

بررسی تجزیه پذیری و مسائل زیست محیطی دفع گل های پایه سنتزی به درون دریا در حفاری چاه های نفت و گاز

میثم میرعرب رضی، مسعود نصیری، سید میثم شریفی، فاطمه میرعرب رضی، سید نظام الدین اشرفی زاده، بهمن

بهبزادی

دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی شیمی
Meysam_mirarab@chemeng.iust.ac.ir

چکیده

با توجه به افزایش دیدگاه جهانی در خصوص مشکلات زیست محیطی گل های پایه روغنی، امروزه گل های پایه سنتزی به دلیل زیست تجزیه پذیر بودن کاربرد وسیعی را در صنعت نفت به ویژه در حفاری های دریایی پیدا کرده است. در حفاری چاه های نفت درون دریا اقتصادی ترین روش جهت دفع کنده های حفاری، تخلیه آنها به درون دریا می باشد. در این مطالعه مکانیزم های تجزیه سیالات پایه سنتزی در درون دریا به طور کامل مورد بررسی قرار گرفته است. نحوه مدلسازی واکنش های میکروبی که در طی تخریب و تجزیه گل پایه سنتزی در دریا اتفاق می افتد، مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس مطالعات صورت گرفته، گل پایه سنتزی عموماً "در شرایط هوازی تجزیه می شود و مقدار زیادی اکسیژن مصرف می کنند به طوری که تجزیه گل و سایر هیدروکربن ها در حضور اکسیژن خیلی سریعتر از تجزیه آنها در غیاب اکسیژن می باشد.

واژه های کلیدی: محیط زیست، گل سنتزی، تجزیه میکروبی، زیست محیطی

1. مقدمه

سیالات حفاری پایه سنتزی¹ برای حفاری چاه‌های نفت و گاز در دریا بکار می‌روند. این نوع گل‌ها از نظر عملیاتی مشابه گل‌های حفاری پایه روغنی بوده و از نظر کم بودن آلودگی، همانند گل‌های پایه آبی می‌باشند. هنگامی که گل حفاری به همراه کنده‌های حفاری به سطح می‌رسد در آنجا توسط یک سری فرآیند جداسازی مکانیکی، کنده‌های حفاری از گل حفاری جدا شده و سپس گل حفاری برگشتی به همراه گل تازه دوباره به داخل چاه پمپاژ می‌گردد. کنده‌های حفاری جدا شده از گل حفاری در سطح، به همراه خود سیال سنتزی دارند که معمولاً "کمتر از 5 درصد نمی‌باشد. اقتصادی‌ترین راه برای معدوم نمودن آنها، تخلیه آنها به دریا می‌باشد. پس از تخلیه، کنده‌های حفاری آلوده، به کف دریا رسوب می‌کنند. غلظت سیالات سنتزی در کف دریا ممکن است به دلیل عوامل زیر کاهش یابد.

- تعلیق مجدد
- جابجایی بستر
- بایو توربیشن
- تجزیه پذیری زیستی

از موارد مذکور تجزیه پذیری زیستی، مهم‌ترین عامل در کاهش غلظت و بازیابی زیست محیطی سیالات پایه چسبیده به کنده‌های حفاری در کف دریا می‌باشد. در تجزیه پذیری زیستی، سیالات پایه سنتزی به عنوان منبع انرژی و منبع کربن در ترکیبات آلی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اکسیژن به طور ذاتی یک الکترون گیرنده قوی می‌باشد ولی در کف دریا معمولاً "غلظت آن کم بوده و بطور طبیعی می‌تواند تنها از چند سانتی متری کنده‌ها به سمت آنها نفوذ نماید. گروه‌های پذیرنده الکترون مانند سولفات و اکسیژن در کنار کنده‌های آلوده به سیالات پایه سنتزی وارد واکنش شده و به تدریج غلظت آنها کاهش می‌یابد. اگر غلظت سولفات در رسوبات حفاری به صفر برسد در این صورت دی اکسید کربن محلول در آب نقش پذیرنده الکترون را بازی خواهد کرد که در نتیجه این فعل و انفعال از تجزیه زیستی مولکول سیال سنتزی، متان تولید خواهد شد. همزمان با کاهش غلظت سیال سنتزی همراه کنده‌های حفاری، اکسیژن و سولفات از لایه‌های بالایی آب به سمت رسوبات حفاری نفوذ می‌کنند، در نتیجه غلظت آنها در رسوبات افزایش پیدا می‌کند. در نتیجه این عمل، روند تجزیه پذیری زیستی کنده‌های آلوده تسریع می‌گردد.

