نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۰، شماره ۵۵، بهار ۱۳۹۵، صفحات ۱۴۴-۱۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۰۴ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۱۲/۰۷

طبقه‌بندی و تحلیل ویژگی‌های کمی گنبدهای نمکی شمال غرب ایران از نظر ساختار

معصومه رجبی[۱]
علی شیری طرزم[۲]

چکیده

در شمال غرب ایران بیش از ۵۰ گنبد نمکی با سن نئوژن وجود دارد که ۴۸ گنبد دارای ابعاد قابل اندازه‌گیری هستند. یکی از معیارهایی که می توان براساس آن گنبدهای نمکی شمال غرب ایران را طبقه‌بندی نمود، ویژگی های ساختاری برونزدهای نمکی منطقه می‌باشد. در این مقاله گنبدهای نمکی شمال غرب ایران با توجه به ویژگی‌های ساختاری به دو گروه گنبدهای با ساختار تک شیب و گنبدهای با ساختار طاقدیسی تقسیم شده‌اند، ابتدا نمودار پراکنش، خط رگرسیون، نوع و مقدار همبستگی بین پارامترهای مورفومتری هر گروه مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است، سپس پارامترهای هر گروه با گروه دیگر با هم مقایسه شده است. بررسی پارامترهای مورفومتری گنبدها نشان می‌دهند که گنبدهای نمکی تک‌شیب نسبت به گنبدهای نمکی طاقدیسی دارای مساحت، دایره‌واری و ارتفاع کم‌تر ولی ضریب کشیدگی و ضریب برافراشتگی بیش‌تری هستند. هم‌چنین گنبدهای تک‌شیب یا روی گسل‌ها و یا در فاصله کمی از گسل‌ها قرار دارند، بنابراین گنبدهای تک شیب نسبت به گنبدهای طاقدیسی، بیشتر تحت تاثیر گسل‌ها هستند.

واژگان کلیدی: شمال‌غرب ایران، گنبد نمکی، طاقدیس، تک‌شیب، گسل، پارامترهای مورفومتری.

۱ـ استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز.
۲ـ دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا ،دانشگاه تبریز. Email:ashiritarzam@gmail.com

مقدمه

از جمله اشکال حاصل از دیاپیریسم نمکی، گنبدهای نمکی هستند. گنبدهای نمکی یکی از اسرارآمیزترین پدیده‌های زمین‌شناسی و مورفولوژیکی در دنیا به‌شمار می‌روند (ادیب‌پور و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۵) و علاوه بر این که نقش بسیار مهمی در تشکیل اشکال ژئومورفولوژیکی نقاط مختلف سطح جهان دارند، منبعی برای عناصر فلزی سنگین مثل اورانیوم، سرب و روی (غضبان، ۱۳۶۹: ۱۸۹)، عناصر غیرفلزی مثل گوگرد و پتاس (مومن‌زاده و حیدری، ۱۳۶۹: ۱۱۸) و هیدرو کربن‌ها هستند (جنیون[۳]، ۱۹۸۶: ۱۸۱).

زمردیان (۱۳۸۱: ۱۸۹) نواحی دیاپیریسم نمکی ایران را به چهار ناحیه جنوب، زاگرس مرتفع، ایران مرکزی و شمال غرب تقسیم کرده است، که در این میان گنبدهای نمکی جنوب ایران به‌خاطر وجود منابع معدنی و هیدروکربنی، برای پژوهشگران داخلی و خارجی، قابل توجه بوده و کارهای تحقیقی زیادی از نظر زمین‌شناسی اقتصادی و تکتونیکی روی آن‌ها انجام گرفته است.

در تمامی کتاب‌های زمین‌شناسی ساختمانی" مدنی (۱۳۶۹)، بیلینگز[۴] (۱۳۸۷) و..." فصلی با موضوع گنبدهای نمکی آورده شده و در آن اصول و مبانی نظری در رابطه با گنبدهای نمکی به‌طور اجمال مطرح شده است. بحث‌های تخصصی‌تر در مقالات متعددی به زبان‌های فارسی "درویش‌زاده (۱۳۶۹)، داودزاده (۱۳۶۹) و..." و لاتین "کنت[۵] (۱۹۸۶)، لرج و اوبرین[۶] (۱۹۸۶) و..." و کتاب‌های تخصصی مثل تکتونیک نمکی جنیون (۱۹۸۶)، زمین‌شناسی دینامیکی نمک و ساختارهای مربوطه لرچ و اوبرین (۱۹۸۷) و... آمده است. در بیش‌تر این

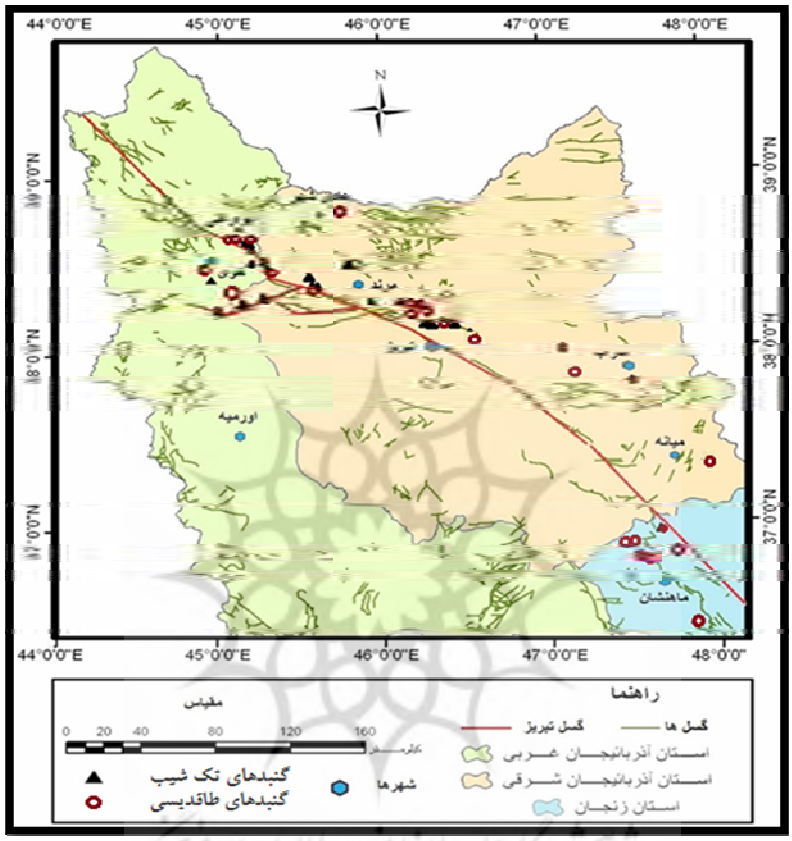
1- Jenyon
2-Billings
3-Kent
4-Large and Obrien

منابع که ذکر همه آن‌ها امکان‌پذیر نیست، در مورد گنبدهای نمکی ایران به‌ویژه گنبدهای نمکی جنوب با موضوعات مختلف بحث شده و یا به‌عنوان نمونه از آن‌ها ذکر شده است.

