Archive of SID

مجموعه مقالات ششمین کنفرانس انرژی و محیط زیست
دوم دی ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
و هم اندیشان انرژی کیمیا
www.Energyconf.ir

ازدیاد برداشت به روش میکروبی؛ با رویکرد استفاده در مخازن ایران

مهرداد خدایی[۱]، محمد کمال قاسم العسکری[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نفت مخازن هیدروکربوری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد امیدیه، گروه نفت، امیدیه، ایران

khodai.mehrdad@yahoo.com

چکیده:

در روش ازدیاد برداشت میکروبی نفت، از میکروارگانیسم‌ها و فعالیت‌های متابولیکی آنها در بازیافت نفت بهره گرفته می‌شود. این شیوه نسبت به سایر روش‌های ازدیاد برداشت نفت دارای مزیت‌های منحصر بفردی از جمله هزینه‌ی پایین و سازگاری بسیار خوب با محیط زیست می‌باشد. به همین جهت استفاده از این روش در دنیا از اهمیت بالایی برخوردار گردیده است. بطور کلی، مکانیزم‌های گوناگونی برای روش‌های ازدیاد برداشت میکروبی ارائه گردیده است، اما اینکه کدامیک از این مکانیزم‌ها در یک فرآیند خاص نقش داشته‌اند و اینکه کدامیک اثر غالب در بازیافت نفت را دارند بطور کامل شناخته شده نیست. دانستن مکانیزم غالب در هر فرایند ازدیاد برداشت نفت می‌تواند فرایند را به گونه‌ای سازمان‌دهی کند که بیشترین بازدهی را به همراه داشته باشد. به خصوص در مخازن ایران که مطالعات صورت گرفته نشان از پتانسیل استفاده از روش میکروبی دارد.

واژه های کلیدی: ازدیاد برداشت به روش میکروبی, تغییرات تر شوندگی، کاهش کشش سطحی، میکروارگانیزم

[۱]- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نفت مخازن هیدروکربوری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد امیدیه، گروه نفت، امیدیه، ایران
[۲]- دانشیار و عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت نفت

www.Energyconf.ir
www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات ششمین کنفرانس انرژی و محیط زیست
دوم دی ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
و هم اندیشان انرژی کیمیا
www.Energyconf.ir

۱- مقدمه:

محدود بودن مخازن موجود و احتمال اندک برای اکتشاف مخازن بزرگ از یک سو و تقاضای روز افزون انرژی از سوی دیگر، باعث شده است که توجه زیادی بر فرایند ازدیاد برداشت و افزایش عمر مخزن گردد [۱]. بیش از ۶۰ درصد ازکل نفت، پس از روش های اولیه و ثانویه، در مخازن باقی خواهد ماند که این میزان نفت با روش های معمولی به دلیل خصوصیات فیزیکی از قبیل ترشوندگی، فشار موئینگی، ویسکوزیته نفت و دلیل های زمین شناسی مانند ناهمگونی مخزن قادر به تولید نخواهد بود. به هدف برداشت حجم بالای نفت باقی مانده در مخزن، روش های ازدیاد برداشت باید بر اثر های فیزیکی و زمین شناسی غلبه کنند. هدف نهایی روش های ازدیاد برداشت نفت، یک یا مجموعه ای از عوامل زیر می باشد:

- کاهش کشش بین سطحی بین نفت و آب و به دنبال آن کاهش فشار موئینگی
- کاهش نسبت تحرک بین نفت و آب، با کاهش ویسکوزیته نفت و یا افزایش ویسکوزیته آب