2. تخلیه کنده‌های حفاری

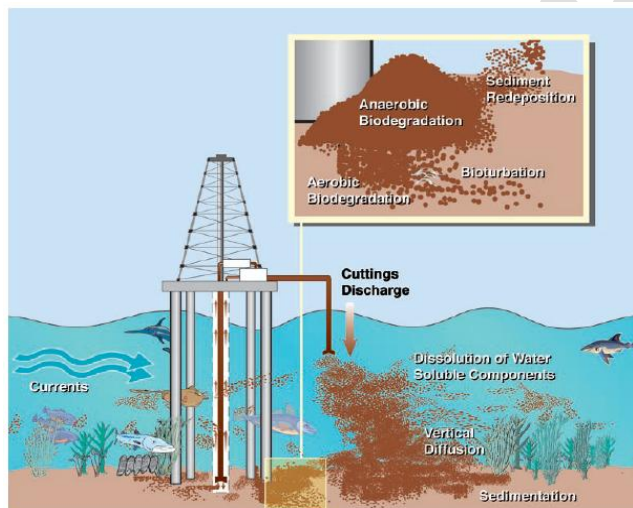
کنده‌های حفاری یا کنده‌ها همان سنگ‌ها و صخره‌های خرد شده در اثر فعالیت مته حفاری می‌باشند. اندازه کنده‌های حفاری می‌تواند از ذرات خاک تا شن دانه درشت متغیر باشد. قبل از تنظیم قوانین سخت گیرانه در تخلیه کنده‌های حفاری آلوده به مواد سنتزی، تخلیه کنده‌های حفاری شامل 12 درصد مواد سنتزی به دریا مجاز بود ولی در سال‌های اخیر تخلیه کنده‌های حفاری به دریا می‌بایست درصدهای مجاز مندرج در جدول 1 را دارا باشند. هنگامی که سیالات حفاری پایه غیر آبی همراه کنده‌های حفاری به دریا تخلیه می‌شوند (شکل 1)، تمایل دارند به صورت توده‌ای ته نشینی نمایند زیرا در این صورت سرعت ته‌نشینی بالا خواهد رفت. قابلیت پخش نسبی سیالات پایه سنتزی را می‌توان به صورت زیر مرتب نمود.

روغن معدنی با درجه سمیت کم > پلی آلفا الفین > آلکیل بنزن خطی > دی اتر > استر

¹ - Synthetic Based Drilling Fluids (SBFs)

جدول 1: درصد مجاز سیالات سنتزی پایه همراه کنده‌های حفاری برای تخلیه از کشتی به دریا [1]

ردیف	مواد سنتزی چسبیده به کنده‌های حفاری	مقدار مجاز (درصد)
1	الفین‌های داخلی C ₁₆ -C ₁₈	6/9
2	استر C ₁₂ -C ₁₄	9/4
3	استر C ₈	9/4
4	اگر کنده‌های حفاری مستقیماً به کف دریا تخلیه گردند	14-15



شکل 1: نمایی از تخلیه کنده‌های حفاری به دریا

بنابراین، سیالات پایه سنتزی، مخصوصاً استرها و آلفا الفین خطی و الفین‌های داخلی با گراندروی پایین نسبت به سیالات پایه روغنی (نفتی) بهتر پخش می‌شوند. پخش بهتر اجازه می‌دهد که کنده‌های حفاری آلوده به مواد سنتزی در هنگام ته نشینی در مسیر کف دریا پخش شوند به طوری که غلظت مواد سنتزی همراه کنده‌ها در هنگام سقوط کاهش یافته و گستره فضایی رسوب تشکیل شده در کف دریا بیشتر می‌شود.

کنده‌های حفاری پس از گذشتن از ستون آب، در کف دریا ته نشین می‌شوند. ته نشینی اولیه بستگی زیادی به عمق آب، حجم و دانسیته کنده‌های حفاری دارد. ماندگاری در کف دریا به انتقال، تعلیق مجدد رسوب و تجزیه زیستی سیالات پایه بستگی دارد. اثرات بیولوژیکی کنده‌های حفاری به سمیت و گستره فضایی کنده‌ها بستگی دارد. سیالات سنتزی پایه استری همراه کنده‌های حفاری بیشتر از سیالات پایه سنتزی پایه الفینی تمایل به پخش دارند. زیرا آب به آسانی نمی‌تواند در توده کنده‌های شامل الفین نفوذ نموده و باعث پخش آنها گردد. بنابراین کنده‌های حفاری همراه با سیالات حفاری سنتزی با سرعت بیشتری ته‌نشین شده و در نزدیکی سکوی حفاری جا می‌گیرند. مشاهدات نشان می‌دهد که توده‌های بزرگ کنده‌های حفاری در کف دریا دارای ضخامتی در حدود 20 تا 25 سانتی متر می‌باشند.

