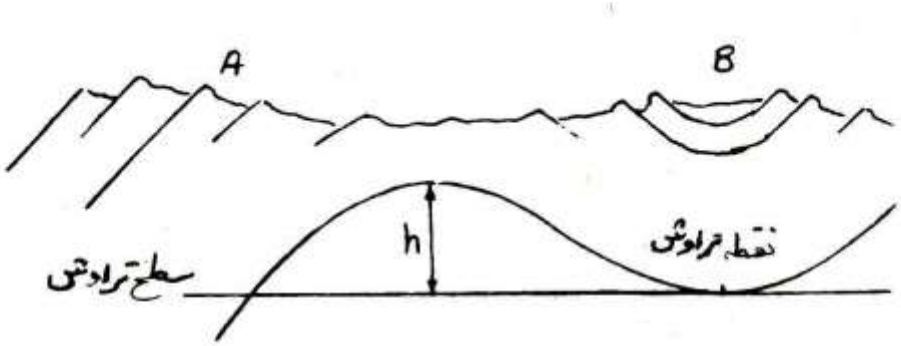
- هر تاقديس داراي دو دامنه(Flank)، دو يا چند دماغه(Plunge) ، يك صفحه محوري و خط محوري است كه به طور خلاصه محور ناميده مي‌شود.
- مرتفع ترين نقطه تاقديس در هر افق قله (Culmination or Apex) تاقديس در آن افق ناميده مي‌شود. تاقديس ممكن است داراي بيش از يك قله يا گنبد(Dome) باشد مانند تاقديس گچساران كه داراي دو گنبد گاز اوليه بوده است.



خطوط تراز تقريبي در افق فوقاني سازند آسماري در تاقديس گچساران

www.oilexploration.ir

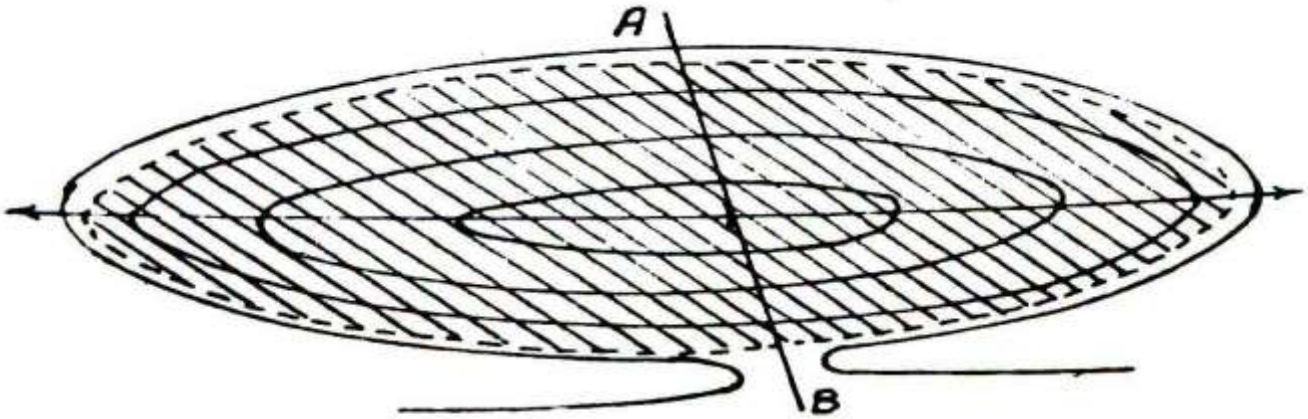
- اندازه تقريبي تاقديس با بستگي تاقديس(Anticlinal closure) معلوم مي‌شود. بستگي تاقديس با ارتفاع بستگي يا بستگي قائم(Vertical Structural closure)و سطح بستگي(Areal slosure) مشخص مي‌شود. ارتفاع بستگي فاصله قله تاقديس از صفحه اي افقي است كه از نقطه باز شدن تاقديس بگذرد.



ارتفاع بستگی (h) در مقطع قائمی که از قله و نقطه تراوش می‌گذرد محل مقطع در شکل ۳۷ دیده می‌شود.

www.oilexploration.ir

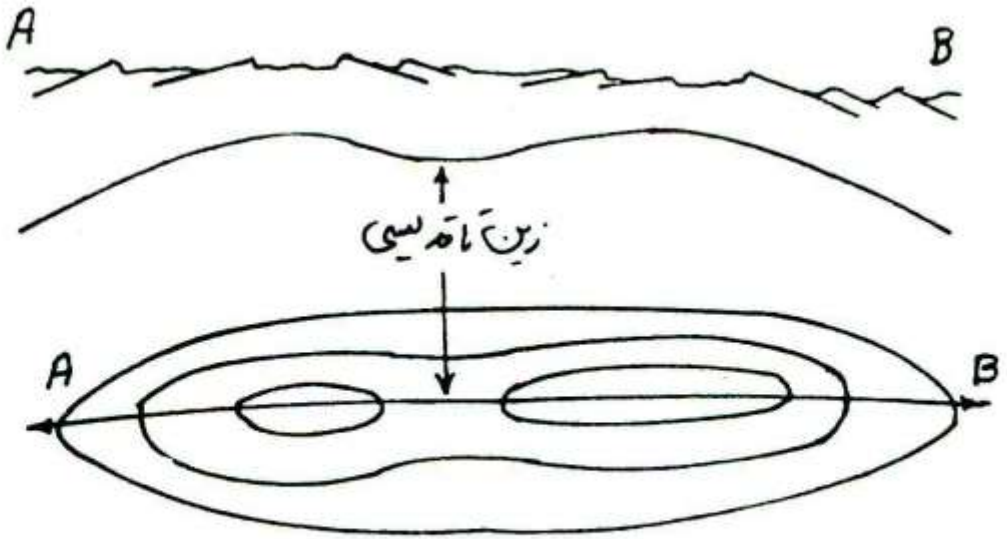
- سطح بستگي يا بستگي افقي مساحت سطحي است كه در آخرين تراز بسته تاقديس محصور است.



سطح بستگي تاقديس با هاشور نشان داده شده است.

www.oilexploration.ir

- زين تاقديس به فرو رفتگي در طول محور تاقديس گفته مي‌شود. در شكل كه برشي در طول محور تاقديس مي‌باشد زين تاقديسي ديده مي‌شود .



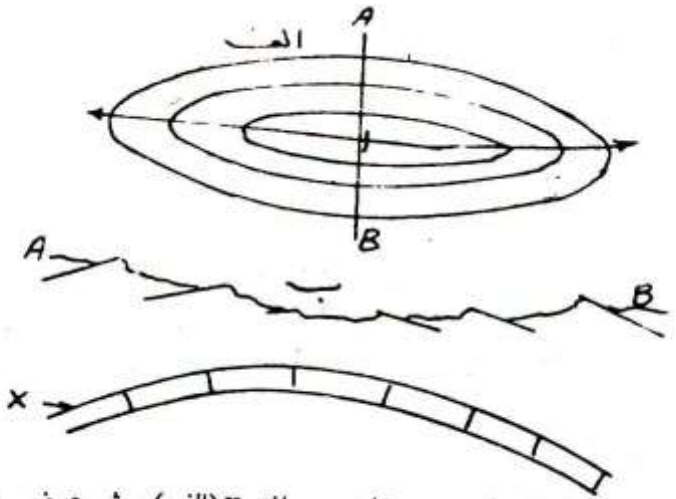
زين تاقديسي در مقطع قائم وخطوط تراز مخزن در همان افق

www.oilexploration.ir

- اگر تاقديس به طور كامل پر شود نقطه اي كه نفت و گاز از آن به خارج تراوش مي‌كند نقطه تراوش(Spill point) و صفحه اي افقي كه از نقطه تراوش بگذرد سطح تراوش(Spilling plane) ناميده مي‌شود. نقطه تراوش را كه از نظر ساختماني ضعيف ترين نقطه آن است زين بحراني(Critical saddle) نيز مي‌نامند.

www.oilexploration.ir

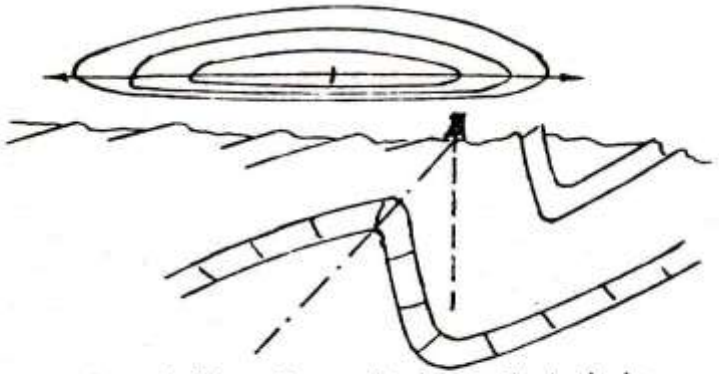
- از نظر شيب دامنه ها تاقديس ممكن است متقارن و يا نامتقارن باشد. در تاقديس متقارن شيب دو دامنه تقريباً نزديك به هم و صفحه محوري قائم است. شكل الف، خطوط تراز تاقديس متقارني را در افق x نشان مي‌دهد. شكل ب برش عرضي همان تاقديس را نشان مي‌دهد.



خطوط تراز تاقديس متقارنی در افق x (الف) برش عرضی همان تاقديس (ب)

www.oilexploration.ir

- در تاقديس نامتقارن شيب دامنه ها متفاوت بوده وحتي ممكن است يكي از دامنه ها برگشته باشد. در تاقديسهاي نامتقارن صفحه محوري قائم نيست و در نتيجه قله تاقديس در عمق به طرف دامنه كم شيب تغيير محل مي‌دهد. چاه قائيم كه از قله سطحي تاقديس حفر شود با ازدياد عمق از محور تاقديس دورتر خواهد شد. شكل زير تاقديس نامتقارن را در برش و خطوط تراز آن را در افق x نشان مي‌دهد.



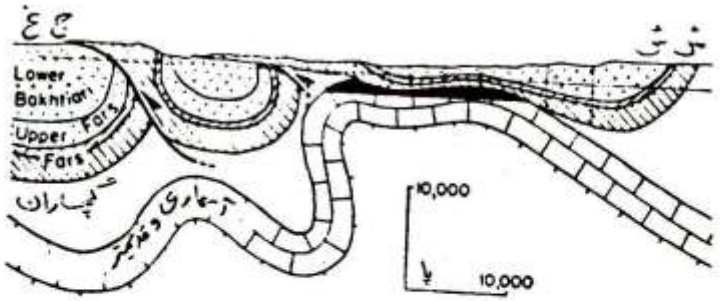
خطوط تراز تاقدیس نامتقارنی در افق x (الف) و برش عرضی همان تاقدیس و وضع چاه قائمی که از محورسطحی حفر شود (ب)

www.oilexploration.ir

- در برخي از تاقديس ها چين خوردگي هماهنگ صورت گرفته و شكل چين خوردگي تا مركز انحناي تاقديس تغيير نمي‌كند. در برخي ديگر از تاقديس ها در چين خوردگي ناهماهنگي ديده مي‌شود كه وجود لايه هاي نامقاوم (Incompetent) در بين لايه هاي مقاوم يكي از علل عمده اين ناهماهنگي است.

www.oilexploration.ir

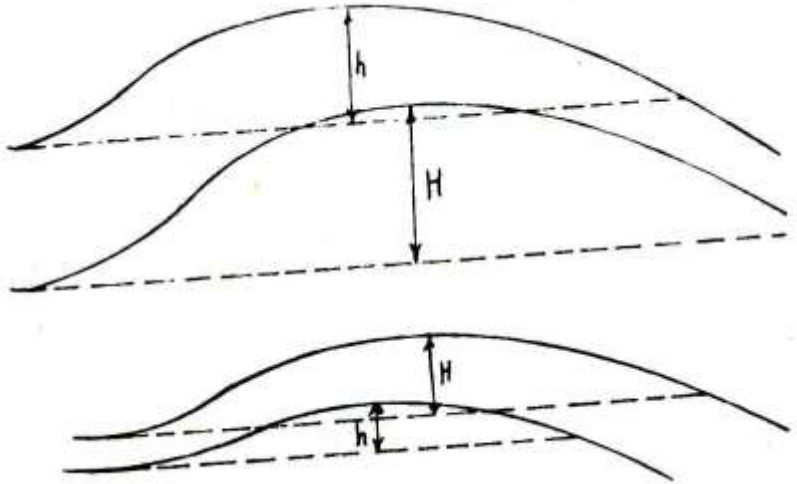
- شكل زير برش عرضي ميدان نفتي مسجد سليمان را نشان مي‌دهد. در اين تاقديس لايه هاي گچي و نمكي سازند گچساران به علت نرمي‌در داخل خود چين خورده و چين خوردگي كلي تاقديس را به صورت ناهماهنگ در آورده است. به طوري كه ديده مي‌شود شكل چين خوردگي در زير و روي اين سازند كاملاً متفاوت است.



برش عرضی تاقدیس مسجد سلیمان. چین‌خوردگی ناهماهنگ در لایه‌های زیر و روی سازند گچساران. نفت به رنگ سیاه نشان داده شده است.

www.oilexploration.ir

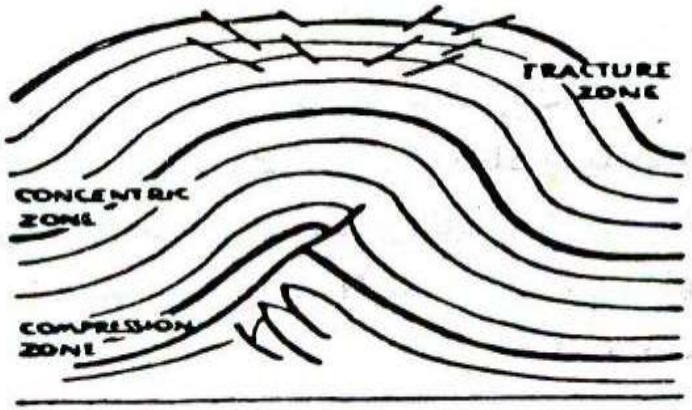
– تغيير ضخامت لايه ها نيز ممكن است سبب ازياد و يا كاهش ارتفاع بستگي تاقديس در عمق گردد. اگر لايه ها از يك طرف تاقديس به سوي نقطه تراوش ضخيم شوند بستگي تاقديس در زير طبقه ضخيم شده بيشتر خواهد شد. اگر لايه ها به سوي نقطه تراوش نازك شوند بستگي تاقديس در زير لايه نازك شده كمتر خواهد شد. شكل زير به صورت اغراق آميز اين مسئله را نشان مي‌دهد.



تغيير بستگي قائم تاقديس به علت تغيير ضخامت. الف – ازدياد بستگي در افقهاي زيرين به علت ازدياد ضخامت لايه ها به سوي نقطه تراوش. ب- كاهش بستگي در افقهاي زيرين به علت كاهش ضخامت لايه ها به سوي نقطه تراوش.

www.oilexploration.ir

- در هر تاقديس با توجه به طول موج چين خوردگي پس از عمق معيني لايه‌هاي زيرين به علت نبود فضاي كافي نمي‌توانند هماهنگ با لايه هاي زبرين چين بخورند و در زير مركز انحناء تاقديس نظم چين بهم مي‌خورد.

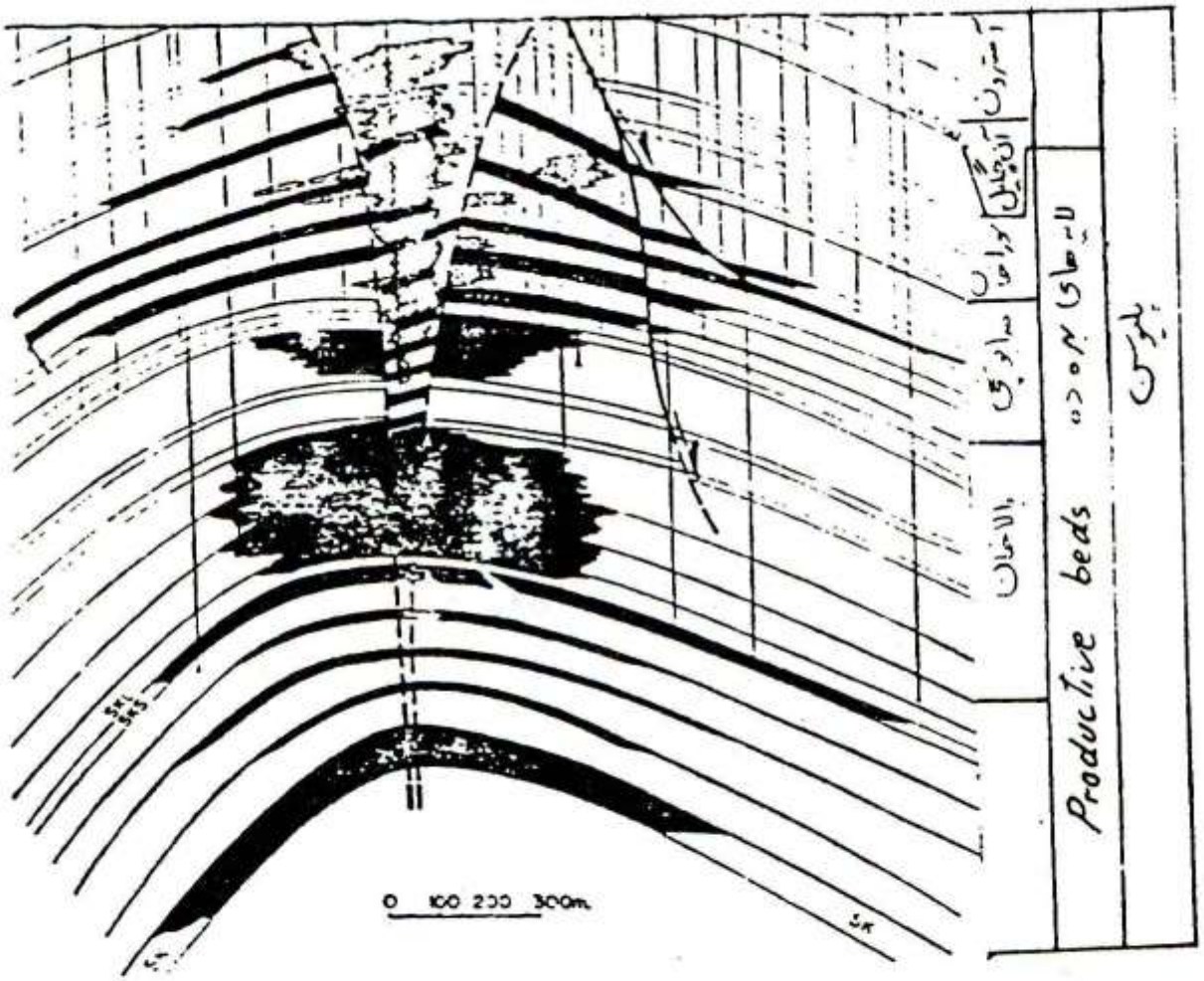


زون هاي چين خوردگي در يك تاقديس، كه زون شكاف دار در بخش مركزي و فوقاني تاقديس و زون چين خوردگي هم مركز را در بالاي مركز انحناء نشان مي‌دهد. زون فشرده در زير آن مركز با چين خوردگي درهم و گسله ديده مي‌شود.

www.oilexploration.ir

- در ساختمانهاي تاقديسي چون لايه هاي متعددي با ضخامت زياد چين مي‌خورند اگر در ناحيه وضع چينه اي مناسبي وجود داشته باشد امكان دارد در يك تاقديس مخزنهاي متعددي در افق هاي مختلف و مجزا از يكديگر تشكيل شوند. ماند ميدان نفتي سانتافه اسپرينگ در كاليفرنيا كه از ۲۳ نفتگير مجزا و ميدان نفتي بي بي ايبت در باكوكه از بيش از ۱۵ مخزن مجزا در يك تاقديس تشكيل شده‌اند.

www.oilexploration.ir



برش قائم میدان نفتی بی‌بی‌ایبت یکی از میدانهای چندمخزنی متعددی که در این ناحیه وجوددارد. دربخش مرکزی میدان گل‌فشان قدیمی غیرفعالی دیده می‌شود. ذخایرنفتی به رنگ سیاه نشان داده شده است. (از لورسن)

www.oilexploration.ir

- بسياري از تاقديس هاي نفتي كشف شده در ايران نيز داراي چند مخزن مجزا مي‌باشند مانند تاقديس اهواز كه داراي سه مخزن مجزا در سازندهاي آسماري، سروك وگروه خامي‌است و ميدان گازي خانگيران در ناحيه سرخس كه داراي دو مخزن گازي مجزا در سازندهاي شوريجه و مزدوران است.

کانسار نمونه، نفتگیر تاقدیسی قوار

- کانسار قوار بزرگترين ميدان نفتي جهان است. طول اين ميدان ۲۵۰ کيلومتر وعرض آن در حدود ۲۰ کيلومتر است. ميزان ذخيره قابل استحصال نهايي در سال ۱۹۸۲ در حدود ۸۳ ميليارد بشکه برآورد شده است. سنگ مخزن اين ميدان را سنگهاي کربناته ژوراسيك فوقاني تشکيل مي‌دهد. جوان ترين سازند ژوراسيك را در اين ميدان انيدريت هيت تشکيل مي‌دهد. در زير آن سازند عرب قرار دارد که از بالا به پايين به ترتيب از بخش کربناتهA، انيدريت، بخش کربناتهB، انيدريت، بخش کربناته C، انيدريت و بخش کربناته D تشکيل شده است. در ميدان نفتي قوار سنگ مخزن اصلي بخشD سازند عرب است که ۲۶۰ پا ضخامت دارد.

www.oilexploration.ir

کانسار نمونه،نفتگیر تاقدیسی بورغان

- تاقديس گنبدي شكل بورغان دومين ميدان نفتي دنيا از نظر مقدار ذخيره است. ميدان نفتي بورغان اولين و مهم ترين ميدان نفتي كشف شده در كويت مي‌باشد. سنگ مخزنهاي اصلي اين ميدان از ماسه سنگهاي بورغان و وارا(Wara)تشكيل شده كه ضخامتشان رويهم در حدود ۴۰۰ متر مي‌باشد. سن ماسه سنگ وارا كرتاسه فوقاني(Cenomanian) و ماسه سنگ بورغان كرتاسه زيرين(Albian) است . سنگ پوشش اين مخزنها شيل و آهك مارني مي‌باشد. ميدان نفتي بورغان بزرگ با ذخيره اي در حدود ۷۲ ميليارد بشكه دومين ميدان نفتي بزرگ جهان است.

