

مطالعه مروری سیستم نفتی و پتانسیل هیدروکربوری سازند قم (الیگو-میوسن)

ابراهیم محمدی*: کرمان، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، پژوهشگاه علوم، گروه اکولوژی

پست الکترونیک: emohammadi02@gmail.com

علی رحمانی: شرکت ملی نفت ایران، تهران، پست الکترونیک: rahmani_a74@yahoo.com

چکیده

سازند قم مهمترین سنگ مخزن و سنگ منشاء هیدروکربور در ایران مرکزی است. آهک‌های سازند قم، مخزن میادین نفتی/گازی البرز، سراج، آران و فخره در ایران مرکزی می‌باشد. با وجود اهمیت اقتصادی سازند قم، اطلاعات موجود درباره سیستم نفتی و پتانسیل هیدروکربوری این سازند بسیار محدود است و مطالعات کمی درباره آن انجام شده است. به علاوه، اکثر این مطالعات منتشر نشده می‌باشند و یا در نشریات غیر انگلیسی (فرانسوی، آلمانی و یا چینی به همراه چکیده انگلیسی) منتشر شده‌اند. در این مقاله بررسی مروری سیستم نفتی و پتانسیل هیدروکربوری سازند قم در حوضه پس کمان ایران مرکزی بطور خلاصه ارائه شده است. اطلاعات ارائه شده در اینجا از داده‌های پراکنده موجود در آثار منتشر شده و منتشر نشده مرتبط، استخراج شده است. البرز و سراج دو تاقدیس مجاور در ایران مرکزی هستند، که در میوسن پسین- پلیوسن تشکیل شده‌اند و از نظر هندسه، موقعیت زمین‌شناختی و زمان توسعه (و تکامل) ارتباط نزدیکی با هم دارند. تاقدیس البرز یک میدان نفتی با تولید حدود ۳۵۰۰۰ بشکه نفت در روز و تاقدیس سراج یک میدان گازی با تولید بیش از ۴۰ میلیون فوت مکعب گاز در روز (mmsfc/d) است. فراوانی، انواع و بلوغ مواد آلی در سازند شمشک (ژوراسیک) و سازند قم (الیگوسن-میوسن) و تطابق منشاء نفت در حوضه قم، نشان می‌دهد که سازند شمشک محتمل‌ترین سنگ منشا است و سازند قم نیز دارای پتانسیل تولید هیدروکربور است.

واژه های کلیدی: سازند قم، سیستم نفتی، پتانسیل هیدروکربوری، میدان نفتی البرز، میدان گازی سراج

A review of petroleum system and hydrocarbon potential of the Qom Formation (Oligo-Miocene)

Ebrahim Mohammadi*: Department of Ecology, Institute of science, High technology and environmental science, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran, E-mail address:

emohammadi02@gmail.com:

Ali Rahmani: National Iranian Oil Company, Tehran. E-mail address: rahmani_a74@yahoo.com

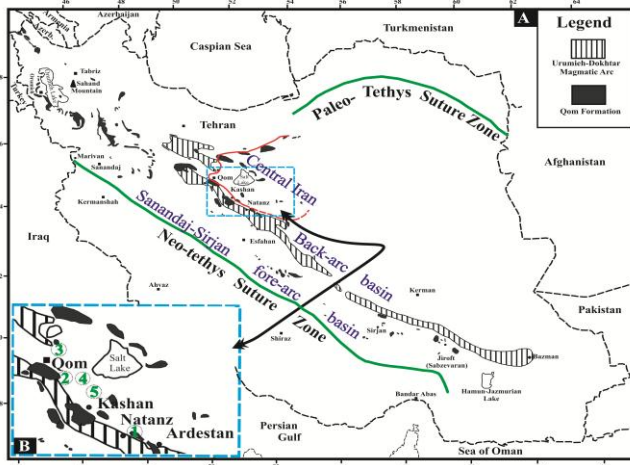
Abstract

The Qom Formation is the main reservoir and source rock for hydrocarbons in Central Iran. The Qom limestones are the reservoir for the Alborz, Sarajeh, Arun and Fakhreh oil/gas fields in Central Iran. Despite its economic importance, existing knowledge of petroleum system and hydrocarbon potential of the Qom Formation is quite limited, and little research work on the petroleum system of the Qom Formation had been done up to now. Besides, only a few of them has been published, and most of them are unpublished or published in non-English Journals (i.e. French, German and Chines Journals with English abstract). This chapter is a mini-review on the petroleum system and hydrocarbon potential of the Qom Formation in Central Iran back arc basin. The data presented here are based on the scattered data extracted from relevant published and unpublished works. Alborz and Sarajeh are two adjacent anticlines in Central Iran, formed at Late Miocene-Pliocene and are closely related in terms of geometry, geological setting and timing of development. Yet the Alborz anticline is an oil field producing up to 35 000 barrels of oil per day, while the Sarajeh anticline is a gas field producing over 40 million cubic feet of gas (mmsfc) per day. The abundance, types and maturity of organic matter in Shemshak Formation (Jurassic) and Qom Formation (Oligocene-Miocene), and oil source correlation in Qom basin, show that the Shemshak Formation is the most possible source rock, and the Qom Formation has hydrocarbon generation potential.

