

تغییرات رخساره و محیط رسوبی نهشته‌های پلیوسن در منطقه جنوب شرق حوضه خزر، شمال شرق ایران

بهزاد سلطانی^{۱*}، بیژن بیرانوند^۲، رضا موسوی حرمی^۳، جواد هنرمند^۴، فرید طاعتی^۵، مهران مرادپور^۶

۱. دانشجوی دکتری زمین شناسی نفت، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، B.soltani67@gmail.com

۲. استادیار، پژوهشگاه علوم زمین، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، Biranvandb69@gmail.com

۳. استاد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، Moussavi@um.ac.ir

۴. استادیار، پژوهشگاه علوم زمین، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، Honarmandj@gmail.com

۵. اداره زمین شناسی، شرکت ملی نفت خزر، تهران، Ftaati345@gmail.com

۶. پژوهشگاه علوم زمین، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، Mmoradpourster@gmail.com

چکیده

نهشته‌های پلیوسن در شمال ایران و هم ارزهای زمانی آنها در آذربایجان و ترکمنستان (واحدهای چینه‌ای چلکن و آق چاگیل) از مهم‌ترین عناصر سیستم نفتی در حوضه خزر جنوبی هستند. در این مطالعه، نتایج حاصل از سه رخنمون برداشت شده در منطقه شمال شرق گنبد کاووس به عنوان بیشترین ضخامت و قدیمی‌ترین برونزد توالی‌های ترشیری به همراه اطلاعات سنگ‌شناسی از سایر رخنمون‌ها و چاه‌های موجود به منظور بررسی تغییرات رخساره در منطقه جنوب شرق دریای خزر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. واحد آق چاگیل در بخش زیرین با یک کنگلومرای قاعده‌ای عمدتاً از رخساره‌های آواری و گل غالب مربوط به بخش‌های کم انرژی تشکیل شده که با یک روند کم عمق شونده به سمت بالا، به رخساره‌های کربناته دانه غالب متعلق به شرایط پُرانرژی حوضه تبدیل می‌گردد. مقایسه و انطباق بین رخنمون‌ها و چاه‌های موجود در منطقه نشان می‌دهد که ضخامت واحد چینه‌ای چلکن از سمت غرب به شرق و از شمال به جنوب منطقه مورد مطالعه کاهش یافته و از نظر سنگ‌شناسی نیز از رس سنگ سیلتی تا مارن (در شرق حوضه خزر جنوبی) به ماسه سنگ گراولی و کنگلومرا (در شمال شرق گنبد کاووس) تغییر می‌کند. واحد رسوبی آق چاگیل دارای ضخامت نسبتاً یکنواختی در حوضه رسوبی بوده و از نظر سنگ‌شناسی، در شمال شرق گنبد کاووس عمدتاً از رخساره‌های کربناته پُرانرژی ساحلی تشکیل شده که به سمت بخش‌های غربی حوضه به رخساره‌های شیلی و سیلستونی عمیق حوضه تغییر رخساره می‌دهد. این شرایط احتمالاً در ارتباط با نرخ فرونشست حوضه در زمان رسوبگذاری واحد چلکن و بیانگر پایداری بیشتر حوضه در زمان رسوبگذاری واحد آق چاگیل (پلیوسن پسین) می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رخساره، محیط رسوبی، نهشته‌های پلیوسن، حوضه خزر

Facies changes and sedimentary environment of the Pliocene deposits in the Southeastern Caspian Basin, NE Iran

Soltani, B.^{1*}, Moussavi-Harami, R.², Beiranvand, B.³, Honarmand, J.⁴, Taati, F.⁵, Moradpour, M.⁶

1. Department of Petroleum Geology, Research Institute of Petroleum Industry (RIPI), Tehran

2. Department Geology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad

3. Department of Petroleum Geology, Research Institute of Petroleum Industry (RIPI), Tehran

4. Department of Petroleum Geology, Research Institute of Petroleum Industry (RIPI), Tehran

5. Geology Department, Khazar Exploration and Production Company (KEPCO), Tehran

6. Department of Petroleum Geology, Research Institute of Petroleum Industry (RIPI), Tehran

Abstract

The Pliocene deposits in northern Iran and their equivalents in Azerbaijan and Turkmenistan (including Cheleken and Akchagyl stratigraphic units) are considered as the most important petroleum system elements in the Caspian Basin. In this research, three outcrops in the northeastern part of the Gonbad-e Kavous area are measured as the most thickness and oldest out-cropped tertiary sequences as well as lithological data from other outcrops and available wells. In the studied area, the Akchagyl unit with a basal conglomerate is composed of clastic and mud-dominated facies in lower part belonging to low-energy setting changing into grain-dominated carbonate facies in a shallowing-upward trend related to high-energy setting of the basin. Comparison and correlation between the