3. عوامل مهم در تجزیه میکروبی سیالات سنتزی

غلظت SBF پس از ته نشینی کنده‌های حفاری در کف دریا می‌تواند توسط عواملی تحت تاثیر واقع شود. نفوذ SBF از کنده‌های حفاری و رسوبات و تعلیق مجدد رسوبات شامل کنده‌های حفاری، مستقیماً" تجزیه SBF را تحت تاثیر قرار می‌دهند. سایر خواص از قبیل نفوذ پذیرنده‌های الکترونی (مانند اکسیژن و سولفات) غلظت SBF را به صورت غیر مستقیم تحت تاثیر قرار می‌دهند.

• نفوذ مولکولی

غلظت سیالات پایه سنتزی در کف دریا پس از ته نشینی می‌تواند توسط خواص فیزیکی گوناگونی تحت تاثیر واقع شود.

1- نفوذ سیالات پایه سنتزی از رسوبات و کنده‌های حفاری به سمت آب و معلق شدن مجدد رسوبات شامل کنده‌های حفاری مستقیماً" در کاهش غلظت سیالات حفاری پایه سنتزی تاثیر گذار خواهد بود.

2- سایر خواص مانند نفوذ پذیرنده‌های الکترونی شامل اکسیژن و سولفات به سمت رسوبات مستقیماً" غلظت سیالات پایه سنتزی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. زیرا حضور این ترکیبات در متابولیسم سیالات پایه سنتزی لازم است.

• جابجایی و فشردگی توده‌های رسوب

جابجایی، فرایند انتقال مواد به سبب ته نشینی مواد جدید در سطح رسوبات، یا اختلاط رسوبات به خاطر جریان‌ها یا نیروهای ژئومتری است. جابجایی رسوبات به سبب جریان‌ها یا سایر نیروهای اختلاط فیزیکی، کاملاً" غیر قابل پیش گویی است. فرآیندهایی که باعث هوادهی مجدد و پخش کنده‌های حفاری در منطقه وسیع گردد سرعت تجزیه پذیری زیستی سیالات سنتزی پایه را افزایش داده و در نتیجه سرعت بازیابی رسوبات زیاد خواهد شد. در نظر نگرفتن این نوع اختلاط باعث بروز خطای بزرگی در محاسبه زمان بازیافت رسوبات خواهد شد.

4. تجزیه پذیری زیستی سیالات پایه سنتزی

تجزیه پذیری زیستی، شکستن آلودگی‌های آلی به ترکیبات کوچکتر توسط ارگانیسم‌های میکروبی می‌باشد. ارگانیسم‌های میکروبی، آلودگی‌های آلی را از طریق واکنش‌های آنزیمی یا متابولیکی تغییر می‌دهند. فرآیندهای تجزیه پذیری زیستی بسیار متنوع می‌باشند ولی عموماً" محصول نهایی آنها دی اکسید کربن و متان می‌باشد. تجزیه‌پذیری زیستی، یک فرایند کلیدی در کاهش آلودگی‌های محیط زیست می‌باشد. نمونه‌های متعددی نشان می‌دهد که تجزیه پذیری زیستی در شرایط هوازی سریعتر از شرایط بی هوازی رخ می‌دهد. سیالات پایه سنتزی عموماً" در شرایط هوازی تجزیه می‌شوند و مقدار زیادی اکسیژن مصرف می‌کنند. در این واکنش‌ها اکسیژن نقش پذیرنده الکترون را دارد. تجزیه سیالات پایه سنتزی مقدار اکسیژن موجود در رسوبات را کاهش می‌دهد. اگر مقدار رسوبات زیاد باشد و سرعت اکسیژن دهی به آن کم باشد رسوبات دریایی (بجز لایه‌های سطحی رسوب و ناحیه بایوتوربیشن) نهایتاً" به سمت فرآیند تجزیه غیر هوازی گرایش پیدا می‌کنند.

تجزیه پذیری زیستی، تجزیه یک ماده آلی به وسیله فعالیت ارگانیسم‌های زنده (مخصوصاً" باکتری) می‌باشد که یک عامل کلیدی برای کاهش صدمات طولانی مدت زیست محیطی ناشی از سیالات حفاری پایه سنتزی می‌باشد. سیالات سنتزی پایه به عنوان منابع کربن و انرژی برای میکروارگانیسم‌ها محسوب می‌گردند. برای تکمیل شدن واکنش تجزیه پذیری زیستی، حضور یک پذیرنده

الکترونی لازم است. در شرایط هوازی، اکسیژن به عنوان پذیرنده الکترون عمل می‌کند. در حالی که در شرایط بی هوازی، نیترات، آهن (III)، سولفات یا دی اکسید کربن به عنوان پذیرنده الکترونی عمل می‌کنند. ترتیب اولویت یون‌های ذکر شده بستگی به غلظت آنها در محیط آبی دارد. اما اگر همه آنها در محیط حضور داشته باشند ترتیب اولویت آنها به صورت بالا خواهد بود. شرایط اساسی برای انجام واکنش‌های تجزیه پذیری زیستی بشرح زیر است:

- حضور ارگانسیم‌ها با آنزیم‌های ضروری برای انجام واکنش

- در دسترس بودن مواد شیمیایی لازم برای ارگانسیم‌ها

- شرایط رشد میکروارگانسیم مانند دما، pH، شوری و منابع غذایی موجود در محیط

حضور ترکیبات آلی خیلی آسان تجزیه پذیر موجود در محیط، در کل باعث افزایش فعالیت میکروبی شده که در نتیجه آن سرعت تجزیه پذیری ترکیبات ویژه زیاد خواهد شد. در آب دریا، واکنشی که بیشترین انرژی را حاصل می‌نماید اکسیداسیون مواد آلی به دی اکسید کربن می‌باشد. تا زمانی که اکسیژن وجود دارد اکسیداسیون هوازی اهمیت دارد. وقتی که اکسیژن تمام شد یا محدود گردید واکنش کاهش سولفات واکنش غالب خواهد شد. زیرا غلظت سولفات در آب دریا زیاد می‌باشد.

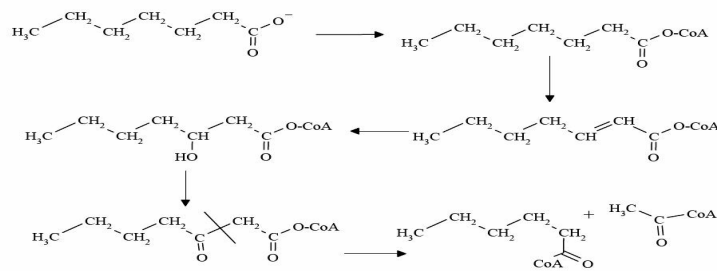
در سیالات سنتزی پایه، می‌توان بیش بینی نمود که استرها بیشترین تجزیه پذیری را داشته باشند. زیرا همه ارگانسیم‌ها پیوندهای استری در غشاها دارند و اغلب ارگانسیم‌ها قادر به تجزیه استرهای غشا می‌باشند. تجزیه ترکیبات استری با هیدرولیز استر به اسید و الکل شروع می‌گردد. آنزیم‌های استرایز برای هیدرولیز یک استر مورد نیاز می‌باشد این آنزیم‌ها معمولاً در اکثر محیط‌ها یافت می‌شوند. یک اسید چرب از طریق اکسیداسیون - بتا تجزیه می‌گردد در طی این واکنش اسید چرب به شکل مولکول‌های دو کربنی در می‌آید (شکل 2).

5. تجزیه هوازی هیدروکربن‌ها

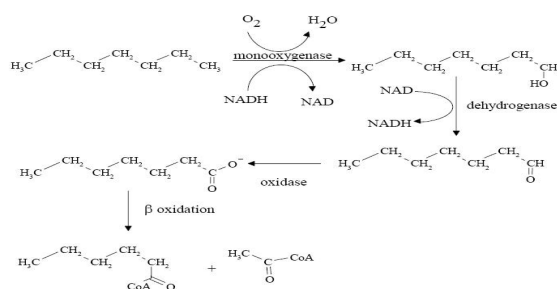
در طی سال‌ها تحقیق و مطالعه، مراحل تجزیه آروماتیک‌ها و هیدروکربن‌های اشباع شده به خوبی شناخته شده است. مطالعات نشان می‌دهند که برای تجزیه هوازی ترکیبات آروماتیک و هیدروکربن‌های اشباع شده، آنزیم‌های مونواکسیژناس¹ و دی اکسیژناس² برای فعال سازی اولیه زنجیرهای هیدروکربن مورد نیاز است. آنزیم‌های اکسیژن آیز یک یا هر دو اتم‌های اکسیژن مولکولی را به هیدروکربن پیوند می‌دهد که نهایتاً یک مولکول الکل تشکیل می‌شود (در ترکیبات آروماتیک به جای الکل یک catechol تشکیل می‌گردد). الکل‌های اشباع شده دوباره به اسیدهای کربوکسیلیک اکسید می‌شوند (شکل 3). که این اسید کربوکسیلیک با اکسیداسیون - بتا تجزیه می‌گردد.