Key words: Qom Formation, petroleum system, hydrocarbon potential, Alborz oil field, Sarajeh gas field

مقدمه

سازند قم مهمترین سنگ مخزن و سنگ منشاء هیدروکربور در ایران مرکزی است (آبه و همکاران، ۱۹۶۴؛ رضایی و همکاران، ۱۳۷۹، مورلی و همکاران، ۲۰۰۹؛ محمدی و همکاران، ۲۰۱۸). از اینرو، بخش‌هایی از ایران مرکزی به منظور دستیابی به منابع هیدروکربوری مورد بررسی قرار گرفته است و تاکنون چهار میدان نفتی/گازی یافت شده است (شکل ۱). این سازند از نظر زمانی (و تا حد زیادی نیز از نظر لیتولوژی و فسیل‌های موجود) معادل سازند آسماری، که ۱۲٪ نفت جهان را در خود جای داده است، می‌باشد (گیوکیانگ و همکاران، ۲۰۰۷). آهک‌های سازند قم در ایران مرکزی مخزن میدان‌های نفتی/گازی البرز، سراج، آران (گیوکیانگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ شکل ۱) و فخره (جلالی و همکاران، ۱۳۹۶) است. رسوبگذاری سازند قم (با سن روپلین- بوردیگالین) در سه حوضه‌ی شمال‌غربی- جنوب‌شرقی پیش کمان سنندج - سیرجان، درون کمانی ارومیه - دختر و پس کمان ایران مرکزی صورت گرفته است (محمدی و همکاران، ۲۰۱۳) که جزء واحدهای زمین‌شناختی ایران میانی محسوب می‌گردند. ایران میانی به بخش‌هایی از ایران اطلاق می‌گردد که بین خط درزهای اقیانوس نئوتتیس و اقیانوس پالئوتتیس قرار دارند (آقنابتی، ۱۳۸۳؛ شکل ۱). مطالعات نفتی بر روی سازند قم عمدتاً محدود به حوضه پس کمان ایران مرکزی بوده است و با وجود اهمیت اقتصادی این سازند قم، اطلاعات موجود درباره سیستم نفتی و پتانسیل هیدروکربوری این سازند بسیار محدود است و مطالعات کمی در این باره انجام شده است. به علاوه، اکثر این مطالعات منتشر نشده می‌باشند و یا در نشریات فرانسوی، آلمانی و یا چینی (به همراه چکیده انگلیسی) منتشر شده‌اند. لذا هدف این مقاله (۱) بررسی مروری سیستم نفتی و پتانسیل هیدروکربوری سازند قم در حوضه پس کمان ایران مرکزی بر مبنای داده‌های پراکنده موجود در آثار منتشر شده و منتشر نشده‌ی مرتبط؛ و (۲) معرفی مطالعات مرتبط با سیستم نفتی و پتانسیل هیدروکربوری سازند قم به علاقمندان می‌باشد.

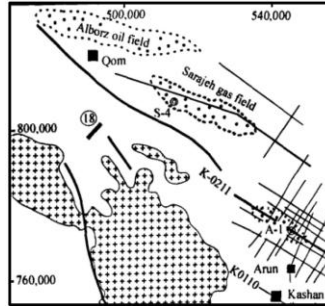
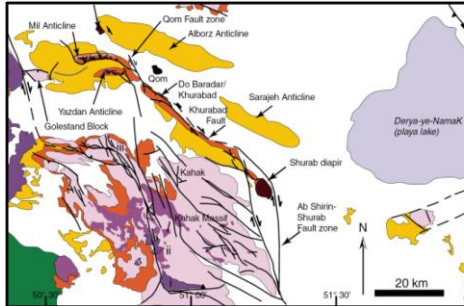


شکل ۱: نقشه ایران که نشان‌دهنده پراکنده‌گی‌های سازند قم (لکه‌های تیره رنگ)؛ کمان ماگمایی ارومیه-دختر (بخش هاشور خورده)؛ پراکنده‌گی نهشته‌های تبخیری سازند قم؛ ته نشینی نهشته‌های تبخیری سازند قم در سمت مقعر خط قرمز اتفاق افتاده است و موقعیت خط درزهای نئوتتیس و پالئوتتیس در ایران می‌باشد (با اصلاحات از محمدی و همکاران، ۲۰۱۳). B: نمای نزدیک از موقعیت میدان نفتی/گازی سازند قم در ایران مرکزی که موقعیت (۳) میدان نفتی البرز؛ (۴) میدان گازی سراج و (۵) میدان نفتی/گازی آران را نشان می‌دهد.

مطالعات پیشین

آقابابوف در سال ۱۹۳۴ برای اولین بار به نشانه‌های نفت در یک قنات در جنوب شهر قم اشاره نمود (صالحی‌پور باورصاد، ۱۳۸۴) و بدین ترتیب شواهد وجود نفت در سازند قم برای نخستین بار در سال ۱۹۳۴ در نزدیکی شهر قم بدست آمد (مستوفی و گانسر، ۱۹۵۷). مطابق گیوکیانگ (۲۰۰۷) مطالعات اکتشافی بر روی سازند قم را می‌توان به سه دوره تقسیم نمود: (۱) در طول سال‌های ۱۹۵۳-۱۹۶۸، رخنمون‌های این سازند مورد مطالعه قرار گرفت، اکتشافات لرزه‌ای و حفاری‌های نفتی بر روی سازند قم انجام شد و در مجموع هفت ساختمان زمین‌شناختی مورد حفاری قرار گرفتند. میدان نفتی البرز و سراج قبل از اواسط سال ۱۹۶۰ کشف شدند. شرق تلخه (شمال کاشان) از نظر تولید نفت غیراقتصادی شناخته شد. با این حال، دیگر چاه‌های حفر شده در سازند قم نشانه‌های خوبی از نفت و گاز ارائه نمودند؛ (۲) در طول سال‌های ۱۹۶۹-۲۰۰۰، اکتشاف نفت در حوضه ایران مرکزی تقریباً متوقف شده بود؛ (۳) از سال ۲۰۰۱، شرکت نفتی چینی SINOPEC (سینوپک) اکتشاف نفت در بلوک کاشان را آغاز نمود. اولین چاه در تاقدیس آران (شکل ۲) در سازند قم را حفر نمود و تولید نفت اقتصادی (دارای ارزش بهره برداری) در چاه C4 در پایان سال ۲۰۰۳ میسر شد، و به حدود چهل سال توقف اکتشافات نفتی در ایران مرکزی پایان داد. شرکت نفتی SINOPEC از سال ۲۰۰۶ عهده‌دار اکتشافات نفتی در بلوک گرمسار شده است (گیوکیانگ و همکاران، ۲۰۰۷). عملیات حفاری در تاقدیس البرز در سال ۱۹۵۱ شروع شد (گانسر، ۱۹۵۷؛ گریتر، ۱۹۸۲). مطالعات زمین‌شناختی

