به نام خداوند جان وخرد

۱۱۸۲۵۹

دانشکده مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی

بررسی عملیات ازدیاد برداشت از مخازن نفتی با روش تزریق توأم آلکالین، ماده کاهش دهنده کشش بین سطحی و پلیمر

توسط:
نوشین بهار

۱۳۸۸ /۲/ ۲۳

استاد راهنما:
دکتر سیدشهاب الدین آیت اللهی

مرکز اطلاعات و مدارک علمی
تهیه مدارک

آذر ۱۳۸۷

۱۱۵۲۵۹

به نام خدا

بررسی عملیات ازدیاد برداشت از مخازن نفتی با روش تزریق توأم آلکالین، ماده کاهش دهنده کشش بین سطحی و پلیمر

به وسیله‌ی:

نوشین بهار

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:

مهندسی شیمی(مهندسی گاز)

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

دکترسیدشهاب الدین آیت اللهی، استادبخش مهندسی شیمی،نفت و گاز(رئیس کمیته).....

دکترعلیرضا شریعتی، استادیار بخش مهندسی شیمی، نفت وگاز.....

دکترعبدالمحمد علمداری، دانشیار بخش مهندسی شیمی، نفت و گاز.....

آذر ماه ۱۳۸۷

تقدیم به:

((خانواده مهربانم))

سپاسگزاری

بدینوسیله از استاد صبور و محترمم جناب آقای دکتر سید شهاب الدین آیت اللهی که با کمک ها و همکاری‌های فراوانشان زمینه انجام این پروژه را فراهم کردند، صمیمانه سپاسگذارم. از زحمات اساتید مشاوره جناب آقای دکتر علیرضا شریعتی و جناب آقای دکتر عبدالمحمد علمداری کمال تشکر و قدردانی را دارم. از استاد بسیار عزیزم جناب آقای دکتر اصغر لشنی زادگان که همواره حامی و پشتیبان من بوده‌اند، سپاس بی‌شائبه دارم.

چکیده

بررسی عملیات ازدیاد برداشت از مخازن نفتی با روش همزمان آلکالین/ ماده کاهش دهنده کشش بین سطحی و پلیمر

به وسیله ی:

نوشین بهار

روش‌های شیمیایی یکی از روش‌های ازدیاد برداشت نفت باهدف تولید نفت باقی مانده پس از برداشت ثانویه می‌باشد. کاهش کشش بین سطحی، کنترل سیالیت با افزایش ویسکوزیته آب و افزایش راندمان جارویی از مکانیسم‌های مهم برای تولید بیشتر از مخازن نفتی است. بنابراین استفاده از مواد شیمیایی با توجه به اهداف مورد نظر می‌تواند بهینه باشد. در این پایان نامه سعی شده است که شرایط یکی ازمخازن ایران فراهم شود و با استفاده از روش‌های شیمیایی بهترین روش انتخاب گردد، به خصوص که حداکثر مخازن ایران دارای نفتی اسیدی و درجه شوری بالایی می‌باشند. نفت مورد استفاده در این آزمایش از میدان گچساران و سنگ مورد آزمایش از نوع دولومیت و دارای حفره‌های بزرگ است. در این پروژه اثر غلظت تریتون ایکس ۱۰۰در بهره برداری و کاهش کشش بین سطحی، اثر افزایش لخته کربنات سدیم و غلظت آن، ترتیب تزریق لخته‌های تریتون ایکس ۱۰۰ و پلی آکریل آمید هیدرولیز شده بر روی ازدیاد برداشت نفت بررسی می‌شود. آزمایشات سازگاری برای بررسی بر همکنش‌های سیال با سیال و سیال با سنگ ، آزمایش امولسیون و اندازه‌گیری کشش بین سطحی برای بررسی پایداری امولسیون و اطمینان از کاهش کشش بین سطحی قبل از آزمایشات سیلاب زنی ضروری است. آزمایشات سیلاب زنی بر روی ۸ مغزه با استفاده از سیلاب زنی آب شور و سپس روش شیمیایی انجام شده است. برای اطمینان از نتایج، برخی از آزمایشات تکرار و نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی بررسی شده است.