¹ - monooxygenase

² - Dioxygenase



شکل 2: مراحل بتا-اکسیداسیون [2]



شکل 3: مراحل متواکسید آیز برای فعال سازی هیدروکربن ها [2]

در مورد تجزیه آلکن‌ها در منابع محدودیت اطلاعات وجود دارد با این حال برایتن¹ در سال 1984 [3] پیشنهاد نمود که متابولیسم آلکن‌ها ممکن است در چهار مرحله زیر خلاصه گردد:

- 1- حمله اکسیژن آیز به گروه‌های انتهایی متیل همانند اسیدها و الکل‌ها
- 2- اکسیژن آیز به subterminal حمله می‌کند شبیه الکل‌ها و اسیدها
- 3- اکسیداسیون پیوند دوگانه شبیه اپوکسید

6. تجزیه بی‌هوازی هیدروکربن‌ها

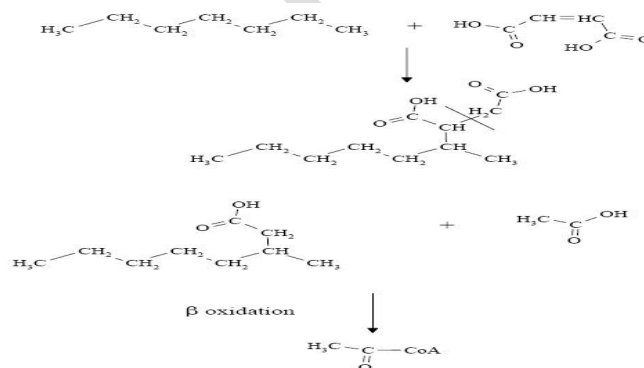
اخیراً مدارک معتبری بدست آمده است که نشان از تجزیه هیدروکربن‌های آروماتیکی در محیط‌های بدون اکسیژن می‌باشد. تجزیه بی‌هوازی آلکن‌ها بخوبی انجام گردیده در صورتیکه هنوز تجزیه بی‌هوازی آلکن‌ها به طور دقیق مطالعه نشده است. تحقیقات نشان می‌دهد که تجزیه آلکن‌ها در ارتباط با انواع پذیرنده‌های الکترون غیرهوازی می‌باشد. هم چنین نتایج تحقیقات حاکی از آن است که واکنش تجزیه آلکن‌ها یک فرآیند کند می‌باشد. اطلاعات مربوط به انواع و تعداد ارگانیزم‌ها در واکنش‌های مربوطه نیز محدود می‌باشد. ایگریزبرگ² و همکاران در سال‌های 1991 [4] و 1998 [5] دریافتند که باکتری کاهنده سولفات³ (SRB) می‌تواند زنجیره‌های هیدروکربن‌های اشباع خطی را تجزیه نماید. در سال 2001 محققان بعد از انجام آزمایشات روی تجزیه آلکن‌ها دریافتند که در غیاب اکسیژن، سولفات الکترون گیرنده قوی محسوب می‌شود.

¹ - Britton

² - Aeckersberg

³ - Sulfate-reducing Bacteria

بزرگترین مانع در تجزیه غیرهوازی هیدروکربن‌ها مرحله شروع اکسیداسیون می‌باشد. مطالعات اخیر نشان داده است که حداقل یک مکانیسم برای تجزیه باکتریایی بی‌هوازی آلکان‌ها وجود دارد. در این مکانیسم برای شروع اکسیداسیون اسید فوماریک یا یک فوماریت به گروه متیل ساب‌ترمینال در آلکان اضافه می‌گردد (شکل 4). فوماریت یک اسید دو عاملی چهار کربنی اشباع نشده می‌باشد که در اکسیداسیون شکرها نقش دارد. با اضافه شدن مولکول فوماریت به هیدروکربن اشباع، ترکیبی از مشتقات اسید ساکسینیک بدست می‌آید که این ماده در کروماتوگرافی گازی - اسپکترومتری جرمی (GC-MS) شناسایی شده است. اضافه شدن یک اسید آلی به عنوان شروع کننده اکسیداسیون هیدروکربن‌های اشباع ممکن است نشان دهنده یک موضوع عمومی برای تجزیه غیرهوازی انواع آلودگی‌های هیدروکربنی باشد. مکانیسم تجزیه بی‌هوازی الفین‌ها (هیدروکربن‌های اشباع نشده) کمتر مورد توجه بوده است. این در حالی است که الفین‌ها در SBFs از اجزا مهم می‌باشند. ولی نکته‌ای که مسلم گردیده، این است که در دوره زمانی یکسان تجزیه هیدروکربن‌های اشباع نشده (الفین‌ها) به مراتب خیلی بیشتر از هیدروکربن‌های اشباع شده (آلکان‌ها) می‌باشد. وجود یک پیوند دوگانه، واکنش پذیری الفین‌ها را افزایش می‌دهد. مکانیسم افزایش یک اسید آلی همان گونه که در تجزیه آلکان‌ها گفته شد، در مورد الفین‌ها شناخته نشده است. اشنیک¹ در سال 1985 [6] کشت متانوجنیک‌ها² را روی آلکانهای خطی، آلکان‌های شاخه دار و آلکن‌ها توسعه داد که در این خصوص تنها 1- هگزادکان و اسکوالن تولید متان را افزایش دادند. در این واکنش‌ها تقریباً "78 الی 91 درصد متان تولیدی مربوط به هگزادکان بود. پس از استفاده از اسکوالن به عنوان یک زیر لایه بعد از یک مدت زمان کوتاه، پیشرفت واکنش بسیار کم شده و متانوجنسیس متوقف شد. پیشنهاد واکنش هیدراته شدن پیوند دوگانه برای تولید الکل، خیلی محتمل بنظر می‌آید. در سال 1989 اشنیک [7] خاطر نشان نمود که واکنش شروع شونده می‌تواند یک واکنش بیولوژیک یا یک واکنش شیمیایی غیر بیولوژیک باشد. هیچ نوع دلیلی برای رد هر یک از این احتمالات وجود ندارد. بنابر این می‌توان نتیجه گرفت که تجزیه بی‌هوازی آلکن‌ها عملی است، اما اطلاعات مربوط انواع آلکن‌ها که به صورت بی‌هوازی تجزیه می‌شوند، شامل مکانیسم و همچنین ارگانسیم‌هایی که برای تجزیه آنها استفاده می‌گردد، محدود است.