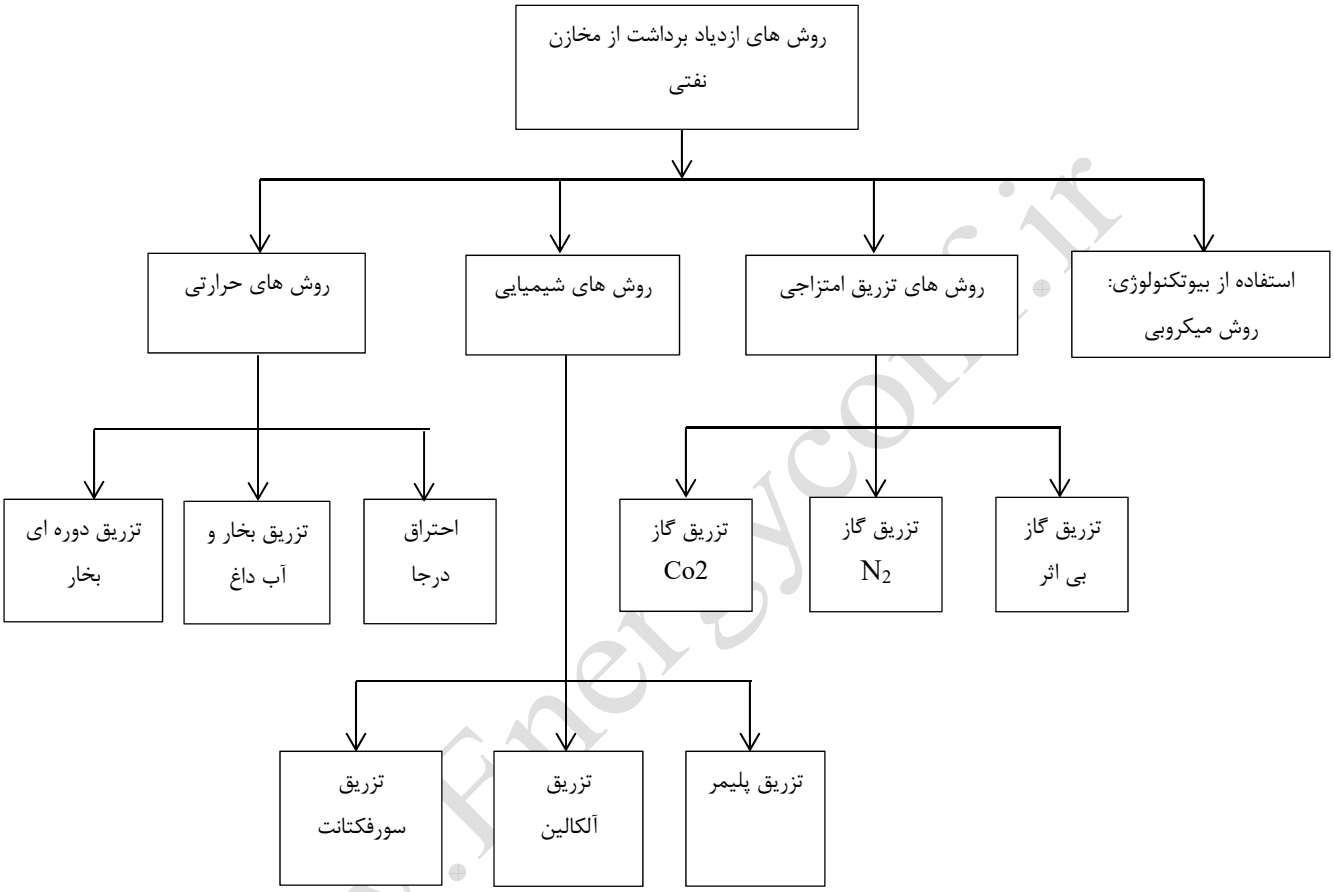
www.Energyconf.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات ششمین کنفرانس انرژی و محیط زیست
دوم دی ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
و هم اندیشان انرژی کیمیا
www.Energyconf.ir

شکل ۱ روش های ازدیاد برداشت نفت را به صورت کلی نشان می دهد:



شکل ۱: روش های مختلف ازدیاد برداشت نفت[۲]