در مورد گنبدهای نمکی شمال غرب ایران آن هم در منابع داخلی فقط به ذکر نامی از آن‌ها اکتفا شده است و تنها دو مورد کار تحقیقی روی آن‌ها انجام گرفته است. رجبی و شیری(۱۳۸۸) گنبدهای نمکی شمال غرب تبریز و اشکال حاصل از آن‌ها را بررسی کرده‌اند. جلیل‌پور (۱۳۹۰) گنبد نمکی خواجه در استان آذربایجان شرقی را از دیدگاه ساختاری بررسی و امکان ذخیره‌سازی گاز طبیعی در این گنبد کنکاش کرده است.

گنبدهای نمکی شمال غرب در سازندهای تبخیری نئوژن به‌ویژه سازند قرمز بالایی دیده می‌شوند (رجبی و شیری، ۱۳۸۸: ۵۲)، که به‌صورت نواری در ادامه ایران مرکزی از منطقه ماهنشان زنجان شروع شده و پس از عبور از شمال تبریز به کوه آرارات می‌رسد. گنبدهای نمکی بیش‌تر در شمال تبریز و میشو غربی قرار دارند، شکل (۱). گنبدهای نمکی آذربایجان جوان، کوچک و کم عمق هستند (ساکت، ۱۳۸۴: ۶۷)، در مقابل دارای خلوص و تراکم بالایی هستند (شیری، ۱۳۸۵: ۱۵۲).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل (۱) نقشه محدود تحقیق و توزیع گنبد ها در ارتباط با گسل‌ها

مشاهدات میدانی و بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی نشان می‌دهد ناودیس‌ها در سازند قرمز بالایی نسبت به طاقدیس‌ها وسیع‌تر، مرتفع ترو دارای محور شیب‌دار بوده، و اغلب توسط گسل‌ها محدود می‌شوند. گنبدهای روی گسل‌ها، دارای ساختار تک شیب و در ارتباط با ناودیس‌ها هستند. در حالی که گنبدهای دور از گسل‌ها دارای ساختار طاقدیسی بوده و در داخل طاقدیس‌ها و تعدادی نیز در داخل ناودیس‌ها قرار دارند. روند کلی رسوبات تبخیری و گنبدهای داخل آن‌ها منطبق با روند عمومی گسل تبریز است.

بر اساس این ویژگی‌ها، گنبدهای نمکی شمال غرب ایران در محدوده بالای ۳۶ درجه عرض شمالی به دو گروه گنبدهای نمکی با ساختارتک شیب و گنبدهای نمکی با ساختار طاقدیسی طبقه‌بندی وویژگی های کمّی دو گروه با هم مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

گنبدهای نمکی شمال غرب ایران خیلی کوچک هستند ، فقط ۸ گنبد نمکی در نقشه‌های زمین‌شناسی نشان داده شده‌اند. به این خاطر برای شناسایی و تطبیق گنبدها با نقشه‌های زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای کارهای میدانی زیادی انجام داده و از نزدیک و مستقیماً برخی شاخص‌ها (مختصات جغرافیایی، ارتفاع نسبی، ضخامت لایه‌ها، امتداد محور طولی گنبدها) اندازه‌گیری شد و نوع ساختار گنبدها و چین میزبان و برخی نقاط شاخص برای تطبیق دقیق‌تر گنبدها با تصویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی و تعیین محدوده گنبدها بر روی آن‌ها با استفاده از GPS، قطب‌نما، متر، دوربین عکاسی، مشخص شدند.

بعد از تطبیق گنبدها با نقشه‌های زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰)، نقشه‌های توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰) عکس‌های هوایی (۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۳۴ و ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۴۳) و تصویر ماهواره‌ای اسپات (۲۰۰۹) و شناسایی کامل آن‌ها، سایر داده‌های اولیه مثل طول گسل، طول محور چین‌ها و گنبدهای نمکی، ارتفاع نسبی، مساحت، محیط و فاصله گنبدها از گسل تبریز و نزدیک‌ترین گسل استخراج شدند. ضریب کشیدگی، ضریب برافراشتگی، ارتفاع نسبی گنبدهای نمکی و تراکم گسل‌ها به‌ترتیب با استفاده از روابط ($ER=L_{max}/L_{min}$، $CF=\Delta H/A$، $\Delta H=H_{max}-H_{min}$، $Df=Lf/Af$) محاسبه شده‌اند که طول محورها، A مساحت گنبدها به کیلومترمربع، ΔH ارتفاع نسبی به متر، H_{ma} حداکثر ارتفاع، H_{mi} حداقل ارتفاع، Lf مجموع طول گسل‌ها و Af مساحت اطراف گنبدها در شعاع ۵ کیلومتری می‌باشد. نقشه توزیع گنبدها و گسل‌ها با استفاده از داده‌های کارهای میدانی و نقشه‌های پایه و به کمک نرم‌افزار GIS تهیه شده است.

برای بررسی و تحلیل داده‌ها، گنبدها بر اساس ساختار به دو گروه گنبدهای با ساختار تک شیب و گنبدهای با ساختار طاقدیسی تقسیم و داده‌های کمّی هر گروه در جدول مشخصات هر گروه آورده شد. نمودار پراکنش، خطرگرسیون، نوع و مقدار همبستگی بین پارامترهای مورفومتری هر گروه با فاصله گسل تبریز، فاصله گسل مجاور و تراکم گسل‌ها در شعاع ۵ کیلومتری با استفاده از نرم‌افزار SPSS مشخص و تحلیل شدند، بعد ویژگی‌های کمی دو گروه با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

یافته‌ها و بحث

داده‌های مربوط به ویژگی های کمّی و ساختاری گنبدهای نمکی و گسل‌های منطقه، پس از پردازش و انجام محاسبات لازم در جدول (۱) آورده شده است. برای تحلیل داده‌ها و مشخص شدن نقش گسل‌ها در تشکیل انواع گنبدها و ویژگی‌های کمّی آن‌ها، لازم است گنبدهای نمکی طبقه‌بندی شوند. محقیق معیارهای مختلفی برای طبقه‌بندی گنبدها به‌کار برده‌اند. بیش‌تر معیارهای طبقه‌بندی گنبدها بر اساس شکل و ساختار گنبدهای نمکی است، شکل (۲). جکسون و تالبوت (۱۹۹۴: ۱۷۳) ساختارهای نمکی را به چهار گروه تقسیم‌اند:

- ✓ پلاگ یا استوگ‌های نمکی[۷] با مقطع مدور که در واقع طاقدیس‌های مدور هستند.
- ✓ ورم‌های نمکی[۸] کشیده که به شکل برآمدگی‌ها و طاقدیس‌های کشیده هستند.
- ✓ دیوارها یا دایک‌های نمکی[۹].
- ✓ زبانه‌های نمکی یا سیل‌های نمکی[۱۰].

