
بسم الله الرحمن الرحيم

شرح جامع و نمونه سؤالات

خواص سنگ و خواص سیال

«مهندسی نفت»

مولفان: علیرضا میرمؤمن- عباس عرب انصاری

انتشارات ارشد

پیشگفتار ناشر

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در جهت گسترش علم و فرهنگ کشور عزیزمان برداریم و مسیری هموار را در اختیار مخاطبان و داوطلبان علاقمندبه ادامه تحصیل قرار دهیم. از آنجائیکه درحوزه کتاب‌های درسی و کمک درسی کارشناسی ارشد کتاب‌های زیادی به رشته تحریر در آمده است با این حال وجود یک مجموعه جامع، دقیق، کامل و دارای رفرنس مستند احساس می‌شود.

همیشه دغدغه داشتیم که ای کاش می‌شد تمامی منابع پراکنده و گاهاً دست نایافتنی کنکور در یک مجموعه به گونه‌ای جذاب و شیوا آماده می‌شد و همچنین سوالات دوره‌های قبل کنکور نیز به گونه‌ای تشریحی پاسخ داده می شدند، که خدشه‌ای بر آن وارد نشود و خیال داوطلبان عزیز آنقدر آسوده باشد که اطلاعات مندرج در پاسخنامه‌ها را برای بهره‌گیری در آزمون خود بکار گیرند. این کار با یاری خداوند بزرگ و همکاری نخبه‌ترین دانشجویان و اساتید کشور در انتشارات ارشد هماهنگ گردید و در تمامی مقاطع تحصیلی از کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در حوزهٔ آزمون‌های سراسری – آزاد و پیام نور بسته‌های آموزشی که شامل کتاب‌های بانک سوالات و کتاب‌های شرح جامع درس آماده گردید. در تهیه مجموعه‌های فوق‌الذکر از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد که حائز رتبه‌های تک رقمی کنکور می‌باشند، استفاده کرده‌ایم، تا شما عزیزان بتوانید در راستای افزایش توان علمی خود در جهت نیل به مقصود خویش نایل آیید. بدون تردید می‌توان گفت که برای اولین بار در نظام آموزشی کشور مجموعه‌ای به این سبک عرضه می‌شود که در کیفیت و کمیت بی‌نظیر بوده و تمامی نیازهای داوطلبان عزیز را پوشش داده است. امید است که استفاده از این مجموعه عزیزان را در جهت موفقیت در آزمون یاری رسانده باشد. در پایان و لازم به ذکر است که بی نقصی محض از آن خداوند متعال می‌باشد، فلذا از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز خواهشمندیم نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به سایت انتشارات ارشد اعلام نمایند تا ما را در جهت هر چه بهتر آماده کردن این محصولات یاری رسانند.

با تشکر

ناشر

www.arshadbook.ir

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: پیدایش هیدروکربن

۱-۱- پیدایش هیدروکربن ۹
۱-۱-۱- ترکیب نفت ۹
۱-۱-۲- پیدایش و مهاجرت و تجمع هیدروکربن ها ۱۰
۱-۱-۳- تشکیل کروژن ۱۱
۱-۱-۳- انواع کروژن ۱۳
۱-۱-۴- مهاجرت نفت ۱۴
۱-۲- سنگ شناسی نفت ۱۷
۱-۲-۱- مشخصات سنگ مخزن ۱۷
۱-۲-۲- تقسیم بندی مخازن نفتی ۱۸
۱-۲-۳- انواع تله های نفتی ۱۸
۱-۲-مفاهیم اولیه زمین‌شناسی نفت ۲۰

فصل دوم: خواص سنگ مخزن

۲-۱- تخلخل ۲۶
۲-۱-۱- تخلخل مطلق ۲۶
۲-۱-۲- تقسیم بندی کیفیت مخازن از نظر درجه تخلخل ۲۸
۲-۱-۳- روش های اندازه گیری تخلخل ۲۹
۲-۱-۴- انواع تخلخل از نظر زمان تشکیل ۳۱
۲-۱-۵- رابطه تخلخل و فشردگی سنگ ۳۲
۲-۲- تراوایی(permeability) ۳۶
۲-۲-۱- تراوایی مطلق، مؤثر و نسبی(absolute , effective, relative permeability) ۴۰
۲-۲-۲- خواص منحنی تراوایی نسبی آب و نفت ۴۲
۲-۲-۳- حرکت گاز در محیط متخلخل و اثر کلیکنبرگ(klinkenberg effect) ۴۴
۲-۲-۴- واکنش سیال و سنگ و اثر آن بر تراوایی ۴۵
۲-۲-۵- متوسط نفوذ پذیری مطلق ۴۶
۲-۲-۶- قانون دارسی برای لوله های مویینه ۵۱

عنوان **صفحه**

۲-۲-۷- جریان سیالات در مخازن شکافدار ۵۲
۲-۲-۸- ضریب مقاومت الکتریکی مخازن ۵۳
۲-۲-۹-درجه پیچش ۵۴
۲-۳- ترشوندگی ۵۴
۲-۳-۱- نیروی کشش سطحی ۵۵
۲-۳-۲- اندازه گیری تر شوندگی(wettability measurement) ۵۶
۲-۳-۳- تعاریف بنیادین در مفهوم تر شوندگی ۵۷

