

## بررسی روش‌های جدید استخراج و تولید نفت از سنگهای نفتی

◀ هادی هزاوه‌ای، عبدالرضا مقدسی\*

### چکیده:

نیاز روز افزون به انرژی، جوامع را به سوی تولید انرژی از طرق مختلف سوق داده است. در این مقاله یکی از منابع تولید نفت به نام «نفت شیل» (oil shale) شده معرفی شده است. «نفت شیل» به دسته‌ای از سنگها گفته می‌شود که دارای مواد آلی (کروژن)، به میزان کافی باشد. این نوع سنگ در پهنه وسیعی از طبیعت از آبهای شیرین تا دریاچه‌های نمکی و باتلاقهای رسوبی و... یافت می‌شود که بین دوره‌های کامبرین و ترشیاری شکل گرفته‌اند. استفاده از این نوع سنگ‌ها به دوران باستان بر می‌گردد. بیشتر منابع نفت شیل در کلرادوی آمریکا واقع شده، که دارای منابعی بالغ بر ۳/۳ تریلیون تن است. نحوه استخراج نفت شیل به دو صورت است:

۱- حفاری سطحی ۲- حفاری درجا. در حفاری سطحی همانند روشهای قدیمی عمل می‌شود و سنگ را تا ۵۰۰ درجه سانتی گراد حرارت می‌دهند. در روش جدید برای پالایش بیشتر، از کریستال قیر، پس از کامل شدن فرآیند کاتالیستی استفاده می‌شود. در حفاری درجا، بوسیله حرارت دهنده‌های الکتریکی که درون زمین قرار گرفته‌اند، به «نفت شیل» طی یک دوره ۲ تا ۳ ساله تا ۷۰۰ درجه فارنهایت حرارت داده می‌شود تا نفت از آنها خارج گردد. سپس بوسیله چاه‌های نفت آن را استخراج می‌کنند. جهت جلوگیری از اختلاط نفت آزاد شده با سفره‌های آب زیرزمینی و نیز هدر رفتن آن، شرکت shell، روشی ارائه می‌کند که در آن از تکنولوژی سردسازی استفاده می‌شود. در این روش یک سد یکی بزرگ درون زمین ایجاد می‌گردد که مانع اختلاط نفت با سفره‌های آب زیرزمینی می‌شود. استفاده از نفت شیل تنها زمانی صرفه اقتصادی دارد که قیمت نفت بالا بوده و بالا بودن آن نیز حفظ شود، تکنولوژی لازم برای انجام فرآیندها نیز در دسترس باشد. در روش درجا خطرات زیست محیطی به نسبت سایر روش‌ها کمتر است.

**کلمات کلیدی:** نفت شیل، کروژن، حفاری سطحی، حفاری درجا، دیوار یخی.

شکل ۱- تصویر نفت شیل



شکل ۲- تصویر ذغال سنگ



### مقدمه

تولید انرژی یکی از مهم ترین مسائل پیش روی جوامع است. تولید انرژی از طریق نفت خام از دیرباز مورد توجه بوده، بطوری که صنعت نفت، امروزه از مهم ترین صنایع بشمار می آید. نوسان قیمت نفت تحولات قابل توجهی در اقتصاد کشورهای تولیدکننده و مصرف کننده آن دارد. بنابراین امروزه نیاز به سایر راه های تولید انرژی بدیهی به نظر می رسد. یکی از روش های تولید انرژی، استخراج نفت از نفت شیل می باشد.

