Archive of SID

انجمن زمین ساخت و زمین شناسی ساختاری ایـــران
TECTONIC & STRUCTURAL GEOLOGY ASSOCIATION OF IRAN

تشخیص مکانیزیم‌های گسلش حاکم بر گنبدهای نمکی جنوب غربی معلمان بر اساس شواهد آزمایشگاهی

◇◇◇◇◇◇◇

چکیده :

گنبدهای نمکی جنوب غرب معلمان (جنوب دامغان) از جالب‌ترین گنبدهای نمکی رخنمون یافته در جهان می‌باشد که شامل نهشته-های میوسن می باشند. به منظور مشاهده‌ی چگونگی جریان نمک و نفوذ آن به سطح در این گنبدها، پس از بررسی‌های دورسنجی به شبیه‌سازی جنبش نمک تحت تاثیر مکانیزم‌های مختلف گسلش و نیز تنش‌های تکتونیکی فشارشی و ترافشارشی پرداخته شد. دو مدل یکی کشش در خم گسل پارگی و دیگری کشش در امتداد محور طاقدیس برای نفوذ نمک به سطح ارائه شد. نفوذ نمک به سطح، مولد تنشی قائم در مقیاس محلی است که علت شکل‌گیری گسل‌های شعاعی در شرایط تمرکز و انباشته شدن تنش است.

کلید واژه ها:(دیاپیریسیم، گنبد نمکی،گسلش، تکتونیک تجربی، معلمان)

Distinguishing Faulting mechanisms affected on forming salt domes in SW Moalleman based on Experimental observations

Abstract:

Salt domes colony in SW Moalleman (south of damghan), an interesting outcrop sample in all of the world, is included Miocene sediments. In this research we use Remote sensing techniques and Experimental observations to study the relation between salt flowage & tectonic features. We concluded that the growth of salt domes in the study area is controlled by different mechanisms of faulting and therefor tectonic stresses in the form of compression & transpression. Following them, two Model of tear fault-Controlled & fold-Controlled extension are the major factors affected on the shape and structure of salt domes & their environment. Moreover, the local salt penetration produces vertical stresses; the cause of forming radial faults after stress accumulation.

Keywords :(Diapirism, Salt dome, Faulting, Experimental Tectonic, Moalleman)

◇◇◇◇◇◇◇

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه :

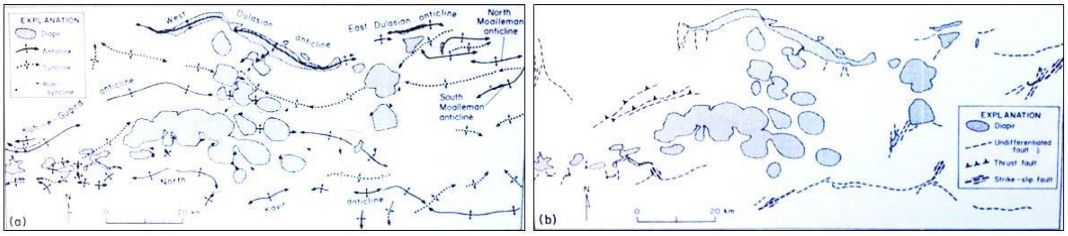
دیاپیرها دارای گسترش مکانی و زمانی بسیار وسیعی هستند که در همه زمان‌های زمین‌شناسی از پرکامبرین تا کوارترنر و در همه نقاط زمین به استثنای سپرها یافت می‌شود. دیاپیرها در سراسر دنیا از دیدگاه‌های مختلف مورد مطالعه قرارگرفته و اهمیت آن از نظر دارا بودن ذخایر نفتی، گاز، گوگرد، استخراج نمک طعام، پتاس، آهن، دفن زباله‌های اتمی و استفاده به عنوان مخازن زیرزمینی روز به روز روشن‌تر می‌شود (Richter, 1972).

مطالعات در مورد تکتونیک نمک در سال ۱۹۶۸ پایه‌گذاری شد و پیشرفت‌های عمده‌ای تا اوایل ۱۹۸۰ با موضوع حرکت نمک به سمت سطح رویی در دو حوزه دانشگاه و صنعت بیان شد (Jackson & Talbot, 1994).