در میان روش های مختلف ازدیاد برداشت، روش ازدیاد برداشت میکروبی روشی اقتصادی و عملی برای مخازن خاصی می باشد. سالیان زیادی ازدیاد برداشت به روش میکروبی مورد مطالعه قرار گرفته است. اما در سال های اخیر با توجه به افزایش پیشرفت علم بیو تکنولوژی و مهندسی ژنتیک، و کاربردهای مختلف آن در تغییر میکروارگانیزم ها در جهت تولید مواد دلخواه، ازدیاد برداشت به روش میکروبی به عنوان یک روش اقتصادی و پیشرو شناخته شده است [۳-۶]. برخی از مکانیزم های افزایش تولید توسط روش میکروبی عبارتند از: کاهش کشش سطحی[۱]، تغییرات تر شوندگی، تغییرات در الگوی جریانی[۲]، تولید گاز، کاهش گرانروی، بستن

[1] Interfacial Tension
[2] Flow Pattern

www.SID.ir

Archive of SID

انتخابی مسیرها و بهبود تراوایی[1] و شکستن ملکول های نفتی[2] [۲, ۷-۹]. ازدیاد برداشت به روش میکروبی از لحاظ انجام عملیات در حالت کلی به دو دسته در محل[3] و خارج از محل[4] تقسیم بندی می شوند. در روش در محل، با تزریق مواد مغزی به مخزن از میکروارگانیزم های بومی مخزن استفاده می شود. به این صورت که با شناخت نوع میکروارگانیزم و محصول مطلوب جهت افزایش برداشت، ماده مغزی مناسب تزریق می گردد [۱۰, ۱۱]. در مقابل در روش خارج از محل، محصولات تولید شده بیولوژیکی از قبیل بیوسورفکتانت ها، پلیمرها و سایر محصولات تولیدی در سطح جداسازی گشته و پس از خالص سازی به مخزن تزریق می گردند [۱۲].

از مزیت های استفاده از ازدیاد برداشت به روش میکروبی می توان به کم هزینه بودن این روش در مقایسه با سایر روش های ازدیاد برداشت و صرفه اقتصادی آن، عدم وابستگی هزینه تمام شده مواد تزریقی در این روش به قیمت نفت و نوسانات آن، امکان بهبود ازدیاد برداشت توسط چند مکانیزم به صورت همزمان، کنترل جمعیت میکروبی با افزایش و یا کاهش تزریق مواد مغزی و دوستدار محیط زیست بودن این روش، اشاره کرد [۱۳-۱۵].

در سال ۱۹۲۶ بکمن برای اولین بار امکان استفاده از میکروارگانیسم‌ها را در جهت بازیافت نفت پیشنهاد داد. در سال ۱۹۴۶ زوبل فرایندی برای بازیافت ثانویه نفت با استفاده از میکروب‌های بی هوازی و مکانیسم انحلال مواد معدنی سولفاتی ثبت نمود. نتایج وی و همکارانش آغازگر عصر جدیدی در تحقیقات مرتبط با میکروبیولوژی نفت و کاربرد های آن بر ازدیاد برداشت نفت گردید [۱۶]. در سال ۱۹۵۴ آپدگرف (Updegraff) و رن (Wren) کارهای زوبل را توسط میکروارگانیزم های دیگر تکرار کردند و پیشنهاد استفاده از ملاس در محیط مغذی جهت تولید گازها، اسیدها، حلال ها و بیوسورفکتانت ها جهت افزایش نفت تولیدی را دادند. با وجود نتایج امیدوار کننده در دهه های ۵۰ و ۶۰ آزمایش ها در این زمینه توسعه بیشتری پیدا نکرد [۱۷]. اما در سال ۱۹۷۹ با افزایش قیمت انرژی علاقه به استفاده از روش میکروبی بار دیگر افزایش یافت و تا کنون در بسیاری از میدان ها در نقاط مختلف دنیا از این روش استفاده شده است [۲].