فصل سوم: خواص سیالات مخزن

۳-۱- اصول رفتار سیالات مخزن ۷۳
۳-۱-۱- نفت های خام نیز بر اساس خواص فیزیکی و ترکیبات شیمیایی ۷۵
۳-۱-۲- تقسیم‌بندی مخازن گازی ۸۰
۳-۲- خواص نفت خام ۹۳
۳-۲-۱- وزن مخصوص نفت خام ۹۴
۳-۲-۲- وزن مخصوص گاز محلول در نفت ۹۵
۳-۲-۳- حلالیت گاز ۹۶
۳-۲-۴- فشار حباب ۹۶
۳-۲-۵- ضریب حجمی نفت ۹۷
۳-۲-۶- تراکم‌پذیریی نفت خام ۹۷
۳-۲-۷- دانسیته نفت خام ۹۸
۳-۲-۸- ویسکوزیته نفت خام ۹۸
۳-۳- خواص گازها ۹۹
۳ـ۳ـ۱ خواص گازهای طبیعی ۹۹
۳ـ ۳ـ ۲ خواص گازهای حقیقی ۱۰۴
۳-۴- خواص آب مخزن ۱۱۰
۳-۵- اصول جریان سیالات در مخازن ۱۱۲
۳-۵-۱ انواع سیالات مخزن ۱۱۲

فصل اول

پیدایش هیدروکربن

فصل اول

پیدایش هیدروکربن

۱-۱- پیدایش هیدروکربن

۱-۱-۱- ترکیب نفت

کلمه لاتین پترولیوم به معنی نفت حاصل شده از سنگ است. در نفت به ازای هر اتم کربن ،۱,۸۵ اتم هیدروژن وجـود دارد. به عناصر S,NوO موجود در ترکیب هیدروکربور، هترواتم (اتم بیگانه) گفته می شود که مقدار فراوانی آنها کمتر از ۳٪ است. هر چه مقدار هیدروژن در یک هیدروکربور بیشتر باشد، هیدروکربور سبک تر است، چون هیدروژن سبک تر اسـت. بـرعکس اگر مقدار هترواتم ها بیشتر باشد نفت سنگین تر است.

شاخص سنگینی نفت را با پارامتر API تعیین می کنند.

$$API = \frac{۱۴۱.۵}{SG} - ۱۳۱.۵$$

$API > ۳۱$	نفت سبک
$۲۲ < API < ۳۱$	نفت متوسط
$۱۰ < API < ۲۲$	نفت سنگین

در داخل نفت خام، ترکیبات بسیار فراوانی وجود دارد که کوچکترین آنها متان با فرمول $CH_۴$و بزرگترین آنها مولکولی تحت عنوان آسفالتن می باشد که وزن مولکولی خیلـی زیـادی دارد و بـین ایـن دو مـاده، هـزاران ترکیـب وجـود دارد کـه ساختمان متفاوتی دارند.

مولکولهایی مثل متان، اتان وپروپان که وزن مولکولی آنها کم است به صورت گازی و ندرتاً به صورت مـایع مـی باشـند. ولی مولکولهایی که وزن آنها بالاست به صورت جامد و نیمه جامد می باشند. ترکیبات هیدروکربور شامل ترکیبـات اشـباع و ترکیبات غیر اشباع می باشند. از جمله ترکیبات اشباع می توان به آلکان ها و نفتن ها اشاره کرد. ترکیبـات غیـر اشـباع نیـز شامل آکلن ها، آروماتیک ها، رزین ها وآسفالتین ها هستند. از نظر درصد، نفتن ها و آلکانها به ترتیب بیشترین درصد را بـه خود اختصاص می دهند.مقدار نفتن ها گاهی بیش از ۵۰٪ نیز میرشد کـه مهـم تـرین آنهـا سـیکلو پنتـان، سـیکلوهگزان و سیکلوهپتان است. فراوانی آروماتیک ها مانند بنزن و تولوئن در ترکیبات نفتی به ۱۰تا ۱۵ ٪ می رسد. نفت هایی که بیش از ۵۰٪ ترکیبات آن را نفتن ها تشکیل دهند، نفت های نفتنی و اگر بیش از ۵۰٪ آن را ترکیبات آلکان ها تشکیل دهنـد نفـت های پارافینی نامیده می شوند.

در نفت های سبک مقدار آلکان ها بیش از نفتن ها است. در نفت های سنگین مقدار نفتن ها و آروماتیک ها روبه افزایش می گذارد. مولکولهایی که در ترکیب آنها هترواتم وجود داشته باشد تحت عنوان رزین یا ترکیبات قطبی نامگذاری می شود. اگر تعداد حلقه های آروماتیکی یا تعداد گره های یک هیدروکربور افزایش یابد، ترکیبات آسفالتن را به وجود می آورند. مجموعه ترکیبات قطبی وآسفالتن را ترکیبات غیر هیروکربوری می گویند.

ترکیبات آسفالتن قطبی بوده ودر حلال های غیر قطبی مثل پنتان و هگزان به سرعت رسوب می کنند. این ترکیبات با رسوب کردن لابه لای خلل وفرج سنگ مخزن را اشغال کرده و عملیات بهره برداری نفت را با مشکل مواجه می کند.

مطالعات نشان داده نفت های قدیمی تری که در اعماق زیاد قرار گرفته اند نفت های سبک تری می باشند که مقدار آلکان آنها بیشتر است. نفت های جوان که ماده آلی آنها به بلوغ نرسیده است، نفت های سنگینی خواهند بود. هر چه مخازن نفتی، فاصله بیشتری تا سطح زمین داشته باشند، سبک تر می باشند. مخازن گازی معمولاً در اعماق بالا قرار گرفته‌اند.

۱-۱-۲- پیدایش و مهاجرت و تجمع هیدروکربن ها

نظریات متعددی راجع به منشاء نفت و گاز ابراز شده است که اولین فرضیه ها برای تشکیل هیدروکربنها با منشاء غیر آلی نظیر منشاء آتشفشانی، شیمیائی و فضائی ارائه گردیده است. لکن امروزه در خصوص منشاء آلی هیدروکربورها اتفاق نظر وجود دارد. این مواد آلی می تواند بقایای گیاهان و حیوانات خشکی و دریائی عمدتا" پلانکتونها باشد.به طور دقیق تر در دریا و اقیانوس دو دسته تولیدکننده اصلی ماده آلی مناسب برای تبدیل به نفت داریم:

۱- فیتوپلانکتونها

۲- زئوپلانکتونها (جانوران عالیتر تغذیه کننده از فیتوپلانکتونها)

برای اینکه تولید مواد آلی در محیط آبی به میزان مناسبی باشد,دو عامل دخیلند:

۱-ضخامت زون نور دار

۲- میزان ورود مواد مغذی به زون نوردار(مواد مغذی که برای رشد گیاهان و جانوران مفیدند مانند فسفاتها ونیتراتها و اکسیژن هستند.)

