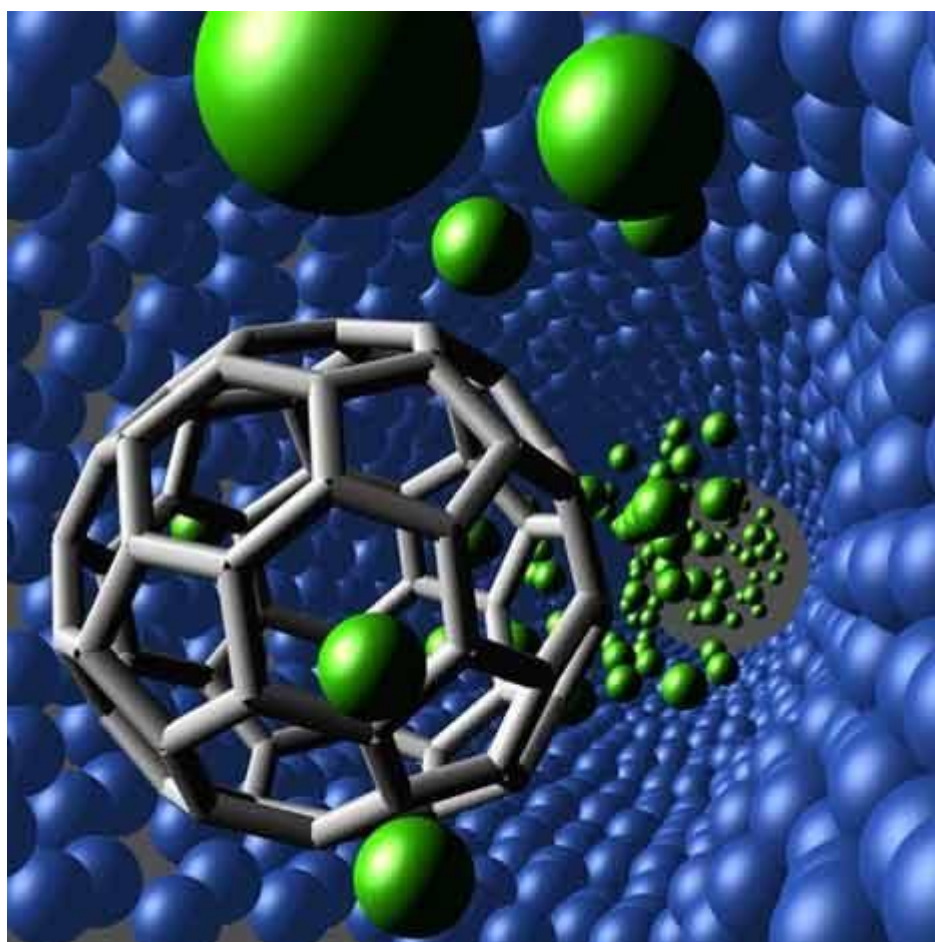


# نانو تکنولوژی در صنعت نفت



طبق بررسی های محققان در پنجاه سال آینده میزان تقاضای جهانی انرژی دو برابر خواهد شد. بنابراین نیاز به استفاده از تکنولوژی های جدید و بازرگری در نوع تولید و مصرف منابع انرژی به شدت احساس می شود. در این میان علم نانو فناوری با نگرشی جدید که در ساختار و چینش مواد بوجود آورده، روش های بسیار مناسبی را در جهت استفاده از فرآیندهای مختلف در حوزه انرژی ایجاد کرده است. در حقیقت نانو فناوری می تواند با کمک به یافتن منابع هیدروکربوری بصورت دقیق تر و با جزئیات بیشتر به خصوص در فواصل عمیق تر و نیز اندازه گیری ابعاد مخزن با استفاده از روش های لرزه نگاری و مغناطیسی پیشرفته، نقش عمده ای را در بهبود فرآیند بهره برداری و تولید سیال از چاه ایفا کند. در بخش بالا دستی نفت اولین مرحله برای دست یابی به نفت و بهره برداری از آن، اکتشاف مخازن است. با بدست آوردن مجموعه ای از اطلاعات از لایه های مختلف زمین با استفاده از روشهای زمین شناسی، ژئوفیزیکی و ژئوشیمی، محل و کیفیت نفت خام یا گاز کشف می شود و بدین ترتیب با تشخیص محل صحیح نفت و گاز موجود در اعماق زمین می توان به حفاری و استخراج این مواد اقدام کرد. در حقیقت ابتدا با توجه به مطالعات سطحی و صحرایی محیط، مجموعه ای از اطلاعات اولیه بدست می آید و اولویت های سایر روش های اکتشافی مشخص می شود.