نتایج نشان داد که کربنات سدیم و پلی آکریل آمید در کاهش کشش بین سطحی و تشکیل امولسیون موثراست. همچنین اثر غلظت این مواد بر روی کاهش کشش بین سطحی بررسی شده است. از طرفی تزریق فرایند آلکالین(۱٪)/ ماده کاهش دهنده کشش سطحی(۰/۵٪) / پلیمر(۱۰۰۰ ppm) درمقایسه با فرایندتزریقی بدون آلکالین افزایش برداشت خوبی را داشته است . از طرفی تزریق لخته پلیمر قبل از لخته ماده کاهش دهنده کشش سطحی در این شرایط حداکثر برداشت را داشته است. بنابراین برای نفت اسیدی مورد نظر و آب شور با سختی بالا و سنگ آزمایشی، استفاده ازلخته کربنات سدیم برای کاهش کشش بین سطحی و کاهش جذب مواد شیمیایی و تزریق لخته پلی آکریل آمید هیدرولیز شده قبل از تریتون ایکس ۱۰۰می‌تواند بهینه باشد.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل۱: مقدمه ۱

۱-۱-روشهای ثالثیه(ازدیاد برداشت نفت)..... ۲

۱-۱-۱- روشهای حرارتی..... ۲

۱-۱-۲- تزریق امتزاجی..... ۳

۱-۱-۳- روش میکروبی ۴

۱-۱-۴- روش های ازدیاد برداشت شیمیایی ۴

۱-۲-کشش بین سطحی..... ۶

۱-۳- مواد کاهش دهنده کشش بین سطحی..... ۸

۱-۴- کاربردهای مواد کاهش دهنده کشش سطحی ۱۰

۱-۵- دسته بندی مواد کاهش دهنده کشش سطحی ۱۲

۱-۵-۱- ماده کاهش دهنده کشش سطحی آنیونی ۱۴

۱-۵-۲- ماده کاهش دهنده کشش سطحی کاتیونی ۱۵

۱-۵-۳- ماده کاهش دهنده کشش سطحی آمفوتریک ۱۶

۱-۵-۴- ماده کاهش دهنده کشش سطحی غیریونی..... ۱۷

۱-۵-۵-ماده کاهش دهنده کشش سطحی مشتق شده از منو و پلی ساکاریدها ۱۸

۱-۵-۶- مواد کاهش دهنده کشش سطحی پلیمری..... ۱۹

۱-۶- غلظت بحرانی مایسل ۲۰

۱-۷- اندازه گیری نقطه غلظت بحرانی مایسل ۲۱

۱-۸- عوامل موثر برغلظت بحرانی مایسل..... ۲۴

۱-۹-امولسیون آب و نفت ۲۶

۱-۱۰- میکرو امولسیون..... ۲۶

۱-۱۱-روش های اندازه گیری کشش بین سطحی..... ۲۷

۱-۱۲- سیلاب زنی محلول کاهش دهنده سطحی..... ۳۲

۱-۱۳- جذب مواد کاهش دهنده کشش سطحی در مخزن ۳۶

۱-۱۴- آلکالین..... ۳۶

۱-۱۴-۱- سیلاب زنی آلکالین ۳۸

۱-۱۴-۲- بر هم کنش های آلکالین ۳۹

۱-۱۴-۳-بر همکنش های آلکالین ۴۰

عنوان | صفحه

۱-۱۵- سیلاب زنی پلیمر ۴۲
۱-۱۵-۱-پلیمرها ۴۵
۱-۱۵-۲- تأثیر غلظت پلیمر بر ویسکوزیته ۴۸
۱-۱۵-۳- اثر درجه شوری بر پلی آکریل آمید ۴۹
۱-۱۵-۴- تأثیر pH روی محلول پلیمر ۵۱
فصل۲: مروری بر تحقیقات انجام شده ۵۲
فصل ۳: مواد و روش ها ۶۶
۳-۱- مواد مورد استفاده ۶۶
۳-۱-۱-سنگ ۶۶
۳-۱-۲-آب شور ۶۷
۳-۱-۳- نفت خام ۶۸
۳-۱-۴-ماده کاهش دهنده کشش سطحی ۶۹
۳-۱-۵-آلکالین ۷۰
۳-۱-۶- پلیمر ۷۱
۳-۲- مراحل آزمایش ۷۱
