Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

# استفاده از میکروارگانیسم ها به عنوان عوامل پی جویی در اکتشاف نفت و گاز

عرفان حسینی، دانشگاه صنعت نفت e.hosseini19@gmail.com
حسین ایزدی یزدی، شرکت نفت شل، لندن ho.izadi@aol.co.uk
بهرام حبیب نیا، دانشگاه صنعت نفت b.habibnia@gmail.com

**چکیده:**

یکی از روش های اکتشاف هیدروکربن ها در صنعت نفت و گاز، آشکار سازی روند تراوش و مهاجرت آن ها از مخازن نفتی زیرسطحی به محیط های سطحی می باشد. در این مقاله ما ویژگی های میکروبیولوژیکی تراوشات هیدروکربن را مورد بحث قرار می دهیم و راه هایی برای استفاده از میکروارگانیسم های همراه تراوش به عنوان مسیریاب ها برای کمک به استراتژی ها و روش های اکتشاف نفت پیشنهاد می دهیم. محیط های نفوذ و تراوش هیدروکربن به سطح غالباً توسط میکروارگانیسم های هیدروکربن هوازی و بی هوازی اشغال شده است. تشخیص افزایش تراکم این ارگانیسم ها می تواند حضور تراوشات را مشخص کند و از این رو مخازن هیدروکربنی زیرسطحی را نشان می دهد. میکروارگانیسم های بومی بی هوازی درون مخزن نفت ممکن است همراه با تراوشات مایعات هیدروکربنی به سمت بالا به محیط های سطحی منتقل شوند. این " سلول های سواری مجانی " می تواند اهداف جایگزین و آشکاری برای استفاده در اکتشاف نفوذ هیدروکربن باشد. توسعه هر دو روش بستگی به درک کامل میکروبیولوژی تراوشات هیدروکربن سطحی و مخازن نفتی عمیق دارد. همچنین هر دو روش نیاز به روش های تشخیص کمی دارند که به خوبی برای ارگانیسم های شاخص انتخابی دقیق، محدود شده باشند. یکپارچه سازی داده های میکروبیولوژیکی با دیگر روش های اکتشافی، اطلاعات اضافی و مستقلی برای تقویت استراتژی های اکتشافی نفت و گاز ارائه خواهد داد.

کلیدواژه ها: میکروبیولوژیکی، تراوش، میکرو ارگانیسم، هیدروکربن هوازی.

# Using Microorganisms as Prospecting Agents in Oil and Gas Exploration

Erfan hosseini, Petroleum University of Technology, e.hosseini19@gmail.com
Dr.Bahram Habibnia, Petroleum University of Technology, b.habibnia@gmail.com

Abstract:

Migration of hydrocarbons from subsurface petroleum reservoirs to surface environments has led to the use of hydrocarbon seep detection as an exploration tool in the oil and gas industry. Here we discuss microbiological features of hydrocarbon seeps and propose ways to take advantage of seep-associated microorganisms as useful pathfinders to aid petroleum exploration strategies. Environments where hydrocarbons seep to the surface are colonized byaerobic and anaerobic hydrocarbon-utilizing microorganisms. Detecting increasing densities of these organisms can indicate the presence of seeps and hence subsurface hydrocarbon reservoirs. Anaerobic microorganisms native to petroleum reservoir habitats may be transported upwards with seeping hydrocarbon fluids to surface environments. These ‘‘hitchhikercells’’ may represent alternative and conspicuous targets for use in hydrocarbon seep prospecting. The development of either approach depends on a thorough understanding of themicrobiology of surface hydrocarbon seeps and deep petroleum reservoirs. Both strategies alsorequire quantitative detection assays that are well-constrained for carefully chosen indicatororganisms. Integrating microbiological data with other prospecting approaches will offeradditional and independent information to strengthen oil and gas exploration strategies.

Key words: microbiological, seep, microorganism, aerobic hydrocarbon.

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

**۱-مقدمه**

در قرن بیست و یکم چالش های قابل توجهی برای برآوردن نیازهای انرژی جهانی مطرح است. انتظار می رود برای آینده نزدیک جهت تامین نیازهای جمعیت در حال گسترش جهان، همچنان هیدروکربن های نفتی در خط مقدم تامین انرژی باقی بمانند. امروزه بر روی اتصالات فراوان و متنوع بین هیدروکربن ها و میکروبیولوژی، تمرکز شده است که تاکید می کند که میکروارگانیسم ها بازیکنان کلیدی بالقوه در صنعت انرژی می باشند. بیوتکنولوژی دارای این پتانسیل است که صنعت نفت را از طریق توسعه استراتژی ها به سمت تولید سوخت های فسیلی پاک تر و کارآمدتر سوق کند. در این مقاله به بررسی زاویه دیگری از کاربرد میکروبیولوژی در نفت پرداخته می شود که استفاده بالقوه از میکروب ها به عنوان ارگانیسم های شاخص برای کمک به کشف ذخایر جدید نفت و گاز می باشد.

**۲- اکتشاف نفت و گاز**

معمولا پی جویی نفت و گاز شامل ترکیبی از بررسی های لرزه نگاری و حفاری اکتشافی در سازند های رسوبی زیرسطحی می باشد که در آن ها مطالعات مقدماتی وجود حوضه رسوبی را به صورت مسلم و قطعی تایید نکرده است. نمونه مغزه های گرفته شده از چاه ها برای شناسایی و تعیین یک میزبان شاخص های مختلف قبل از تصمیم گیری در مورد حفاری بیشتر مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. ثابت شده است که این رویکرد در طول سال ها موفق بوده است، با این حال بسیاری بر این باورند که با توجه به کشف ذخایر نفت جهان، هنوز برداشت چندانی انجام نشده است. احتمالاً منابع نفتی زیر دریایی قابل توجهی در زیر رسوبات دریای عمیق و یا در مناطق دور افتاده مانند قطب شمال کشف نشده باقی مانده است (برد و همکاران، ۲۰۰۸). محدودیت های تکنولوژیکی موجود و مشکلات مرتبط با کار در این مناطق، مانعی بر سر راه سرمایه گذاری در زمینه اکتشاف بوده است.

