

جغرافیا و توسعه - شماره ۱۶ - زمستان ۱۳۸۸

وصول مقاله : ۱۳۸۶/۱۰/۲۰

تأیید نهایی : ۱۳۸۷/۱۱/۱۱

صفحات : ۴۷ - ۷۰

تکتونیک نمکی و آثار ژئومورفولوژیکی آن در آذربایجان

مطالعه‌ی موردی: گنبد‌های نمکی شمال غرب تبریز

علی شیری طرزم
کارشناس ارشد جغرافیا طبیعی

دکتر معصومه رجبی^۱
دانشیار جغرافیا طبیعی دانشگاه تبریز

چکیده

یکی از پدیده‌های جالب ژئومورفولوژی در چشم‌انداز بعضی از مناطق گنبد‌های نمکی است. این پدیده در بخش‌های مختلف ایران از جمله در زاگرس جنوبی، قم، سمنان و آذربایجان وجود دارد. گنبد‌های نمکی آذربایجان حاصل بالا آمدن مواد تبخیری نئوژن تحت عنوان سازندهای قم خصوصاً سازند قرمزفوقانی (میوسن) است. این گنبد‌ها از لحاظ عمق، کم‌عمق و از لحاظ وسعت متوسط تا کوچک هستند. در تشکیل گنبد‌های نمکی آذربایجان علاوه بر اختلاف چگالی سنگ نمک با سنگ‌های درونگیر، عواملی مثل تکتونیک، ولکانیسم و آب‌های تحت فشار مؤثر بوده و صعود نمک را تسهیل کرده‌اند. گنبد‌های نمکی آذربایجان را می‌توان از نظر توزیع جغرافیایی به چهار منطقه (میانه، نوار شمال تبریز، میشوغربی و خاروانا) تقسیم کرد که در بین آنها نوار شمالی تبریز از نظر وسعت، تعداد و اندازه‌ی گنبد‌ها و همچنین آثار ژئومورفولوژیکی و زیست‌محیطی اهمیت بیشتری دارد.

در بررسی حاضر سعی شده به تشریح ویژگی‌ها و آثار ژئومورفولوژیکی بخشی از این گنبد‌ها پرداخته شود. این نوار در شمال غرب تبریز و شمال شرق مورو (جنوب حوضه‌ی سنخ‌چای) باریک‌تر شده ولی در عوض تراکم گنبد‌ها بیشتر می‌باشد. تکتونیک‌نمکی در این منطقه پدیده‌ها و آثار مختلف ژئومورفولوژیکی را به وجود آورده که شامل بالا آمدن نمک به شکل گنبد‌های نمکی آشکار، گنبد‌های نمکی مدفون به صورت تپه‌های مدور، بوتونیر، سینک حول، حرکات توده‌ای، شیارها و تیغه‌های انحلالی، گوی‌های گلی و کفه‌های نمکی، پوسته‌ها، بسترها و آبشارهای نمکی می‌باشد.

کلیدواژه‌ها : تکتونیک نمکی، گنبد‌نمکی، آثار مورفولوژی، آذربایجان، شمال غرب تبریز.

مقدمه

از جمله سازندهای زمین‌شناسی که از نظر جغرافیایی گسترش قابل ملاحظه دارند، رسوبات تبخیری شامل هالیت (کلر و سدیم) است. زمانی که رسوب‌های تبخیری تشکیل لایه‌های

ضحیمی را می‌دهند می‌توانند از نظر اثرات و نتایج ژئومورفولوژیکی بسیار حائز اهمیت باشند. پدیده‌های عمده‌ی مورفولوژیک مرتبط با رسوبات تبخیری عبارتند از: تشکیل و توسعه‌ی ساختارهای دیپیری (شامل گنبدهای نمکی)، ایجاد چین و گسل‌ها، بالآمدگی تکتونیکی و تغییرات زهکشی مربوط به آن، خزش نمک به صورت یخچال‌های نمکی، انحلال، نشست زمین (سوبسیدانس)، تشکیل کارست نمکی و غیره. ضمناً عنصر نمک به عنوان عامل هوازدگی نیز دارای اهمیت است (گودی، ۲۰۰۴: ۱۹۲).