۳-۲-۱-آزمایش سازگاری و امولسیون ۷۱
۳-۲-۲-آزمایشات کشش بین سطحی(دینامیکی) ۷۲
۳-۲-۳- دستگاه سیلاب زنی با مغزه ۷۴
۳-۲-۴- اندازه گیری تخلخل ۸۱
۳-۲-۵-اندازه گیری تراوایی ۸۱
۳-۲-۶- دستگاه آزمایش ۸۲
۳-۲-۷- شرح انجام آزمایشات سیلاب زنی با مغزه ۸۲
فصل۴:نتایج و بررسی ۸۵
۴-۱-آزمایشات سازگاری ۸۵
۴-۲-آزمایشات پایداری امولسیون ۸۵
۴-۳-آزمایشات کشش بین سطحی دینامیکی ۸۸
۴-۳-۱- اثر محلول تریتون ایکس ۱۰۰ روی کشش بین سطحی دینامیکی ۸۹
۴-۳-۲- بررسی اثر کربنات سدیم بر کشش بین سطحی ۹۲
۴-۳-۳-بررسی اثر پلیمر بر کشش بین سطحی ۹۴

۴-۴-آزمایشات سیلاب زنی مغزه ۹۵
۴-۴-۱- بررسی اثر غلظت موادکاهش دهنده سطحی روی ازدیاد برداشت نفت..... ۹۶
۴-۴-۲-اثر اضافه کردن کربنات سدیم به عنوان آلکالین به سیلاب زنی موادکاهش دهنده سطحی/پلیمر ۹۸
۴-۴-۳- بررسی ترتیب تزریق لخته ای..... ۱۰۴
۴-۴-نتایج..... ۱۰۷
فصل ۵: نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۱۰
۵-۱-نتیجه گیری..... ۱۱۰
۵-۲-پیشنهادات..... ۱۱۱
منابع و مآخذ ۱۱۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

فصل۱:

شکل ۱: مراحل اولیه، ثانویه و ثالثیه برداشت نفت ۱
شکل۲: تفاوت کشش سطحی و کشش بین سطحی ۶
شکل۳: تجمع مواد کاهش دهنده سطحی به تک لایه ای در سطح مشترک و تبدیل به مایسل در غلظت های بالاتر از غلظت بحرانی..... ۸
شکل۴: مولکول کاهش دهنده کشش سطحی به طور مساوی در سطح مشترک آب و نفت .. ۹
شکل۵: آلکیل دی متیل بنزیل آمونیوم کلراید..... ۱۵
شکل۶: ساختار ساکاروز استر ۱۸
شکل۷: آلکوکسید آلکیل فنول فرمالدهید ۲۰
شکل ۸: ساختار های مایسل ۲۱
شکل۹ : تغیرات خصوصیات فیزیکی و تشکیل غلظت بحرانی مایسل در محدوده ی مجزا(Schramm،2000). ۲۲
شکل ۱۰: تغییرات غلظت بحرانی مایسل با دما برای سه ماده کاهش دهنده کشش سطحی آمفوتریک ۲/۱درصدوزنی(L.Schramm،2000)..... ۲۵
شکل۱۱: دستگاه موئینه..... ۲۹
شکل۱۲: روش صفحهی ویلهلمای ۲۹
شکل۱۳: روش حلقهای ۳۰
شکل۱۴: جدایش قطره از لوله بسیار باریک ۳۱
شکل۱۵: روش چرخشی قطره..... ۳۲
شکل۱۶: نمودارCDC (Wilhite &Green,2003) ۳۵
شکل ۱۷: تأثیر ترشوندگی روی منحنیCDC ۳۵
شکل۱۸: مقایسه کشش سطحی در آب بدون سختی برای دو ماده آلکالاین(Green,2003) ۴۱
شکل۱۹: مقایسه کشش سطحی در آب دارای سختی برای دو ماده آلکالاینی(Green,2003)۴۲
شکل۲۰: نقش پلیمر روی پدیده انگشته شدن(O.Selle,2005) ۴۴
شکل۲۱: نمونه ای از ساختار پلی ساکاریدها..... ۴۶
شکل۲۲: ساختار مولکولی پلی آکریل آمید..... ۴۶
شکل ۲۳: پلی آکریل آمید هیدرولیز شده ۴۷