### تعریف «نفت شیل»

نفت شیل لفظی کلی برای دسته ای از سنگهاست که به قدر کافی مواد آلی غنی (کروژن)، در آنها وجود داشته باشد. نفت شیل نه سنگ است و نه نفت، بلکه خاک آهک داری است که شامل ترکیباتی مانند کروژن می باشد. زمانی که این ماده تا دماهای بالا حرارت داده می شود ماده نفت مانندی بدست می آید که می توان از آن استفاده کرد. کروژن درون «نفت شیل» می تواند در طی فرایندی موسوم به پیرولیز (pyrolysis) به نفت تبدیل گردد. در جریان گرمکافت نفت شیل، آن را ۴۵۰-۵۰۰ درجه سانتی گراد در غیاب هوا حرارت می دهند، تا کروژن درون آن تبدیل به نفت شود. «نفت شیل» بین دوره های کامبرین (Cambrian) و ترشیاری (Tertiary) در قسمت های مختلف زمین به طور نامنظم پراکنده شده است. بیشتر تعاریف «نفت شیل» شامل استخراج سودمند، گازهای قابل احتراق یا سوزاندن به عنوان سوخت می باشد. تفاوت نفت شیل و زغال سنگ در نسبت اتمی H و C است. با این وجود همانطور که در شکل ۱ و ۲ مشاهده می شود شباهت ظاهری زیادی بین نفت شیل و زغال سنگ وجود دارد. [۱] و [۲]

### اصل و منشأ نفت شیل

نفت شیل در پهنه وسیعی از طبیعت از آب های شیرین گرفته تا برکه ها و دریاچه های نمکی، چاله های ژرف بین صفحات قاره ای ذخیره شده، همچنین آنها را می توان در اطراف باتلاق های رسوبی، برکه های کم عمق یا دریاچه ها یافت. این مسئله باعث می شود که نفت شیل پهنه وسیعی از ترکیبات آلی و معدنی را دارا باشد. بیشتر نفت شیل شامل مواد آلی به همراه مقادیری از بقایای گیاهی است که بستگی به رسوبات محیطی دارند. [۲] همچنین در بسیاری از موارد نفت شیل حاوی فسیل هایی است که در شکل های ۳ و ۴ نمونه هایی از آن آمده. وجود این فسیل ها تأییدکننده وسیع بودن دامنه انتشار این نوع سنگهاست.

### تاریخچه پیدایش نفت شیل

«نفت شیل» در دوران باستان نیز مورد استفاده قرار می گرفت و همانند زغال سنگ به طور مستقیم از آن استفاده می شد. استفاده دوباره از «نفت شیل» به سال ۱۸۵۰ در اسکاتلند بر می گردد. بین سالهای ۱۸۸۱ تا ۱۹۵۵ حدود ۱ تا ۴ میلیون تن نفت شیل از معادن اسکاتلند استخراج شد، سپس تولید کاهش یافت، و در سال ۱۹۶۲ متوقف گشت. ایالات متحده آمریکا اولین کشوری است که بهره برداری از «نفت شیل» را در مقیاس وسیع آغاز کرد. نفت تقطیر شده از شیل اولین بار برای صنعت پرورش گل در قرن نوزدهم مورد استفاده قرار گرفت. اما تا قبل از سال ۱۹۰۰ که با کشفیات گسترده ای در زمینه «نفت شیل» همراه بود، هیچ گونه کار جدی در این زمینه انجام نشد. این منابع به عنوان منبع سوخت اضطراری برای استفاده نیروی دریایی به کار می رفت. با به کار افتادن اتومبیل و کامیون تقاضا برای «نفت شیل» به عنوان سوخت افزایش یافت و شرکت های زیادی برای بهره برداری از منابع «نفت شیل» در گرین ریور (Green

شکل ۳- تصویر فسیل یک ماهی



شکل ۴- تصویر فسیل حشره



جدول ۱- میزان ذخایر نفت شیل، کروژن و ذخایر کروژن احتمالی

مکان	ذخایر نفت شیل (میلیون تن)	ذخایر کروژن (میلیون تن)	ذخایر احتمالی کروژن (میلیون تن)
آفریقا	۱۲۳۷۳	۵۰۰	۵۹۰۰
آسیا	۲۰۵۷۰	۱۱۰۰	-
استرالیا	۳۲۴۰۰	۱۷۲۵	۳۶۹۸۵
اروپا	۴۱۸۰	۳۰۰	۶۵۰۰
خاورمیانه	۳۵۳۶۰	۴۶۰۰	۲۴۶۰۰
شمالی امریکای	۳۳۴۰۰۰۰	۸۰۰۰۰	۱۴۰۰۰۰
جنوبی امریکای	-	۴۰۰	۹۶۰۰

جدول ۱ شامل میزان ذخایر نفت شیل، کروژن و حجم ذخایر کروژن احتمالی در قاره‌های جهان است. [۸]