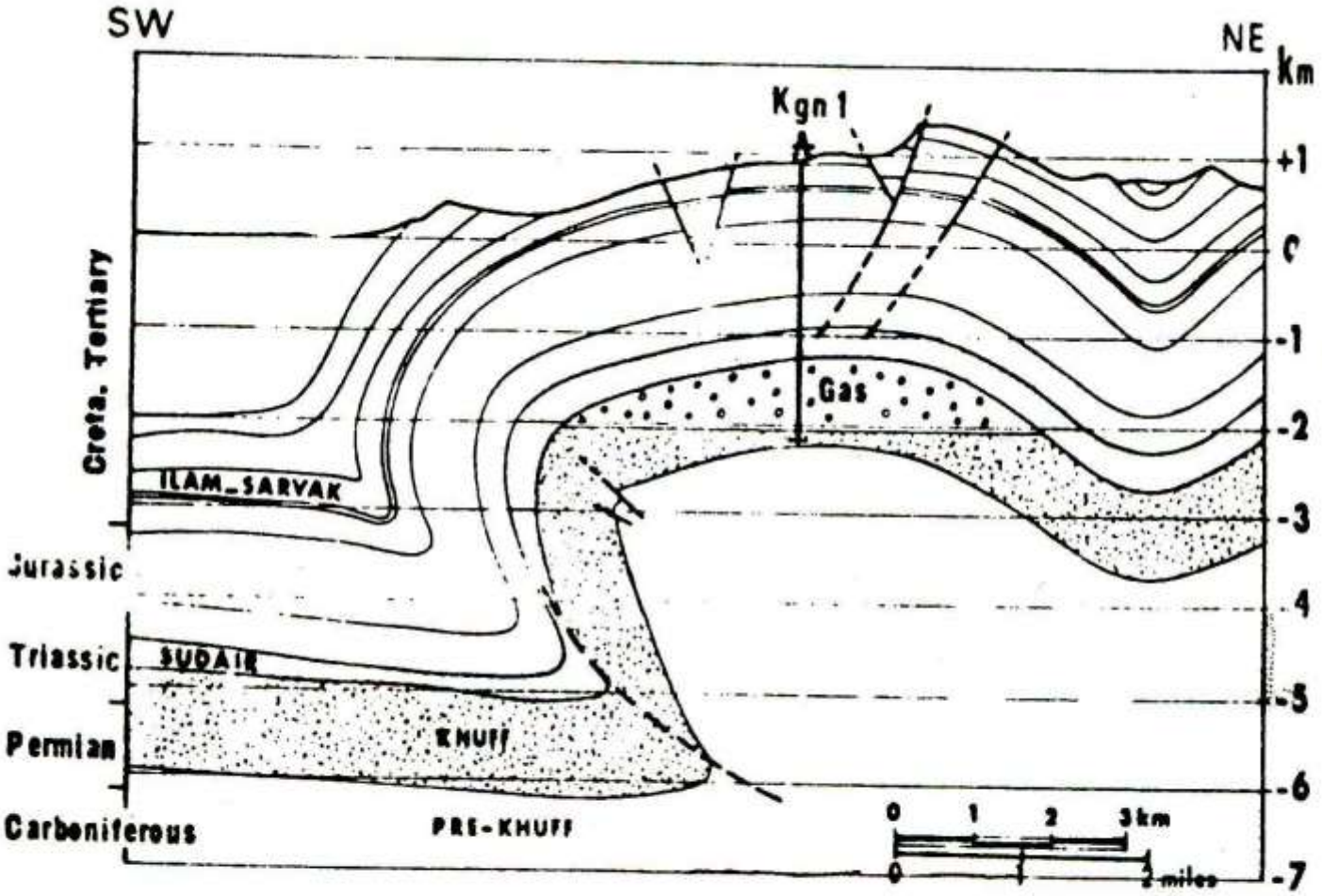
www.oilexploration.ir

کانسار نمونه، میدان گازی تاقدیسی کنگان

- ميدان گازي فوق عظيم كنگان در ۱۵۰ كيلومتري جنوب شرقي شهر بوشهر در سال ۱۳۵۲ كشف شده است. كانسار گازي كنگان تاقديس نامتقارني است كه دامنه جنوب شرقي آن برگشته است. سنگ مخزن آن را سنگهاي كربناته سازندهاي كنگان و دالان كه به ترتيب به سن تریاس زيرين و پرمين فوقاني مي‌باشند تشكيل مي‌دهند. سنگ پوشش مخزن را شيل آغار و لايه هاي تبخيري سازند دشتك مي‌سازند. انيدريت بخش نار از سازند دالان سنگ مخزن را به دو بخش مجزا تقسيم مي‌كند.

- کمترین عمق سنگ مخزن در حدود۲۱۰۰ متر است. ذخیره قابل استحصال میدان کنگان در حدود ۲۴ تریلیون پاي مکعب برآورده شده است. مقدار نفت میعاني این میدان در حدود۲۰۰ بشکه به ازاء هر میلیون پاي مکعب مي‌باشد. شکل زیر برش عرضي این میدان را نشان مي‌دهد.

www.oilexploration.ir



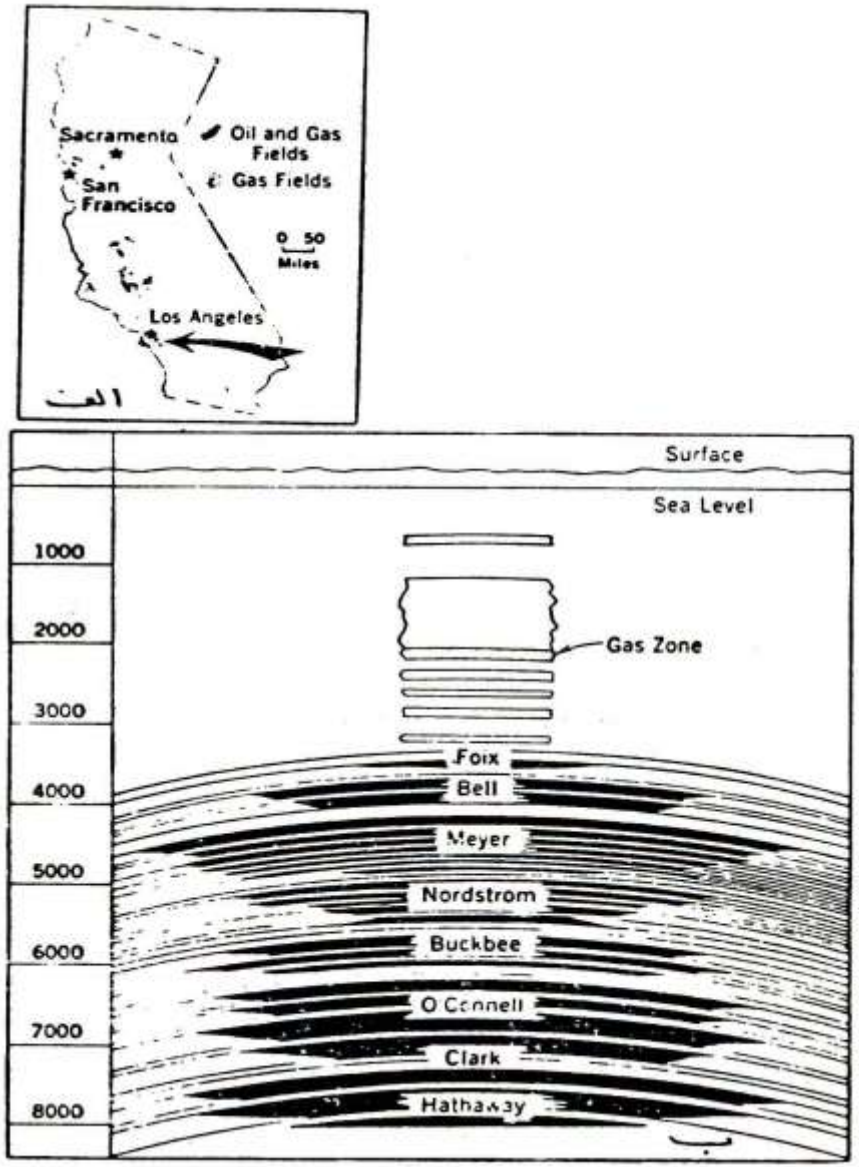
برش عرضی تاقدیس کنگان. سازند سدیر در این شکل معادل سازند دشنک و سازند خوف معادل سازندهای کنگان و دالان می‌باشد. از ریبر[1]

www.oilexploration.ir

کانسار نمونه، نفتگیر تاقدیسی چند طبقه سانتافه اسپرینگ(Santa Fe springs)

- اين ميدان در ۲۰ كيلومتري جنوب شرقي شهر لوس آنجلس واقع و در سال ۱۹۱۹ كشف شده است. تاقديسي گنبدي شكل متقارن با طول وعرض ۳ و۵/۱ كيلومتر است. سنگ مخزن اين كانسار از ۹ گروه ماسه سنگ بهره ده تشكيل شده كه هر يك داراي ضخامتي بين ۱۰۰ تا ۶۵۰ پا مي‌باشد. اين ميدان داراي ۲۴ مخزن جداگانه است كه۲۳ مخزن آن نفتي و يك مخزن گازيست. سن سنگ مخزن گازي و ۷ گزوه از مخزنهاي نفتي زير آن پليوسن و دو ماسه سنگ زيرين ميوسن است.

www.oilexploration.ir



الف ـ محل ميدان نفتي سانتافه اسپرينگ در كاليفرنيا. ب ـ برش عرضي ميدان، گروههاي سنگ مخزن و وضع ذخيره ميدان در زمان كشف.

www.oilexploration.ir

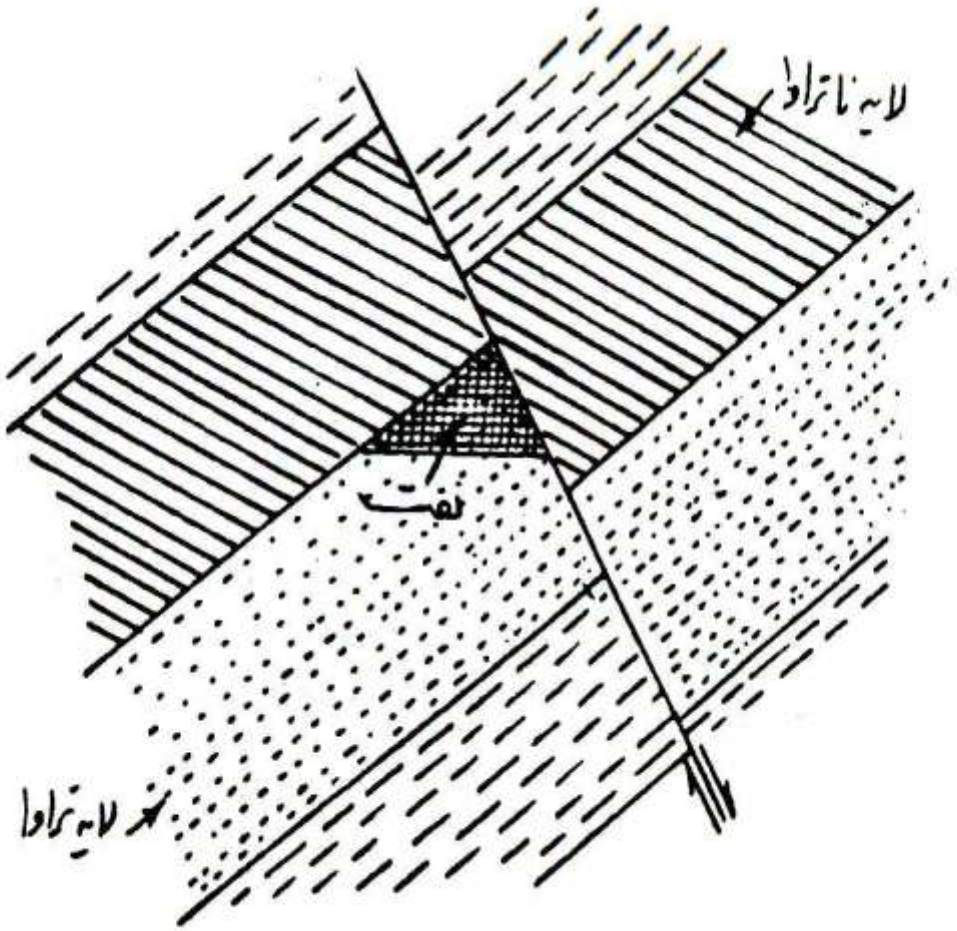
نفتگیرهای گسلی(Fault traps)

- گسل ها چه مستقيم و چه معكوس ممكن است نقشي كاملاً متفاوت در تجمع نفت وگاز داشته باشند. صفحه گسل گاه به صورت كانالي براي مهاجرت نفت و گاز عمل مي‌كند وگاه به صورت عاملي مسدود كننده راه عبور سيال را مي‌بندد. معمولاً در سنگهاي تبخيري و شيلها صفحه گسل غيرقابل نفوذ است و در سنگهاي آهكي و آذرين ومتامورفيك كه شكننده اندصفحه گسل محل مناسبي براي گذر سيال است.

شرایط زیر برای تشکیل نفتگیرهای گسلی لازم است

- الف ـ جابجايي گسل بايد به نحوي باشد كه بخشي از لايه هاي ناتراوا در دو سوي گسل مقابل هم قرار گيرند(شكل زير).
- ب ـ بخشي از لايه‌هاي فوقاني سنگ مخزن در برابر لايه هاي ناتراوا قرار گيرد(شكل زير).
- ج ـ گسل بايد بخشي از تاقديس را ببرد يا گسل هاي جانبي فرعي ديگر بخشي از سنگ مخزن را به صورت بلوكي جدا سازند.

www.oilexploration.ir



برش عرضي نفتگيري گسلي كه شرايط الف و ب را براي تشكيل نفتگير نشان مي‌دهد.

www.oilexploration.ir

- **کانسار نمونه نفتگیر گسلی کرال(Creole)**
- نفتگير گسلي كرال در ساحل لويزيانا در فاصله ۲ كيلومتري ساحل قرار دارد.
- **کانسار نمونه، نفتگیر گسلی فهود(Fahud)**
- ميدان نفتي فهود در عمان نمونه جالبي از نفتگيري گسلي است. سنگ مخزن، سنگ آهك وازيا(Wasia) به سن كرتاسه زيرين(Cenomanian- Albian)۴۲۰ تا۴۵۰ متر ضخامت دارد و اغلب دولوميتي شده است.

www.oilexploration.ir

نفتگیرهای گنبد نمکی

- لايه هاي نمك كه گنبدهاي نمك ريشه در آن دارند در حوضه هاي رسوبي مختلف به سن هاي مختلف از پركامبرين تا كواترنر ديده مي‌شوند. وزن مخصوص نمك۱۶/۲ گرم بر سانتيمتر مكعب است كه كمتر از وزن مخصوص متوسط سنگهاي رسوبي است. سنگ نمك خاصيت شكل پذيري داشته و اگر در عمق كافي قرار گيرد به علت حرارت زمين گرمايي و فشار لايه هاي فوقاني به حالت نيمه سيال و خميري در مي‌آيد و از نقاط پر فشار به نقاط كم فشار حركت مي‌كند.

- پديده هاي زير كه در گنبدهاي نمك مشاهده مي‌شوند جريان و حركت كند نمك را تاييد مي‌كنند.
- الف ـ حركت نمك به صورت يخچالي در اطراف ستون نمك در سطح.
- ب ـ انحناء و گنبدي شكل شدن لايه هاي روي گنبد نمك در گنبدهايي كه به سطح زمين نرسيده اند.
- ج ـ وجود كلاهك(Cap rock) در روي گنبدهاي نمكي. كلاهك شامل خرده سنگهاي جدا شده از لايه هاي روي نمك است كه پيشاپيش توده نمك به سوي بالا رانده مي‌شود.
- د ـ وجود لايه بندي هاي تغيير شكل يافته و چين خورده در توده نمك.

www.oilexploration.ir

- نفتگيرهاي گنبد نمكي نسبت به ساير انواع نفتگيرها وضع ساختماني پيچيده تري را دارا مي‌باشند. مكانيسم تشكيل گنبد نمك با شكافتن و خم كردن لايه هاي فوقاني همراه است وگسل هاي متعددي را ايجاد مي‌كند. اين گسلها سبب پيچيدگي وضع ساختماني نفتگير مي‌گردند. با اين وجود درصد قابل ملاحظه اي از نفت و گاز جهان در اين نفتگيرها كشف شده است.

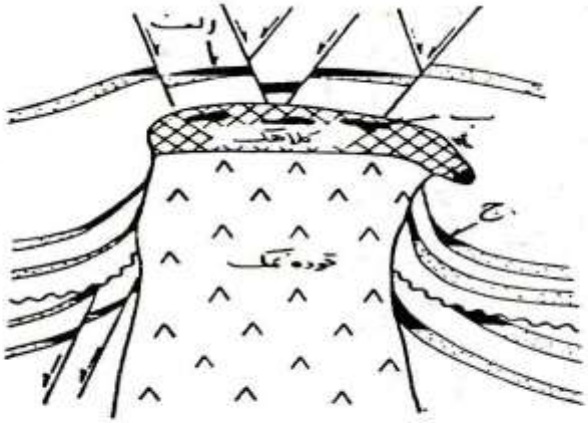
- در ايران در حوضه رسوبي زاگرس بيش از ۱۱۰ گنبد نمك وجود دارد كه در حدود۷۵ گنبد آن در لارستان و جنوب شرق خليج فارس قرار دارد. نمك اين گنبدها ريشه در سازند هرمز به سن اينفراكرمبرين و كامبرين دارد. برخي از جزاير خليج فارس مانند هرمز، لارك، ابوموسي و تنب ها را گنبدهاي نمك هرمز تشكيل داده‌اند.

www.oilexploration.ir

- در جنوب سمنان، در كوير مركزي نيز گنبدهاي نمك متعددي وجود دارد كه سن نمك آنها ائوسن و اليگوميوسن است. معروف ترين گنبد نمك در حوضه رسوبي ايران مركزي، گنبد نمك قم است كه كوه نمك ناميده مي‌شود و ريشه اصلي آن در لايه هاي نمك سازند قرمز تحتاني مي‌باشد. گنبدهاي نمكي در آذربايجان نيز وجود دارد كه سن نمك آن ميوسن است. نمك هايي به سن ژوراسيك نيز از ناحيه راور كرمان گزارش شده است.

www.oilexploration.ir

- گنبدهاي نمكي سه نوع نفتگير پديد مي‌آورند. نفتگير فوق كلاهك(Super cap trap)، نفتگير كلاهك گنبد نمك(Cap rock trap) و نفتگيرهاي دامنه اي(Flank trap)
- انواع مهم نفتگيرهاي گنبد نمكي الف ـ نفتگيرهاي فوق كلاهك. ب ـ نفتگيرهاي كلاهك. ج ـ نفتگيرهاي دامنه اي



.انواع مهم نفتگیرهای گنبد نمکی الف ـ نفتگیرهای فوق کلاهک. ب ـ نفتگیرهای کلاهک. ج. نفتگیرهای دامنه‌ای

www.oilexploration.ir

نفتگير فوق كلاهك گنبد نمك

- اگر گنبد نمك به سطح زمين نرسد ممكن است باعث خم شدن لايه هاي فوقاني شده و نفتگيرهاي تاقديسي شكلي را ايجاد نمايد. كه در رده نفتگيرهاي تاقديسي هم مي‌تواند قرار گيرد.

کانسار نمونه، نفتگیر فوق کلاهک دمام(Dammam)

- ميدان نفتي دمام اولين ميدان نفتي كشف شده در عربستان سعودي است. سنگ مخزن اين ميدان را چهار بخش سنگهاي كربناته A، B، C و D سازند عرب به سن ژوراسيك فوقاني تشكيل مي‌دهند كه سنگ آهكهايي اُاُليتي و دولوميتي مي‌باشند.

نفتگير كلاهک گنبد نمک

- در بالاي ستون نمك كلاهكي برشي از خرده سنگهاي مختلف كه توده نمك از لايه هايي كه از آنها عبور نموده جدا كرده وجود دارد. علاوه بر اين خرده سنگها قطعاتي از سنگ نيز در كلاهك وجود دارد. برش كلاهك اگر در شرايط مناسب قرار گيرد مي‌تواند مخزن مناسبي براي تجمع نفت و گاز گردد. بديهي است براي تشكيل اين نوع نفتگير گنبد نبايد در سطح زمين ظاهر شده باشد .

کانسار نمونه، نفتگیر کلاهک گنبد نمک اسپیندل تاپ(Spindle top

- کشف نفت در ميدان اسپيندل تاپ تكزاس در سال۱۹۰۱ آغاز صنعت نفت در ناحيه گلف كوست بود. چاه اكتشافي كه در بالاي تپه‌اي خاكي حفر شد به نفت برخورد. بهره دهي چاه۷۵ هزار بشكه در روز و سنگ مخزن دولوميتي كارستي بود. نفت جمع شده در كلاهك اسپيندل تاپ بيش از ۵۰ ميلون بشكه بود كه استخراج آن با حفر چاهها ادامه پيدا كرده است.

نفتگیرهای دامنه ای گنبد نمک

- گنبد نمك در حركت به سوي بالا، طبقات فوقاني راخم نموده و سپس آنها را شكسته و شيبي در خلاف جهت حركت ستون نمك به لايه ها مي‌دهد. لايه هاي شيب يافته در فراشيب به ستون نمك كه ناتراواست ختم مي‌شوند. اگر اين لايه ها داراي توالي مناسبي از سنگ مخزن و سنگ پوشش بوده و نفت نيز در ناحيه توليد شده باشد ممكن است كانسار قابل توجهي در دامنه هاي گنبد نمك تشكيل شود.

کانسار نمونه ، نفتگیر دامنه ای گنبد نمک اسپیندل تاپ

- در سال ۱۹۱۴ در نفتگيرهاي دامنه‌اي ميدان نفتي ساورليك كه مانند اسپيندل تاپ از كلاهك آن بهره برداري مي‌شد نفت كشف گرديد. در دهه هاي بعدي از نفتگيرهاي دامنه اي اين ميدان ۵۰% بيش از نفتگيرهاي كلاهك نفت استخراج شد.

نفتگیرهای چینه ای(Stratigraphic traps)

- در سنگ مخزني كه بر روي آن سنگ پوشش قرار دارد هيدروكربنها در جهت فراشيب(Up dip) حركت مي‌نمايد. اگر در اين جهت رخساره سنگ مخزن تغيير كرده و به سنگي ناتراوا تبديل گردد قطع تراوايي اثري همانند اثر گسل را در تجمع نفت وگاز خواهد داشت كه لايه‌اي ناتراوا را در برابر لايه اي تراوا در فراشيب قرار مي‌دهد. بديهي است در مخازن چينه اي لايه تراوا را عوامل رسوبي در برابر لايه ناتراوا قرار مي‌دهند نه عوامل زمين ساختي.