عنوان صفحه

شکل۲۴: اثر غلظت پلی اکریل آمید جزئی هیدرولیز تجاری J333 بر ویسکوزیته یا فاکتور غربالی..... ۴۸
شکل۲۵: تاثیر غلظت نمک ها بر فاکتور غربالی محلول۱۰۰۰ ppm پلیمرJ333 ..... ۵۰

فصل۳:

شکل ۱: نمودار آزمایش XRD برای یک نمونه از سنگ های مورد استفاده..... ۶۶
شکل۲:نمونه ای از سنگ حفره دار دولومیتی مورد استفاده..... ۶۷
شکل ۳: نمایی از ساختار مولکولی ماده تریتون ایکس ۱۰۰ ..... ۷۰
شکل۴: تصویر دستگاه اندازه گیری کشش بین سطحی به روش قطره چرخان (SITE100HS) ۷۴
شکل۵ : شمای کلی دستگاه سیلاب زنی با مغزه ۷۶
شکل ۶: مغزه نگهدار درون حمام گرم..... ۷۷
شکل۷: تصویری از لاستیک نگهدارنده، یک مغزه و دو پخش کننده داخلی..... ۷۸
شکل ۸: تصویر بالا، نگهدارنده سیال و تصویر پایین مغزه نگهدار ۸۰
شکل۹: پمپ فشار بالا ۸۰
شکل۱۰: تصویری از مغزه ها درون آب شور..... ۸۱
شکل ۱۱ : تصویر دستگاه سیلاب زنی با مغزه برای تزریق سیالات مختلف..... ۸۲

فصل۴:

شکل ۱ : تشکیل رسوب در محلول کربنات سدیم و آب شور ۸۵
شکل ۲ : آزمایشات پایداری امولسیون برای سه غلظت تریتون ایکس ۱۰۰،
حجم آب جدا شده در زمانهای ۱، ۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه..... ۸۶
شکل۳ : آزمایش پایداری امولسیون ، با اضافه کردن پلیمر به محلول تریتون ایکس ۱۰۰،
حجم آب جدا شده در زمانهای ۱، ۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه..... ۸۷
شکل۴: اثر کربنات سدیم بر روی پایداری امولسیون،حجم آب جدا شده در زمانهای ۱، ۵، ۳۰و ۶۰ دقیقه..... ۸۷
شکل۵: آزمایش امولسیون محلول تریتون-ایکس۱۰۰ از سمت چپ با غلظت های ۰/۲٪،۰/۵٪ و۱٪..... ۸۸
شکل۶: آزمایش امولسیون با افزودن کربنات سدیم ۰/۰۵٪ به محلول های تریتون-ایکس ۱۰۰ با غلظتهای ۰/۰۵٪، ۰/۲٪، ۰/۵٪، ۱٪ از سمت چپ ۸۸