گنبدهای نمکی ایران از نظر نهشته‌های تبخیری که در دوره‌های مختلف فانروزوئیک نهشته شده‌اند، بسیار غنی است و همچنین فراوانی منحصر به فردی از دیاپیرهای نمکی رخنمون شده را نشان می‌دهد (Stocklin, 1974).

درباره گنبدهای نمکی ایران مرکزی، Gansser در سال 1955 گزارش کاملی ارائه داده است و این گنبدهای نمکی را جزء جالب‌ترین گنبدهای نمکی رخنمون یافته در جهان می‌داند. در یادداشت تکمیلی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شمال ایران مرکزی، هوبر گنبدهای نمکی و زمین‌شناسی جنوب سمنان را بررسی کرده است. بازنگری نسبتا جامع و دقیق Stocklin در سال 1968 تحت عنوان نهشته‌های تبخیری خاورمیانه، گنبدهای نمکی ایران مرکزی را هم در بر گرفته است. Jackson و همکارانش در سال 1990، نحوه تحول ساختاری و سبک چین خوردگی توده‌های نمکی در جنوب سمنان را بررسی کرده و با استفاده از داده‌های صحرایی مدل فیزیکی مناسب را برای ساختارهای نمکی این منطقه معرفی کردند (شکل۱). Rahimpour و Kalantarzadeh در سال 2005، براساس مطالعات میکروسکوپی نهشته‌های نمکی در حوضه دامغان، یک مدل زمین‌ساختی برای شکل گیری نمک دراین ناحیه ارائه دادند که این مدل، کششی بودن نحوه تشکیل این نهشته‌ها را تایید می‌نماید.

از نظر موقعیت زمین‌شناسی و تکتونیک، حوضه کویر بزرگ یک حوضه ریفتی قدیمی قاره‌ای بوده که براثر حرکات تکتونیکی در اواخرکرتاسه تا اوایل سنوزوئیک در بخش شمالی ایران مرکزی تشکیل‌شده است (Stocklin, 1974). این حوضه باعث گسترش محیط‌های رسوبی برقاره‌ای (Epicontenental) کم عمق گردید که درواقع شرایط مناسبی برای گسترش رسوبات تبخیری و کربناته و لایه‌های قرمز بوده است. حرکات تکتونیکی به وسیله ساختارهای هورست و گرابن در زیر حوضه کویر به اثبات رسیده است که باعث تشکیل فروافتادگی‌های فراوان شده است (Stocklin, 1974).

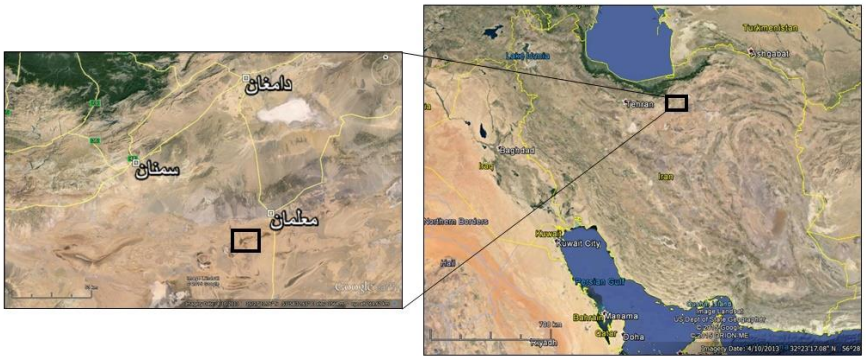


شکل ۱: ساختارهای منطقه‌ای در ایالات دیاپیر کویر و نواحی اطراف. a) اثر چین‌ها، شامل ناودیس‌های لبه‌ی دیاپیر. b) اثر گسل‌ها (Jackson et al, 1990)

گنبدهای نمکی مورد مطالعه در این مقاله در جنوب غرب معلمان و ۱۵ کیلومتری غرب جاده معلمان – جندق واقع شده است (شکل۲).