studied outcrops and the available well data indicate that the thickness of the Cheleken stratigraphic unit is decreased from west to east and north to south. This stratigraphic unit lithologically varies from silty claystone to marl in the eastern parts of the South Caspian Basin into gravelly sandstone and conglomerate towards northeastern Gonbad-e Kavous. The Akchagyl stratigraphic unit indicates uniform thickness throughout the studied basin, but in terms of lithology, contains high-energy carbonate coastal facies in northeastern Gonbad-e Kavous changing into basinal siltstone and shale facies towards the western parts. These conditions can be related to the subsidence rate of the basin during the Cheleken deposition as well as indicating more stability of the basin during deposition time of the Akchagyl (late Pliocene).

Keywords: Facies, Sedimentary Environment, Pliocene Deposits, Caspian Basin

مقدمه

رخساره‌های سنگی پلیوسن در شمال ایران (دشت گرگان، مازندران، گیلان و دشت مغان)، از دو واحد سنگ چینه‌ای اصلی (چلکن و آق‌چاگیل) تشکیل شده‌اند. واحد چلکن (طبقات قهوه‌ای/ سری‌های تولیدی) با رخساره قاره‌ای و عمدتاً درشت دانه، متشکل از طبقات سرخ تا قهوه‌ای رنگ با سن پلیوسن آغازین- میانی و واحد آق‌چاگیل با رخساره کربناته تخریبی سفید رنگ و سن پلیوسن پسین، از طبقات بالا و پایین خود قابل تشخیص می‌باشند. نهشته‌های سری چلکن در برش الگو، در خلیج چلکن، واقع در ضلع شرقی دریای خزر (جمهوری ترکمنستان)، دارای ضخامت تقریباً ۴۰۰۰ متر می‌باشد. این نهشته‌ها، که روی رسوبات میوسن بالایی (اشکوب پونسین) قرار گرفته، عموماً از ماسه سنگ و رس سنگ قرمز رنگ با ویژگی نیمه دریایی- قاره‌ای تشکیل شده و توسط نهشته‌های اشکوب آق‌چاگیل (پلیوسن پسین) پوشیده شده‌اند. مقادیر اقتصادی هیدروکربن (عمدتاً به صورت گاز و تا حدودی نفت) در واحد چلکن گزارش شده است (Smith-Rouch, 2006). در جمهوری آذربایجان، نهشته‌های چلکن به علت تولید فراوان و اقتصادی نفت سبک و گاز به نام سری‌های تولیدی معروف بوده که در حوضه خزر جنوبی شامل مجموعه‌ای از رسوبات با ضخامت بیش از ۶ کیلومتر می‌باشد و عمدتاً در محیط‌های رودخانه‌ای- دلتایی تا دریاچه‌ای رسوبگذاری نموده‌اند (Abdullayev et al., 2012).

برش الگوی واحد چینه‌ای آق‌چاگیل در ضلع غربی شبه جزیره کراسنودسک (ترکمن باشی) واقع در جمهوری ترکمنستان گرفته شده است که اولین بار توسط آندروسف (Andrusov, 1986) معرفی گردید. در برش الگو، این واحد در بخش قاعده‌ای دارای رخساره کنگلومرایی با روند ریز شونده به سمت بالا بوده، و در ادامه با ماسه سنگ، سیلت و رس ژئوپس‌دار (به رنگ خاکستری، قهوه‌ای، زرد) ماسه سنگ صدفی و لایه‌های سفیدرنگ خاکستر آتشفشانی دنبال می‌شود. این واحد، که به صورت هم‌شیب بر روی رسوبات پلیوسن زیرین (سری چلکن) قرار گرفته، به وسیله نهشته‌های توالی آپشرون به سن قاعده کواترنری پوشیده شده است. برخلاف کمیاب بودن فسیل در سری چلکن، که تنها تعداد کمی از نرم‌تنان آب شیرین و قطعاتی از استخوان مهره‌داران در بخش زیرین آن گزارش شده است، واحد چینه‌ای آق‌چاگیل در بخش‌های ساحلی خزر و دشت مغان (Gillet, 1967) دارای محتوای فسیلی فراوان (شامل استراکودها، روزن‌داران، دوکفه‌ای‌ها و نانوپلانکتون‌ها) می‌باشد.

