

## مکانیزم استحصال نفت توسط میکروارگانیزم‌ها

تنوع قابل ملاحظه‌ای بین محصولات تولیدشده توسط میکروارگانیزم‌ها که سبب افزایش بازیافت نفت می‌شود وجود دارد. این محصولات به استحصال نفت کمک کرده و

باعث افزایش بازده جابه‌جایی می‌شوند. میکروارگانیزم‌ها سبب افزایش بازیافت نفت توسط تولید محصولات متابولیکی و مکانیزم‌های زیر می‌شوند:

**گازها:** در شرایط مساعد، باکتری‌ها توانایی استفاده از کربوهیدرات و تعدیل آن جهت تولید گاز (دی‌اکسیدکربن، نیتروژن، هیدروژن، متان) را داشته که باعث بهینه‌شدن بازیافت نفت با مکانیزم افزایش فشار

مخازن می‌شود.

همچنین گازهای تولیدشده قابلیت

حل‌شدن در نفت خام و کاهش

گران‌روی آن را دارند و این

باعث افزایش نفوذپذیری نسبی

نفت مخزن می‌شود.

**حلال‌ها:** حلال‌هایی مثل اتانول، بوتانول و استن باعث افزایش بازیافت نفت به سبب حل کردن رسوبات آلی درون مخزن و همچنین کاهش گران‌روی می‌شود.

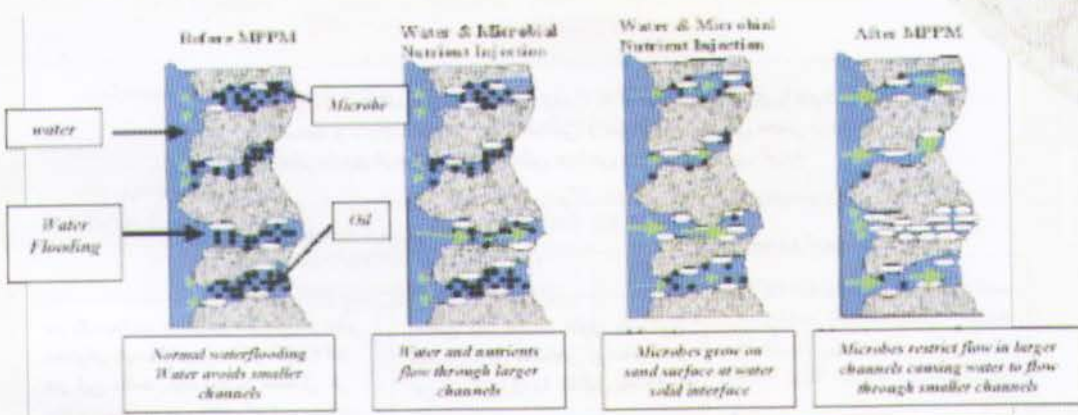
**اسیدها:** اسیدهای آلی (لاکتیک، سیتریک، فرمیک و کربوکسیلیک) با انجام واکنش با تعداد زیادی از کانی‌ها (به‌خصوص کربناته) باعث حل‌شدن سنگ و عریض‌شدن کانال‌ها و در نتیجه باعث افزایش نفوذپذیری مطلق می‌شود. همچنین قابل ذکر است که تزریق اسید، سبب کاهش کشش سطحی بین نفت و گاز و آب می‌شود. بنابراین اسیدها در این حالت عملکردی همانند مواد فعال سطحی دارند.

**پلیمرها:** تولید پلیمر توسط میکروب (زانتان، پلی‌اکریلامید، دکستران) باعث افزایش گران‌روی آب و در نتیجه کاهش قابلیت تحرک آن می‌شود. همچنین با مسدود کردن نواحی با نفوذپذیری بالا امکان راندن سیال تزریقی به سمت نواحی غیرجاروشده از مخزن را دارد (شکل-۴)

مطالعه عملکرد میکروارگانیزم‌ها در از دیاد برداشت میکروبی از مخازن نفت

” قسمت پایانی “

محمد رضا رحیم زاده مجرد - سعید سجادیان



شکل ۴: مکانیزم فرآیند مسدود کردن انتخابی

**مواد فعال سطحی (Surfactant):**  
تولید مواد فعال سطحی توسط میکروارگانیزم (پروتئین، لیپوپروتئین، لپید، گلیکولپید) باعث می‌شود، نیروی موئینگی محبوس‌کننده نفت در داخل خلل و فرج کاهش یافته و در نتیجه بازده میکروسکوپی جابه‌جایی نفت افزایش قابل ملاحظه‌ای یابد. همچنین این مواد فعال سطحی قابلیت بهبود ترشوندگی مخزن را نیز دارند.

