

آشنایی با مراحل برداشت نفت از مخازن

مراحل مختلف بازیافت نفت

عامل مهمی که باید در محاسبات مهندسی نفت و مخزن شناسایی شود مکانیسم تولید نفت حاکم بر مخزن است با توجه به وضعیت هندسی ساختمان مخزن، ارتفاع ستون نفت، میزان گاز حل شده در نفت، گسترش ارتباط و فعالیت کلاهک گازی و سفره آب متصل به آن، مخزن می تواند تحت مکانیسم های مختلفی تولید شود.

تا کنون برای بازیافت نهائی نفت از مخازن سه مرحله تعریف شده است:

۱- بازیافت اولیه (Primary Recovery) :

در این مرحله، از انرژی های طبیعی خود مخزن جهت جابجائی و تولید نفت استفاده می شود.

فشار طبیعی موجود در مخزن نفت تنها منبع انرژی است که سیالات مخزن را از موقعیت اولیه شان (فضای خالی) به سمت دیواره چاه تولیدی هدایت می کند سازوکار تولید در مخازن نفتی ناشی از انبساط سیالات باقی مانده و سنگ مخزن در اثر تولید از مخزن می باشد. تولید از مخازن نفتی در شرایط تخلیه اولیه از میزان ناچیز تا ۶۰٪ متغییر است در حالیکه این مقدار در مخازن گازی بین ۵۰٪ تا ۹۰٪ از حجم اولیه مخزن را شامل می شود.

نوع انرژی برای راندن نفت در مخزن مکانیزم رانش نامیده می شود. نوع مکانیزم رانش یک مخزن را می توان از فرم و شکل منحنی IPR (Inflow Performance Relation) در طول زمان تولید یک چاه معین کرد (IPR افت فشاری است که باعث می شود نفت از مخزن به سمت چاه حرکت می کند). به طور کلی منابع انرژی های طبیعی مخزن به این ترتیب می باشند:

۱- نیروی رانش گاز همراه (Solution Gas Drive)

۲- نیروی رانش کلاهک گازی (Gas Cap Drive)

۳- نیروی رانش آبران (آبد) (Water Drive)

۴- انبساط سنگ و سیال (Fluid and Rock Expansion)

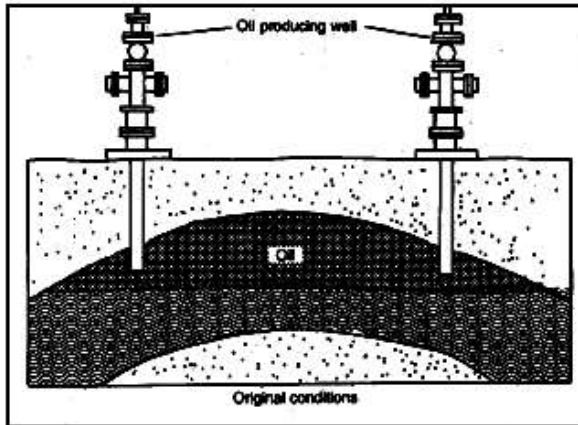
۵- نیروی ریزش ثقلی (Gravity Drainage)

آشنایی با مراحل مختلف برداشت نفت از مخازن نفتی

باید به این نکته توجه کرد که عموماً بیش از یک مکانیزم رانش بر تولید حاکم است و در طول عمر بهره دهی مخزن نیز مکانیسم حاکم بر تولید تغییر می کند. نیروی رانش آب و وجود سفره آبی در ارتباط با ستون نفت بهترین بازدهی را در مکانیسم تولید طبیعی مخزن دارا می باشد.