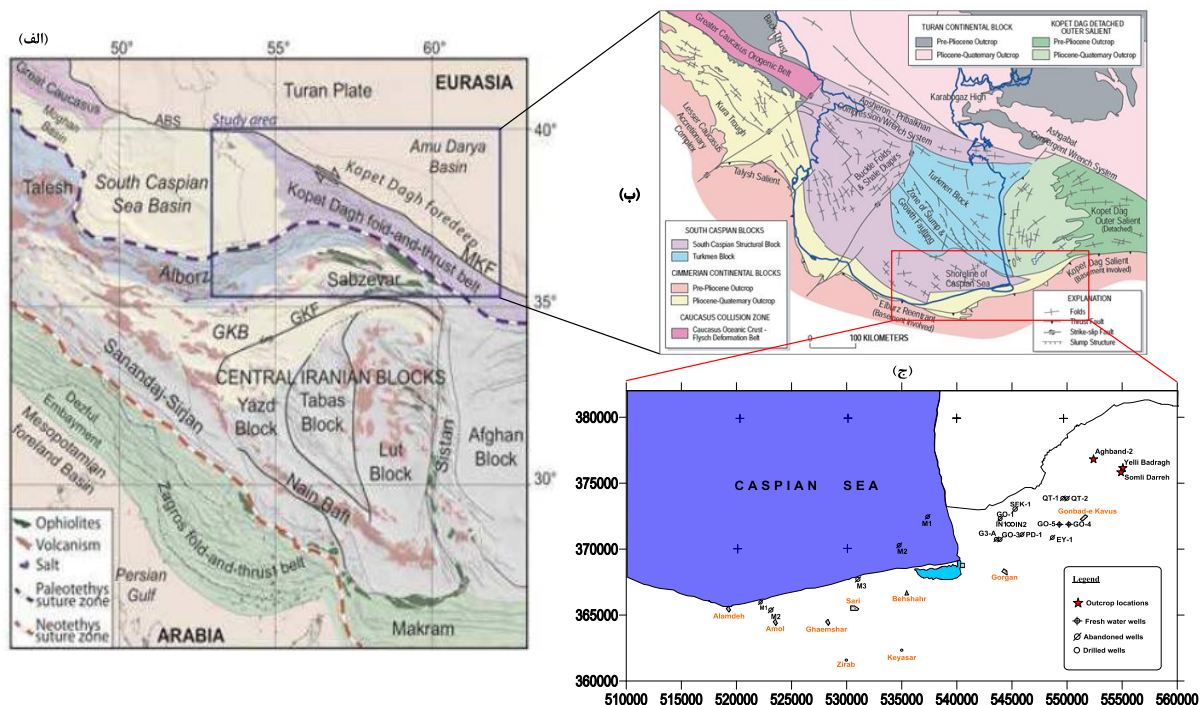
بیشترین ضخامت واحد چینه‌ای چلکن در دره کیاسر و جنوب قائم شهر در فاصله شیرگاه- جوارم با ضخامت حداکثر ۲۶۹ متر معرفی شده که شامل کنگلومرای دانه درشت قهوه‌ای رنگ و سخت با میان لایه‌هایی از ماسه سنگ، شیل و مارن می‌باشد و به محیط‌های رودخانه‌ای- دلتایی تا دریاچه‌ای نسبت داده شده‌اند (برای مثال آریافر و بخشی، ۱۳۹۶). اتحاد و طاعتی (۱۳۹۶) سازند آق‌چاگیل را با توجه به سنگ شناسی متراکم و فشردگی خوب آن، به عنوان پوش سنگ اصلی در حوضه جنوبی دریای خزر و آخرین مرحله پیشرونده دریای پاراتتیس معرفی نموده که از نظر سنگ‌شناسی شامل گل‌سنگ‌های خاکستری، گاهی سیلتی/ آهکی، با میان لایه‌های ماسه سنگ آهکی دانه ریز و سنگ آهک میکرایتی و به ندرت دارای توف‌های ولکانیکی خاکستری تا آبی می‌باشد. سن واحد آق‌چاگیل با توجه به تعیین سن صورت گرفته از توف و خاکسترهای آتشفشانی در محدوده ۳/۴ تا ۶ میلیون سال می‌باشد (van Back, 2010).