بنابه این توضیحات بیشترین تولید مواد آلی در دو ناحیه عمده در حواشی قاره هاست که عبارتند از آبهای کم عمق فلات قاره و زونهای چسبیده به محیطهای قاره ای که جریان روبه بالای آبهای سرد و عمیق اقیانوسی را پذیرا می شوند. در اثر مساعد بودن شرایط آب و هوا ووجود مواد مغذی زیاد، رشد فیتوپلانکتون ها و در نتیجه زئوپلانکتون ها افزایش می یابد. این موجودات ذره بینی به شدت نسبت به تغییر شرایط حساس می باشند. در چنین محیطهایی که تولید مواد آلی زیاد است. با رخ دادن طوفان ومخلوط شدن آبهای بی اکسیژن و اکسیژن دار , ویا ازدیاد تولید جانداران وکم شدن اکسیژن , پلانکتونها دچار مرگ و میر گروهی میشوند و در کف محیط روی هم انباشته میشوند. اهمیت پلانکتونها در تشکیل نفت از آنجا ناشی می شود که آب دریا ناحیه مساعدی جهت تکثیر پلانکتونها می باشد و تعداد آنها نیز در آب دریا بسیار زیاد می

باشد. پلانکتونها به علت سرعت رشد و کوچکی جثه، ماده آلی مناسبی است که به سهولت به وسیله رسوبات ریز دانه مدفون گشته و مصون از اکسید شدن در رسوبات باقیمانده و هیدروکربن را تولید می نماید. با گذشت زمان، لایه های رسوبی مختلفی از سمت رودخانه ها، کف بستر را می پوشانند که شرایط را برای تشکیل هیدروکربن فراهم می آورند.

شرایط رسوب گذاری

تنها حدود ۱درصد از موادآلی پلانکتونی میتوانند به اعماق دریا رسیده با رسوبات مخلوط شوند. بقیه اجساد پلانکتونی به هنگام سقوط به اعماق دریا به وسیله باکتری های هوازی از بین می روند و هر چه میزان اکسیژن محلول در آب بیشتر شود، حمله این باکتری ها شدید تر خواهد بود.

یکی از عوامل موثر در حفظ و نگهداری مواد آلی ته نشین شده در اعماق آبها، دانه بندی رسوبات است. اگر این رسوبات درشت دانه باشند، مقدار زیادی آب به درون رسوبات نفوذ کرده و با وجود اکسیژن کافی در آب، عملیات تخریب پلانکتون ها به راحتی صورت می گیرد. ولی اگر رسوبات ریز دانه باشند، مواد آلی به سرعت مدفون شده و از اثر باکتری های هوازی در امانند.

لایه های رسوبی تحت فشار و حرارت ناشی از لایه های بالایی قرار گرفته و عمل دیاژنز

(سنگ شدن) صورت می گیرد. بهترین رسوب گذاری برای تجمع و ذخیره شدن مواد آلی شامل گیاهان و جانوران دریائی و همچنین مواد آلی خشکی که توسط رودخانه ها به حوزه رسوبی حمل می گردد، رسوبات رسی و یا گل کربناته می باشد. که هم دارای ذرات ریز دانه می باشد و هم رسوب گذاری آرامی دارد. علاوه بر این محیط کف دریا بایستی محیط احیاء کننده باشد تا از اکسیدشدن مواد آلی جلوگیری بعمل آید.

۱-۱-۳- تشکیل کروژن

تبدیل مواد آلی به هیدروکربن یک پدیده احیاست که به کمک باکتری های غی رهوازی موجود در اعماق آبها صورت می گیرد.

طبق نظریات جدید مواد مختلف آلی ته نشین شده با رسوبات نرم هنگام دیاژنز طی یک رشته واکنش های فساد، تجزیه میکروبی، تراکم و پلیمری شدن تبدیل به یک ماده واسط بین ماده آلی و هیدروکربن می گردد. این ماده واسط کروژن (Kerogen) نامیده می شود. کروژن یک ماده جامد نامحلول آلی است که محصول دیاژنتیک مواد آلی است. توان تولیدی کروژنها برای تولید نفت و گاز متفاوت است.

درباره نحوه تبدیل مواد آلی رسوبات به نفت و گاز با مطالعات جدید ژئوشیمیائی و جمع آوری اطلاعات تجربی ثابت شده است که قسمت اعظم هیدروکربنهای طبیعی در اثر کراکینگ کروژن ناشی از حرارت زمین (ژئوترمال) تولید می گردد. همانطور که بیان گردید برای بوجود آمدن نفت و گاز وجود مواد آلی فراوان و تشکیل کروژن در هنگام دیاژنز رسوبات

ضروری می باشد. پس سنگ مادر (Source Rock) سنگی است که دارای مقدار کافی کروژن باشد. طبیعی است هرچه میزان کروژن در سنگ مادر بیشتر باشد توانائی بیشتری برای تولید هیدروکربن وجود دارد لکن علاوه بر درصد مواد آلی، سنگ مادر بایستی ضخامت کافی نیز داشته باشد. براساس مطالعات ژئوشیمیائی انجام شده برای اینکه سنگ مادری بتواند هیدروکربن تولید نماید باید دارای حداقل تراکمی از کربن آلی باشد که از آن کمتر قادر به تولید هیدروکربن نخواهد بود. این حداقل عمدتا" ۰/۵ درصد کربن آلی برآورد می شود. سنگ مادرهایی که در حوزه های رسوبی ایران دیده می شود نظیر سازند کژدمی در ناحیه زاگرس که حدود ۱۰-۵ درصد کربن آلی دارد که بیشتر از جلبکها منشاء گرفته است.