رسمی و اکتشاف نفت در ایران مرکزی در سال ۱۹۵۳، یعنی زمان کشف میدان نفتی البرز، آغاز شد (گیوکیانگ و همکاران، ۲۰۰۷). مهمترین منابع مرتبط با سیستم نفتی و پتانسیل هیدروکربوری سازند قم عبارتند از: گانسر، ۱۹۵۷؛ مستوفی و گانسر، ۱۹۵۷؛ آبه و همکاران، ۱۹۶۴؛ گریتر، ۱۹۸۲؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۴؛ b؛ لتوزه و همکاران، ۲۰۰۶؛ گیوکیانگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ مورلی و همکاران، ۲۰۰۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳؛ ژو و همکاران، ۲۰۰۹؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۹.



شکل ۲: سمت راست: موقعیت میدان‌های البرز، سراج و آران در سازند قم در ایران مرکزی (گیوکیانگ و همکاران، ۲۰۰۷)؛ سمت چپ: شکل هندسی تقادیس‌های البرز و سراج و موقعیت آنها نسبت به شهر قم (مورلی و همکاران، ۲۰۰۹)

بحث

میادین نفتی/گازی کشف شده در سازند قم

همانطور که قبلاً گفته شد آهک‌های سازند قم مخزن میادین نفتی/گازی البرز، سراج، آران و فخره در ایران مرکزی است (شکل ۲). ساختمان تقادیس البرز در ۲۵ کیلومتری شمال غربی، شمال و شرق شهرستان قم با روند شمال غربی - جنوب شرقی قرار گرفته و منطقه ای با وسعت $12 \times 50 \text{ km}^2$ را در بر می‌گیرد. سازند قم در این میدان به بخش‌های a تا e تقسیم می‌گردد (هنرمند و رضایی، ۱۳۷۸؛ صالحی پور باورصاد و همکاران، ۱۳۸۴). بدنبال مشاهده آثار هیدروکربوری در این منطقه، تقادیس البرز در فاصله سال‌های ۱۹۶۲-۱۹۵۰ مورد انجام مطالعات زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک و در نهایت عملیات حفاری قرار گرفت. در این میدان کشف نفت در سال ۱۳۳۵ (۱۹۵۶ م) اتفاق افتاد و در سال ۱۳۴۰ (۱۹۶۱ م) به تولید و بهره‌برداری رسید (آمارهای منتشر نشده شرکت ملی نفت ایران). از بین ۱۴ حلقه چاه اکتشافی و بهره‌برداری در این میدان چاه‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ به بهره‌برداری رسیده و پس از چند سال تولید به دلیل کاهش اشباع‌شدگی نفت و تولید آب شور بهره‌برداری از آنها متوقف گردید (هنرمند و رضایی، ۱۳۷۸). تقادیس سراج با ابعاد $5 \times 25 \text{ km}^2$ جهت یافتگی شمال غربی - جنوب شرقی در ۴۵ کیلومتری جنوب شرق شهر قم قرار دارد (حق‌زاده و همکاران، ۱۳۸۴). کشف و تولید و بهره‌برداری گاز در این میدان در سال ۱۳۳۸ (۱۹۵۸ م) اتفاق افتاد (آمارهای منتشر نشده شرکت ملی نفت ایران؛ اشتوکلین، ۱۳۹۲). در این میدان واحد f سازند قم وجود ندارد و سنگ مخزن و تنها بخش تولیدی میدان سراج، واحد e سازند قم است (باغبانی و همکاران، ۱۳۷۵؛ حق‌زاده و همکاران، ۱۳۸۴؛ بهلولی و همکاران، ۱۳۸۷). بخش تبخیری قاعده‌ی سازند قرمز بالایی نیز پوش سنگ مخازن را تشکیل می‌دهد (باغبانی و همکاران، ۱۳۷۵؛ بهلولی و همکاران، ۱۳۸۷). تنها مخزن انباشت زیرزمینی گاز در ایران مخزن گازی سراج قم می‌باشد. هیدروکربور مخزن سراج شامل گاز با تولید اقتصادی به همراه مقدار قابل توجهی میعانات گازی است (باغبانی و همکاران، ۱۳۷۵؛ حق‌زاده و همکاران، ۱۳۸۴؛ بهلولی و همکاران، ۱۳۸۷؛ مورلی و همکاران، ۲۰۱۳). بر اساس بهلولی و همکاران (۱۳۸۷)، تعداد ۹ حلقه چاه در میدان گازی سراج حفر شده است که حفاری ۷ حلقه آن در فاصله سال‌های ۱۹۵۸-۱۹۶۱ میلادی انجام شده است، چاه شماره ۸ در سال ۲۰۰۱ برای توصیف دقیق بخش e سازند قم حفر شد و چاه شماره ۹ در سال ۲۰۰۵ بر اساس مطالعات اکتشافی لرزه‌ای برای اثبات فرضیه توسعه مساحتی بیشتر میدان سراج حفر گردید که متأسفانه این فرضیه محقق نشد. چاه‌های ۳، ۵، ۲ و ۸ دارای تاریخچه تولید بوده که بعدها چاه‌های ۳ و ۵ متروکه شده و چاه شماره ۲ به عنوان تنها چاه تولیدی میدان باقی ماند. آمارهای منتشر نشده شرکت ملی نفت ایران بیانگر افزایش تعداد چاه‌ها به ۱۶ حلقه می‌باشد. اطلاعات علمی موثق چندانی در مورد میادین آران و فخره وجود ندارد. ولی میدان آران ظاهراً وسعت زیادتری (از شمال غربی کاشان تا اردستان) نسبت به میادین البرز و سراج دارد. مطالعات اولیه توسط شرکت چینی سینوپک و انجام عملیات اکتشافی در این میدان نشانگر این است که این مخزن دارای حجم بسیار عظیمی از ذخایر نفت و گاز است. براساس اطلاعات موجود، میدان آران و فخره مشترک نمی‌باشند. میدان فخره در منطقه زواره کاشان قرار دارد و توسط شرکت چینی سینوپک مورد حفاری قرار گرفته است.