شکل 4: اضافه شدن فوماریت به هیدروکربن‌های اشباع طی تجزیه بی‌هوازی [2]

بدیهی است که ارگانسیم‌های خیلی زیادی قادر به تجزیه هیدروکربن‌ها در شرایط بی‌هوازی مختلف می‌باشند (شرایط کاهش مختلف). در طی تجزیه بی‌هوازی، نیترات، سولفات و دی‌اکسید کربن به عنوان گیرنده اصلی الکترون مورد استفاده قرار می‌گیرند. کلیکمپر³ و همکاران در سال 2002 [8] نتیجه گرفتند که کاهش سولفات عامل 70 درصد تخریب هیدروکربن‌های نفتی در 38

¹ - Schink

² - Methanogenic

³ - Kleikemper

حوزه آبی آلوده هیدروکربن‌های نفتی می‌باشد. این نکته مسلم شده است که باکتری‌های کاهش سولفات در محل‌های آلوده به بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، زایلن، نفتالین، فنانترن، آلکان‌ها و ترکیبات هالوژنه رشد می‌کنند. این اطلاعات بعلاوه این واقعیت که سولفات در آب دریا غلظت بالایی دارد دلالت بر آن دارد که باکتری‌های کاهشنده سولفات در تجزیه SBF، موجود در رسوبات دریایی، نقش مهمی دارند.

7. مدلسازی واکنش‌های میکروبی

رشد میکروبی و تجزیه ترکیبات معمولاً با استفاده از سینتیک نوع ماند مطابق رابطه (2-12) مدل می‌گردد.

$$r_s = -\frac{\eta XC}{Y(K_s + C)} \quad (1)$$

r_s : سرعت از بین رفتن زیر لایه (mg/L.h) η : سرعت رشد ویژه ماکزیمم (mg cell/mg cell.time)

X : غلظت میکروارگانیسم‌ها در رسوب (mg cell/L) C : غلظت زیر لایه‌ها (mg/L)

Y : بازدهی (mg cell produced/mg substrate consumed) K_s : ضریب نیمه اشباع (mg/L)

همان گونه که از رابطه (1) مشهود است هرگاه $K_s \ll C$ (یعنی این که زیر لایه محدود کننده نباشد) در این صورت معادله ماند به درجه صفر تقلیل می‌یابد. در صورتی که هرگاه $K_s \gg C$ باشد این معادله نسبت به غلظت زیر لایه درجه یک خواهد شد. معادله ماند، سرعت تجزیه یک زیر لایه را به سرعت رشد میکروبی، به وسیله تولید شدن سلول‌ها از تجزیه زیر لایه‌ها مربوط می‌کند. بازدهی میکروبی را می‌توان از روابط ترمودینامیکی محاسبه نموده یا در آزمایشگاه اندازه‌گیری نمود. در اغلب موارد ساده‌تر آن است که سرعت از بین رفتن ترکیبات، اندازه‌گیری شده و سپس با استفاده از بازدهی آن را به سرعت رشد تبدیل نماییم. در منابع، اطلاعات خیلی کمی درباره رشد میکروبی روی هیدروکربن‌ها و بازدهی رشد آنها وجود دارد.

