

## انقلاب فن آوری در تولید نفت خام محبوس در سنگ‌های رستی آمریکا

محمد رضا فرهنگی<sup>۱</sup> | اداره مطالعات انرژی



### مقدمه

تحولاتی که در تولید گاز طبیعی غیرمتعارف از سازندهای سنگ‌های رستی<sup>۱</sup> در آمریکا به وقوع پیوست، تولید این کشور را به گونه‌ای قابل توجه افزایش داد. واگرایی قیمت‌های گاز طبیعی و نفت خام سبب شده است که اخیراً روش‌های فنی استخراج بکار گرفته شده ذخایر گاز سنگ‌های رستی که تصور می‌شد در استخراج نفت خام بسیار مشکل و غیر اقتصادی است، در این عرصه نیز به کار گرفته شود. در واقع، افزایش تولید نفت خام آمریکا در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ تا حدودی مدیون پیشرفت‌های تولید نفت خام سبک محبوس در سنگ‌ها<sup>۲</sup> است که به نفت خام سنگ‌رستی<sup>۳</sup> نیز شهرت یافته است.

### تکنولوژی تولید نفت خام سبک محبوس در سنگ‌های رستی

کاربرد دو روش کلیدی حفاری افقی و شکست هیدرولیکی که با موفقیت در توسعه میادین گاز غیرمتعارف مورد استفاده واقع شدند نشان می‌دهد که این روش‌ها به طور یکسان برای مایعات غیرمتعارف محبوس در سازندهای سنگی نیز کاربرد دارند. شکست هیدرولیکی

### ۱ | منابع سنگ‌های رستی آمریکا [۱]

برای سرمایه‌گذاری در این منابع را ایجاد کرده و بسیاری از شرکت‌های مستقر در آمریکا متمایل به انتقال دانش و تجهیزات مورد نیاز برای توسعه، از میادین غیرمتعارف گاز به سوی این منابع شده‌اند. علاوه بر این با توجه به کاهش قابل توجه قیمت گاز نسبت به نفت خام به علت اشباع بازار گاز، بسیاری از شرکت‌ها، فعالیت‌های گازی خود را بر حفاری میادین غنی از مایعات متمرکز کرده‌اند. این موضوع در شکل ۲ معلوم

مستلزم تزریق مخلوط مواد شیمیایی و آب با فشار بالا به چاه‌ها است تا سنگ‌های حاوی مایعات را خرد کند و با حفاری افقی دسترسی به محفظه‌های مایعات امکان‌پذیر گردد تا مایعات بیشتری استخراج و به سطح منتقل شود.

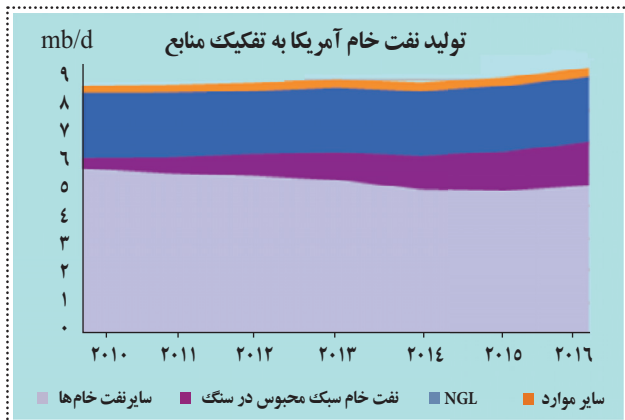
طبق تخمین، هزینه تولید برای هر بشکه از این نوع نفت خام ۵۰ دلار و پایین‌تر از هزینه تولید از شن‌های نفتی<sup>۴</sup> و یا نفت تولیدی از نواحی بسیار عمیق دریاهاست، لذا بنظر می‌رسد قیمت‌های فعلی در بازار نفت خام انگیزه لازم