www.SID.ir

Archive of SID



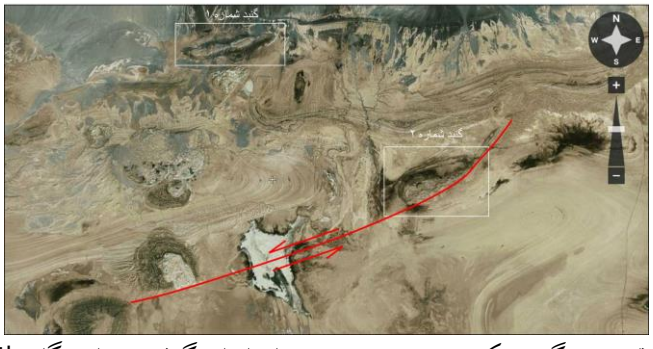
شکل۲: موقعیت گنبد نمکی مطالعه شده در این مقاله

محدوده مورده مطالعه از نظر زمین‌شناسی در پهنه ساختاری ایران مرکزی می‌باشد و در حوضه‌ی فروافتاده‌ی جندق است که دریای میوسن آن را فراگرافته است، شاید بتوان این فروافتادگی را بعد از الیگوسن به‌صورت یک فروزمین (Graben) در نظر گرفت. منطقه مورد مطالعه از نظر چینه‌نگاری نهشته‌های میوسن را شامل می‌شود، رسوبات این دوره از تاریخ زمین‌شناسی ناحیه از نوع کم عمق است که به‌طور معمول از مارن، ماسه‌سنگ، گچ و نمک پدید آمده‌اند. این نهشته‌های میوسن به‌طور ناپیوسته برروی واحدهای پیشین نشسته‌اند (نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته – رشم، ۱۳۷۳). با توجه به جایگاه چینه‌ای رسوبات دربرگیرنده این گنبدها (میوسن)، چنین می-نماید که آخرین مرحله از حرکات کوهزایی آلپ در این ناحیه به‌صورت فشارشی تاثیر کرده که سبب شکل‌گیری گنبدها و بالا آمدن آن‌ها شده است. عملکرد نیروهای فشارشی عامل اصلی این دیاپیریسم می‌باشد (نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته – رشم، ۱۳۷۳). از آنجا که در تحقیقات پیشین، تاکید بر ارائه فرضیات تشکیل گنبد نمکی بر اساس شواهد بزرگ مقیاس (photo scale) بوده است. هدف از این تحقیق برداشت شواهد جزئی مربوط به منتخبی از گنبدهای نمکی منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد تا در صورت تشکیل شواهد کل منطقه، نسبت به آزمون فرضیات مورد اشاره با بهره‌گیری از شواهد جزئی‌تر (outcrop scale) و جبران نقایص با کمک شواهد آزمایشگاهی اقدام گردد.

◇◇◇◇◇◇◇

بحث و روش تحقیق:

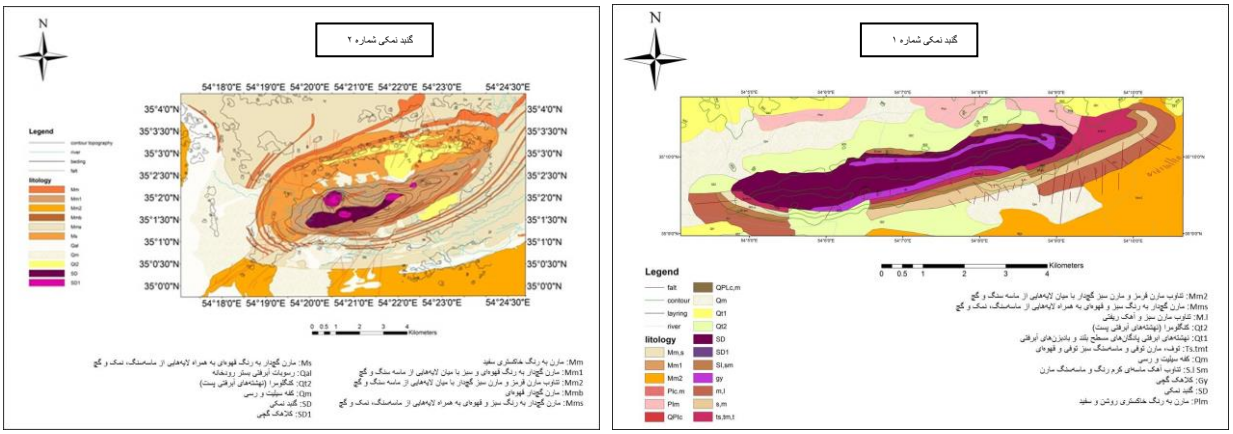
در ابتدا عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای مربوط به دو گنبد نمکی در منطقه مورد مطالعه به دقت مورد بررسی قرار گرفت(شکل۳) و نقشه‌های زمین‌شناسی مربوط با تاکید بر شناسایی و ثبت ساختارهای موجود با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه گردید. سپس ویژگی‌های هر یک از گنبدها از جنبه‌ی فیزیکی- ساختاری به شرح ذیل مشخص گردید:



شکل (۳): موقعیت دو گنبد نمکی نسبت هم در تصویر ماهواره‌ای گرفته شده از وبگاه Flash Earth.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۴): نقشه ۱:۲۵۰۰۰ زمین‌شناسی گنبدهای نمکی مورد مطالعه

گنبد نمکی شماره یک شامل ویژگی‌های ذیل می‌باشد:

- شکل گنبد نمکی از نظر ظاهری به صورت خطی و بیضی کشیده مشاهده می‌شود و طاقدیسی با محور شمال شرقی- جنوب غربی را شامل می‌شود (شکل ۴، گنبد شماره ۱).
- از نظر توپوگرافی دو سمت روند نفوذ گنبد اختلاف ارتفاع دارد (شکل ۴، گنبد نمکی شماره ۱).
- سن لایه‌ها در بخش‌های مرکزی نزدیک به گنبد قدیمی‌تر از اطراف می‌باشد (شکل ۴، گنبد نمکی شماره ۱).
- گسل‌های این گنبد نمکی بیشتر روند شمالی – جنوبی دارد (شکل ۴، گنبد نمکی شماره ۱).
- با توجه به لایه‌بندی و گسل‌های فرسایش یافته سن نفوذ این گنبد قدیمی‌تر از گنبد نمکی شماره دو به نظر می‌آید (شکل۵).

شکل (۵): تصویر ماهواره‌ای گنبد شماره ۱

ویژگی‌های گنبد نمکی شماره دو شامل موارد ذیل می‌باشد:

- از نظر ظاهری بیضوی شکل است.
- روند گنبد نمکی شمال شرق – جنوب غرب است (شکل ۴، گنبد نمکی شماره ۲).
- این گنبد نمکی به همراه چند گنبد نمکی دیگر در امتداد گسل بزرگی قرار دارد (شکل۳).
- لایه‌بندی‌ها در بخش‌هایی از این گسل به صورت چپگرد جابجایی دارند (شکل ۶).

www.SID.ir

Archive of SID

– در بخشی از این گسل خمش دیده می‌شود که به‌صورت چپ‌پله ظاهر شده است که با توجه به چپگرد بودن گسل اصلی شرایط کشش محلی را بوجود آورده است (اشکال ۳و۶).

– در این گنبد نمکی دگرشکلی شکننده (Brittle) غالب است.