[1] Permeability Modification
[2] Biodegradation
[3] In-Situ
[4] Ex-Situ

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات ششمین کنفرانس انرژی و محیط زیست
دوم دی ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
و هم اندیشان انرژی کیمیا
www.Energyconf.ir

۲-ازدیاد برداشت نفت به روش میکروبی

در گذشته، بیشتر تولید کنندگان نفت سعی در ریشه کن کردن میکروارگانیسم‌ها در مخازن نفتی داشتند. اما امروزه مشخص شده است که این میکروارگانیسم‌ها خود می‌توانند در بازیافت نفت نقش موثری داشته باشند [۱۸]. این امر منجر به بوجود آمدن شاخه‌ای جدید در روش‌های ازدیاد برداشت از مخازن نفتی تحت عنوان ازدیاد برداشت به روش میکروبی شده است. امروزه این عنوان به مجموعه‌ای از تکنیک‌ها اطلاق می‌گردد که از میکروارگانیسم‌ها و یا محصولات زیستی آنها به منظور افزایش بهره‌وری از مخازن استفاده می‌کنند. باکتری‌ها تنها میکروارگانیسم‌های مناسب برای این منظور از نظر محققان هستند زیرا دارای سایز کوچک بوده و محصولات زیستی مناسبی مانند اسیدها، حلال‌ها، بیوسورفکتانت‌ها، گازها و بیوپلیمرها تولید می‌کنند. علاوه بر این توانایی آنها در تحمل شرایط آب و هوایی سخت مانند pH، دما، فشار و شوری بالا که در مخزن وجود دارد، توجه به این موجودات زنده را در زمینه ازدیاد برداشت نفت بیشتر کرده است [۱۹]. در این شیوه، سویه‌های میکروبی موجود در مخزن و یا سویه‌های تزریقی که توانایی رشد در شرایط مخزن را دارند با تزریق مواد مغذی تهییج شده و با تولید محصولات زیستی مناسب به افزایش بازیافت نفت کمک می‌کنند. در **جدول ۱** محصولات زیستی تولید شده توسط میکروارگانیسم‌ها و اثر هریک بر پارامترهای مخزن که به افزایش بازیافت نفت می‌انجامد، آورده شده است.

جدول ۱: محصولات زیستی تولید شده توسط میکروارگانیسم‌ها و اثر آنها در ازدیاد برداشت نفت [۲]

تأثیر در فرآیند ازدیاد برداشت نفت	محصول زیستی
اصلاح سنگ مخزن	**اسیدها**
بهبود تخلخل و تراوایی	
واکنش با سنگ‌های آهکی و تولید CO_2	
بستن مسیرها به صورت انتخابی و غیر انتخابی	**بیومس**
ایجاد امولسیون با چسبیدن به هیدرو کربن‌ها	
بهبود سطوح جامد	
کاهش درجه[1] و تغییر نفت	
کاهش ویسکوزیته و دمای ریزش[2] نفت	
سولفورزدایی از نفت	
افزایش فشار مخزن	**گازها** (CO_2, CH_4, H_2)
افزایش حجم نفت	
کاهش ویسکوزیته	
افزایش تراوایی در نتیجه حل شدن سنگ‌های کربناتی توسط CO_2	

[1] Degradation
[2] Pour point

www.SID.ir

Archive of SID

حل شدن نفت	**حلال‌ها**
کاهش کشش سطحی	**مواد کاهش دهنده کشش سطحی**
ایجاد امولسیون	
کنترل تحرک پذیری[1]	**پلیمرها**
بستن مسیاره بصورت انتخابی یا غیر انتخابی	

در مطالعاتی که تاکنون صورت گرفته‌اند مکانیسم‌های متعددی در روش ازدیاد برداشت میکروبی موثر دانسته شده‌اند، این مکانیسم‌ها عبارتند از:

- تغییر ترشوندگی

تحقیقات مختلف تغییر ترشوندگی با استفاده از باکتری‌ها را، هم به سوی آبدوستی و هم به سوی نفت دوستی بیشتر نشان می‌دهند. میزان این تغییرات به فاکتورهایی مانند خواص سنگ، و محصولات زیستی بستگی دارد [۲۰]. هر چند حضور سلول‌ها و تشکیل بیوفیلم نیز بر تغییر ترشوندگی موثر است.

- کاهش کشش بین سطحی

باکتری‌ها با تولید بیوسورفکتانت منجر به کاهش کشش بین سطحی دو فاز آب و نفت می‌شوند، اما اثر سلول‌ها نیز در پدیده کاهش کشش بین سطحی توسط برخی محققان مشاهده شده است.