عنوان **صفحه**

شکل ۷: کشش بین سطحی نفت و آب تابعی از زمان برای غلظتهای مختلف
تریتون ایکس ۱۰۰ ..... ۸۹
شکل۸:کشش بین سطحی تابعی از زمان برای محلول تریتون ایکس ۱۰۰ ..... ۹۰
شکل۹ : کشش بین سطحی نفت و آب تابعی از غلظت تریتون ایکس ۱۰۰
در زمانهای مختلف ۹۲
شکل ۱۰ : کشش بین سطحی نفت و آب تابعی از زمان، در غلظتهای مختلف
کربنات سدیم و غلظت تریتون ایکس ۱۰۰، ۰/۵درصد وزنی ۹۳
شکل ۱۱ : کشش بین سطحی نفت و آب تابعی از زمان در غلظتهای مختلف
پلی آکریل آمید ۹۴
شکل۱۲: درصد کل نفت تولیدی براساس نفت باقی مانده پس از تزریق آب شور
تابعی از حجم تزریقی (مغزه ۱و ۲) ۹۸
شکل ۱۳: درصد کل نفت تولیدی براساس نفت باقی مانده پس از تزریق آب شور
تابعی از حجم تزریقی (مغزه۲و مغزه ۴) ۹۹
شکل۱۴ : درصد کل نفت تولیدی براساس نفت باقی مانده پس از تزریق آب شور
(مغزه۲و۴و۵) ۱۰۰
شکل۱۵: درصد نفت تولیدی بر اساس نفت باقی مانده نسبت به حجم تزریقی. درمغزه۶و
۷و۸ ..... ۱۰۲
شکل۱۶: نمودار افت فشار تابعی از حجم تزریقی در مغزه۶ و۷ ..... ۱۰۲
شکل۱۷: تصویرSEM تصویر(a) سنگ در ابتدای سیلاب زنی،(b) پس از سیلاب زنی
با آب شور، (c) پس از تزریق لخته کربنات سدیم بعد از تزریق آب شور، (d) تنها
تزریق کربنات سدیم بدون تزریق آب شور، (e)رسیدن به اشباعیت نفت و تزریق
آب شور و لخته کربنات سدیم پس از آن، (f) اضافه کردن پلی آکریل آمید به
قسمت قبل. ۱۰۳
شکل ۱۸: تصویرSEM از سنگ پس از سیلاب زنی با کربنات سدیم ۱٪ ۱۰۴
شکل ۱۹: درصد کل نفت تولیدی براساس نفت باقی مانده پس از تزریق آب شور
(مغزه۲و۳) ۱۰۵
شکل۲۰: تصویرSEM از سنگ حفره دار اشباع شده ازآب شور ۱۰۷
شکل ۲۱: درصد برش نفتی در مغزه ۲ تابعی از حجم تزریقی ۱۰۶
شکل ۲۲: درصد برش نفتی در مغزه۳ تابعی از حجم تزریقی ۱۰۶
شکل۲۳: درصد نفت تولیدی پس از تزریق آب شوردر ۸ مغزه آزمایش شده ۱۰۸

شکل۲۴: مقایسه ۸ آزمایش، مقدار تولید پس از سیلاب زنی با آب شور و مقدار
تولید پس از سیلاب زنی لخته ها براساس نفت اولیه..... ۱۰۹
شکل۲۵:نمودار میله ای درصد افزایش برداشت نفت براساس نفت باقیمانده، برای مغزه .. ۱۰۹

فهرست جداول

عنوان صفحه

فصل۱:

جدول۱: کشش سطحی و کشش بین سطحی مایعات در مقابل آب در دمای ۲۰درجه سانتی گراد(J.Shaw,1999) ۷

جدول ۲: کاربردهای مواد کاهش دهنده کشش سطحی در صنعت نفت(Schramm، 2000) . ۱۱

جدول۳: محدوده کاربرد نسبت به تقسیمبندی HLB ۱۳

جدول ۴: تقسیم بندی مواد کاهش دهنده کشش سطحی(L.Schramm,2000) ۱۴

جدول۵: روشهای معمول اندازه گیری غلظت بحرانی مایسل(Schramm،2000) ۲۳

جدول ۶: روش های اندازه گیری کشش بین سطحی و کشش سطحی در مطالعات صنعت .(Schramm,2000) ۲۸

جدول ۷: خصوصیات مواد آلکالینی(Green, Wilhite) ۳۷

جدول۸: تاثیر pH بر ضریب شبکه محلول پلیمری ۵۱

فصل۳:

جدول۱:ترکیبات آب شور سازند ۶۷

جدول ۲: اطلاعات مربوط به نفت خام گچساران ۶۸

جدول ۳ : خصوصیات فیزیکی ماده تریتون ایکس ۱۰۰ ..... ۶۹

جدول۴: محلول های مربوط به آزمایشات پایداری امولسیون ۷۲

جدول۵: آزمایشات مربوط به کشش بین سطحی دینامیکی ۷۴

جدول۶: خصوصیات مغزه های مورد آزمایش ۸۴

فصل۴:

جدول ۱: نتایج آزمایشات سیلاب زنی مغزه ها ۹۷

فهرست نشانه‌های اختصاری

A: سطح مقطع محیط متخلخل (m^2)

L: طول محی متخلخل (m)

Q : مقدار سیالی که از واحد سطح عمود بر مسیر در واحد زمان عبور می‌کند ($kg/m^2.s$)

K: تراوایی مطلق (Darcy)

μ: گرانروی سیال (cp)

ΔP: اختلاف فشار دو سر مغزه (atm)

U: سرعت دارسی

M: نسبت سیالیت آب به نفت

λ: تغییرپذیری سیالیت

σ: کشش بین سطحی دو فاز (mNm^{-1})

ρ_H: چگالی فاز سنگین (kg/m^3)

ρ_L: چگالی فاز سبک (kg/m^3)

ω: بسامد زاویه ای

m: جرم قطره

Φ: ضریب تصحیح

F: نیروی کشش حلقه (mN/m)

β: ضریب تصحیح

θ: زاویه ترشوندگی

r: شعاع قطره

N_c: عدد بدون بعد موئینه

CMC: غلظت بحرانی مایسل

S_{oi}: اشباعیت نفت اولیه

S_{or}: اشباعیت نفت باقی مانده پس از تزریق ثانویه آب

IFT: کشش بین سطحی دو فاز (dyne/cm)

HPAM: پلی آکریل آمید هیدرولیز شده

PV: حجم خالی مغزه (cc)

TX-100: تریتون ایکس ۱۰۰

S-P: فرایند تزریق لخته‌ای ماده کاهش دهنده کشش سطحی و سپس لخته پلیمر

A-S-P: فرایند تزریق لخته‌ای مواد آلکالین و سپس لخته‌های ماده کاهش دهنده کشش بین سطحی و سپس پلیمر

P-S: فرایند تزریق لخته‌ای پلیمر و سپس ماده کاهش دهنده کشش بین سطحی

EOR: روش‌های ازدیاد برداشت نفت

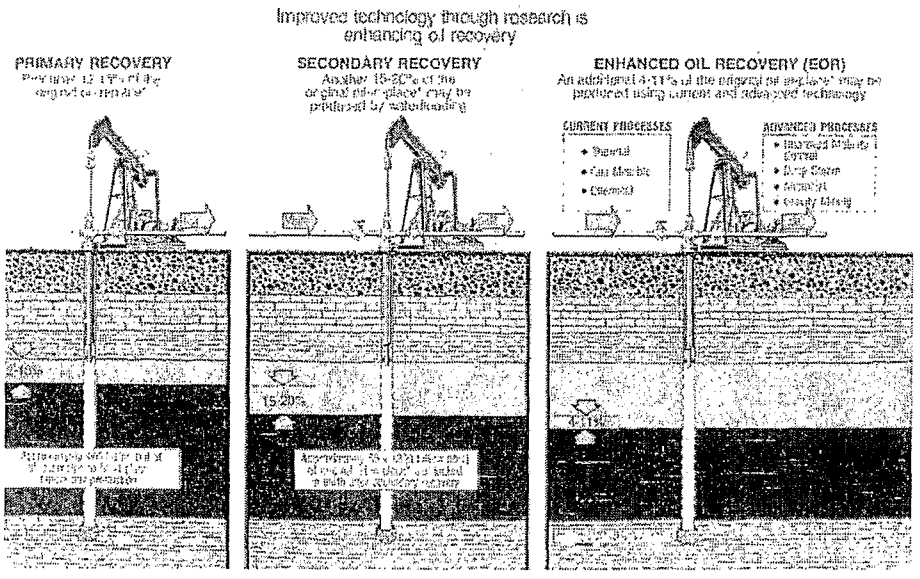
SEM: تصویر بردار میکروسکوپ الکترونی

XRD: پراش پرتو ایکس

SARA: آزمایشات مربوط به تعیین مقادیر اشباعیت ، آروماتیک، آسفالتین و رزین های نفت خام