## روش های سطحی

گاه مطالعه برخی از نشانه ها در سطح زمین می تواند راهنمای ما برای کشف مخازن احتمالی باشد. بخشی از لایه هایی که هزاران متر زیر زمین هستند، ممکن است در اثر عوامل مختلفی به سطح زمین رسیده باشد و ما آن بخش از لایه را که برونزد (outcrop) آن نامیده می شود، مشاهده کنیم. ابتدایی ترین کار در اکتشاف مخازن نفت این است که با مطالعه برونزدها و نشانه های سطحی، اطلاعاتی در مورد سازندهای نفت بدست آورد و یا با مطالعه ساختارهای زیرزمینی که آثار آن ها در روی زمین قابل مشاهده و بررسی است، تا حدودی به وجود تله های نفتی پی برد و همچنین اگر در سطح، چشمه های نفتی (oil spring) وجود داشت با مطالعه آن ها به سنگ منشأ (source rock) آن پی برد و از این طریق مخازن احتمالی را شناسایی کرد.

## کاربرد نانو فناوری در اکتشاف مخازن نفتی و گازی

با توجه به اینکه منابع نفتی که به راحتی قابل دسترس هستند رو به کاهش بوده و از طرفی تقاضا برای نفت در حال افزایش است لذا روش های پیچیده تری برای بهبود تکنیک های تعیین مشخصات مخزن و فرایندهایی که منجر به ازدیاد برداشت می شوند مورد نیاز است. براساس تخمین های معتبری که به وسیله دپارتمان انرژی امریکا و دیگر مؤسسات تحقیقاتی، انجام گرفته است، تقریباً ۶۷ درصد از کل نفت امریکا در درجا باقی می ماند که برای برداشت این مقدار نفت باقی مانده به روش ها و تکنیک های پیشرفته نیاز می باشد.

فناوری های جدیدی برای رویت و محاسبه خواص درون مخزن مورد نیاز است چرا که به کمک چنین حسگرهایی می توانیم درک بهتری از برهمکنش های بین سیال و سنگ مخزن پیدا کرده و راه حل های مناسب تری را برای

استحصال نفت و گاز محبوس و باقی مانده در مخزن ارائه دهیم. همچنین فناوری های بهتر حسگرها ما را قادر می سازد تا به محدوده های دمایی و فشاری ارتقا یافته در چاه های عمیق و شرایط نامساعد برسیم.

کاربرد نانو مواد در زمینه اکتشاف سیالات هیدروکربنی را می توان اینگونه در نظر گرفت:

۱\_ کشف هیدروکربن ها

۲\_ اندازه گیری سایز مخزن

امروزه محققان بر این باور هستند که صنعت اکتشاف مخازن زیرزمینی نیازمند تحولی است تا بتوان هیدروکربن ها را در نقاط مختلف زمین شناسائی نمود. زیرا گاهی حتی لرزه نگاری های دو و سه بعدی نیز قادر به ارائه اطلاعات روشنی از ساختار زمین شناسی برخی نواحی خاص نمی باشند. محققان بر این باورند که نانوتکنولوژی قادر است تمامی این مشکلات را به خوبی حل کند، زیرا علم نانو می تواند با تولید نانوذرات یا نانوحسگرهای قوی، اطلاعات بسیار باارزشی را از ساختار مخزن جمع آوری نموده و ارائه دهد.