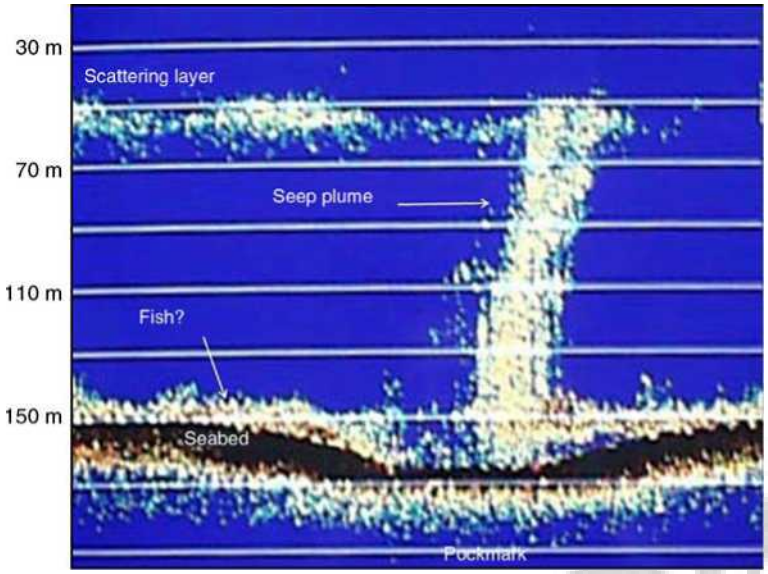
**۲-۱- استفاده از تراوشات نفت خام در اکتشاف نفت و گاز**

در دسترس بودن استراتژی های اکتشافی جایگزین ممکن است برای تولیدکنندگان نفت، امکان تغییر اولویت ها و کاهش ریسک برای اکتشاف نفت و گاز را فراهم سازد. بسیاری از شرکت های نفتی بزرگ، پی جویی تراواش نفت را جزء ابزارهای خود برای ارزیابی پتانسیل منابع حوضه های رسوبی قرار داده اند (ساندبرگ، ۱۹۹۴). این بر اساس درک این قضیه است که مخازن نفت زیرسطحی اغلب دارای لایه های پوش سنگی ناقص بوده که اجازه می دهد هیدروکربن نشت کرده و به سمت بالا به طرف سطح مهاجرت نماید. تراوشات گاز طبیعی، نفت، قیر و آسفالت گسترده بوده و می تواند شاخص های یک مخزن نفتی زیر سطحی باشد (جاد و هولاند، ۲۰۰۷؛ کنیکوت و همکاران، ۱۹۸۸). علاوه بر تکنیک های لرزه ای، استفاده از تراوشات برای پیدا کردن نفت نیز قبلاً در صنعت نفت بوده است؛ فرآورده های نفتی طبیعی در فرهنگ های باستانی هزاران سال قبل نیز استفاده می شده است. تراوش ها می تواند به اکتشاف های نفت و گاز منجر شود. به عنوان مثال، مشاهده نشت نفت توسط یک ماهیگیر محلی منجر به کشف میدان فوق عظیم کانترال در خلیج مکزیک شده است. صنعت نفت مدرن همچنان به استفاده از تراوشات به عنوان شاخص های سیستم های نفتی زیرسطحی بهره می برد و از روش های مختلف ماهواره ای برای مانیتورینگ نشانه های نشت نفت استفاده می کند (جاد و هولاند، ۲۰۰۷). یک تصویر اکو- سوندر از دریای شمال و نشت گاز همراه آن در شکل ۱ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID






شکل۱-تصویر اکو-سوندر نشت گاز از دریای شمال

تراوش ها ممکن است چشمگیر و آشکار باشد، آشکار بدین معنی که بزرگ بوده و از راه شنوایی قابل تشخیص باشد مثل پوک مارک ها (شکل ۱) و آتشفشان های گل، و یا شاخص های دیگر مانند مجتمع تراواش macrofaunal، رخنمون های متان مشتق شده کربنات درجازا، لکه های نشت صوتی (شکل ۱)، لکه های حباب گاز قابل مشاهده و آب موج زننده. مخازن نفتی عمیق که از اهمیت اقتصادی برخوردارند نیز ممکن است به محیط های سطحی با نشت های غیر قابل مشاهده ای متصل باشند که احتمالاً تعداد نشت ها بیش از نشت های بزرگ قابل رویت می باشد. نشت سیالات هیدروکربنی گرمازا نشان دهنده حضور یک مخزن هیدروکربن زیرسطحی است، در حالی که گاز میکروبی تولید شده در خاک های نزدیک سطح و رسوبات توسط آرکیا های متان زا، مستقل از نفت عمیق تر می باشد (هورویتز، ۱۹۸۵). با این حال، در متان میکروبی درجای تولید شده در طول تجزیه بیولوژیکی بی هوازی در مخازن نفتی عمیق (جونز و همکاران ۲۰۰۸.. اورفن و همکاران، ۲۰۰۰ ۵۴) نیز ممکن است به سطح نفوذ کنند، از این رو اثرات و ردپا های متان میکروبی نباید حضور نفت زیرسطحی را رد نماید. کشف تراوش هیدروکربن می تواند تصادفی باشد، با این حال برخی از شرکت ها از تکنیک های تخصصی به طور خاص برای تشخیص تراوش ها استفاده می کنند: ویلیامز و لارنس (۲۰۰۲)، داده های سطوح صاف سطح دریا مشخص شده از SAR ماهواره ای و ژئوشیمی هیدروکربن گازها از نمونه های رسوبات بستر دریا، شواهدی از نفت 'زنده' در بسیاری از مناطق پی جویی را توصیف و ارائه دادند (به عنوان مثال، آبرامز و سگال، ۲۰۰۱). در اینجا ما استفاده از هدف قرار دادن عیار های میکروبیولوژیکی ویژگی های نفوذ مربوط به زیست کره را به عنوان مسیریاب های مفید برای مناطق نشت هیدروکربن و برای ارائه شواهدی از هیدروکربن های زیرسطحی پیشنهاد می دهیم.

