



فصلنامه زمین ساخت

بهار ۱۴۰۵، سال هشتم، شماره ۲۹

doi 10.22077/jt.2026.10891.1218

مقاله پژوهشی

مروری بر اثرات نمک هرمز بر سامانه‌های هیدروکربنی حوضه زاگرس

مجید علیپور*

دانشیار، گروه زمین‌شناسی نفت و حوضه‌های رسوبی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

چکیده:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۱۲

حضور نمک هرمز در قاعده ستون رسوبی حوضه زاگرس اثرات قابل توجهی بر عملکرد و تکامل سامانه‌های هیدروکربنی موجود داشته است. حرکت نمک هرمز در وهله نخست باعث تأثیرگذاری بر محیط‌های رسوبی دیرینه در طول زمان زمین‌شناسی شده است که همین امر الگوی توزیع رسوبات و تغییرات رخساره‌های رسوبی را کنترل کرده است. علاوه بر این، حرکات نمک هرمز تأثیرات قابل توجهی بر بلوغ حرارتی سنگهای منشاء داشته و همچنین چگونگی مهاجرت هیدروکربن‌های زایش یافته را کنترل کرده است. حرکت نمک بخصوص باعث تشکیل فروافتادگی‌هایی می‌شود که به عنوان محل‌های پختگاه برای لایه‌های سنگ منشاء عمل می‌کنند. بدیهی است که خروج هیدروکربن عمدتاً در محل این فروافتادگی‌ها اتفاق افتاده و لذا مهاجرت هیدروکربن‌های خارج شده نیز به سمت نواحی بالا آمده خواهد بود. با توجه به اینکه حرکت نمک موجب تشکیل انواع مختلفی از تله‌های هیدروکربنی در لایه‌های رسوبی می‌گردد، لذا تکنیک نمک هرمز تأثیر شگرفی بر نحوه تجمع و به تله افتادن هیدروکربن‌ها در حوضه زاگرس داشته است. در نهایت، نمک هرمز به طرز قابل توجهی بر حفظ‌شدگی تجمعات هیدروکربنی در حوضه زاگرس نیز اثر گذاشته است چراکه در برخی موارد حرکت نمک هرمز باعث از بین رفتن بستگی ساختاری یا ناکارآمد شدن تله‌های هیدروکربنی شده است.

کلمات کلیدی: نمک هرمز، سامانه‌های هیدروکربنی، زایش هیدروکربن از سنگ‌های منشاء، مهاجرت و انباشت هیدروکربن، حفظ‌شدگی تجمعات هیدروکربنی

*ایمیل: alipour@scu.ac.ir

تلفن تماس: ۰۹۱۴۴۰۸۸۳۰۸



Research Paper

A brief overview of Hormuz Salt influences on petroleum systems of the Zagros basin

*Majid Alipour

Associate professor, Department of petroleum geology and sedimentary basins, Faculty of Earth Sciences,
Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Abstract

The presence of Hormuz Salt at the base of the sedimentary column in the Zagros basin has considerably influenced the occurrence and evolution of existing petroleum systems. Movement of Hormuz Salt principally influenced the paleo-depositional environments during the geologic time which in turn defined the sediment distribution patterns and facies variations. Additionally, movement of Hormuz Salt considerably influenced thermal maturity of source rocks and migration of generated hydrocarbons. Salt movement created withdrawal synclines, which acted as potential kitchen areas for hydrocarbon generation. Intense expulsion of generated hydrocarbons occurred in these withdrawal synclines and resulted in lateral migration of petroleum towards adjacent highs. Salt halokinesis results in creation of various types of traps in the sedimentary cover and hence the Hormuz Salt movement could considerably influence the accumulation of petroleum in the Zagros basin. Last but not least, Hormuz Salt movements influenced preservation of the petroleum accumulations in the Zagros basin because salt movement destroyed the closure or obliterated the trapping capacity in some of the structures.

Keywords: Hormuz Salt, Hydrocarbon systems, Petroleum generation from source rocks, Migration and accumulation of petroleum, Preservation of petroleum accumulations

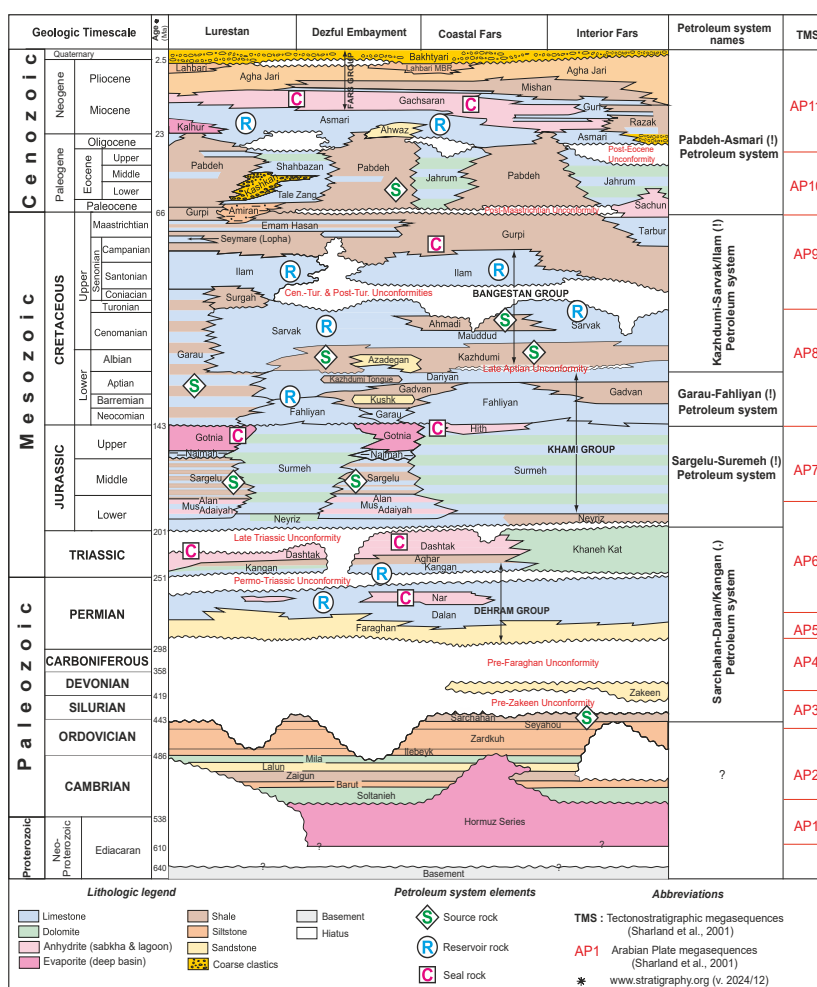


۱- مقدمه

مخزن و پوش‌سنگ، ب) کنترل فرآیندهای سامانه‌های هیدروکربنی مانند زایش، مهاجرت، تجمع و حفظ‌شدگی هیدروکربن. شایان ذکر است که مطالعات پیشین عمدتاً بر رفتار رسوبات نمکی در حین تغییر شکل ساختاری معطوف بوده‌اند و سعی بر آن داشته‌اند که نقش رسوبات سری هرمز در تکامل ساختاری حوضه زاگرس را روشن نمایند (Bahroudi and Koyi, 2003; Perotti et al., 2016; Talbot and Jarvis, 1984). به عقیده این محققین، سری رسوبی رفتار کرده و چگونگی تغییر شکل پوشش رسوبی را کنترل کرده است (Callot et al., 2012; Jahani et al., 2017).