فصل۱- مقدمه

تولید از مخازن نفتی در ابتدای بهره‌برداری با کمک نیروهای طبیعی مخزن از قبیل نیروی گاز محلول، فشارآب و فشارگنبدگازی و همچنین انبساط نفت و سنگ آغاز می‌گردد که به آن مرحله‌ی برداشت اولیه اطلاق می‌شود. با گذشت زمان، این نیروها کاهش یافته و اهمیت خود را از دست می‌دهند و بنابراین برای حفظ فشار، آب (سیلاب زنی) یا گاز (تزریق گاز) به درون مخزن تزریق می‌شود که به مجموعه‌ی این عملیات مراحل ثانویه گفته می‌شود. پس از گذشت این مرحله و با وجود این که هنوز مقادیر قابل توجهی از نفت در درون مخزن باقیمانده است، مخزن قابلیت تولید اقتصادی خود را تا حد زیادی از دست داده و نیاز به بهره‌گیری از روش‌های ثالثیه یا به اصطلاح ازدیاد برداشت نفت[1] (ثالثیه) خودنمائی می‌کند. ازدیاد برداشت به صورت سنتی به روشهایی در تولید نفت از مخزن اطلاق می‌شود که موجب افزایش تولید پس از انجام مراحل اولیه و ثانویه می‌گردند. شکل ۱ این مراحل را بصورت نمائی نشان می دهد.



شکل ۱: مراحل اولیه، ثانویه و ثالثیه برداشت نفت (Green & Wilhite,2003)

[1] Enhanced oil recovery (EOR)

مهمترین روش در حال بررسی روش ثالثیه است که به اختصار به توضیح آن می‌پردازیم.

۱-۱- روش‌های ثالثیه(ازدیاد برداشت نفت)

در طول عمر یک مخزن زمانی وجود دارد که هزینه تولید یک بشکه نفت بیشتر از قیمت فروش آن می‌شود. در این حالت مخزن ترک شده در حالیکه بیش از ۵۰ درصد نفت در مخزن باقی مانده است. در این صورت و به علت غیر اقتصادی بودن روشهای اولیه و ثانویه، افزایش بازیافت نفت در جهت تسهیل حرکت نفت تله افتاده مورد بررسی قرار می گیرد. در این روشها تمرکز اصلی برروی برهم کنش نیروهای گرانروی و مویینگی بین سنگ، نفت و سیال تزریقی می باشد. روش های بازیافت ثالثیه اصطلاحاً روش‌های ازدیاد برداشت نامیده می شوند.

روشهای ازدیاد برداشت در مخازن نفتی بطور کلی عبارتند از روش‌های:

- حرارتی[۱]
- جابجائی امتزاجی[۲]
- میکروبی[۳]
- شیمیایی[۴]

در روش های مذکور افزایش میزان بازیافت نفت از طریق بهبود حرکت سیال در درون سنگ مخزن بوسیله افزایش حرارت و کاهش گرانروی، تغییر کشش سطحی بین سیال تزریقی و نفت و در نتیجه کاهش نیروهای مویینگی، انتقال جرم و یا تغییر خواص نفت و سنگ مخزن صورت می گیرد.

۱-۱-۱- روشهای حرارتی

روش‌های حرارتی غالباً بمنظورکاهش گرانروی در نفت های سنگین (کمتر از ۲۰ درجه API) بکار برده می‌شوند. در این نوع از مخازن میزان نفت باقیمانده در اثر تولید ناشی از تخلیه طبیعی یا سیلابزنی بوسیله آب بسیار زیاد می‌باشد. مکانیزم اصلی در این روش، کاهش گرانروی نفت مخزن در اثر افزایش حرارت است. افزودن حرارت به مخزن از دوطریق تزریق

---

[۱] Thermal methods
[۲] Miscible displacement methods
[۳] Microbial flooding(MEOR)
[۴] Chemical flooding

سیال گرم به مخزن و یا ایجاد احتراق داخلی صورت می‌گیرد. بطور کلی روشهای حرارتی مورد استفاده عبارتند از:

- تحریک چاه بوسیله بخار آب[۱]
- سیلابزنی بوسیله بخار آب[۲]
- احتراق درجا[۳]

۱-۱-۲- تزریق امتزاجی

در فرآیند جابجایی امتزاجی، ماده تزریقی در درون نفت مخزن حل شده، نیروهای نگهدارنده نفت در درون سنگ را از بین برده، موجب کاهش گرانروی شده و محلول حاصل را به سمت چاههای تولیدی می‌راند. حلال می‌تواند الکل، مواد هیدروکربنی، مایعات گازی، دی اکسید کربن، LPG و یا بخار آب همراه با گاز باشد.