مقدار تولید «نفت شیل» در طول تاریخ سیر یکسانی نداشته است. بطوری که با توجه به شرایط سیاسی - اقتصادی با افزایش یا کاهش تولید مواجه هستیم. (شکل ۵) نکته قابل توجه آنکه در اواخر دهه ۷۰ به علت بحران نفتی با افزایش تولید بی سابقه‌ای از نفت شیل مواجه هستیم. (شکل ۶) در ادامه گزارشی از مقدار نفت شیل در قاره‌های جهان می‌آید: [۵] و [۱]

#### آفریقا

قسمت اعظم ذخایر «نفت شیل»، در موروکو (۲۶۰ میلیون تن) و جنوب آفریقا (۷۳ میلیون تن) می‌باشد.

#### آسیا

قسمت عمده ذخایر در چین (۲۶۰۰ میلیون تن)، تایلند (۱۸/۶ میلیارد تن) و ترکیه (۱/۶ میلیارد تن) قرار دارد. چین در حال حاضر ۶۰/۰۰۰ تن نفت شیل در سال تولید می‌کند.

#### استرالیا

استرالیا جزو معدود مناطقی است که در حال تولید کروژن از «نفت شیل» بوده و بین سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۳ تولید ۷۰۰,۰۰۰ بشکه نفت تولید کرده است. این کشور طرحی برای تولید ۴۵۰۰ بشکه «نفت شیل» را در سال نفت شیل در دست اجرا دارد.

#### اروپا

بیشتر ذخایر نفت شیل در آلبانی (۶ میلیارد تن)، استونی (۱/۵ میلیارد تن) و اکراین (۲/۷ میلیارد تن) می‌باشد. استونی در حال حاضر نفت شیل تولید می‌کند. حدود ۸۰٪ از نفت شیل تولید شده در استونی برای تولید برق نیروگاه‌های حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### خاورمیانه

عمده ذخایر نفت شیل در اسرائیل (۱۵/۴ میلیارد تن) و اردن (۴۰ میلیارد تن) واقع شده است. «نفت شیل» اردنی کیفیت

(river) تأسیس گشت. محصولات رایجی که تا آن زمان بدست آمده بود عبارت بودند از: پارافین، مازوت، نفت چراغ، روغن‌های روان‌کننده، گریس و سولفات آمونیم.

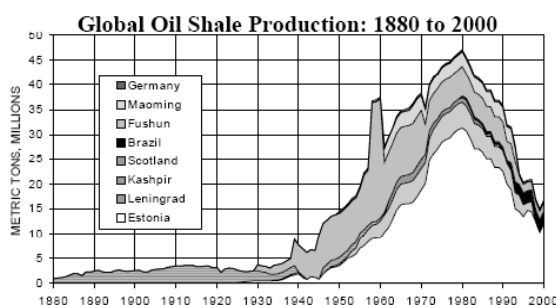
پیش از بحران نفت در دهه ۷۰ که آمریکا را به واردکننده نفت تبدیل کرد، تلاش برای استفاده از منابع «نفت شیل» رو به افزایش بود، اما بعد از گذر از بحران و پایین آمدن دوباره قیمت نفت، تقاضا برای نفت شیل دوباره کاهش یافت. در اواخر ۲۰۰۵، رئیس جمهور آمریکا جرج بوش، اجازه استخراج نفت شیل را تحت مالکیت مقامات فدرال در کلرادو قرار داد. مقامات در حال حاضر امروز مالک ۷۲٪ نفت شیل شناخته شده آمریکا هستند. [۳]