- قطع تراوايي سنگ مخزن ممكن است سريع باشد مانند از ميان رفتن گوه مانند(Pinch out)عدسي هاي ماسه اي تراوا در داخل لايه هاي شيلي ناتراوا، و يا با تغييري تدريجي لايه تراوا به طور جانبي تغيير رخساره داده از ماسه سنگ تراوا به ماسه سنگ رسي كم تراوا و در نهايت به سنگ رس ناتراوا تبديل گردد. در اين روند سنگهاي آهكي تراوا به آهك مارني و مارن و شيل ناتراوا تغيير رخساره مي‌دهند.

www.oilexploration.ir

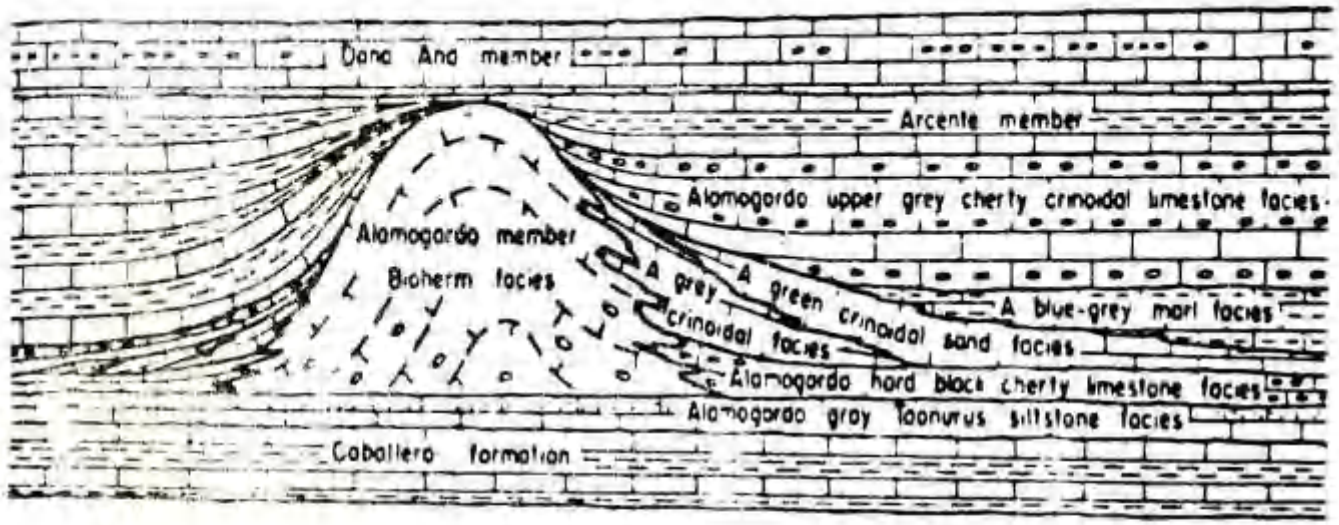
- كشف نفتگيرهاي چينه اي دشوارتر از كشف نفتگيرهاي ساختماني است و به مطالعات چينه شناسي، رسوب شناسي، زمين ساختي و برداشت هاي لرزه نگاري دقيق نياز دارد. نفتگيرهاي چينه اي را مي‌توان در پنج گروه قرار داد. ريفها، عدسي هاي ماسه اي، تغيير رخساره هاي تدريجي، دگر شيبي و تپه هاي مدفون.

www.oilexploration.ir

نفتگیرهای ریفی(Reef traps)

- گرچه ريفهاي جديد بيشتر ريفهاي مرجاني مي‌باشند ولي در دورانهاي گذشته زمين شناسي جانداران مختلفي نظير آلگهاي آهكي(Calcareous algae) ، بريوزوواها (Bryozoans) و اسفنج‌ها(Sponges) ريف ساز بوده اند. بدنه اصلي ريف پس از سنگ شدن نيز بسيار متخلخل و تراواست. معمولاً روي اين مجموعه در پايان عمر ريف رسوبي تبخيري و يا دانه ريز قرار مي‌گيرد و بدنه اصلي ريف به صورت مجموعه تراوايي در ميان لايه هاي ناتراوا محصور مي‌گردد.

www.oilexploration.ir

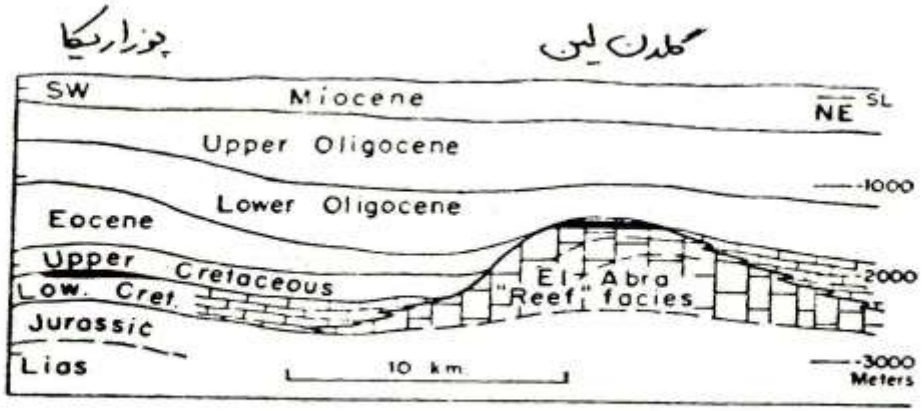


برش زمین‌شناسی ریف بیوهرم آلاموگوردو. در این برش بدنه اصلی ریف و رخساره‌های پیش‌ریف در سمت راست و پس‌ریف با لایه‌های مارنی در سمت چپ شکل دیده می‌شود.

www.oilexploration.ir

کانسار نمونه، نفتگیر ریفی گلدن لین(Lane)

- از نفتگير ريفي گلدن لين در مكزيك بيش از يك ميليارد بشكه نفت استخراج شده است.



برش زمین‌شناسی میدانهای نفتی گلدن‌لین و پوزاریکا در مکزیک.

www.oilexploration.ir

عدسی های ماسه ای(Lenticular sands traps)

- ميدانهاي نفت وگاز بسياري در عدسيهاي ماسه اي كشف شده است. اين نفتگيرها در محيط هاي رسوبي خاصي به وجود مي‌آيند كه حجم‌هايي از ماسه را به طور كامل در رسوبهاي دانه ريز مانند شيل و رس سنگ محصور مي‌سازد. عدسيهاي ماسه اي در محيطهاي رسوبي مختلفي تشكيل مي‌شوند و از اين رو اشكال متفاوتي را دارا مي‌باشند.

www.oilexploration.ir

کانسار نمونه، نفتگیرهای ماسه سنگ بندکفشی گرین وود(Green Wood)

- گسترش بهينه ماسه سنگهاي بندكفشي در ايالت گرين وود و جنوب شرق كانزاس است كه در آن عرسي هاي طويل ماسه سنگ كوارتزي به سن كربنيفر داراي نفت است.

کانسار نمونه، نفتگیرهای ماسه سنگ دلتایی پورت آرتو(Port Arthur) و پورت ایکرز(Port Acres)

- این میدانها در عدسیهاي ماسه سنگهاي دلتايي تشکیل شده و درناحیه گلف کوست تکزاس قرار دارد. این ناحیه در زمان الیگوسن تشکیل شده است.
-

www.oilexploration.ir

نفتگیرهای تغییر رخساره ای(Change in facies traps)

- تشكيل نفتگير به علت تغيير رخساره در اثر تبديل ماسه سنگ به رس سنگ و يا سنگ آهك به مارن و شيل در جهت فراشيب لايه صورت مي‌پذيرد. دولوميتي شدن نيز گاه بخش تراوايي در سنگ آهك ناتراوا ايجاد مي‌كند. بديهي است براي اينكه نفتگير تغيير رخساره اي تشكيل گردد بايد بر روي بخش تراوا را لايه هاي ناتراوا بپوشاند.

- **كانسار نمونه، گازگير تغيير رخساره اي هوگتن(Hugoton)**
- تغيير رخساره در جهت فراشيب سبب تجمع گاز در ميدان گازي بزرگ هوگتن در جنوب غرب كانزاس شده است.
- **كانسار نمونه، نفتگير تغيير رخساره اي ديپ ريور(Deep River)**
- گرد آمدن نفت دراين كانسار به علت دولوميتي شدن محلي سنگ آهكي ناتراوا است.

www.oilexploration.ir

نفتگیرهای دگرشیبی (Angular unconformity traps)

- **نفتگيرهاي دگرشيبي(Angular unconformity traps)**
- در زير دگرشيبي ها سنگهايي قرار گرفته اندكه در طول زمانهاي زمين شناسي در سطح زمين تحت تأثير عوامل جوي قرار داشته اند. نفوذ آبهاي سطحي و انحلال بخش هايي از آهك و سيمانهاي آهكي بر روزنه هاي اين سنگها افزوده وگاه حفره هاي كارستي در سنگهاي آهكي پديد مي‌آورد. پيشروي بعدي دريا و رسوبگذاري جديد اگر سنگهاي زير دگرشيبي را با رسوبهاي ناتراوا بپوشاند نفتگيرهاي مناسبي را براي تجمع نفت وگاز پديد خواهد آورد.

- زير دگرشيبي ها سنگ مخزنهاي مناسبي يافت مي‌شود. گاه سنگ مادرهايي كه در زير دگرشيبي قرار گرفته اند نيز در دور اول رسوبگذاري در عمق كافي قرار نگرفته و نابالغ باقي مي‌مانند. پس از پيشروي دريا و تشكيل رسوبهاي جديد سنگ منشاء ممكن است در عمق كافي مدفون شده و هيدروكربن توليد نمايد. ميدان نفتي حسي مسعود در الجزيره نمونه بارزي از نفتگيرهاي دگرشيبي است.

www.oilexploration.ir

کانسار نمونه، نفتگیر دگرشیبی سریر(در لیبی)

- نفتگير سرير يكي از ۱۰ تا۱۲ ميدان فوق عظيم جهان مي‌باشد. ذخيره قابل استحصال آن يك ميليارد تن (بيش از ۳/۷ ميليارد بشكه) برآورد شده است. سنگ مخزن ميدان سرير ماسه سنگي به سن كرتاسه فوقاني مي‌باشد. در تشكيل نفتگير علاوه بر دگر شيبي گسلها نيز نقش داشته اند. از اين رو ميدان سرير را مي‌توان نفتگيري مختلط دانست.

www.oilexploration.ir

کانسار نمونه، نفتگیر دگرشیبی اکلاهماسیتی

- ميدان عظيم نفتي اكلاهماسيتي در ايالات متحده آمريكا در سال۱۹۲۸ كشف شد. سنگ مخزن اين ميدان را دولوميت آرباكل(Arbuckle) و ماسه سنگ ويلكاكس(Wilcox) تشكيل مي‌دهد. دولوميت آرباكل كه قديمي‌تر از ماسه سنگ ويلكاكس است بلافاصله در زير دگرشيبي قرار دارد.

نفتگیر تپه های مدفون(Buried hill trap)

- نفتگير تپه هاي مدفون نوع خاصي از نفتگيرهاي دگرشيبي مي‌باشد كه در آن تپه هاي قديمي‌نفتگير را تشكيل مي‌دهند. اگر تپه ماهورهايي در خشكي وجود داشته و پيشروي دريا سريع باشد به طوريكه اين تپه ها فرسوده نشده و در زمان كوتاهي زير آب قرار گيرند شكل خود را در آب و در زير رسوبهاي جديد حفظ خواهند نمود. اين تپه ها كه در طول زمانهاي زمين شناسي در خشكي و تحت تأثير عوامل جوي قرار داشته اند اگر از سنگهاي كربناته تشكيل شده باشند متخلخل و گاه كارستي مي‌باشند. اگر رسوبات جديدي كه آنها را مي‌پوشاند ناتراوا باشد نفتگير مناسبي پديد خواهد آمد.

کانسار نمونه، نفتگیر تپه مدفون رنکیو(Renqiu)

- در سال ۱۹۷۵ نخستين ميدان نفتي در سنگهاي پركامبرين فوقاني(Sinian) در نفتگير رنكيو كه از نوع تپه هاي مدفون بود كشف گرديد. تا سال ۱۹۸۱ بيش از ۴۰ نفتگير از اين نوع در منطقه شناخته شد. ذخيره نفت اين ميدانها ۲۲% ذخيره كل نفت منطقه و مقدار توليد از اين مخازن ۳۰% توليد كل منطقه مي‌باشد.
- ضريب موفقيت چاههاي اكتشافي نفتگير تپه هاي مدفون در اين منطقه ۲۰% و يا يك به پنج بوده است.

بخش ششم
سیالهای مخزن

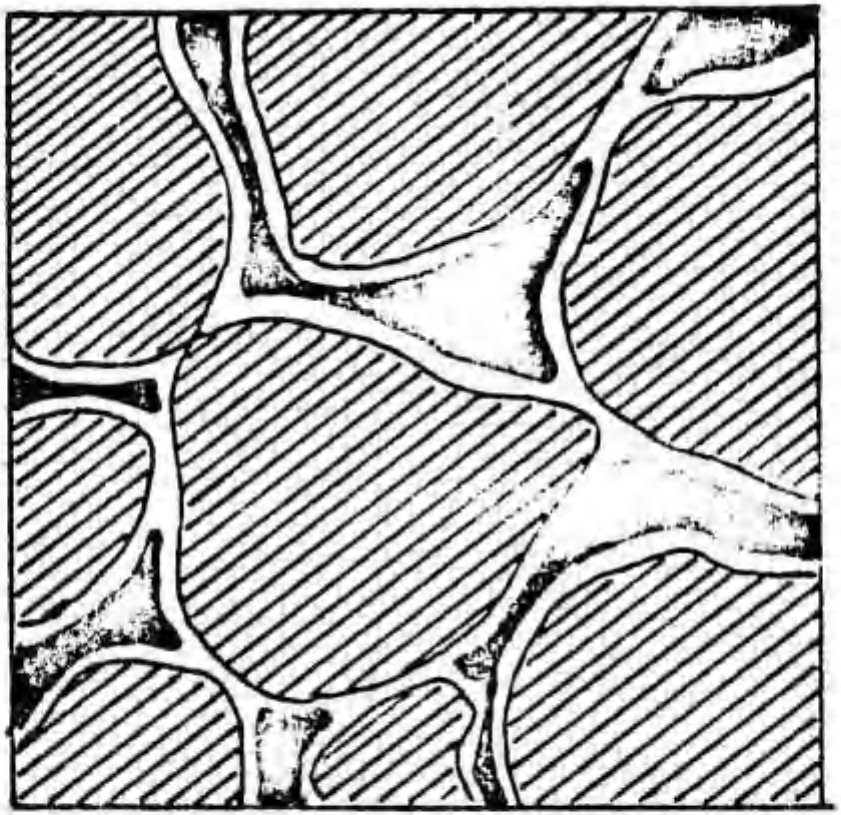
- سيالهاي مخزن در حالت عام، گاز، نفت و آب، و درحالتهاي خاص گاز و آب و يا نفت و آب است. تركيب شيميايي، خواص فيزيكي و نسبت مقدار هر سيال به ديگر سيالهاي در كانسارهاي مختلف متفاوت است.

- نفت و گاز و آب در مخزن بر پايه عواملي چون وزن مخصوص، فشار مويي، كشش سطحي، شرايط هيدروديناميكي و وضع تخلخل و تراوايي بخشهايي از مخزن را فرا مي‌گيرند.

- آب به علت كشش سطحي بيشتري كه دارد در تمام بخش هاي مخزن به صورت لايه بسيار نازكي سطح روزنه ها را مي‌پوشاند و هيدروكربنها در داخل اين لايه آب قرار گرفته و در تماس مستقيم با ذرات سنگ نيستند. بيشتر مخازن نفت و گاز در اين گروه قرار مي‌گيرند و مخازن«آب تر»(Water wet) ناميده مي‌شوند.

www.oilexploration.ir

- تنها در معدود مخازني نفت با ذرات سنگ در تماس مستقيم است. چنين مخازني را «نفت تر»(Oil wet) مي‌نامند. به طوركلي گاز كه سبكترين سيال مخزن است بالاترني بخش نفتگير را اشغال مي‌كند در زير آن روزنه هاي سنگ مخزن بيشتر از نفت پر شده است و در زير آن فقط آب فضاهاي خالي را فرا مي‌گيرد.



تصویر تقریبی بزرگ شده‌ای از بخش نفتی مخزنی ماسه‌سنگی، دانه‌های ماسه با هاشور آب روزنه‌ای سفید و نفت سیاه نشان داده شده است.

www.oilexploration.ir

- خواص فيزيكي سيال در شرايط مخزن كه تحت فشار و درجه حرارت زياد قرار دارد با خواص آن در سطح زمين يكسان نيست و بر همين اساس سيالي با خواص شيميايي ثابت در مخازني با اعماق متفاوت خواص فيزيكي متفاوتي را نشان خواهد داد.

www.oilexploration.ir

- آشكار است كه امكان مطالعه مستقيم سيال در داخل مخزن وجود ندارد. اطلاع درباره سيالهاي مخزن از راههاي غير مستقيم به دست مي‌آيد كه شامل مطالعه سيالهاي موجود در مغزه(Core)، تراشه‌هاي چاه(Cuttings) و نمونه هايي مي‌باشد كه با نمونه گيرهاي مخصوص از سيال ته چاه برداشت مي‌شود. در اين دستگاههاي نمونه برداري سعي مي‌شود سيال در شرايط مخزن به آزمايشگاه برسد.

www.oilexploration.ir

- اطلاع غير مستقيم از سيالهاي مخزن با استفاده از نمودارهاي چاه نگاري مانند نمودارهاي الكتريكي، راديو اكتيو و غيره نيز به دست مي‌آيد. اين روش ها هر يك محدوديتهاي خود را دارا مي‌باشند. مثلاً در مغزه اي كه از عمق كنده شده و به سطح آورده مي‌شود فشار و درجه حرارت به تدريج كاهش مي‌يابد. گاز داخل روزنه ها منبسط شده و شروع به خروج از روزنه ها مي‌نمايد.

www.oilexploration.ir

- اگر مغزه نفتي باشد بخشي از نفت نيز خارج مي‌گردد ولي چون نفت در فاز مايع است انبساط نسبت به گاز كمتر است. ولي به هر حال مقدار نفت و گاز باقي مانده در مغزه آن نيست كه در شرايط مخزن بوده است. آب روزنه اي يا آبي كه به صورت لايه نازكي سطح ذرات سنگ را مي‌پوشاند به علت كشش سطحي و فشار مويي در داخل روزنه هاي مغزه از نظر مقدار ثابت باقي مي‌ماند ولي به علت نفوذ آب گل حفاري غلظت املاح موجود در آن تغيير مي‌كند.

www.oilexploration.ir

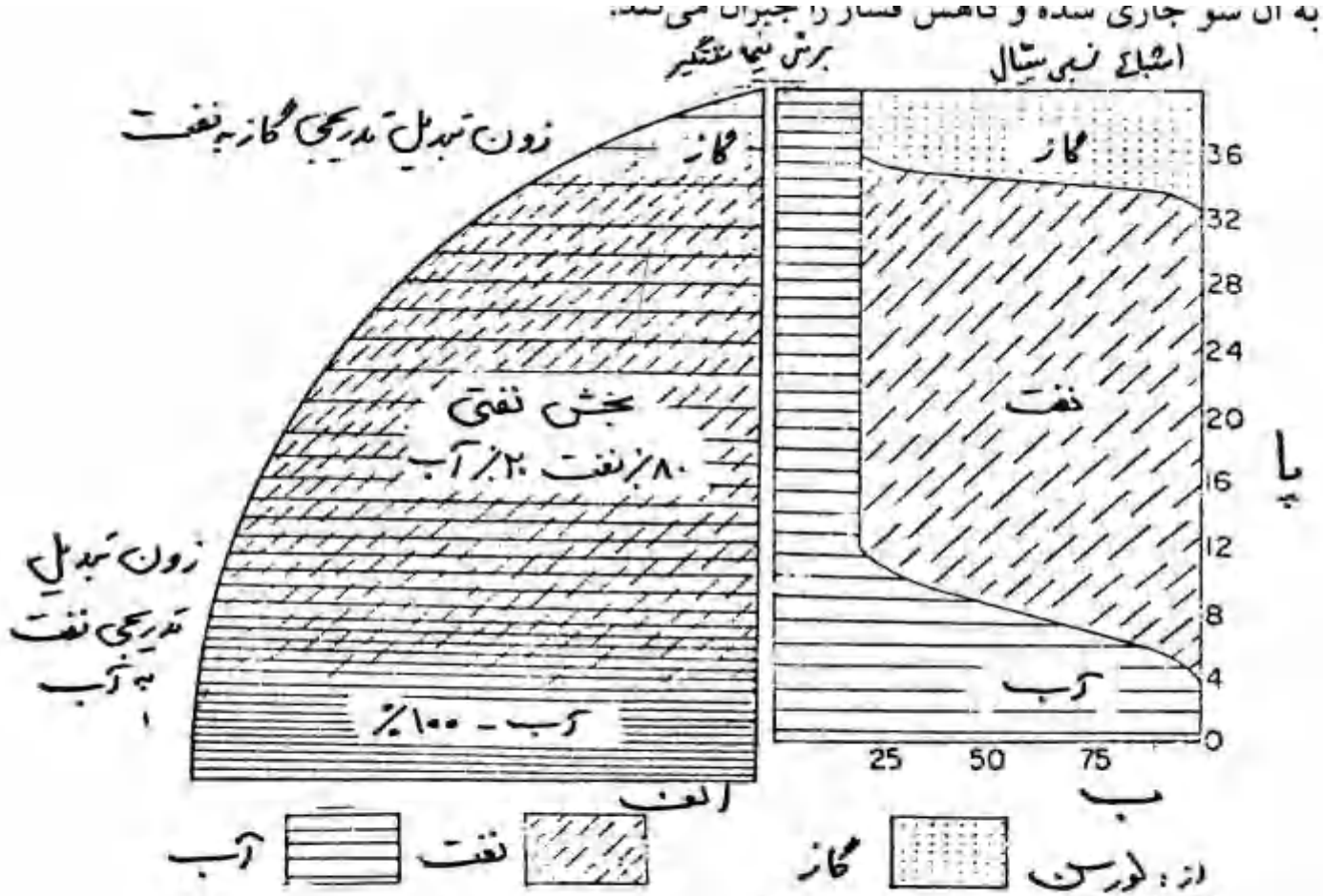
- روشهاي مختلفي براي اصلاح برخي از اين خطاها به كار مي‌رود. مانند به كار گرفتن گل نفت سرشت(Oil base mud) در حفاري مخزن كه اثري بر آب روزنه اي نداشته و آب مغزه كم و بيش وضع اوليه خود را حفظ مي‌نمايد؛ يا منجمد نمودن مغزه بلافاصله پس از رسيدن به سطح زمين كه تا حدي سيالهاي داخل مغزه را حفظ مي‌كند. مغزه گيرهاي ويژه اي نيز وجود دارد كه مغزه را در محفظه مغزه گير(Core barrel) در شرايط مخزن نگه مي‌دارد.

www.oilexploration.ir

آب کانسار های نفت(Oil field water)

- بررسي مغزه ها و ازدياد دانش از وضع مخازن نشان مي‌دهد كه جز در موارد معدود سطح روزنه ها را آب مي‌پوشاند و نفت و گاز در داخل اين پوشش بدون تماس با ذرات سنگ قرار گرفته اند. اين آب كه آب روزنه اي(Interstitial water) ناميده مي‌شود بندرت از ١٠% حجم روزنه ها كمتر بوده و در برخي از ميدانهاي نفتي به ٥٠% نيز مي‌رسد. اگر اين درصد از حدي بيشتر شود مخزن مخلوطي از آب و نفت توليد خواهد نمود. اين موضوع **تراوايي نسبي** ناميده مي‌شود.

www.oilexploration.ir



وضع گاز و نفت و آب در نیمه یک نفتگیر تاقدیسی

ـ اشباع نسبی نفت و گاز و آب در افق‌های مختلف مخزن و وجود آب روزنه‌ای را در تمام بخش‌های مخزن

www.oilexploration.ir

- مقدار آّب روزنه اي در نقاط مختلف مخزن بر حسب درصد فضاي خالي اندازه گيري شده و اشباع نسبي آب (Water Saturation) ناميده مي‌شود. در بخش نفتي مخزن در شكل فوق، اشباع نسبي آب ۲۰% است. بنابراين ۸۰% روزنه ها را در اين بخش نفت پر كرده وبه عبارت ديگر اشباع نسبي نفت(Oil saturation) ۸۰% است.

www.oilexploration.ir

- موضوع مهم ديگري كه در نمودار فوق نشان داده شده تغيير تدريجي اشباع نسبي نفت در زير ستون نفت است كه صفحه اي نبودن فصل مشترك نفت و آب را نشان مي‌دهد. به طوريكه در شكل ب ديده مي‌شود اشباع نسبي نفت به يكباره از ۸۰% به ۰% نمي‌رسد و اين تغيير در اين مثال در طول ۸ پا صورت مي‌گيرد كه آن را فاصله تبديل تدريجي(Transition zone) مي‌نامند. به طور تجربي نتيجه شده كه اشباع نسبي آب با كاهش تخلخل و تراوايي افزايش مي‌يابد.

- آب روزنه اي در روزنه ها شبكه لوله هاي نازكي را تشكيل مي‌دهند كه نفت و گاز از داخل آن عبور نموده و در مخزن ذخيره شده است.

- نمكهاي موجود در آب كانسارهاي نفتي بيشتر كلرور, سولفات, كربنات و بيكربنات و يون فلزي اين نمكها, سديم, پتاسيم, كلسيم و منيزيم است. مقدار كمي‌از عناصر ديگر نيز ممكن است وجود داشته باشد. غلظت نمكها در آب معمولاً به ميلي گرم در ليتر و يا جزء در ميليون((Parts Per million(ppm) بيان مي‌شود. جزء در ميليون نسبت ميلي‌گرم نمك است به كيلوگرم محلول.