### ۳- اهداف میکروبی برای پی جویی و اکتشاف تراوش نفت

ما دو روشی را که در آن می توان از میکروب ها به عنوان مسیریاب به منظور اکتشاف نفت بهره جست را مورد بررسی قرار می دهیم. در هر دو رویکرد از این واقعیت استفاده می شود که میکروارگانیسم هایی که از ترکیبات نفتی تغذیه می کنند، رفته رفته در محیط بسترهایی که هیدروکربن به طور طبیعی رخ می دهد رشد می کنند. در مورد اول، میکروب ها با استفاده از هیدروکربن هایی که به سمت بالا حرکت می کنند تراوش طبیعی را تحت سلطه خود در می آورند. تکنیک بررسی نفت میکروبی (MOST)، توسط شرکت نفت فیلیپس در ۱۹۵۰ (هیتزمن، ۱۹۵۹) توسعه یافته که بستگی به رابطه بین اختلافات میکروبی سطح، نشت هیدروکربن و نفت زیرسطحی بالقوه دارد (تاکر و هیتزمن، ۱۹۹۴). این نوع رویکرد ثابت کرده است در کشف مخازن نفت و گاز خشکی و دریایی موفق است (به عنوان مثال، باوم و همکاران، ۱۹۹۷؛ لوپز و همکاران، ۱۹۹۴؛ واگنر و

www.SID.ir

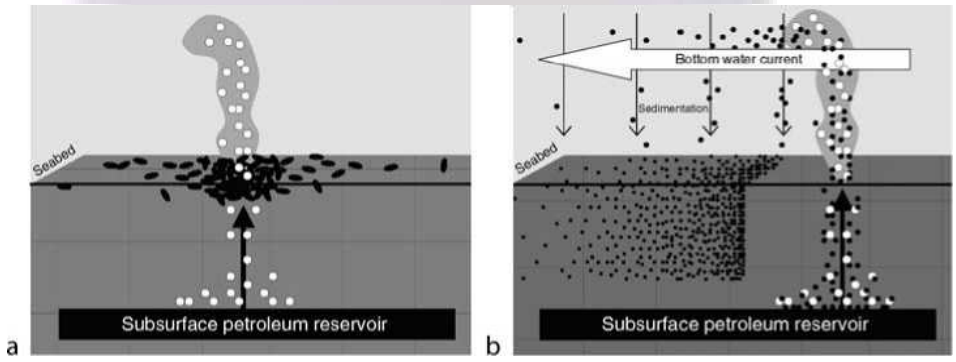
Archive of SID



همکاران، ۲۰۰۲). احتمال دوم مربوط به انتقال میکروب ها از مخازن نفتی از طریق جریان رو به بالای مایعات نفتی به طرف بستر دریا و آب دریا می باشد. میکروارگانیسم های مخزن ممکن است به اصطلاح سلول های " سواری مجانی " شوند بدین صورت که از یک محیط به محیط دیگری با چسبیدن به سطح حباب های گاز و یا گلبول های نفت در حال بالا رفتن، جابجا گردند (لیفر و جاد، ۲۰۰۲). در محیط دریایی این سواری مجانی ها ممکن است بیانگر شاخص های آشکار این مسیر حمل و نقل باشند. طبق بهترین دانش ما، پدیده و استراتژی سلول های سواری مجانی همچنان به صورت فرضیه باقی می ماند و قبل از این در جایی گزارش نشده است. هر دو سناریو اکتشاف در شکل ۲ به تصویر کشیده شده است. این مهم است که میکروب های هدف هر دو استراتژی پیشنهاد شده برای پی جویی تراوش مناسب باشند. انتخاب دقیق ارگانیسم های شاخص در حین شکار مناطق تراوش نفت، امکان خطا را به حداقل خواهد رساند.

### ۳-۱-استفاده از میکروارگانیسم های هیدروکربن غالب تراوش نفت

ناهنجاری های هیدروکربنی در رسوبات و خاکها به علت جریان همرفتی سیالات هیدروکربنی از زیر، در ترکیب ترکیبات هوازی و بی هوازی جوامع میکروبی ساکن در این مکان ها منعکس شده است. اکسیداسیون بی هوازی متان (AOM) یک فرایند میکروبی غالب در سایت های تراوش دریایی است، که به طور قابل توجهی انتشار متان محلی را کاهش می دهد و به عنوان یک منبع بزرگ متان در سطح جهانی از آن استفاده می گردد (یورگنسن و بویتیز، ۲۰۰۷؛ سوییینی، ۱۹۸۸). AOM توسط کنسرسیوم بی هوازی آرکی متانوتروپیک و باکتری های احیا کننده سولفات (SRB) که در سطح مشترک سولفات - متان عمل می کنند کاتالیز می شوند (بویتیز و همکاران، ۲۰۰۰). تراوش نفت ها یا گازهای هیدروکربنی سنگین تر (سنگین تر از اتان)، علاوه بر نتایج متان در غالب شدن توسط میکروب های هوازی و بی هوازی، قادر به متابولیزه کردن این بسترهای بزرگتر نیز می باشد. فعالیت های جوامع میکروبی اکسید کننده هیدروکربن chemosynthetic به خوبی شناخته شده زیرا آنها شبکه های غذایی بیولوژیکی چشمگیر که شامل انواع macrofauna در تراوشات دریایی در آب های عمیق هستند را پشتیبانی می کنند. آنها همچنین مسئول تشکیل سنگ های کربناتی درجازای متان با بازتاب صوتی بالا هستند که اغلب تشخیص سایت های تراوش را تسهیل می بخشد (جاد و هولاند، ۲۰۰۷).