- بستن انتخابی مسیرها و تغییر مسیر جریان

در ابتدای سیلاب زنی میکروبی، باکتری‌ها در فاز آب قرار دارند و به همراه آب به حفره‌های بزرگ‌تر که ورود به آنها ساده‌تر است، وارد می‌شوند. در این حفره‌ها محیط مغذی بیشتری وجود دارد. بنابراین سرعت رشد باکتری در این حفره‌ها بیشتر است، با رشد و چسبیدن باکتری به سطح، سطح عبور کاهش می‌یابد و در نهایت این امر منجر به بستن انتخابی مسیرها و تغییر مسیر جریان می‌شود.

[1] Mobility

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات ششمین کنفرانس انرژی و محیط زیست
دوم دی ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
و هم اندیشان انرژی کیمیا
www.Energyconf.ir

- تولید گاز و حلال زیستی

گازها و حلال‌های زیستی تولید شده توسط باکتری‌ها با حل شدن در نفت خام ویسکوزیته آن را کاهش داده و سرعت حرکت آن را درون محیط متخلخل افزایش می‌دهند.

- تولید اسید

اسید تولیدی تخلخل مخازن کربناته را افزایش داده و مسیر عبور سیال‌های مخزن را افزایش می‌دهد.

- تولید بیوپلیمر

بیوپلیمرها با افزایش ویسکوزیته آب شور بازدهی جابجایی را افزایش می‌دهند. علاوه بر آن، تراوایی را بهبود بخشیده و منجر به بستن انتخابی مسیرها می‌شوند [۲۰].

۲-۱ غربال گری مخازن جهت روش ازدیاد برداشت میکروبی

شرایط غربال گری در مخازن بسیار گسترده است. با پیشرفت تکنولوژی، قیمت نفت و استراتژی های جدید، شرایط غربال گری را مشکل می سازد. بنابراین قبل از کاندید کردن مخزن جهت روش ازدیاد برداشت میکروبی، انتخاب نوع میکروارگانیزم مناسب بسیار لازم و ضروری است تاخواص مخزن مطالعه و بررسی گردد. انتخاب مخزن جهت فرایند ازدیاد برداشت میکروبی، نیازمند بررسی کردن پارامتر های بسیاری می باشد. فعالیت میکروارگانیزم ها تابع شدید شرایط محیطی حاکم بر مخزن است [۲۱]. مهمترین فاکتورهایی که می توانند فعالیت میکروارگانیزم ها را در مخازن محدود سازند شامل، تراوایی سنگ، شرایط دمایی و فشاری مخزن، شوری آب مخزن و PH می تواند باشد [۲۲]. شرایط محدود کننده روش ازدیاد برداشت میکروبی می تواند شامل موارد زیر باشد [۲۳].

شوری< ۱۰٪

دما< ۷۵- ۹۵ درجه سانتیگراد

۴< PH < ۹

API نفت مخزن > ۱۷

تراوایی > ۵۰ الی ۷۰ میلی دارسی

هر چند با استفاده از مهندسی ژنتیک بسیاری از محدودیت های بالا بر طرف شده اند. باکتروهای نمک دوست توانایی تحمل شوری های بسیار بالاتر از میزان ذکر شده را دارا می باشند. همچنین باکتری های گرما دوست نیز تمامی محدودیت های دمایی را پشت سر گذاشته اند. تنها نیاز است که عاملی که باعث تولید محصول میکروبی جهت ازدیاد برداشت می شود در باکتری موجود و یا توسط مهندسی ژنتیک انتقال داده شود. لازم به ذکر است که اکثر محدودیت های بالا مربوط به حالت در محل (In-Situ) می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

در صورتی که در حالت خارج از محل(Ex-Situ) محصولات تولید شده معمولا توانایی تحمل شرایط سخت مخزنی از لحاظ شوری و دما را دارا می باشند .[۳-۵]