احسانی (۱۳۸۴) لیتوفاسیس‌ها و بیوفاسیس‌های موجود در توالی چینه‌ای آق‌چاگیل در شمال شرق گنبد کاووس را مطالعه و آن را به صورت یک توالی پسروده با حداکثر ضخامت ۲۰ متر، معرفی نموده و بر اساس وجود فسیل‌های *Cardium dombra* و *Pullenia praecursor*, *Globigerinoides fistulosus* در نظر گرفته

است. وی بر اساس مطالعات ماکروسکوپی و میکروسکوپی، ۶ نوع رخساره شامل کنگلومرای بایوکلاستی مربوط به فلات قاره (بخش دورتر از ساحل)، وکستون بایوکلاستی و پکستون اینتراکلاستی بایوکلاستی متعلق به بخش حاشیه ساحلی و گرینستون اینتراکلاستی، گرینستون بایوکلاستی و گرینستون آئیدی متعلق به بخش جلویی ساحل را شناسایی و گزارش نموده و بر این اساس، الگوی رسوبی این واحد چینه‌ای را به محیط‌های حاشیه ساحلی (Shoreface) با ماهیت پسروده نسبت داده است. از نظر تکتونیکی، تکامل نهایی حوضه خزر در ارتباط با چندین کمر بند اصلی کوهزایی شامل قفقاز بزرگ شرقی، تالش، البرز و کپه داغ می‌باشد (شکل ۱- الف و ب، Brunet et al., 2003). تغییر شکل‌های ساختاری و فعالیت‌های تکتونیکی در اواخر میوسن باعث جدایی حوضه خزر از آب‌های آزاد گردیده است (Rögl, 1999). این تغییرات به کوتاه شدگی پوسته، که در نتیجه برخورد بین صفحات اوراسیا و عربستان اتفاق افتاده، نسبت داده شده است (Berberian & King, 1981; Brunet et al., 2009). به نظر می‌رسد برخورد اولیه دماغه شمالی صفحه عربی با سرزمین‌های شمالی (که ممکن است به اوراسیا متصل بوده باشند) در ائوسن - الیگوسن آغاز گردیده به طوری که راندگی‌های این زمان در شرق آناتولی می‌تواند شواهدی بر این ادعا باشد (Allen and Armstrong, 2008).

با توجه به قرارگیری رسوبات قدیمی حوضه خزر جنوبی در عمق زیاد و عدم دسترسی مستقیم به آنها، به منظور شناخت بهتر روند تکاملی این حوضه از دیدگاه تکتونیک و ژئودینامیک، درک زمین‌شناسی مناطق احاطه کننده آن امری ضروری می‌باشد. فعالیت مغزه‌گیری واحدهای چینه‌ای پالتوسن و پلیوسن در حفاری‌های حوضه خزر تاکنون به دلایل مختلفی (از جمله ماهیت سست و منفصل رسوبات) با مشکلات فراوانی همراه بوده است. از این رو، لزوم مطالعات تغییرات رخساره و محیط رسوبی در رخنمون‌های همجوار در منطقه دو چندان می‌باشد.

برش‌های سطحی و زیرسطحی مورد مطالعه در این پژوهش در استان گلستان و در محدوده ۱۰۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان گنبد کاووس و شمال گرگان قرار گرفته‌اند (شکل ۱- ج). بر اساس نقشه پهنه‌بندی ساختارهای رسوبی ایران این مناطق در محدوده حوضه خزری و بخش غربی کمر بند چین خورده-روانده کپه داغ می‌باشد (شکل ۱- الف) (آقنابتی، ۱۳۸۶; Robert et al., 2014).



شکل ۱ - (الف) نقشه توپوگرافی واحدهای تکتونیکی ایران (Robert et al., 2014)، (ب) پدیده‌های ساختاری در حوضه جنوبی دریای خزر (Smith-Rouch, 2006)، (ج) موقعیت جغرافیایی برش‌های مورد مطالعه و چاه‌های موجود در منطقه.