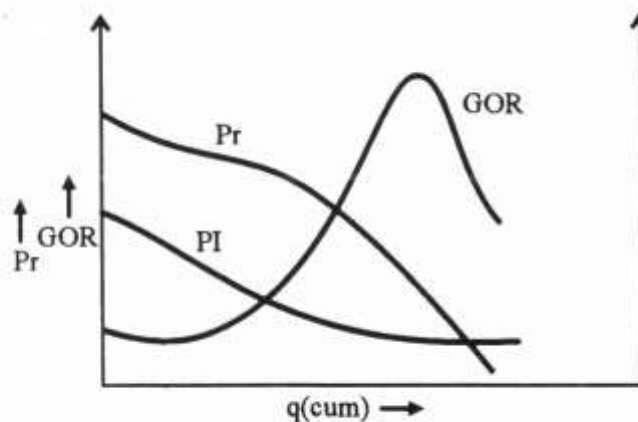
Dissolved gas drive

۱- رانش گاز محلول :



در این مکانیسم که مکانیسم نیروی گاز محلول نیز نامیده می شود و بر پایه آزاد شدن حباب های گاز در نتیجه کاهش فشار مخزن به زیر نقطه حباب در اثر تولید استوار است دارای کمترین بازیابی در بین مکانیسم های تولید طبیعی مخزن می باشد (کمتر از ۲۵٪ - ۵٪) و به علت افت فشار سریع و افزایش

سریع تراوانی نسبی گاز ، مخازنی که تولید طبیعی آنها تحت تأثیر این مکانیزم است دارای بازیابی پائینی می باشند. پارامترهای مهم در این مکانیزم ، ویسکوزیته نفت ، نسبت تراوانی گاز به تراوانی نفت و نسبت نیروی گراویته می باشد از مشخصات عمده این مکانیزم رانش ثابت ماندن حجم اولیه مخزن و عدم رانش نفت توسط جبهه آب است.



تغییر پارامترهای مخزن تحت مکانیزم رانش گاز محلول

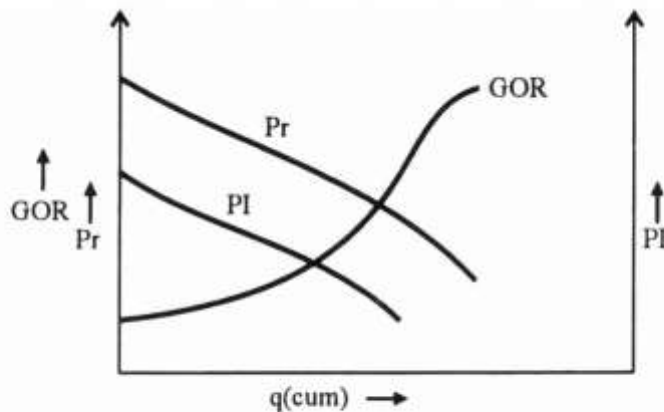
PI = Productivity Index	ضریب بهره دهی
P_r = Reservoir Pressure	فشار مخزن
GOR = Gas Oil Ratio	نسبت گاز به نفت
q =	دبی

۲- انبساط کلاهک گازی : (Gas Cap Drive)

اساس سازوکار رانش کلاهک گازی بر این است که گاز موجود در کلاهک گازی منبسط می شود تا فضا های خالی در اثر تولید سیالات از مخزن را پر کند .

عواملی که در این مکانیزم موثر اند عبارتند از :

- تراوایی عمودی مخزن نسبتاً بالا باشد .
 - حجم کلاهک گازی نسبت به حجم ستون نفت نسبتاً بزرگ باشد .
 - دبی تولید از مخزن در حدی باشد که امکان جدایش ثقلی نفت و گاز در مخزن باشد .
 - مخزن شیب دار باشد .
- میزان بازیابی نهایی در این نوع مخازن بسته به اندازه کلاهک گازی ، تراوایی عمودی مخزن و ویسکوزیته نفت بین ۲۰ تا ۴۰ درصد متغیر است .