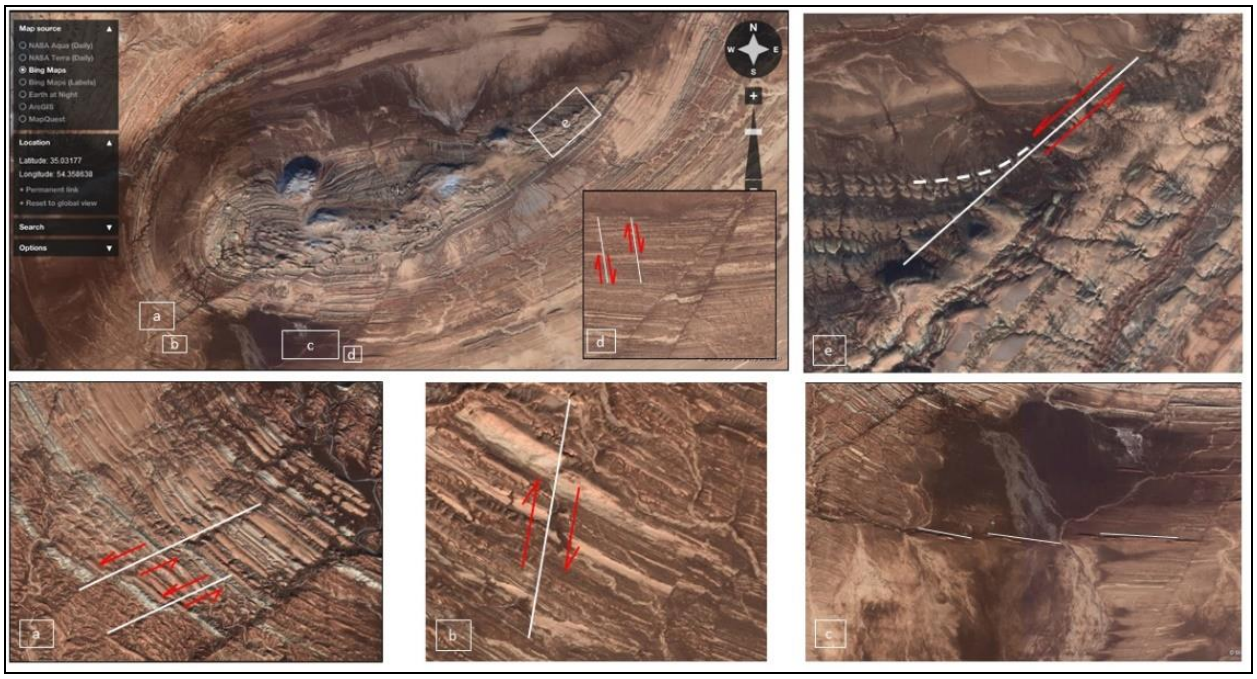
– گسل‌های چپگرد ریدل و راستگرد آنتی ریدل متاثر از جنبش گسل اصلی (عامل تکتونیکی) و گسل‌های شعاعی متاثر از بالا آمدن نمک (عامل دیاپیریسم نمک) مشاهده می‌شود (شکل۶).

– چین‌خوردگی نیز در لایه‌بندی اطراف گنبد به صورت طاقدیس دیده می‌شود و چین‌های محلی کوچک حاصل از بیرون‌زدگی چند گنبد کوچکتر نیز قابل مشاهده است (شکل ۶).

– از نظر چینه‌شناسی و سن لایه‌ها می‌توان این‌طور اظهار نمود که به سمت مرکز گنبد لایه‌ها قدیمی‌تر می‌شوند (شکل ۴ گنبد شماره۲).

– از نظر توپوگرافی نیز مرکز گنبد بیشترین ارتفاع را داراست (شکل ۴، گنبد شماره ۲).

با توجه به لایه‌بندی مشخص و گسل‌های دیده شده و نفوذ چند گنبد کوچک به موازات گسل اصلی در این گنبد سن جوان دارد و فعال به نظر می‌آید (شکل۶).