### کاربرد نانوفناوری در مدیریت مخازن نفت و گاز

مخازن نفتی و گازی در حقیقت منابع عظیمی از سیالات هیدروکربوری هستند که دارای شرایط فیزیکی و شیمیائی خاص خود بوده و در طول کل فرآیند اکتشاف، استخراج، تولید و افزایش بهره برداری نیاز است تا رفتار و نیز ساختار زمین شناسی و درونی آنها تا حد امکان به خوبی شناسائی و عملیاتی که بر روی آنها انجام می گیرد، با دیدی باز و علمی تعیین گردد. مدیریت مخازن به اصطلاح به بررسی، پایش و دریافت اطلاعات صحیح از خصوصیات و رفتار مخزن و همچنین کنترل فرآیندهای ناخواسته که بعنوان مانعی بر سر راه تولید قرار می گیرند، اطلاق می شود.

امروزه محققان به دنبال پاسخی برای این پرسش هستند که در آینده در زمینه مدیریت مخازن چه روش هایی مورد توجه قرار خواهد گرفت و فناوری های جدید چه تغییراتی در روش مدیریت مخازن ایجاد خواهد کرد؟

در طول دو دهه گذشته پیشرفت های زیادی در زمینه توانایی های کاوش، جمع آوری اطلاعات و توانائی های محاسباتی صورت گرفته است. همچنین با کاهش جهانی تولید نفت سبک، افزایش تمرکز بر تولید نفت سنگین و گاز طبیعی چالش های جدیدی را ارائه خواهد کرد. لذا تعداد حسگرها و میزان داده ها در حال افزایش است. همچنین استفاده از داده های لحظه ای و آنالیز خودکار داده ها متداول شده است. با پیشرفت فناوری ها و با ورود نانوفناوری به این حوزه، تغییرات وسیعی در تبدیل داده های جمع آوری شده به اطلاعات و از آنجا افزایش توان تصمیم گیری درست بر پایه این اطلاعات و نیز بهبود فرآیندهای تولید سیال هیدروکربوری ایجاد شده است. برای مثال محققان نشان داده اند که با استفاده از نانوحسگرها می توان به اطلاعات دقیقی از خواص فیزیکی و شیمیائی و نیز ساختار داخلی مخازن دست پیدا نمود که این امر در کنترل وضعیت چاه ها، افزایش میزان سیال برداشت شده و کنترل کیفیت آن بسیار موثر است. همچنین طبق بررسی ها و مشاهدات، مهاجرت ذرات درون سازند در طول فرآیند تولید سیال هیدروکربنی همواره

مشکل زا بوده و این ذرات می توانند از فواصل دور درون سازند حرکت نموده و با تجمع در نواحی دیواره چاه سبب ایجاد اختلال در فرآیند تولید شده و نیز به شکل توده ای به یکدیگر چسبیده و سبب مسدود شدن غربال های کنترل شن، فرسایش موضعی آنها و نیز آسیب رسانی به پمپ ها شوند. لذا به منظور غلبه بر این معایب لازم است تا ذرات مهاجر تا حد امکان دور از دیواره چاه نگه داشته شوند. در این زمینه نانوذرات و نانوسیالات ویژگی های بسیار مناسبی در تثبیت این ذرات ریز و بهبود فرآیند تولید نشان داده اند.