حوضه زاگرس به‌عنوان یکی از حوضه‌های نفت‌خیز دنیا شناخته شده است که دارای سامانه‌های هیدروکربنی بسیار کارآمد در ستون رسوبی از پالئوزوئیک تا عهد حاضر می‌باشد (Alipour, 2024) (شکل ۱). در قاعده ستون چینه‌شناسی این حوضه رسوبات نمکی سری هرمز به سن نئوپروتروزوئیک قرار دارند که نقش مهمی در تکامل ساختاری و توزیع زمانی-مکانی سامانه‌های هیدروکربنی داشته است (Edgell, 1991, 1996).

تأثیر رسوبات نمکی بر سامانه‌های هیدروکربنی از دو منظر کلی قابل بررسی است: الف) کنترل گستره جغرافیایی اجزاء سامانه‌های هیدروکربنی از جمله سنگ منشاء، سنگ



شکل ۱- ستون چینه‌شناسی ساده شده حوضه زاگرس به‌همراه سامانه‌های هیدروکربنی اصلی و حوادث تکتونیکی مهم (Alipour, 2024).

نمک هرمز در حوضه زاگرس در اواخر دوران پالئوزوئیک رخ داده است (Hassanpour et al., 2021; Jahani et al., 2017). فعالیت گسترده نمک بخصوص در بخش‌های شرقی فارس باعث تشکیل تنوع زیادی از تله‌های هیدروکربنی شده است (شکل ۲). محققین بر این عقیده‌اند که حرکت نمک هرمز معمولاً در مجاورت گسل‌های عمیق پی‌سنگی و بخصوص در محل تلاقی این گسل‌ها اتفاق می‌افتد (Edgell, 1996). همچنین مطالعات اخیر نشان داده‌اند که حضور گنبد‌های نمکی به نوبه خود توانسته‌اند فعالیت گسل‌های راست‌الغز را نیز تحت تأثیر قرار دهند (Hassan-pour et al., 2018).

۳- اثرات سری نمکی هرمز بر سامانه‌های هیدروکربنی

۳-۱- تأثیرگذاری بر محیط‌های رسوبی دیرینه و کنترل رخساره و الگوی توزیع رسوبات

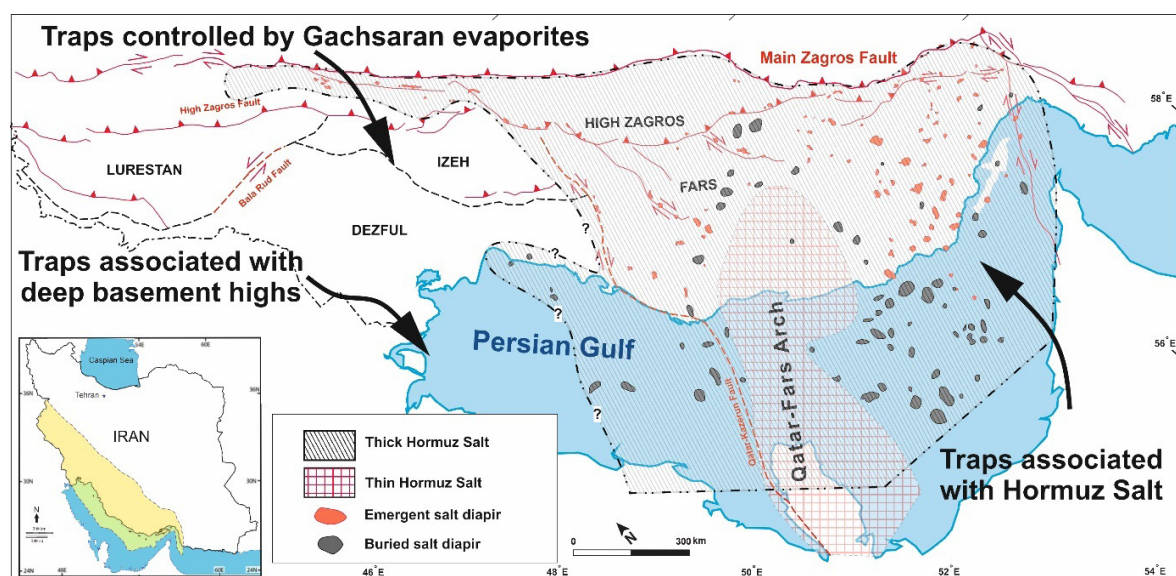
فعالیت نمک هرمز در طول زمان زمین‌شناسی توانسته است به‌طرز قابل توجهی ویژگی‌های رخساره‌ای رسوبات را تحت تأثیر قرار دهد. به عبارت بهتر حضور گنبد‌های نمکی در بخش‌های مختلف حوضه زاگرس تأثیر قابل توجهی بر محیط‌های رسوبی دیرینه داشته است (شکل ۳). بالا آمدن گنبد‌های نمکی نه تنها باعث خمیدگی پوشش

در مطالعه حاضر سعی بر آن است که تأثیر رسوبات نمکی بر عناصر و فرآیندهای سامانه‌های هیدروکربنی حوضه زاگرس (بخصوص سامانه هیدروکربنی موجود در توالی پالئوزوئیک) مورد بررسی قرار گیرد. این رویکرد ما را قادر خواهد ساخت تا عملکرد سامانه‌های هیدروکربنی را با دقت بالاتری بررسی نموده و پتانسیل اکتشافی باقیمانده در مجاورت ساختارهای نمکی را تا حدودی روشن‌تر مشخص شود.

۲- زمین‌شناسی منطقه

با توجه به اطلاعات زمین‌شناسی موجود در حوضه زاگرس (از جمله اطلاعات لرزه‌ای و گنبد‌های نمکی هرمز ظاهر شده در سطح زمین)، می‌توان تا حدودی به گسترش جغرافیایی سری هرمز پی برد (شکل ۲). شایان ذکر است که ضخامت رسوبات نمکی در بخش‌های مختلف زاگرس متغیر بوده و معمولاً در بالای بلندی‌های قدیمی همانند بلندای قطر-فارس دارای ضخامت کمتری است (Jahani et al., 2017) (شکل ۲). این پدیده باعث شده است که فعالیت گنبد‌های نمکی در بالای بلندی‌های قدیمی محدودتر باشد. از نظر تئوری، بالاآمدگی نمک به واسطه قرارگیری ضخامت خاصی از رسوبات بر بالای رسوبات نمکی شروع می‌شود (Jackson and Hudec, 2017).