به همین منظور ابتدا یک توده حلال تزریق شده و سپس مایع یا گاز جهت راندن مخلوط حلال- نفت به سمت چاه‌های تولیدی استفاده می‌شود. در این فرآیند غلظت حلال و یا توده امتزاجی در مسیر حرکت خود در درون مخزن ترکیب و قابلیت حل کنندگی آن تغییر می‌نماید. بنابراین میزان بازیافتهای محاسبه شده در حالت تئوری هیچگاه در عمل بدست نمی‌آیند.

پارامترهای مهم در طراحی فرآیند تزریق امتزاجی عبارتند از:

۱. عمق و ضخامت سنگ مخزن
۲. اجزاء تشکیل دهنده مواد تزریقی و تولیدی
۳. گرانروی نفت
۴. دما و فشار مخزن
۵. نفوذپذیری و شیب مخزن

روش های عملی تزریق امتزاجی عبارتند از:

- تزریق گاز دی اکسید کربن
- تزریق گازهای هیدروکربنی
- تزریق گازهای بی اثر

---

[۱] Steam stimulation
[۲] Steam flooding
[۳] In situ combustion

۱-۱-۳- روش میکروبی

در این روش از فعالیت میکرواورگانیسم ها در درون مخزن بمنظور افـزایش بازیافـت نفـت از طریق دو راهکار اعمال می شود. در روش اول، میکرواورگانیسـمها و مـواد مغـذی متناسـب بـا شرایط مخزن به درون آن تزریق می شوند. اما در روش دوم با تزریق مواد مورد نیاز برای رشد میکرواورگانیسم های موجود درمخزن موجبات رشد سریع و گسترش آنهـا در درون مخـزن را فراهم می‌آورند.

مکانیسم های تولید نفت در این فرآیند به شرح زیر دسته بندی می شوند:

۱. تولید پلیمر های بیولوژیکی و توده سلولی که منجر به کنترل حرکت از طریق مسدود کردن مناطق با نفوذپذیری بالا شده و راندمان جاروئی را بالا می برند.
۲. تولید گاز های مختلف که از طریق حل شدن در سیالات مخـزن رانـدمان جابجـایی را افزایش داده و همچنین تا حدودی افت فشار مخزن را جبران می‌نمایند.
۳. تجزیه ملکولهای هیدروکربنی و کاهش گرانروی و چگالی نفت کـه منجـر بـه حرکـت روان تر نفت می شود.
۴. تولید مواد فعال سطحی بیولوژیکی که با تغییر کشـش سـطحی بـین فـازی، سیسـتم حرکت سیالات را در بین حفره های مخزن تسهیل می‌نمایند.
۵. تولید حلال های مختلف و عوامل کمکی برای مواد فعال سطحی
۶. تغییر خواص تر شوندگی سیستم که باعث می شود هیدروکربن های به دام افتـاده در حفره های مخزن در اثر تغییر نیروی مویینگی رها شوند.
۷. تولید اسیدهای آلی و حل کردن سنگهای کربناتی و بالا بـردن نفوذپـذیری و تخلخـل مخزن

۱-۱-۴- روش های ازدیاد برداشت شیمیایی

روش‌های معمول ازدیاد برداشت شیمیایی که در آنها مواد شیمیایی خاصـی بـه آب تزریقـی اضافه می شود عبارتند از :

- سیلاب زنی با آب ارتقاء یافته
- سیلاب زنی با پلیمر
- تزریق پلیمر/ ماده کاهش دهنده کشش سطحی
- سیلاب زنی با مواد آلکالین[۱]

[۱] Alkaline flooding