- براي محلولهاي رقيق، كه حجم يك كيلوگرم محلول نزديك به يك ليتر است. اين دو واحد به هم نزديكند ولي با غليظ شدن محلول از هم فاصله مي‌گيرد. غلظت آب كانسارهاي نفتي اغلب در حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ هزار جزء در ميليون است ولي به صورت نادر آب شيرين و غلظت‌هاي بسيار زياد، در حدود ۶۴۰ هزار جزء در ميليون نيز در برخي از ميدانهاي نفت و گاز ديده شده است.

www.oilexploration.ir

- غلظت آب درياهاي كنوني در حدود ۳۵ هزار جزء در ميليون مي‌باشد كه تقريباً معادل غلظتي در حدود ۳۵ گرم در ليتر است. آب شوري كه در روزنه‌هاي سنگ مخزن وجود دارد چون تصور مي‌رود آب دريايي است كه از زمان تشكيل رسوب در فضاهاي خالي آن قرار داشته «آب همزاد»(Connate water) نيز ناميده مي‌شود. آب همزاد واژه‌اي مترادف با «آب روزنه‌اي» مي‌باشد.

www.oilexploration.ir

- غلظت آب ميدانهاي نفتي معمولاً چندين برابر غلظت آب درياهاي امروزي است. براي اين تغيير غلظت دلايل مختلفي بيان شده كه به برخي از آنها در زير به اختصار اشاره مي‌شود:
- - جذب سطحي يون‌هاي كلروسديم موجود در آب دريا توسط ذرات كانيهاي رسي كه وارد حوضه مي‌گردد و آزاد شدن اين يون ها و تشكيل نمك در مراحل پس از دياژنز.
- - تبخير آب و غليظ شدن آب در درياهاي بسته و درياهايي كه در حال خشكيدن مي‌باشند.
- - حل بخشي از كانيهاي تبخيري موجود در رسوبهاي قاره اي در آبهاي فسيل

www.oilexploration.ir

- با بالا رفتن درجه حرارت آب در اثر ازدياد عمق دركانسارهايي كه سنگ مخزن در ارتفاعات مجاور نفتگير رخنمون دارد آبهاي جوي(Meteoric water) به داخل سنگ مخزن نفوذ كرده، از غلظت آب شور مخزن كاسته و گاه آب لب شور(Brackish water) و يا حتي آب شيرين را جايگزين آن مي‌سازد. اكسيژن وگاز كربنيك موجود در آب باران سولفيدها را به سولفات تبديل و مقداري املاح كربنات و بيكربنات نيز توليد مي‌كند.

تجزیه شیمیایی آب مخزن

- تجزيه شيميايي آب مخزن و اطلاع از تركيب نمكهاي آن از نقطه نظرهاي مختلف اهميت دارد كه به چند مورد اشاره مي‌شود:
- - تجزيه آب مخزن مهم ترين كاربرد را در زمين شناسي در تعبير و تفسير نمودارهاي الكتريكي چاه نگاري دارد. مقاومت الكتريكي را در درجه حرارتهاي مختلف مي‌توان از مقدار املاح موجود در آب محاسبه كرد.

www.oilexploration.ir

- در تشخيص ارتباط مخازن چند طبقه.
- - گاه ممكن است در آب برخي از سازندها نمكهاي خاصي وجود داشته باشد كه بر پايه آن آبها را به هم نسبت مي‌دهد.
- - درك ارتباط آب مخزن با آبهاي جوي در صورت متغير بودن غلظت نمكها در نقاط مختلف مخزن و تشخيص جهت ارتباط.

www.oilexploration.ir

- – انتخاب آب با خواص شيميايي مناسب براي تزريق به مخزن در بهره برداري هاي ثانوي كه در آن از تزريق آب استفاده مي‌شود.
- - پيش بيني مسائل مربوط به خورندگي فلزات و ارائه روش هايي براي پيشگيري خوردگي لوله ها و تجهيزات چاه.
- - تغييرات و ازدياد محلي غلظت نمكها ممكن است محل گنبدهاي نمك زير زميني را نشان دهد.

www.oilexploration.ir

اشباع نسبی

- دو روش براي اندازه گيري اشباع نسبي آب روزنه اي به كار مي‌رود: روش اندازه گيري مستقيم آزمايشگاهي با استفاده از مغزه؛ اندازه گيري غيرمستقيم از طريق محاسبه درجا در مخزن با استفاده از ضريب سازند و نمودارهاي چاه نگاري.

www.oilexploration.ir

اندازه گیری مستقیم

- در اين روش با حرارت دادن مغزه و تقطير سيالهاي درون آن و با توزين آب مقطر حاصل و محاسبه حجم آن و اندازه گيري تخلخل مغزه در آزمايشگاه اشباع نسبي به دست مي‌آيد. نتيجه حاصله به دليل آلودگي سيال مغزه با آب گل حفاري و خروج بخشي از آب روزنه اي از مغزه در اثرافت فشار در هنگام انتقال مغزه از عمق به سطح داراي تقريب مي‌باشد.

www.oilexploration.ir

اندازه گیری غیر مستقیم

- در اين روش اندازه گيري اشباع نسبي آب با استفاده از نمودارهاي الكتريكي چاه نگاري، اندازه گيري مقاومت مخصوص و آب طبقاتي و تخلخل محاسبه مي‌شود. مي‌دانيم كه سنگها عايق الكتريسته مي‌باشند مگر اينكه داراي رگه هاي فلزي خالص باشند و هدايت الكتريسيته از طريق اين رگه ها انجام شود .

www.oilexploration.ir

- قابليت هدايت الكتريسته سنگها بستگي به محلول الكتروليت موجود در آنها يعني آب روزنه اي و درجه شوري آن دارد. مقدار آب روزنه اي خود به ميزان تخلخل وابسته است. بنابراين ميزان هدايت الكتريكي لايه ها با مقدار تخلخل سنگ و غلظت نمكهاي آب روزنه اي بستگي مستقيم دارد .

www.oilexploration.ir

- بديهي است وجود آب روزنه اي در بخشهاي گازي و نفتي مخزن بر روي نمودارهاي الكتريكي در اين بخشها نيز اثر مي‌گذارد. بر اين اساس اشباع نسبي آب در نقاط مختلف مخزن حساب مي‌شود. در اين محاسبه از ضريب مقاومت الكتريكي سازند(Formation resistivity factor) كه آنرا به اختصار ضريب سازند(Formation factor) نيز مي‌نامند و انديس مقاومت(Resistivity index) استفاده مي‌شود.

www.oilexploration.ir

- ضريب سازند، نسبت مقاومت مخصوص سنگ مخزني كه روزنه هاي آن صد در صد از آب روزنه اي پر شده است به مقاومت مخصوص آب روزنه اي مي‌باشد.

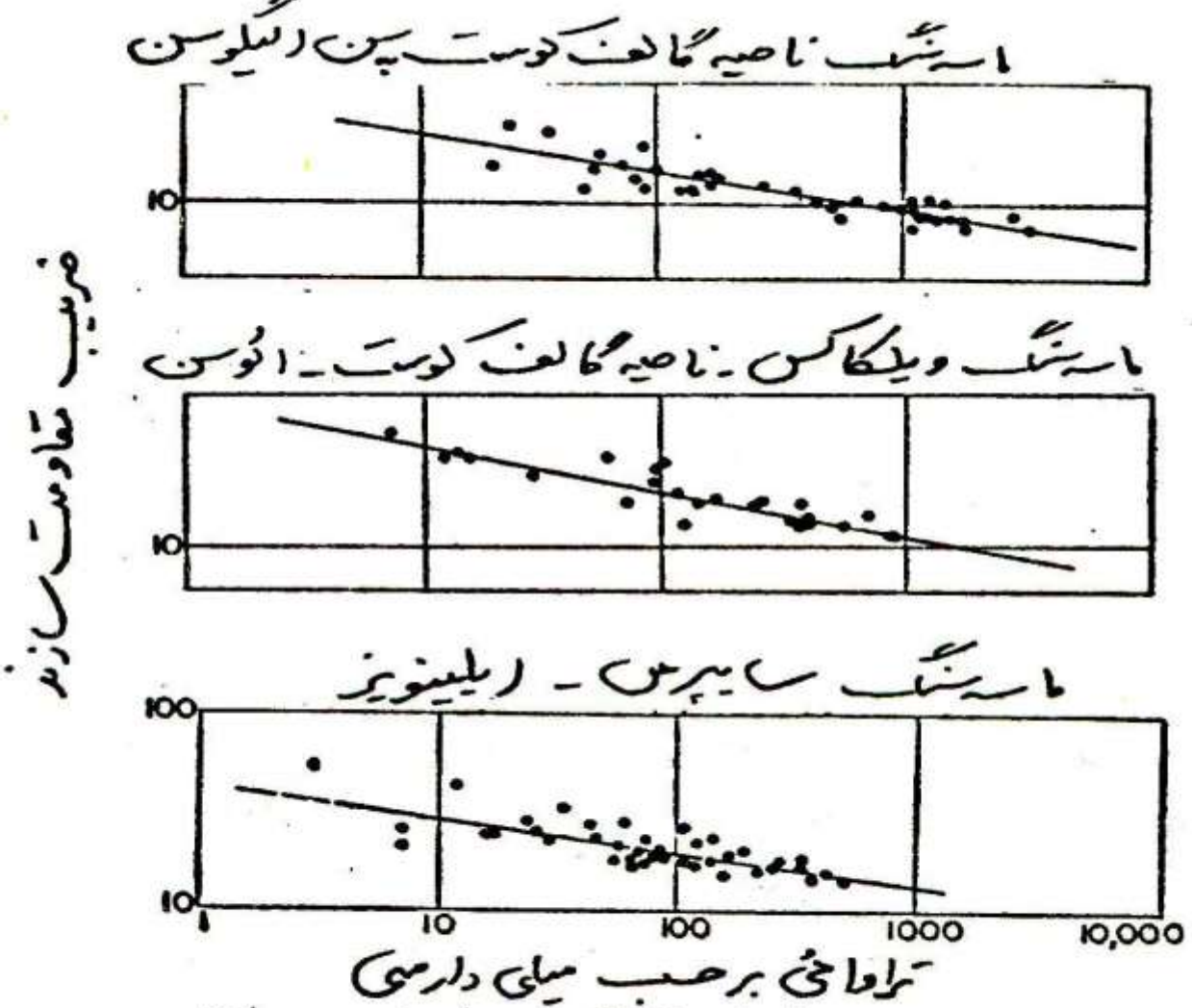
www.oilexploration.ir

- در اين فرمولF ضريب سازند، Rr مقاومت سنگ اشباع از آب روزنه اي و Rw مقاومت مخصوص آب روزنه اي است. روشن است كه هرچه تخلخل سنگ بيشتر باشد آب روزنه اي بيشتري را در خود جاي خواهد داد و مقاومت مخصوص آن كمتر خواهد شد. بنابراين ضريب سازند با تخلخل نسبت عكس دارد.

www.oilexploration.ir

- رابطه تجربي بين تخلخل و ضريب سازند را آرچي(Archie)به صورت فرمول ارائه داده است. در اين رابطهF ضريب سازند و P تخلخل و m ضريب سيماني شدن (Cementation factor) مي‌باشد و مقدار آن براي دانه هاي آزاد و سيمان نشده ۳/۱ ، براي سنگ خوب سيمان شده ۸/۲ و براي سنگ آهك و سنگ دولوميت ۲ در نظر گرفته مي‌شود. با كاهش مقدار ضريب سازند تراوايي سنگ افزايش مي‌يابد.

www.oilexploration.ir



تغییرات تراوائی در برابر ضریب سازند

www.oilexploration.ir

- اندیس مقاومت بنا به تعریف عبارت است از:. $I = \frac{R_t}{R_r}$
- در این رابطهI اندیس مقاومت، Rt مقاومت واقعي سنگ با سیالهاي مخزن یعني آب روزنه اي و نفت و یا گاز درون آن وRr مقاومت همان سنگ است در حالي که روزنه هاي آن صددرصد از آب روزنه اي پر شده باشد . $I = \frac{R_t}{R_r}$

.

www.oilexploration.ir

- انديس مقاومت رابطه معكوس با اشباع نسبي آب دارد. هر چه اشباع نسبي بيشتر باشد انديس مقاومت كوچكتر خواهد شد و در نهايت به سوي يك ميل خواهد نمود.
- آرچي رابطه تجربي زير را بين انديس مقاومت و اشباع نسبي آب ارائه داده است:
- n توان اشباع (Saturation exponent)نامیده مي‌شود.

$$I = \frac{R_t}{R_r} = \frac{1}{S_w^n}$$

www.oilexploration.ir

- در عمل دیده شده که عدد ۲ براي توان اشباع بیشتر سنگهاي رسوبي قابل قبول است. بنابراین رابطه ساده تر شده و به صورت $I = \frac{R_t}{R_r} = \frac{1}{S_w^2}$
- در خواهد آمد و از آن خواهیم داشت $S_w = \sqrt{\frac{R_r}{R_t}}$
- از رابطه ضریب سازند داریم :

Rr=FRw

www.oilexploration.ir

- پس . اگر به جاي ضريب سازند از رابطه آرچي مقدار آن را برحسب تخلخل قرار دهيم.

$$S_w = \sqrt{\frac{R_w}{P^m R_t}} \qquad S_W = \sqrt{\frac{FR_W}{R_t}}$$

- گفته شد براي سنگهاي كربناته m=2 قابل قبول است. پس براي سنگهاي كربناته رابطه ساده تر خواهد شد و به صورت در مي‌آيد.

$$S_W = \frac{1}{P}\sqrt{\frac{R_W}{R_t}}$$

www.oilexploration.ir

- به اين ترتيب با اندازه گيري مقاومت مخصوص آب سازند و اندازه گيري مستقيم تخلخل از مغزه و يا محاسبه آن از نمودارهاي چاه نگاره مانند نمودارSP و يا نمودار نوترون و اندازه گيري مقاومت واقعي سنگ از نمودارهاي الكتريكي مي‌توان اشباع نسبي را به دست آورد. البته مقاومت مخصوص آب سازند را نيز از نمودارهاي چاه نگاري مي‌توان محاسبه نمود.

تراوايی مؤثر

- قانون تراوايي دارسي چنان كه در بخش سنگ مخزن آمد بر پايه حركت يك سيال در محيط متخلخل بيان شده است كه در آن اشباع نسبي سيال صد در صد است. اين تراوايي را «تراوايي مطلق»(Absolute permeability) مي‌نامند.

- در مخازن نفت و گاز روزنه ها با بيش از يك سيال پر شده اند و هر سيال حركت ديگر سيالها را سخت تر و مسير حركت را تنگ تر مي‌سازند. در اين حالت مقدار گذر هر سيال از سنگ را «تراوايي موثر»(Effective permeability)سنگ در برابر آن سيال مي‌نامند.

www.oilexploration.ir

- تراوايي مؤثر تابعي از اشباع نسبي است و با تغيير اشباع نسبي تراوايي مؤثر نيز تغيير مي‌كند. مقدار تغيير تراوايي مؤثر بر پايه تغيير اشباع نسبي به صورت تجربي تعيين مي‌گردد. تراوايي مؤثر نيز مانند تراوايي مطلق به نوع سنگ، شكل روزنه ها، ميزان تخلخل و چگونگي ارتباط روزنه ها نيز بستگي دارد. واحد اندازه گيري تراوايي مؤثر نيز ميلي دارسي است.

www.oilexploration.ir

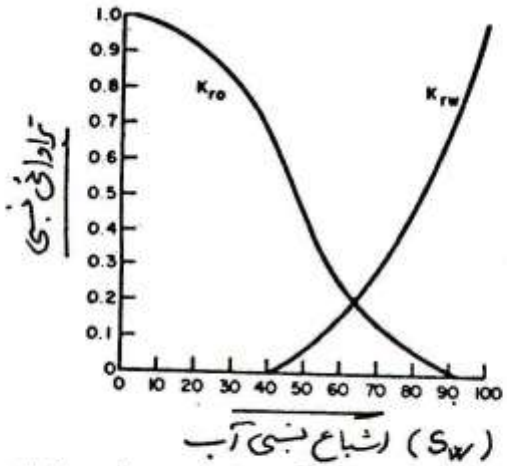
تراوایی نسبی(Relative permeability)

- نسبت تراوايي مؤثر به تراوايي مطلق را تراوايي نسبي مي‌نامند. تراوايي نسبي سيال در اشباع نسبي كم، صفر و در اشباع نسبي صد درصد يك است. تراوايي نسبي هر سيال به اشباع نسبي بستگي داشته و با تغيير اشباع نسبي تراوايي نسبي نيز تغيير خواهد كرد. با اندازه گيري تراوايي مطلق و تراوايي مؤثر مي‌توان تراوايي نسبي را محاسبه نمود .

- روشن است که در طول بهره برداري از مخزن به تدريج اشباع نسبي مخزن تغيير کرده و اشباع نسبي آب افزايش مي‌يابد. اين تغيير سبب تغيير تراوايي نسبي خواهد شد. در بخش نفتي مخزن در روزنه ها نفت و آب وجود دارد. چون آب ذرات سنگ را تر مي‌کند به علت کشش سطحي، آب به ذرات ريز سنگ چسبيده و در اشباع نسبي کم آب، بي حرکت باقي مي‌ماند: و در نتيجه محيط نسبت به آب ناتراوا خواهد بود و از مخزن تنها نفت استخراج خواهد شد.

www.oilexploration.ir

- در شكل زير تغييرات تراوايي نسبي آب و نفت در سازند ردريور در شمال داكوتا در ايالات متحده آمريكا در برابر تغييرات اشباع نسبي آب رسم شده است. از اين منحني ها نتيجه مي‌شود كه تا اشباع نسبي آب زير ۴۲% باشد محيط نسبت به آب ناتراوا خواهد بود و با استخراج نفت از مخزن آبي همراه آن استخراج نخواهد شد.



تغييرات تراوائی نسبی نفت و آب در سازند ردريور با تغيير اشباع نسبی اين دو سيال. منحنی K_{ro} نمايانگر تراوائی نسبی نفت و K_{rw} نمايانگر تراوائی نسبی آب است.

www.oilexploration.ir

- اگر در سازند ردريور ميدان نفتي كشف شود كه اشباع نسبي آب اوليه آن ۲۵% باشد از چاههاي حفر شده در اين ميدان فقط نفت استخراج خواهد شد. با ادامه بهره برداري از مخزن به تدريج از مقدار نفت داخل مخزن كاسته شده و اشباع نسبي آب افزايش خواهد يافت تا هنگاميكه اشباع نسبي آب به ۴۲% برسد. در اين زمان نخستين قطره هاي آب همراه با نفت از چاه خارج خواهد شد.

www.oilexploration.ir

- اگر بهره برداري از مخزن ادامه يابد اشباع نسبي آب افزايش خواهد يافت و متناسب با آن بر مقدار آب استخراجي همراه با نفت افزوده خواهد شد. پس از استخراج بايد آب را از نفت جدا ساخت. اين كار مستلزم ايجاد تأسيسات جداسازي است. با در نظر گرفتن مسائل اقتصادي، آلودگي محيط زيست و فشار مخزن ممكن است بهره برداري متوقف و مخزن ترك گردد.

www.oilexploration.ir

- در مثال فوق اگر به فرض بهره برداري ادامه يابد تا حدي كه اشباع نسبي آب به ۶۲% برسد كه محل تلاقي دو منحني تراوايي نسبي نفت و آب است تراوايي سازند نسبت به هر دو سيال يكسان خواهد بود و با استخراج هر بشكه نفت بشكه اي آب نيز از مخزن خارج خواهد شد.

www.oilexploration.ir

- اگر باز به فرض به بهره برداري از مخزن ادامه داده شود هنگامي‌كه اشباع نسبي آب به ۹۰% برسد ديگر نفتي از مخزن خارج نخواهد شد و سازند نسبت به نفت باقيمانده ناتراوا خواهد بود. با شرحي كه گذشت ديده مي‌شود اشباع نسبي آب نه تنها به طوريكه خواهيم ديد در محاسبه ذخيره مخزن بلكه در تعيين روش بهره برداري و مقدار توليد نيز دخالت دارد.

www.oilexploration.ir

نفت

- نفت از نظر اقتصادي مهمترين سيال مخزن است. نفت خام(Crude oil) به رنگ قهوه اي، قهوه اي تيره مايل به سياه تا زرد مايل به قهوه اي با سايه اي از نور انعكاسي به رنگ سبز و پر طاووسي مانند نور انعكاسي از روغن موتور ديده مي‌شود. معمولاً نفتهاي سنگين تيره تر مي‌باشند.

- بوي نفت خام بستگي به مقدار هيدروكربنهاي سبك و فرار و مقدار گوگرد دارد. نفت خامهاي غني از هيدروكربنهاي زنجيري اشباع شده سبك بوي بنزين را دارا هستند. نفت خامهايي كه داراي هيدروكربنهاي حلقوي اشباع شده اند خوشبو مي‌باشند. نفت خامهايي كه داراي تركيبات گوگردي مانند مركاپتانها(Mercaptans) و هيدروژن سولفوره باشند بدبو هستند. نفت خامهاي ازت دار نيز اغلب بدبو مي‌باشند.

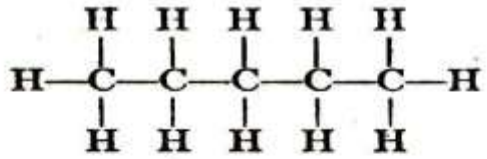
- نفت خام قابل اختلاط با آب نيست ولي در حلالهاي نفتي مانند كلرفرم، استن، بنزن و تتراكلروركربن حل مي‌شود. عناصر تشكيل دهنده نفتهاي خام به طور متوسط ۸۴% وزني كربن، ۱۳% هيدروژن، ۲% گوگرد، ۰/۵% اكسيژن و ۰/۵% ازت است.

www.oilexploration.ir

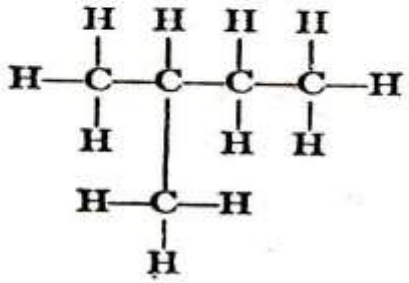
تركيب شيميايی نفت خام

- نفت خامهاي مخلوطي از هيدروكربنهاي پارافيني(Paraffins)يا آلكانها(Alkanes)، سيكلوپارافيني(Cycloparaffin)يا نفتن ها (Naphthene)، معطر يا آروماتيك(Aromatic) و به مقدار بسيار كم اولفيني(Olefins) يا آلكين ها(Alkenes) مي‌باشند.

- هيدروكربنهاي پارافيني، هيدروكربنهاي زنجيري اشباع شده هستند كه به صورت زنجير ساده(Normal)، يا شاخه دار(Iso) به فرمول كلي C_nH_{2n+2} مي‌باشند. هيدروكربنهاي سبك اين گروه در تمام نفت خامها وجود داشته و گازهاي طبيعي تنها از اين هيدروكربنها تشكيل شده اند. پنتان نرمال با نقطه جوش ۳۶ درجه سانيتگراد و ايزوپنتان با نقطه جوش ۲۸ درجه سانيتگراد از اين گروه مي‌باشند.



پنتان نرمال

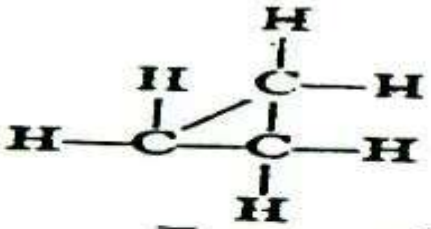


ایزو پنتان

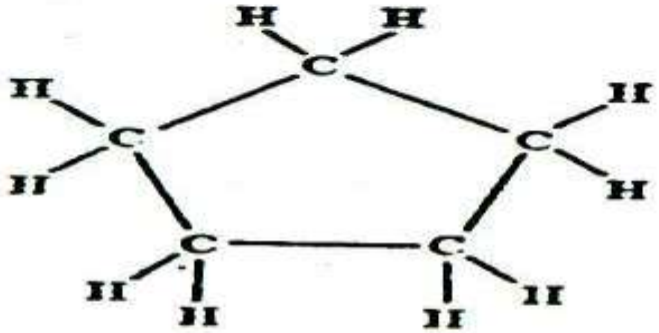
www.oilexploration.ir

- هيدروكربنهاي سيكلو پارافيني يا نفتني كه سيكلو آلكان هم ناميده مي‌شوند هيدروكربنهاي حلقوي اشباع شده به فرمول كلي CnH2n-(2c-2) مي‌باشند. در اين فرمولC تعداد حلقه هاي مولكول است. مانند سيكلو پروپان با نقطه جوش۴/۳۴- درجه سانتيگراد و سيكلوپنتان با نقطه جوش۴۹/۵ درجه سانتيگراد.