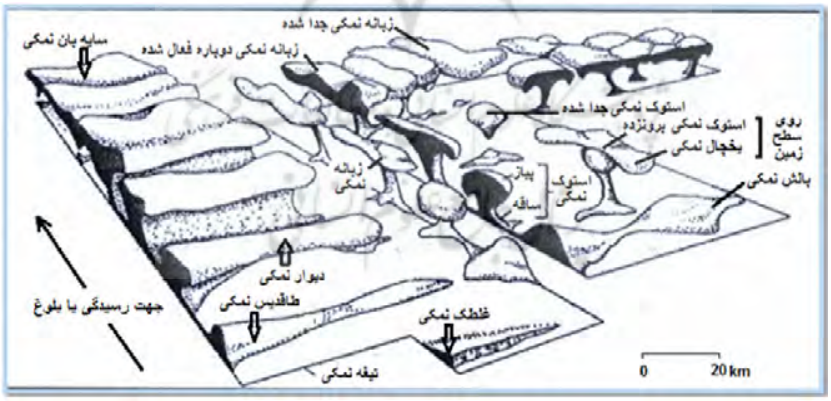
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

5- Pluge
6-Welt
7-wall
8-Tongue

جدول (۱) مشخصات ساختاری و ویژگی‌های کمی گنبدهای نمکی شمال غرب ایران

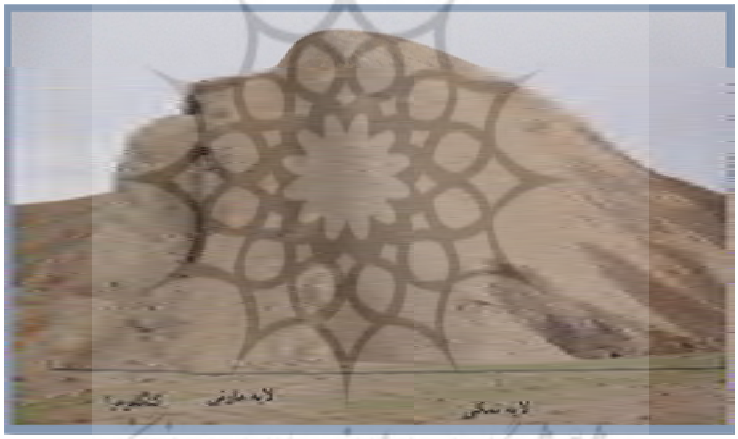
ردیف	نام گنبد	نوع چین گنبد	نوع چین میزبان	مساحت km^2	ضریب کشیدگی	ارتفاع نسبی m	برافراشتگی m/km^2	دایره واری	فاصله از گسل مجاور km	فاصله از گسل تبریز km	تراکم گسل 1/km	محیط km
۱	ایواوغلی۱	طاقدیس	ناودیس	۰.۱۲	۱.۱۶	۳۶	۳۰۰	۱.۵	۰	۱.۲۴	۰.۱۴	۱.۱
۲	ایواوغلی۲	طاقدیس	ناودیس	۰.۲۵	۱.۱۷	۴۴	۱۷۶	۰	۰	۱.۱	۱.۶۶	۱.۶۹
۳	ایواوغلی۳	طاقدیس	ناودیس	۰.۲	۲.۳	۳۵	۱۷۵	۱.۵	۰	۲.۰۸	۰.۱۶	۱.۱
۴	ایواوغلی۴	طاقدیس	ناودیس	۱.۱۷۶	۲.۳	۱۰۰	۸۵	۱.۵	۰	۰.۶۴	۰.۲	۴.۷۸
۵	خاک‌مردان	طاقدیس	ناودیس	۰.۲۱	۲.۶۷	۷۵	۱۷۰۰	۱۲.۳	۴	۱.۵۴	۰.۱۱۴	۱.۲۴
۶	منور	طاقدیس	طاقدیس	۲.۵	۲.۲۵	۲۰۵	۸۲	۱۲	۰.۵	۰.۸۸	۰.۷	۶.۱۹
۷	هریس	طاقدیس	طاقدیس	۶.۳۸	۱.۱	۷۹	۱۲.۳۸	۴۰	۰	۰.۹۳	۰.۱۲۷	۹.۳
۸	قره‌آغاج۱	طاقدیس	ناودیس	۰.۴۶۶	۲.۲	۱۰۰	۲۱۴.۵۹	۴۱	۰	۰.۶۹	۰.۰۵۷	۲.۹۱
۹	قره‌آغاج۲	طاقدیس	طاقدیس	۰.۱۸	۱.۷۵	۶۵	۳۶۱	۴۰	۰	۱.۳	۰.۰۵۷	۱.۳۲
۱۰	شکربلاغی	طاقدیس	طاقدیس	۲.۴۴	۱.۶	۹۰	۳۶.۸۸	۱۲.۵	۱	۰.۸۵	۰.۲۸	۶
۱۱	امیربیک	طاقدیس	طاقدیس	۰.۱۸	۱.۲۲	۳۳	۶۳	۲	۲.۵	۰.۸۸	۰.۲	۶.۸۶
۱۲	مامان‌میانه	طاقدیس	طاقدیس	۳.۹	۲.۵	۱۹۰	۴۸.۷	۱۷.۵	۱	۰.۶۶	۰.۰۷۷	۳.۳۹
۱۳	رجل‌آباد	طاقدیس	ناودیس	۰.۲۴	۱.۰۷	۶۶	۲۷۵	۳۱.۵	۰	۱	۰.۲۸	۱.۵۳
۱۴	دوزدوزان	طاقدیس	طاقدیس	۲.۷۶	۱.۷	۴۸	۱۷.۳۹	۲۹	۳	۰.۸۹	۰.۰۳۲	۶.۲۳
۱۵	چهرآباد	طاقدیس	طاقدیس	۰.۴۷	۱.۰۸	۸۶	۱۸۳	۱۸.۳۶	۰	۱.۳۳	۰.۴۵	۲.۱۱
۱۶	رزماهنشان	طاقدیس	طاقدیس	۰.۲۲	۱.۱۵	۱۵۲	۳۱۶.۶۶	۳۷.۷۴	۰	۱.۲۶	۰.۷۹۵	۱.۴۸
۱۷	ینگجه	طاقدیس	ناودیس	۰.۱۹	۱.۱۴	۴۲	۲۲۱	۳۷.۶	۰	۱	۰.۷۲	۰.۷۵
۱۸	دوز کندی	طاقدیس	طاقدیس	۰.۲۰۴	۱.۱۸	۴۳	۲۱۰.۸	۴۲.۲۵	۰	۱	۰.۳۲	۱.۳۷
۱۹	خواجه	طاقدیس	ناودیس	۱۰.۲	۲	۱۵۵	۱۵.۲	۱۰	۰	۰.۷۹	۰.۴۵	۱۲.۷
۲۰	گنبد سار	طاقدیس	ناودیس	۰.۱۸	۱.۹۷	۸۶	۴۷۸	۱۴	۲	۰.۹۴	۰.۳۱	۱.۵۵
۲۱	ترپ	طاقدیس	ناودیس	۰.۱۷۷	۱.۹۷	۹۰	۵۰۸	۱۴	۱.۵	۰.۹۳	۰.۳۷	۱.۵۵
۲۲	قاپلیق	طاقدیس	طاقدیس	۲.۱	۲.۴	۱۳۳	۶۳.۳۳	۰	۰	۰.۵۶	۰.۱۴۷	۶.۸۶
۲۳	زنجیره	طاقدیس	طاقدیس	۰.۱۹	۱.۸۹	۱۴۵	۱۵۹	۰	۲.۵	۱.۰۷	۰.۱۵۲	۳.۵
۲۴	پیر بالا	طاقدیس	ناودیس	۴	۱.۲۲	۲۸۸	۷۲	۲.۰۵	۲.۵	۰.۸۹	۰.۲۲۹	۴
۲۵	نهند	طاقدیس	طاقدیس	۸.۶۹	۱.۲۸	۳۵۸	۴۱.۲	۱۴.۵	۰	۰.۸۱	۰.۴۸۷	۱۱.۶
۲۶	مزرعه	طاقدیس	طاقدیس	۰.۱۲	۱.۷۴	۲۵	۲۰۸	۱۰	۰	۱.۰۳	۰.۶۶	۱.۲۱
۲۷	لیوارجان	طاقدیس	طاقدیس	۱.۰۷۸	۲.۲	۸۶	۱۹	۵۷.۵۶	۴	۰.۱۹	۰.۰۵	۳.۷