۲-۲ انتخاب میکروارگانیزم مناسب جهت روش ازدیاد برداشت میکروبی

موفقیت در روش ازدیاد برداشت میکروبی، بستگی به انتخاب نوع میکروارگانیزم مناسب دارد. انتخاب نوع میکروارگانیزم ها باید بر اساس شرایط بیولوژیکی، ژئوفیزیکی و اکولوژی باشد. با توجه به نکات ذکر شده، دو نکته مهم باید در انتخاب نوع میکروارگانیزم، در نظر گرفته شود. اولا اینکه، میکروارگانیزم مناسب نباید پاتوژن باشد، به این معنا که برای انسان و حیوانات، بیماری زا نباشد. ثانیا، میکروارگانیزم نباید در کیفیت نفت و مخزن، اختلالی ایجاد کند. به این معنا که، محصولات نا مناسب که به مخزن آسیب می رساند را تولید نکند. فعالیت نامناسب میکروبی می تواند شامل مسدود کردن مخزن، تولید گاز سولفید هیدروژن از سولفور غیر آلی و ایجاد خوردگی و فرسایش در ابزار آلات استفاده شده در چاه باشد. باکتری استفاده شده باید توانایی رشد و فعالیت در شرایط بی هوازی را داشته باشد. به طور کلی، میکروارگانیزم های استفاده شده در فرایند میکروبی باید تولید و آزاد سازی نفت از مخزن را تسهیل کنند. امکان پذیری هرگونه مکانیزم تولیدی به وسیله میکروارگانیزم ها، می تواند نقطه شروعی در انتخاب میکروارگانیزم مناسب در جهت فعالیت ازدیاد برداشت میکروبی و به دست آوردن سود اقتصادی باشد[۱۷].

۲-۳مکانیزم های غالب بر پتانسیل افزایش برداشت به روش میکروبی در برخی از مخازن نفتی ایران

طبق مطالعات صورت گرفته بر روی باکتری های جدا شده از یکی از مخازن ایران، مکانیزم های تاثیر گذار بر افزایش تولید در مخزن مذکور مورد بررسی قرار گرفت [۲۴]. در آن مطالعه دو گونه باکتری Enterobacter cloacae و Enterobacter hormaechei از آب یکی از مخازن جنوبی ایران استخراج گردید. مجموعه آزمایش هایی جهت بررسی مکانیزم غالب بر افزایش برداشت در نظر گرفته شد [۲۴]. در این آزمایش ها نشان داده شد که در فرآیند سیلاب زنی میکروبی به صورت پیوسته، از تغییر ترشوندگی می توان چشم پوشی کرد، در حالی که در روش سیلاب زنی میکروبی با زمان ماند (Shut-in time)، تغییر قابل توجهی در ترشوندگی دیده می شود. به طوری که ترشوندگی سنگ را به سمت ترشوندگی خنثی (میانه) تغییر داده است و این تغییر چشم گیر در ترشوندگی منجر به افزایش تولید نفت نسبت به حالت سیلاب زنی به صورت پیوسته شده است [۲۴].
نتایج مطالعه ربیعی و همکاران نشان داد که در صورت فعال شدن مکانیزم تغییرات تر شوندگی، میزان افزایش برداشت بسیار بیشتر می باشد. بنابراین با درک مکانیزم غالب می توان نوع عملیات را به گونه ای تنظیم کرد که مکانیزم مورد نظر عمل کرده و بیشترین بهره دهی را داشته باشیم.

۳- بحث و نتیجه گیری

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات ششمین کنفرانس انرژی و محیط زیست
دوم دی ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
و هم اندیشان انرژی کیمیا
www.Energyconf.ir