<sup>1</sup> Shale Gas

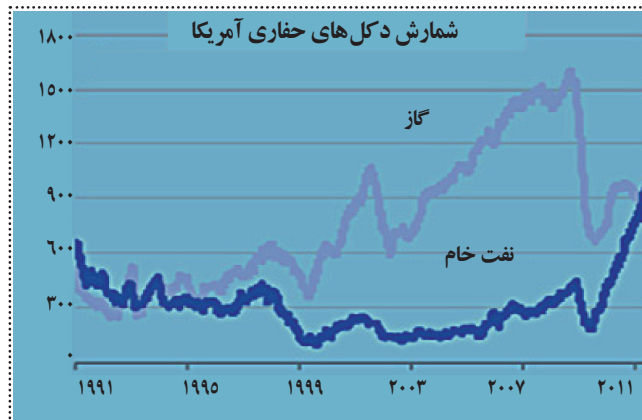
<sup>2</sup> Light Tight Crude Oil

<sup>3</sup> Shale Oil

<sup>4</sup> Oil Sands



شکل ۳ | پیش‌بینی تولید نفت خام آمریکا به تفکیک منابع



شکل ۲ | نمودار دکل‌های حفاری چاههای نفت و گاز آمریکا بین

سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۱ [۳]

۲۰۱۶	۲۰۱۵	۲۰۱۴	۲۰۱۳	۲۰۱۲	۲۰۱۱	۲۰۱۰	
۷۵۲	۷۱۶	۶۵۱	۵۶۶	۴۷۲	۳۶۳	۲۶۸	باکن (Bakken)
۵۱	۴۶	۴۲	۳۵	۲۹	۲۳	۱۵	بارنت (Barnett)
۲۶۰	۱۹۳	۱۳۸	۹۸	۶۵	۴۰	۲۱	ایگل فورد (Eagle Ford)
۵۰	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	۸	۷	مونتری (Monterey)
۲۴۷	۲۱۵	۱۷۹	۱۴۳	۱۱۴	۸۵	۶۱	نیوبرارا (Niobrara)
۱۳۶۰	۱۲۱۰	۱۰۴۰	۸۶۲	۶۹۰	۵۱۹	۳۷۲	جمع

شکل ۱ | تولید نفت خام سبک محبوس در سنگ (Light Tight Oil) کشور آمریکا (بر حسب هزار بشکه در روز)

### ◆ آمار تولید کنونی و پیش‌بینی تولید نفت خام سبک محبوس در سنگ‌های رستی

تخمین‌های مقادیر بالقوه عرضه نفت خام سبک محبوس در سنگ بسیار متفاوت است. ارقام مربوط به این نوع نفت خام در آمار دولتی به خوبی از سایر نفت‌خام‌ها متمایز نمی‌شود، و بخشی از پیش‌بینی‌های تولید که بالا و غیرعادی به نظر می‌آیند، به احتمال قوی شامل مقادیری از NGL نیز می‌باشد. علی‌رغم این نارسایی‌ها، برآوردهای اولیه نشان می‌دهد که افزایش تولید نفت خام سبک تا اواسط دهه جاری بالغ بر یک میلیون بشکه در روز و متعاقباً ۲ تا ۳ میلیون بشکه در روز تا سال ۲۰۲۰ خواهد بود.

بر اساس گزارش چشم‌انداز میان‌مدت بازار نفت و گاز (Medium Term Oil And Gas Markets) سال ۲۰۱۱ آژانس بین‌المللی انرژی، در میان‌مدت نفت خام سبک محبوس در سنگ‌ها عامل منحصربفرد افزایش ظرفیت تولید آمریکا خواهد بود و با افزایش تولید یک میلیون بشکه در روز، علاوه بر جبران تاخیر توسعه میدان خلیج مکزیک، با مجموع افزایش ۰/۵ میلیون بشکه در روز، ظرفیت تولید آمریکا را تا

سال ۲۰۱۶ به ۸/۳ میلیون بشکه در روز خواهد رساند. لازم به ذکر است، کل تولید نفت خام سبک از مایعات محبوس در سنگ در سال ۲۰۱۰ به طور میانگین معادل ۳۷۰ هزار بشکه در روز بوده است. بر اساس چشم‌انداز وضعیت پنج میدان اصلی و با در نظر گرفتن سرعت رشد در گذشته و دستورالعمل شرکت‌ها و توسعه زیربناها، مشاهده می‌شود که تولید کل نفت خام سبک محبوس در سنگ در آمریکا با رشد یک میلیون بشکه در روز، تا سال ۲۰۱۶ به ۱/۳۶ میلیون بشکه در روز خواهد رسید.