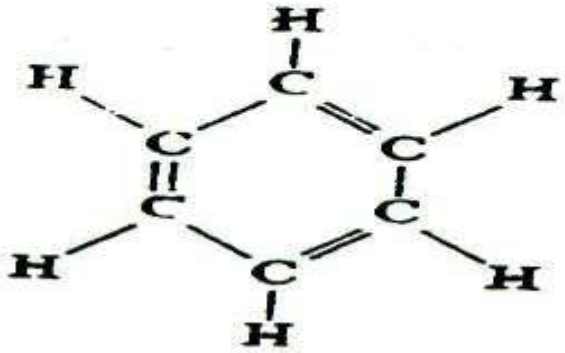
www.oilexploration.ir



سیکلو پروپان



سیکلو پنتان



بنزن

www.oilexploration.ir

- هيدروكربنهاي معطر يا آروماتيك، هيدروكربنهاي حلقوي اشباع شده به فرمول كلي CnH2n-6Cمي‌باشند. در اين فرمولc تعداد حلقه هاي مولكول است. بنزن با نقطه جوض۸۰ درجه سانتيگراد يكي از هيدروكربنهاي اين گروه است.

www.oilexploration.ir

- هيدروكربنهاي اولفيني يا آلكيني داراي يك باند اشباع نشده مي‌باشند. باندهاي اشباع نشده نسبتاً ناپايدار مي‌باشند. از اين رو در نفتهاي خام بسيار كم ديده مي‌شوند. مقدار بسيار كمي‌از هگزن نرمال(Normal Hexene)، هپتن نرمال(Normal Hepten) و اكتن نرمال(Normal Octene) در نفت خام پنسيلوانيا تشخيص داده شده است. فرمول كلي اين هيدروكربنها CnH2n است.

www.oilexploration.ir

- نفتهاي خام علاوه بر هيدروكربنهاي مايع داراي مقداري از هيدروكربنهاي گازي و جامد نيز مي‌باشند كه در فاز مايع حل شده اند بديهي است كه مقدار اين هيدروكربنهاي غير مايع در نفت خامهاي مختلف ثابت نبوده و متغير است. نفتهاي سبك معمولاً هيدروكربنهاي گازي بيشتر و نفتهاي سنگين هيدروكربنهاي جامد بيشتري را در خود حل كرده اند.

www.oilexploration.ir

- علاوه بر دو عنصر كربن و هيدروژن كه سازنده اصلي هيدروكربنها مي‌باشند عناصر ديگري نيز در نفت خام وجود دارد كه مهمترين آنها گوگرد، ازت واكسيژن است.

- گوگرد در تركيب با مولكولهاي هيدروكربن در بيشتر نفت خامها ديده مي‌شود و در نفتهاي سنگين و متوسط به صورت سومين عنصر پس از كربن و هيدروژن وجود دارد. مقدار متوسط گوگرد در نفت خامها ۰/۶۵% وزني است. نفت خامهايي كه كمتر از ۱% وزني گوگرد داشته باشند، «نفت خامهاي كم گوگرد»(Low sulfur crude oils) و نفت خامهايي كه بيش از ۱% وزني گوگرد داشته باشند «نفت خامهاي پرگوگرد»(High sulfur crude oils) ناميده مي‌شوند.

www.oilexploration.ir

- ازت نيز در نفت خامها وجود دارد ولي مقدار آن بسيار كمتراز گوگرد است. بيش از ۹۰% نفت خامها داراي ازتي كمتر از ۲/۰% وزني مي‌باشند. متوسط وزني ازت در نفتهاي خام در حدود۰۹۴/۰ % وزني است. نفت خامهايي با بيش از ۲۵/۰ % وزني ازت«نفت خامهاي پر ازت»(High nitrogen crude oils) و كمتر از آن «نفت خامهاي كم ازت»ناميده شوند.

www.oilexploration.ir

- اكسيژن در نفتهاي خام بيشتر در تركيبات اسيدي آلي و در نفت خامهاي جوان با درجه بلوغ كم ديده مي‌شود .

- فلز نيز در نفت خامها وجود داد به ويژه وانـاديم و نيكل. مقدار اين فلزها از كمتر از يك ppm تا ppm۱۲۰۰ وانـاديم و ppm ۱۵۰ نيكل تغيير مي‌كند. فلزات ديگري مانند آهن، روي، مس، سرب، آرسنيك، مولیبدن، كبالت، منگنز و كرم نيز از برخي از نفتهاي خام گزارش شده اند ولي آمار قابل قبولي از اين فلزات در دست نيست. وانـاديم و نيكل فراوان ترين فلزات موجود در نفتهاي خام مي‌باشند.

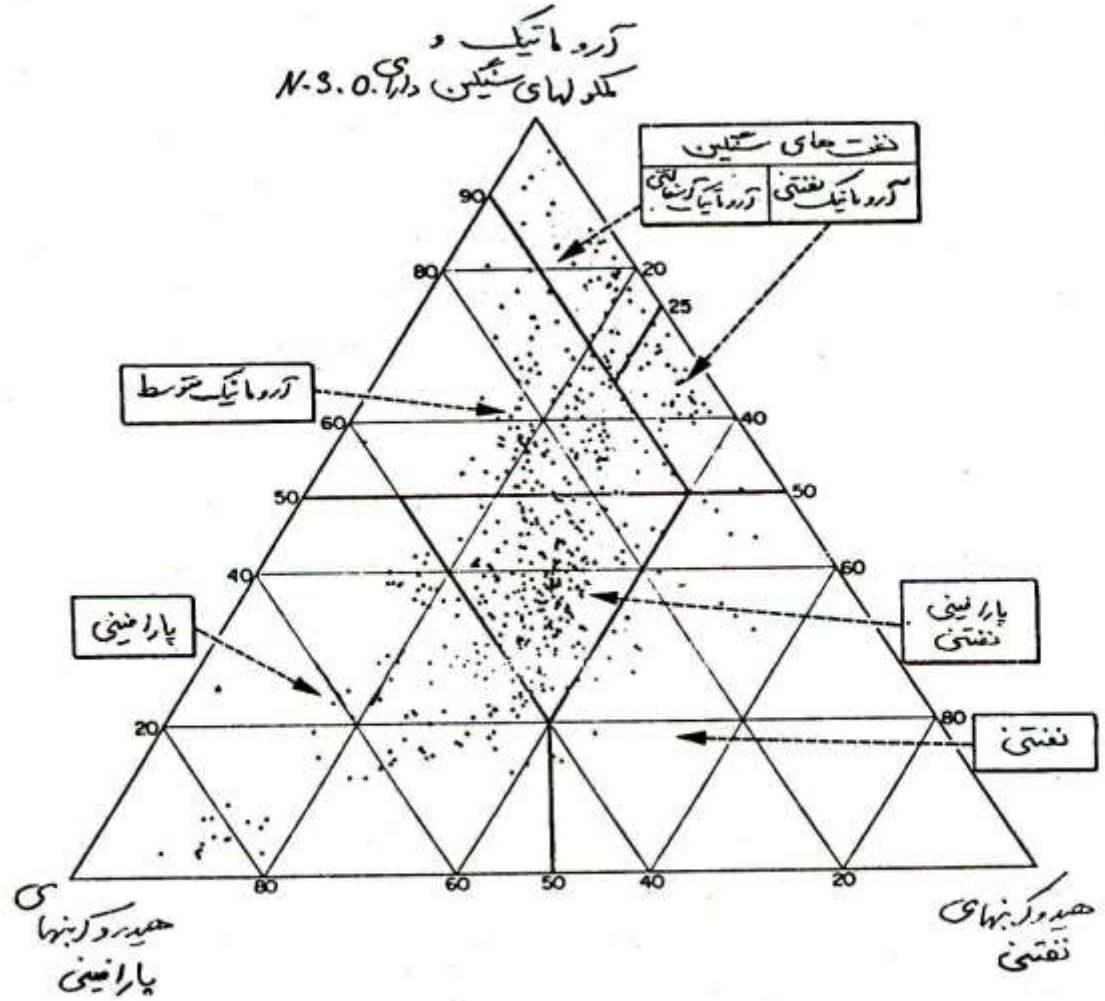
www.oilexploration.ir

انواع نفت خامها

- طبقه بندي نفت خامها به صورتهاي مختلف انجام گرفته است. پالايشگران بر اساس فرآورده هاي حاصل از تقطير مستقيم و ژئوشيميست ها و زمين شناسان نفت بر پايه رابطه نفت خام و سنگ مادر و تكامل نفت اين طبقه بندي را انجام داده اند.

- در سالهاي اخير طبقه بندي بر پايه ساختمان مولكولي هيدروكربنهاي موجود در نفت خام (هيدروكربنهاي پارافيني، نفتني، آروماتيك) و مقدار عناصر گوگرد، ازت و اكسيژن تعيين مي‌شود. رزينها(Resins) و آسفالتها(Asphalts) مولكولهاي بزرگ داراي اتمهاي گوگرد، ازت و اكسيژن مي‌باشند.

www.oilexploration.ir



نمودار مثلثی نمایانگر شش گروه نفت خامهای عمده (ازتیسوت و ولته)

www.oilexploration.ir

- در اين نمودار سه رأس مثلث نمايانگر سه گروه عمده از هيدروكربنهاي نفتي است. در يك رأس اين مثلث هيدروكربنهاي آروماتيك و مولكولهاي سنگين داراي گوگرد، ازت و اكسيژن و در دو رأس ديگر هيدروكربنهاي پارافيني و نفتني قرار گرفته اند. در اين نمودار مثلثي هر نفت خاميبر پايه درصد اين سه گروه هيدروكربن به صورت نقطه اي نشان داده شده است. در اين نمودار به طوريكه ديده ميشود نفت خامها به شش گروه به شرح زير تقسيم شده اند:

www.oilexploration.ir

- **گروه۱-**نفتهاي خام پارافيني(Paraffinic crude oils) كه داراي بيش از ۶۰-۵۰% هيدروكربنهاي پارافيني، كمتر از ۵۰-۴۰% هيدروكربنهاي نفتني و كمتر از ۵۰% هيدروكربنهاي آروماتيك مي‌باشند.
- **گروه۲-** نفتهاي خام نفتني(Naphthenic crude oils) كه داراي بيش از ۶۰-۵۰% هيدروكربنهاي نفتني، كمتر از ۵۰-۴۰% هيدروكربنهاي پارافيني و كمتر از ۵۰% هيدروكربنهاي آروماتيك مي‌باشند.
- **گروه۳-** نفتهاي خام پارافيني - نفتني(Paraffinic Naphthenic crude oils) كه داراي كمتر از ۶۰% هيدروكربنهاي پارافيني، كمتر از ۶۰% هيدروكربنهاي نفتني و كمتر از۵۰% هيدروكربنهاي آروماتيك مي‌باشند.

www.oilexploration.ir

- **گروه۴-** نفتهاي آروماتيك متوسط كه داراي بيش از ۵۰% هيدروكربنهاي آروماتيك و بيش از ۱۰% هيدروكربنهاي پارافيني و كمتر از ۴۰% از هيدروكربنهاي نفتني مي‌باشند.
- **گروه۵-** نفتهاي سنگين آروماتيك نفتني كه داراي ۵۰ تا۷۵% هيدروكربنهاي آروماتيك، ۲۵ تا۵۰% هيدروكربنهاي نفتني و كمتر از ۱۰% هيدروكربنهاي پارافيني مي‌باشند.

www.oilexploration.ir

- **گروه۶-** نفتهاي سنگين آروماتيك آسفالتي كه داراي بيش از ۷۵% هيدروكربنهاي آروماتيك، كمتر از ۲۵% هيدروكربنهاي نفتني و كمتر از ۱۰% هيدروكربنهاي پارافيني مي‌باشند.

www.oilexploration.ir

چگالی و درجه سبکی نفت خام

- چگالي نفت خامها معمولاً بين ۷۵/۰ تا ۹۵/۰تغيير مي‌كند ولي گاه نفتهاي خيلي سنگين(Very heavy oil) با چگالي بيش از يك نيز ديده مي‌شود. سبكترين نفت خام ايران از ميدان نفت شهر استخراج مي‌شود كه چگالي آن ۷۷۲/۰ است وسنگين ترين نفت در مخزن سوسنگرد كشف شده است كه چگالي آن ۹۴/۰ است. در اين ارقام چگالي نفت خامهاي ميدانهاي دريائي و نفتهاي بسيار سنگين منظور نشده است.

www.oilexploration.ir

- علاوه بر چگالي درجه سبكي يا درجه API نيز در صنعت نفت به كار مي‌رود. اين درجه را چون انستيتوي نفت امريكا (American petroleum Institute) معرفي نموده به درجه API معروف شده است. رابطه بين چگالي و درجه سبكي API طبق فرمول زير است:
- در اين فرمولSp.Gr چگالي(Specific gravity) نفت در ۶۰ درجه فارنهايت و فشار اتمسفري است. بر پايه اين فرمول درجه API آب خالص ۱۰ است.

www.oilexploration.ir

- درجهAPI اين نفتها (نفت شهر و سوسنگرد) به ترتيب ۵۷ و۱۷ درجه است كه دامنه تغييرات آن برابر ۴۰ است. گرچه دامنه تغييرات درجهAPI اكثر نفتها بين ۱۵ تا۵۷ درجهAPI است ولي نفتهايي با درجهAPI كمتر از ۱۰ يعني سنگين تر از آب و نفتهاي سبكي با ۶۰ درجه API نيز ديده شده است.
- بنا به تعريف نفت خامهايي با درجهAPI كمتر از ۲۱ نفت سنگين، بين۲۱ تا۳۱ درجه API نفت متوسط و بيشتر از ۳۱ نفت سبك ناميده مي‌شوند.

www.oilexploration.ir

گرمای ویژه نفتهای خام

- گرماي ويژه نفتهاي خام گوناگون و از ۱۰۵۰۰ كالري بر گرم تا۱۷۰۰ كالري بر گرم تغيير مي‌كند. گرماي ويژه نفت خام به نوع هيدروكربنهاي تشكيل دهنده آن بستگي دارد ولي به طور كلي هرچه نفت خام سبك تر باشد ارزش حرارتي بيشتري دارد. گرماي ويژه نفت خام با چگالي ۷/۰ يا درجهAPI۷۰ برابر ۱۱۷۰۰ كالري بر گرم است. گرماي ويژه نفت خاميبا چگالي ۹۵/۰ يا درجهAPI ۱۷ برابر ۱۰۵۰۰ كالري بر گرم است.

- در مقايسه تقريبي ارزش حرارتي با زغال سنگ و گاز طبيعي ارقام زير را مي‌توان ارائه داد.
- ۱تن نفت خام۶/۱ تن زغال سنگ بيتوميني(Bituminous coal) ۱۰۰۰ متر مكعب گاز.
- ۷ تن بشكه نفت خام۶/۱ تن زغال سنگ بيتوميني۳۵۰۰۰ پاي مكعب گاز.

www.oilexploration.ir

فرآورده های تقطیر

- يكي از ويژگيهاي نفتهاي خام درصد فرآورده هايي است كه از تقطير ساده به دست مي‌آيد. در تقطير ساده تقريباً در درجه حرارتهاي زير برش هاي تقطير به صورت فرآورده معيني جدا مي‌شوند:

- درصد فرآورده هايي كه از نفت خام ميدان نفتي آغاجاري با تقطير ساده به دست مي‌آيد به شرح زير است:
- بنزين و حلال هاي نفتي۶/۳۲%
- نفت سفيد۵/۱۱%
- گازوئيل ۹/۱۹%
- روغن۷/۱۳%
- نفت كوره و باقي مانده تقطير۸/۲۰%
- گم شده تقطير۵/۱%

www.oilexploration.ir

لزجت(Viscosity) نفت های خام

- لزجت يك سيال مقاومت آن در برابر جريان است. هرچه مقدار لزجت بيشتر باشد سيال سخت تر جاري خواهد شد. لزجت نفتهاي خام متفاوت است در حالي كه نفتهاي سبك بسيار سيالند نفتهاي سنگين اغلب لزج بوده و آسان جريان نمي‌يابند. واحد اندازه گيري لزجت در سيستم C.G.S پواز(Poise) است.

- ازدياد گاز محلول در نفت سبب كاهش لزجت مي‌گردد. بنابراين كاهش فشار و ازدياد حرارت كه سبب خروج گاز محلول از نفت مي‌گردند سبب افزايش لزجت نفت خام مي‌شوند. نفت خام اشباع از گاز داراي كمترين لزجت خود در هر درجه حرارت و فشار مي‌باشد. وجود پارافين كه در درجه حرارت كم منجمد مي‌شود نيز بر لزجت نفت هاي داراي پارافين مي‌افزايد. حركت نفت خامهاي پارافين دار در هواي سرد در لوله ها مشكل مي‌گردد.

فلورسانس(Fluorecence)

- تمام نفت خامها كم و بيش داراي خاصيت فلورسانس مي‌باشند. نفتهاي آروماتيك بيشتر داراي اين خاصيت مي‌باشند. رنگ اين پديده از زرد تا سبز و آبي تغيير مي‌كند. اين خاصيت در چاهها اكتشافي در حال حفر براي تشخيص وجود نفت در تراشه ها و مغزه ها استفاده مي‌شود. با قرار دادن مستقيم نمونه در زير نور ماوراء بنفش و يا پودر كردن نمونه و ريختن پودر در داخل كلروفرم و گرفتن محلول در زير نور ماوراء بنفش به وجود نفت پي مي‌برند.

نقطه ابر(Cloud Point) و نقطه ريزش(Pour Point)

- تعيين اثر سرما بر نفت خام و فرآورده هاي نفتي از نظر حمل و نقل و ايجاد تاسيسات نفتي اهميت دارد. به اين منظور دو درجه حرارت به نام نقطه ابرو نقطه ريزش تعريف شده است.
- نقطه ابر درجه حرارتي است كه در آن ابري در داخل نفت به علت انجماد ذرات پارافين به وجود مي‌آيد و اگر سرما بيشتر شود نفت سياليت خود را از دست داده و جاري نمي‌شود اين درجه حرارت نقطه ريزش ناميده مي‌شود.

- براي اندازه گيري نقطه ابر و نقطه ريزش در حدود ۳۵ سانتيمتر مكعب نفت خام را در بشري ريخته و آنرا در داخل حمام يخ قرار داده و حرارت سنجي در داخل نفت نهاده و كاهش درجه حرارت را اندازه مي‌گيرند. درجه حرارتي كه نفت در آن ابري مي‌شود مشخص مي‌گردد. معمولا درجه حرارت نقطه ريزش در حدود ۲ تا ۵ درجه فارنهايت كمتر نقطه ابر است.

www.oilexploration.ir

نقطه شعله(Flash point) و نقطه اشعال(Burning point

- نقطه شعله درجه حرارتي است كه در آن گازهاي متصاعد از نفت خام به قدري مي‌رسد كه با جرقه اي كه از فاصله معين و ثابتي زده مي‌شود شعله بسيار مدتي مي‌زند و خاموش مي‌شود. اگر نفت بيشتر گرم شود شعله خاموش نشده و يكنواخت خواهد سوخت. اين درجه حرارت نقطه اشتعال ناميده مي‌شود. اندازه گيري نقطه شعله و نقطه اشتعال براي رعايت اصول ايمني و دوري از خطر در حمل و نقل و انبار كردن نفت خام و فرآورده هاي نفتي لازم است.

واحد های اندازه گیری نفت خام

- نفت خام با بشكه و يا تن متريك اندازه گيري مي‌شود. هر بشكه معادل ۹/۱۵۹ ليترو ۴۲ گالن آمريكايي است. در اندازه گيري با بشكه چون حجم سنجيده مي‌شود وزن مخصوص نفت نقشي ندارد.
- يك تن متريك نفت خام با درجه API ۲۰ يا چگالي ۹۳۴/۰، ۷۵/۶ بشكه حجم دارد.
- يك تن متريك نفت خام با درجه API ۵۰ يا چگالي ۷۷۹/۰ ، ۰۹/۸ بشكه حجم دارد.
- در محاسبات تقريبي يك تن نفت معادل ۷ بشكه در نظر گرفته مي‌شود. حجم يك تن نفت با درجه API ۲۷ و يا چگالي ۸۹۳/۰ برابر با هفت بشكه است.

www.oilexploration.ir

محاسبه مقدار ذخیره کانسار های نفت

- « ذخيره نفتي»(Oil reserve) به ذخيره كشف شده قابل استحصال گفته مي‌شود ولي براي روشن شدن كامل مطلب اغلب تحت عنوان« ذخيره قابل استحصال نهايي»(Ultimately recoverable reserve) بيان مي‌شود و آن مقدار نفتي است كه در نهايت با تكنولوژي موجود و بهره برداري اوليه مي‌توان از مخزن استخراج نمود. اين مقدار در فشار و حرارت سطح زمين به بشكه و يا تن محاسبه مي‌شود.

- « ذخيره درجا»(Oil in place) مقدار نفت در داخل مخزن و در تحت فشار و درجه حرارت مخزن است. مقدارآن نيز بر حسب بشكه و يا متر مكعب محاسبه مي‌گردد.
- « ذخيره ثابت شده»(Proved reserve) ذخيره مخزني است كه عمليات اكتشافي و تحديدي كافي در آن انجام گرفته و اطلاعات كافي براي محاسبه ذخيره در دست بوده و مقدار ذخيره مخزن با دقت كافي تعيين شده است.«ذخيره محتمل»(Probable reserve) با اعتبار بيشتر و«ذخيره ممكن»(Possible reserve) با اعتبار كمترنيز تعريف شده اند.