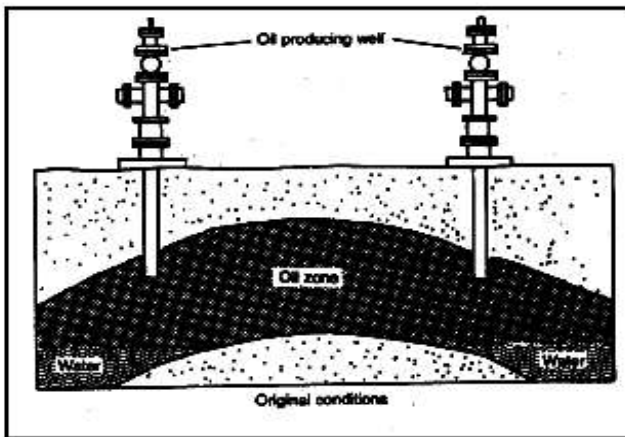


تغییر پارامترهای مخزن تحت مکانیزم انبساط کلاهک گازی

PI = Productivity Index	ضریب بهره دهی
P_r = Reservoir Pressure	فشار مخزن
GOR = Gas Oil Ratio	نسبت گاز به نفت
q =	دبی

Water drive reservoirs

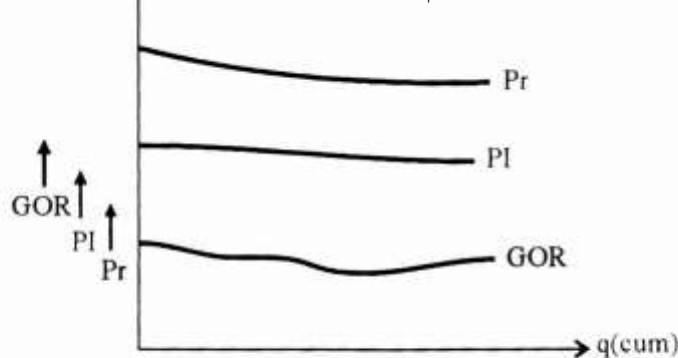
۳- نیروی رانش آب (آبران)



در این نوع مکانیزم رانش ، به علت کاهش فشار مخزن در اثر تولید ، آب از سفره آب (Aquifer) به طرف مخزن رانده می شود تا کاهش فشار را جبران کند در این نوع روش ، حجم اولیه مخزن توسط نفت اشباع شده مرتباً کاهش می یابد .

علت ورود آب از سفره آب به مخزن عبارتست از : انبساط آب ، انبساط هیدروکربن های حل شده در آب ، فشرده شدن سنگ سفره آب و جریان آب آرتزین (سنگ های سفره آبی که در ارتفاعی بالاتر از سنگ مخزن قرار دارند) .

در مخازن با تراوایی پایین آب نمی تواند با سرعت و میزان کافی انبساط پیدا کند و فضاهای خالی ناشی از خروج سیالات هیدروکربوری را پر کند بنابراین افت فشار در مخازن با تراوایی پایین بسیار سریعتر از مخازن با تراوایی بالا رخ می دهد . میزان تولید ناشی از رانش آب کمتر از مکانیزم انبساط کلاهدک گازی و بسیار بیشتر از مکانیزم رانش گاز محلول می باشد .



تغییر پارامترهای مخزن تحت مکانیزم رانش آب

PI = Productivity Index	ضریب بهره دهی
P_r = Reservoir Pressure	فشار مخزن
GOR = Gas Oil Ratio	نسبت گاز به نفت
q =	دبی

۴- نیروی رانش ناشی از تراکم مخزن (Fluid and Rock Expansion)

تولید سیالات از مخزن باعث کاهش فشار در فضای خالی مخزن می شود این کاهش فشار منجر به انبساط سنگ مخزن ، کاهش تخلخل و متراکم شدن مخزن می شود که تاثیر این عوامل میزان افت فشار در فضاهای خالی مخزن را کاهش می دهد و باعث افزایش تولید نفت از مخزن می شوند .