#### ذخایر موجود نفت شیل

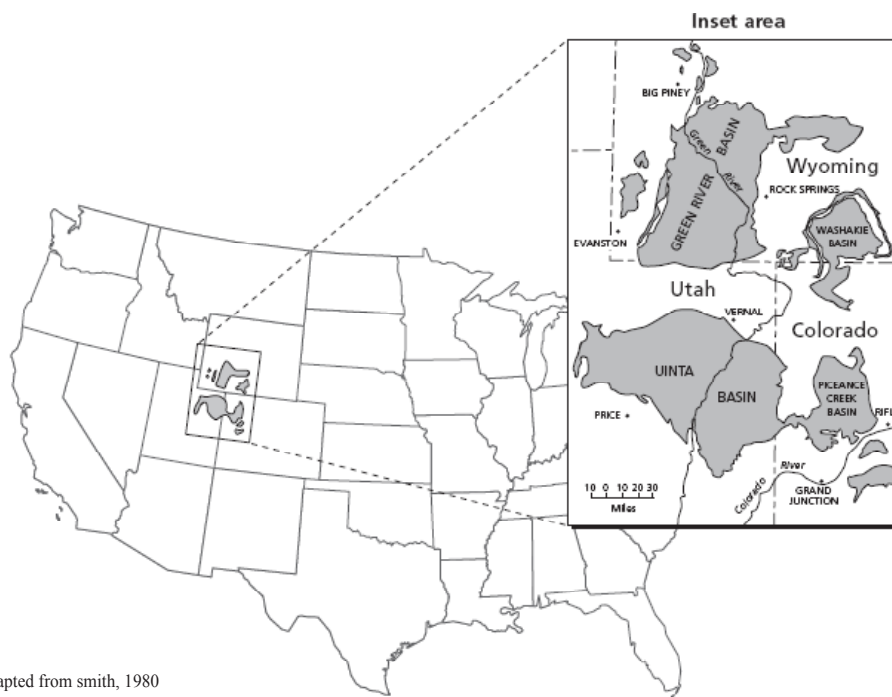
تخمین ذخایر نفت شیل به سبب وجود چندین فاکتور بسیار پیچیده است:

۱- مقدار کروژن موجود در ذخایر نفت شیل به طور قابل ملاحظه ای متفاوت است، ۲- بعضی از کشورها خبر از وجود ذخایر کروژن می‌دهند، اما درصدی از آن را که می‌توان بهره برداری کرد، محاسبه نمی‌کنند، ۳- با توجه به تعریف، ذخایر، به مقدار منابعی اطلاق می‌شود که صرفه اقتصادی داشته، بتوان آن را بوسیله تکنولوژی روز استخراج کرد، ۴- تکنولوژی‌های بهره‌برداری از نفت شیل هنوز در حال توسعه هستند، بنابراین حجم ذخایر قابل استخراج را فقط می‌توان حدس زد. [۴] کل ذخایر نفت شیل جهان حدود ۲/۶ تریلیون بشکه تخمین زده شده است.

شکل ۶- تولید جهانی نفت شیل بین سالهای ۱۸۸۰ تا ۲۰۰۰



شکل ۷- موقعیت تشکیل نفت شیل گرین ریور آمریکا و حوضه‌های اصلی آن



SOURCE: Adapted from Smith, 1980  
RAND MG414-2.1

در شکل ۹ مشاهده می‌شود.

بسیار بالایی دارد.  
امریکای شمالی

ایالات متحده آمریکا با ۳/۳ تریلیون تن ذخایر نفت شیل، صاحب بزرگترین ذخایر نفت شیل جهان می‌باشد. مقادیر نفت شیل آمریکا ۱/۵ تا ۱/۸ تریلیون بشکه نفت تخمین زده شده است که تمام آن قابل استفاده نیست. نصف این مقدار تقریباً سه برابر ذخایر ثابت شده عربستان سعودی است. در آمریکا دو منبع عمده وجود دارد: منابع شرق آمریکا موسوم به «می‌سی‌سی‌پی» دونین (Devonian-mississippian shale) با مساحتی بالغ بر ۲۵۰,۰۰۰ مایل مربع (۶۵۰/۰۰۰ کیلومتر مربع) و منابع غرب در گرین‌ریور کلرادو در اوتا و مینگ (شکل ۷) از غنی‌ترین منابع نفت شیل در سطح جهان هستند.