جدول ۱ میزان تولید کنونی و پیش‌بینی تولید نفت خام سبک محبوس در سنگ‌های رستی ۵ میدان اصلی آمریکا را نشان می‌دهد. بر اساس آمار ارائه شده در این جدول بالاترین رشد تولید نفت خام سبک محبوس در سنگ این کشور در میدان باکن مشاهده می‌شود که بر اساس نتایج بررسی‌های صورت گرفته، از ۲۶۸ هزار بشکه در روز در سال ۲۰۱۰ به ۷۵۲ هزار بشکه در روز در سال ۲۰۱۶ خواهد رسید. دومین منابع قابل توسعه از این نوع نفت خام، سازند ایگل فورد (Eagle Ford) است که ظرفیت تولید آن از مقدار ناچیز ۲۱ هزار بشکه در روز در سال ۲۰۱۰ با ۱۳ برابر افزایش، به ۲۶۰ هزار بشکه در روز در سال ۲۰۱۶ خواهد رسید. لازم به توضیح است که اغلب میدانین نفت خام سبک محبوس در سنگ‌های رستی که در بالا به آنها اشاره شده است، میدان گازی نیز به شمار می‌آیند و به غیر از باکن (Bakken) که عمدتاً نفتی است، سایر میدانین فوق‌الذکر گازی به شمار می‌آیند و اخیراً به اکتشاف و استخراج نفت خام نیز در آنان اقدام شده است.

میدان بارنت سال‌ها است که بزرگترین میدان گازی آمریکا به شمار می‌آید. این میدان در دهه ۱۹۵۰ کشف و در پی رشد فن‌آوری

نهادهای دولتی و غیر دولتی طرفدار محیط زیست برانگیخته است.

تاکنون مجادلات و تظاهرات بسیاری در مورد احتمال آلودگی سفره‌های زیرزمینی آب آشامیدنی و مصرف بسیار بالای آب در عملیات شکست سنگ‌ها صورت گرفته است، اما استدلال‌های معترضین هنوز به تایید و مرحله اثبات نرسیده است.

توسعه این فرآیند در اروپا با موانع متعددی روبرو خواهد بود، و فرانسه به احتمال بسیار یک ممنوعیت برای روش شکستن سنگ‌ها برقرار خواهد کرد. اما قانون‌گذاران انگلیسی بر خلاف فرانسوی‌ها تصمیم گرفته‌اند که برای اجرای این فن‌آوری نوین ممنوعیت برقرار نکنند.

#### ◆ نتیجه‌گیری

کاهش قیمت گاز طبیعی و افزایش قیمت نفت خام سبب شده است که اخیراً روش‌های فنی استخراج بکار گرفته شده در ذخایر گاز سنگ‌های رستی که تصور می‌شد در استخراج نفت خام بسیار مشکل و غیر اقتصادی است، در این عرصه نیز به کار گرفته شود. بطوریکه در حال حاضر انگیزه و توجیه کافی در توسعه میادین نفت خام محبوس در سنگ‌ها فراهم گردیده و بسیاری از شرکت‌های مستقر در آمریکا متمایل به انتقال دانش و تجهیزات مورد نیاز برای توسعه، از میادین غیرمتعارف گاز به سوی این منابع شده‌اند. لذا چشم‌انداز آینده تکنولوژی استخراج نفت خام محبوس در سنگ‌های رستی بسیار روشن بوده و به عنوان یکی از منابع تأمین نفت مورد نیاز کشورهای صنعتی بزرگ از جمله آمریکا و کانادا خواهد بود.

#### ◆ منابع

- [1] Energy Information Administration based on Data from Various Published Studies. 2011
- [2] www.iea.org
- [3] http://www.bakerhughes.com

را افزایش داده است. علی‌رغم این افزایش، تولید مکزیک با ۰/۴ میلیون بشکه در روز کاهش ظرفیت تا سال ۲۰۱۶، از میزان فعلی که ۳ میلیون بشکه در روز است به ظرفیت ۲/۶ میلیون بشکه در روز خواهد رسید.