عامل دیگری که در مدل کردن تجزیه SBFها مهم است تاخیر فاز یا زمان تطبیق می‌باشد. هنگامی که سلول‌ها در معرض یک منبع جدید کربن قرار می‌گیرند آنها معمولاً از ابتدا نمی‌توانند شروع به تجزیه آن منبع بنمایند. معمولاً یک دوره ای (از چند ساعت تا چند سال) وجود دارد که میکروارگانیسم‌ها طریقه رشد کردن و تجزیه زیر لایه‌ها را یاد بگیرند. اگرچه تئوری‌های زیادی وجود دارند که تاخیر فاز را شرح می‌دهند ولی مدلهایی که در عمل استفاده می‌شوند عملاً تاخیر فاز را وارد مدل نکرده‌اند.

8. مکانیسم‌های تجزیه و تخریب ترکیبات سیال حفاری

مکانیسم اصلی تخریب SBF، از طریق تجزیه میکروبی می‌باشد. تجزیه مواد SBF و سایر هیدروکربن‌ها در حضور اکسیژن خیلی سریعتر از تجزیه آنها در غیاب اکسیژن می‌باشد [8]. ولی مقدار اکسیژن در پایین دریا خیلی محدود است و در چند سانتی متر یا حتی چند میلیمتر ابتدایی، همه اکسیژن توسط میکروارگانیسم‌های هوازی به مصرف می‌رسد. این کاهش اکسیژن در رسوبات باعث می‌گردد که میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی در آنجا فعال شوند. سولفات در آب دریا دارای غلظت زیاد (~29 mM) می‌باشد. بنابراین سولفات به عنوان الکترون گیرنده نهایی در غیاب اکسیژن در رسوبات دریایی فاقد اکسیژن، مهم است. تولید متان زمانی اتفاق می‌افتد که اغلب سولفات موجود در محیط واکنش مصرف شود. به دلیل در دسترس بودن گیرنده‌های الکترون در سامانه، محیط واکنش به سه ناحیه تقسیم می‌شود: ناحیه مصرف اکسیژن، ناحیه مصرف سولفات و ناحیه مصرف دی‌اکسید کربن. علاوه

بر تجزیه پذیری زیستی، غلظت SBF و گیرنده‌های الکترون توسط پدیده‌های بایوتوربیشن، رسوب سازی، فشرده‌گی و نفوذ تحت تاثیر قرار می‌گیرند.

8-1. ناحیه مصرف اکسیژن

در این ناحیه عامل‌هایی که روی تخریب SBF در رسوبات تاثیر گذارند، عبارتند از: نفوذ اکسیژن، آب حفره‌ای رسوبات از دریا، بایوتوربیشن و تجزیه پذیری زیستی. اختلاط رسوب بوسیله میکروارگانیسم‌ها (بایوتوربیشن) و تعلیق مجدد رسوب بوسیله جریان‌های پایین دریا، دو فرایندی هستند که آلودگی‌های ته‌نشین شده در کف دریا را رقیق و پخش می‌کنند.

سرعت تجزیه هیدروکربن‌ها در ناحیه مصرف اکسیژن، با سینتیک نوع ماند، با یک عاملی که اجازه می‌دهد غلظت اکسیژن به عنوان پارامتر حدی سرعت استفاده شود، مدل می‌گردد. سرعت فعالیت متابولیکی به هر دو عامل تجزیه هیدروکربن‌ها و در دسترس بودن اکسیژن مورد مصرف بستگی دارد. این حد اکسیژن بوسیله یک تابع هیپربولیک با ثابت نیمه اشباع نشان داده می‌شود. وقتی که غلظت اکسیژن افزایش پیدا می‌کند، این محدودیت ضعیف‌تر شده و سرعت مصرف هیدروکربن افزایش پیدا می‌کند، از طرف دیگر وقتی که اکسیژن از سامانه برچیده می‌شود فعالیت پیش‌بینی شده برای ارگانیسم‌های هوازی کاهش یافته و نهایتاً متوقف می‌گردد.

8-2. ناحیه مصرف سولفات

در غیاب اکسیژن یا در غلظت‌های کمتر از غلظت حدی اکسیژن، ارگانیسم‌ها از سولفات به جای اکسیژن، به عنوان پذیرنده الکترون استفاده می‌کنند. به دلیل حلالیت خیلی کم مواد شیمیایی SBF در آب، این مواد قبل از اینکه بتوانند به لایه‌های دیگر نفوذ کنند تجزیه خواهند شد. از این که سولفات به عنوان پذیرنده الکترون عمل می‌کند، لذا سولفات در دسترس، به عنوان عامل حدی در تجزیه هیدروکربن‌ها عمل می‌کند. در ناحیه مصرف سولفات، اکسیژن یک عامل بازدارنده برای ارگانیسم‌های کاهنده سولفات محسوب می‌گردد. این ممانعت با یک تابعی به معادله سرعت اضافه می‌شود. وقتی غلظت اکسیژن افزایش می‌یابد استفاده از سولفات در تجزیه هیدروکربن‌ها کاهش می‌یابد. توابع ممانعت کننده و حدی در این مدل، اجازه می‌دهد که از یک معادله برای هر کدام از نواحی پذیرنده الکترون استفاده کنیم.