۲۸	آق‌بلاغ ۱	تک‌شیب	ناودیس	۰.۰۰۳	۴	۶	۲۱۶۷	۰	۰	۰.۵	۰.۱۹۱	۰.۲۶۵
۲۹	آق‌بلاغ ۲	تک‌شیب	ناودیس	۰.۰۰۳	۲.۸۲	۱۱	۴۱۵۱	۰	۰	۰.۴۴	۰.۱۹۱	۰.۲۷۶
۳۰	آق‌بلاغ ۳	تک‌شیب	طاقدیس	۰.۰۰۷	۲.۰۷	۱۴	۱۸۷۷	۰	۰	۰.۸۲	۰.۱۹۱	۰.۳۳۹
۳۱	آق‌بلاغ ۴	تک‌شیب	طاقدیس	۰.۰۰۶	۲.۵	۲۱	۳۵۰۰	۰	۰	۰.۶۹	۰.۱۹۱	۰.۳۳
۳۲	آق‌بلاغ ۵	تک‌شیب	طاقدیس	۰.۰۰۹	۱.۴	۱۶	۱۷۷۸	۰	۰	۰.۷۳	۰.۱۹۱	۰.۳۹۳
۳۳	آق‌بلاغ ۶	تک‌شیب	طاقدیس	۰.۰۰۵	۱.۸	۱۶	۳۲۰۰	۰	۰	۰.۷۵	۰.۱۹۱	۰.۲۹۳
۳۴	آق‌بلاغ ۷	تک‌شیب	طاقدیس	۰.۰۱۱	۲	۱۷	۱۵۴۵	۰	۰	۰.۷۶	۰.۱۹۱	۰.۴۳۲
۳۵	آق‌بلاغ ۸	تک‌شیب	طاقدیس	۰.۰۵	۱.۴۷	۳۰	۶۰۰	۰	۰	۱.۴۷	۰.۱۹۱	۰.۶۴۲
۳۶	شعبانلو	تک‌شیب	ناودیس	۰.۲۱	۱.۶۲	۴۰	۱۹۰	۰	۰	۱.۷۵	۰.۰۶۴	۲.۶۷۷
۳۷	شور دره	تک‌شیب	ناودیس	۰.۲۴	۱.۲۶	۱۸۷	۷۷۹	۱.۵	۰	۰.۶۱	۰.۷۶۴	۲.۲۳
۳۸	چهرگان	تک‌شیب	طاقدیس	۱.۲۸	۲	۱۲۴	۹۶.۸۷	۰.۶	۰	۲.۶۶	۰.۴۵	۲.۴۶
۳۹	قزلجه	تک‌شیب	ناودیس	۰.۰۸۵	۱.۹۳	۸۷	۱۰۲۳.۵	۰.۶	۰	۱.۸	۰.۴۷	۰.۷۷
۴۰	چوبانلو	تک‌شیب	ناودیس	۰.۵۹	۲.۰۲	۹۳	۱۵۷.۶۳	۰	۰	۰.۵۳	۰.۵۳	۳.۷۳
۴۱	قلیج تپه	تک‌شیب	طاقدیس	۰.۱۴	۳.۵	۱۳۱	۹۳۵	۳	۲.۵	۱.۰۶	۰.۱۸	۱.۲۹
۴۲	تازه‌کند	تک‌شیب	طاقدیس	۵.۱۴	۱.۲۴	۳۲۶	۶۳.۴	۶.۵	۰	۰.۹۳	۰.۳۸۷	۸.۳۴
۴۳	شیرینجه	تک‌شیب	ناودیس	۰.۵۶	۱.۳۴	۱۳۷	۲۴۷	۶.۵	۰	۱.۲۲	۰.۴۱	۲.۴
۴۴	سفیدان	تک‌شیب	ناودیس	۰.۶۸	۲.۴۲	۹۴	۱۳۸	۹	۰	۰.۵	۰.۴۸	۴.۱۴
۴۵	ایوند	تک‌شیب	ناودیس	۰.۱۳۳	۴.۶۷	۱۰۳	۷۷۴	۱۲.۵	۰	۱.۱۶	۰.۴۷	۱.۲
۴۶	محبوب‌آباد	تک‌شیب	ناودیس	۰.۰۳۲	۲.۷۵	۹۰	۲۸۱۲	۲.۶	۰	۰.۶۴	۰.۲۲۹	۱.۲۸
۴۷	کشکسرای	تک‌شیب	ناودیس	۰.۳۹	۵.۱۳	۹۲	۲۳۶	۴.۲۵	۲.۵	۰.۲۶	۰.۲۰۴	۴.۳۳
۴۸	زنوز	تک‌شیب	ناودیس	۰.۰۳۵	۹.۱	۱۴۵	۴۱۴۳	۲۷.۵	۰	۰.۱	۰.۷۶۴	۲.۱۱۱

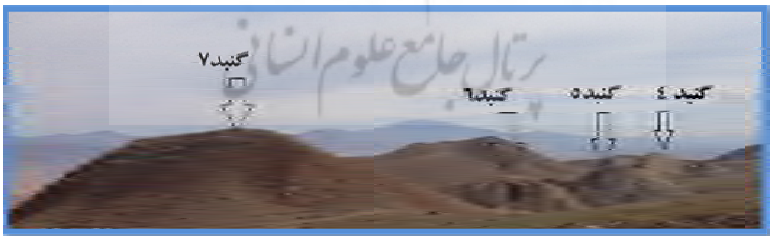


شکل (۲) انواع ساختارهای نمکی (اسدیان و همکاران، ۱۳۸۶: ۸۰) با کمی تغییر

بررسی‌های میدانی و تطبیق نقشه توزیع گنبدها با نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه نشان می‌دهد که برخی گنبدها روی گسل، برخی گنبدها در بین دو گسل نزدیک به هم و برخی دیگر دور از گسل‌ها قرار دارند. به‌خاطر کاهش فشار در امتداد صفحه گسلی، نمک در حرکت به طرف صفحه گسلی فقط کمر بالای گسل را کج می‌کند، (وندویل و جکسون، ۱۳۶۹: ۵۲۰) و یا بدون تغییر لایه‌های رویی، به‌صورت دایک و دیوار در سطح گسلی تزریق می‌شود. بنابراین گنبدهای روی گسل‌ها به دو شکل دایک‌های عمودی، شکل (۳) و یا به شکل سیل‌های مایل دیده می‌شوند. گنبدهای دایکی مثل گنبدهای روی گسل آق بلاغ کوچک بوده و به شکل دانه‌های تسبح در امتداد گسل دیده می‌شوند، شکل (۴).