هیدروکربنها در اثر کراکینگ کروژن بوجود می آیند. کراکینگ کروژن عمدتا" در درجه حرارتهای ۱۰۰-۸۰ درجه سانتیگراد شروع می شود. این درجه حرارت در یک ناحیه رسوبی با درجه حرارت ژئوترمال طبیعی معادل عمقی بین ۳۰۰۰-۲۰۰۰ متر می باشد. بنابراین یک سنگ مادر هرچه قدر هم ضخیم و غنی از مواد آلی باشد تا در اعماق فوق قرار نگیرد نمی تواند هیدروکربن تولید نماید. بر همین اساس ابتدا نفت خام سنگین تولید می گردد. چگالی و وزن مخصوص نفت خام با ازدیاد عمق کاهش می یابد. هرچه قدر سنگ مادر عمیقتر مدفون گردد نفت تولید شده سبکتر است و گاز معمولا" آخرین محصول این فعل و انفعالات است.

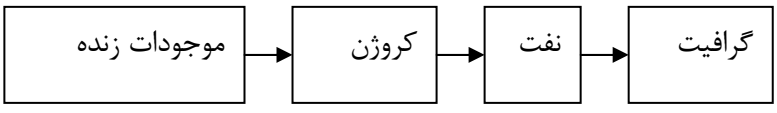
بنابراین ابتدا نفت های بسیار سنگین، نفتهای پارافینیک، نفتهای سبک، نفتهای میعانی و نهایتا" گاز بدست می آید. وقتی درجه حرارت از ۱۶۵ درجه سانتیگراد تجاوز کند فقط گاز تولید خواهد شد یعنی تقریبا" از عمق ۵۰۰۰ متر بیشتر (ضخامت رسوبی) احتمال یافتن نفت بسیار کم می شود و فقط می توان انتظار یافتن گاز را داشت.

در درجه حرارتهای بالاتر از ۲۳۰ درجه سانتیگراد کروژن یک بافت گرافیتی ثابت پیدا می کند که با ازدیاد درجه حرارت هیدروکربنی تشکیل نمی شود (نسبت هیدروژن به کربن تغییر نمی یابد). به طور کلی ازدیاد عمق باعث ازدیاد درجه حرارت می گردد که این ازدیاد درجه حرارت دو اثر دارد:

الف) کراکینگ کروژن و تبدیل مولکولهای بزرگ به مولکولهای کوچکتر مانند تشکیل نفت و گاز

ب) پلیمریزاسیون مولکولها که به تشکیل متان و گرافیت ختم می گردد (کروژنهای گرافیتی)

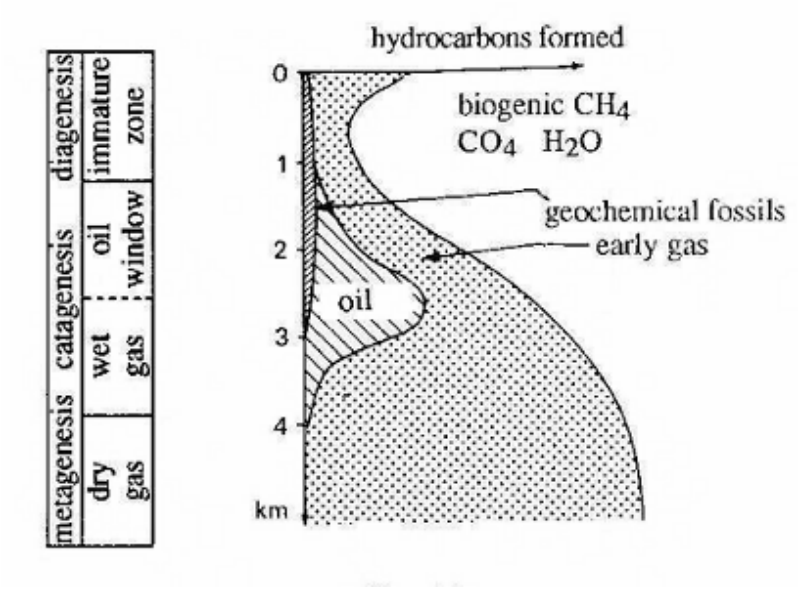
نکته مهم دیگری که در مورد تشکیل هیدروکربنها وجود دارد زمان زمین شناسی می باشد. به عبارت دیگر رسوبات قدیمی تر (از نظر زمین شناسی) در درجه حرارتهای پائین تر، همان محصولی را می دهد که سنگ مادری با سن زمین شناسی کمتر در درجه حرارتهای بالاتر هیدروکربن تولید خواهد نمود.



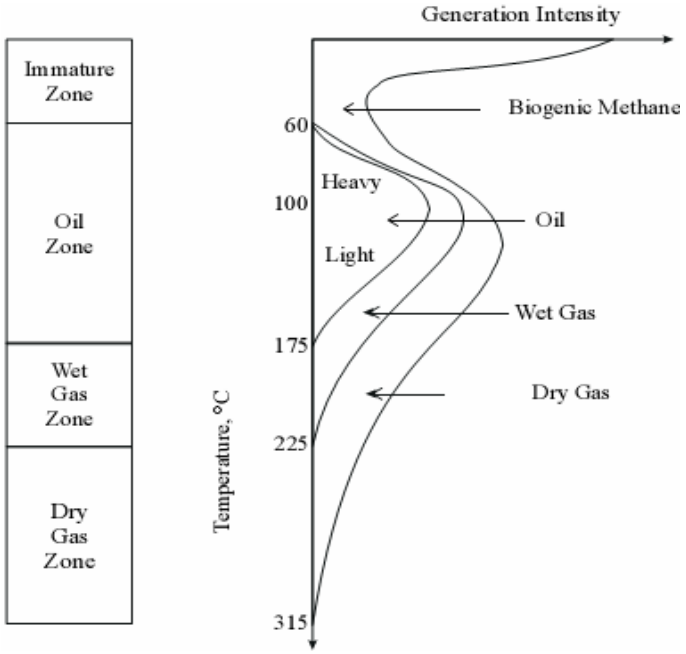
گذشت زمان - افزایش دما و فشار

----------►

در زیر نمودار تشکیل نفت و گاز را بر حسب عمق مشاهده می کنید.