شواهد مربوط به داده‌های لرزه‌ای نشان می‌دهند که حرکت



شکل ۲- گسترش جغرافیایی رسوبات نمکی مربوط به سری هرمز در حوضه زاگرس (Jahani et al., ۲۰۱۷) و چگونگی تغییر در سبک تله‌های هیدروکربنی در بخش‌های مختلف زاگرس.

رسوبات آواری (Sediment source) عمل کنند (شکل ۳).

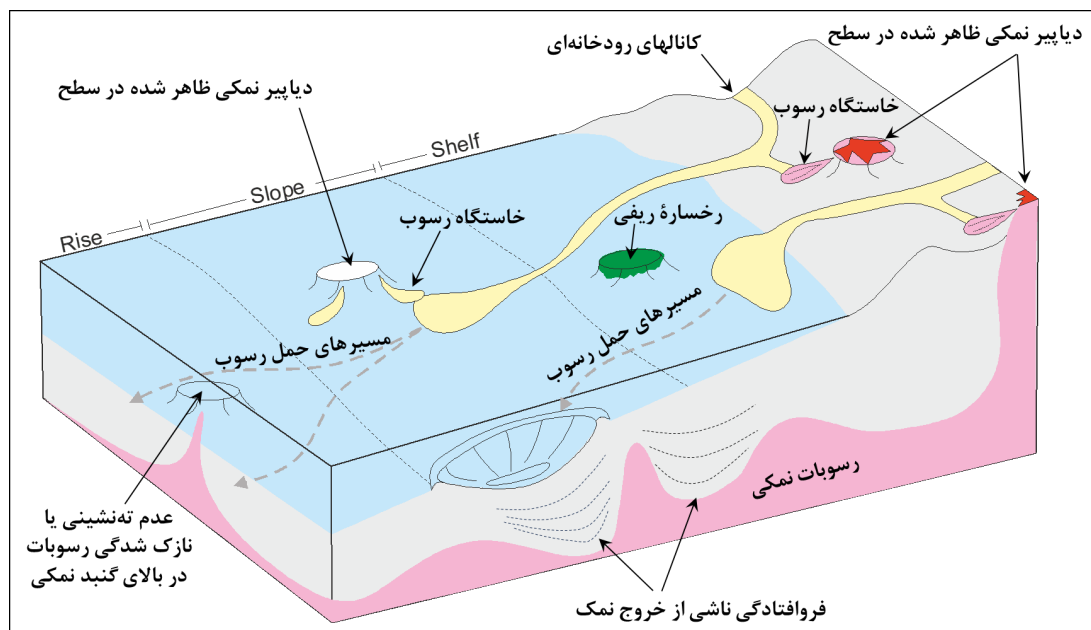
یکی از مثالهای مناسب برای بررسی تأثیر حرکات نمکی بر الگوی انباشت رسوبات در میدان نفتی کیش در خلیج فارس فراهم شده است (Jahani et al., 2017). اطلاعات لرزه‌ای از این میدان به‌خوبی نشان می‌دهند که تعامل میان نرخ بالا آمدن نمک و نرخ انباشت رسوبات، الگوی رسوبگذاری را در حوضه مورد مطالعه کنترل کرده است (شکل ۵). با توجه به این شکل مشخص است که حرکت سریع نمک در برخی بازه‌های زمانی باعث تشکیل سطوح فرسایشی در بالای گنبد نمکی شده است (شکل ۵). همچنین حرکات نمکی باعث به وجود آمدن هندسه همپوشان و حذف شدگی لایه‌ها به سمت گنبد نمکی شده است (شکل ۵). بدیهی است که آگاهی از این ویژگی‌ها می‌تواند در اکتشافات منابع هیدروکربنی جدید بسیار راهگشا باشد.

۳-۲- تأثیرگذاری نمک هرمز بر بلوغ حرارتی سنگ‌های منشاء و مهاجرت هیدروکربن‌های زایش یافته

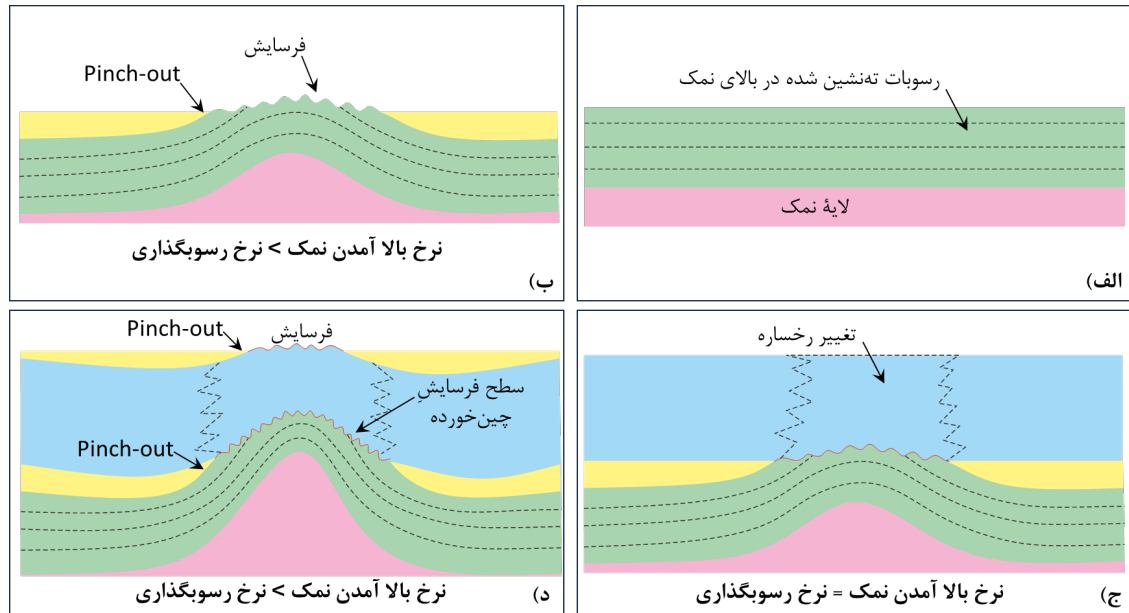
یکی از ملزومات اصلی در عملکرد سامانه‌های هیدروکربنی، زایش هیدروکربن از سنگهای منشاء است که اساساً توسط دما کنترل می‌شود (Alipour, 2025c). رسوبات نمکی الگوی توزیع دما در حوضه‌های رسوبی را تحت تأثیر قرار