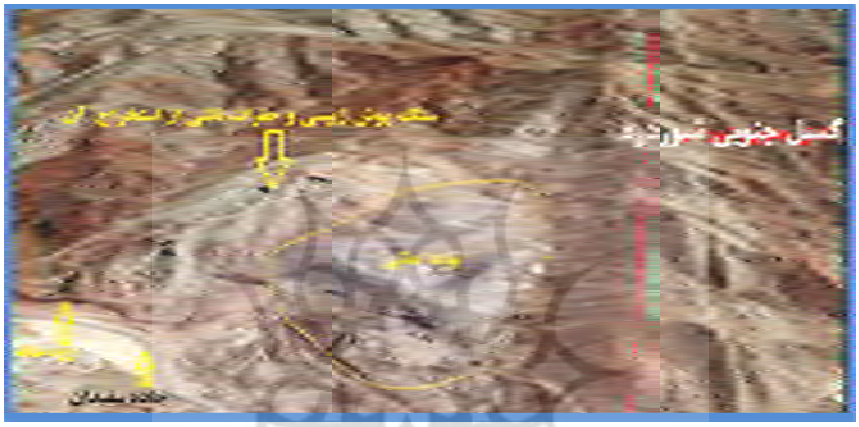


شکل (۳) تصویری از تزریق نمک به شکل سیل در گنبد شماره ٤ آق‌بلاغ



شکل (٤) گنبدهای روی گسل آق‌بلاغ

گنبدهای مایل به شکل منفرد بوده و دارای نگاه رو به گسل دارند و اغلب دارای یک لایه ژیپسی به حالت سنگپوش هستند، شکل(۵). این گنبدها هم کوچک هستند. اما زمانی که نمک بین دو گسل بالا می‌آید، کل قطعه زمین بین دو گسلرا بالا می‌زند و معمولاً به شکل یک گنبد با مساحت زیاد است، شکل(۶).



شکل(۵) تصویر ماهواره‌ای گنبد نمکی تک‌شیب شیرینجه تبریز ولایه ژیپسی آن

شکل (٦) تصویر ماهواره‌ای گنبد نهند که کل قطعه بین دو گسل را بالا زده است

گنبدهای شمال غرب ایران را می‌توان براساس معیارهای مختلف مثل نوع چین گنبدها، نوع چین میزبان گنبدها و... طبقه‌بندی کرد، در این تحقیق گنبدها با توجه به‌ویژگی‌های ساختمانی ساختارهای نمکی به دو گروه با ساختار تک‌شیب و طاقدیسی طبقه‌بندی شده و ویژگی‌های کمّی آن‌ها با هم مقایسه و علل این ویژگی‌ها مورد تحلیل قرار گرفته است.

الف) ساختارهای نمکی که دارای ساختمان تک‌شیب هستند (دایک‌ها و سیل‌ها).

از کل ۴۸ گنبد نمکی شناسایی شده درشمال غربی ایران، ۲۱ گنبد یعنی ۴۳/۷۵٪ آن‌ها دارای ساختمان تک شیب هستند.

ب) ساختارهای نمکی که دارای ساختمان طاقدیسی یا گنبدی هستند

از ۴۸ گنبد شمال غرب ایران، ۲۷ گنبد نمکی یعنی ۵۶/۲۵٪ از آن‌ها دارای ساختمان طاقدیسی شکل هستند.

مقایسه ویژگی‌های مورفومتری گنبدهای طاقدیسی با گنبدهای تک‌شیب از نظر مساحت

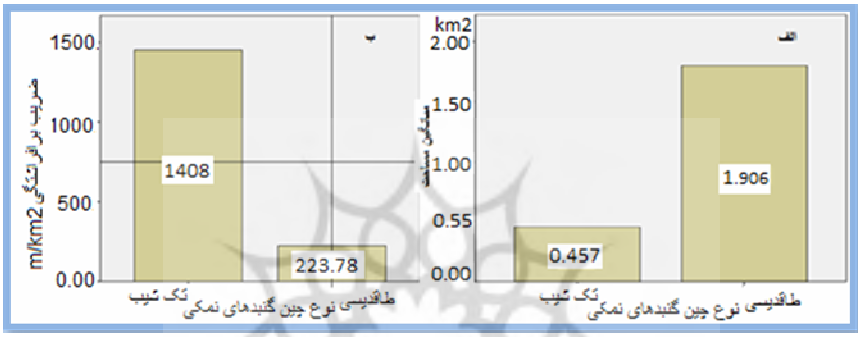
گنبدهای نمکی طاقدیسی شکل نسبت به گنبدهای نمکی تک شیب از نظر مساحت بزرگتر هستند، به‌طوری که میانگین مساحت گنبدهای نمکی طاقدیسی ۳/۹۴ برابر میانگین مساحت گنبدهای نمکی تک‌شیب است، شکل (الف-۷).

این امر می‌تواند به‌خاطر امکان سهولت حرکت نمک در امتداد شکستگی و عدم بالا زدگی رسوبات بالایی در وسعت زیاد باشد.

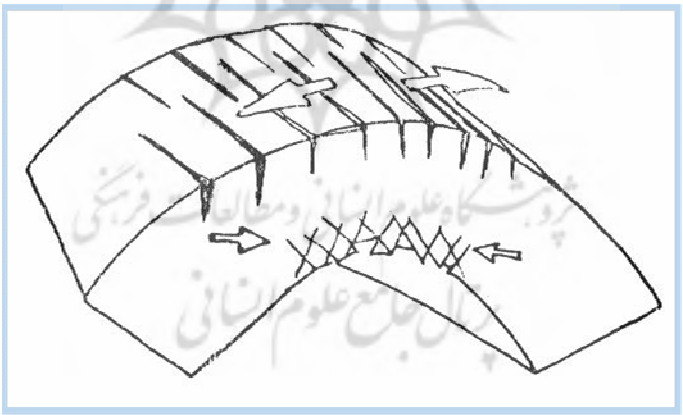
از نظر برافراشتگی

برافراشتگی گنبدهای تک‌شیب ۶/۵ برابر برافراشتگی گنبدهای نمکی طاقدیسی است، شکل (ب-۷). از طرفی مساحت گنبدهای تک‌شیب کم‌تر است، از سوی دیگر سنگ‌های رسوبی بالای محور گنبدهای طاقدیسی در اثر نیروهای کششی دچار درز و شکاف شده و در مقابل عوامل فرسایشی به‌راحتی دچار فرسایش شده و از بین می‌روند، شکل (۸). در سنگ پوش گنبدهای تک‌شیب که اغلب همراه با یک لایه ضخیم ژیپسی است این درزها وجود

ندارد و به علت یک پارچگی در مقابل عوامل فرسایشی مقاوم تر بوده و از نمک زیرین خود نیز محافظت می کنند، با این که ژیپس و نمک درجه سختی نزدیکی دارند و مقاومت آن‌ها در برابر عوامل فرسایش فیزیکی مشابه است، اما انحلال نمک در آب ۱۴۴برابر از ژیپس بیش‌تر بوده و سریع‌تر دچار انحلال می‌شود (قبادی، ۱۳۸۸: ۸).