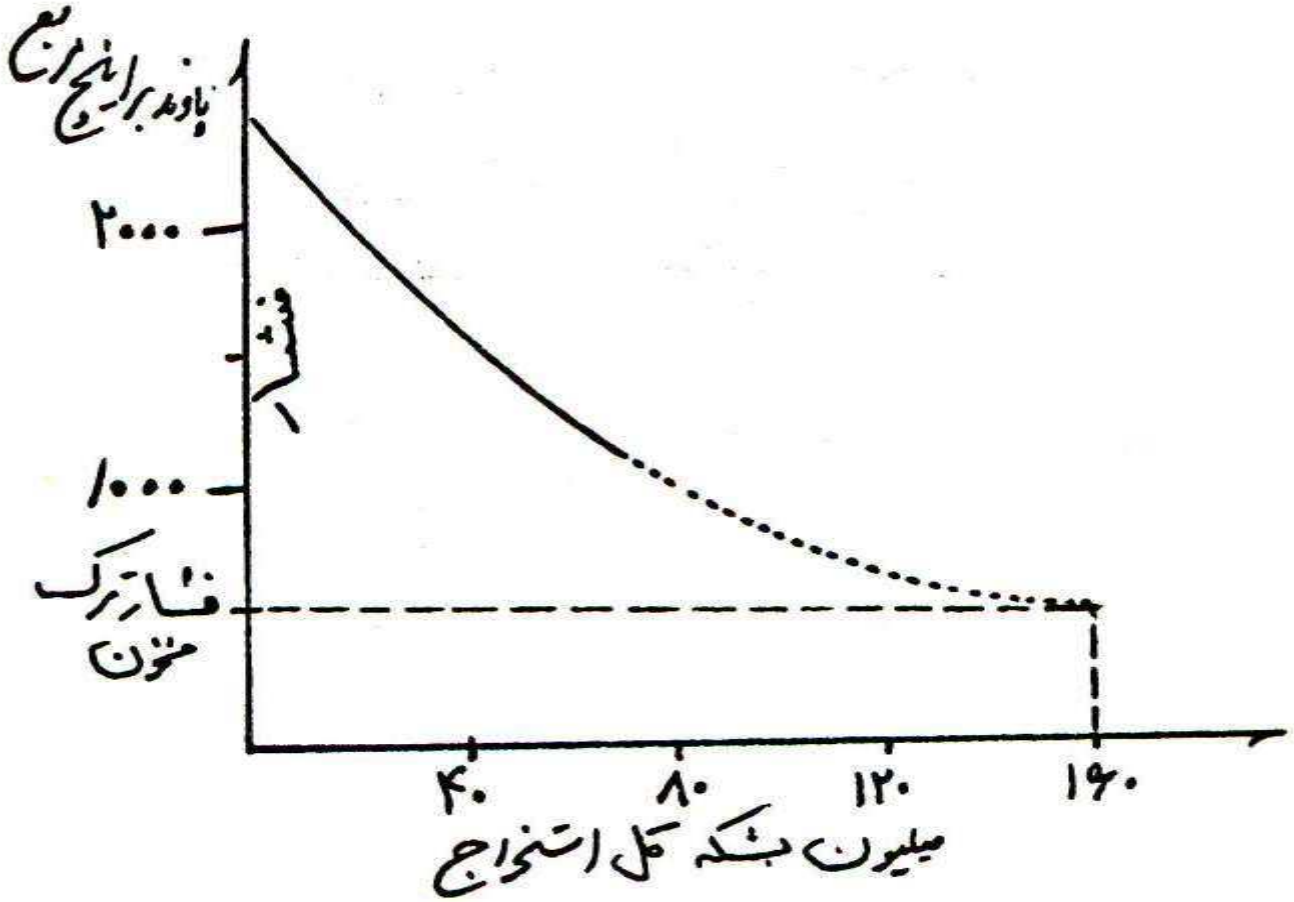
- مقدار ذخيره درجا از فرمولQ=V.P.So به دست مي‌آيد كه در آنQ ذخيره درجا، V حجم بخشي از سنگ مخزن كه داراي نفت است. P تخلخل و So اشباع نسبي نفت مي‌باشد. ذخيره قابل استحصال نهايي بخش ثابتي از ذخيره درجا نبوده و به عواملي نظير وزن مخصوص، لزجت سيال، نوع و شكل خلل و فرج ، جنس سنگ مخزن، مكانيسم رانش مخزن، فشار و درجه حرارت مخزن و فشار ترك نمودن ميدان بستگي دارد. از ذخيره درجا تنها يك پنجم تا يك چهارم قابل استحصال با بهره برداري اوليه است.

www.oilexploration.ir

- ذخيره قابل استحصال نهايي از رابطه زير محاسبه مي‌شود.
- q=Q.R.Ksh
- در اين رابطهq ذخيره قابل استحصال نهايي، Q ذخيره درجا، و R ضريب استحصال(Recovery factor) است كه به عوامل ياد شده قبلي مانند وزن مخصوص، لزجت و غيره بستگي دارد. مقدار آن براي مخازن ايران در حدود۰۲/۰۳/۰=R است. Ksh ضريب افت حجم(Volume shirinkage factor) است.

www.oilexploration.ir

منحني نقطه چين پيش بيني روند منحني در آينده است.



منحنی میزان کل استخراج در برابر افت فشار مخزن

www.oilexploration.ir

- عامل مهم و تعيين كننده خروج گاز محلول است كه كاهش حجم قابل ملاحظه اي را در پي دارد. مقدار اين كاهش با ضريب افت حجم مشخص مي‌گردد. ضريب افت حجم براي مخازن مختلف تغيير مي‌كند ولي معمولاً مقدار آن Ksh=۱۲/۰۷۵/۰ است.

www.oilexploration.ir

- اگر از مخزن مدتي بهره برداري شده باشد با ترسيم منحني مقدار كل استخراج در برابر افت فشار و ادامه روندExtrapolate)) منحني تا فشار ترك مخزن مي‌توان ذخيره قابل استحصال نهايي را به صورت تقريبي به دست آورد .

www.oilexploration.ir

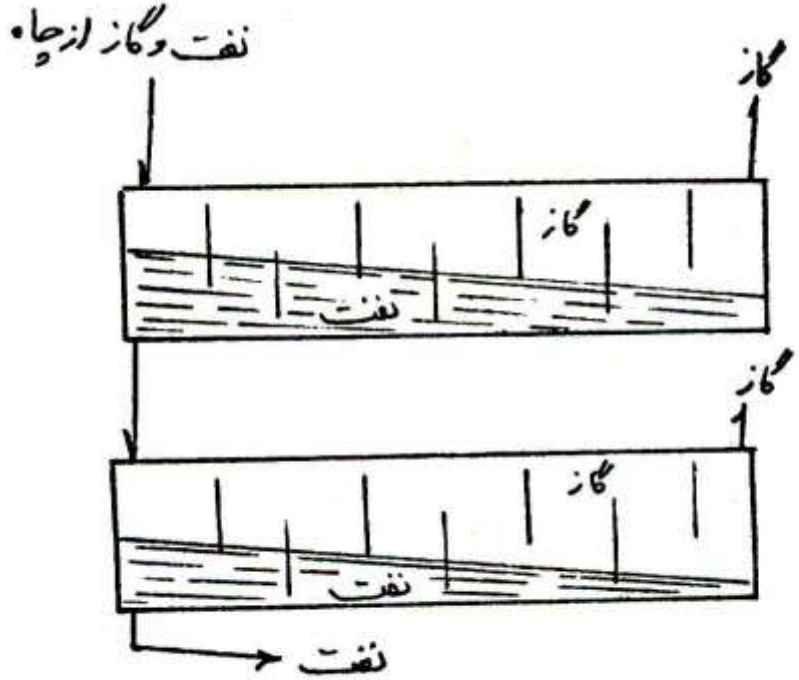
- در روش ديگر براي برآورد تقريبي ذخيره قابل استحصال نهايي از كاهش ضخامت ستون نفت مخزن در اثر استخراج نفت استفاده مي‌شود. اگر با استخراج A بشكه نفت يك متر از ضخامت ستون كم شده و اين ضخامت در آغاز بهره برداريh متر بوده باشد ذخيره قابل استحصال نهايي را مي‌توان به تقريبq=A.h بشكه تخمين زد.

نسبت گاز به نفت(Gas oil ratio)

- نسبت گاز به نفت مقدار گاز متصاعد به پاي مكعب از يك بشكه نفت است كه از مخزن به سطح زمين آورده شده و فشار آن به فشار سطح كاهش يافته باشد. آشكار است كه مقدار گاز حل شده در نفت به فشار و درجه حرارت مخزن بستگي دارد. با استخراج نفت فشار مخزن كاهش مي‌يابد و بخشي از گاز محلول در نفت در داخل مخزن از نفت جدا مي‌شود.

- جداسازي گاز از نفت در سطح زمين در چندين مرحله و به تدريج انجام مي‌گيرد. در هر مرحله فشار نسبت به مرحله قبل كم مي‌شود. اگر كاهش فشار به يكبار اعمال شود مقدار قابل توجهي نفت به صورت ذرات ريز همراه گاز از فاز مايع جدا خواهد شد. اگر گاز به آتشگاه(Flare) رود نفت همراه آن نيز خواهد سوخت و اگر براي مصارف شهري به خطوط لوله انتقال يابد از فاز گازي جدا شده و در انتقال گاز مانع ايجاد خواهد كرد.

- جداسازي گاز از فاز مايع در دستگاههايي انجام مي‌گيرد كه «جداكننده»گاز(Gas separator) ناميده مي‌شوند.دستگاه جداكننده گاز استوانه اي فلزي است كه مي‌تواند فشارهاي زياد را تحمل كند. دستگاه با شيب كم بر روي پايه ها قرار مي‌گيرد.



دستگاههای جداکننده نفت و گاز

www.oilexploration.ir

گاز

- گازهاي هيدروكربني كه در مخازن نفتي وجود دارد گاز طبيعي(Natural gas) ناميده مي‌شود. اين گاز ممكن است در مخزن همراه نفت باشد و يا بدون نفت، مخزن گازي مستقلي را تشكيل دهد. در حالت نخست گاز همراه(Associated gas) و در حالت بعدي گاز ناهمراه(Non associated gas) ناميده مي‌شود.

- گاز همراه يا به صورت گاز آزاد، گنبد گاز نفتگير را تشكيل مي‌دهد و يا در نفت مخزن حل شده و گاز محلول(Dissolved gas) ناميده مي‌شود. حجم گاز محلول در نفت درشرايط مخزن از چندپاي مكعب تا حدود هزار پاي مكعب در يك بشكه نفت تغيير مي‌كند. گاز محلول هنگام استخراج نفت با آن از مخزن خارج مي‌شود و پس از عبور از دستگاههاي جدا كننده اگر براي آن مصرفي وجود نداشته باشد در آتشگاه سوزانده مي‌شود.

- گانسارهاي نفتي كه فاقد گنبد گاز مي‌باشند ميدانهاي نفتي اشباع نشده(Undersaturated Pool) و كانسارهايي كه داراي گنبد گازند ميدان نفتي اشباع شده(Saturated Pool)ناميده مي‌شوند. گاز طبيعي در آب نيز حل مي‌شود وگاه تا ۲۰ پاي مكعب گاز در يك بشكه آب كانسار حل مي‌گردد. آب در حدود ۰۶/۰ نفت توان حل گاز را دارد.

www.oilexploration.ir

- گازي كه از چاه استخراج مي‌شود بنا بر مقدار مايع سبكي كه همراه دارد گاز خشك و يا گاز تر خوانده مي‌شود. گاز خشك كمتر از ۱/۰ گالن(۴۵/۰ ليتر) مايع در هزار پاي مكعب دارد. گازتر بيش از ۳/۰ گالن(۳۵/۱ ليتر) مايع در هزارپاي مكعب دارد. گاز بين اين دو را گاز لاغر(Lean gas) مي‌نامند.

www.oilexploration.ir

- چگالي گازهاي طبيعي نسبت ه هوا از ۶۵/۰ تا ۹۵/۰ تغيير مي‌كند. چگالي متان كه سبكترين هيدروكربن گازهاي طبيعي است نسبت به هوا۵۵۴/۰۱ مي‌باشد. متان گازي بيرنگ، بي بو و به شدت قابل اشتعال است كه در درجه حرارت و فشار مخازن نفتي هميشه به صورت گاز است. ديگر هيدروكربنهاي گازي در شرايط مخازن ممكن است به صورت فاز گاز يا مايع وجود داشته باشند.

www.oilexploration.ir

- «گاز نفتي مايع شده»(Liquified petroleum gas) كه به اختصار L.P.G ناميده مي‌شود از هيدروكربنهاي پروپان، بوتان و مقدار كمي‌پنتان و ايزوپنتان تشكيل شده كه در فشار اتمسفري و درجه حرارتهاي بالاي صفر به حالت گاز است. در شرايط معمولي، پروپان در ۱/۴۲- درجه سانتيگراد و بوتان نرمال در ۵/۰- درجه سانتيگراد، به گاز تبديل مي‌گردند. درجه حرارت جوش پنتان ۳۶ درجه سانتيگراد است. چگالي گاز مايع شده در حدود نصف چگالي آب است. گاز نفتي مايع شده خاصيت چرب كنندگي ندارد و در پمپ كردن آن بايد به اين امر توجه شود. براي مايع كردن آن بايد فشار را زياد كرد و يا درجه حرارت را پايين آورد.

www.oilexploration.ir

«گاز طبیعی مایع شده»(Liquified natural gas)

- که به اختصارL.N.G نامیده مي‌شود متان و اتان مایع شده است. با توجه به نقطه جوش اين هيدروكربنها به مخازني تحت فشار زياد و با توان سردكنندگي بسيار، براي مايع كردن گاز، نياز خواهد بود. نقطه جوش متان در فشار اتمسفري۴/۱۶۱- درجه سانتيگراد و از آن اتان ۸۹- درجه سانتيگراد است. روش انتقال و ساخت كشتي هاي مخصوص براي حمل گاز طبيعي مايع شده در دست مطالعه است.

www.oilexploration.ir

تركيب شيميايی گاز طبيعی

- بيشترين بخش گازهاي طبيعي را متان كه پايدارترين هيدروكربن نفتي است تشكيل مي‌دهد. بخش كمتر شامل هيدروكربنهاي سبك پارافيني مانند اتان، پروپان، بوتان و به مقدار كمي‌پنتان و هگزان مي‌باشد. در مواردي نادر مقدار بسيار كمي‌هپتان نيز در گاز طبيعي وجود دارد. تركيب گازي سه ميدان نفت و گاز باكو در آذربايجان به شرح زير است:

- ناخالصي گازهاي طبيعي اغلب گازكربنيك، ازت، هيدروژن سولفوره و در برخي موارد هليوم است. اين ناخالصي ها بجز هيدروژن سولفوره تنها از ارزش حرارتي گازي مي‌كاهند. گاز هليوم ارزش اقتصادي دارد و اگر مقدار آن قابل توجه باشد آنرا از گاز طبيعي جدا مي‌سازند. بعضي از ميدانهاي گازي ايالات متحده آمريكا به طور استثنايي داراي هليوم مي‌باشند. گاز طبيعي اين ميدانها داراي ۱ تا۸ درصد حجمي‌هليوم است.

- هيدروژن سولفوره بسيار خورنده بوده و در لوله ها و تأسيسات خورندگي ايجاد مي‌كند. در گازهاي طبيعي اگر علاوه بر هيدوژن سولفوره گاز كربنيك نيز وجود داشته باشد خاصيت خورندگي تشديد مي‌گردد. در اين موارد از لوله ها و وسايل مقاوم در برابر خورندگي بايد استفاده نمود كه هزينه عمليات را افزايش مي‌دهد. هيدروژن سولفوره گازي سمي‌است، بنابراين بايد از گاز مصرفي حذف گردد. گازي كه داراي هيدروژن سولفوره است گازترش(Sour gas) و گاز طبيعي بدون هيدروژن سولفوره و يا داراي مقدار بسيار كم آن گاز شيرين(Sweet gas) ناميده مي‌شود.

www.oilexploration.ir

واحد اندازه گیری و ارزش حرارتی گاز طبیعی

- اندازه گيريهاي گاز حجمي‌است و چون تغيير درجه حرارت و فشار در تغيير حجم گاز تأثير دارد اندازه گيري بايد در درجه حرارت و فشار معيني انجام گيرد كه شرايط استاندارد ناميده مي‌شود. در اين شرايط فشار اتمسفري و درجه حرارت ۲۰ درجه سانتيگراد است. هر هزارپاي مكعب گاز در شرايط استاندارد يك واحد در نظر گرفته مي‌شود و به علامت اختصاريMCF نشان داده مي‌شود. MMCF نمايانگر يك ميليون پاي مكعب گاز است. واحد ديگر متر مكعب است كه معادل ۳۱۹/۳۵ پاي مكعب است.

- توان حرارتي گاز طبيعي در حدود ۲۵۰ تا۳۰۰ كيلوكالري براي هر پاي مكعب مي‌باشد. بر اساس ارزش حرارتي هر ۵۰۰۰ پاي مكعب و يا ۱۴۲ متر مكعب گاز طبيعي تقريباً معادل يك بشكه نفت خام است.

www.oilexploration.ir

محاسبه ذخیره کانسارهای گاز

- محاسبه ذخیره در جاي گاز همانند محاسبه ذخیره در جاي نفت است با این تفاوت که در مورد گاز تأثیر تغییر درجه حرارت و فشار بر حجم بسیار زیاد است و ذخیره در جاي مخزن باید در شرایط استاندارد ارائه شود تا مفهوم داشته باشد.

www.oilexploration.ir

- مي‌دانيم در مورد گازهاي كامل رابطه بين حجم و فشار و درجه حرارت مطلق به قرار زير است:
- در مورد گازهاي غير كامل و يا حقيقي ضريب انحرافي (Gas deviation factor)در رابطه فوق دخالت دارد و رابطه به صورت زير در مي‌آيد:

www.oilexploration.ir

- براي محاسبه ذخيره مخزن لازم است ابتدا ضريب حجمي(Volume factor) مخزن را حساب كنيم. ضريب حجمي، حجم يك پاي مكعب از گاز مخزن در شرايط استاندارد است. اگر فشار اتمسفري را ۷/۱۴ پاوند براينج مربع و درجه حرارت را ۲۰ درجه سانتيگراد در شرايط استاندارد محسوب داريم و با توجه به اينكه در شرايط استاندارد ضريب انحراف نزديك به يك است.

www.oilexploration.ir

- با استفاده از رابطه قبلي خواهيم داشت:

$$\frac{14.7V_f}{20+273} = \frac{P}{X_2 T}$$

$$V_f = 19.93\frac{P}{X_2 T}$$

- در رابطه فوق Vf ضريب حجميبر حسب پاي مكعب در شرايط استاندارد، P فشار مخزن برحسب پاوند بر اينچ مربع،T درجه حرارت مطلق مخزن برحسب درجه سانتيگراد و Z2ضريب انحراف گاز در شرايط مخزن ميباشد. در رابطه فوق ديده ميشود كه ضريب حجميبا فشار مخزن رابطه مستقيم و با درجه حرارت مطلق مخزن رابطه معكوس دارد.

www.oilexploration.ir

- براي مثال اگر فشار مخزني در عمق۱۲۰۰۰ پايي۵۰۰۰ پاوند بر اينچ مربع، درجه حرارت آن ۱۵۰ درجه سانتيگراد و ضريب انحراف براي اين فشار و درجه حرارت۹/۰ باشد ضريب حجميمخزن يعني يك پاي مكعب از گاز در جاي اين مخزن وقتي به سطح زمين برسد و تحت فشار و درجه حرارت استاندارد قرار گيرد ۷۵/۲۶۱ پاي مكعب حجم خواهد داشت.
- پاي مكعب
- يعني يك پاي مكعب از گاز در جاي اين مخزن وقتي به سطح زمين برسد و تحت فشار و درجه حرارت استاندارد قرار گيرد ۷۵/۲۶۱ پاي مكعب حجم خواهد داشت.

www.oilexploration.ir

- حجم ذخيره در جاي مخزن از رابطه $Q = V.P.(1 - S_w)V_f$
- بدست مي‌آيد كه در آن Q ذخيره در جاي مخزن در شرايط استاندارد، V حجم بخش گازدار سنگ مخزن، P تخلخل متوسط سنگ مخزن و Sw اشباع نسبي آب است و Vf ضريب حجمي‌مخزن مي‌باشد.
- ذخيره گاز قابل استحصال نهايي مخزن از رابطه$q=Q.R$ به دست مي‌آيد. در اين رابطه q ذخيره قابل استحصال نهايي مخزن،Q ذخيره درجا وR ضريب استحصال است. اين ضريب به عوامل مختلف مانند مكانيسم رانش، فشار اوليه، فشار ترك مخزن، نوع تخلخل و شكاف سنگ مخزن بستگي دارد و مقدار آن ۰/۷۵ تا ۰/۸۵ است.

www.oilexploration.ir

- روش ديگر براي برآورد تقريبي مقدار گاز قابل استحصال نهايي روش حجم ـ فشار است. اين روش بر اين اصل استوار است كه با استخراج گاز، فشار مخزن كاهش مي‌يابد. اين كاهش فشار با مقدار گاز خارج شده از مخزن متناسب است. مقدار گاز استخراج شده را به ازاي افت يك واحد فشار حساب مي‌كنند وبا دانستن فشار اوليه مخزن و فشار ترك مخزن مقدار گاز قابل استحصال را مي‌توان محاسبه نمود. اين محاسبه زماني معتبر است كه مدتي از مخزن بهره برداري شده، حجم قابل ملاحظه اي گاز استخراج و آمار دقيقي از ميزان استخراج و افت فشار در دست باشد.

www.oilexploration.ir

بخش هفتم

شرایط مخزن(Reservoir Conditions)، فشار ، درجه حرارت، مکانیسم مخزن و مهاجرت نفت

- دو عامل متغيري كه بر هر مخزن نفتي اثر مي‌گذارد فشار و درجه حرارت است كه هر يك انرژي ذخيره شده اي براي مخزن محسوب مي‌گردند. اگر يكي از اين دو عامل و يا هر دو تغيير كند حجم سيال داخل مخزن تغيير خواهد كرد. مهندسان نفت آزمايشهايي بر مبناي تغيير فشار، درجه حرارت و حجم در آزمايشگاه انجام مي‌دهند كه به اختصار آزمايشهايP.V.T ناميده مي‌شود. بديهي است كه تغيير حجم گازها در اثر فشار و درجه حرارت بسيار بيشتر از مايعات است.

www.oilexploration.ir

فشار

- فشار مخزن و فشار لايه هاي زيرزميني نقش مهمي‌در برنامه ريزي حفاريهاي اكتشافي و روش هاي بهره برداري از مخازن دارد. فشار لايه هاي زير زميني و مخزن اگر در زمان حفاري از كنترل خارج شود مسائل دشوار فني، صدمات مالي و حتي جاني به بار مي‌آورد. در دوره بهره برداري از مخزن توجه به فشار و سعي در حفظ آن نقش عمده در ميزان بهره دهي و طول عمر مخزن دارد.

www.oilexploration.ir

- فشار موجود در لايه ها در طول زمان زمين شناسي به تعادل رسيده است. حفر چاه اين ثبات را بر هم مي‌زند. براي ايجاد تعادل شناخت علل بي ثباتي ضروري است.
- فشارهاي موجود و مؤثر در لايه هاي زيرزميني را در دو گروه عمده مي‌توان بررسي نمود. فشاري كه مايعات موجود در روزنه هاي سنگ بر پايه قانون ظروف مرتبط ايجاد مي‌نمايند كه فشار ايستابي(Hydrostatic pressure) ناميده مي‌شود. فشار ديگر فشاري مي‌باشد كه وزن لايه ها و سيال درون آن به لايه هاي زيرين وارد مي‌آورند كه فشار زمين ايستايي(Overburden pressure or Geostatic) يا ژئواستاتيك ناميده مي‌شود.

www.oilexploration.ir

فشار ايستابى

- فشار ايستابي ناشي از وزن ستون مايع است و بستگي به ارتفاع ستون مايع و وزن مخصوص آن دارد. براي آساني محاسبات مربوط به فشار ايستابي از ضريب ستون سيال استفاده مي‌شود. ضريب ستون يك سيال فشاري است كه واحد طول ستون آن سيال به قاعده خود وارد مي‌كند. در سيستم متريك وزن ستون آبي به طول يك متر و به قاعده يك سانتيمتر مربع در حرارت ۴ درجه سانتيگراد و فشار اتمسفري۱/۰ كيلوگرم است. بنابراين در سيستم متريك ضريب ستون آب۱/۰ كيلو گرم بر سانتيمتر مربع بر متر است.

www.oilexploration.ir

- در سيستم واحدهاي انگليسي ضريب ستون آب فشاري مي‌باشد كه يك استوانه به طول يك پا بر يك اينچ مربع قاعده خود در ۶۰ درجه فارنهايت وفشار اتمسفري وارد مي‌سازد. وزن يك پاي مكعب۴/۶۲ پاوند است و هر پاي مربع ۱۴۴ اينچ مربع مي‌باشد. بنابراين ضريب ستون آب خالص در سيستم انگليسي۴۳۳/۰ پاوند بر اينچ مربع بر فوت خواهد بود.
- براي به دست آمدن ضريب ستون گل حفاري و يا نفت خام كافي است چگالي آن را در ضريب ستون آب ضرب نمايند.