رسوبی می‌شوند بلکه باعث به وجود آمدن فروافتادگی‌های خاصی در اطراف گنبدهای نمکی می‌شود که با نام فروافتادگی‌های ناشی از خروج نمک (Salt withdrawal al synclines) شناخته می‌شوند (Jackson and Hu, 2017). بدین ترتیب حرکت نمک باعث تغییرات قابل توجهی در عمق حوضه‌های رسوبی دیرینه (Paleo-ba-thymetry) می‌شود. در حالت عمومی، رخساره ته‌نشین شده در بالای گنبدهای نمکی به دلیل عمق کمتر دارای رخساره کم‌عمق و دانه‌ای (Shallow grainy facies) هستند که معمولاً دارای کیفیت مخزنی بهتری هستند (Al-ipur et al., 2021). همچنین در برخی مواقع، خروج رسوبات آهکی از آب می‌تواند باعث کارستی شدن آنها و بهبود کیفیت مخزنی گردد (Jackson and Hu, 2017). آگاهی از تغییرات جانبی رخساره‌های سنگی در چنین محل‌هایی از اهمیت ویژه‌ای برای آنالیز مسیرهای مهاجرتی و تعیین واحدهای جریان‌ی در مخازن هیدروکربنی برخوردار است.

از دیدگاه رسوب‌شناسی، حرکات نمکی می‌توانستند مسیرهای زهکشی رودخانه‌ها و در نتیجه الگوی توزیع رسوبات (Sediment distribution patterns) را تحت تأثیر قرار دهند (شکل ۳). همچنین گنبدهای نمکی که در سطح زمین ظاهر بوده‌اند، ممکن است به عنوان خاستگاه جدیدی برای



شکل ۳- شماتیکی از چگونگی تأثیر رسوبات نمکی بر محیط‌های رسوبی دیرینه و کنترل آن بر توزیع رسوبات و تغییرات رخساره‌های رسوبی (Jackson and Hudec, 2017).

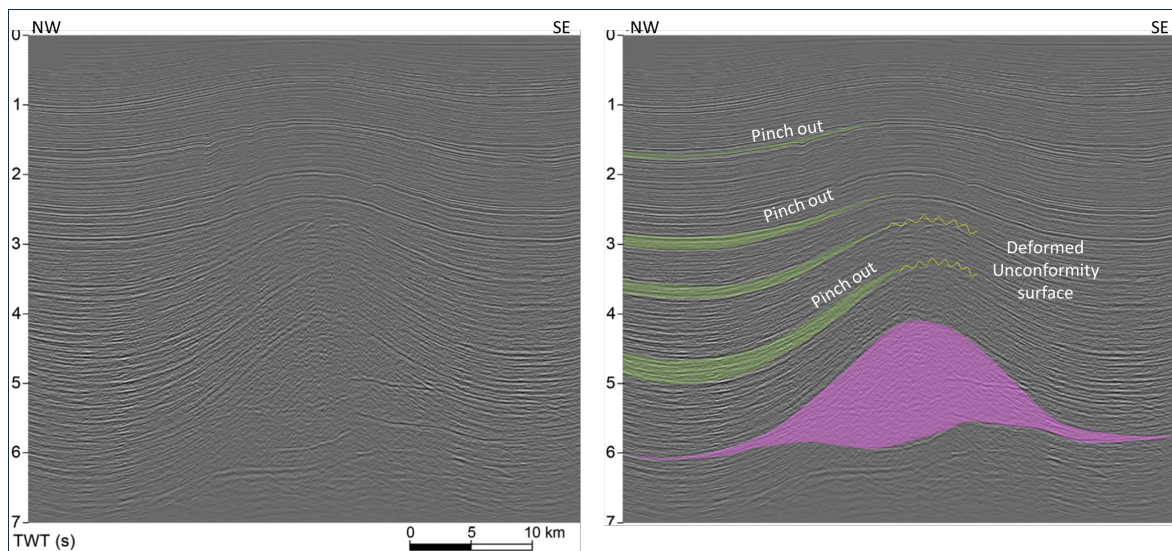


شکل ۴- شکل شماتیک از ته‌نشینی رسوبات قبل از حرکت نمک (الف)، در حین بالا آمدن سریع نمک که موجب خروج از آب رسوبات پیشین نیز می‌شود (ب)، در حین بالا آمدن آهسته نمک که موجب ایجاد تغییرات رخساره‌ای می‌شود (ج) و در حین بالا آمدن سریع نمک که موجب چین‌خوردگی سطوح فرسایشی پیشین شده است (د).

شوند (شکل ۳). این فروافتادگی‌ها معمولاً به‌عنوان مناطق مستعد برای زایش هیدروکربن عمل می‌کنند که در آنجا سنگ‌های منشأ تحت تأثیر دمای بالا پخته شده و محصولات هیدروکربنی را از خود بیرون می‌دهند (Alipour, ۲۰۲۵a). بدین ترتیب، مسیرهای مهاجرت هیدروکربن‌ها در حوضه‌های رسوبی معمولاً به‌واسطه حضور و حرکات نمک تحت تأثیر قرار می‌گیرند. برای مثال بالا آمدگی

می‌دهند که این پدیده مستقیماً بر پختگی سنگهای منشأ تأثیرگذار است (Yu et al., ۱۹۹۲) (شکل ۶). البته شکل توده‌های نمکی به‌نوبه خود بر الگوی توزیع دما تأثیرگذار است (Jackson and Hudec, ۲۰۱۷).

علاوه بر این، فروافتادگی‌های ناشی از خروج نمک باعث می‌شوند که لایه‌های سنگ منشأ متحمل تدفین بیشتری

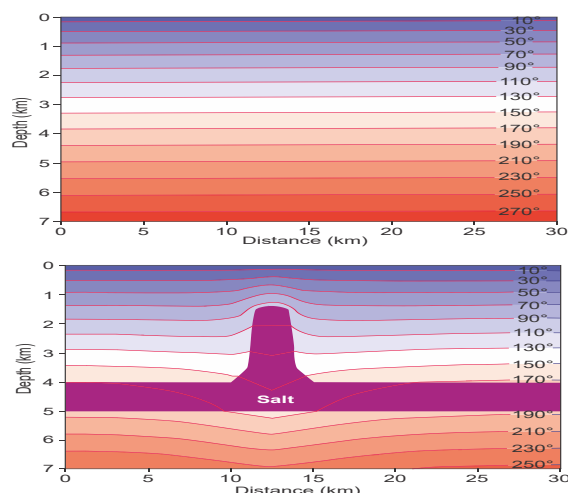


شکل ۵- مقطع لرزه‌ای از میدان نفتی کیش در حوضه خلیج فارس (Jahani et al., ۲۰۱۷) که نشان می‌دهد الگوی رسوبگذاری توسط تعامل میان نرخ بالا آمدن نمک و نرخ انباشت رسوبات کنترل شده است.

مهاجرت عمل کنند و معمولاً سبب شکل‌گیری نواحی زهکشی (Drainage areas) مجزایی در داخل حوضه‌های رسوبی می‌شوند.