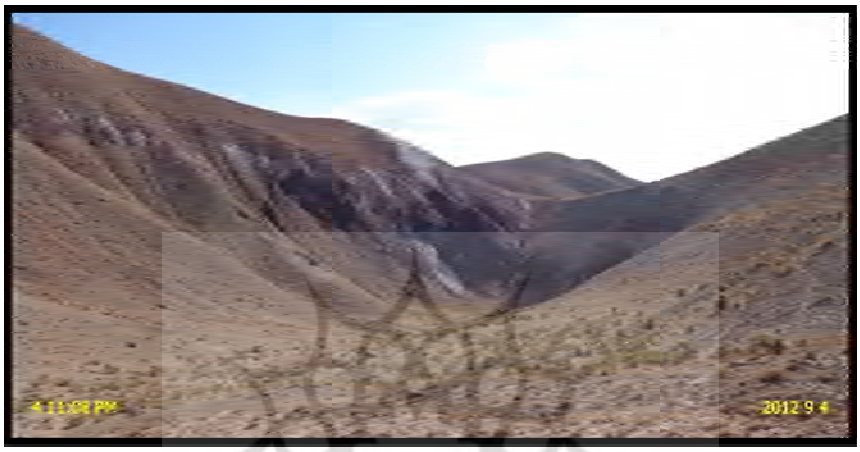


شکل (۷) مقایسه مساحت (الف) و برافراشتگی (ب) گنبدهای تک‌شیب و طاقدیس



شکل (۸) درزهای کششی رأس تاقدیس در امتداد محورچین (معماریان، ۱۳۸۳: ۱۷۹)

انحلال نمک باعث فرسایش بخش میانی گنبد در امتداد محور بزرگ گنبد شده و از ارتفاع گنبد کاسته می‌شود و در مواردی گنبد تبدیل به یک گودال و بوتونییر می‌شود، شکل (۹).



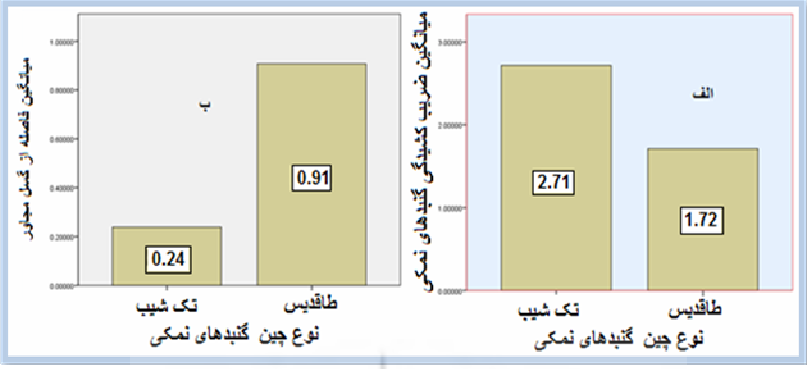
شکل (۹) تصویری از بوتونیر گنبد نمکی ترپ

از نظر ضریب کشیدگی

مطابق شکل (الف-۱۰) ضریب کشیدگی گنبدهای تک‌شیب بیش‌تر از گنبدهای طاقدیسی و حدود ۱/۶ برابر است، دلیل آن نزدیکی زیاد این نوع گنبدها و تأثیرپذیری آن‌ها از گسل‌ها می‌باشد که موجب شده نمک به‌راحتی در امتداد گسل تزریق شود.

از نظر میانگین فاصله گنبدها با نزدیک ترین گسل (مجاور)

میانگین فاصله گنبدهای تک شیب از گسل های محلی نسبت به گنبدهای طاقدیسی کم‌تر است، شکل (ب-۱۰). اکثر گنبدهای نمکی تک شیب بر روی گسل‌ها قرار دارند و تنها چند مورد از گنبدهای تک‌شیب بر روی گسل نیستند که آن‌ها هم فاصله بسیار نزدیکی با گسل‌ها دارند.



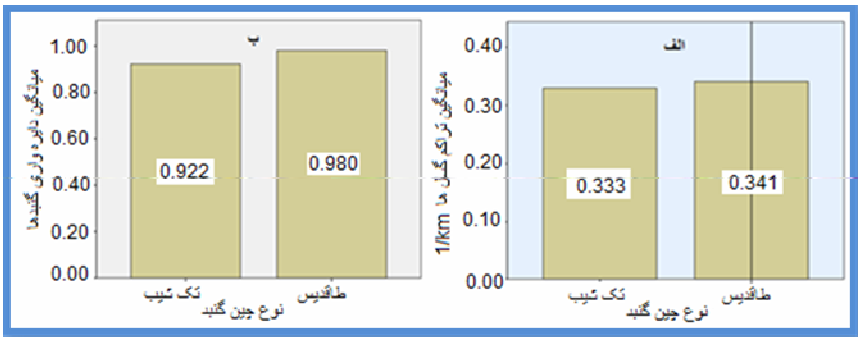
شکل (۱۰) مقایسه میانگین کشیدگی (الف) و میانگین فاصله نسل مجاور در گنبدهای دو گروه

از نظر تراکم گسل‌ها

میانگین تراکم گسل‌ها در شعاع ۵ کیلومتری گنبدهای تک شیب کمی کم‌تر از میانگین تراکم گسل‌های اطراف گنبدهای طاقدیسی است، شکل (الف–۱۱). با دور شدن از گسل‌های اصلی، گسل‌های فرعی در جهات مختلف قرار می‌گیرد و موجب قطعه قطعه شدن پوسته می‌شوند، موقع بالا آمدن، نمک کل یک قطعه را بالا می‌زند و موجب تشکیل گنبد طاقدسی با مساحت و دایره‌واری زیاد اما کشیدگی کم می‌شود.

از نظر دایره‌واری

گنبدهای نمکی طاقدیسی نسبت به گنبدهای تک شیب از دایره‌واری بیش‌تری برخوردار هستند و به شکل استوگ هستند، شکل (ب–۱۱). با توجه به نمودارهای دیگر میانگین فاصله گنبدهای طاقدیسی از گسل تبریز و گسل‌های مجاور بیش‌تر از گنبدهای تک شیب می‌باشد، از این‌رو مطابق اصول و مبانی نظری به‌خاطر تزریق نمک در امتداد گسل‌ها گنبدهای تک شیب دارای کشیدگی زیاد می‌باشند اما در گنبدهای دور از گسل‌ها مقاومت روباره‌ها در برابر حرکت صعودی نمک موجب توزیع نمک در سطح وسیع و جهات مختلف می‌شود، در نتیجه مساحت و دایره‌واری گنبدها بیش‌تر می‌شود.



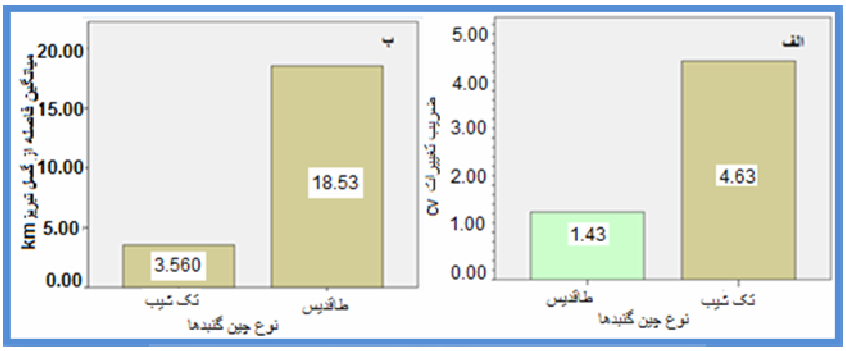
شکل(۱۱) مقایسه میانگین تراکم گسل ها(الف) و دایره واری(ب) گنبدهای دو گروه

مقایسه ضریب تغییرات مساحت گنبدهای تک‌شیب و طاقدیسی

همان‌طور که در شکل (الف-۱۲) مشاهده می‌شود ضریب تغییرات مساحت گنبدهای تک‌شیب ۳/۲۴ بار از ضریب تغییرات گنبدهای طاقدیسی بیش‌تر است، یعنی گنبدهای نمکی تک‌شیب دارای توزیع ناهمگنی از نظر مساحت می‌باشند، در مقابل گنبدهای نمکی طاقدیسی از نظر مساحت توزیع همگن تریدارند.

