

چکیده

تلاش‌های بسیاری در دهه‌های اخیر در جهت بهینه‌نمودن روش‌های تولید و بازیافت نفت انجام گرفته است. تکنولوژی ازدیاد برداشت میکروبی (MEOR) مزایای نسبی نظیر، هزینه کمتر، به‌کارگیری آسان، سهولت در تزریق و

برداشت میکروبی به دو صورت تزریق و انتقال میکروارگانیسم‌ها به لایه‌های نفتی به منظور تولید محصولات متابولیکی (شامل: گازها، مواد فعال سطحی، اسیدها، حلال‌ها و پلیمرها) داخل مخزن و یا انجام مراحل تولید محصولات متابولیکی در سطح زمین و تزریق محصولات به داخل مخزن اجرایی شود. واژه‌های کلیدی: ازدیاد برداشت میکروبی، استحصال ثانویه و ثالثیه نفت، بازده حجمی و میکروسکوپی، سیلاب‌زنی مخزن

و ضرورت بهره‌برداری موثر از مخازن نفتی موجود که بعضاً دچار افت تولید شده‌اند، مطالعات بسیاری در شیوه‌های میکروبی گوناگون انجام گرفته است. هدف از ارائه این مقاله معرفی تکنولوژی جدید و سودمند در عرصه صنعت نفت می‌باشد.

تاریخچه

به‌کارگیری میکروارگانیسم‌ها با هدف ازدیاد برداشت از مخازن نفتی اولین بار، توسط آقای Beckman در سال ۱۹۲۶ میلادی ارائه شد. تحقیقات راهبردی آقای Zobell در طی سال‌های ۱۹۴۳-۱۹۵۳ میلادی فرایندهای استحصال نفت توسط میکروارگانیسم‌ها را نشان داد. نتایج حاصل از مطالعات وی سبب شد که اولین کاربرد صنعتی میکروارگانیسم در ازدیاد برداشت در سال ۱۹۴۷ توسط آقای Beckman صورت پذیرد.

چهار مکانیزم استحصال نفت توسط میکروارگانیسم‌ها در سال ۱۹۴۳ میلادی توسط آقای Zobell بر پایه تحقیقات آزمایشگاهی پیشنهاد شد، که عبارتند از:

- تولید گاز دی‌اکسید کربن
 - تولید اسید آلی
 - حل شدن کربناته‌های موجود در سنگ
 - شکستن زنجیره‌های سنگین نفتی
- همچنین Zobell متوجه شد که نوع خاصی از باکتری‌ها توانایی تجزیه پارافین‌های طبیعی را نیز دارا هستند.

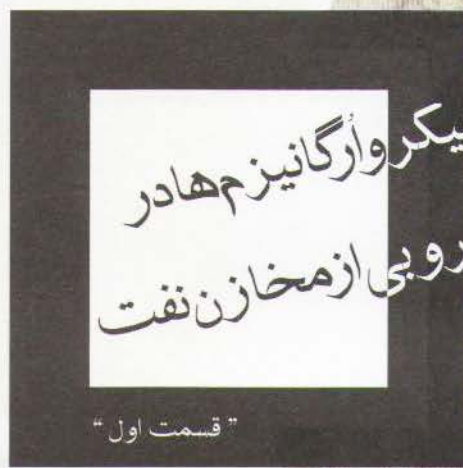
در سال ۱۹۸۳، Updergraff به دنبال مطالعات تحقیقاتی اعلام نمود که برای عبور باکتری‌ها و جلوگیری از مسدود شدن، قطر خلل و فرج سنگ

مقدمه:

یکی از مشکلاتی که جهان در آینده‌ای نزدیک با آن روبه‌رو خواهد بود، مساله ذخایر سوختی و کاهش در

کشف منابع جدید هیدروکربوری می‌باشد. با افزایش مصرف منابع، در آینده نزدیک جهان با چالش جدیدی به نام انرژی درگیر خواهد شد.