همچنین نمودار تشکیل نفت وگاز بر حسب درجه حرارت درونی زمین به صورت زیر است.



۱-۱-۳- انواع کروژن

۱- کروژن نوع I: کروژن هایی هستند که غالباً از لیپیدها حاصل می شوند. در این نوع کـروژن $\frac{H}{C}=۱/۵$ و $\frac{O}{C}<۰/۱$، عمدتاً این نوع از ساختمان آلیفاتیک (آلکان ها) تشکیل شده اند. توان نفت زایی این نـوع از کـروژن هـا خیلـی بالاسـت. در محیط های دریاچه ای تشکیل می شوند. مقدار این نوع کروژن در طبیعت خیلی کم است.

۲- کروژن نوع II: در این نوع کروژن ها $۱/۵ > \frac{H}{C} > ۱$و نسبت $\frac{O}{C}$ نسبت به نوع I افزایش می یابد و از باکتری ها، گرده های گیاهی حاصل می شوند. این نوع، فراوان ترین نوع کروژن در طبیعت می باشند. توانایی هیدروکربن زایی نسبت به نوع I کمتر است. بیشتر نفت های دنیا از این نوع کروژن بوجود آمده اند. سنگ های منشأ ایران دارای کروژن نوع II هستند و از محیط های دریایی منشأ می گیرند.

۳- کروژن نوعIII: در این نوع کروژن ها $\frac{H}{C} < ۱$ و $\frac{O}{C} \simeq ۰/۳۹$ است. این نوع عمدتاً از بقایایی گیاهان به وجود آمده اند. با توجه به ویژگی های ساختمانی این نوع کروژن ها توانایی هیدروکربن زایی کمتری دارند و هیدروکربور های عمده ای که تولید می کنند گازی هستند.

۴- کروژن نوع IV: این نوع کروژن ها به علت هوازدگی های شدیدی که به کروژن های قبلی اتفاق افتاده است توانایی نفت و گاززایی آنها فوق العاده اندک است و اگر تولیدی داشته باشند فقط اندکی گاز خواهد بود. اگر بنا به دلایلی کروژن های نوع IIو III تخریب شوندکروژن نوع IV را به وجود می آورند.

در کروژن نوع I و II تعداد حلقه ها اندک و تعداد زنجیره ها زیاد است. در کروژن های نوع III که دارای منشأ گیاهی است زنجیرهای جانبی تعدادشان کمتر است ولی بر تعداد حلقه ها افزوده می شود. هر جقدر مقدار هیدروژن کروژن بیشتر باشد مقدار نفت وگاززایی کروژن بیشتر خواهد بود. در نتیجه کروژن های نوع Iو II که دارای حلقه های جانبی بیشتری هستند نفت وگاز بیشتری را تولید خواهند کرد. در کروژن های نوع III که دارای حلقه هایر آروماتیک بوده و زنجیر های جانبی کمتری دارد، مقدار هیدروژن کمتر بوده و نفت زایی این نوع کروژن ها کمتر خواهد بود.

وقتی کروژن تحت تأثیر حرارت و فشار قرار می گیرد دچار کراکینگ شده و زنجیرهای جانبی آن جدا شده و در مرحله پایانی فقط حلقه های آروماتیک باقی می مانند که جسمی را به وجود می آورند که متشکل از حلقه های بهم فشرده آروماتیکی است.

با توجه به رنگ کروژن می توان به نفت و گاززایی آن پی برد. از کروژن های نوع ۱ تا ۳ مقدار حلقه ها افزایش وتعداد زنجیرها کاهش می یابد.

۱-۱-۴- مهاجرت نفت

شواهدی دال بر انتقال نفت به محلی که در آن تجمع یافته وجود دارد. به عبارت دیگر نفت و گاز متمرکز در مخزن، از سنگی دیگر منشا گرفته و به محلی مناسب جهت ذخیره مهاجرت می‌کند. از نظر مقایسه سنگ مخزن دارای فضاها و منافذ قابل ملاحظه و به هم مرتبط می باشد. ولی منافذ سنگ منشا بسیار ریز و یا قابل چشم پوشی می‌باشد. حرکت سیال، از سنگ منشا به سمت لایه و معابر توسط و همچنین در درون مخزن، مهاجرت نامیده شود. تداوم مهاجرت هیدروکربور سبب تجمع آن شده که در نهایت منجر به تشکیل مخزن نفت می شود.

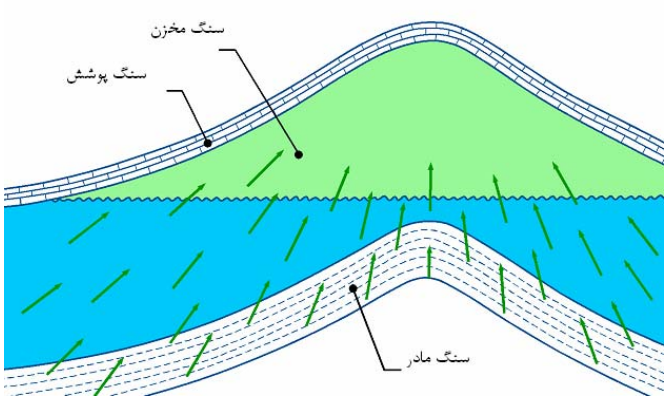
علائم و شواهد مهاجرت هیدروکربورها

مواد آلی موجود در منافذ مرتبط سنگهای سطحی زمین، اکسید شده و فاسد می‌شود. بنابراین، لازمه حفظ مواد نفتی در مخزن به دنبال افزایش عمق و ازدیاد دمای مخزن می‌باشد.بخش بسیار کوچکی از مواد ارگانیکی سنگهای منشا به نفت و گاز تبدیل می‌شود. مقدار نفت به صورت جازا بسیار ناچیز است. به همین دلیل تشکیل مخزن دارای ذخیره قابل ملاحظه هیدروکربور در سنگ منشا غیر ممکن به نظر می رسد.نفت و گاز بطور کلی همراه آب در منافذ سنگ مخزن تجمع می‌یابد.