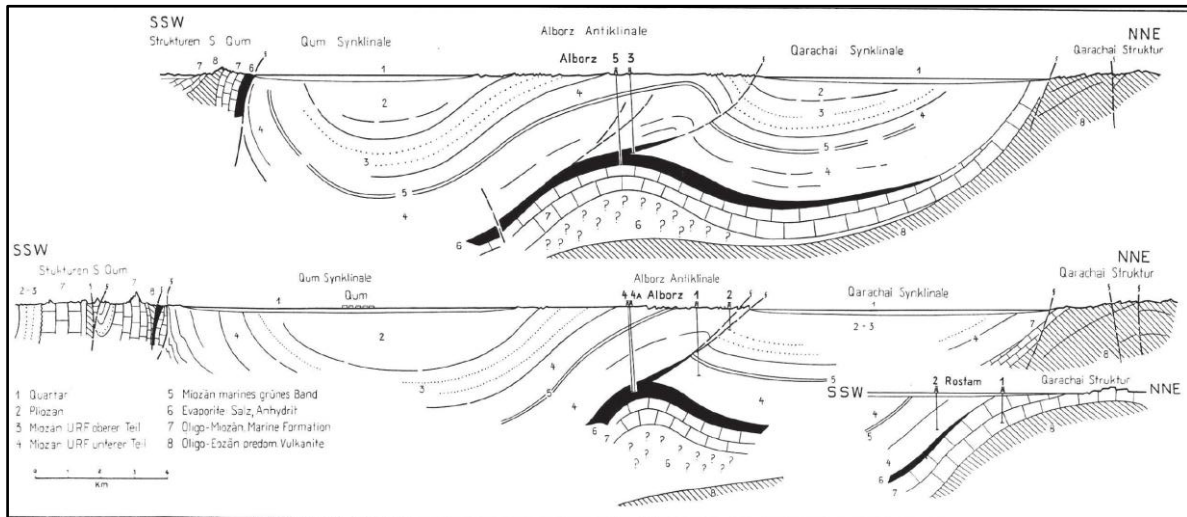
فوران چاه البرز شماره ۵ و نتایج علمی حاصل از آن