در اکثر مخازن نفتی میزان نفت قابل استحصال اولیه بین ۳۰-۴۰٪ می‌باشد. (البته برای تعدادی از مخازن از جمله مخازن ایران، این رقم حدود ۲۰٪ می‌باشد). با به‌کارگیری روش‌های ازدیاد برداشت پیشرفته به این ارقام حداکثر ۲۰٪ اضافه خواهد شد، که در این صورت نیز بیش از نیمی از نفت اولیه در مخزن باقی خواهد ماند. با توجه به افزایش نقش میکروارگانیسم‌ها در فرایند ازدیاد برداشت

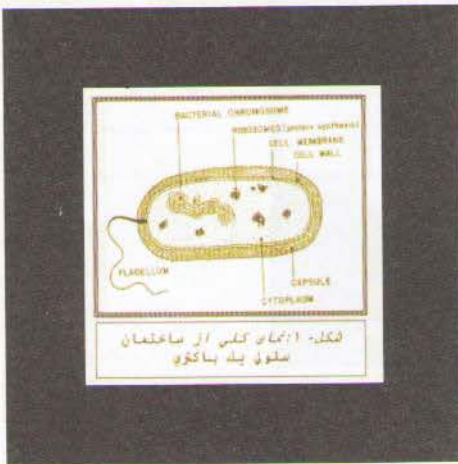


تولید، عدم آسیب‌رسانی به مخزن و عدم آلودگی محیط‌زیست، به‌عنوان یکی از روش‌های ازدیاد برداشت مخازن نفت مطرح می‌باشد. در چند سال اخیر شرکت‌های نفتی و تحقیقاتی، مطالعات کاربرد MEOR را در الویت فعالیت‌های خود قرار داده‌اند. عملیات ازدیاد

ارگانیزم‌های فیلامنتوسی و گاهی نیز به صورت تک سلولی یافت می‌شوند.

۴- ویروس‌ها (Viruses) که جهت زنده ماندن و تکثیر احتیاج به موجودات زنده دیگر به عنوان میزبان دارند.

۵- باکتری‌ها (Bacteria) کوچک‌ترین ارگانیزم‌ها هستند که دارای تمامی فرایندهای لازم جهت رشد و تکثیر بوده و مناسب‌ترین گونه برای به کارگیری در مخزن با هدف ازدیاد برداشت هستند. طرح کلی از ساختمان سلولی یک باکتری در شکل ۱- نشان داده شده است.



دو تقسیم‌بندی اصلی در متابولیسم باکتری‌ها وجود دارد، اول آنهایی که به اکسیژن نیاز دارند (aerobic) و دیگری آنهایی که در محیط بدون اکسیژن تکثیر می‌شوند (anaerobic). البته نوع سوم باکتری‌ها بی‌هوازی اختیاری با رفتاری دوگانه نیز وجود دارد. پارامترهای موثر در راندمان عملکرد MEOR عبارتند از:

- ۱- مشخصات سلولی: اندازه، شکل، شکل پذیری و طبیعت سطح سلول
- ۲- مشخصات مخزن: ساختار حفره‌ها، نفوذپذیری طبیعی شیمیایی سنگ مخزن، ترکیب شیمیایی آب همزاد، دما و فشار مخزن

می‌باشد) وجود دارد.

مساله اصلی در طراحی فرایندهای میکروبی در صنعت نفت انتخاب میکروارگانیزم‌های مناسب و هماهنگ با مخازن می‌باشد که باید دارای خواص ضروری زیر باشند:

- اندازه کوچک، به منظور نفوذ بیشتر میکروارگانیزم در محیط متخلخل

- با توجه به این که بسیاری از مخازن عمیق می‌باشند، نسبت به فشار و دمای بالا مقاوم باشد.

- جهت تکثیر احتیاج به حجم زیادی از محیط کشت نداشته باشد و دارای قابلیت استفاده قسمتی از نفت در مخزن به عنوان منبع تغذیه باشد.

- توانایی فعالیت و زنده ماندن در شوری بالا (در شرایط استاتیک و دینامیک مخزن) را داشته باشد.

- میکروارگانیزم‌های هوازی مورد استفاده (میکروب‌هایی که جهت بقا و انجام فعالیت‌های میکروبی

به اکسیژن نیاز دارند)، قابلیت تامین اکسیژن مورد نیاز خود را از منبع انرژی و محیط کشت را دارا باشند.