از نظر میانگین فاصله ازگسل تبریز

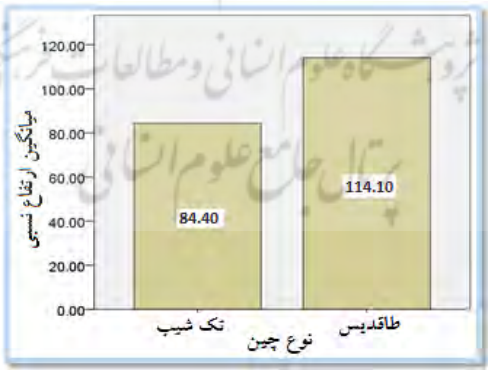
مطابق شکل (ب-۱۲) میانگین فاصله گنبدهای نمکی تک‌شیب از گسل تبریز که بزرگ‌ترین و مهم‌ترین گسل شمال‌غربی ایران است، ۵/۲۲ برابر از میانگین فاصله گنبدهای طاقدیسی کم‌تر است. در نتیجه ویژگی‌های مورفومتری به‌ویژه ضریب کشیدگی و برافراشتگی آن‌ها نسبت به گنبدهای طاقدیسی بیش‌تر و در مقابل مساحت آن‌ها کم‌تر است.



شکل (۱۲) نمودار مقایسه میانگین فاصله ازگسل تبریز(الف) و ضریب تغییرات مساحت (ب)

مقایسه میانگین ارتفاع نسبی

مطابق شکل (۱۳) ارتفاع نسبی گنبدهای طاقدیسی ۱/۳۵ برابر ارتفاع گنبدهای تک شیب است، دلیل این امر سهولت حرکت صعودی نمک در امتداد شکستگی در گنبدهای تک‌شیب است که بیش‌تر روی گسل‌ها قرار دارند (تالبوت، ۱۹۹۰: ۵۰۸). نمک هنگام حرکت صعودی نیازی به بالا زدن روباره‌ها در وسعت و ارتفاع زیاد ندارد. با این که میانگین ارتفاع گنبدهای طاقدیسی بیش‌تر از گنبدهای تک شیب است، اما به‌خاطر مساحت کم گنبدهای تک‌شیب، ضریب برافراشتگی گنبدهای تک شیب بیش‌تر از گنبدهای طاقدیسی می‌باشد.



شکل (۱۳) نمودار مقایسه میانگین ارتفاع نسبی گنبدهای طاقدیسی و تک شیب

برخی دیگر از پارامترهای آماری گنبدهای تک‌شیب، طاقدیسی و کل گنبدها برای مقایسه در جدول (۲) آورده شده است.

جدول (۲) مقایسه پارامترهای کمی گنبدهای نمکی تک شیب و طاقدیسی شکل با کل گنبدهای نمکی

پارامترهای مورفومتری / شاخص‌های آماری	مساحت km^2	ضریب کشیدگی	ΔH m	برافراشتگی m/km	فاصله از گسل km تبریز	فاصله از گسل مجاور km	دایره واری	تراکم گسل‌ها 1/km	محیط km
مینیمم کل گنبدها	۰/۰۰۳	۱/۰۷	۶	۱۲/۳۸	۰	۰	۰/۱	۰/۰۳۲	۰/۲۶۵
ماگزیمم کل گنبدها	۱۰/۲	۹/۱	۳۵۸	۴۱۵۱	۵۷/۵۶	۴	۲/۶۶	۱/۶۶	۱۲/۷
میانگین کل گنبدها	۱/۲۳۵	۲/۰۹	۹۶/۶۶	۷۷/۶۲۸	۱۲/۱۴	۰/۵۷۴	۰/۹۷	۰/۳۳۹۳۶	۳/۰۱۳
انحراف معیار کل گنبدها	۲/۲۵	۱/۳۵	۷۸/۳۲	۱۱۱۷/۳۶	۱۵/۱۵	۱/۱۵	۰/۴۷	۰/۲۹	۲/۹۶
دامنه تغییرات کل گنبدها	۱۰/۲	۸/۰۳	۳۵۲	۴۱۳۸/۶	۵۷/۵۶	۴	۲/۵۶	۱/۶۳	۱۲/۴۳
ضریب تغییرات کل	۱/۸۲	۰/۶۵	۰/۸۱	۱/۴۵	۱/۲۵	۲/۰۰	۰/۴۸	۰/۸۵۵	۰/۹۸۲
مینیمم تک‌شیب‌ها	۰/۰۰۳	۱/۲۴	۶	۶۳/۶	۰	۰	۰/۱	۰/۰۶۴	۰/۲۶۵
ماگزیمم تک شیب‌ها	۵/۱۴	۹/۱	۳۲۶	۴۱۵۱	۲۷/۵	۲/۵	۲/۶۶	۰/۷۶۴	۸/۳۴
میانگین تک شیب‌ها	۰/۴۸۵	۲/۶	۸۴/۴	۱۵۰۸/۸۷	۳/۵۱۵	۰/۱۲۵	۰/۹۶	۰/۳۳۶۳	۱/۷۸
دامنه تغییرات تک‌شیب‌ها	۵/۱۲۳۷	۷/۸۶	۳۲۰	۴۰۸۷/۶	۲۷/۵	۲/۵	۲۲	۰/۷	۸/۰۷۵
انحراف معیار تک‌شیب‌ها	۲/۲۴۸	۱/۸	۷۷/۱	۱۳۸۲	½	۲/۱۷	۵/۹۲	۰/۲	۰/۶
ضریب تغییرات تک‌شیب‌ها	۴/۶۳	۰/۶۹	۰/۹۱	۹/۱۶	۰/۵۹	۱۷/۴	۶/۱۷	۰/۵۹	۰/۳۴
مینیمم طاقدیس‌ها	۰/۱۲	۱/۰۷	۲۵	۱۲/۳۸	۰	۰	۰/۱۹	۰/۰۳۲	۰/۷۵
ماگزیمم‌طاقدیس‌ها	۱۰/۲	۲/۶۷	۳۵۸	۱۷۰۰	۵۷/۵۶	۴	۲/۰۸	۱/۶۶	۱۲/۷
میانگین طاقدیس‌ها	۱/۸۹۹	۱/۶۶	۱۱۴/۱	۱۷۵/۵۸۸	۲۱/۵۸	۱	۰/۹	۰/۳۰۶۱۵	۴/۰۳۱
انحراف معیار طاقدیس‌ها	۲/۷۱	۰/۱۵	۷۹/۵	۳۲۵/۶	۱۶/۷	۱/۳۳	۰/۳۵	۰/۳۴	۳/۳۱
دامنه تغییرات طاقدیس‌ها	۱۰/۱	۱/۶	۳۳۳	۱۶۸۷/۶	۵۷/۶	۴/۰	۱/۸۹	۱/۶۳	۱۱/۹۵
ضریب تغییرات طاقدیس‌ها	۱/۴۳	۰/۰۹	۰/۷	۱/۸۵	۰/۷۷	۱/۳۳	۰/۳۹	۱/۰۹	۰/۸۲