روش ازدیاد برداشت میکروبی(MEOR) یکی از روش های اقتصادی و مفید در جهت ازدیاد برداشت نفت در مخازن مختلف می باشد. قبل از استفاده از این روش باید به دقت به خصوصیات مخزن مانند ترکیبات نفت و آب موجود در آن و همچنین هندسه مخزن توجه گردد و به بسیاری از سوالات مطرح شده در این زمینه به دقت پاسخی شفاف و روشن داده شود. اطلاعات دقیق و شفاف از یک مخزن در استفاده مفید و کاربردی این روش در مقیاس میدانی بسیار حائز اهمیت بوده و باعث می گردد که از این روش به بهترین نحو استفاده گردد. شناسایی مکانیزم های مورد نیاز برای افزایش برداشت و همچنین نوع مکانیزم غالب گونه مورد استفاده، بدون تردید از مهمترین بخش مطالعه و بررسی این روش می باشد.

www.Energyconf.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات ششمین کنفرانس انرژی و محیط زیست
دوم دی ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
و هم اندیشان انرژی کیمیا
www.Energyconf.ir

[۱] R. Vazquez-Duhalt and R. Quintero-Ramirez, Petroleum biotechnology: developments and perspectives vol. 151: Elsevier, 2004.

[۲] E. C. Donaldson, G. V. Chilingarian, and T. F. Yen, Microbial enhanced oil recovery vol. 22: Newnes, 1989.

[۳] H. Sarrafzadeh, M. Haghighi, and M. R. Mehrnia, "Comparative study of biosurfactant producing bacteria .H. Amani, M in MEOR applications," Journal of Petroleum Science and Engineering, vol. 75, pp. 209-214, 2010.

[٤] M. Karimi, M. Mahmoodi, A. Niazi, Y. Al-Wahaibi, and S. Ayatollahi, "Investigating wettability alteration during MEOR process, a micro/macro scale analysis," Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, vol. 95, pp. 129-136, 2012.

[٥] R. Sen, "Biotechnology in petroleum recovery: the microbial EOR," Progress in Energy and Combustion Science, vol. 34, pp. 714-724, 2008.

[٦] A. Soudmand-asli, S. S. Ayatollahi, H. Mohabatkar, M. Zareie, and S. F. Shariatpanahi, "The in situ microbial enhanced oil recovery in fractured porous media," Journal of Petroleum Science and Engineering, vol. 58, pp. 161-172, 2007.

[۷] M. S. Afrapoli, C. Crescente, S. Alipour, and O. Torsaeter, "The effect of bacterial solution on the wettability index and residual oil saturation in sandstone," Journal of Petroleum Science and Engineering, vol. 69, pp. 255-260, 2009.

[۸] R. I. Amann, B. J. Binder, R. J. Olson, S. W. Chisholm, R. Devereux, and D. A. Stahl, "Combination of 16S rRNA-targeted oligonucleotide probes with flow cytometry for analyzing mixed microbial populations," Applied and environmental microbiology, vol. 56, pp. 1919-1925, 1990.

[۹] C. M. Crescente, O. Torsaeter, L. Hultmann, A. Stroem, K. Rasmussen, and E. Kowalewski, "An experimental study of driving mechanisms in MIOR processes by using Rhodococcus sp. 094," in SPE/DOE Symposium on Improved Oil Recovery, 2006.

[۱۰] X. Zhang and T. Xiang, "Review on microbial enhanced oil recovery technology and development in China," Int. J. Pet. Sci. Technol, vol. 4, p. e80, 2010.

[۱۱] MEOR TECHNOLOGY FOR PETROLEUM PRODUCERS," R. S. Bryant and T. E. Burchfield, "APPLICATIONS OF 1988.

[۱۲] S. Zargari, S. Ostvar, A. Niazi, and S. Ayatollahi, "Atomic force microscopy and wettability study of the alteration of mica and sandstone by a biosurfactant-producing bacterium Bacillus thermodenitrificans," Journal of Advanced Microscopy Research, vol. 5, pp. 143-148, 2010.

[۱۳] A. Méndez-Vilas, "Current research topics in applied microbiology and microbial biotechnology," in International Conference on Environmental, Industrial and Applied Microbiology 2007: Seville, Spain), 2009.

[۱٤] M. R. Ghadimi and M. Ardjmand, "Simulation of microbial enhanced oil recovery," in International Oil Conference and Exhibition in Mexico, 2006.