- عدم مسدود نمودن مسیر جریان نفت و خاصیت خوردگی.

میکروارگانیزم‌ها به پنج گروه اصلی طبقه‌بندی می‌شوند.

۱- تک سلولی‌ها (Protozoa) که از نظر شاخص بندی برای عملیات میکروبی بسیار پیچیده و غیر قابل کنترل هستند.

۲- جلبک‌ها (Algae) که برای بقاء و فعالیت نیاز به نور خورشید دارند و در نتیجه برای عملیات میکروبی در محیط مخزن مناسب نمی‌باشند.

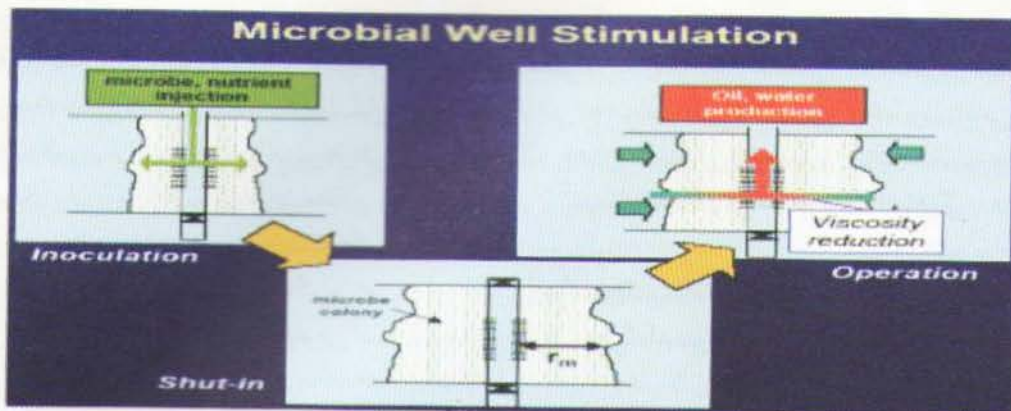
۳- قارچ‌ها (Fungi) که بیشتر به صورت

مخزن می‌بایستی حداقل دو برابر اندازه قطره باکتری‌ها باشد. تراوایی سنگ بیش از ۱۰۰ میلی داری ضریب اطمینان جلوگیری از مسدود شدن مسیر حرکتی سیال را بالا می‌برد. نفوذ پذیری مخازن با تراوایی بالا، کاهش کمتری در مقابل تکثیر باکتری‌ها از خود نشان داده که این امر سبب افزایش بازدهی سیلاب زنی آب خواهد شد. از آن زمان تاکنون مطالعات زیادی در زمینه فن آوری و بهینه سازی محیط کشت، عملکرد میکروب‌ها و امکان انجام تغییرات ژنتیکی در ساختار آن انجام گرفته است. در دهه‌های اخیر اروپا و آمریکا، علاقه‌مندی بیشتری برای به کارگیری این فن آوری در مخازن نفتی نشان داده‌اند.

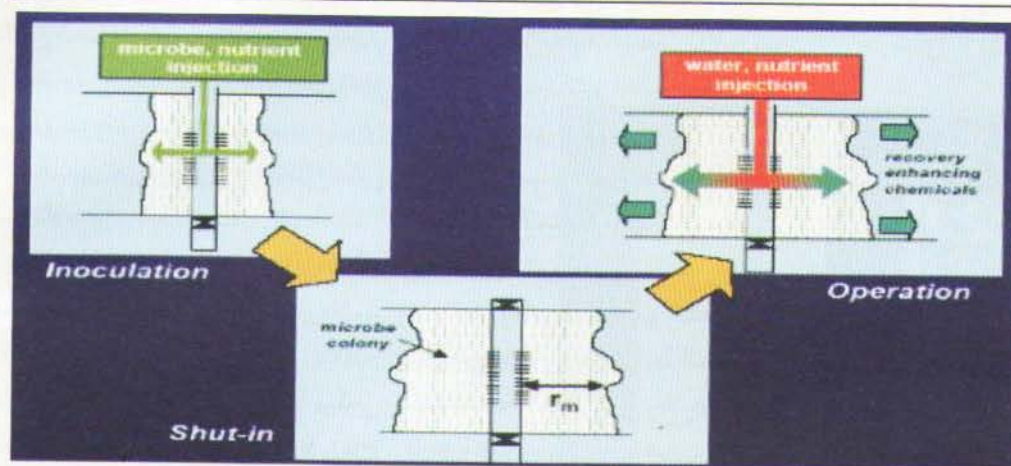
در سال ۲۰۰۰ میلادی، Bryant از دیدگاه مهندسی مخازن، فرایند ازدیاد برداشت میکروبی را مورد ارزیابی قرارداد و اعلام نمود که در اندازه‌گیری مقادیر کمی راندمان عملیات میکروبی (شامل: نرخ واکنش، غلظت مورد احتیاج محصولات متابولیکی و زمان مورد نیاز تا غلظت تولیدات واکنش به حد مطلوب برسد) محدودیت‌هایی وجود دارد. همچنین ایشان به بررسی روابط کمی بین فرایند میکروبی و خواص مخزن و شرایط عملکرد آن پرداخت.