امریکای جنوبی

برزیل در حال حاضر مقادیر کمی نفت شیل تولید می‌کند. تولید آن در سال ۱۹۹۹ در حدود ۲۰۰/۰۰۰ تن بوده است. همچنین تولید «نفت شیل» در چین، استونی، برزیل و استرالیا

### روش‌های استخراج نفت شیل

نفت شیل را می‌توان به دو صورت استخراج کرد:

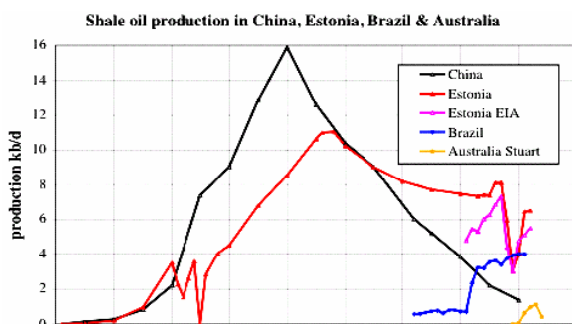
- ۱- حفاری سطحی (Surface Mining)
- ۲- حفاری درجا (Insitu Mining)

#### ۱- حفاری سطحی

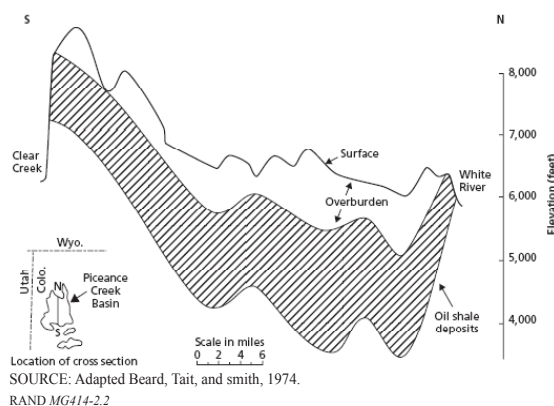
در این روش نفت شیل را به صورت سنتی از زمین استخراج کرده و پس از انتقال به ساختمان‌های ویژه فرایند، آن را تا دمای ۴۵۰-۵۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت می‌دهند. در این ساختمانها «نفت شیل» را با هیدروژن غنی کرده، نفت حاصل را از مواد زائد جدا می‌کنند.

در فناوری جدید، «نفت شیل» را کمتر حرارت می‌دهند که بوسیله اضافه کردن کریستال قیر انجام می‌گیرد. از کربن غنی موجود در مواد زائد، در طرحهای تولید الکتروسیته استفاده

شکل ۹- مقدار تولید نفت شیل در چین، استونی، برزیل و استرالیا

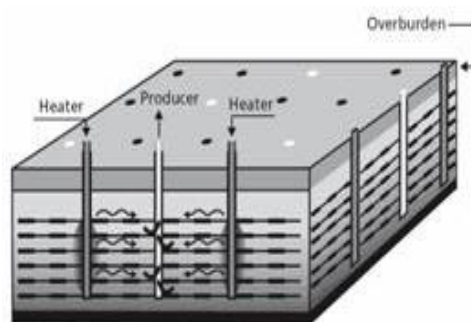
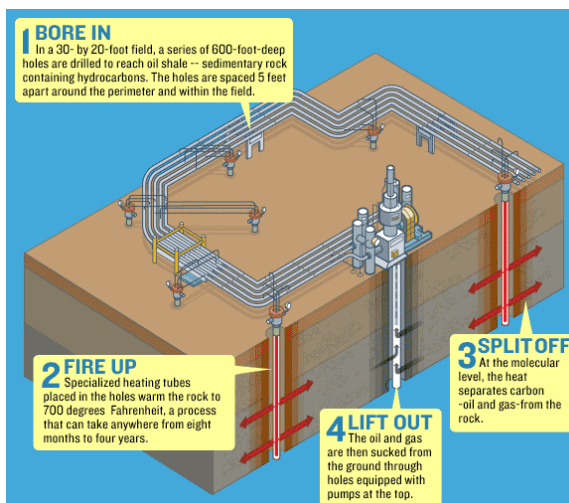


شکل ۸- برش عرضی از حوضه نفت شیل واقع در کلرادو



Location of cross section  
SOURCE: Adapted Beard, Tait, and Smith, 1974.  
RAND MG414-2.2