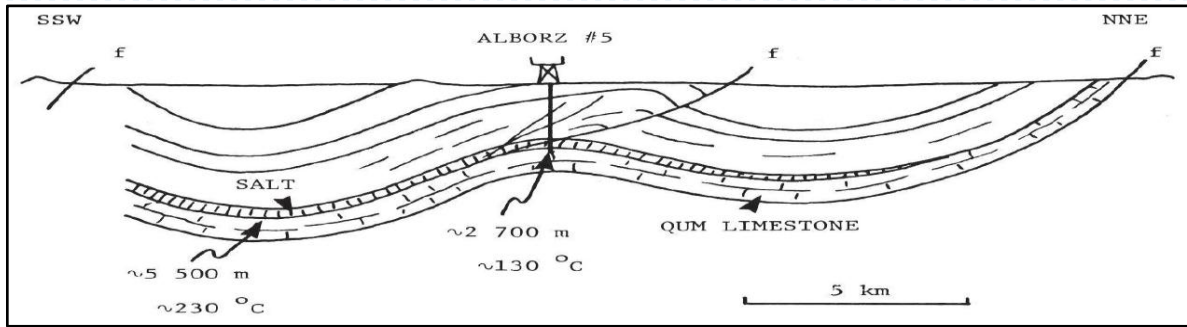
در صبحگاه روز ۲۶ دسامبر سال ۱۹۵۶ یکی از بزرگترین فوران‌های تاریخ صنعت نفت، در چاه البرز شماره ۵ در تاکدیس البرز در ایران مرکزی به وقوع پیوست. از این چاه، نفت و مقادیر زیادی از گاز با نرخ متوسط ۶۰۰۰۰ بشکه در روز به مدت ۸۲ روز (در مجموع بیش از ۵ میلیون بشکه) بیرون ریخت (گانسر، ۱۹۵۷؛ گریتر، ۱۹۸۲). در تاکدیس البرز آهک‌های سازند قم با مارن دریایی در تناوب بوده و توسط نهشته‌های تبخیری پوشیده شده است. نهشته‌های تبخیری سبب مشکلات و سختی‌های فراوانی در طول حفاری شدند، آنها سنگ پوش عالی و در عین حال دشوار برای حفاری هستند (گانسر، ۱۹۵۷؛ گریتر، ۱۹۸۲). چاه البرز شماره ۵ در سال ۱۹۵۶ حفر شد و همانطور که از شماره چاه بر می‌آید قبل از این نفوذ موفق، چهار بار برای حفاری این نهشته‌ها تلاش شد. چاه البرز شماره ۱ از یک زون راندگی عبور کرد که بعدها توسط چاه البرز شماره ۲ تایید شد. و همچنین تلاش‌های بیشتر برای حفاری چاه البرز شماره ۴ بی‌نتیجه بود (شکل ۳). شواهد خیلی امیدبخشی از وجود نفت در چاه البرز شماره ۳ (که حفاری آن نیز در واحد تبخیری متوقف گردید) در عمق ۲۲۸۸ متری مشاهده شد. چاه البرز شماره ۵ به عنوان جایگزینی برای چاه شماره ۳ حفر شد. این چاه از ۲۲۹۶ متر از نهشته‌های آواری نئوژن میانی تا پسین عبور کرد. در زیر این نهشته‌های آواری ۳۸۱ متر از نهشته‌های تبخیری حفاری شد (گانسر، ۱۹۵۷؛ مستوفی و گانسر، ۱۹۵۷). پس از مشکلات حفاری فراوان در حین گذر از رسوبات تبخیری، حفاری به راس سازند دریایی قم در ۲۶۷۷ متر رسید. سپس گمانه ۵ سانتی متر (۲ اینچ) به داخل یک سنگ آهک دارای شکستگی نفوذ کرد (گانسر، ۱۹۵۷؛ گریتر، ۱۹۸۲). با مشاهده اولین آثار گذر از لایه نمک، مسئول حفاری تمامی موتورها، پمپ‌ها و جریان برق را از کار انداخته و سوپاپ‌های ایمنی لوله را بست. ولی نفتی که با فشاری غیرقابل تصور از اعماق به بالا صعود می‌کرد، سوپاپ‌ها را براحتی به هوا پرتاب کرده و به صورت فواره‌ای عظیم به ارتفاع ۱۰۰ متر، که حتی از فاصله ۲۰ کیلومتری هم قابل مشاهده بود، همراه با صدای کرکننده‌ای از لوله حفاری به هوا شلیک شد. صحرای سرخ اطراف به جهنمی سیاه مبدل گشته و زمین تا فاصله زیادی با نفت پر شده بود. جاده اصلی تهران - قم (در فاصله ۶۰ متری دستگاه حفاری) و همچنین خط آهن (در فاصله ۴ کیلومتری) در پی اعلام وضعیت خطر، متوقف شدند. طی ۳ هفته کار مداوم، جریان نفت را از طریق لوله به محل مطمئنی در بیابان هدایت کردند و به آتش کشیدند (اشتوکلین، ۱۳۹۲). ستون گل با چگالی $\times 10^3 \times 2.07 \text{ Kg/M}^3$ از چاه فوران نمود و بیش از ۸۲ روز به طول انجامید. در طول این فوران مهار نشده و یا تحت کنترل نسبی، این چاه حدود پنج میلیون بشکه نفت و مقادیر زیادی گاز (اندازه‌گیری نشده)، تولید نمود. ماهیت تولید نفت همراه با گاز زیاد، نشان می‌دهد که نفت، اگر به طور کامل اشباع از گاز نبوده باشد تا حد زیادی اشباع از گاز بوده است، اما هیچ گونه کلاهدک گازی آزادی (به صورت مجزا) وجود نداشت. پس از ۸۲ روز چاه خودش مسدود شد و آتش نیز به یکباره خاموش شد. این فوران باعث ایجاد وارونگی (مخروط افت) در مخزن شد بطوریکه چاه‌های مجاور آب تولید کردند. طول مدت "آزمایش تولید (production test)" با نرخ بالای فوران فروکش نکردنی نشانگر یک مکانیسم محرک قوی با طول عمر سالم است. این موضوع برخلاف این تصور است که اکثر مخازن پرفشار، در معرض افت فشار سریع هستند. بنابراین در عمق مخزن حدوداً ۲۷۰۰ متری، فشار گل در زمان تخلیه ۵۵ مگاپاسکال بوده است. دمای سطحی نفت روان/جاری ۱۱۵ °C اندازه‌گیری شد (دمای نفت در مخزن حدود ۱۳۰ °C بوده است) (شکل ۳). مخزن فوق العاده پرفشار بوده است، و "آزمایش تولید" طولانی مدت چاه البرز شماره ۵ نفوذپذیری فوق العاده بالای مخزن و یک محرک قوی را نشان می‌دهد که هر دو در طول تمام مدت ۸۲ روزه "تست فوران" حفظ شدند. طول فوران نشان می‌دهد که افت فشار سریع یک مساله نبوده است و همه مخازن موجود در محیط‌های زمین فشرده سخت، بلحاظ اقتصادی غیرجذاب نیستند و می‌توانند هدف بهره‌بردار قرار گیرند. فشارهای بالای غیر طبیعی مانع بسته شدن موفق این چاه مهار نشدنی شد. این فشار بیش از حد ممکن است با حضور توده‌های نمکی دی‌پیری در زیر تاکدیس مذکور در ارتباط بوده باشد (گانسر، ۱۹۵۷؛ گریتر، ۱۹۸۲).