آنالیز پروسه ازدیاد برداشت میکروبی از دیدگاه مهندسی مخزن

به صورت کلی میکروارگانیزم‌ها به گیاهان و جانوران میکروسکوپی اطلاق می‌شود. در مخازن نفتی هزاران میکروارگانیزم، هر یک شامل هزاران آنزیم با توانایی انجام میلیون‌ها واکنش شیمیایی (که تعدادی از آن‌ها نظر از دیدگاه برداشت نفتی مفید



شکل ۲: بهینه سازی چاه توسط عملیات میکروبی



شکل ۳: ازدیاد برداشت میکروبی در چاه

- ۳- دبی آب تزریقی به مخزن
- ۴- گرادیان فشار
- ۵- غلظت باکتری در آب
- ۶- بار منفی موجود در سطح سلول

کاربرد میکرو ارگانیزم در صنعت نفت

- میکرو ارگانیزمها دارای اثرات سودمندی و کاربردهای متنوع در صنعت نفت هستند که به طور عمده به چهار دسته زیر تقسیم می شوند:
- ۱- ازدیاد برداشت میکروبی
 - ۲- کنترل خوردگی

در تاسیسات و تجهیزات چاه و خطوط انتقال

۳- بهینه سازی چاه (شکل ۲)
 ۴- تعیین منشاء هیدروکربنی و دورنمای آن

فرایندهای ازدیاد برداشت میکروبی به دو گونه اصلی، به شرح زیر تقسیم می شوند:

۱- تولید مقادیر تجاری از محصولات متابولیکی در سطح و تزریق آن به مخزن؛ به کارگیری این روش دارای مزایایی نسبت به سایر روشها است:

- محصولات متابولیکی در سطح خالص شده و جرم سلولی آن که

استحصال نفت با افزایش راندمان جابه جایی حجمی و میکروسکوپی در شرایط مخزن عمل می کنند. همچنین قابل ذکر است که تزریق کافی از محیط کشت به مخزن برای تقویت راندمان تولید محصولات میکروبی در چاه ضروری می باشد. در شکل ۳- نمای کلی این پروسه نشان داده شده است.

"ادامه در شماره بعد"

تالیف: محمدرضا رحیم زاده مجرد - دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی (مخازن هیدروکربوری) - دانشگاه صنعتی سهند
 سعید سجادیان - دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی (مخازن هیدروکربوری) - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

باعث مسدود شدن حفره ها می شود به کوچک ترین حد خود می رسد، در مقایسه با سایر حالتها ارزان تر است.

- محصولات میکروبی غیر موثر در فرایند، MEOR در سطح جدا شده و به مخزن تزریق نمی شوند.

۲- تولید محصولات متابولیکی در داخل مخزن؛ متداول ترین فناوری MEOR تزریق مستقیم میکرب به همراه محیط کشت به مخزن میباشد. تکنیک In-situ MEOR شامل تزریق و انتقال میکروبها به مخزن، رشد میکروب و تولید محصولات متابولیکی در محل می باشد. این محصولات به عنوان عامل