به همین دلیل، وجود نفت و گاز در منافذ و شکستگیها همزمان با دفن شدگی مخزن صورت گرفته است.نفت و گاز در بالاترین نقطه مخزن تجمع و تمرکز یافته که خود تاثیری بر حرکت نفت به سمت بالا و یا در جهات عرضی می‌باشد.نفت و گاز و آب بر اساس وزن مخصوص نسبت به یکدیگر در مخزن قرار می‌گیرد. نحوه قرار گرفتن گاز، نفت و آب حاکی از حرکت آنها در داخل مخزن است.

مهاجرت اولیه نفت: پس از تشکیل هیدروکربن در سنگ مادر، این سیال در اثر فشار ناشی از ضخامت لایه های رسوبی، از سنگ مادر خارج شده وبه سنگی با تخلخل بیشتر و فشار کمتر وارد می شود. به این رفتار هیدروکربن، مهاجرت اولیه می گویند.. در صورتی که سنگ مخزن دارای خلل وفرج مرتبط به هم باشند به این سنگ سنگ های نفوذپذیر (permable rocks)گویند. در ابتدا تمامی خلل وفرج این سنگ ها توسط آب دریا پر شده است، با حرکت هیدروکربن، آب رانده شده و نفت یا گاز جانشین آن می شود. مقداری آب اطراف دانه های سنگ های رسوبی را احاطه می کند که در مهاجرت اولیه خارج نمی گردد. به این آب، آب همراه(connate water) گویند.

چون بیشتر مواد هیدروکربنی از سنگ منشا بصورت محلول در آب، مولکول آزاد، محلول در مواد ارگانیکی یا غیر ارگانیکی و یا تلفیقی از آنها می‌باشند. هیدروکربورها ضمن انتقال اولیه بایستی از سنگ منشا، آزاد شده تا بتوانند حرکت کنند. به هرحال، جدایش مواد ارگانیکی قابل حل از سنگ منشا، مکانیسم اصلی انتقال اولیه را بوجود می‌آورد. مقدار این تولید در واحد حجم بسیار کم است. دما و فشار با ازدیاد عمق و دفن سنگها افزایش پیدا می‌کند.این عمل سبب کاهش مقدار غلظت سنگهای قابل انعطاف شده به نحوی که در نهایت منجر به خروج مقدار زیادی از مایع درون خلل سنگ می‌شود. سنگهای دانه ریز مانند رسها بیشترین فشار را متحمل می‌شوند. مایع محتوی این سنگهای تحت فشار به طرف بالا صعود می‌کند. به همین دلیل افزایش فشار می‌توانند سر آغاز حرکت صعودی سیالات محسوب شود. مطالعه‌ای که بر قابلیت انحلال پذیری هیدروکربورها در آب سازند صورت گرفته حاکی از کاهش قابلیت انحلال هیدروکربورها ضمن افزایش اندازه ملکولی آن می‌باشد. افزایش دما قابلیت انحلال هیدروکربور در آب را افزایش می‌دهد.قابلیت انحلال هیدروکربورهای سنگینتر با کاهش دما کم می‌شود. بنابراین هیدروکربورها بر اثر کاهش دما به تدریج از محلول اشباع شده خارج می‌شوند. این رهایی در هر سنگی که دمایی کمتر از دمای قبلی خود داشته باشد می‌تواند صورت گیرد. نتیجه آزاد شدن هیدروکربور، راه یابی آن به مسیر اصلی جریان است.



مهاجرت ثانویه نفت: تمرکز مواد آلی و هیدروکربورها و یا واحد حجم سنگ بسیار محدود است و حرکت آن مواد نسبت به سنگ مخزن نیز به آهستگی صورت می‌گیرد. مولکولهای هیدروکربور آزاد شده و یا بخشهای کوچک نفتی در حال ورود به سنگ مخزن اصولا کوچکتر از معبر سنگ بود و استفاده از نیروی ارشمیدس، نیروی موئین، نیروی هیدرودینامیکی،

تراوایی موثر و در صد اشباع آب سنگ مخزن به بخش بالاتر مخزن انتقال پیدا می‌کند. حرکت صعودی هیدروکربور در مخزن منوط به جابجایی دیگر ملکولهای هیدروکربور بوده با این که بوسیله جریان آب صورت می‌گیرد.ورود هیدروکربور به مخزن تداوم حرکت صعودی آن را تامین می‌کند. نفت و گاز شناور در آب با استفاده از نیروهای ارشمیدس و هیدرودینامیکی به سمت قله تاقدیس حرکت می‌کند. تمرکز نفت و گاز در قله تاقدیس مقاومت آن دو را در مقابل جریان افزایش می‌دهد. آب به ناچار در جهت شیب جریان به حرکت خود ادامه می‌دهد. حضور جریان قوی آب و وجود اختلاف فشار، سبب کج شدگی سطح آب و نفت می‌شود. تداوم فشار هیدرودینامیکی ممکن است باعث جدایش مخازن از یکدیگر شده و تغییر کلی در تعادل مخزن را ایجاد کند. مخزن در شرایطی تشکیل می‌شود که نفت و گاز در جهت مخالف نیروی هیدرودینامیکی به طرف بالا حرکت کرده و در ناحیه رخساره‌ای، نیروی هیدرودینامیکی و نیروی موئین بر نیروی ارشمیدس غلبه کند. بطور طبیعی در ناحیه تغییر رخساره‌ای مقدار تخلخل و تراوایی سنگ به سمت بالا کاهش یافته است.نفت از منافذ ریز یا معابری که بر اثر صعود نفت خام از لابه‌لای رسوبات آغشته به آب ایجاد شده است به سمت بالا حرکت می‌کند. حرکت صعود کننده نفت تا زمانی که نیروی ارشمیدس نفت خام، بر فشار موئین بین خلل برتر باشد تداوم پیدا می‌کند. نفت و گاز خارج شده از سنگ منشا ابتدا در مرز بین سنگ منشا و مخزن تجمع پیدا می‌کند. حرکت صعود کننده نفت خام و گاز به دنبال تجمع آنها و افزایش فشار جابجایی به صورت رشته‌های باریک به سمت بالای سنگ مخزن آغاز می‌شود. تجمع هیدروکربور در سنگ مخزن پس از رسیدن هیدروکربورهای رشته مانند به بخش فوقانی سنگ مخزن شروع می‌شود.