۲-تصویر شماتیکی از پدیده های میکروبی نشت هیدروکربن از کف دریا. a) میکرواورگانیسمهای ایجاد شده توسط نشت b) توزیع سلول های هیتچهیکر توسط نشت های نفتی

اشغال سایت های تراوش توسط میکروارگانیسم های مفید هیدروکربنی (HUM) منجر به بالاتر بردن دانسیته های نرمال این میکروب ها نسبت به سایت های غیر تراوشی می شود (بریزبن و لاد، ۱۹۶۵؛ شکل a-۲). تشخیص ناهنجاری های بزرگ HUM در بررسی های نمونه گیری ممکن است مناطق نشت هیدروکربن فعال را نشان دهد. انتخاب ارگانیسم های شاخص برای تشخیص نشت و تراوش با این روش بنابراین باید شرایط در سایت های مرجع غیر تراوشی "طبیعی" را نیز در نظر بگیرید. علاوه بر میکروارگانیسم های کمک کننده به AOM، دیگر ارگانیسم ها نیز در بالاتر بردن تراکم طبیعی نسبت به تراوشات وجود دارند. متانومورف های هوازی ممکن است معرف یک گروه هدف خوب متابولیسم اجباری ترکیبات C1 باشند

www.SID.ir

Archive of SID



(هانسون و هانسون، ۱۹۹۶). افزایش تولید سولفید، پر شده با کنسرسیوم AOM و دیگر سولفات های کاهنده HUM ، منجر به جوامع بستری آشکار باکتری اکسید کننده سولفید، مثل گونه Beggiatoa ، در تراوشات می گردد (یورگنسن و بویتیز، ۲۰۰۷).

در حالی که تشخیص میکروب های دخیل در AOM، اکسیداسیون سولفید و یا اکسیداسیون متان هوازی ممکن است کمکی در جهت شناسایی تراوشات باشد اما فراوانی متان می تواند با توجه به نرخ بالای متان زایی میکروبی در زیر سطح کم عمق باشد. از این رو خود متان لزوماً نشان دهنده نشت نفت از زیر سطح های عمیق نیست (بریزبن و لاد، ۱۹۶۵؛ جاد و هولاند، ۲۰۰۷). هیدروکربن های بالاتر ممکن است شاخص های بهتری از مخازن نفتی زیر سطحی نسبت به متان باشند، زیرا آنها به طور کلی گرمازا در نظر گرفته می شوند (اگر چه اتان و پروپان با اثرات ایزوتوپی کربن مطرح تولید میکروبی مشاهده شده است. هینریچز و همکاران، ۲۰۰۶). نسبتهای ایزوتوپی کربن و هیدروژن و همچنین غلظت های گازهای هیدروکربن سنگین تر نسبت به متان به تشخیص بین ریشه های مولد حرارت (گرمازا) و میکروبی کمک می کند (ویتیکار، ۲۰۰۰). استراتژی MOST در هدف قرار دادن aerobes هایی که ترکیبات سنگین تر از اتان را اکسید می کنند موفق بوده است (تاکر و هیتزمن، ۱۹۹۴). میکروارگانیسم های دریایی مختلف می توانند هیدروکربن های سنگین تر از اتان را اکسید نمایند مانند جنس های مختلف باکتری های هوازی از جمله Gammaproteobacteria (هد و همکاران، ۲۰۰۶؛ کینامن و همکاران، ۲۰۰۷؛ ردموند و ولنتاین، ۲۰۰۵) و اکسید کننده به تازگی کشف شده اتان- ، پروپان -، و بوتان- ، بی هوازی کاهنده سولفات Deltaproteobacteria و Desulfotomaculum (کنیمیر و همکاران، ۲۰۰۷). این ها می توانند شاخص های خوبی از نشت هیدروکربن مولد حرارت باشند و ابزار خاص و مفیدی برای اکتشاف نفت دریایی باشند.

### ۳-۲- انتقال میکرواورگانیسم های ذاتی از طریق جریان رو به بالا

مخازن نفتی دست نخورده مناطق بی بازده نمی باشند، آنها توسط جوامع میکروبی گوناگون از نوع باکتری های هوا زی و بی هوازی، تحت سکونت واقع شده اند. فقط حباب های گاز که از نشت های کف دریا نشات گرفته است می تواند زیر سطح هایی که توسط میکروبها و مواد مغذی را به داخل ستونهای آبی حمل کنند، ما حدس می زنیم که راههای مهاجرت هیدروکربن که در راههای مخازن زیر سطحی عمیق نفتی اتفاق می افتد می تواند به عنوان کاندیدی برای انتقال فعال سلولهای هیتچهیکر به داخل کف دریا و یا از آن باشد. بنابراین، میکروبهای غیرهوازی مرتبط با مخازن نفتی می توانند به عنوان رسوبهای کف دریا در اطراف نشت باشند، و هر دوی این و میکروبهای مرتبط با نشت می توانند در ستونهای آبی پخش شوند. ما بنابراین پیشنهاد می کنیم که ثبت کردن نمونه های زیر دریایی برای باکتری های ذاتی مخازن نفتی یا آرکی می تواند برای روش های آینده خوب و مفید باشد.