۴-۳- تأثیر گذاری نمک هرمز بر تجمع و به تلافی دادن هیدروکربن‌ها

حرکت نمک در حوضه‌های رسوبی سبب تشکیل انواع



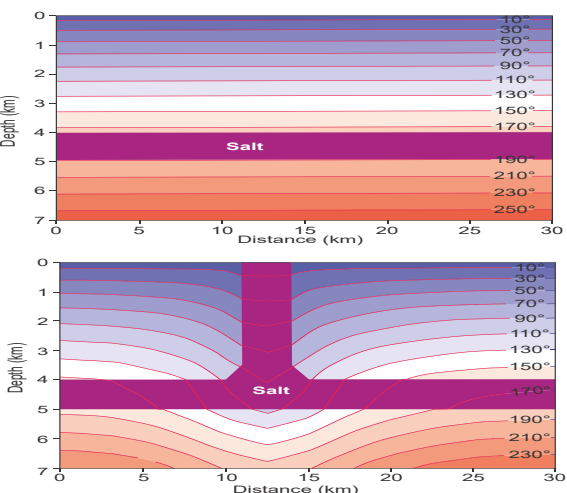
شکل ۶- تأثیر توده‌های نمکی بر الگوی توزیع دما در حوضه‌های رسوبی (Jackson and Hudec, ۲۰۱۷). به‌طور کلی نمک به دلیل هدایت حرارتی بالای خود باعث سرد شدن رسوبات زیرین و گرم شدن رسوبات فوقانی می‌شود.

در نتیجه باعث کاهش عمق آب در بخش‌های بالا آمده می‌گردد (Jackson and Hudec, 2017) (شکل ۱۰). این عوامل باعث تغییرات قابل توجه در رخساره رسوبات در حال ته‌نشینی شده و به‌نوبه خود موجب تشکیل تله‌های چینه‌شناختی می‌شوند. در حوضه زاگرس و خلیج فارس، تاکنون مطالعه جامعی به‌منظور بررسی تأثیر گنبد‌های نمکی بر تغییرات رخساره رسوبات تبخیری صورت نگرفته است.

۵-۳- تأثیر گذاری نمک هرمز بر حفظ‌شدگی تجمعات هیدروکربنی

توزیع دما در اطراف گنبد‌های نمکی، حفظ‌شدگی تجمعات هیدروکربنی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد به‌طوری‌که تجمعات نفتی قرار گرفته در بالای گنبد‌های نمکی به دلیل دمای بالا معمولاً دچار تخریب و شکست حرارتی (Thermal cracking) می‌شوند (Alipour, 2025b) (شکل ۱۱). علاوه بر این، نفوذ نمک به درون ستون رسوبی موجب به‌هم‌ریختگی ساختاری شدید شده و اغلب سبب از بین

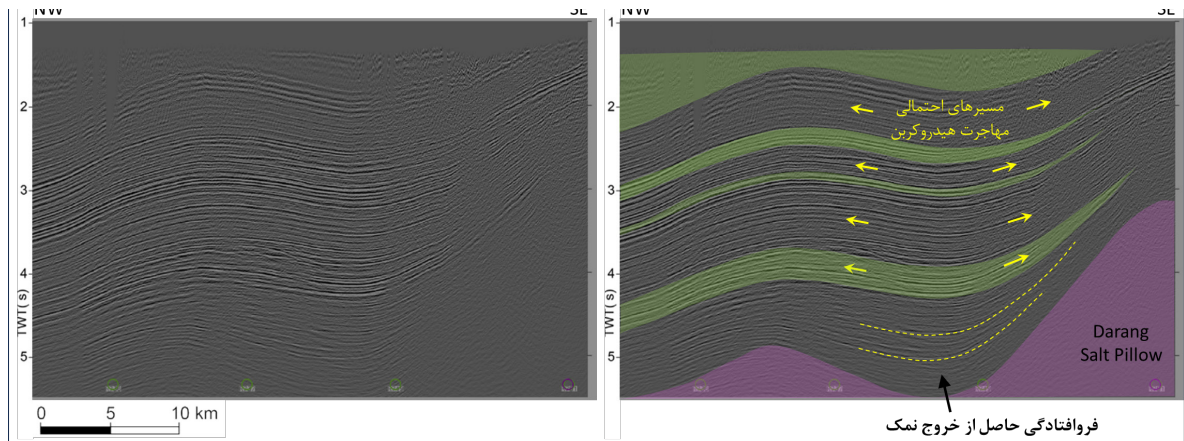
نمک در ساختار دارنگ در حوضه زاگرس سبب تغییر در هندسه لایه‌ها شده و به‌نوبه خود محل پختگاه و مسیرهای مهاجرت هیدروکربن‌ها را تحت تأثیر قرار داده است (شکل ۱۷). در برخی مواقع ممکن است توده‌های نمکی به‌صورت دیواره‌هایی (Salt wall) در داخل ستون رسوبی قرار گرفته باشند (Hudec and Jackson, 2007). چنین ساختارهایی می‌توانند به‌عنوان موانعی برای هیدروکربن‌های در حال



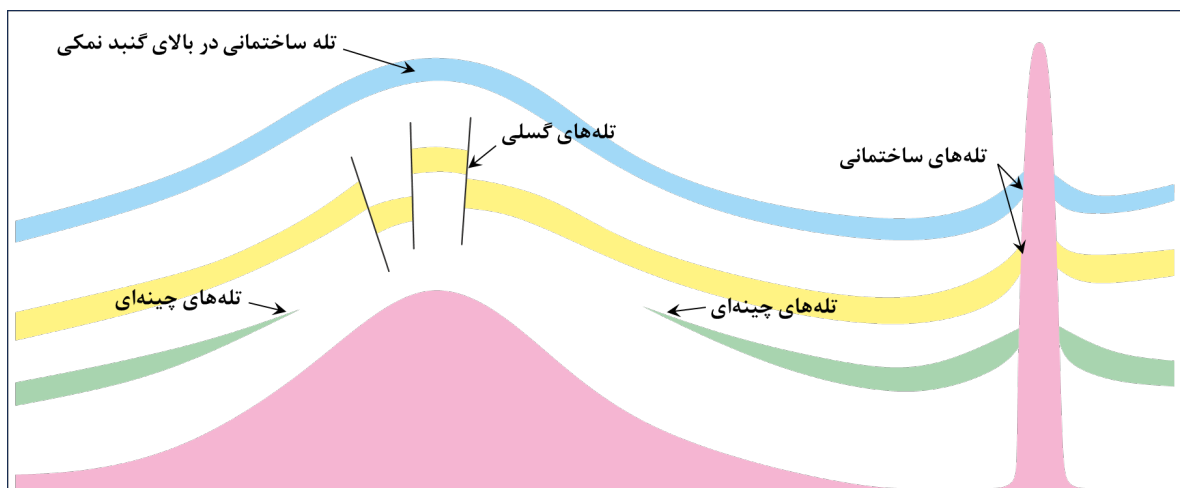
گوناگونی از تله‌های چینه‌ای (بخصوص در اطراف گنبد‌های نمکی به‌صورت هندسه همپوشان) و تله‌های ساختاری (در بالای گنبد‌های نمکی به‌صورت ساختارهای مرتبط با چین‌خوردگی و گسل) می‌شوند (شکل ۸) (Hudec and Jackson, 2007).