www.oilexploration.ir

فشار زمين ايستايی

- فشار زمين ايستايي وزن تمام سنگها و آب موجود در تخلخل آنهاست كه بر روي لايه مفروضي قرار داشته و وزن خود را بر آن لايه وارد مي‌كنند.
- وزن آب درون سنگ+ وزن سنگ= فشار زمين ايستايي سطح

www.oilexploration.ir

- اگر سطح سنگA، ضخامت لايه هاي روي آن h، تخلخل متوسط اين سنگها، وزن مخصوص متوسط سنگ هاdr و وزن مخصوص متوسط آب طبقاتيdw باشد خواهيم داشت:

- فشار زمين ايستايي = $\frac{A.h(1-\rho)d_r + A.h.\rho.d_w}{A}$

- = فشار زمين ايستايي = $h(1-\rho)d_r + h.\rho.d_w$

- = ضريب ستون فشار زمين ايستايي = $(1-\rho)d_r + \rho d_w$

www.oilexploration.ir

- اگر سنگها رسوبي و وزن مخصوص متوسط آنها۷/۲ گرم بر سانتيمتر مكعب با تخلخل متوسط۱۰% و وزن مخصوص آب طبقاتي ۰۷/۱ گرم بر سانتيمتر مكعب باشد و اين مقادير را در رابطه ضريب ستون فشار زمين ايستايي قرار دهيم خواهيم داشت:

- ضريب ستون فشار زمين ايستايي =

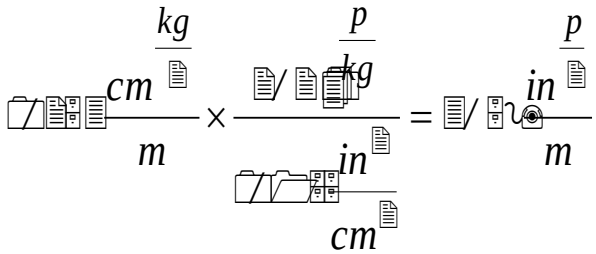
$$(\square\square\square)\square/\square\frac{gr/cm^{\square}}{cm}+\square/\square\square\square\frac{gr/cm^{\square}}{cm}=\square/\square\square\frac{gr/cm^{\square}}{cm}$$

www.oilexploration.ir

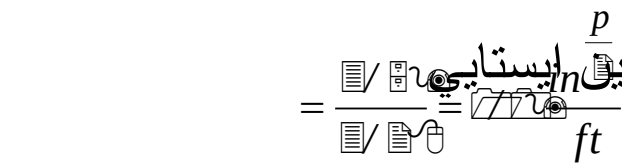
- اگر این فشار را تبدیل به کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در متر نماییم خواهیم داشت:

- ضریب ستون فشار زمین ایستایی = $\frac{gr}{cm^{2}} = \frac{cm^{2}}{m}$

- با توجه به محاسبه فوق مي‌توان فشار تقريبي زمين ايستايي لايه هاي رسوبي را براي هر ۴ متر تقريباً معادل يك اتمسفر دانست. اگر فشار فوق را به واحدهاي انگليسي تبديل نماييم خواهيم داشت:



- ضريب ستون فشار زمين ايستايي



- بنابراين فشار زمين ايستايي را در اين سيستم مي‌توان تقريباً يك پاوند بر اينچ مربع در هر پا در نظر گرفت.

www.oilexploration.ir

- اگر هنگام حفر چاه گل حفاري به قدري سنگين باشد كه فشار ايستابي ايجاد شده بيش از فشار زمين ايستايي شود ممكن است لايه‌هاي ته چاه را بشكند. شكستن لايه ها سبب بر هم خوردن تعادل فشار در چاه و هرز رفتن گل حفاري مي‌شود و ممكن است فوران ناخواسته چاه را سبب شود. گاه از اين پديده براي بهبود تراوايي سنگ مخزن استفاده مي‌شود و با ايجاد فشاري ايستابي بيش از فشار زمين ايستايي در لايه هاي سنگ مخزن شكاف ايجاد مي‌گردد.

www.oilexploration.ir

- اگر مخزن نفت و گاز داراي فشار بسته باشد فرسايش لايه هاي سطحي و كم عمق شدن مخزن در طول زمانهاي زمين شناسي سبب كاهش فشار زمين ايستايي بر روي اين مخازن مي‌شود. اين كاهش ممكن است به حدي برسد كه لايه هاي روي مخزن قادر به تحمل فشار مخزن نبوده و شكاف بر دارند. اين امر باعث راه يافتن نفت و گاز به خارج از مخزن مي‌گردد. اگر مخزن داراي سنگ پوششي از سنگهاي نمك و گچ باشد ممكن است پس از كاهش فشار مخزن و كمتر شدن آن از فشار زمين ايستايي شكافها ترميم و باقي مانده نفت و گاز حفظ شود ولي اگر سنگ پوشش شكننده باشد ممكن است خروج نفت و گاز به صورت چشمه تا خالي شدن مخزن ادامه يابد .

www.oilexploration.ir

- محاسبه و توجه به مقدار فشار زمين ايستايي در پاشنه آخرين لوله جداري ضروري است. چون اگر عمق زيادي از چاه بدون لوله جداري باشد و به هر دليل چاه فوران نمايد بستن شيرهاي طغيان شكن(Blow out preventer) سرچاه فشار مخزن را به طبقات بدون پوشش زير لوله جداري منتقل مي‌نمايد. ضعيف ترين اين لايه ها از نظر فشار زمين ايستايي لايه هاي زير پاشنه لوله جداري مي‌باشند.

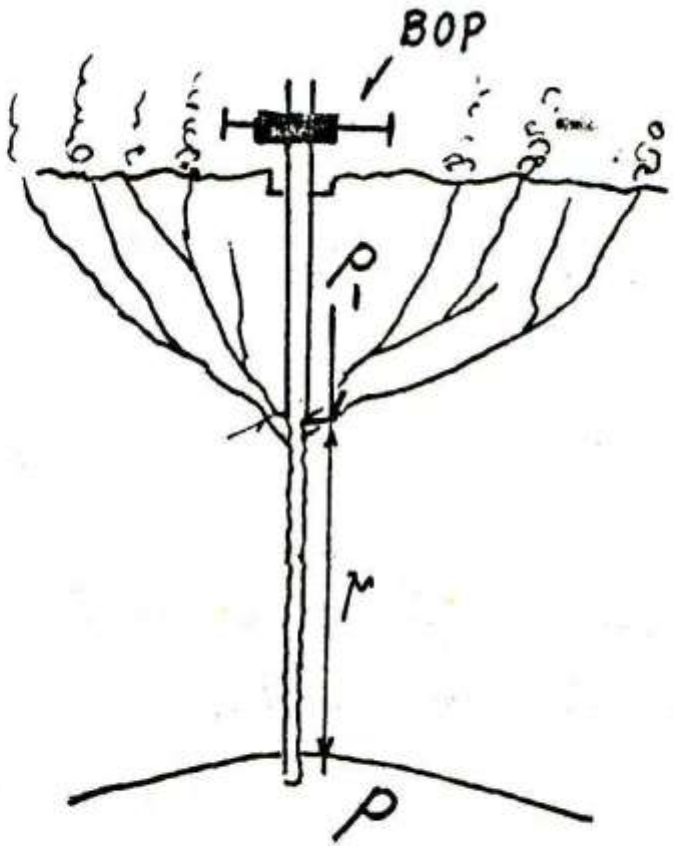
www.oilexploration.ir

- اگر فشار مخزن در پاشنه لوله جداري بيش از فشار زمين ايستايي در اين نقطه باشد لايه ها را شكافته و از اطراف دهانه چاه گاز و يا نفت فوران خواهد نمود. فاصله اين شكافها از دهانه چاه ممكن است به چندين كيلومتر نيز برسد. به طوري كه در شكل ديده مي‌شود اگر چاه وارد مخزني با فشارP شود و به علت هرز رفتن گل حفاري در مخزن و يا به هر دليل ديگري چاه فوران نمايد براي جلوگيري از فوران ناخواسته چاه شيرهاي طغيان شكن را كه به اختصار B.O.P ناميده مي‌شوند مي‌بندند.

www.oilexploration.ir

- در بخش فوقاني چاه كه لوله جداري وجود دارد فشاري به لايه ها وارد نمي‌آيد ولي در بخش بدون پوشش لايه ها تخت فشار مخزن قرار مي‌گيرند. ضعيف ترين بخش لايه هاي بدون پوشش كم عمق ترين آنها يعني لايه هايي مي‌باشند كه بدون فاصله در زير پاشنه لوله جداري قرار گرفته اند. اگر فشار مخزنP و فشار ستون سيال از ته چاه تا زير پاشنه جداريr باشد فشاري كه به پاشنه لوله جداري وارد مي‌شودP-r خواهد بود.

www.oilexploration.ir



شکـاف‌برداشـتن لایـه‌هادر صـورتیکه $p\text{-}r \leq p_1$ بـاشد. تـنها بـخشی از چاه‌دارای‌لوله‌جداری وبقیه‌چاه‌بدون پوشش‌است.

www.oilexploration.ir

- اگر فشار زمين ايستايي در اين نقطهP1 و باشد امكان شكاف برداشتن لايه هاي بين پاشنه لوله جداري و سطح زمين وجود دارد و اگر اختلاف زياد باشد اين پديده رخ داده و سيال از اطراف دهانه چاه فوران خواهد نمود. كنترل اين فوران مشكل تر از كنترل فوران از دهانه چاه است. چنين فوراني در مخازن گازي بيشتر رخ مي‌دهد چون به علت وزن مخصوص كم گاز و كم بودن فشار ايستابي ستون گاز، تقريباً نزديك به تمام فشار مخزن به لايه هاي زير پاشنه لوله جداري وارد مي‌آيد.

www.oilexploration.ir

فشار سازند(Formation pressure)

- فشار سيالهاي موجود در روزنه هاي سنگها مانند آب، گاز و نفت فشار سازند ناميده مي‌شود. اين فشار در سنگ مخزن نفت و گاز فشار مخزن را تشكيل مي‌دهد. فشار سازند در بيشتر موارد معادل يا نزديك به فشار ايستابي و هميشه كمتر از فشار زمين ايستايي است. چون اگر بيشتر از فشار زمين ايستايي و يا برابر آن باشد سبب شكاف برداشتن لايه ها و خروج سيال مي‌گردد.

- مخزن نفت اگر فشاري در حد فشار ايستابي داشته باشد گويند داراي فشار طبيعي(Normal pressure) است. اگر فشار آن كمتر ويا بيشتر از فشار ايستابي باشد داراي فشار غير طبيعي(Abnormal Pressure) است. فشاري بيش از فشار ايستابي ممكن است در اثر تراكم در مخازن مسدود ايجاد گردد و يا سنگ مخزن در نزديك نفتگير در كوههاي بلند رخنمون داشته و نفوذ آبهاي سطحي در سنگ مخزن سبب ازدياد ارتفاع ستون آب مجاور مخزن و در نتيجه ازدياد فشار ايستابي شود.

www.oilexploration.ir

- فشار غير طبيعي كم ممكن است به علت فرار گازهاي سبك و يا كم شدن درجه حرارت مخزن و تبديل بخشي از گاز مخزن به مايع در مخازن مسدود پيش آيد. در حفاريهاي اكتشافي فشار غير طبيعي به سبب غير قابل پيش بيني بودن بيشتر حادثه ساز است. فشار سازند را با وزن گل حفاري و قرار دادن لوله هاي جداري كنترل مي‌نمايند. فشار سازند عامل اصلي براي حركت سيال از مخزن به درون چاه و سطح زمين است و با بهره برداري از مخزن كاهش مي‌يابد.

www.oilexploration.ir

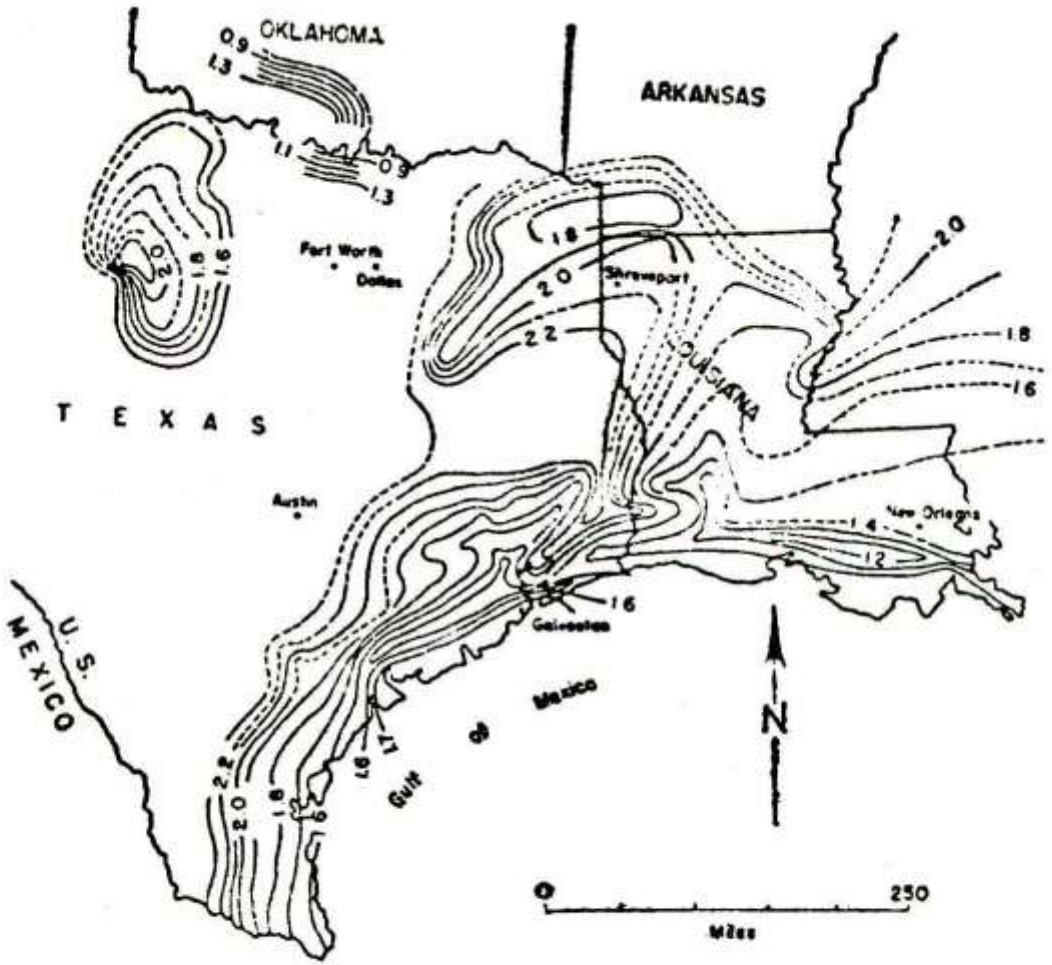
درجه حرارت

- درجه حرارت از سطح زمين به سوي عمق افزايش مي‌يابد. مقدار افزايش براي واحد عمق، ضريب زمين گرمابي(Geothermal gradient) يا شيب زمين گرمايي ناميده مي‌شود. ضريب زمين گرمايي تا عمق۲۰ تا۱۵۰ متري تحت تأثير جنس آبرفت، جريان آبهاي سطحي و نفوذي كم عمق و تغييرات درجه حرارت محيط و غيره قرار مي‌گيرد ولي معمولاً پس از آن ثابت مي‌ماند.

www.oilexploration.ir

- ضريب زمين گرمايي براي هر ۳۰ متر عمق يك درجه سانتيگراد است كه معادل يك درجه فار نهايت براي هر ۵۵ پا عمق مي‌باشد ولي در نواحي مختلف به علت فعاليتهاي آذرين، وجود گنبدهاي نمك و تفاوت توان هدايت حرارتي لايه ها ممكن است تغيير كند. ضريب زمين گرمايي براي هر ناحيه از رابطه:
- درجه حرارت متوسط ساليانه سطح- درجه حرارت طبقه=
  - عمق
- ضريب زمين گرمايي عمق به دست مي‌آيد.

www.oilexploration.ir



نقشه خطوط هم‌ضریب گرمایی در بخشی از تکزاس و لویزیانا ضریب زمین گرمائی به درجه فارنهایت برای هر ۱۰۰ پا عمق است

www.oilexploration.ir

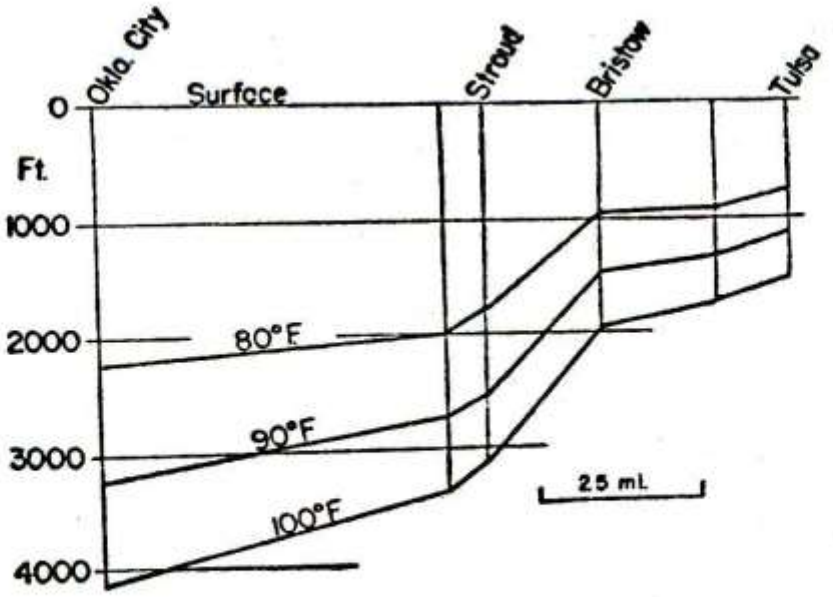
- تغييرات ضريب زمين گرمايي در مناطق مورد نظر ممكن است به صورت خطوط هم ضريب(Isogradient) ترسيم گردد. مانند نقشه خطوط هم ضريب زمين گرمايي بخشهايي از تكزاس و لويزيانا كه در شكل فوق نشان داده شده است.

www.oilexploration.ir

- درجه حرارت در هر نقطه از نقشه و در هر عمقي را مي‌توان با ضرب عمق در ضريب زمين گرمايي آن نقطه و تقسيم بر صد و افزودن درجه حرارت متوسط سطح به دست آورد. سطوح هم حرارت نيز در برش ها به صورت خطوط هم حرارت نشان داده مي‌شود كه كاربردهاي مختلف دارد؛ مانند تشخيص درجه بلوغ كروژن و هيدروكربنها در نواحي مختلف يك حوضه رسوبي و تشخيص فارهيدروكربنها.

www.oilexploration.ir

- شكل زير يكي از برش هاي خطوط هم حرارت را بين شهرهاي اكلاهما و تولسا نشان مي‌دهد.



برش سطوح هم حرارت بين شهرهای اکلاهما و تولسا به فاصله تقریبی ۱۶۰ کیلومتر. در شرق توده‌گرانیتی به سن پرکامبرین‌وجوددارد‌که‌به سطح زمین نزدیک است.

www.oilexploration.ir

انواع مخازن نفت و گاز با ترکیبات هیدروکربنی ثابت در دما و فشارهای مختلف

- سیال مخزن با اختلاطي ثابت از هیدروکربنهاي معین در دما وفشارهاي مختلف که ناشي از عمقهاي متفاوت مخزن است مخازن گازي و نفتي با خواص فیزیکي متفاوتي را تشکیل مي‌دهد.

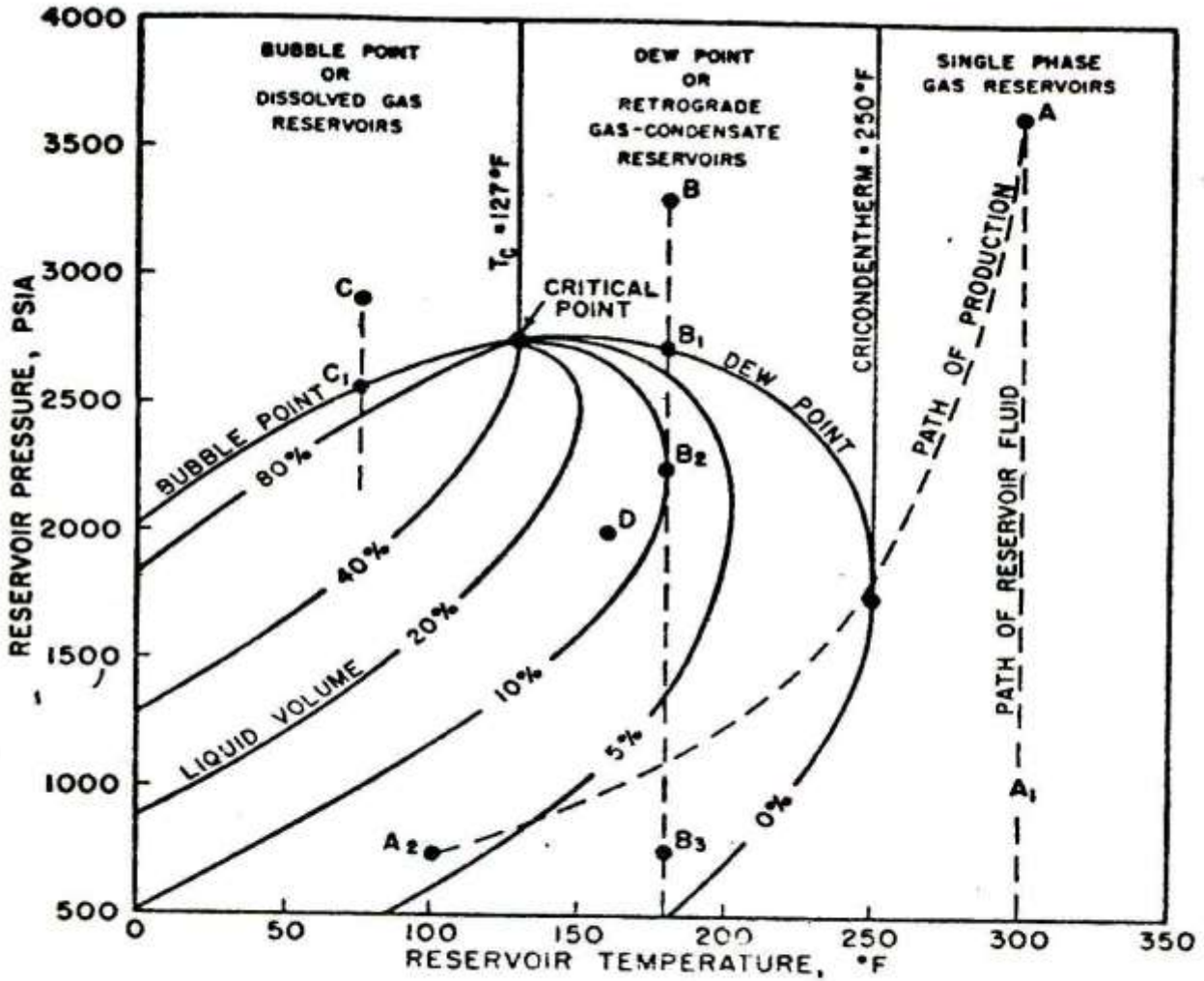
- در نمودار فازهاي مخزن كه بر حسب فشار و دما ترسيم مي‌شود سه ناحيه وجود دارد؛ ناحيه اي كه در آن سيال تنها به صورت مايع است. ناحيه اي كه در آن سيال فقط د رفاز گازي است و ناحيه اي كه بين دو منحني جوش و شبنم قرار دارد و در آن فازهاي گازي و مايع سيال با هم حضور دارند(شكل زير).

www.oilexploration.ir

- براي مثال سيالي با تركيب هيدروكربني «گاز- نفت ميعاني» را بررسي مي‌كنيم كه سيالي مركب از هيدروكربنهاي سبك است. نمودار فازهاي اين مخزن در شكل نشان داده شده است.

www.oilexploration.ir

- منحني هاي داخل بخش دو فازي در صد حجم مايع را نسبت به جم كل هيدروكربن در فشار و درجه حرارت معين نشان مي‌دهد. بديهي است كه منحني هاي نمودار فازها براي نفت خامهاي مختلف يكسان نيست. طبق اين نمودار اگر دماي مخزني در شروع بهره برداري ۳۰۰ درجه فارنهايت و فشار آن ۳۶۰۰پاوند بر اينچ مربع باشد در نقطهA قرار خواهد داشت كه نشان مي‌دهد مخزن تك فاز و در فاز گازي است.