از مجموع پدیده‌های ژئومورفولوژیک در ارتباط با رسوب‌های تبخیری، گنبدهای نمکی گسترش بیشتری دارند. گنبدنمکی به‌عنوان یک لندفرم جالب ژئومورفولوژیکی، در واقع ساختار زمین‌شناسی زیر سطحی متشکل از نمک (هالیت) و سایر مواد تبخیری می‌باشد که توسط لایه‌های رسوبی احاطه شده است. بنابراین مفهوم عام گنبدنمکی شامل هر دو هسته‌ی نمکی و لایه‌های در برگیرنده‌ی آن است که توسط بخش هسته به صورت گنبدی شکل در آمده است. از نظر پراکنش باید گفت ساختارهای نمکی در تمامی حوضه‌هایی که نهشته‌های ضخیم نمکی توسط لایه‌های رسوبی پوشانده شده باشد، توسعه می‌یابد (دایرةالمعارف آنلاین بریتانیکا). در ایران یکی از مهمترین نقاطی که در آن گنبدهای نمکی به وفور گسترش دارد، مربوط به چین‌های پایکوهی زاگرس جنوبی، واقع در شمال تنگه هرمز، است. این گنبدها حاصل صعود دیپیری افق‌های نمکی کامبرین هرمز از میان رسوبات جوانتر است که بر اثر حرکت نمک به سمت بالا به سطح زمین رسیده است. گنبدهای نمکی علاوه بر هرمز در زاگرس، قم، سمنان و آذربایجان نیز تشکیل شده است و از جمله پدیده‌ها و لندفرم‌های جالب و قابل توجه در مجموعه چشم‌انداز ایران و آذربایجان به شمار می‌رود؛ لازم به توضیح است لندفرم به واحد منفرد و مشخصی گفته می‌شود که جزئی از مجموع یا کل اشکال سطح زمین را تشکیل می‌دهد (دبلیچ، ۱۹۹۸: ۳۸۸). ایران یکی از ایالت‌های مهم گنبدهای نمکی جهان را دربردارد. در واقع در مناطق مختلف این سرزمین، بویژه در نواحی خشک آن، گنبدهای نمکی متعدد و فراوانی حضور دارد. تنها در ناحیه‌ی لارستان و خلیج فارس بیش از ۱۰۰ گنبدنمکی وجود دارد (زمردیان، ۱۳۸۱: ۱۸۹). گنبدهای نمکی در عین حال که به‌عنوان یک پدیده‌ی ژئومورفولوژی و ساختار زمین‌شناسی مطرح است ضمناً مخزن ذخائر نمک سنگی نیز است. این ذخایر در استان‌های مختلف کشور وجود دارند که از مهمترین آنها می‌توان به استان‌های سمنان، قم، کرمان، یزد و آذربایجان اشاره کرد. جمع کل ذخیره‌ی نمک سنگی در ایران برابر ۶۳/۵ میلیون تن می‌باشد.

جدول ۱: میزان ذخایر نمک سنگی در ایران به تن در سال ۱۳۸۰

نام استان	شرفی	آذربایجان	خرنی	آذربایجان	سمنان	چغ	یزد	قزوین-زنجان	تهران-خراسان	فارس-کرمان	جنوب-ایران	کل ذخیره ایران
میزان ذخیره	۲۹۸۰۰۰۰۰	۳۲۰۰۰۰۰	۳۳۴۰۰۰۰۰	۴۱۸۰۰۰۰۰	۳۷۷۰۰۰۰۰	۱۳۷۶۰۰۰۰۰	۲۲۵۰۰۰۰۰	۸۱۰۰۰۰۰۰۰	۲۳۶۰۰۰۰۰۰	۶۳۴۶۰۰۰۰۰		

مأخذ: پایگاه ملی علوم زمین ایران (ngdir)