پتانسیل نفتی سازند قم

البرز و سراجه دو تاکدیس مجاور در ایران مرکزی هستند، که حاوی مواد هیدروکربوری در سازند قم (الیگوسن پسین - میوسن پیشین) هستند. این تاکدیس‌ها در زمان‌های تقریباً مشابه (میوسن پسین - پلیوسن) تشکیل شده‌اند و از نظر هندسه، موقعیت زمین‌شناختی و زمان توسعه (و تکامل) ارتباط تنگاتنگی با هم دارند (مورلی و همکاران، ۲۰۱۳). با این حال، تاکدیس البرز یک

میدان نفتی با تولید نفت جزئی است، در حالی که تاقدیس سراجه یک میدان گازی با تولید اقتصادی گاز و میعانات است (بهلولی و همکاران، ۱۳۸۷؛ مورلی و همکاران، ۲۰۱۳). سازند قم تخلخل کم تا متوسط (تا حدود ۱۲٪)، اما به طور کلی کمتر از ۶-۸٪ تخلخل مفید) دارد. چاه‌های البرز حدود ۳۵۰۰۰ بشکه نفت در روز تولید نموده اند (آبه و همکاران، ۱۹۶۴؛ مورلی و همکاران، ۲۰۱۳). میزان ذخیره میدان البرز ۸۰ تا ۹۰ میلیون بشکه توسط شرکت نفت تخمین زده شد که از این مقدار ۱۵ تا ۱۸ میلیون قابل برداشت بوده و بعد از فوران چاه شماره ۵، نفت قابل برداشت با فشار طبیعی مخزن ۳ تا ۶ میلیون بشکه اعلام شد (مستوفی و گانسر، ۱۹۵۷؛ صالحی‌پور باورصاد، ۱۳۸۴). گاز مخزن سراجه از نوع شیرین فاقد H_2S بوده و دارای حدود ۸۰٪ متان و ۶٪ اتان می‌باشد (حق‌زاده و همکاران، ۱۳۸۴). چاه‌های میدان سراجه بیش از ۴۰ میلیون فوت مکعب گاز (mmsfc) در روز، همراه با ۷۰ بشکه میعانات در هر mmscf تولید نموده‌اند (آبه و همکاران، ۱۹۶۴؛ مورلی و همکاران، ۲۰۱۳). کل ذخیره برجای مخزن سراجه ۹/۵ میلیارد متر مکعب و ذخیره قابل استحصال آن ۷ میلیارد متر مکعب برآورد گردید (حق‌زاده و همکاران، ۱۳۸۴). از این میدان روزانه ۳۰۰ هزار متر مکعب گاز شیرین و ۴۰۰ بشکه میعانات گازی استحصال می‌گردید (حق‌زاده و همکاران، ۱۳۸۴) تا اینکه گاز سراجه در سال ۱۳۸۸ کاملاً تخلیه شده و در حال حاضر ذخیره‌سازی گازی در این میدان انجام می‌شود (آمارهای منتشر نشده شرکت ملی نفت ایران). ظرفیت ذخیره سازی مصنوعی گاز در میدان سراجه حدود ۱.۳ میلیارد متر مکعب است (حق‌زاده و همکاران، ۱۳۸۴).





شکل ۳: بالا: نیمرخ زمین‌شناختی تاق‌دیس البرز که موقعیت چاه‌های حفر شده را نشان می‌دهد؛ لایه سیاه رنگ: واحدهای تبخیری (از گانسر، ۱۹۵۷)؛ پایین: مقطع شوماتیک تاق‌دیس البرز که عمق و دمای تقریبی سازند قم را در راس تاق‌دیس و نیز در ناودیس مجاور نشان می‌دهد (از گریتر، ۱۹۸۲).

کیفیت مخزنی سازند قم

سیمانی شدن، انحلال و توسعه شکستگی‌ها مهمترین فرآیندهای دیاژنتیکی کنترل کننده کیفیت سنگ مخزن قم در میدان البرز می‌باشند (رضایی و هنرمند، ۱۳۸۰). مطابق صالحی‌پور باورصاد (۱۳۸۴) تشکیل تاق‌دیس البرز حاصل تجمع نمک‌های سازند قرمز پایینی بوده و فعالیت گسل کوشک نصرت به همراه سنگ‌های آتشفشانی و بخش‌های تبخیری سازند قرمز پایینی با تحت تاثیر قرار دادن سازند قم، می‌تواند باعث جلوگیری از حرکت مواد هیدروکربوری و به تله افتادن آنها شود. تخلخل متوسط میدان البرز ۷٪ بوده و نفت آن با API ۳۹ از نوع نفت سبک است. تخلخل متوسط میدان سراجه نیز ۶/۲٪ است (آمارهای منتشر نشده شرکت ملی نفت ایران). بر اساس بهلولی و همکاران (۱۳۸۷) مطالعه لاگ‌های مختلف پتروفیزیکی و نتایج تراوایی محاسبه شده از روابط تجربی، تراوایی زیاد را در ۷۰ متر فوقانی میدان سراجه نشان می‌دهد. مطالعه شکستگی‌های مغزه نیز نشان از تمرکز شکستگی‌ها در این قسمت از سنگ مخزن دارد. به علاوه، پتانسیل تولیدی مخزن سراجه به شدت در ارتباط با توزیع این شکستگی‌ها است. دو عضو، C-1 و C-3، به دلیل توسعه شکستگی‌ها که سبب افزایش تخلخل / نفوذپذیری و هیدروکربور شده‌اند، مهمترین عضوهای هدف در چاه‌های اکتشافی بودند (آبه و همکاران، ۱۹۶۴). مورلی و همکاران (۲۰۰۸) معتقدند که ساختار زمین‌شناختی به صورت محلی ضخامت و رخساره، سازند قم (واحد مخزن / منشاء) را به سبب حرکت نمک‌های زیرین تحت تاثیر قرار می‌دهد؛ تعیین سن زمان مهاجرت تله (نفی) دشوار است، سیستم شکستگی‌ها برای نفوذپذیری مخزن مهم هستند، در حالی که ترکیب وضعیت تنش امروزی، شکستگی‌ها و سدشدگی تبخیری‌های سازند قرمز بالایی منجر به فشار فوق العاده بالا در میادین البرز و سراجه (و فوران خیلی بزرگ البرز-۵) شده است.