روش مطالعه

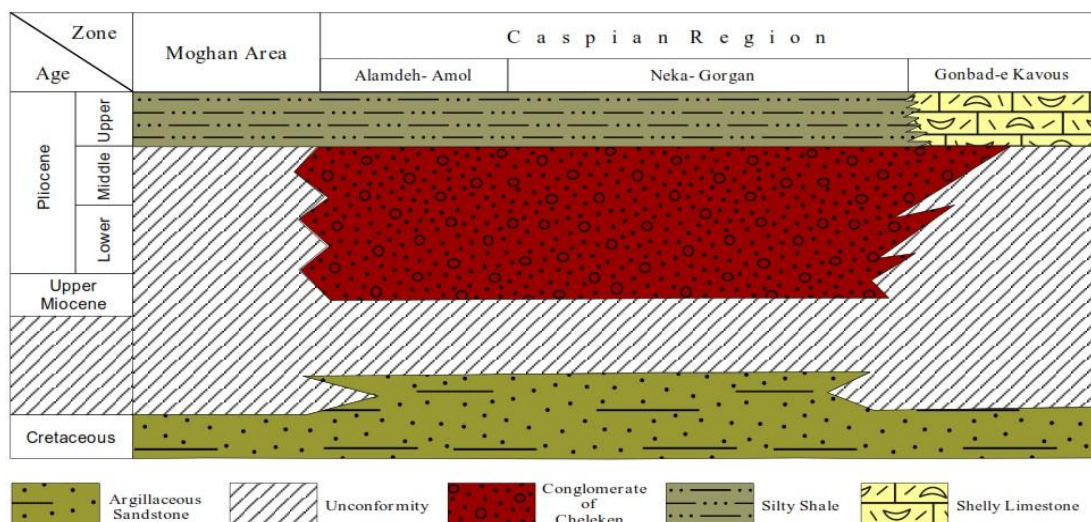
در این مطالعه، سه برش چینه‌شناسی مربوط به واحدهای چینه‌ای پلیوسن در شمال شرق گنبد کاووس (آق‌بند، یلی بدراق و سوملی دره) انتخاب و پس از نمونه‌برداری از آن‌ها، تعداد ۱۴۹ مقطع نازک میکروسکوپی تهیه و مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج حاصل از مطالعات ماکروسکوپی و میکروسکوپی واحد چینه‌ای آق‌چاگیل و داده موجود از رخنمون‌ها و چاه‌ها جهت تهیه نقشه‌های هم‌ضخامت و هم‌رخساره و بررسی تغییرات رخساره و محیط رسوبی در منطقه مورد مطالعه استفاده گردید.

بحث

بر اساس نتایج حاصل از مطالعات انجام شده، در طول پلیوسن-کواترنری، هم‌زمان با بالاآمدگی رشته کوه‌های قفقاز بزرگ، کپه داغ و البرز، یک فرونشست سریع و غیرعادی در حوضه خزر جنوبی رخ داده است (Brunet et al., 2003). در طول دوره زمانی پلیوسن پیشین نیز یک پسروری اصلی همراه با کاهش شوری در حوضه خزر گزارش شده است (Popov et al., 2006). این پسروری آب دریا و همگرایی به همراه نیروهای فشارشی افقی می‌تواند فرونشست سریع و کوتاه را در کل حوضه توجیه نماید. همچنین، فرسایش شدید بالاآمدگی‌های حاصل از کوهزایی‌های پیرامون حوضه منجر به ورود حجم عظیمی از رسوبات شده است.

برش‌های سطحی مطالعه شده در این پژوهش، تنها رخنمون‌های ترشیری (پلیوسن) در منطقه جنوب شرق دریای خزر بوده که به صورت دگرشیب روی نهشته‌های چین خورده کرتاسه قرار گرفته‌اند. ضخامت برداشت شده از واحد آق‌چاگیل در برش‌های مورد مطالعه به ترتیب ۶۲ متر (یلی بدراق)، ۵۸ متر (آق‌بند) و ۳۰ متر (سوملی دره) بوده، که به عنوان بیشترین ضخامت‌های شناسایی شده تاکنون، در منطقه مطالعه شده‌اند. این نهشته‌ها از نظر سنگ‌شناسی شامل تناوبی از کنگلومرا، مادستون، مارن و سنگ آهک بایوکلستی (رخساره‌های پکستون و گرینستون بایوکلستی و گرینستون پلوییدی/آبییدی) هستند که به صورت توالی‌های درشت شونده به سمت بالا و عمدتاً در یک حوضه رسوبی نسبتاً پرانرژی (حاشیه ساحلی) تشکیل شده‌اند.