بر خلاف استعمار رسوبی در اطراف نشت ها توسط HUM، توزیع سلولهای هیتچهیکر می تواند توسط نشت های نفتی فعلی موجود در اقیانوس ها کنترل شود. هیتچهیکر ها می توانند در آب یا رسوبها از فاصله های زیاد از نقطه ی منبع نشت قابل تشخیص باشند، در حالی که سایر شاخصه های ژئوشیمی نشت قابل تشخیص نمی باشند. فاصله از منبع نقطه ی نشت می تواند چگالی سلول هیتچهیکر را در نمونه های زیر آبی مشخص کند، این فرضیه در شکل ۲-b نشان داده شده است. مخازن زیر سطحی نفت محیط بسیار بزرگی را با توجه به پتانسیل ردوکس، فشار، دما، pH و شوری نشان می دهند. آب دریا یا محیط های رسوبی کف دریا نشان دهنده ی شرایط کاملاً متفاوتی در مقایسه با مخازن نفت می باشند، و سلول هیتچهیکر می تواند با استفاده از ابزار شناسایی مناسب قابل رویت باشد.

انتخاب هدف هیتچهیکر مناسب باری دنبال کردن آینده بستگی به اطلاعات در دسترس در رابطه با جامعه ی میکروبی مخازن نفتی دارد. مطالعات مربوط به تنوع میادین نفتی معمولاً بر روی نمونه های تولیدی از میادین نفتی که با تزریق آب می باشند، تمرکز دارند. میکروبهای مشخص شده در این مطالعه بنابراین می تواند نشان دهنده ی آلودگی در مقایسه با میکروفلورا های ذاتی مخازن باشند. این عدم اطمینان با استفاده از کشف آرچاگلوبوس اسپیپی در تولید سیالات از میادین نفتی تزریق آب که از لحاظ جغرافیایی در نقاط دوری قرار دارند، نشان داده شد: حتی با وجود این که دمای مخازن شبیه رنج دما برای رشد

www.SID.ir

Archive of SID



هایپرمووبولیک آرچاگلوبوس های ایزوله می باشند، محققین گمانه زنی کردند که بیرون ریختن های هیدروترمال زیر دریایی منابع این نوع سلولها می باشند. این توصیفات ممکن است نیازمند پاشیدگی از سایت های بیرون ریختگی، حفظ و ماندگاری در برابر هایپرترموپیلز در محیط های زیر دریایی سرد، ارائه ی این سلولها به مخازن از طریق تزریق آب دریا در پلتفرم های نفتی، و انتقال از مخازن به دیواره ی چالها می باشد. به عبارت دیگر، مطالعات بعدی نشان دادند که فولگیدوس آرچاگلوبوس در تشکیل آب از مخزن مختلف نفت داغ چه به صورت داخل ساحل و چه به صورت خارج ساحل نقش دارند و پیشنهاد کردند که فولگیدوس می تواند به صورت عادی در مخازن عمیق و داغ ساکن شود. بدین لحاظ، آرچاگلوبوس اسپیپی در آب سرد دریا یا رسوبات کف می تواند یک معرف آشکار از نشت مخازن نفتی نزدیک باشد. در هر حال، از آنجایی که آرچاگولوبوس اسپیپی همچنین در زیستگاههای خروجی هیدروترمال نیز سکونت میکنند، در نتیجه دنبال کردن اساس آرچاگلوبوس می تواند اصل هدایت به سمت کش خروجی های هیدروترمال به جای مخازن نفتی شود.

کاندیداهای سازماندهی هیتچهکر باید در زیستگاههایی مخزن نفتی ایجاد شود که این کار برای اشاره کردن به نشت نفت که آنها را به داخل محیط دریایی خارج می کند، مفید خواهد بود. ژنوم قابل بقا از افزایش تعداد دگرگونی فیزیکی و جغرافیایی مخازن نفتی بهبودی را در فهم جوامع میکروبی ذاتی فراهم خواهند کرد. این تلاش همچنین باید جوامع معمول را برای پتانسیل استفاده به عنوان معرف های آتی، آشکار کند. برای مثال، ژنهای ژئوتوگا و پتروتوگا فقط برای مخازن نفتی به خوبی شناسایی شده اند. و همچنین همین حرف را می تواند در رابطه با ترموتوگا و هالوآناروبیوم نیز زد. این اورگانیسم ها به عنوان اورگانیسمهای ذاتی در نظر گرفته می شوند و می توانند هدف های آینده ی خوبی باشند. اطمینان در انتخاب اورگانیسمهای هیتچهکر با گروه بندی محیط های مربوط به مخازن نفتی و مخازن غیر نفتی، مخصوصاً با روش مولکولی، برای آشکار ساختن گسترش میکروبی در این زیستگاهها افزایش پیدا خواهد کرد.

میکرواورگانیسمهای ایجاد شده توسط نشت که در بخش ۳-۱ مورد بحث قرار گرفته است و در شکل a-۲ نشان داده شده است همچنین می توانند به عنوان هدفی برای مهاجرت در کف دریا در صورتیکه جریان افقی سیال نفت از بین تورفتگی زیستگاه به صورت فیزیکی آنها را به خارج انتقال دهد، باشند. همچنین، نشت ایجاد شده از HUM نیز می تواند سلول هیتچهکر باشد.

## ۴- روشی برای مشخص کردن هدف میکرواورگانیسم برای نشت مورد انتظار

آزمونهای میکروبولوژی برای انتظار نشت می تواند بر روی ثبت فعالیت های با اساس پرورش برای هدف فنوتیپ یا ثبت مولکولهای مستقل از پرورش برای هدف سری ژنتیکی تمرکز کند. هر دو روش باید برای ارزیابی نمونه های محیطی از مکانهای مختلف مرتبط با یکدیگر برای مشخص کردن مناطق پتانسیل نشت نفت به صورت کمی باشند.