پیشینه

با توجه به پراکنش گنبد‌های نمکی ایران در بخش‌های مختلف، بررسی‌های متعددی نیز انجام یافته است. در اینجا از ذکر سابقه‌ی مطالعات انجام یافته در مورد مجموعه‌ی ایران خودداری می‌شود و تنها به بررسی پیشینه‌ی کوتاه در مورد گنبد‌های نمکی آذربایجان اکتفا می‌شود. گفتنی است گنبد‌های نمکی این بخش از ایران آن‌چنان مورد مطالعه قرار نگرفته و اغلب کارهای انجام یافته در ارتباط با گنبد‌هایی هستند که دارای نمک قابل استخراج می‌باشند و یا در محل احداث سدها قرار گرفته‌اند. در این رابطه می‌توان به گنبد‌های نمکی زون خواجه اشاره کرد که با ایجاد ۵ گمانه توسط مهندسين مشاور، اطلاعات با ارزشی از چینه‌شناسی آنها به دست آمده است. یکی از منابعی که شامل اطلاعات عمومی از گنبد‌های نمکی آذربایجان است، بانک‌های اطلاعاتی پایگاه علوم زمین ایران است؛ در این منبع صرفاً به بررسی آن عده از گنبد‌های نمکی پرداخته شده است که به عنوان معادن نمک فعال یا متروکه هستند و نوع اطلاعات به شکل ویژگی‌های عمومی است. ساکت (۱۳۸۴) در کتاب گنبد‌های نمکی ایران نیز فقط به معادن نمک اشاره کرده است.

در سایر منابع هم در بحث گنبد‌های نمکی، موقعیت و مکان قرارگیری آنها مشخص شده است. از جمله منابعی که حاوی اطلاعات زمین‌شناسی در مورد گنبد‌های نمکی آذربایجان است، می‌توان پایان‌نامه کارشناسی ارشد عامل (۱۳۷۳) را عنوان نمود که به نقش حرکات صعودی نمک و تأثیر آن در چین‌خوردگی ثانویه‌ی لایه‌های رسوبی پرداخته است.

شفیعی‌مهر (۱۳۸۴) در پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خود، در صفحاتی به مورفولوژی گنبد‌های نمکی منطقه‌ی خواجه پرداخته، ویژگی‌ها و پدیده‌های ژئومورفولوژی گنبد‌های نمکی این محدوده را به طور مختصر مورد بررسی قرار داده است. بنابراین اطلاعات کمی در مورد ویژگی ژئومورفولوژیکی گنبد‌های نمکی آذربایجان موجود است.

مواد و روش‌ها

مراحل و روش بررسی پژوهش حاضر شامل روش‌های مختلف جمع‌آوری اطلاعات است. ابتدا نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی تهیه و سپس توزیع جغرافیایی گنبد‌های نمکی آذربایجان براساس آنها مشخص شد. جهت تعیین موقعیت واسامی مناطق و گنبد‌های نمکی از نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس‌های مختلف استفاده شده است. با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ شامل برگ‌های میانه، تبریز، اهر، ورزقان، مرند، خوی، سلماس و ایواغلی اقدام به شناسایی ویژگی‌های زمین‌شناسی و تکتونیکی گنبد‌های نمکی گردید (جدول ۲). ضمناً عکس‌های هوایی نیز به عنوان یک سند مهم دیگر، تکمیل‌کننده‌ی داده‌های فوق بوده است (شکل ۳). علاوه بر موارد فوق، از تصاویر ماهواره‌ای سایت گوگل ارث نیز جهت نمایش تصویری گنبد‌های نمکی بهره گرفته شده است (شکل‌های ۲ و ۵). با توجه به اینکه جزء مهم مقاله‌ی حاضر، بررسی آثار ژئومورفولوژیکی گنبد‌های نمکی شمال غرب تبریز است، لذا روش به‌کار رفته برای این نوع مطالعه، مشاهده و انجام کارهای میدانی بوده است. در واقع با انجام بازدیدهای مختلف از مناطقی که در سازندهای تبخیری قرار داشتند، از نزدیک پدیده‌های مربوط به تکتونیک نمکی مورد بررسی و مطالعه و اندازه‌گیری قرار گرفته و تصاویر لازم از آنها تهیه شده است (شکل‌های ۴، ۶، ۷ و...).

مکانیزم تشکیل گنبد‌های نمکی

گنبد‌های نمکی به عنوان یکی از لندفرم‌های جالب چشم‌اندازهای خاص زمانی شکل می‌گیرد که لایه‌ی ضخیمی از مواد تبخیری (عمدتاً نمک یا هالیت) در بین لایه‌های سنگی تشکیل شود. نمکی که گنبد‌ها را به وجود می‌آورد در حوضه‌های دریایی محدود نهشته شده‌اند. در این حوضه‌های رسوبگذاری به دلیل واردات کم آب به حوضه، عامل تبخیر موجب ته‌نشینی نمک‌ها از محلول می‌شود و بدین ترتیب رسوبات تبخیری به جا گذاشته می‌شوند. به مرور زمان نمک‌های تشکیل شده توسط رسوب پوشیده شده و مدفون می‌شود.