## کنترل شن و ذرات

بر اساس منابع مطالعاتی، ذرات ریز سازندی به عنوان ذرات سست یا ذرات جامد رها شده شناخته می شوند که در خلل و فرج ماسه سنگها وجود دارند. اندازه این ذرات کمتر از ۳۷ میکرون می باشد و شامل ذرات رسی و غیر رسی و ذرات باردار و بدون بار هستند. این ذرات به راحتی با هر سیالی که از بین ماسه سنگها جریان یابد، انتقال یافته و در نتیجه با تولید سیالات هیدروکربنی یا آب از چاه و در محیط متخلخل از فواصل دور و از تمامی جهات تا فواصل نزدیک دیواره چاه حرکت می کنند. زمانی که تولید از چاه ادامه می یابد، مقدار زیادی از ذرات ریز در نزدیکی چاه تولیدی تجمع یافته، فعل و انفعال انجام داده و ذرات بزرگتری را تشکیل می دهند که می تواند موجب بسته شدن حفره ها و انسداد غربال ها گردد که خود این عمل سبب کاهش شدید تولید می گردد. همچنین عامل نگران کننده دیگر خوردگی غربال های موجود در چاه و نقص پمپ های بهره برداری می باشد. امروزه مطالعات بسیاری برای کنترل حرکت ذرات ریز سازندی انجام گرفته و برخی از مهمترین روش ها بر پایه استفاده از نانومواد مورد بحث قرار می گیرد.

## استفاده از نانوذرات

نانو ذرات سنتز شده قابلیت ها و ویژگی هایی دارد که می تواند در برداشت نفت سودمند باشد. Binshan و همکارانش نانو ذره لیئوفیلیک آبدوست پلی سیلیکون (LHPN) را معرفی کردند که می تواند با جذب بر دیواره های محیط تخلخل زیاد سنگ را تغییر دهند. اگر یک مخزن نفت دوست بتواند با جذب نانو ذرات LHPN بر دیواره محیط متخلخل به سنگ مخزن آب دوست تبدیل شود، نفوذ پذیری نسبی فاز نفت افزایش می یابد و نفوذ پذیری نسبی فاز آب کاهش می یابد. بنابراین برداشت نفت به کمک نانو ذرات LHPN بهبود پیدا می کند. به دلیل نیروهای زیاد سطحی نانو ذرات مانند نیروهای واندروالسی و الکتروستاتیکی نانو ذرات خاصی می توانند به طور مؤثری مهاجرت ذرات ریز را کنترل کنند. به دلیل خصوصیات خاص و پتانسیل برهمکنش نانو مواد در مقایسه با توده مواد سازنده آنها، به نظر میرسد که نانو مواد بهترین مواد برای استفاده در طراحی سیال های هوشمند در حوزه های نفت و گاز هستند. علاوه بر این به دلیل آزادی عملی که در ساخت نانو ذرات با رفتارها و عملکرد دلخواه و همچنین طبیعت یونی آنها، شکل فیزیکی و اندازه های آنها، چگالی بار و حجم واحد این ذرات وجود دارد، این فناوری راه را برای توسعه نسل جدیدی از سیالات باز می کند.

در یک آزمایشگاه تخصصی نفت، سیالی پیشرفته که با نانوذرات و پودرهای فوق ریز مخلوط شده بود، ساخته شد. آزمایش ها نشان داده است که این سیال به شدت سرعت حفاری را افزایش می دهد. چنین سیالی همچنین از وارد شدن صدمه به سنگ مخزن در چاه نیز جلوگیری کرده و موجبات برداشت نفت بیشتر را فراهم می کنند.

## ازدیاد برداشت نفت

روش های ازدیاد برداشتی که تا درجات مختلفی از نظر تجاری موفق بوده اند بر سه دسته اند:

☑ **برداشت حرارتی**، که شامل اعمال حرارت به مخزن با تزریق مثلاً بخار آب به آن است تا بدین وسیله ویسکوزیته نفت سنگین لزج کاهش پیدا کرده و توانایی آن برای حرکت در مخزن افزایش یابد.

☑ **تزریق گاز**، تزریق گازهایی مانند گاز طبیعی، دی اکسید کربن و نیتروژن است که در مخزن منبسط شده و باعث حرکت نفت به سمت دهانه چاه می شوند. همچنین تزریق گازهای دیگر که در نفت حل می شوند و باعث کاهش ویسکوزیته آن شده، حرکت نفت را داخل مخزن آسان تر می کند.