میزان تولید نهایی در اثر این سازوکار نسبت به میزان تولید مکانیزم های دیگر ناچیز است .

۵- ریزش ثقلی (Gravity Drainage) :

در این فرایند مکانیزم اصلی نیروی گراویته است انبساط کلاهک گازی باعث ایجاد ناحیه مورد تهاجم قرار گرفته توسط گاز می گردد که به دلیل اختلاف دانسیته نفت و گاز ، نفت به سمت پایین حرکت می کند و باعث کاهش اشباع نفت در منطقه مورد تهاجم می شود .

میزان بازیافت نفت در مکانیزم ریزش ثقلی در مقایسه با مکانیزم نیروی رانش گاز محلول

بسیار بیشتر است .

پارامتر های مهم در راندمان رانش ریزش ثقلی عبارتند از :

۱- تراوایی مؤثر نفت

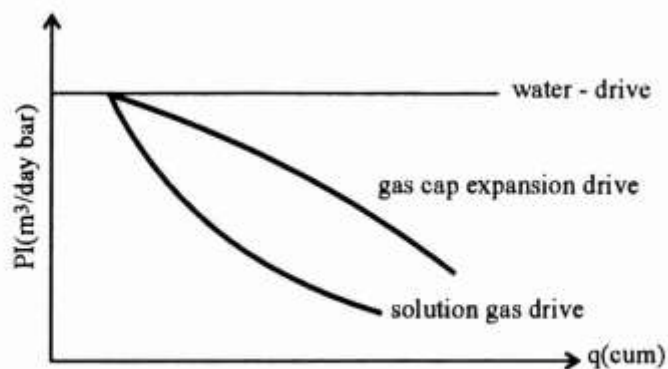
۲- شیب لایه مخزنی

۳- دبی تولیدی

۴- تفاوت دانسیته سیالات مخزن

به هر حال هر مخزن با یک نوع مکانیزم رانش ، دارای یک نوع مشخص منحنی ضریب

بازدهی (PI) است .



آشنایی با مراحل مختلف برداشت نفت از مخازن نفتی

به طور خلاصه می توان گفت که در فرآیند های فعال در تولید اولیه از مخزن ساز و کار رانش آب ، بیشترین تأثیر را در تولید اولیه از مخازن نفت دارد .

بعد از تولید اولیه مخزن ، مقدار زیادی از حجم نفت در مخزن باقی می ماند که با انرژی های طبیعی مخزن تخلیه نمی شود .

برای تولید این نفت های باقیمانده باید با استفاده از روش های ثانویه و ثالثیه ازدیاد برداشت به مخزن انرژی تزریق کرد .

زمان پایان مرحله اولیه تولید نفت ، هنگامی است که درآمد ناشی از فروش نفت استحصال شده از هزینه عملیات کمتر باشد .

بازیابی ثانویه (Secondary Recovery)

دو دلیل عمده عدم کارایی مناسب مکانیسم های تخلیه طبیعی (حتی در صورت فعال بودن سفره آبی و فعال بودن دیگر مکانیسم ها) را می توان دشواری در حرکت دادن تمام نفت های درون مخزن و همچنین عدم توانایی در ایجاد تماس با کل مخزن دانست . امروزه مفاهیم تولید اولیه و ثانویه در مطالعات جامع مخازن کارایی چندانی ندارند و از همان ابتدای تولید برای تولید بهینه تحت تأثیر روش های مختلف برنامه ریزی می شود (هر چند که برای دستیابی به خواص مخزن نیاز داریم که مدتی از تولید مخزن بگذرد) لذا نوع روش های ازدیاد برداشت از مخازن یکی از عوامل بسیار مهم در بحث مدیریت و صیانت از مخازن هستند که در ادامه مبحث به آن پرداخته خواهد شد .