### ۴-۱-روش های کشف و ترویج غیر مستقل

عیار بیشترین تعداد ممکن (MPN) برای متانوترافیک و میکروبهای ظاهر شده ی هیدروکربن با $\geq C_2$ نشان می دهند که خاک از طریق میکروسیبها به مخازن نفتی زیر زمینی پناه داده شده $10^4$-$10^6$ g $^{-1}$ HUM وصل می شوند، که آن به اندازه ی کافی در سایت های مرجع بیش از $\leq 10^3$ $g^{-1}$ شناخته می شود. متانوتراف های هوازی متخصصین متعهدی می باشند که اجزا $C_1$ را اکسید می کنند، در حالی که هیدروکربن های اکسید شده ی هوازی می تواند به صورت متناوب در بستر های غیر کربنی استفاده شود. پلاستیسیته ی فنوتوتایپی میان HUM های هوازی می توا ند کاربرد آنها را به عنوان اورگانیسم مشخصه پیچیده می کند. بعلاوه برای کمی کردن HUM، تصویر نرخ اکسیدهای هیدروکربن در $\geq C_2$ به دی اکسید کربن می تواند در ارائه ی آنومالی HUM کمک کند. القا سریع نرخ بالا می تواند بر روی چنین فعالیت برجایی پیشنهاد میکند. مشاهده ی فاز لاگ ها در قبل از تنزل هیدروکربن می تواند نشان دهنده ی فنوتیپ HUM اتفاقی می باشد و نشانه ای از هیدرو کربن ها در محیط نمونه گیری می باشد. با ترکیب MPN و نرخ اندازه گیری عیار، وگنار و همکاران دریافتند که شاخصه های میکروبولوژی در ۹۰ درصد موارد آزمایش در توافق با داده های لرزه ای و حفاری می باشد، بنابراین توزیع فضای

www.SID.ir

Archive of SID



زیست شناسی مستقیماً باعث کشف میدان نفت و گازی جدید در شما ل غرب اروپا شد. دیگران نیز موارد مشابهی نرخ های موفق دیگری را با توجه به تصویر سازی سطح نمونه با روش هایی مشابه دادند.

### ۴-۲- روش های کشف و ترویج مستقل

شرکت های نفتی بزرگ شروع به استخدام تکنسین های میکروبولوژی مولکولی در جنبه های عملیات خود مختلف کردند. برای مثال، برنامه ی بیوتکنولوژی استات اویل شامل گسترش مساله ی مربوط به ژن از مخازن و محیط های نشت که در تلاش های مربوط به هدف اکتشاف می باشد، می شود. این ممکن می باشد که اورگانیزم مشخصه ی مناسب در هسته ی مخزن نفتی مشخص بدست آید. مزایای روش مولکولی نسبت به آزماینده ی غیر مستقل بدست آمده از فنوتایپ شامل پتانسیل برای آنالیزهای ظرفیت پذیرش بالای بسیاری از نمونه ها، که کاربرد و ارزش هر مطالعه ی استراتژیک سطحی آینده را بهبود خواهد بخشید. انتخاب مطمئن اثر ژنتیک در اکتشاف برای نشت نفت HUM کوچ داده شده به این بستگی دارد که مساله و سری های مربوطه چقدر خوب می توانند وادار شوند که فنوتایپ اکسید کربن شوند. ژن های در ارتباط با فنوتایپ اجباری دارای شایستگی بیشتری نسبت به آن آنزیم هایی خواهند داشت که برای هیدروکربن سوخت و ساز وجود دارد، که الزاماً به صورت ساختاری توضیح داده نخواهند شد. کاوش های ژنتیک باید با دقت انتخاب شوند و نتایج آنها نیز با احتیاط باید ارائه گردند.

### ۴-۳- شناسایی سلولهای هیتچهکر در محیط های زیر آبی

بررسی هدف قرار دادن سلولهای هیتچکر برای نشت نفت در آینده در علم ما مورد مطالعه قرار نگرفته است. در اصل، به محض اینکه هدف اورگانیسم شایسته ای انتخاب شد، آزماینده های کشف و ترویج مستقل و غیر مستقل را می توان مورد استفاده قرار داد و آن را گسترش نیز داد. شناسایی هیتچکر می تواند به شدت از استفاده از روش معمولی که تراکم مولکولی بر اساس ژن اولیه ی، می باشد متفاوت باشد. به نظر می رسد که معرف بخش کوچکی از میکروبها در نمونه ای از آب دریا یا رسوب می باشند، که از قسمتی به اسم بیوسفر کمیاب تشکیل شده است. بنابراین اورگانیسم هایی هدف فقط در سری تلاشهای حجیم یا، به صورت عملی تر برای دورنما با استفاده از کاوشی که به صورت خاص سلولهای هیتچکر را مورد توجه قرار می دهند، می توانند تشخیص داده شوند.

شناسایی سلولهای هیتچهکر همچنین باید با استفاده از عدم آزماینده ی استقلال بوجود آمده در فنوتایپ که هدف آن اورگانیسم های کمیاب توسط رشد شرایطی که بازتاب کننده ی اختلاف میان مخزن نفتی و محیط های زیر آبی با توجه به پتانسیل ردوکس، فشار، دما، pH یا شوری است، می باشد. این می تواند راهی را پیشنهاد دهد که، اورگانیسم هایی که نشان دهنده ی نشت های نزدیک و مخازن نفتی می باشند، را شناسایی کند. تلاش های مربوط به ترویج معمولاً رشد تنها بخش کوچکی از نوع سلول حاضر را وادار می کند و این معمول می باشد که اورگانیسمهای به کار برده شده الزاماً اورگانیسم های چیره در محیط پیچیده نمی باشند. هیتچهکر های مشخص ممکن است که مسئول تصویر کردن ترویج غیر مستقل باشند، که در پیگیری نشت مفید خواهند بود.