مثالهای گوناگونی از این نوع تله‌ها در اطراف ساختارهای نمکی حوضه زاگرس وجود دارند لیکن تاکنون عملیات حفاری برای اکتشاف این تله‌ها به‌صورت گسترده صورت نگرفته است (شکل ۹). یکی از دلایل این امر مشکلات مربوط به حفاری در اطراف این ساختارهای نمکی است (Jackson and Hudec, 2017).

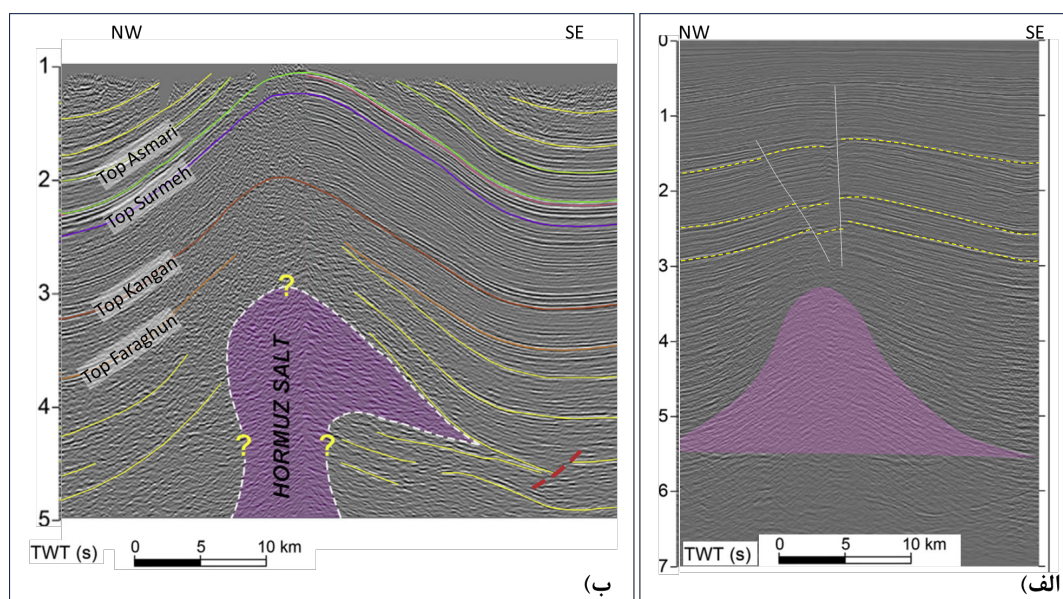
حرکت توده‌های نمکی در حین رسوبگذاری به‌نوبه خود موجب کاهش کارایی واحدهای پوش سنگی شده و بدین ترتیب می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر تجمع و به تلافی دادن هیدروکربن‌ها داشته باشد. اساساً بالا آمدن توده‌های نمکی موجب تغییر در ریخت‌شناسی کف حوضه رسوبی شده و



شکل ۷- مقطع لرزه‌ای از ساختار دارنگ (Jahani et al., 2017) که نشان‌دهنده تأثیر حرکات نمکی بر محل پختگاه هیدروکربنی و نحوه مهاجرت هیدروکربن‌های زایش یافته.



شکل ۸- شکل شماتیک از انواع مختلف تله‌های هیدروکربنی که در اثر حرکات نمک در حوضه‌های رسوبی ایجاد می‌شوند.



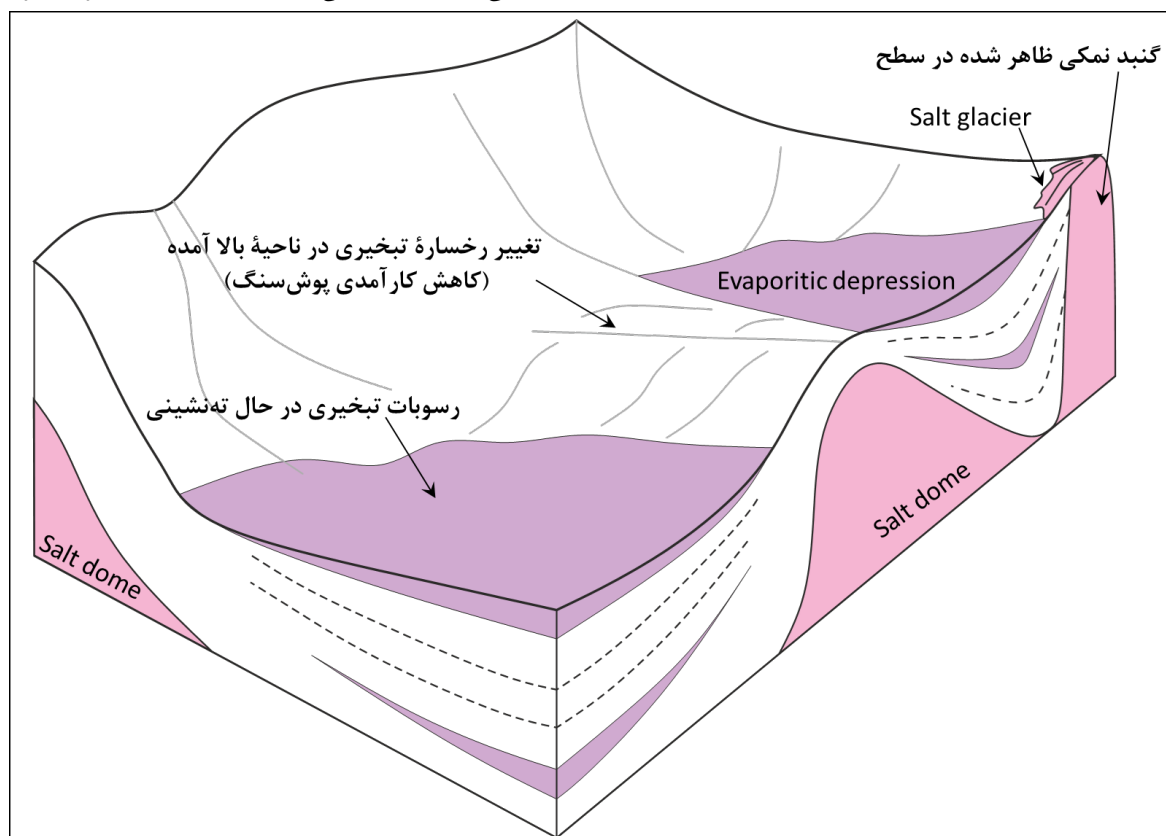
شکل ۹- مقطع لرزه‌ای نشان‌دهنده تشکیل تله‌های گسلی در بالای گنبد نمکی هرمز در ساختار فارور در خلیج فارس (الف) و تشکیل تله‌ی تاقدیسی در بالای گنبد نمکی هرمز در ساختار گردان در فارس ساحلی (ب) (Jahani et al., 2017).