## شکل ۱۰ - فرایند تبدیل درجای ارائه شده توسط شرکت شل



و هوا واکنش نمی دهد. شرکت نفتی شل (Shell)، روش جدیدی برای این کار موسوم به Mahogany Research Project دارد، که طی آن از فناوری سرد سازی زمین و ایجاد سد زیرزمینی به نام دیوار یخی در اطراف محیط حفاری (درون زمین) استفاده می شود. دیوار یخی بوسیله پمپ کردن سیال منجمد شده درون تعدادی از چاههایی که در اطراف محل استخراج حفر شده اند، ایجاد می گردد. این دیوار یخی از ورود آبهای زیرزمینی به منطقه حفاری ممانعت کرده و هیدروکربنها و سایر محصولات که بوسیله این فرایند تولید شده اند باقی می ماند. روش شل هنوز در مقیاس تجاری استفاده نشده، اما توسط وزارت انرژی ایالات متحده به عنوان یک تکنولوژی خوش آتیه مدنظر قرار گرفته است. روش جایگزینی که Forsberg برای حرارت دهی پیشنهاد می کند استفاده از راکتور اتمی به جای حرارت دهنده های الکتریکی است که باعث کم تر شدن هزینه ها و تولید کم تر گازهای گلخانه ای می شود. در این صورت نیاز به تولید الکتریسیته از سوخت فسیلی از بین رفته، دی اکسید کربن کم تری تولید می گردد. این باور وجود دارد که روش مذکور در مقایسه با روش حفاری سطحی از نظر اقتصادی به صرفه تر و از نظر زیست محیطی ایمن تر است و شامل دو تکنیک اساسی است: یکی کنترل آبهای زیرزمینی حین تولید و دیگری جلوگیری از ایجاد مشکلات محیطی زیر سطحی. [۶]. [۷]

در شکل ۱۰ فرایند تبدیل درجای شرکت شل نشان داده شده است.

### بررسی اقتصادی نفت شیل

بحث استفاده یا عدم استفاده از نفت شیل رابطه تنگاتنگی با قیمت نفت دارد. اگر قیمت هر بشکه نفت زیر ۴۰ دلار آمریکا باشد، قیمت نفت حاصله از نفت شیل قابل مقایسه با نفت خام نیست. اگر قیمت نفت بیشتر از ۴۰ دلار به ازای هر بشکه باشد، آن گاه شرکت های نفتی شروع به بهره برداری از نفت شیل خواهند کرد. با افزایش قیمت نفت در سالهای اخیر استفاده از نفت شیل نیز افزایش یافته است.

به طور کلی نفت شیلی که باید استخراج، منتقل، پالایش و تجزیه شود، حداقل ۴۰٪ انرژی تولیدی را به خود اختصاص می دهد. آب نیز به منظور اضافه کردن هیدروژن به نفت قبل از انتقال به پالایشگاه مورد نیاز است. سه بشکه آب برای تولید هر بشکه نفت لازم می باشد که در روش درجا این مقدار کاهش می یابد.

بزرگترین ذخیره نفت شیل در آمریکا در منطقه ای در غرب کلرادو یعنی ذخایر «گرین ریور» قرار دارد که منطقه ای خشک و بدون آب اضافی است. در آنجا نفت شیل را درون دوغاب (slurry) تزریق کرده، سپس بوسیله خطوط لوله برای پالایش منتقل می کنند [۷].

«استونی» دارای عظیم ترین حوضه های نفت شیل می باشد که به طور اقتصادی مورد اکتشاف قرار گرفته است. از سال ۱۹۱۶ تا کنون ۸۷۶ میلیون تن نفت شیل از آن استخراج شده است. در طول دهه های اخیر که فعالیت اقتصادی استونی افزایش یافته است استخراج از معادن نفت شیل نیز افزایش چشمگیری داشته، البته این امر باعث آلودگی زیست محیطی نیز شده است.