### ۵- ترکیب میکروبیولوژی در اکتشاف نشت نفت

سنجش های استراتژیکی که ما معرفی کردیم، از یکدیگر مستقل می باشند. هر دو می توانند فعالیت های اکتشافی حاضر را تکمیل کنند. دو استراتژی اکتشافی ممکن می باشند:

۱-نمونه های خاک یا رسوب می توانند جمع شده آنالیزهایی بر روی آنها برای: a) میکروبهای درجایی که توانایی استفاده از گازهای و مایعات هیدروکربنی بالایی دارند و b) میکروبهای هیتچهکر بوجود آمده از مخازن نفتی مدفون یا نشت های نزدیک

www.SID.ir

Archive of SID



انجام شود. همچنین می تواند مشخصه ی حضور هیدروکربنهای مولد حرارت در عمق باشند و توسط راه مهاجرت سیال به بخش نمونه برداری وصل شده باشد.

۲-(بررسی ساحلی) نمونه های ستونی آب می توانند برای بدست آوردن میکروبهای هیتچهکر از a) نشت یا b) مخازن نفتی و نشت های مرتبط جمع آوری و آنالیز شوند. همچنین می توانند مشخصه ی حضور یک یا چند نشت حاضر از مکان فعلی نمونه شوند.

در هر دو مورد برنامه ی نمونه برداری می تواند به صورت مستقل در مراحل اولیه ی چرخه ی اکتشاف انجام شود. متناوباً (و بیشتر عملی)، نمونه برداری بخشی از برنامه اکتشاف ترکیبی را با به کار بردن روش های مختلف تشکیل خواهد داد.

### ۵-۱- نمونه برداری از خاک و رسوب

اکتشافات غیر مجاز برای HUM برای مشخص کردن جریان نفت با استفاده از جمع آوری خاک یا رسوب در طول گرید برای چندین کیلومتر با استفاده از چند صد متر نمونه ی مختلف بوجود آمده است. وضوح نمونه برداری را می توان تعدیل کرد که این کار بستگی به منطقه ی مورد بررسی و ظرفیت در نظر گرفته شده و فرآیند نمونه برداری دارد.. اکتشافاتی که بر اساس هیتچهکر در رسوبهای زیر دریایی انجام می شوند ممکن است که نتایج مفیدی را در اندازه های بزرگ نسبت به تصویر برداری برای مهاجرت HUM بدست می دهد (شکل ۲). از یک دید عملی، مزایایی در درنظر گرفتن ترکیبی از بررسی نمونه های میکروبی و ژئومکانیکی همانطور که بعدها نیازمند جمع آوری نمونه می باشیم، وجود دارد. برنامه ی نمونه برداری ای که ما در نظر داریم برای این ابداع شده است که تمایل منطقه ای با استفاده از گرید نمونه برداری استراتژیک مشخص گردد، یا هدف مشخصی که قبلاً مشخص شده است بدست آید. هدف دوگانه (میکروبی و ژئومکانیکی) نمونه برداری می تواند ترکیب کامل داده ها را ممکن سازد و همچنین سود منطقی مشخصی نیز خواهد داشت.

### ۵-۲- نمونه برداری ستون آبی

نمونه برداری ستون آبی در حالت کلی به عنوان بخشی از مراحل اکتشاف نفتی در نظر گرفته نشده است. در هر حال، مثال های بسیاری وجود دارد که در آن داده های صوتی و ژئومکانیکی توده های نشت ( با استفاده از تمرکز بالای متان و مواد خاص مشخص می گردند) را که ممکن است صدها متر بالاتر از مواد پاشیده شده ی کف دریا در یک منطقه ی قابل توجه جغرافیایی، نشان داده اند. نمونه های ستون آبی برای اکتشافات میکروبی در مراحل اولیه ی برنامه ی اکتشافی، با استفاده از مشخصه های اضافه ی میکروبی از نشت می تواند آنالیز شود. سطح صاف دریا که در داده های ماهواره ای SAR مشخص می گردند می توانند هدایت کننده ی استراتژی نمونه گیری باشند. پتانسیل پیچیده برای استفاده از منشاء سلولهای هیتچهکر در مخازن نفتی برای مشخص کردن نشت می تواند حجم بالای آب تولید شده ی خالی شده درون محیط زیر آبی در برخی از تجهیزات تولید نفت ساحلی باشد. این فعالیت به طور معمول میکروبهای ذاتی مخازن نفتی را در ستونهای آبی تزریق می کند. بنابراین روش اکتشافی هیتچهکر می تواند کاربرد بیشتری را در مناطق مرزی و به دور از پلتفرم های ساحلی موجود داشته باشد.

### ۵-۳- آنالیز داده ها و ادغام

سنجش پیشنهاد شده می تواند بررسی های ژئومکانیکی و بررسی های صوتی زیر دریایی را کامل کند. بررسی های ژئومکانیکی، هم به صورت دریایی و هم به صورت ساحلی، با موفقیت منطقه ی مورد بررسی و شناسایی شده ی مکانهای مشخص نشت که توسط تمرکز آنومالی هیدروکربن ها، نسبت مشخصی از گازهای هیدروکربنی بالا برای متان، و غیره را انجام داده است. بررسی ساحلی ژئومکانیکی معمولاً متمم بررسی صوتی با دقت بالا می باشد. به غیر از فرآهم آوردن دیدی از بستر دریا و شرایط اعماق کم از زیر دریا، بررسی صوتی زیر دریایی برای مکان یابی کردن پتانسیل نشت با استفاده از مشخص

www.SID.ir

Archive of SID



کردن: شرایط کف دریا مثل پوک مارکها و گلهای آتشفشانی؛ گازهای پمپی ستون آبی که متشکل از حبابها بوجود آمده می باشند؛ قابلیت بازتاب کف دریای بالا از زمین های سخت که متشکل از کربناتهای درجازای متشکل از متان و جوامع نشت ماکروفیونال انجام می گردد.