بلکه به‌طرز قابل‌توجهی تکامل سامانه‌های هیدروکربنی در طول زمان را نیز تحت تأثیر قرار داده است. حرکات نمک هرگز اساساً شرایط محیطی رسوبی دیرینه را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه موجب تغییراتی در الگوی توزیع رسوبات و تغییرات رخساره‌ای گردیده است. علاوه بر این، تشکیل فروافتادگی‌های ناشی از خروج نمک باعث دفن شدید لایه‌های سنگ منشاء و تسریع زایش هیدروکربن گردیده و بدین ترتیب چگونگی خروج و مهاجرت هیدروکربن‌ها نیز از حرکات نمک هرگز تأثیر پذیرفته است. با توجه به اینکه حرکات نمکی باعث تشکیل انواع مختلفی از تله‌های هیدروکربنی می‌شوند، لذا حرکت نمک هرگز نیز به‌نوبه خود موجب تشکیل تله‌های مختلف در پوشش رسوبی حوضه زاگرس گردیده است که بسیاری از این تله‌ها تاکنون مورد ارزیابی و اکتشاف قرار نگرفته‌اند. در نهایت، حرکت نمک هرگز چگونگی حفظ شدن تجمعات هیدروکربنی را تحت تأثیر قرار داده است. بدیهی است که مطالعه بر روی تکنیک نمک هرگز و اثرات آن بر سامانه‌های هیدروکربنی حوضه زاگرس موضوع جدید و مهمی است که بایستی در آینده مورد توجه قرار گیرد.

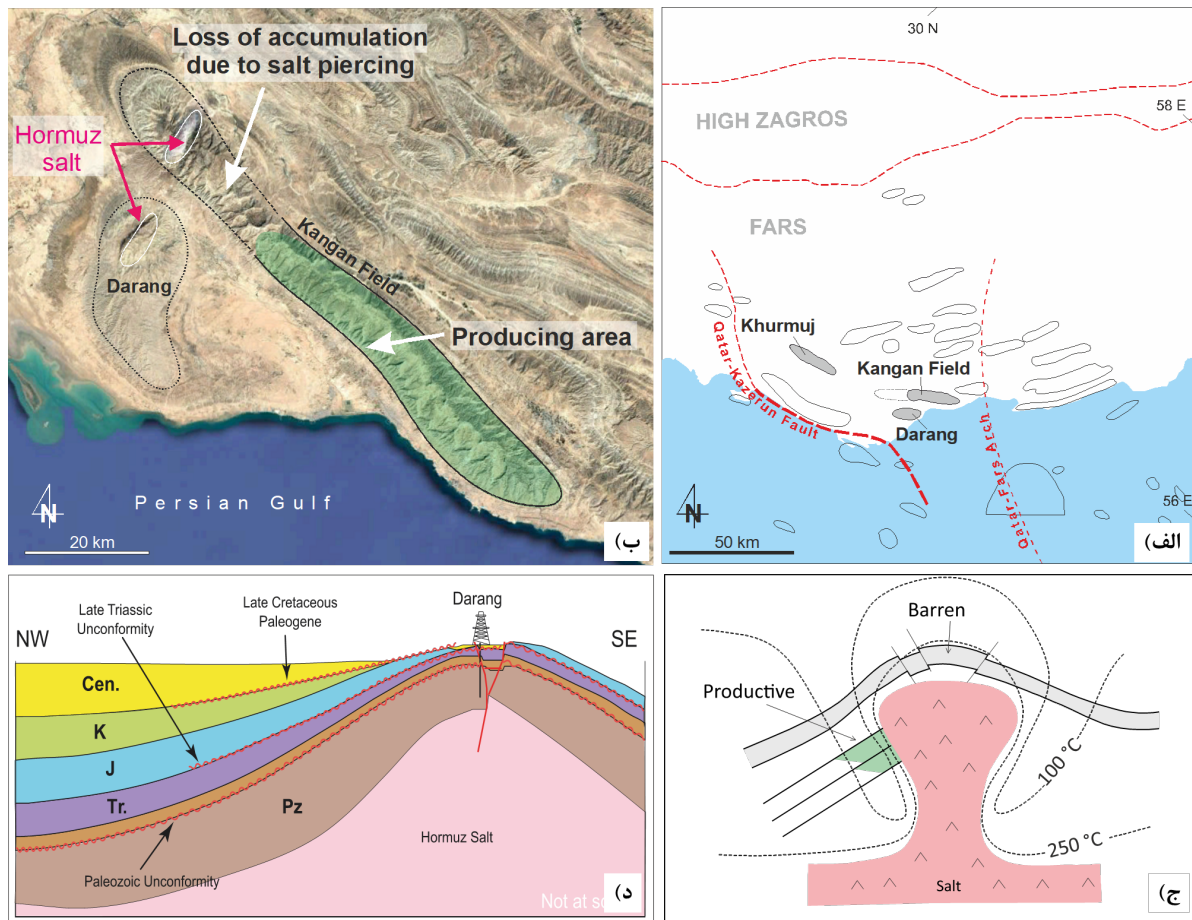
رفتن بستگی ساختاری (Closure) در ساختارهای تاق‌دستی می‌گردد (شکل ۱۱). در برخی موارد همانند ساختار دارنگ در فارس ساحلی، حرکات نمک هم‌زمان با رسوبگذاری موجب تغییرات شدید رخساره‌ای و همچنین عدم ته‌نشینی رخساره پوش سنگی در بالای ساختار شده است (شکل ۱۱) (Vergés et al., 2024). در نتیجه، چنین ساختارهایی، حتی در صورت وجود شارژهای هیدروکربنی، فاقد تجمع هیدروکربنی هستند. در بخش‌های خاصی از حوضه خلیج فارس، نمک هرگز در اثر بالا آمدن با نمک فارس تداخل پیدا کرده و طیف وسیعی از ساختارهای نمکی پیچیده را ایجاد کرده است (Ezati Asl et al., 2019; Faghih et al., 2019; Hassanpour et al., 2021). شایان ذکر است که تأثیر چنین پدیده‌هایی بر سامانه‌های هیدروکربنی موجود در منطقه تا کنون مورد بررسی و مطالعه قرار نگرفته است.