#### ◆ چالش‌های پیش روی تولید نفت خام محبوس در سنگ‌های رستی

بدیهی است که موانع بالفعل و بالقوه‌ای نیز در راه رشد تولید از این منابع وجود دارد. بیش از همه، قیمت‌ها باید در یک سطح معین و باثبات قرار داشته باشد تا توسعه میادین توجیه اقتصادی داشته باشد. مانع دیگر، مشکل عدم وجود تاسیسات زیربنایی برای انتقال و صادرات مایعات تولیدی از منطقه است. مناطقی که سابقه تاریخی تولید در مقیاس‌های بزرگ ندارند با این مشکل مواجه‌اند. رشد سریع یا ناگهانی هزینه‌ها به ویژه در تدارکات و خدمات‌رسانی به عملیات شکستن سنگ‌ها، کمبود نیروی انسانی متخصص و به‌طور کلی نوسانات اقتصادی نیز به عنوان یک مشکل دیگر، بسیار محتمل است. علاوه بر این تاکنون این مایعات به عنوان محصول فرعی تولید گاز از سنگ‌های رستی همانند LNG در حدود قیمت نفت خام به فروش می‌رفت و یکی از نگرانی‌های تولیدکنندگان گاز از سنگ‌های رستی در آمریکا، اشباع شدن بازار از LNG بود؛ زیرا مصرف این مخلوط معمولاً محدود است. لذا احتمال می‌رفت که مقادیر مازاد آن به فروش نرود و تولید گاز طبیعی از سنگ‌های رستی و جاهت اقتصادی را از دست بدهد.

سرانجام، باید به مشکلات و نگرانی‌های زیست‌محیطی اشاره کرد که در مورد استخراج و تولید گاز از سنگ‌های رستی نیز مخالفت‌های فراوانی را در بخش‌های مختلف علمی و آکادمیک، تحقیقاتی، سیاسی و

در دهه ۱۹۸۰، تولید گاز طبیعی در آن آغاز شده است. اخیراً در بخش‌هایی از آن مایعات نیز یافت شده است. میادین مونت‌ری و نیوبرارا نیز میادین دوگانه مایع و گازی به شمار می‌آیند. ابگل فورده منطقه‌ای است که به عنوان میدان گازی و تولید گاز طبیعی از سنگ‌های رستی آن شهرت یافته است. شهرت گاز طبیعی این منطقه به علت همراه داشتن مقادیر فراوان مایعات (NGL) است که به قیمت نفت خام به فروش می‌رسد و تولید اقتصادی گاز آن را در قیمت‌های پایین کنونی (حدود ۴ دلار در میلیون BTU) توجیه می‌کند. اساساً، و جاهت اقتصادی تولید گاز از سنگ‌های رستی در شرایط کنونی بازار گاز آمریکا معلول وجود همین مایعات به همراه گاز است. اما این مایعات که آژانس بین‌المللی انرژی آن را به نفت خام تعبیر کرده است، در واقع مانند نفت خام معمول نیستند و بیشتر اتان، پروپان و بوتان (LPG)، و به مقدار کمتر ملکول‌های سنگین تر پنت و شش کربنی و احتمالاً اندکی بالاتر را با خود به همراه دارند و در مجموع، تحت عنوان NGL به شمار می‌آیند. این مایعات مانند NGL به عنوان خوراک صنایع پتروشیمی و پس از مخلوط شدن با نفت خام‌های سنگین، به عنوان خوراک پالایشگاه‌ها قابلیت مصرف دارند.

در همین گزارش، آژانس بین‌المللی انرژی، چشم‌انداز آمار و ارقام تولید نفت خام از شن‌های نفتی و NGL کانادا را (نیز) نسبت به برآورد قبلی افزایش داده و پیش‌بینی کرده است که کل تولید کانادا با افزایش ۱/۳ میلیون بشکه در روز، از ۳/۴ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۱۰ به ۴/۷ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۱۶ می‌رسد. در گزارش قبلی آژانس، افزایش تولید کانادا ۱/۱ میلیون بشکه در روز (از ۳/۲ تا ۴/۳ طی سال‌های ۲۰۰۹ الی ۲۰۱۵) برآورد شده بود. این آژانس همچنین در پیش‌بینی عرضه نفت خام مکزیک نیز تجدید نظر کرده و آن