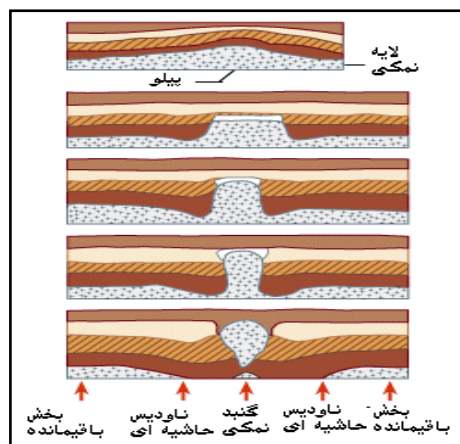
نمک‌های نهشته شده اغلب از بخش‌های عمقی به سمت سطح زمین حرکت نموده و گنبد‌های بزرگ پیازی شکل، دیاپیرها، صفحات، پیلارها و سایر ساختارها را ایجاد می‌کند (دایرةالمعارف آنالین بریتانیکا). بنابراین علت تشکیل گنبد‌های نمکی تزریق نمک در سنگ‌های اطراف است (مدنی، ۱۳۶۹: ۴۸۶) البته در مورد نیرویی که باعث تزریق نمک در سنگ‌های اطراف می‌شود، نظریه‌های مختلف وجود دارد:

* فرآیندهای هالوتکتونیک^۱ (حرکات تکتونیکی): این فرآیند عمدتاً مربوط به نیروهای فشارشی کششی به طبقات حاوی لایه‌ی سنگ نمک است. نیروهای فشارشی حاصل از چین‌خوردگی موجب حرکت و تشکیل چین دیاپیری می‌شوند. در برخی موارد شکستگی‌ها و گسل‌ها عامل حرکت صعودی نمک و تشکیل گنبد نمکی است (ثروتی، ۱۳۸۱: ۹۶).

* اختلاف چگالی: حد الاستیک نمک در دمای 300°C و فشار 100 kgr/cm^2 است که با کاهش فشار به 25 kgr/cm^2 ، نمک می‌تواند در دمای 35°C به حد الاستیک برسد (معماریان، ۱۳۸۳). بنابراین حد الاستیک نمک با فشار رابطه‌ی مستقیم دارد، زمانی که فشار روی نمک در اثر فرسایش، گسله شدن و چین‌خوردگی کاهش یابد، نمک به حالت پلاستیکی در می‌آید و چون چگالی آن ($2/15\text{ gr/cm}^3$) نسبت به چگالی سنگ‌های در برگیرنده ($2/5\text{ gr/cm}^3$) کمتر است، با حرکت صعودی، خود را از طریق نقاط ضعیف مثل درزها، گسل‌ها و طاق‌دیس‌ها بالا می‌کشد و گنبدهای نمکی را تشکیل می‌دهد. به این فرآیند اصطلاح هالوسینتیک^۲ اطلاق می‌شود (ژنیون، ۱۹۸۶: ۱۴۲).

* نقش آب‌های زیرزمینی تحت فشار: آب‌های تحت فشار و به‌شدت نمکی می‌توانند در نفوذ توده‌ی نمکی نقش داشته باشند (ثروتی، ۱۳۸۱: ۹۹ به نقل از کانسر).

ماگماتیسیم: ماگماتیسیم علاوه بر اینکه در تأمین نمک حوضه‌های رسوبی می‌تواند نقش داشته باشد، در صعود نمک هم می‌تواند مؤثر باشد. گرمای حاصل از ماگما باعث افزایش حالت خمیری و روانی نمک می‌شود. علاوه بر این مناطق همبر ساخت‌های آذرین با سنگ‌های درونگیر معبری برای صعود نمک می‌تواند باشند، با توجه به این که در این مناطق کاهش فشار موجب پایین آمدن حد الاستیک نمک می‌شود لذا نمک به حالت خمیری و روان درمی‌آید.