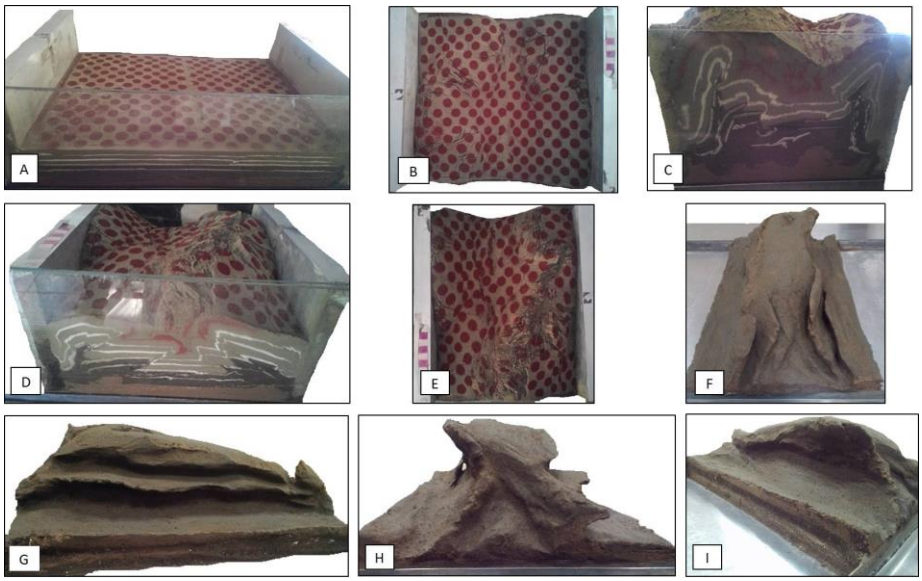


شکل (۶): تصویر گنبد نمکی گرفته شده از وبگاه Flash Earth، a) گسل‌های فرعی ریدل، b) گسل فرعی آنتی ریدل، c) ساختار گسل‌های ان‌اشلان، d) گسل‌های فرعی آنتی ریدل، e) خمش لایه در مجاورت گسل اصلی .

برای مشاهده‌ی جریان نمک در دو تنش احتمالی موثر بر منطقه دو آزمایش بدین صورت انجام شد. هر دو آزمایش در دستگاه تراکمی– کششی تعبیه شد. در آزمایش اول از گل رس با رطوبت بالا به صورت گل جریان یافته (Flow) با ضخامت 3cm به عنوان مشابه نمک و ماسه با ضخامت 5cm به عنوان رسوبات رویی نمک به ابعاد 30*40 cm مورد استفاده قرارگرفت. تنش وارد به نمونه به صورت فشارش محض با نرخ 15 mm در دقیقه اعمال شد (شکل۷).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۷): مراحل مختلف آزمایش اول. برای مشخص شدن توپوگرافی سطح نمک نفوذ یافته لایه‌های ماسه برداشته شده است.

آزمایش دوم تنش به صورت ترافشارشی بدین صورت بازسازی شد که با قرار دادن دو قطعه چوب ، ترکیبی از برش ساده و فشارش محض فراهم شد. همانند آزمایش اول از گل رس با رطوبت بالا با ضخامت 3cm به عنوان نمک و ماسه با ضخامت 3cm به عنوان رسوبات رویی نمک به ابعاد 9*6 cm مورد استفاده قرار گرفت. نرخ تنش وارده به نمونه مشابه آزمایش اول اعمال شد(شکل ۸).

شکل (۸): مراحل مختلف آزمایش دوم. برای مشخص شدن توپوگرافی سطح نمک نفوذ یافته لایه‌های ماسه برداشته شده است.

با اعمال تنش در هر دو آزمایش انجام شده گل رس (نمک) از شکستگی‌های واقع در لایه‌های فوقانی (تراست‌ها) نفوذکردند. در آزمایش اول که تنش فشارشی محض اعمال شد، گل رس در روندی عمود بر جهت تنش به بخش‌های بالایی جریان و تزریق یافت و سپس در روند گسل‌های تشکیل شده در لایه‌های رویی (راندگی‌ها) به‌صورت افقی جریان یافت (شکل ۷). در این آزمایش با توجه به اینکه لایه زیرین شکل‌پذیر و جریانی رفتار نمود، منشاء تمرکز تنش در مقیاس محلی شد و در نتیجه در لایه‌های رویی واتنش به صورت بخش‌بندی (Partitining) نمایان شد که در نمای سطح و دو مقطع عمودی تفاوت دگرریختی مشاهده شد (شکل ۷). ارتفاع نفوذ گل در دو سمت روند نفوذی نمک متفاوت است.