8-3. ناحیه مصرف دی اکسید کربن

در غیاب سولفات یا غلظت‌های کمتر از غلظت حدی سولفات، دی اکسید کربن به عنوان پذیرنده الکترون مورد استفاده قرار می‌گیرد و باعث تجزیه هیدروکربن‌ها می‌شود که در اثر آن گاز متان تولید می‌گردد. اکسیژن و سولفات نقش جلوگیری کننده برای واکنش تولید متان دارند که به صورت توابعی در معادله منظور می‌گردند. انتظار می‌رود که دی اکسید کربن دارای غلظت حدی نباشد زیرا به وسیله سایر میکروارگانیسم‌ها در لایه‌های مصرف اکسیژن و سولفات و ناحیه تولید متان، تولید می‌گردد. بنابراین هیچ گونه‌ای در معادله تولید متان به عنوان محدود کننده در تجزیه SBF نخواهد بود.

نتیجه‌گیری

- تجزیه‌پذیری زیستی مهم‌ترین عامل در بازیابی زیست محیطی سیالات پایه سنتزی چسبیده به کنده‌های حفاری در کف دریا می‌باشد

- قابلیت پخش نسبی سیالات پایه سنتزی به خصوص استرها و آلفا الفین خطی و الفین‌های داخلی با گراندرومی پایین نسبت به سیالات پایه روغنی بالاتر می‌باشد
- سیالات پایه سنتزی، که به عنوان منابع کربن و انرژی برای میکروارگانیسم‌ها در دریا محسوب می‌گردند، عموماً در شرایط هوازای تجزیه می‌شوند و مقدار زیادی اکسیژن مصرف می‌کنند
- تجزیه میکروبی مکانیزم اصلی تخریب سیالات پایه سنتزی است به طوری که تجزیه سیال سنتزی و سایر هیدروکربن‌ها در حضور اکسیژن خیلی سریعتر از تجزیه آنها در غیاب اکسیژن می‌باشد

مراجع

- [1] Delvigne, G. A. L., "Laboratory Investigation on the Fate and Physicochemical properties of Drill Cuttings after Discharge into the Sea", In: The Physical and Biological Effects of Processed Oil Drill Cuttings (summary Report), London: E&P Forum, PP. 16-24, 1996.
- [2] Roberts, D. J., A. H. Nguyen, "Degradation of Synthetic-Based Drilling Mud Base Fluids by Gulf of Mexico Sediments", Final Report, Prepared under MMS Contract 1435-01-01-CA-31179 by University of Houston Department of Civil and Environmental Engineering N107 Engineering Bldg. 1 Houston, Texas 77204-4003, Published by U.S. Department of the Interior Minerals Management Service Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, May 2006.
- [3] Britton, L. N., "Microbial Degradation of Aliphatic Hydrocarbons", In Gibson, D. T., ed., Microbial Degradation of Organic Compounds, New York: Marcel Dekker, Pp 89-129, 1984.
- [4] Eckersberg, F., F. Bak, and F. Widdel, "Anaerobic Oxidation of Saturation Hydrocarbons to CO₂ by a New Type of Sulfate-Reducing Bacterium", Arch. Microbiol. 156: 5-14, 1991.
- [5] Aeckersberg, F., F. Bak, and F. Widdel, "Growth, Natural Relationships, Cellular fatty Acids and metabolic adaptation of Sulfate-Reducing Bacteria that Utilize Long-Chain Alkanes under Anoxic Conditions", Arch. Microbiol, 170: 361-369, 1998.
- [6] Chink, B., "Degradation of Unsaturated Hydrocarbons by Methanogenic Enrichment Cultures", FEMS, Microbiol. Ecol. 31: 69-77, 1985.
- [7] Schink, B., "Anaerobier Abbau Von Kohlenwasserstoffen", Erdol Kohle Erdgas, 42: 116-118, 1989.
- [8] Kleikemper, J., M. H. Schroth, W. V. Sigler, M. Schmucki, S. M. Bernasconi, and J. Zeyer, "Activity and Diversity of Sulfate-Reducing Bacteria in a Petroleum Hydrocarbon Contaminated Aquifer", Appl. Environ. Microbiol, 68: 1516-1523, 2002.
- [9] Erman, D. And D. J. Roberts, "A Marine Anaerobic Biodegradation Test Applied to the Biodegradation of Synthetic Drilling Mud base Fluids", Soil and Sediment Contamination 14: 433-447, 2005.