روش های تولید ثانویه عمدتاً شامل تزریق گاز یا تزریق آب برای حفظ فشار و یا افزایش فشار مخزن می باشند می توان از روش های بهبود تولید (Improved Oil Recovery) از قبیل نصب تلمبه های درون چاهی ، حفاری های افقی ، حفاری های بین چاهی (infill Driling) و فراآوری با گاز نیز استفاده کرد .

در طی بازیافت ثانویه معمولاً بین ۳۰٪ - ۴۵٪ نفت اولیه مخزن (OOIP) قابل بازیافت می باشد .

بازیابی ثالثیه (Tertiary Recovery)

بعد از اعمال روش های تولید ثانویه از مخزن هنوز هم مقدار زیادی از نفت در مخزن باقی می ماند که تولید آنها هدف روش های بازیابی ثالثیه می باشد به روش های بکار برده شده در اینجا (Enhanced Oil Recovery) یا به اختصار EOR گویند .

راندمان بازده روش انتخابی ازدیاد برداشت به عوامل زیر بستگی دارد :

۱- خصوصیات مخزن (Reservoir Characteristics)

۲- خصوصیات سیال جابجا کننده (Displacing Fluid) و سیال جابجا شده (Displaced Fluid)

۳- نحوه توزیع چاه های تزریقی و تولیدی در یک میدان (Well Pattern)

راندمان کل EOR از رابطه زیر بدست می آید .

$$E = E_m \cdot E_v$$

E_m = microscopic efficiency راندمان میکروسکوپی

E_v = macroscopic efficiency راندمان ماکروسکوپی

$$E_m = \frac{S_{oi} \cdot S_{or}}{S_{oi}}$$

که در آن

S_{oi} = initial oil saturation اشباع نفت اولیه

S_{or} = residual oil saturation اشباع نفت پسماند

$$E_v = E_A \cdot E_L$$

E_A = Areal sweep efficiency راندمان جاروب افقی

E_L = Vertical sweep efficiency راندمان جاروب عمودی

راندمان میکروسکوپی به سه فاکتور زیر بستگی دارد :

۱- نیروی موئینگی (Capillary forces)

۲- نیروی ویسکوزیته (Viscose forces)

۳- نیروی گراویته (Gravity forces)

این نیروها بیشتر در فضای بین ذرات و سنگ ها خود را نشان می دهد .

آشنایی با مراحل مختلف برداشت نفت از مخازن نفتی

راندمان ماکروسکوپیک از نتایج آزمایشگاهی حاصل شده است . و تابع عوامل زیر می باشد :

۱- مقدار حرکت (mobilityratio)

۲- همگنی مخزن

۳- نسبت نیروی ویسکوزیته به گراویته

۴- نیروی موئینگی

به هر حال روشی که برای ازدیاد برداشت انتخاب می شود باید به گونه ای باشد که هم راندمان بالایی داشته باشد و هم از لحاظ اقتصادی به صرفه باشد .

در روش های EOR با تغییر خصوصیات مخزن در اثر تزریق مواد شیمیایی و مواد قابل امتزاج با سیال درون مخزن تولید ۶۵٪ - ۵٪ از میزان نفت اولیه مخزن صورت می گیرد که موضوع بحث ما می باشد .

امروزه مفهوم دیگری که شامل روش های بازیابی ثانویه و ثالثیه می باشد IOR یا (Improve Oil Recovery) نام دارد روش های ذکر شده در بالا تنها در مورد مخازن نفتی صدق می کند ، چرا که معمولاً در مخزن گازی با مکانیزم تخلیه طبیعی تا حدود ۸۰٪ - ۷۰٪ گاز اولیه مخزن (OGIP) قابل بازیابی است و تنها در مخازن گاز میعانی از روش Gas Cycling یا باز گردانی گاز برای تولید میعانات گازی بهره می گیرند .