شکل ۱: مراحل توسعه گنبد نمکی کم عمق نفوذی

توزیع جغرافیایی، زمین شناسی و مکانیسم های تشکیل گنبد های نمکی آذربایجان
 در نئوژن (میوسن) شاخه ای از دریای کم عمق ایران مرکزی به صورت یک نوار باریک از میانه تا ماکو به آذربایجان نفوذ کرده و باعث رسوب مواد تبخیری و تخریبی (گچ، نمک، مارن، ماسه...) با نام سازندهای قم و عمدتاً سازند قرمز بالایی^۱ (U.R.F) گردیده که با بالا آمدن نمک این سازندها، گنبد های نمکی منطقه تشکیل شده است. گنبد های نمکی آذربایجان جوان بوده و دارای سن میوسن می باشند. از لحاظ عمق کم عمق هستند و جابه جایی لایه های نمک از محل اصلی خود چندان زیاد نبوده و حداکثر از ۱۰۰ متری سطح زمین بالا آمده اند (ساکت به نقل از توکلی و اسکویی، ۱۳۶۹). چنان که در شمال شرق تبریز در نزدیکی گنبد های نمکی، نهشته های نمک بطور افقی و کاملاً لایه ای شکل دیده می شوند. از نظر وسعت جزو گنبد های متوسط تا کوچک هستند و نسبت به سایر گنبد های نمکی ایران، نمک آنها از درجه ی خلوص بالایی برخوردار می باشد. اکثر گنبد های نمکی منطقه ی آذربایجان در امتداد گسل ها و شکستگی ها بالا آمده اند به این خاطر همراه با آنها گدازه های آتشفشانی هم قابل مشاهده اند که گاهی به صورت سنگ پوش آنها را پوشانده اند.

توزیع جغرافیایی گنبد های نمکی آذربایجان

گنبد های نمکی آذربایجان را به طور کلی می توان به چهار منطقه ی اصلی به شرح زیر طبقه بندی کرد که هر یک از این گروه مناطق، متشکل از چندین ناحیه و بخش متفاوت است (جدول ۲).

- ۱- گنبد های نمکی منطقه میانه ۲- گنبد های نمکی منطقه میشوغربی ۳- گنبد های نمکی منطقه خاروانا ۴- گنبد های نمکی نوار شمال تبریز