ویژگیهای زمین شناسی در مهاجرت و تمرکز هیدروکربورها

این ویژگیها با توجه به شناخت نواحی هیدروکربوردار به شرح زیر است:

- آب اطراف مخزن نفت را فرا گرفته است. به همین دلیل مشکلات نفت به هیدرولوژی، فشار سیال و حرکت آب بستگی دارد. حرکت آب به سمت ناحیه کم فشار بوده و مقدار حرکت به پتانسیل بالا و قدرت جریان در سازند آبدار بستگی دارد.
- گاز و نفت هر دو نسبت به آب شناور بوده و همچنین نسبت به آب دارای وزن حجمی پایین‌تری می‌باشند.
- منشا رسوبی سنگ، از آهکی تا سیلیس، در صد تخلخل سنگ از ۱ تا ۴۰ در صد و تراوایی از ۱ تا چندین میلی‌دارسی می رسد.
- نفتگیرها ممکن است حاصل پدیده ساختمانی، چینه‌ای و یا تلفیقی از هر دو باشد. در شرایطی که اختلاف پتانسیل سیال وجود داشته باشد. احتمال ایجاد معبر و تمرکز فراهم می‌آید.
- اندازه و شکل میکروسکوپی خلل و پیچا پیچی معابر تراوا و خصوصیات سنگهای مخزن بطور کامل متغیر است. مهاجرت و تجمع در خلال معبر تراوا و محیط شیمیایی صورت می‌گیرد.
- مرز فوقانی یا سقف مخازن کم و بیش غیر قابل نفوذ است.
- دمای مخازن نفت متغیر و از ۵۰ تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد نوسان دارد.
- فشار مخازن متفاوت بوده و مقدار آن برحسب تاریخچه زمین شناسی متغیر می‌باشد.
- سطح تماس آب و نفت در بسیاری از مخازن کج شدگی داشته و مقدار کج شدگی از یک متر تا دو متر و یا بیشتر در کیلومتر می‌باشد. بطور استثنا کج شدگی سطح آب و نفت تا ۲۵۰ متر در کیلومتر نیز مشاهده شده است. کج شدگی سبب جابجایی نفت و گاز از یک سوی مخزن به طرف دیگر آن می‌شود. این امر از نظر توسعه و استخراج چنین مخازنی حائز اهمیت می‌باشد. در شرایطی که جابجایی تجمع نفت بسیار شدید باشد

ذخیره نفتی از موضع واقعی خود، حرکت می‌کند. به نحوی که ممکن است ضمن حفر اولین چاه آثاری از وجود مخزن در محل دیده نشود.

هیدروکربن تشکیل شده در سنگ مادر طی دوره ای به نام مهاجرت از درون سنگ مادر خارج شده وبه سنگ مخزن وارد می شود. این مهاجرت در دو مرحله صورت می گیرد.

۱-۲- سنگ شناسی نفت

۹۵ درصد زمین را سنگ های آذرین و ۵ درصد را سنگ های رسوبی تشکیل می دهند. در پوسته زمین ۷۵ درصد را سنگ های رسوبی و ۲۵ درصد را آذرین ودگرگونی تشکیل می دهند.

سنگ های آذرین در اثر عملکرد آتشفشانها بوجود می آیند وپس از خروج به صورت مذاب در سطح زمین سرد می شوند. سنگ های رسوبی به دو دسته کلی تقسیم می شوند.

الف) سنگ های رسوبی تخریبی

ب) سنگ های رسوبی شیمیایی(شامل کربنات ها وسنگ های تبخیری)

سنگ های تخریبی در نتیجه فرسایش و تخریب سنگ های دیگر بوجود می آید. در اثر عوامل مختلفی چون تغییرات آب و هوا، باران و... کوههای مرتفع تخریب شده و سنگ های خرد شده با آب حمل شده، در حین حرکت، ذرات آن ها جور می شود. سپس در منطقه ای به حالت تعادل رسیده و روی هم انباشته می شوند. با گذشت زمان، تحت تأثیر دما وفشار، این ذرات به هم فشرده شده وتبدیل به سنگ رسوبی می شود. سنگ های رسوبی خاص محیط های پر انرژی است.

به کلیه تغییر و تحول هایی که در اثر فشار و حرارت، ذرات منفصل به سنگ تبدیل شوند را دیاژنز گویند. از جمله سنگ های رسوبی تبخیری، می توان به ماسه سنگ و سیلتستون وکنگلومرا اشاره نمود.

سنگ های رسوبی شیمیایی در اثر رسوب کردن مواد معدنی معلق یا محلول در آب بوجود می آیند. در اثر تبخیر آب، غلظت ذرات محلول در آب افزایش یافته، با هم ترکیب شده و رسوب می کنند و سنگ های رسوبی تبخیری مثل نمک و انیدریت را بوجود می آورند.