اهداف افزایش برداشت

به طور کلی اهداف افزایش برداشت را در جدول زیر ارائه می دهیم :

۱- Reduction of Interfacial Tension Between Fluid & sand Rocks	۱- کاهش نیروی کشش سطحی بین سنگ و سیال
۲- Oil Swelling	۲- تورم نفت
۳- Reduction of Oil Viscosity	۳- کاهش گرانیروی نفت
۴- Change of Wettability	۴- ایجاد تغییر در ترشوندگی سنگ مخزن
۵- Change in Phase Behaviour	۵- تغییر در رفتار فازی سیالات

آشنایی با مراحل مختلف برداشت نفت از مخازن نفتی

روش های افزایش برداشت (EOR) اگر چه روشهایی هستند که با معیار امروزی تولید نفت خاورمیانه ممکن است گران و غیر اقتصادی باشند ولی همیشه به عنوان یک راه حل بمنظور دستیابی به بخشی از نفت باقیمانده در مخازن باید مورد توجه باشند .

مهمترین خصوصیات این روش ها را می توان به شرح زیر خلاصه نمود :

۱- هزینه زیاد

۲- زمان طولانی به ثمر رسیدن

۳- پیچیدگی روش ها

۴- ریسک پذیری بالا

مدیریت صحیح مخزن

مدیریت مخزن به مفهوم اداره ذخیره کشف شده بالقوه در طول عمر بهره برداری آنها برای رسیدن به اهداف مشخص می باشد. این اهداف می تواند به حداکثر رساندن برداشت از مخزن یا به حداکثر رساندن باز پرداخت سرمایه گذاری انجام شده در کوتاه ترین مدت باشد.

چهار رکن اساسی در فعالیت های EOR باید مورد توجه قرار گیرد:

۱- توصیف مخزن

۲- شناسایی مکانیسم های تولید

۳- پیش بینی عملکرد

۴- انتخاب و طراحی روش مناسب

همانطور که گفته شد روش های افزایش برداشت (EOR) از مخازن علاوه بر پر هزینه بودن ، پیچیده بودن و زمان بر نیز هستند . نمودار شماره ۳ مراحل انجام یک پروژه اقتصادی EOR و زمان مورد نیاز را نشان می دهد .

مراحل انجام يك پروژه E.O.R و زمان مورد نیاز

1 - مطالعات زمین شناسی و انتخاب محل	←	2 سال
2 - تطبیق تاریخچه تولید و تعیین مشخصات مخزن	←	1 الی 2 سال
3 - کارهای آزمایشگاهی		
4 - انتخاب فرآیند و روش	←	2 سال
5 - طراحی پیلوت و احداث آن	←	2 الی 3 سال
6 - اجرای آزمایشهای پیلوت	←	4 الی 6 سال
7 - تکمیل سیستم پیلوت و انجام پروژه	←	2 الی 5 سال
8 - راهبري سیستم و ارزیابی نتایج	←	1 سال

مجموع = 14 الی 21 سال

کانادا	18 الی 20 سال
آمریکا	10 سال
آمریکا (Co2)	10 الی 15 سال

تجربیات موجود در جهان :

با توجه به این جدول زمان لازم برای انجام دقیق و مرحله ای یک پروژه EOR تا کسب نتیجه حدود ۲۱-۱۴ سال طول می کشد . انتخاب فرآیند و روش مناسب برای هر مخزن و طراحی و اجرای پروژه راهنما یا پیلوت در مخزن از مراحل مهمی هستند که باید با دقت و حوصله کافی دنبال

آشنایی با مراحل مختلف برداشت نفت از مخازن نفتی

شوند . با توجه به این که در حال حاضر اکثر مخازن بزرگ ما در نیمه دوم عمر تولیدی خود هستند و نسبت ذخایر باقیمانده به تولید عدد ۳۸ سال را نشان می دهد لازم است برای دست یابی به ذخایر بالاتر هر چه زودتر گام های اساسی را بر داریم و برنامه ریزی مناسبی را برای طراحی طرح های پیشرفته افزایش برداشت از مخازن شروع کنیم .