نتیجه‌گیری

چنان‌که ملاحظه شد در کل، گنبدهای نمکی تک‌شیب به‌دلیل قرار گرفتن روی گسل، نسبت به گنبدهای طاقدیسی بیش‌تر تحت تأثیر گسل‌ها قرار دارند و در امتداد گسل‌ها کشیدگی پیدا کرده‌اند، به این خاطر از دایره‌واری کم و کشیدگی زیاد برخوردارند. هم چنین به‌علت سهولت حرکت صعودی نمک در امتداد شکستگی‌ها و گسل‌ها، دارای مساحت کمی هستند و این عامل موجب زیاد بودن برافراشتگی این نوع گنبدها است، از ویژگی‌های دیگر این نوع گنبدها وجود یک لایه ضخیم ژیپسی در یال مخالف نگاه گسلی است که اغلب به عنوان معدن گچ از آن بهره‌برداری شده و یا می‌شود. این لایه ژیپسی از لایه‌های سست‌تر زیرین در مقابل عوامل فرسایشی حفاظت می‌کند، در نتیجه ضریب برافراشتگی گنبدهای تک شیب زیاد می‌شود. در حالی که گنبدهای نمکی طاقدیسی شکل، تحت تأثیر نیروهای کششی در راس گنبدها درزهای کششی موازی محور طولی گنبدها به‌وجود می‌آید که موجب تسریع در عملکرد فرسایشی عوامل هوازدگی و فرسایش شده و معمولاً بخش بالایی گنبدها در امتداد محور بزرگ دچار فرسایش شده و از ارتفاع گنبدها کاسته می‌شود، گاهی شدت فرسایش به حدی است، مثل گنبدهای سار، ترپ که گنبد را به شکل یک بوتونیر در می‌آورد. گنبدهای طاقدیسی به خاطر قرار گرفتن در بین دو گسل و یا دور از گسل‌ها هنگام بالا آمدن مجبور به بلند کردن پوسته زمین در وسعت زیاد می شوند. بنابراین مساحت زیاد از یک طرف و کاهش ارتفاع از طرف دیگر، عامل کم بودن برافراشتگی گنبدهای طاقدیسی شکل هستند. دوری این گنبدها از گسل‌ها موجب زیاد بودن دایره‌واری آن‌ها نسبت به گنبدهای تک‌شیب شده است.

پرتال جامع علوم انسانی

منابع

ـ ادیب‌پور، محبوبه؛ ثروتی، محمدرضا؛ حمدی، بهاءالدین و یزدجردی کورس (۱۳۸۹)، «بررسی مورفولوژی گنبد نمکی جهانی در جنوب فیروزآباد،» ***فصل‌نامه جغرافیای طبیعی سال سوم***، شماره ۷، بهار۱۳۸۹، صص۳۲- ۱۵

ـ اسدیان، فریده؛ پورکرمانی، محسن و آرین، مهران (۱۳۸۶)، «ژئومورفولوژی ساختمانی ساختارهای نمکی در گستره گرمسار، لاسجرد، ***پژوهش‌های‌جغرافیایی***، شماره۶۰ ، تابستان ۱۳۸۶، صص ۸۴-۷۵.

ـ پورکرمانی، محسن و ادیب، احمد (۱۳۷۹)، «***زمین شناسی ساختمانی***»، انتشارات دانشگاه پیام نور، ص۲۷۸.

ـ جلیل‌پور، محمد (۱۳۹۰)، «بررسی ساختاری گنبد نمکی خواجه در شمال شرق تبریز با هدف بررسی امکان ذخیره‌سازی گاز»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز، ص۱۷۲.

ـ درویش‌زاده (۱۳۶۹)، «ویژگی‌های زمین‌شناسی نمک‌های اینفراکامبرین خلیج فارس»، مجموعه مقالات سمپوزیوم دیاپیریسم، جلد اول، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، صص ۱۰۸-۸۱ .

ـرجبی، معصومه و شیری طرزم، علی(۱۳۸۸)، «تکتونیک نمکی و آثار ژئومورفولوژیکی آن در آذربایجان، مطالعه موردی: گنبدهای نمکی شمال غرب تبریز»، ***فصلنامه جغرافیا و توسعه***، سال هفتم، شماره پیاپی ۱۶، صص ۷۸-۴۷.

ـ زمردیان، محمدجعفر (۱۳۸۳)، «***ژئومورفولوژی ایران***»، جلد اول، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد،ص۲۷۶.

ـ ساکت، علی (۱۳۸۴)، «***گنبدهای نمکی ایران***»، سایت پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ص۷۸.

ـ شیری طرزم، علی (۱۳۸۵)، «پژوهشی در ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی حوضه سنخ‌چای»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز، ص۲۱۵.

ـ غضبان (۱۳۶۹)، «گنبدهای نمکی و کانی‌سازی سرب، روی همراه آن‌ها»، مجموعه مقالات سمپوزیوم دیاپیریسم، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، صص ۱۸۹-۱۸۳.

ـ قبادی، محمد حسین (۱۳۸۸)، «***زمین‌شناسی مهندسی کارست***»، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان، ص۳۰۴

ـ مدنی، حسن (۱۳۶۹)، «***زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک***»، چاپ دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی ص ۶۵۹.

ـ معماریان، حسین (۱۳۸۳)، «***زمین‌شناسی برای مهندسان***»، چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۷۳۵.

ـ مومن‌زاده، مرتضی و حیدری، اسمعیل (۱۳۸۹)، «منشأ و نحوه تشکیل سازند هرمز، یک تحلیل ژنتیک»، مجموعه مقالات سمپوزیوم دیاپیریسم، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، صص ۱۰۷-۱۳۷.

-Billings, M.P. (2003), "***Structural Geology***", Third Edition, Prentice Hall, New Jersey, p: 606.

-Davoudzadeh (1990), "Some aspects of the salt Diapyrism in the southern Iran, Proceeding of Symposium on Diapyrism With special reference to Iran, Vole: 2, ***Geol. Survey***, pp: 97-109.

-Jackson, M.P.A & Talbot, C.J. (1960), "Advances in salt Tectonics, In Continental Deformation", (Ed by P.L. Hancock), Pergamum Press ltd. Oxford, pp: 173-176

-Jenyon, M.K. (1986), "***Salt Tectonics***", Elsevier, p: 191.

-Lerche.I & O'Brien J.J. (1987), "***Dynamical Geology of Salt and Related Strictures***", Academic Press, Inc., Orlando p: 832

- Kent, P.E. (1987), "***Dynamical Geology of Salt and Related Strictures***, Ed by Lerche.I and O'Brien J.J, p: 3-37.

-Talbot, C.J. (1390), "Allochthonous Salt Spreading, Proceeding of Symposium on Diapyrism with special reference to Iran, Vol: 2, ***Geol. Survey***, pp: 507-510.

- Vendeville, B.C & Jackson, M, P,A. (1990), "Domes of Salt Diapyrism through Brittle Overburden", Proceeding of Symposium on Diapyrism With special reference to Iran, Vole: 2, ***Geol.Survey***, pp: 519-523.