۴- نتیجه‌گیری

حرکات نمک هرگز در حوضه زاگرس نه تنها بر توزیع زمانی و مکانی سامانه‌های هیدروکربنی تأثیر گذاشته است



شکل ۱۰- شکل شماتیک از تأثیر حرکت نمک بر ریخت‌شناسی حوضه رسوبی و تغییرات رخساره در رسوبات در حال ته‌نشینی.



شکل ۱۱- موقعیت جغرافیایی برخی از ساختارهای نمکی قرار گرفته در فارس ساحلی (الف)، تأثیر نفوذ گنبد نمکی بر از بین رفتن بستگی ساختاری در تاق‌دیس کنگان در فارس ساحلی (ب)، تأثیر یک توده نمکی بر چگونگی توزیع دما و حفظ‌شدگی تجمعات هیدروکربنی (ج)، و تأثیر حرکات نمکی همزمان با رسوبگذاری که موجب عدم حفظ‌شدن تجمعات هیدروکربنی در ساختار دارنگ در فارس ساحلی شده است (د).

منابع

- Alipour, M., 2024. Petroleum systems of the Iranian Zagros Fold and Thrust Belt. Results in Earth Sciences 2, 100027.
- Alipour, M., 2025a. Hydrocarbon generation/expulsion and migration in the ZFTB, In: Alipour, M. (Ed.), Basics of Petroleum Geochemistry. Springer, pp. 93-110.
- Alipour, M., 2025b. Petroleum accumulation and preservation, In: Alipour, M. (Ed.), Basics of Petroleum Geochemistry: With Examples from the Zagros Fold and Thrust Belt of Iran. Springer, pp. 47-54.

این دانش، کمک شایانی به شناخت و اکتشاف تجمعات هیدروکربنی قرار گرفته در مجاورت ساختارهای نمکی خواهد نمود.

۵- تشکر و قدردانی

این مقاله در ابتدا به‌عنوان سخنرانی کلیدی در یازدهمین همایش ملی زمین‌ساخت و زمین‌شناسی ساختاری ایران (۲۸ آبان ۱۴۰۴، دانشگاه ارومیه) ارائه گردیده است. نویسنده این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از دبیر علمی همایش جناب آقای دکتر بهیاری، دبیر اجرایی همایش سرکار خانم دکتر علیزاده و ریاست محترم انجمن زمین‌ساخت و زمین‌شناسی ساختاری ایران جناب آقای دکتر خطیب ابراز می‌دارد. از نظرات ارزشمند و سازنده داوران محترم این مقاله بخصوص جناب آقای دکتر فقیه صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.



- Hassanpour, J., Jahani, S., Ghassemi, M.R., Alavi, S.A., Zeinali, F., 2018. Evolution of the Karebas Fault System and adjacent folds, central Zagros fold-and-thrust belt, Iran: Role of pre-existing halokinesis (salt structures and minibasins) and detachment levels. *Journal of Asian Earth Sciences* 164, 125-142.
- Hassanpour, J., Yassaghi, A., Muñoz, J.A., Jahani, S., 2021. Salt tectonics in a double salt-source layer setting (Eastern Persian Gulf, Iran): Insights from interpretation of seismic profiles and sequential cross-section restoration. *Basin Research* 33, 159-185.
- Hudec, M.R., Jackson, M.P., 2007. Terra infirma: Understanding salt tectonics. *Earth-Science Reviews* 82, 1-28.
- Jackson, M., Hudec, M., 2017. Influence of Salt on Petroleum Systems, In: Jackson, M., Hudec, M. (Eds.), *Salt Tectonics: Principles and Practice*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 424-456.
- Jahani, S., Callot, J.P., Letouzey, J., Frizon de Lamotte, D., 2009. The eastern termination of the Zagros Fold-and-Thrust Belt, Iran: Structures, evolution, and relationships between salt plugs, folding, and faulting. *Tectonics* 28.
- Jahani, S., Hassanpour, J., Mohammadi-Firouz, S., Letouzey, J., de Lamotte, D.F., Alavi, S.A., Soleimany, B., 2017. Salt tectonics and tear faulting in the central part of the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran. *Marine and Petroleum Geology* 86, 426-446.
- Perotti, C., Chiariotti, L., Bresciani, I., Cattaneo, L., Toscani, G., 2016. Evolution and timing of salt diapirism in the Iranian sector of the Persian Gulf. *Tectonophysics* 679, 180-198.
- Talbot, C., Jarvis, R., 1984. Age, budget and dynamism. *Journal of the Geological Society* 140, 1-14.
- Alipour, M., 2025c. Petroleum expulsion and migration, In: Alipour, M. (Ed.), *Basics of Petroleum Geochemistry*. Springer, pp. 33-45.
- Alipour, M., Alizadeh, B., Mirzaei, S., 2021. Tectono-stratigraphic evolution of the Permo-Triassic succession in the Fars Platform of Iran - Implications for future exploration of the Paleozoic petroleum system. *Journal of Asian Earth Sciences* 221, 104945.
- Bahrudi, A., Koyi, H., 2003. Effect of spatial distribution of Hormuz salt on deformation style in the Zagros fold and thrust belt: an analogue modelling approach. *Journal of the Geological Society* 160, 719-733.
- Callot, J.-P., Trocmé, V., Letouzey, J., Albouy, E., Jahani, S., Sherkati, S., 2012. Pre-existing salt structures and the folding of the Zagros Mountains. *Geological Society, London, Special Publications* 363, 545-561.
- Edgell, H., 1991. Proterozoic salt basins of the Persian Gulf area and their role in hydrocarbon generation. *Precambrian Research* 54, 1-14.
- Edgell, H., 1996. Salt tectonism in the Persian Gulf basin. *Geological Society, London, Special Publications* 100, 129-151.
- Ezati Asl, M., Faghih, A., Mukherjee, S., Soleimany, B., 2019. Style and timing of salt movement in the Persian Gulf basin, offshore Iran: Insights from halokinetic sequences adjacent to the Tonb-e-Bozorg salt diapir. *Journal of Structural Geology* 122, 116-132.
- Faghih, A., Ezati-Asl, M., Mukherjee, S., Soleimany, B., 2019. Characterizing halokinesis and timing of salt movement in the Abu Musa salt diapir, Persian Gulf, offshore Iran. *Marine and Petroleum Geology* 105, 338-352.

ics of an active salt extrusion in Iran. *Journal of Structural Geology* 6, 521-533.

Vergés, J., Casini, G., Ruh, J., Cosgrove, J., Sherkati, S., Najafi, M., Casciello, E., Saura, E., Fard, I.A., Piryaei, A., 2024. Structural style and timing of NW-SE trending Zagros folds in SW Iran: interaction with north-south trending Arabian folds and implications for petroleum geology. *Journal of Petroleum Geology* 47, 3-74.

Yu, Z., Lerche, I., Lowrie, A., 1992. Thermal impact of salt: simulation of thermal anomalies in the Gulf of Mexico. *Pageophysics* 138, 181-192.