☑ **تزریق مواد شیمیایی**، شامل مولکولهایی با زنجیره مولکولی بلند نظیر پلیمرهایی می شود که تأثیر سیلاب زنی با آب را افزایش می دهد. همچنین این مواد شیمیایی می توانند عواملی مانند مواد فعال سطحی باشند که برای کاهش کشش سطحی به کار گرفته می شود تا از تشکیل قطره های نفت در اثر عبور نفت از مخزن جلوگیری شود.

ویسکوزیته سیالی که به مخزن تزریق می شود تا نفت را جا به جا کند مانند آب، دی اکسید کربن یا محلول های حاوی مواد فعال سطحی، معمولاً از ویسکوزیته نفت کمتر است. در این شرایط اضافه کردن نانو ذرات می تواند ویسکوزیته سیال تزریق شده را روی مقدار بهینه تنظیم کرده و حرکت را در مخزن بهبود بخشیده و در نتیجه بازدهی برداشت نفت را افزایش می دهد.

## فراوری و پالایش

امروزه بزرگترین و اصلی ترین چالش و مشکلی که پیش روی صنعت فراوری و پالایش نفت خام وجود دارد، کم کردن جریان گوگرد و دی اکسید کربن به اتمسفر برای ثابت نگه داشتن میزان دی اکسید کربن اتمسفر و مسائل مربوط به پدیده گرم شدن زمین و محدود کردن میزان گازهای گلخانه ای ورودی به جو است. چالش دیگری که در مقابل این صنعت قرار دارد انتظار بازار و جامعه جهانی از این صنعت برای تولید سوخت و خوراک سازگار با محیط زیست و با کیفیت است. ناخالصی هایی مانند ترکیبات سنگین آلی در نفت خام نیز چالشی بزرگ پیش راه صنعت فراوری و پالایش نفت است. این فشارهای روز افزون باعث شده است تا پالایشگاه ها روی کاهش هزینه های خود، کاهش انرژی مصرفی و استفاده از فناوری های نوین برای رسیدن به حداکثر جوابگوی تقاضای بازار و در عین حال فراهم نمودن استاندارد های زیست محیطی، تمرکز کنند. در دو دهه گذشته فناوری نانو سهم قابل توجهی از صنعت فراوری و تبدیل سوخت های فسیلی را به خود اختصاص داده است. توسعه کاتالیست های مزوپور مانند (MCM-41) پالایش

پایین دستی را به طور قابل توجهی دستخوش تحول کرده است. نانو فیلترها و نانوذرات این قابلیت را دارند که عناصر و مواد سمی مضر مانند نیتروژن دی اکساید، سولفور اکساید و اسیدهای مربوط به آنها و انیدرید اسیدها را از بخار، جیوه را از خاک و آب، با دقت بسیار بالا جداسازی کنند. همچنین به کمک فناوری نانو می توان محلول هایی را برای جذب کربن و ذخیره دراز مدت فراهم کرد. به کمک فناوری نانو توسعه و ساخت نسل جدیدی از نانو غشاها، برای ارتقا جداسازی جریان های گاز و حذف ناخالصی ها از نفت، امکان پذیر شده است.

حوزه چالش دیگری که پیش روی صنعت فراوری نفت وجود دارد، سبک سازی قیر و نفت خام سنگین است. به خاطر چگالی و ویسکوزیته بالا تعامل و انتقال این مواد به نقطه ای که بتوان آنها را به محصولات با ارزش تبدیل کرد، بسیار مشکل است. نانو کاتالیست ها می توانند در سبک سازی قیر و نفت خام سنگین بسیار مثر ثمر باشند. تلاش های تحقیقاتی جدی برای توسعه فرایندها و به طور خاص طراحی نانو کاتالیست هایی برای این فرایند همرا با تولید متان و هیدروژن صورت گرفته است.