موفقیت هر دو روش ژئوشیمیایی و صوتی نه تنها به مناسب بودن داده های اکتسابی بستگی دارد، بلکه در ارائه ی این دو نوع داده نیز بستگی دارد. سنجش پیشنهاد شده نتایجی را فراهم می آورد که به طور مستقیم آماده ی ارائه می باشند، که بر اساس حضور و فراوآنی میکرو اورگانیسم های کلیدی می باشد. با انتخاب محتاطانه ی اهداف میکروبیولوژیکی، شانس ها برای تعبیر غلط بسیار کم خواهد بود، که نمونه ها و پروتکل های سنجشی را فراهم می کند که به آن پایبند می باشند.

سنجش داده ها باید اکتسابی باشند و در کنار سایر انواع داده های مشخص شده در بالا مورد تفسیر قرار بگیرند. وزن ترکیب شده از شواهد به ناچار ارزیابی از ریسک اکتشاف و بنابراین اهداف تصمیمات گرفته شده را قدرتمند تر می کند. در هر حال، سنجشی که میکرواورگانیسم ها و به خصوص سازگار زیستگاه ها (مخازن نفتی و نشت ها) اهدافی را برای ارزیابی نتایج بدست آمده از تکنیک مورد استفاده بدست می دهد. به عنوان نتیجه ای از آن، ما مشاهده می کنیم اهدافی برای سنجش های میکروبیولوژی در توزیع بی رشته ای برنامه ی اکتشاف نفت و گاز وجود دارد.

## ۶- نتیجه گیری

با توجه به نیاز جهانی انرژی در سالهای پیش رو، نیازمند تلاش سازنده که شامل بهبود استراتژی برای کشف ذخایر نفت و گاز جدید می باشد است. برای میکروبیولوژیست ها، سالهای پیش رو همچنین قول گسترش سریع محیط ژنی سری های اطلاعاتی و اهمیت خاص تحقیق در زیستگاه های زیر زمینی میکروبی را می دهد. تنوع زیاد بررسی ها در حال حاضر بر روی ته دریاهایی تمرکز دارد که با سوخت نفت یا جریانهای هیدروترمال پر شده اند. این دانش برای انتخاب هدف اورگانیسمی خوب برای اکتشافات میکروبی، همچنین بهبود فهم گستردگی در زیستگاه های عادی که با نشت نفت غیر مرتبط می باشند، که باعث فراهم آمدن اطلاعات مرجع معیار می شود، کاربرد دارد. برای انتخاب سلول هیتچهکر کاندید، پیشرفت های بزرگی در علم میکروب شناسی مخزن مورد نیاز خواهد بود. همچنین، گذرگاه پیشنهادی ما برای انتقال میکروب از مخازن نفتی از طریق نشت جریان هیدروکربنی به محیط زیردریایی به صورت نظری باقی می ماند؛ داده های حمایت کننده از این فرضیه در فهم اینکه چگونه سلولهای هیتچهکر برای صنعت نفت مفید خواهد بود، کمک بزرگی خواهد بود. ابزارهای میکروبیولوژی می توانند استراتژی های موثر قیمتی برای الحاق درون استراتژی های اکتشافی نفت و گاز پیشنهاد کنند، که اکتشاف را میان بسیاری از بخش های صنعت نفت که برای میکروبیولوژی سودآور می باشند قرار می دهد.

## ۸-منابع


- Abrams MA, Segall MP (2001) Best practices for detecting identifying and characterizing near-surface migration of hydrocarbons within marine sediments. In Offshore Technology Conference, May 2001, Houston, TX, Paper OTC 13039.
- Baum MG, Bleschert KH, Wagner M, Schmitt M (1997) Application of surface prospecting methods in the Dutch North Sea. Petrol Geosci 3: 171–181.
- Beeder J, Nilsen RK, Rosnes JT, Torsvik T, Lien T (1994) Archaeoglobus fulgidus isolated from hot North Sea oil field water. Appl Environ Microbiol 60: 1227–1231.
- Bird KJ, Charpentier RR, Gautier DL, Houseknecht DW, Klett TR, Pitman JK, Moore TE, Schenk CJ, Tennyson ME, Wandrey CJ (2008) Circum-Arctic resource appraisal; estimates of undiscovered oil and gas north of the Arctic Circle: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2008–3049, p. 4 [http://pubs. usgs.gov/fs/2008/3049/fs2008–3049.pdf] (accessed on 2 May 2009).


www.SID.ir

Archive of SID



www.Reservoir.ir


- Head IM, Jones DM, Ro¨ling WFM (2006) Marine microorganisms make a meal of oil. Nat Rev Microbiol 4: 173–182.

- Hinrichs KU, Hayes JM, Bach W, Spivack AJ, Hmelo LR, Holm NG, Johnson CG, Sylva SP (2006) Biological formation of ethane and propane in the deep marine subsurface. Proc Natl Acad Sci USA 103: 14684–14689.

- Kniemeyer O, Musat F, Sievert SM, Knittel K, Wilkes H, Blumenberg M, Michaelis W, Classen A, Bolm C, Joye SB, Widdel F (2007) Anaerobic oxidation of short-chain hydrocarbons by marine sulphate-reducing bacteria. Nature 449: 898–901.

- Sette LD, Simioni KCM, Vasconcellos SP, Dussan LJ, Neto EVS, Oliveira M (2007) Analysis of the composition of bacterial communities in oil reservoirs from a southern offshore Brazilian basin. Antonie van Leeuwenhoek 91: 253–266.


www.SID.ir