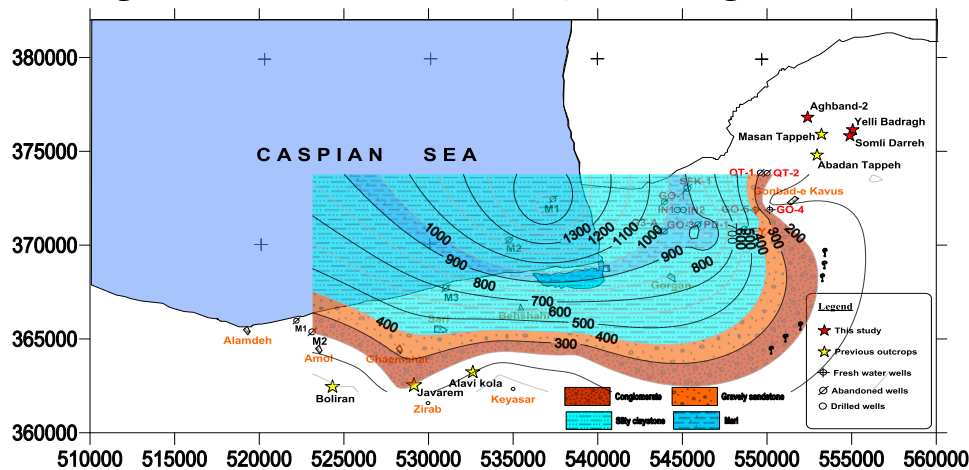
واحدهای چینه‌ای پلیوسن (چلکن و آق‌چاگیل) به صورت ناحیه‌ای از منطقه دشت مغان (بخش غربی حوضه خزر جنوبی) تا ناحیه گنبد کاووس (بخش شرقی حوضه خزر جنوبی) دارای ضخامت و مشخصات سنگ‌شناسی متفاوتی هستند (شکل ۲). با توجه به تاریخچه چینه‌ای، به نظر می‌رسد که از آغاز پالئوسن تا میوسن پسین، در ناحیه مغان، هیچ جنبش کوهزایی وجود نداشته است. نخستین فاز کوهزایی، هم‌زمان با رخداد آتیکن در اواخر میوسن، سبب چین‌خوردگی رسوبات قدیمی‌تر شده و به دنبال آن رسوبات جوان (آق‌چاگیل) به صورت دگرشیب روی آن‌ها قرار گرفته‌اند. زواری و مغفوری مقدم (۱۳۷۹) نبود رسوبات پلیوسن زیرین (واحد چلکن) در دشت مغان را به تأثیر عملکرد این فاز نسبت داده‌اند.



شکل ۲- مقایسه تغییرات ضخامت و مشخصات سنگ‌شناسی واحدهای چینه‌ای پلیوسن در نواحی شمالی ایران (از دشت مغان تا گنبد کاووس).

مقایسه بین ضخامت واحدهای چلکن و آق چاگیل در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که به دلیل عدم گسترش دریا در پلیوسن میانی، واحد چینه‌ای چلکن از سمت شرقی حوضه خزر جنوبی به سمت شمال شرق گنبد کاووس تشکیل نشده یا حداقل ضخامت را دارد و نهشته‌های معادل سازند آق چاگیل نیز با یک کنگلومرای قاعده‌ای (عموماً به طور مستقیم) روی دگرشیمی کرتاسه- ترشیری قرار گرفته‌اند. حداکثر ضخامت سری چلکن در استان مازندران در حوالی شیرگاه و جوارم می‌باشد (برای مثال آریافر و بخشی، ۱۳۹۶) و به سمت غرب مجدداً ضخامت آن کاهش می‌یابد و در دشت مغان تقریباً ضخامتی ندارند (شکل ۲). این موضوع را می‌توان در ارتباط با نرخ فرونشست در حوضه دانست.

با توجه به مشخصات سنگ‌شناسی و ویژگی‌های رسوبی، نهشته‌های معادل سازند آق چاگیل در منطقه جنوب شرق خزر حداقل به صورت ترکیبی از سنگ مخزن و پوش سنگ بوده که احتمالاً ناشی از تأثیر عوامل تکتونیکی و تغییرات جانبی رخساره‌ای می‌باشد. این در حالی است که در مناطق جنوبی و غربی حوضه خزر این واحد به عنوان پوش سنگ در نظر گرفته شده است. بر پایه داده موجود از رخنمون‌ها و چاه‌ها، نقشه‌های هم‌ضخامت و هم‌رخساره‌ای منطقه مورد مطالعه ترسیم گردید (شکل ۳). بر این اساس، می‌توان گفت که ضخامت واحد چینه‌ای چلکن از سمت غرب به شرق منطقه مورد مطالعه و از شمال به جنوب کاهش یافته و ضخامت آن در ناحیه گنبد کاووس به حداقل می‌رسد و از نظر سنگ‌شناسی نیز از کنگلومرا و ماسه‌سنگ گراولی (در حاشیه حوضه) به رس سنگ سیلتی تا مارن (محل چاه‌های حفاری شده در دشت گرگان) تغییر می‌کند.