کاهش نیروی بین سطحی (IFT) می‌تواند دلیل اصلی فرایندهای زیر باشد:  
- کاهش اشباع نفت  
- باقی مانده و بنابراین افزایش بازیافت نفت  
- افزایش نفوذپذیری نسبی نفت.

**شرایط به کارگیری و مراحل انجام فرایند MEOR برای مخازن ایران**  
عمده‌ترین محدودکننده شرایط به کارگیری فرایند MEOR در مخازن نفتی، کاهش فعالیت میکروارگانیزم‌ها با افزایش مقدار نمک و حرارت می‌باشد. تجربه به کارگیری MEOR در سایر کشورها نیز دلالت بر این امر داشته و علاوه بر آن بستر عملیاتی MEOR بر فراهم بودن شرایط تزریق آب استوار می‌باشد.

جدول ۱- محدوده‌های قابل قبول خواص فیزیکی مخازن نفتی برای اجرای

MEOR را نشان می‌دهد. البته لازم به تذکر است که جدول ۱- براساس دانش فنی و تجربه عملی تازمان انتشار آن تهیه شده است و بعید نیست که در آینده با شناخت میکروارگانیزم‌های جدید در مخازن دیگر بتوان محدوده‌های مذکور را گسترش داد. اگر ملاک اولیه برای اجرای MEOR را جدول ۱- و یا جداول منتشرشده نظیر آن قرار دهیم تنها تعداد بسیار محدود از مخازن کشور

کандید برای به کارگیری MEOR خواهد بود. البته با توجه به بررسی‌های انجام شده درباره میکروارگانیزم‌های موجود در مخازن نفتی انتظار می‌رود که در آینده میکروارگانیزم‌های جدیدی در مخزن کشور کشف شوند، که قادر به تولید محصولات موثر در افزایش ضریب بازیافت مخزن مربوطه شوند. البته تغییر ژنتیک میکروارگانیزم‌ها جهت افزایش محدوده عملکرد آن

جدول ۱- محصولات متابولیکی و عملکرد آنها

Microbial Products	Effect
Acids	Modification of reservoir rock Improve of porosity and permeability Reaction with calcareous $CO_2$ production
Bio-mass	Selective or non-selective plugging Emulsification through adherence to hydrocarbons Modification of solid surfaces, e.g., wetting Degradation and altering of oil Reduction of oil viscosity and oil pour point Desulfurization of oil
Gases	Reservoir repressurization Oil swelling Viscosity reduction Increase of permeability due to solubilization of carbonate rocks by $CO_2$
Solvents	Dissolving of oil
Surfactants	Lowering of interfacial tension
Polymers	Mobility control Selective or non-selective plugging

شماره ۱۹ - بهمن ۱۳۸۳

نیز در دستور کار محققان قرار دارد. در مخازنی که شرایط منطبق با کلاسه بندی انجام شده در جدول ۱- را ندارند، ابتدا از سیالات مخزن نمونه گیری به عمل آمده و پس از شناسایی میکروارگانیسم های موجود در مخزن امکان به کارگیری آن به عنوان MEOR مورد مطالعه آزمایشگاهی قرار می گیرد. پس از مشخص شدن وجود میکروارگانیسم های موثر در افزایش ضریب استحصال نفت، اقدام به تهیه محیط های کشت مناسب و تکثیر آنها در شرایط مخزن می شود. سپس در مدل های فیزیکی در شرایط مخزن (از نظر نوع سیالات، جنس سنگ، حرارت و دما) میزان راندمان فرایند MEOR با تزریق آب، گاز و تزریق متناوب آب و گاز (WAG) مقایسه خواهد شد. پس از حصول اطمینان از وجود میکروارگانیسم های موثر که قادر به تولید محصولات سیال از جمله الکل، گاز، مواد فعال سطحی هستند می بایستی اقدام به انجام MEOR به صورت آزمایش راهنما در مخزن مقیاس مخزن نمود که به دنبال موفقیت آمیز بودن، می توان فرایند بهینه شده در شرایط تست را همانرا در کل مخزن توسعه داد. البته با عنایت به تجربه موجود در صنعت نفت جهان، موفقیت آمیز بودن کلیه مراحل فوق الذکر برای بسیاری از مخازن پایین می باشد ولی با عنایت به راندمان بالا و هزینه کم فرایند MEOR پیشنهاد می شود که به موازات به کارگیری این فرایند برای آن گروه محدود از مخازن