[۱٥] S. Maudgalya, R. M. Knapp, and M. McInerney, "Microbially enhanced oil recovery technologies: a review of the past, present and future," in Production and Operations Symposium, 2007.

[۱٦] I. Lazar, I. Petrisor, and T. Yen, "Microbial enhanced oil recovery (MEOR)," Petroleum Science and Technology, vol. ۲۰۰۷ ,25, pp. 1353-1366.

[۱۷] E. C. Donaldson, G. V. Chilingarian, and T. F. Yen, Enhanced oil recovery, II: Processes and operations vol. 17: Elsevier, 1989.

[۱۸] R. Bryant, T. Burchfield, K. Chase, K. Bertus, and A. Stepp, "Optimization of microbial formulations for oil recovery: mechanisms of oil mobilization, transport of microbes and metabolites, and effects of additives," in SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 1989.

[۱۹] Joshi, et al., "Experimental .H. S. Al-Sulaimani, Y. M. Al-Wahaibi, S. Al-Bahry, A. Elshafie, A. S. Al-Bemani, S. J investigation of biosurfactants produced by Bacillus species and their potential for MEOR in Omani oil field," in SPE EOR Conference at Oil & Gas West Asia, 2010.

[۲۰] Kowalewski, "An experimental study of microbial improved .C. Crecente, K. Rasmussen, O. Torsaeter, A. Strom, and E oil recovery by using Rhodococcus sp. 094," in Int. Symp. Soc. Core Anal., Pap. No. CA2005–45, Toronto, Canada, 2005.

[۲۱] S. Zahid and H. L. U. R. Sajid, "A Review on Microbial Enhanced Oil Recovery With Special Reference to Marginal/Uneconomical Reserves," in Production and Operations Symposium, 2007.

[۲۲] S. Kadarwati, M. Udiharto, N. Hadi, and I. Doria, "Selected Indonesian microbes potentials for MEOR," in SPE Asia Pacific Improved Oil Recovery Conference, 1999.

www.SID.ir

Archive of SID

[۲۳] J. Clark, D. Munnecke, and G. Jenneman, "Insitu microbial enhancement of oil production," Developments in Industrial Microbiology, vol. 22, pp. 695-701, 1981.

[۲۴] A. Rabiei, M. Sharifinik, A. Niazi, A. Hashemi, and S. Ayatollahi, "Core flooding tests to investigate the effects of IFT reduction and wettability alteration on oil recovery during MEOR process in an Iranian oil reservoir," Applied microbiology and biotechnology, vol. 97, pp. 5979-5991, 2013.

www.Energyconf.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات ششمین کنفرانس انرژی و محیط زیست
دوم دی ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
و هم اندیشان انرژی کیمیا
www.Energyconf.ir

Microbial Enhanced Oil Recovery: An Approach for Iranian Reservoirs Usage

Mehrdad Khodai[1], Mohammad Kamal Ghassem Al-Askari[2]

Department of Petroleum, College of Omidiyeh, Omidiyeh Branch, Islamic Azad University, Omidiyeh, Iran.
khodai.mehrdad@yahoo.com

Abstract

Microbial enhanced oil recovery (MEOR) is a collection of techniques that utilize microorganisms and their metabolic products to improve the recovery of crude oil from reservoir rock. In the light of its environmentally friendly feature, MEOR technology has the potential to be one of the reliable technologies that suits the best economic constraints of the current oil markets. Several mechanisms have been proposed to contribute on microbial enhancement of oil recovery. However, the main mechanisms and their individual roles relating to enhance the incremental oil production in a certain MEOR processes is not well understood yet cause inabilities in manipulating the process to get more oil production. Especially in Iranian reservoirs which are shown to be a good candidate for MEOR approach.

Keywords: Microbial Enhanced Oil Recovery, Wettability Alteration, Interfacial Tension Reduction, Microorganisms

[1] Department of Petroleum ,College of Omidiyeh, Omidiyeh Branch, Islamic Azad University, Omidiyeh, Iran.
[2] Petroleum University of Technology, Ahwaz Faculty, Ahwaz, Iran

www.Energyconf.ir

www.SID.ir