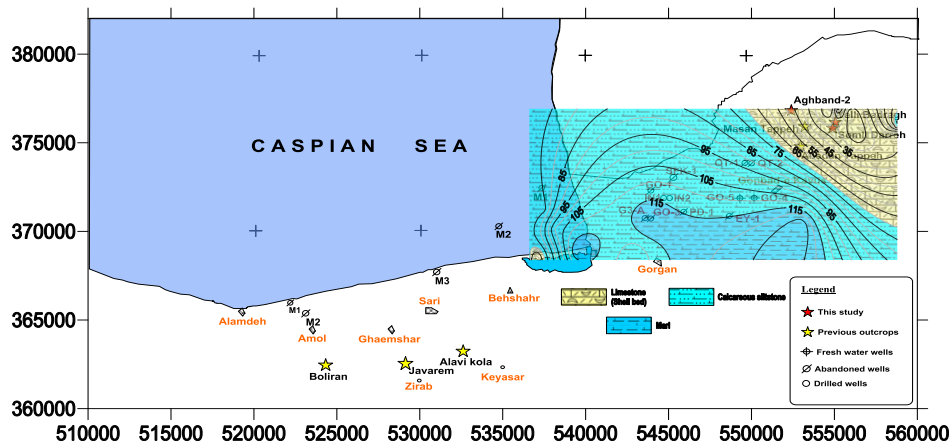
شکل ۳- تغییرات ضخامت و سنگ‌شناسی واحد چینه‌ای چلکن در منطقه مورد مطالعه

با توجه به این که فعالیت‌های تکتونیکی در زمان رسوبگذاری واحد چلکن تأثیر چندانی نداشته (Green et al., 2009)، این تغییرات ضخامت و سنگ‌شناسی را می‌توان در ارتباط با نرخ فرونشست حوضه در نظر گرفت. به طوری که افزایش میزان بالآمدگی و فرسایش رشته‌کوه‌های اطراف (کپه داغ و البرز) و در نتیجه، حجم قابل توجه رسوبات وارده به حوضه موجب فرونشست بیشتر آن گردیده است. برخلاف واحد چلکن، واحد رسوبی آق چاگیل دارای ضخامت نسبتاً یکنواختی در حوضه رسوبی می‌باشد. از نظر سنگ‌شناسی، این واحد در شمال شرق گنبد کاووس عمدتاً از رخساره‌های کربناته پرنرزی تشکیل شده که به سمت بخش‌های غربی حوضه به رخساره‌های شیلی و سیلستونی عمیق تبدیل می‌گردد (شکل ۴). این شرایط می‌تواند بیانگر پایداری بیشتر حوضه در زمان رسوبگذاری واحد آق چاگیل (پلیوسن پسین) باشد.

نتیجه‌گیری

مقایسه بین ضخامت واحدهای چلکن و آق چاگیل در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که از سمت شرقی حوضه خزر جنوبی به سمت شمال شرق گنبد کاووس در استان گلستان، به دلیل عدم گسترش دریا در پلیوسن میانی، سری چلکن تشکیل نگردیده یا ضخامت بسیار اندکی دارند و واحد چینه‌ای آق چاگیل عموماً به طور مستقیم روی دگرشیمی کرتاسه- ترشیری قرار گرفته است. این موضوع را می‌توان در ارتباط با نرخ فرونشست و تغییرات سطح آب دریا در حوضه دانست. تغییرات ضخامت و سنگ‌شناسی واحد چلکن را می‌توان در ارتباط با نرخ فرونشست حوضه در زمان رسوبگذاری آن در نظر گرفت به طوری که افزایش میزان بالآمدگی و فرسایش رشته‌کوه‌های اطراف (کپه داغ و البرز) و در نتیجه، حجم قابل توجه رسوبات وارده به حوضه موجب فرونشست بیشتر آن گردیده است. برخلاف واحد چلکن، واحد رسوبی آق چاگیل دارای ضخامت نسبتاً یکنواختی

در حوضه رسوبی بوده و از نظر سنگ‌شناسی، در شمال شرق گنبد کاووس عمدتاً از رخنساره‌های کربناته پراورزی متعلق به محیط حاشیه ساحلی تشکیل شده که به سمت بخش‌های غربی به رخنساره‌های شیلی و سیلستونی عمیق حوضه تغییر رخنساره می‌دهد. این شرایط می‌تواند بیانگر پایداری بیشتر حوضه در زمان رسوبگذاری واحد آق‌چاگیل (پلیوسن پسین) باشد.