هر چه اندازه ذرات رسوب کننده بیشتر باشد، تخلخل بین ذرات بیشتر می شود.

۱-۲-۱- مشخصات سنگ مخزن

در هنگام مهاجرت اولیه، و برخورد نفت به سنگ هایی با مشخصات زیر، باعث ایجاد یک تله نفتی می شود.

۱- وجود لایه پوش سنگ (cap rock): به علت فرار بودن هیدروکربن ها، در صورتیکه سنگ مخزن، توسط یک لایه نفوذناپذیر محصور نگردد، ذخیره شدن هیدروکربن ها، صورت نمی گیرد و در نتیجه یک مخزن نفتی نخواهیم داشت. سازند های شیلی و مارل که دارای نفوذپذیری کم می باشند از جمله لایه های پوش سنگ به حساب می آیند. از جمله پوش سنگ ها می توان به لایه هایی با درصد تخلخل کم مانند انیدریت و نمک ها اشاره کرد.

۲- داشتن تخلخل (porosity): هر چه سنگ مخزن دارای خلل وفرج بیشتری باشد، اختلاف فشار جهت مهاجرت اولیه زیادتر خواهد بود و همچنین می تواند نفت بیشتری را در خود جای دهد.

۳- داشتن قابلیت نفوذپذیری (permeability): در صورتیکه تخلخل های موجود در سنگ مخزن به همدیگر ارتباط داشته باشند، حرکت آب درون بافتی و جایگزینی هیدروکربن راحت تر صورت می گیرد.

ضخامت و وسعت مخزن: هر چه گسترش یک مخزن و همچنین ضخامت آن بیشتر باشد، امکان تجمع هیدروکربن بیشتری در آن است.

۴- شکل مخزن: برای آنکه یک مخزن دارای فشار کافی جهت راندن هیدروکربن خود به خارج، در برداشت اولیه باشد، می بایست ارتفاع یال طاقدیس زیاد باشد، در طاقدیس های کشیده یا خوابیده، فشار هیدرواستاتیک کمتری جهت خروج هیدروکربن وارد می شود. لذا انحنای یالهای طاقدیس باید به اندازه کافی باشد.

۱-۲-۲- تقسیم بندی مخازن نفتی

مخازن نفتی را بر حسب عوامل مختلفی مانند شکل، نحوه تشکیل و جنس رسوبات تشکیل دهنده تقسیم بندی می کنند.از نظر جنس رسوبات تشکیل دهنده، تقسیم بندی به صورت زیر است.

الف) مخازن ماسه سنگی

ب) مخازن کربناته (دولومیتی)

مخازن ماسه سنگی از جمله سنگ های رسوبی تخریبی است و معمولاً از سیلیس و ذرات سیلت تشکیل شده اند. این ذرات در اثر حرکت رودخانه ها وارد آب های آقیانوس ها شده و در اثر تجمع و متراکم شدن، محیطی متخلخل و نفوذپذیر برای هیدروکربن را تشکیل میدهند.

۱-۲-۳- انواع تله های نفتی

برای اینکه نفت وارد شده به سنگ مخزن، قابلیت بهره برداری داشته باشد می بایست در نقطه ای توسط یک لایه نفوذناپذیر به تله بیافتد. محلی که هیدروکربورها در داخل سنگ مخزن به دام می افتند را تله نفتی (trap)گویند که تحت تأثیر شرایط مختلف بوجود آمده است.

هر نفت گیر شامل قسمت های زیر است.

- یک لایه متخلخل نفوذپذیر که در آن نفت جمع می شود به نام سنگ مخزن
- یک لایه نفوذناپذیر بر بالای سنگ مخزن که مانع جزیان نفت به طرف سطح زمین می شود و سنگ پوش(cap rock) نامیده می شود.

در نفت گیر ها، گاز و نفت وآب بر حسب چگالی نسبی خود به ترتیب بر روی یکدیگر قرار می گیرند. از نظر زمین شناسی نفت گیر ها به سه دسته تقسیم می شوند.

الف) نفت گیرهای ساختمانی: این نفت گیر ها در اثر عوامل تکتونیکی از قبیل چین خوردگی و گسل خوردگی، خم شدن لایه های رسوبی بوجود می آیند. از جمله نفت گیر های ساختمانی می توان به گنبد های طاقدیسی و گنبد های نمکی اشاره نمود. گنبد های طاقدیسی مهم ترین وعمده ترین نوع نفت گیر محسوب می شوند. مخازن عمده نفتی ایران از نوع نفت گیر های ساختمانی اند. در این ساختمان ها گاهی چندین مخزن بر روی یکدیگر قرار گرفته اند که هر مخزن توسط سنگ پوش متعلق به خودش از مخزن دیگری جدا می گردد.

در گنبد های نمکی، در نتیجه افزایش دما وفشار، نمک به سمت طبقات فوقانی حرکت کرده و طبقات فوقانی را قطع می کند یا چین می دهد. گاهی شدت این حرکت به قدری زیاد است که رسوبات را قطع کرده و تا سطح زمین حرکت می کند وگنبدهای نمکی را بوجود می آورد. نمک به عنوان یک لایه نفوذناپذیر عمل می کند.

ب) نفت گیرهای چینه ای : در این حالت، تغییرات رخساره ای و سنگ شناسی لایه های رسوبی است که منجر به تغییر میزان تخلخل و نفوذپذیری در سنگ می شود و بخش متخلخل و نفوذپذیر را در بین لایه های نفوذناپذیر محصور میکند. از این نوع نفت گیرها می توان به نفت گیرهای ریفی، نفت گیرهای دگردیسی شده اشاره نمود.

ج) نفت گیرهای مختلط: این نوع نفت گیرها به صورت تلفیقی از دو نوع نفت گیر ذکر شده است.

روش های اکتشاف نفت