### نانوغشاها

اصولا غشاء نوعی لایه نازک و نیمه تراوا است که با استفاده از نیروی محرکه اعمال شده می تواند مواد را جداسازی نماید. انواع روش های جداسازی ذرات توسط غشاء را می توان به میکروفیلتراسیون (MF) ، اولترافیلتراسیون (UF) ، نانوفیلتراسیون (NF) و اسمز معکوس (RO) تقسیم بندی نمود.

در عملیات نانوفیلتراسیون از نانوغشاءها استفاده می شود که دارای اندازه حفراتی در حدود یک هزارم میکرون می باشد. مهمترین کاربرد نانوغشاءها در مدیریت مخازن، مربوط به تزریق آب دریا به مخازن در عملیات سیلاب زنی و تثبیت فشار می باشد. در این حالت آب دریا حاوی ترکیبات یونی فراوانی مانند  $Na^+$  ،  $Ca^{2+}$  ،  $Mg^{2+}$  ،  $Cl^{-1}$  و  $SO_4^{-2}$  بوده و رسوب این ترکیبات بر روی تجهیزات درون چاهی سبب ایجاد آسیب و خوردگی در آنها می گردد. یکی از مهمترین خوردگی های ایجاد شده در تجهیزات درون چاهی بر اثر ترکیبات سولفات است و به این منظور محققان از روش نانوفیلتراسیون جهت تولید آب تقریباً فاقد سولفات به منظور کاربرد در عملیات تزریق آب استفاده نمودند. همچنین در روش دیگر محققان به بررسی پایداری مقاومت این نانوفیلترها پرداختند. آنها از یک کامپوزیت سه لایه ای که قابلیت کاربرد تا دمای ۷۵ درجه سانتیگراد را داشته و فاز عبوری از آن حاوی غلظت های مطلوب از یونها است استفاده نمودند. آب تصفیه شده با این نانوفیلتر مستقیماً در عملیات سیلاب زنی فشار بالای لایه های زیرزمینی تراوا بکار برده شد. فرایند سیلاب زنی جهت عملیات ازدیاد برداشت، نیاز به آبی دارد که عاری از ترکیبات خاص جامد آلی و معدنی و نیز یونهای دوظرفیتی باشد تا از مسدود شدن حفرات تراوای سازند تا حد امکان جلوگیری شود. همچنین ترکیبات یونی آب تزریقی باید حتی الامکان مشابه آب موجود در لایه های تولیدی باشد تا تغییر در سختی یونها سبب ایجاد تورم در ذرات خاک رس و از آنجا کاهش تراوایی سازند نگردد.

## آلودگی نفت و نانوتکنولوژی

آلودگی توسط مواد شیمیایی و یا گازهای آلاینده یک مبحث بسیار دشوار در تولید نفت و گاز می‌باشد. نتایج بدست آمده از تحقیقات دانشمندان حاکی از آن است که نانوتکنولوژی می‌تواند تا حد مطلوبی به کاهش آلودگی کمک کند. در حال حاضر فیلترها و ذراتی با ساختار نانو در حال توسعه می‌باشند که می‌توانند ترکیبات آلی را از بخار نفت جدا سازند. این نمونه‌ها علیرغم اینکه اندازه‌ای در حدود چند نانومتر دارند، دارای سطح بیرونی وسیعی بوده و قادر به کنترل نوع سیال گذرنده از خود می‌باشند. همچنین کاتالیست‌هایی با ساختار نانو جهت تسهیل در جداسازی سولفید هیدروژن، آب، منوکسید کربن و دی‌اکسید کربن از گاز طبیعی در صنعت نفت بکار گرفته می‌شوند. در حال حاضر مطالعاتی بر روی نمونه‌هایی از خاک رس در ابعاد نانو و جهت ترکیب با پلیمرهایی صورت می‌پذیرد که بتوانند هیدروکربنها را جذب نمایند. بنابراین می‌توان باقیمانده‌های نفت را از گل حفاری جدا نمود.

اتحادیه صادرکنندگان فراورده های نفت،

گاز و پتروشیمی ایران

پژوهش

مقاله —

۱۳۹۴/۰۹/۲۴

پریسا جمشیدی