کشور که هم اکنون شرایط لازم را دارا می باشند، اقدام برای شناسایی میکروارگانیسم های مفید موجود در سایر مخازن نیز صورت پذیرد. فراهم شدن بانک اطلاعاتی میکروارگانیسم های موجود در مخازن اصلی کشور و محیط های کشت آن با نگرش MEOR کمک شایانی به موفقیت آمیز بودن پروژه های آتی خواهد نمود. همچنین مطالعات تحقیقاتی جهت ایجاد تغییرات ژنتیکی در میکروارگانیسم های موجود در مخازن به منظور افزایش توانایی آن در فرایند MEOR نیز از دیگر موضوعاتی قابل توجه می باشد.

### نتایج و پیشنهادات

۱- با توجه به دانش فنی موجود و در دسترس شرایط به کارگیری فرایند MEOR، تنها تعداد محدودی از مخازن کشور کاندیدای به کارگیری میکروارگانیسم ها می باشند.  
 ۲- با عنایت به سهولت اجرای فرایند MEOR و کم هزینه بودن آن در صورت اجرای این فرایند در همین تعداد محدود از مخازن میزان قابل ملاحظه ای افزایش ضریب بازیافت به همراه خواهد داشت.  
 ۳- در مخازنی که شرایط به کارگیری فرایند MEOR، در داخل مخازن وجود ندارد، می توان محصولات حاصل از فرایند میکروارگانیسم ها و نفت خام (الکل، حلال، گاز، ...) را پس از تهیه در سطح زمین به مخزن تزریق نمود.  
 ۴- تهیه بانک اطلاعاتی میکروارگانیسم های موجود در

مخازن کشور و محیط کشت مناسب برای میکروارگانیسم های موثر در فرایند MEOR کمک موثری جهت برنامه ریزی به کارگیری این فرایند در سایر مخازن خواهد نمود.  
 ۵- انجام مطالعه آزمایشگاهی در مقیاس مدل فیزیکی مخزن به منظور مشخص نمودن میزان افزایش بازدهی MEOR در مقایسه با راندمان تزریق آب، گاز و تزریق متناوب آب و گاز توصیه می شود.  
 ۶- انجام مطالعات تحقیقاتی به منظور مشخص نمودن شرایط بهینه اجرای MEOR (با مقایسه سناریوهای مختلف به کارگیری این فرایند در مخزن مورد نظر) و فراهم نمودن تکنولوژی لازم به منظور انجام تغییرات ژنتیک در میکروارگانیسم های موجود در مخازن کشور به منظور موثر نمودن عملکرد آن در مخازن کربناته ایران. ■

### مراجع

- 1) Bryant, R.S.: "Potential Uses of Microorganisms in Petroleum Recovery Technology", ITT Research Institute, Oklahoma, (1987).
- 2) Bryant, S.L. and Lockhart, T.P.: "Reservoir Engineering Analysis of Microbial Enhanced Oil Recovery", SPE 32224, Dallas, Texas, (1990).
- 3) Dietrich, F.L., Brown, F.G., Zhou, Z.H. and Maure, M.A.: "Microbial EOR Technology Advancement: Case Studies of Successful Projects", SPE 23717, Dallas, Texas, (1995).
- 4) Abu El Ela, M., El-Tayeb, S., Sayyoub, M.H., Abdel Dayem, M. and Dessouky, S.: "Effect of Stimulating Indigenous Bacteria in Oil Reservoirs on Relative Permeability Curves", SPE 3024, Dallas, Texas, (1992).
- 5) Gregory, A.T.: "Fundamentals of Microbial Enhanced Hydrocarbon Recovery", SPE 11947, Dallas, Texas, (1984).
- 6) Moses, v. and Springham, D.G.: "Bacteria and the Enhancement of Oil Recovery", Applied Science Publishers, London, New jersey, (1987).
- 7) Zekri, A.Y. and El-Mehaideb, R.A.: "Microbial and Waterflooding of Fractured Carbonate Rocks: An Experimental Approach", SPE 30217, Dallas, Texas, (1992).