می شود. هر چه هیدروژن سبکتر و غنی تر باشد، مقدار کروژن پالایشی بیشتری، پس از کامل شدن فرایند کاتالیستی حاصل می گردد. پس از پالایش، شیل باقی مانده را به محل اولیه برده و در آنجا رها می کنند. [۵]

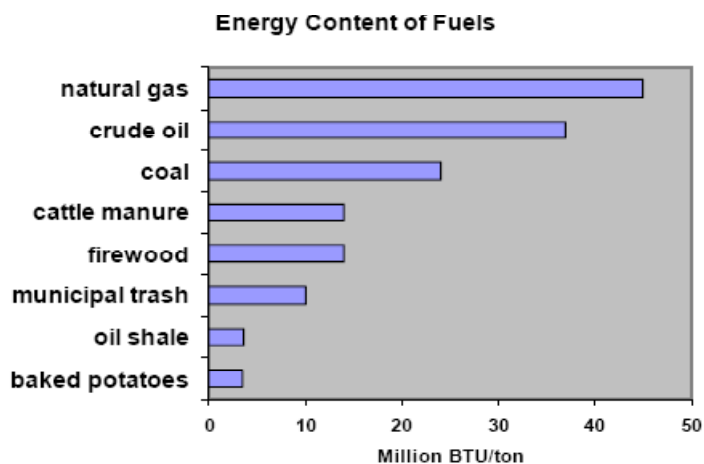
پیشرفت ها و آزمایشات بیشتری در این باره مورد نیاز است تا این روش در مقیاس اقتصادی بکار گرفته شود.

### ۲- حفاری در جا

در این روش از فرایند در جا استفاده می شود که شامل حرارت دادن «نفت شیل» در درون زمین با استفاده از حرارت دهنده های الکتریکی است که در درون چاه های عمیق، قرار گرفته اند. حجمی از نفت شیل طی یک دوره ۲ تا ۳ ساله حرارت داده می شود تا درجه حرارت آن به ۷۰۰-۶۵۰ درجه فارنهایت برسد در این دما، نفت از سنگ خود جدا می شود. محصول آزاد شده، در چاه های گردآوری که در منطقه حرارت دهی واقع شده اند، جمع آوری می شود. بطور متوسط در هر ۴۰۰۰ متر مربع ۱۵ تا ۲۰ حرارت دهنده الکتریکی کار گذاشته می شود. بیشترین انرژی مورد نیاز صرف حرارت دهی می گردد. حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ کیلووات ساعت به ازای هر بشکه. غالباً از زغال سنگ برای تولید الکتریسیته استفاده می شود.

درون لوله ها عایق بندی شده تا انتقال حرارت سیال درون آن تنها با محیط مورد نظر صورت بگیرد. سیال مورد استفاده باید ظرفیت حرارتی و نقطه جوش بالا، فشار و هزینه پمپ پایینی داشته باشد که فلز مایع پایدار از نظر شیمیایی یا نمک مایع برای این منظور مناسب می باشد. نمک نسبت به فلز بهتر است چون ظرفیت حرارتی بیشتری دارد و نیز برخلاف فلز با آب

## شکل ۱۱- ارزش حرارتی مواد مختلف



در سال ۲۰۰۵، شرکت شل اعلام کرد تکنولوژی استخراج در جای این شرکت در برابر قیمت بالای ۳۰ دلار به ازای هر شبکه قابل استفاده است. شرکت‌های دیگری هم هستند که روش‌های اختراعی خود را برای پالایش درجا دارند اما روش شل از همه مناسب‌تر است.

اندازه بحرانی برای ماندگاری «نفت شیل»، برابر است با: نسبت انرژی استفاده شده برای تولید نفت به انرژی بازگشتی که به آن EROEI (Energy Returned On Energy Invested) می‌گویند. برای نمونه نفت شیل مقدار کمی EROEI دارد. شرکت شل مقدار ۳ به ۱ را برای نفت شیل گزارش داده که انرژی معادل یک بشکه نفت استفاده شده برای تولید سه بشکه است. این شرکت در روش جدید خود از حرارت الکتریکی برای ایجاد حرارت ۵۰۰ درجه فارنهایت (۲۴۶ °C) زمانی که هنوز نفت درون زمین است، استفاده می‌کند. این روش معادل نسبت ۵ به ۱ برای استخراج نفت است. [۱]

در سال ۲۰۰۵، شرکت شل اعلام کرد تکنولوژی استخراج در جای این شرکت در برابر قیمت بالای ۳۰ دلار به ازای هر شبکه قابل استفاده است. شرکت‌های دیگری هم هستند که روش‌های اختراعی خود را برای پالایش درجا دارند اما روش شل از همه مناسب‌تر است.