نمودار فازهای گاز و مایع در مخازن گاز و نفت میعانی برپایه تغییرات درجه حرارت و فشار

www.oilexploration.ir

- چون مخزن در عمق ثابتي قرار دارد دماي مخزن در طول بهره برداري ثابت مي‌ماند و تنها فشار كاهش مي‌يابد. تغييرات وضع مخزن را طي مدت بهره برداري تا نقطه A1 خط AA1 نشان مي‌دهد. به طوري كه در شكل ديده مي‌شود در تمام مدت بهره برداري مخزن در فاز گازي باقي مي‌ماند. بنابراين نسبت تركيب هيدروكربنهاي مخزن در طول استخراج ثابت است. گاز استخراجي وقتي به سطح زمين مي‌رسد علاوه بر افت فشار افت حرارت نيز دارد و مسيرAA2 را در آغاز بهره برداري طي مي‌كند. در اين نمودار در نقطه A2 گاز استخراج شده در حدود۶% حجمي‌فاز مايع دارد كه آن را نفت ميعاني مي‌نامند.

www.oilexploration.ir

- با توجه به نمودار شكل فوق تمام مخازن با درصد هيدروكربني همانند كه داراي حرارتي بيش از ۲۵۰ درجه فازنهايت باشند نظير مخزن گازي فوق عمل مي‌نمايند.

www.oilexploration.ir

- اگر مخزني با همان تركيب هيدروكربني، در بدو اكتشاف داراي دمايي برابر۱۷۵ درجه فارنهايت و فشار ۳۳۰۰ پاوند بر اينچ مربع باشد در نمودار شكل فوق در نقطه B قرار مي‌گيرد. در اين حال نيز مخزن در فازي گازي است. در اثر بهره برداري و كاهش فشار هنگامي‌كه فشار مخزن به B1 برسد اولين قطره مايع در مخزن پديدار خواهد شد. بهره برداري از مخرن و عمل كرد آن در طول BB1 مانند مخزن A خواهد بود. در اين فاصله مخزن تك فازگازي است.

www.oilexploration.ir

- با ادامه بهره برداري و افت فشار بيشتر بر مقدار مايع افزوده شده و سيال داخل مخزن دو فازي خواهد شد. از B1 تاB2 با بهره برداري از مخزن و كم شدن فشار حجم فاز مايع افزايش مي‌يابد و در B2 به حداكثر ۱۰% مي‌رسد. پس از اين با كاهش بيشتر فشار از B2 به B3 به تدريج از فاز مايع كاسته شده و مقداري از مايع دوباره به گاز تبديل مي‌گردد و به اين دليل اين نوع مخازن را مخازن ارتجاعي گاز ميعاني(Retrograde gas condenate) مي‌نامند.

www.oilexploration.ir

- در اين مخازن گاز مايع شده به جدار روزنه ها چسبيده و در مخزن باقي مي‌ماند. گاز استخراج شده چون مقداري از هيدروكربنهاي سنگين خود را در مخزن به حالت مايع باقي گذارد در سطح زمين با كاهش دما و فشار نفت ميعاني كمتري نسبت به گاز مخزني از نوع A توليد خواهد نمود.

www.oilexploration.ir

- اگر اين تركيب هيدروكربني در مخزني با دماي۷۰ درجه فارنهايت و فشار نخست ۲۹۰۰پاوند براينچ مربع كشف شود بر روي نمودار در نقطهC قرار خواهد گرفت و سيال مخزن فقط در فاز مايع خواهد بود. در اين حالت مخزن اشباع نشده(Unsaturated reservoir) و يا مخزن گاز محلول(Dissolved gas reservoir) ناميده مي‌شود. در اثر بهره برداري و افت فشار در نقطهC1 اولين حباب گاز در مخزن ظاهر شده و با بهره برداري بيشتر و ادامه يافتن كاهش فشار مخزن داراي دو فاز مي‌گردد. گاز جدا شده در مخزن گنبدگازي را تشكيل مي‌دهد.

www.oilexploration.ir

- اگر همين هيدروكربن در مخزني با فشار اوليه ۲۰۰۰ پاوند بر اينچ مربع و درجه حرارت ۱۵۵ درجه فارنهايت قرار گرفته باشد در نمودار در نقطهD قرار خواهد داشت و داراي فاز مايع و گازي در كنار هم خواهد بود. طبق نمودار شكل اين مخزن داراي۱۵% حجمي‌نفت و ۸۵% گاز خواهد بود. چنين مخزني داراي گنبدگازي وسيعي بوده و مخزن نفتي اشباع شده(Saturated reservior) ناميده مي‌شود.

www.oilexploration.ir

مكانيسم حركت سيال در مخزن

- براي رانش نفت از روزنه هاي سنگ مخزن به داخل چاه، مخزن بايد انرژي لازم براي به حركت درآوردن نفت خام و خنثي كردن نيروي كشش سطحي آب و نفت را داشته باشد. اين انرژي را فشار مخزن تأمين مي‌كند. انرژي لازم براي رانش گاز بسيار كمتر از انرژي لازم براي راندن نفت است.

www.oilexploration.ir

- اگر فشار مخزن كافي باشد نفت را به سطح زمين مي‌رساند و در غير اين صورت بايد به كمك تلمبه كمبود انرژي را تأمين كرد. مكانيسم رانش نفت مخزن به داخل چاه پنج نوع است: آبران، گاز محلولران، گازران، ثقل ران و رانش مختلط.

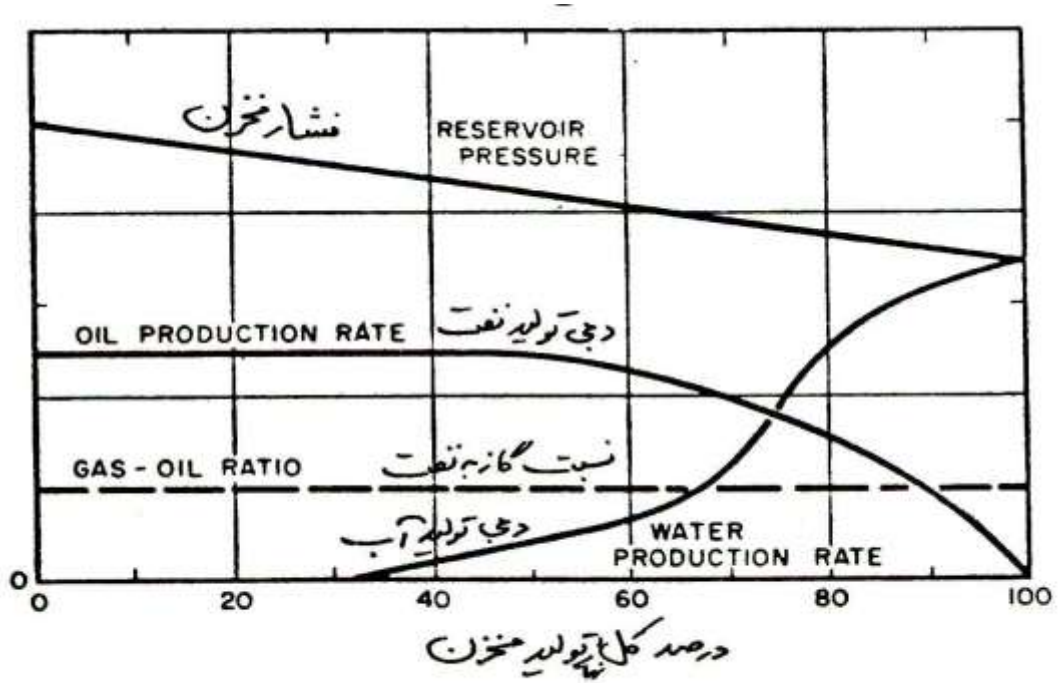
مخازن آبران(Water drive)

- مخازن آبران، مخازني با تراوايي زياد مانند سنگ آهك شكافدار و يا حفره دار در تماس با آبخوانهاي(aquifer) وسيع مي‌باشند. چنين مخازني داراي رانش آبي فعالي مي‌باشند. درجه جايگزيني آب به جاي نفتي كه برداشت مي‌شود بازده مكانيسم رانش آبي را نشان مي‌دهد. در يك سيستم آبران كامل كه سيستمي‌نادراست آب به طور كامل جايگزين سيال برداشت شده مي‌گردد.

- اگر مخزن آبران در آغاز بهره برداري اشباع نشده باشد فشار مخزن طي بهره برداري با نفوذ آب به مخزن ممكن است براي مدتي طولاني هم چنان بالاتر از نقطه جوش باقي بماند. در طول اين زمان بخشي از فضاي خالي شده مخزن را نيز انبساط نفت پر مي‌كند. در انواع مخازن آبران حتي مخزن آبران كامل نيز كاهش فشار اوليه اي لازم است تا اختلاف فشار كافي براي حركت آب ايجاد گردد.

www.oilexploration.ir

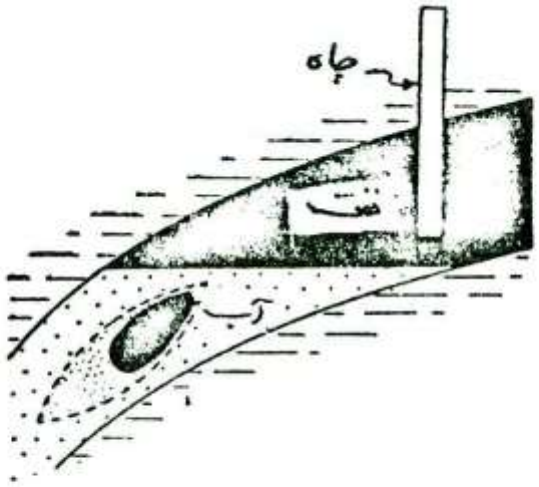
- در اين مخازن كاهش ظرفيت توليد چاه در طول عمر مخزن ناچيز است و توليد نفت تا موقعي كه چاه به آب برسد با دبي تقريباً ثابت ادامه مي‌يابد و نسبت گاز به نفت نيز كم و بيش ثابت باقي مي‌ماند. در شكل زير نمودار عملكرد مخزن آبران نمونه اي ديده مي‌شود.



نمودار كلي عملكرد مخزن آبراني كامل (از تُرري[۴])

www.oilexploration.ir

- اگر استخراج هيدروكربن از مخازن آبران سريع انجام گيرد آب شكافهاي مخزن را پر كرد و به داخل بخش هاي درشت تخلخل نفوذ مي‌نمايد و به هيدروكربنهاي موجود در بلوكهاي ريز تخلخل سنگ مخزن فرصت خروج نداده و آنها را در ميان آب محصور و محبوس مي‌سازد . اين امر مقدار قابل استحصال مخزن را كاهش مي‌دهد.



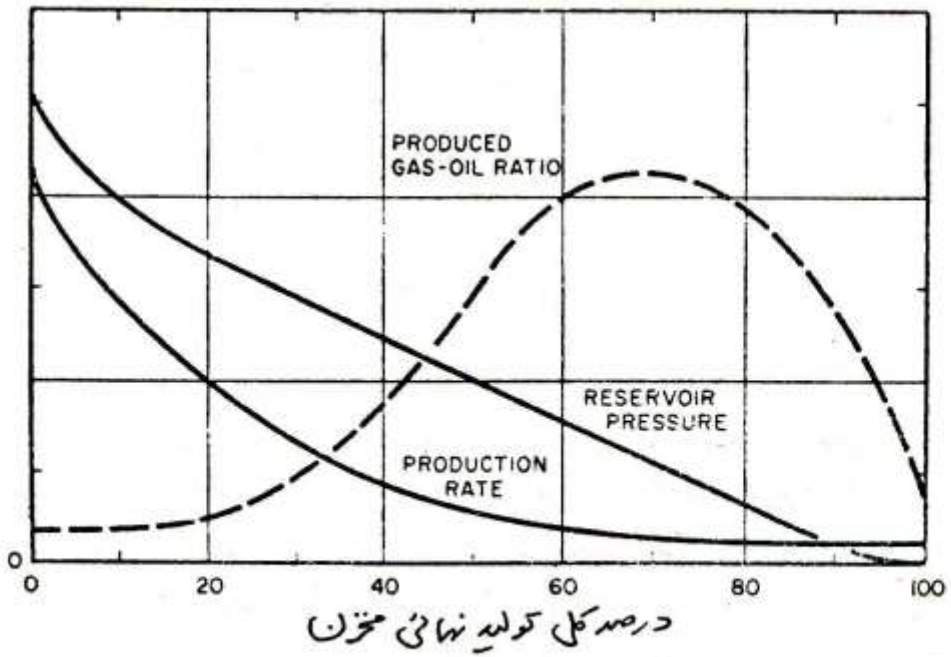
نفت محبوس در بخش ريز تخلخل سنگ مخزن در اثر برداشت سريع نفت از مخزن

www.oilexploration.ir

مخازن گاز محلولران(Solution gas drive)

- در اين مخازن انرژي رانش نفت را گاز محلول در نفت تأمين مي‌كند؛ از اين رو مخازن گازران داخلي نيز ناميده مي‌شود. در شروع بهره برداري افت فشار در اطراف چاه به وجود مي‌آيد كه سبب جدا شدن گاز محلول از نفت مي‌گردد. اين گاز جايگزين نفتي مي‌شود كه از روزنه ها خارج و به داخل چاه جاري شده است. بخشي از گازهاي جدا شده نيز به سوي چاه حركت كرده و با كاهش فشار ازدياد حجم يافته و نفت را به سوي چاه مي‌رانند.

- عملكرد يك مخزن گاز محلولران در شكل زير نشان داده شده است. به طوريكه در اين نمودار ديده مي‌شود برخلاف مخازن آبران با بهره برداري از مخزن فشار افت سريع دارد. دبي نفت توليدي از چاه نيز بتدريج كاهش مي‌يابد. تغييرات نسبت گاز به نفت وضع پيچيده تري دارد.



نمودار کلی عملکرد مخزنی گاز محلولران

www.oilexploration.ir

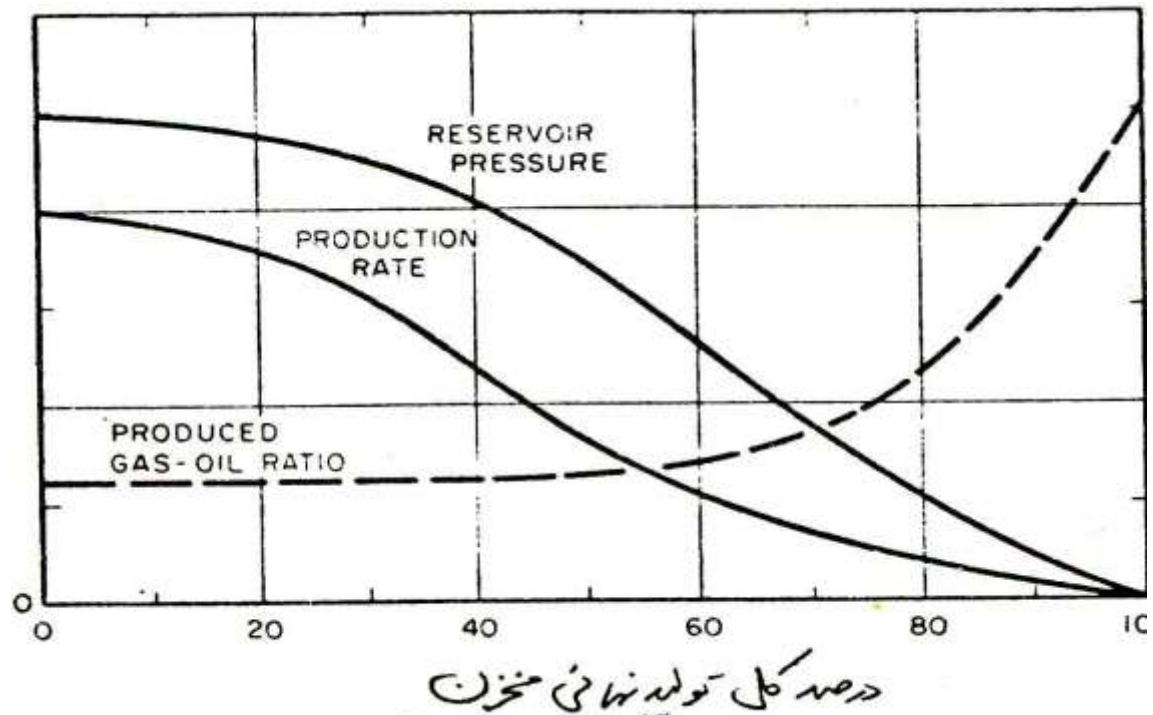
- در آغاز بهره برداري، در تمام مخازن، حتي در مخازن آبران نيز در محيط اطراف چاه در اثر افت فشار گاز از نفت جدا شده و انبساط آن سبب رانش نفت به داخل چاه مي‌گردد. مدتي وقت لازم است تا افت فشار ايجاد شده در اثر استخراج نفت به سطح آب و نفت و يا گاز و نفت منتقل و حركت آب و يا گاز را سبب گردد. بنابراين در آغاز بهره برداري در تمام مخازن، مكانيسم رانش، مكانيسم گاز محلولران است.

www.oilexploration.ir

مخازن گازران(Gas drive)

- در ميدانهاي نفتي داراي گنبدگاز، انبساط گاز گنبد نيز تمام يا بخشي از انرژي لازم براي حركت نفت را تأمين مي‌كند. انبساط اين گاز كه در خارج بخش نفتي قرار دارد با مكانيسم رانش گاز محلول تفاوت دارد. در اين مخازن رانش نفت هم در اثر خروج گاز محلول و هم در اثر انبساط گنبد گاز صورت مي‌پذيرد.

- نمودار زير عملكرد مخزني گازران را نشان مي‌دهد. به طوريكه در نمودار ديده مي‌شود شتاب كاهش دبي توليد نفت و فشار مخزن كمتر از مخازن گاز محلولران است. نسبت گاز به نفت در نيمه اول عمر مخزن تقريباً ثابت مي‌ماند ولي در نيمه دوم افزايش مي‌يابد. در اين مخازن حساسيت به ميزان توليد از هر چاه بيشتر از مخازن گاز محلولران است.



نمودار كلي عملكرد مخزني گازران (از تُرري، نقل از چنگلريان)

www.oilexploration.ir

مخازن ثقلران(Gravity drainage)

- در مخازن ثقلران از آغاز بهره برداري جدايي ثقلي سيالهاي مخزن صورت مي‌گيرد. نفت در مخزن در جهت شيب لايه ها حركت كرده و اشباع نفت را در بخش زيرين مخزن حفظ مي‌كند و گاز آزاد در بخش فوقاني نفتگير جمع مي‌شود. اگر گنبد گاز اوليه اي وجود داشته باشد در اثر اين جدايي انبساط مي‌يابد. اگر مخزني بدون گنبد گاز باشد در اثر بهره برداري به سرعت داراي گنبدگاز مي‌گردد.

- نسبت گاز به نفت در آغاز بهره برداري از مخزن بسيار افزايش يافته و سپس كاهش مي‌يابد. لزجت و چگالي كم نفت، شيب زياد لايه‌هاي سنگ مخزن و تراوايي خوب آن عوامل تسريع كننده حركت ثقلي سيال در مخزن مي‌باشند. مخازن ثقلران در ارتباط با آبخوانهاي فعال نبوده و نفوذ آب به مخزن در برابر حجم نفت استخراج شده ناچيز است.

www.oilexploration.ir

مخازن با رانش مختلط(Combination –Drive reservoirs)

- برخي از مخازن ممكن است در طول عمر بهره دهي خودمكانيسم هاي رانش مختلفي داشته و يا در يك زمان تحت تأثير دو يا چند عامل رانش قرار گيرند. مانند مخزن آبراني با گنبدگاز كه هم آبخوان و هم گنبدگاز فعال باشد. با استخراج نفت از چنين مخزني فصل مشترك گاز و نفت به سوي پايين حركت مي‌كند.

- دبي توليد از چاه بايد در حدي باشد كه سطح آب و نفت و يا گاز به آرامي‌و به حالت افقي تغيير كند. اگر ميزان بهره برداري بيش از ظرفيت مخزن باشد سطح آب و نفت در اطراف چاه به صورت مخروطي بالا مي‌آيد و يا سطح گاز و نفت به صورت مخروطي پايين مي‌آيد و چاه به جاي نفت آب و يا گاز توليد خواهد نمود. اين پديده را مخروطي شدن(Conning) مي‌نامند.

www.oilexploration.ir

مهاجرت نفت(Migration)

- نفت و گاز چون سيالند اگر تحت تأثير اختلاف فشار قرارگيرند تغيير محل مي‌دهند. سياليت فوق العاده نفت و گاز ترديدي در مورد جابجايي آن ايجاد نمي‌كند. نفي مهاجرت نفت و گاز مانند نفي حركت آبهاي زيرزميني است.

- پديده هاي زير حركت و جابجايي نفت و گاز يا مهاجرات آنرا تأييد مي‌كنند:
- ـ چشمه هاي نفتي فعال كه مهاجرت نفت را آشكارا نشان مي‌دهند.
- ـ حركت نفت از سنگ مخزن به داخل چاه.
- ـ معادن نفتي خالي شده كه نفت آنها استخراج و با آب يا گاز جايگزين شده اند.
- ـ تجمع نفت در سنگهاي فاقد مواد آلي و سنگهاي آذرين.
- ـ يكسان بودن تركيب نفت سنگ مخزن و نفت باقيمانده در سنگ مادر مربوطه.
- ـ كميت نفت موجود در سنگ مخزن كه با توجه به مقدار مواد آلي موجود در رسوبها نمي‌تواند بدون جابجايي نفت توجيه شود.
- ـ جدا بودن نفت و گاز در مخزن و اشغال مرتفع ترين بخش نفتگير توسط گاز.

www.oilexploration.ir

- حرکت نفت و گاز از سنگ مادربه سنگ مخزن را مهاجرت اولیه(Primary migration) و حرکت این دو سیال را در داخل سنگ مخزن مهاجرت ثانوي(Secondary migration) مي‌نامند.

- مهاجرت اوليه با حركت هيدروكربنها از سنگ مادر به سنگ مخزن در اثر تراكم پذيري بيشتر سنگهاي دانه ريز و رانده شدن آب سازند و نفت و گاز به خارج لايه صورت مي‌پذيرد. آب همراه با ذرات هيدروكربن به سوي سنگهاي دانه درشت تر يعني سنگ مخزن كه تراكم ناپذير است رانده مي‌شود. تشكيل مولكولهاي مايع وگاز از مولكول جامد كروژن خود ممكن است سبب ازدياد سيالهاي موجود در سنگ مادر و رانش نفت و گاز و آب به خارج از اين سنگ گردد.

www.oilexploration.ir

- مهاجرت ثانوي حركت نفت و گاز در داخل سنگ مخزن است تا جمع شدن در نفتگير و يا رسيدن به سطح زمين. اين مهاجرت هميشه در اولين نفتگير خاتمه نمي‌يابد و ممكن است با پر شدن مخزن از هيدروكربن مهاجرت نفت و گاز مازاد بر ظرفيت نفتگير ادامه يابد. پس از اينكه مخلوطي ازگاز و نفت و آب در داخل نفتگير قرار گرفت تحت تأثير نيروي جاذبه و در اثر اختلاف وزن مخصوص گاز به سمت نفتگير رانده شده و نفت در زير آن قرار مي‌گيرد. جدا شدن گاز و نفت و آب از يكديگر در داخل مخزن نيز بخشي از مهاجرت ثانوي است.

www.oilexploration.ir