شکل ۴- تغییرات ضخامت و سنگ‌شناسی واحد چینه‌ای آق‌چاگیل در منطقه مورد مطالعه

منابع

آریافر، ب.، بخشی، ا.، ۱۳۹۶. رسوب‌شناسی و مدل رسوبگذاری سری قهوه‌ای (چلکن) در دشت گرگان و بخش شرقی دشت مازندران (جنوب شرقی حوضه کاسپین جنوبی)، سومین همایش انجمن رسوب‌شناسی ایران، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، ۱۹ و ۲۰ اردیبهشت ماه، ۶ ص.

آق‌نابتی، ع.، ۱۳۸۶. زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۲ صفحه.

اتحاد، ک.، طاعتی، ف.، ۱۳۹۶. معرفی سازند آق‌چاگیل به عنوان پوش سنگ حوضه جنوب خزر، سومین همایش انجمن رسوب‌شناسی ایران، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، ۱۹ و ۲۰ اردیبهشت ماه، ۶ ص.

احسانی، م.، ۱۳۸۴. بررسی لیتوفاسیس‌ها و بیوفاسیس‌های موجود در توالی چینه‌ای آق‌چاگیل در شمال شرق گنبد کاووس، پایان نامه کارشناسی ارشد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۹۱ ص.

زواره‌ای، ا.، مغفوری مقدم، ا.، ۱۳۷۹. چینه‌شناسی سازند آق‌چاگیل در دشت مغان، فصلنامه علوم زمین، سال نهم، شماره ۳۷-۳۸، صفحه ۳۴-۴۷.

- Abdullayev, N.A., Riley, G.W., Bowman, A.P., 2012. Regional Controls on Lacustrine Sandstone Reservoirs: The Pliocene of the South Caspian Basin, AAPG Memoir, 95, 71-98.
- Allen, M.B., Armstrong, H.A., 2008. Arabia-Eurasia collision and the forcing of mid-Cenozoic global cooling, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 265, 52-88.
- Andrusov, N. I., 1986. Geological Studies in the Peninsula of Kerch in 1882 and 1883. Notes SOC. Natur. Novoross, 9(2). (in Russian).
- Berberian, M., King G.C.P., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Can J Earth Sci 18:210-265.
- Brunet, M.F., Korotaev, M.V., Ershov, A.V. & Nikishin, A.M. 2003. The South Caspian Basin: a review of its evolution from subsidence modelling. Sedimentary Geology, 156, 119-148.
- Brunet, M. F., Wilmsen, M., Granath, J.W., 2006. South Caspian to central Iran Basins, Geological Society of London, Spe, Publ. 312, 360 pp.
- Gillet, S., 1967. Le neogene de le region de moghan dapre la Macrofauna-prakitika de akad, Athenan, Athens, 42: 57-78.
- Green, T., Abdullayev, N., Hossack, J., Riley, G. & Roberts, A. 2009. Sedimentation and subsidence in the South Caspian Basin, Azerbaijan. In: Brunet, M.F., Wilmsen, M. & Guliyev, I.S., Levin, L.E. & Fyodorov, D. L. 2003.
- Popov, S.V., Shcherba, I.G., Ilyina, L.B., Nevesskaya, L.A., Paramonova, N.P., Khondkarian, S.O. & Magyar, I. 2006. Late Miocene to Pliocene palaeogeography of the Paratethys and its relation to the Mediterranean. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 238, 91-106.
- Robert, Alexandra M.M., Letouzey, J., Kavooosi, M.A., Sherhati, Sh., Muller, C., Verges, J., Aghababaei, A., 2014. Structural evolution of the Kopeh Dagh fold-and-thrust belt (NE Iran) and interactions with the South Caspian Sea Basin and Amu Darya Basin,
- Rögel, F., 1999. Mediterranean and Paratethys, Facts and hypothesis of an Oligocene to Miocene paleogeography (short review), Geologica Carpathica, 50, 4, 339-349.
- Smith-Rouch, L.S., 2006. Oligocene-Miocene Maykop/Diatom Total Petroleum System of the South Caspian Basin Province, Azerbaijan, Iran, and Turkmenistan: U.S. Geological Survey Bulletin 6607-I, 61 p.
- van Back, C.G.C., 2010. Glacio-Marine Transgressions of the Early and Middle Pleistocene Caspian Basin, Azerbaijan. Paleomagnetic Laboratory "Fort Hoofddijk", Utrecht University, Budapestlaan 17, 3584 CD Utrecht, The Netherlands.