اندازه بحرانی برای ماندگاری «نفت شیل»، برابر است با: نسبت انرژی استفاده شده برای تولید نفت به انرژی بازگشتی که به آن EROEI (Energy Returned On Energy Invested) می‌گویند. برای نمونه نفت شیل مقدار کمی EROEI دارد. شرکت شل مقدار ۳ به ۱ را برای نفت شیل گزارش داده که انرژی معادل یک بشکه نفت استفاده شده برای تولید سه بشکه است. این شرکت در روش جدید خود از حرارت الکتریکی برای ایجاد حرارت ۵۰۰ درجه فارنهایت (۲۴۶ °C) زمانی که هنوز نفت درون زمین است، استفاده می‌کند. این روش معادل نسبت ۵ به ۱ برای استخراج نفت است. [۱]

### نتیجه‌گیری

طبیعتاً استفاده از نفت خام برای تولید انرژی برای مدت طولانی ادامه نخواهد داشت از طرفی با بالا رفتن قیمت نفت در بازارهای جهانی، نیاز به استفاده از سایر منابع شدیداً احساس می‌شود. استفاده از نفت شیل تنها زمانی امکان پذیر است که: اولاً قیمت نفت بالا باشد، ثانیاً تکنولوژی استخراج و پالایش آن نیز در دسترس باشد که بنابه آنچه گفته شد تقریباً هر دوی این شرایط ایجاد شده است. نفت شیل می‌تواند یک منبع تولید انرژی و درآمد تازه برای کشورهای دارای این منبع باشد.

### منابع

1. Oilshale Development in the united states prospects and policy Issues .J.T.Bartis ,T.Latourrette, L.Dixom, D.J.peterson and G.cecchine, MG-414-NETL,2005.
2. Russell,p.l.,1990 oil shales of the world ,their, origin. occurrence and exploitation Pergamon press, new York, 753p
3. Hutton, A.C.,1987 ,Petrographic classification of oil shales: International journal of coal Geology,v.,8,p.203-231
4. Johnson, E.A., 1990, Geology of the Fushun coalfield, Liaoning Province, People's Republic of China: International Journal of Coal Geology, v. 14, p. 217-236.
5. Andersson, Astrid, and others, 1985 ,the Scandinavian alum shale's. sveriges Geologiska undersokning, avh and lingar och uppsatser IA4 ,Ser.ca, nr. 56,50P
6. Pitman, J.K., and others, 1989, Thickness, oil-yield, and kriged resource estimates for the Eocene Green River Formation, Piceance Creek Basin, Colorado: U.S. Geological Survey Oil and Gas Investigations Chart OC-132.
7. Shell's Ingenious Approach to Oil Shale is Pretty Slick, Rocky Mountain News, September 3, 2005
8. World Energy Council, WEC Survey

### معایب استفاده از نفت شیل

- مهم‌ترین علل استفاده نکردن گسترده از نفت شیل عبارت‌اند از:
- ۱- پالایش نفت شیل با توجه به سنگین‌تر بودن آن در مقایسه با نفت خام سخت‌تر و پرهزینه‌تر می‌باشد.
  - ۲- فراوانی نفت خام در مقایسه با «نفت شیل» باعث شده استفاده از نفت خام ترجیح داده شود. (البته با کاهش ذخایر نفت خام پیش بینی می‌شود تمایل به استفاده از نفت شیل افزایش یابد).
  - ۳- ارزش حرارتی کم نفت شیل در مقایسه با نفت خام. (شکل ۱۱)

### ملاحظات زیست محیطی

فرایند پالایش به منظور تولید «نفت شیل» سبب تولید خاکستر و سنگ‌های زاید سرطان‌زا می‌شود که باید آن‌ها را از بین برد. طبق اثر popcorn حدود ۳۰٪ نفت شیل پس از فرایند منبسط شده که باید دور ریخته شود. انرژی مورد نیاز برای نقل و انتقال، خرد کردن و حرارت دادن مواد و سپس اضافه کردن هیدروژن بسیار زیاد است. همچنین دورریزی مطمئن زباله‌ها با وجود حجم بسیار زیاد، هزینه‌بر می‌باشد. این مسائل