www.SID.ir

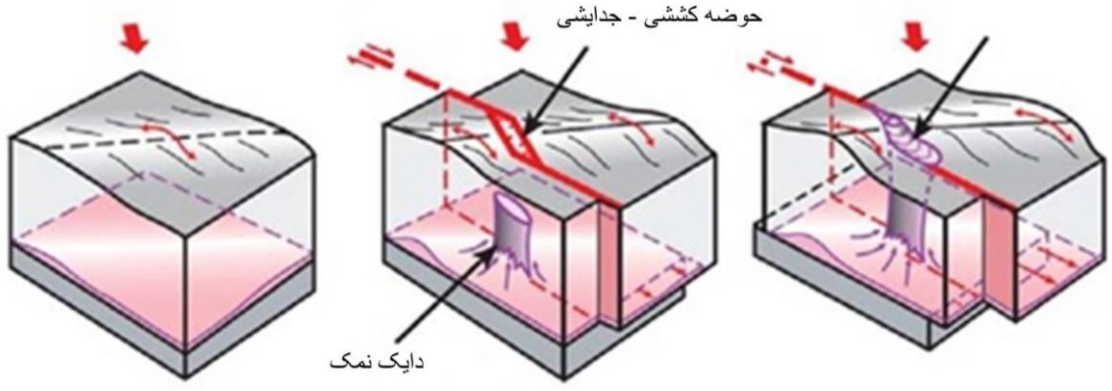
Archive of SID

در آزمایش دوم که تنش به‌صورت ترافشارشی اعمال شد، روند نفوذ گل رس (نمک) در جهت بیش‌ترین کشیدگی بیضی واتنش می‌باشد و نفوذ نمک در نهایت به‌صورت متقارن و چرخش یافته مشاهده می‌شود و شکلی قارچی به خود گرفته است. در سطح در اطراف گل رس نفوذ یافته گسل‌های شعاعی نمایان شدند که این گسل‌های منشاء دیاپیریسم دارند و تکتونیکی نیستند (شکل ۸).

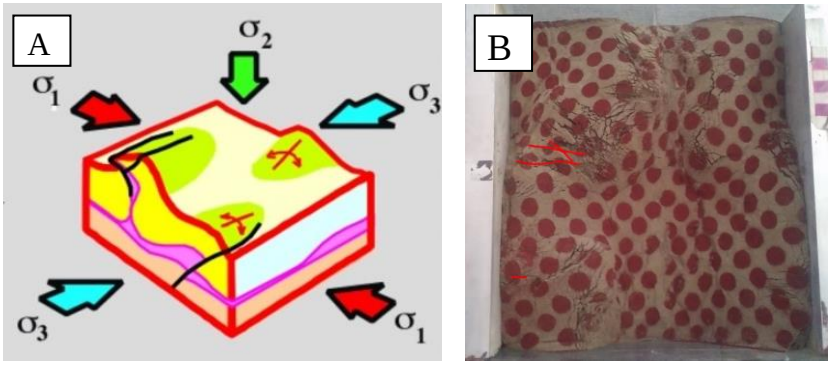
با توجه به این‌که حوضه‌ی کویر بزرگ توسط دو گسل اصلی ترود و کویر بزرگ احاطه شده است (Jackson et al, 1990)، بیرون-زدگی‌های جنوب غرب معلمان اساسا توسط فعالیت ساختارهای اصلی تکتونیک در محیط ترافشارشی رخ داده است و به‌طور جزئی‌ترگنبد شماره یک با مکانیزمی مشابه آزمایش اول و گنبد شماره دو با مکانیزمی مشابه آزمایش دوم تشکیل شدند.

در اثر عملکرد فاز فشارشی علاوه بر شکل‌گیری چین و راندگی گاهی گسل فرعی پارگی (Tear Fault) نیز شکل‌می‌گیرد که معمولا به صورت امتدادلغز عمل می‌کنند. گنبد شماره دو در امتداد این نوع گسل (پارگی) نفوذ کرده است که با حرکت چپگردی و خم شکل گرفته شرایط تراکششی را بوجود آورده است و نمک از طریق نقاط ضعف (گسل‌ها) به سطح رسیده اند (شکل ۹).