سیستم نفتی سازند قم

گانسر (۱۹۵۷) تاکید داشت که مارن‌هایی که بصورت میان لایه با سنگ آهک‌های سازند قم حضور دارند باید سنگ منشاء مواد هیدروکربوری کشف شده در سازند قم در چاه البرز شماره ۵ باشند و لایه‌های زیرین، که در درجه اول ماهیت آتشفشانی دارند، مطلقاً دارای هرگونه سنگ منشاء مناسبی نیستند. به علاوه، مهاجرت از نهشته‌های قدیمی‌تر، به دلیل ویژگی سنگ‌شناختی نامساعدشان (سنگ‌های آتشفشانی و غیره)، بعید بنظر می‌رسد (گانسر، ۱۹۵۷؛ گریتر، ۱۹۸۲). با این حال، وانگ و همکاران (۲۰۰۴) معتقدند که در حوضه قم، ممکن است تجمعات هیدروکربوری در تله‌هایی که در نئوژن تشکیل شده‌اند و از سازند شمشک ژوراسیک (و همچنین سازند قم) منشاء گرفته‌اند، وجود داشته باشد. همچنین ممکن است تجمعاتی وجود داشته باشد که هم سنگ مخزن و سنگ منشأ از سازند شمشک باشند. ژو و همکاران (۲۰۰۹) معتقدند که در منطقه کاشان سه مجموعه سنگ منشاء شامل سازند شمشک با سن ژوراسیک، مادستون کرتاسه و سازند قم وجود دارد. با این حال، کیفیت سنگ‌های منشاء به اندازه کافی خوب نیست. به علاوه، بر اساس مطالعه مقایسه‌ای $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ، $\delta^{18}\text{O}$ و $\delta^{13}\text{C}$ بین سنگ فراگیر/میزبان از کربنات‌ها و کلسیت‌هایی که درزها و رگه‌های سازند قم را در بلوک کاشان پر نموده‌اند، سیالات حاوی هیدروکربور از سازند شمشک با سن ژوراسیک سرچشمه گرفته‌اند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۹). فراوانی، انواع و بلوغ مواد آلی در

سازند شمشک (ژوراسیک) و سازند قم (الیگوسن-میوسن) و تطابق منشاء نفت در حوضه قم، نشان می‌دهد که سازند شمشک محتمل‌ترین سنگ منشا است، و سازند قم دارای پتانسیل تولید هیدروکربور است (وانگ و همکاران، ۲۰۰۴، b). مواد آلی سازند شمشک در کرتاسه به پنجره نفتی وارد شده‌اند، و حدود ۱۷ میلیون سال پیش به پنجره گاز مرطوب و میعانات وارد شده‌اند. در اوایل پلیوسن، فرونشست ناگهانی حوضه قم سبب ورود سازند قم به پنجره نفتی و بلوغ بیشتر سازند شمشک شد. تجمعات نفت و گازی با سن نئوژن وجود دارد که از سازندهای شمشک و قم منشاء گرفته‌اند و یا حوضچه‌های نفت و گاز اولیه در سازند شمشک در حوضه قم وجود دارد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۴، b). به علاوه، سیالاتی که سازند قم را در چاه‌های Arn-2 و Fkh-1 پر نموده‌اند از سیالات موجود در چاه Arn-1 متفاوت هستند، بطوریکه سیالات موجود در چاه Arn-1، نفت هستند و سیالات موجود در چاه Arn-2 و Fkh-1 گاز همراه با یا بدون نیتروژن هستند (ژو و همکاران، ۲۰۰۹).

نتیجه گیری

سازند قم مهمترین سنگ مخزن و سنگ منشاء هیدروکربور در ایران مرکزی بوده و آهک‌های این سازند مخزن میدان‌های نفتی/گازی البرز، سراج، آران و فخره می‌باشد. وجود تاق‌دیس‌های البرز و سراج با پتانسیل تولید اقتصادی مواد هیدروکربوری، بیانگر اهمیت مطالعه این سازند در دیگر نواحی ایران میانی است. با وجود اینکه سازند شمشک محتمل‌ترین سنگ منشا برای مواد هیدروکربوری موجود در سازند قم به نظر می‌رسد، مطالعات بیشتر برای تعیین دقیق تر منشا و سیستم نفتی این سازند امری ضروری بنظر می‌رسد.