نمونه‌ای از گسل‌های پارگی شکل گرفته در آزمایش اول، نشان داده شده است (شکل ۱۰، B). گنبد شماره یک را می‌توان با مکانیزیمی مشابه شکل (A،۱۰) که بر اثر فشارش تکتونیکی طاقدیسی شکل گرفته و در محور آن کشش سبب تشکیل گسل نرمال یا گسل امتدادلغز شده و شرایط نفوذ گنبد را فراهم نموده است.



شکل (۹): نفوذ نمک در خم گسلی مشابه مکانیزیم گنبد شماره دو. (برگرفته از Sherkati et al., 2005).



شکل (۱۰): (A)، جهات تنش‌های اصلی در منطقه فشارشی و تاثیر تکتونیک در نفوذ نمک (Salt tectonics, 2015).
(B)، نمونه ای از گسل‌های پارگی تشکیل شده در آزمایش اول.

◇◇◇◇◇◇◇

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه گیری :

مدلسازی آزمایشگاهی یکی از روش های بررسی مکانیزم های تسهیل کننده جریان نمک از عمق به سطح می باشد. در این مقاله ابتدا با توجه به اشکال گنبدهای نمکی و ساختارهای موجود در محیط پیرامون، ویژگیهای فیزیکی-ساختاری رخنمون یافته برداشت شد. سپس با کمک شواهد آزمایشگاهی چند فرضیه در مورد مکانیزیم شکل گیری دوگنبد نمکی ارائه و مورد آزمون واقع شد و به این ترتیب تاثیر متغیرهای زمین ساختی از جمله مکانیزم گسلش در نفوذ نمک به سمت سطح و نیز تاثیر این نفوذ در ساختارهای متاثر از آن مورد مطالعه قرار گرفت که به طور خلاصه شامل دو مورد ذیل است:

- گنبد شماره یک در امتداد گسل مورب لغز با مولفه نرمال حاصل از کشش محوری طاقدیسی که درتنش فشارش شکل گرفته به سطح نفوذ کرده است.
- گنبد شماره دو در امتداد خم گسل امتدالغز پارگی چپگرد و حاصل ازتنش تراکشش حاکم بر آن به سطح نفوذ پیدا کرده است.

◇◇◇◇◇◇◇

منابع فارسی :

۱- جعفریان، م.، ۱۳۷۳، "نقشه ۱۰۰.۰۰۰ کلاته رشم". سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدن، تهران.

◇◇◇◇◇◇◇

References:

1- Gansser, A., 1955. *"New aspects of the geology in Central Iran"*, Proceeding of Forth World Petroleum Congress. Rome, p. 278–300.
2- Jackson, M.P.A., Talbot, C.J., 1994. *"Advances in salt tectonics"*, In: P. L. Hancock, ed (Continental deformation: Tarrytown). New York. Pergamon Press,p. 159-179.
3- Jackson, M.P.A., Cornelius, R.R., Craig, C.H., Gansser, A., Stocklin, J., Talbot, C.J., 1990. *"Salt diapers* of the great Kavir, Central Iran", Geological Society of America Memoirs , 177,p.1-150.
4- Rahimpour-Bonab, H., Kalantarzadeh, Z., 2005. *"Origin of secondary potash deposits; a case from Miocene evaporites of NW Central Iran"*, Asian Earth Sciences, 25, p. 157-166.
5- Richter, W., Belsky, T., Johns, R.B., Burlingame, A.L., Calvin, M., 1972. *"Evidence -of life processes ina sediment two & billion years old"*, Nature, 206, p. 446-447.
6- Sherkati, S., Molinaro, M., Frizon de Lamotte, D., Letouzey, J., 2005. *"Detachment folding in the Central and eastern Zagros fold-belt (Iran): salt mobility, multiple detachments and final basement control"*. Geol, 27, p. 1680-1696.
7- Stocklin, J., 1968. *"Structural history & tectonics of Iran"*, A review. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull, 52, p. 1229-1258.
8- Stocklin, J., 1974. *"Iran central, septentrional et oriental"*, Lexique stratigr. Int, 3, p. 283.
9- Salt tectonics, http://homepage.ufp.pt/biblioteca/SaltTectonics/WebSaltTectonics/Index.html (2015/8/12).

www.SID.ir