منابع

- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین شناسی ایران، چاپ دوم. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ۶۰۳ صفحه.
- اشتوکلین، ی.، ۱۳۹۲. سرزمین پارس: خاطرات یک زمین‌شناس (۱۹۷۹-۱۹۵۰)، به کوشش هادی میرمحمدمیگونی. نشر رهی، ۲۴۰ ص.
- باغبانی، د.، الهیاری، م.، شاکری، ع.، ۱۳۷۵. بررسی حوضه رسوبی قم و ارزیابی توان هیدروکربوری آن (ایران مرکزی)، شرکت ملی نفت ایران، گزارش زمین‌شناسی، شماره ۱۸۳۸.
- بهلولی، ب.، حق‌زاده، ر.، حسنی، ع.، ۱۳۸۷. پارامترهای پتروفیزیکی سنگ مخزن میدان سراج قم، علوم دانشگاه تهران، ۳۴: ۶۴-۵۵.
- جلالی، م.، صادقی، ع.، آدابی، م.، ۱۳۹۶. ریزرخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند قم در چاه یورته شاه-۱ و برش سطحی موره کوه (جنوب تهران). فصلنامه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۳۳: ۴۸-۲۵.
- حق‌زاده، ر.، بهلولی، ب.، حسنی، ع.، ۱۳۸۴. مطالعات مهندسی مخزن میدان گازی سراج به منظور ذخیره‌سازی گاز طبیعی. بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین. ۱۰ ص.
- رضایی، م.ر.، هنرمند، ج.، ۱۳۸۰. کیفیت سنگ مخزن سازند قم در میدان البرز، حوضه قم، ایران مرکزی. مجله علوم دانشگاه تهران، ۶-۱.
- رضایی، م.ر.، هنرمند، ج.، اخروی، ر.، ۱۳۷۹. میکروفاسیس‌ها و محیط رسوبی سازند قم در تاق‌دیس البرز، حوضه قم، ایران مرکزی. مجله علوم دانشگاه تهران، ۲: ۱۵۶-۱۳۹.
- صالحی‌پور باورصاد، ب.، ۱۳۸۴. تعیین رخساره‌های لرزه‌ای سازند قم با استفاده از تفسیر داده‌های لرزه‌نگاری در میدان البرز (حوضه ایران مرکزی). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۲۰ ص.
- صالحی‌پور باورصاد، ب.، موسوی حرمی، ر.، مختاری، م.، ماهانی‌پور، ا.، ۱۳۸۴. تفسیر چینه‌نگاری لرزه‌ای سازند قم در میدان البرز. بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین، ۹ ص.
- هنرمند، ج.، رضایی، م.ر.، ۱۳۷۸. ارزیابی مخزنی بخش‌های کربناته سازند قم در چاه‌های البرز در حوضه قم، ایران مرکزی. سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران. ۴ ص.
- Abaie, IL., Ansari, H.J., Badakhshan, A., Jaafari, A., 1964. History and development of the Alborz and Sarajeh fields of Central Iran. Bulletin of Iranian Petroleum Institute 15, 561-574.
- Gansser, A., 1957. Die geologische erforschung der Qum gegend, Iran. Bulletin der Verengung Schweizerisches Petroleum Geologen und Ingenieur 23, 1-16.
- Gretener, P.E., 1982. Another look at Alborz Nr. 5 in central Iran. Bulletin der Vereinigung Schweitzerisches Petroleum Geologen und Ingenieur 48: 1-8.
- Guoqiang X, Shaonan Z, Zhongdong L, Lailiang S, Huimin L(2007) Carbonate Sequence Stratigraphy of a Back-Arc Basin: A Case Study of the Qom Formation in the Kashan Area, Central Iran. Acta Geologica Sinica, 81:488-500

- Letouzey, J., Baghbani, D., Rudkiewicz, J.L., Cuihe, L., Kazemi, K., 2006, Structural Evolution and Hydrocarbon Accumulation in Central Iran, Qom Region. 68th EAGE Conference and Exhibition incorporating SPE EUROPEC.
- Mohammadi, E., Hasanzadeh-Dastgerdi, M., Ghaedi, M., Dehghan, R., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H., Baizidi, C., Vaziri, M.R., Sfidari, E., 2013. The Tethyan Seaway Iranian Plate Oligo-Miocene deposits (the Qom Formation): distribution of Rupelian (Early Oligocene) and evaporate deposits as evidences for timing and trending of opening and closure of the Tethyan Seaway. *Carbonates and Evaporates* 28, 321-345.
- Mohammadi, E., Hasanzadeh-Dastgerdi, M., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H., 2018. Microfacies and depositional environments of the Qom Formation in Barzok area, SW Kashan, Iran. *Carbonates and Evaporates*, <https://doi.org/10.1007/s13146-017-0415-9>
- Morley, C.K., Kongwung, B., Julapour, A.A., Abdolghafourian, M., Hajian, M., Waples, D., Warren, J., Otterdoom, H., Srisuriyon, K., Kazemi, H., 2009. Structural development of a major late Cenozoic basin and transpressional belt in central Iran: the Central Basin in the Qom-Saveh area. *Geosphere* 5, 1-38.
- Morley, C.K., B. Kongwung, D. Waples, J. Warren, A.A. Julapour, M. Abdolghafourian, M. Hajian, H. Otterdoom, K. Srisuriyon, H. Kazemi and M. Rawanchaikul 2008. Impact of structural history and style on the petroleum system of the Central Basin in the Saveh-Qom area, Iran. 8th Middle East Geosciences Conference, GEO 2008. *GeoArabia*, Abstract, v. 13, no. 1, p. 206.
- Morley, C.K., Waples, D.W., Boonyasaknanon, P., Julapour, A.A., Loviruchsutee, P., 2013. The origin of separate oil and gas accumulations in adjacent anticlines in Central Iran. *Marine and Petroleum Geology* 44: 96-111.
- Mostofi, B. and Gansser, A. (1957): The Story behind the 5 Alborz. *Oil and Gas J.* January 21, Vol. 55/3, pp. 78-84.
- Wang Shihu, Li Zheng and Zhou Wen, Huan Yulong, Liou Qing and Xu Xingyou. 2004a. A primary study on petroleum accumulation in the Qom basin. *Iran. Petroleum Geology and Experiment*, 26(0): 126-248.
- Wang, S., Li, Z., Zhu, R., Zhou, W., Liu, Q., (2004b), Petroleum system in Qom Basin, Iran. *petroleum exploration and development*, 31(4): 139-142. doi : 10.3321/j.issn:1000-0747.2004.04.040
- Wang, G.Z., Liu, S., Shi, H.X., Xu G.-Q., Zhou W., Xu G.-S., Zhu Q., Yong, Z.Q., 2009, Geochemistry trace of hydrocarbon-bearing fluid source in qom formation from Kashan block, Iran. *Journal of Chengdu University of Technology (Science and Technology Edition)*, 29(2): 72 – 77
- Xu et al., 2009. XU Xi-kun, LIU Shu-gen, SHI Hua-xing, XU Guo-qiang, ZHOU Wen. The hydrocarbon geology conditions of kashan area in central iranian basin. *Journal of Southwest Petroleum University*, 7: 62-68.