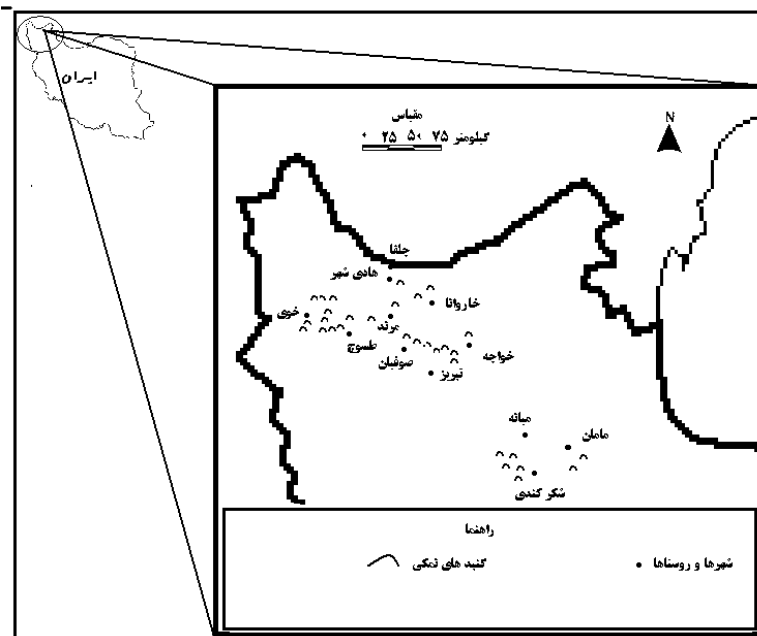
1-Upper Red Formation

جدول ۲: مشخصات عمومی گنبد‌های نمکی آذربایجان

نام منطقه	گنبد‌های نمکی	موقعیت	ویژگی‌ها
۱- گنبد‌های نمکی منطقه میانه گنبد‌های نمکی شرق میانه	شمال روستای مامان جنوب روستای مامان روستای بالش کندی	حداقل رودخانه‌های قزل‌اوزن و گرمی چای ۴ کیلومتری مامان ساحل شرقی قزل‌اوزن	این گنبد‌ها در واحد زیرین سازند قم (M_1^{gl}) با سن میوسن زیرین قرار دارند که شامل تناوبی از گچ و مارن‌های رنگی هستند که در داخل مارن‌ها نمک به شکل عدسی‌هایی با ضخامت‌های مختلف از چند سانتیمتر تا چندین متر دیده می‌شود.
گنبد‌های نمکی جنوب غرب میانه	شکر کندی	حداقل رودخانه‌های قزل‌اوزن و آید و غموش	تشکیلات نمکی با سن میوسن میانی (سازند قرمز بالایی)
۲- منطقه‌ی میشوغربی - گنبد‌های نمکی واقع بر روی گسل تسوج و گسل‌های فرعی آن - گنبد‌های نمکی گسل سرخه- زنجیره - گنبد‌های نمکی واقع بر روی گسل ایواوغلی جنوب خوی	گنبد‌های نمکی قزلجه گنبد‌های نمکی چوبانلو گنبد نمکی خاک مردان	۱ کیلومتری شمال غرب روستای قزلجه ۴ کیلومتری شمال و شمال غرب روستای چوبانلو ۲ کیلومتری جنوب غرب روستای خاکمردان، جنوب شرقی خوی	گنبد‌های نمکی این منطقه مربوط به سازند قرمز فوقانی با سن میوسن میانی است و لایه‌های نمک در مارن‌های واحد (M^{mg}) قرار دارند که شامل تناوبی از گچ و مارن‌های رنگی است و توسط واحد (M^{sm}) که تناوبی از ماسه‌سنگ و مارن است، پوشانده شده است. گنبد‌ها به صورت ردیفی و بیشتر در امتداد گسل تسوج قرار دارد
گنبد نمکی کشک سرای گنبد نمکی قاپلوق گنبد نمکی زنجیره گنبد نمکی قلیچ تپه	۳/۵ کیلومتری جنوب کشکسرای ۴ کیلومتری جنوب قاپلوق ۲/۵ کیلومتری جنوب غرب گنبد قاپلوق و غرب روستای زنجیره ۴ کیلومتری جنوب غربی گنبد قاپلوق	گنبد‌های نمکی این منطقه مربوط به سازند قرمز بالایی است که سنگ‌های دربرگیرنده‌ی گنبد‌های نمکی، مارن‌های قرمز و خاکستری رنگ است.	
گنبد‌های نمکی ایواوغلی	در ۲۵ کیلومتری شمال شرقی خوی و جنوب غربی ایواوغلی به تعداد سه گنبد در امتداد جنوبی جاده خوی- مرند	طبقات دربرگیرنده‌ی نمک‌ها، مارن‌های میوسن (سازند قرمز فوقانی) است.	

<p>این منطقه به دلیل نزدیکی به گسل تبریز و گسل ارس، دارای گسل‌های متعدد و در نتیجه تعداد زیادی گنبد های نمکی است که در امتداد این گسل‌ها بالا آمده‌اند. اندازه‌ی گنبد های نمکی در مقایسه با گنبد های شمال شرق تبریز کوچکتر هستند ولی تراکم آنها بیشتر می‌باشد. سنگ‌های در برگزیده‌ی گنبد های نمکی، مارن‌های قرمز و خاکستری دومین واحد (M^{mg}) سازند قرمز بالایی با سن میوسن میانی است. لایه‌های نمکی به طور عمده رنگ‌های قرمز، صورتی، خاکستری تیره، قهوه‌ای و سفید دارند.</p>	<p>۸ کیلومتری شمال تبریز ۴ کیلومتری جنوب شرقی منور ۳ کیلومتری شمال مزرعه ۱ کیلومتری جنوب ایوند ۵ کیلومتری جنوب غربی سار ۲ کیلومتری ترب در شرق روستای زبرلو دامنه‌های جنوبی کوه‌های میشو ۷ کیلومتری غرب قره‌آغاج ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی مرند</p>	<p>گنبد نمکی شوردره (شیرینچه) گنبد نمکی منور گنبد نمکی مزرعه گنبد نمکی ایوند گنبد نمکی سار گنبد نمکی ترب گنبد نمکی زبرلو گنبد های نمکی دامنه‌های جنوبی مورو گنبد نمکی قره‌آغاج صوفیان گنبد نمکی شوردره مرند</p>	
--	--	---	--

داده‌های جدول بر اساس بررسی‌های زمینی، عکس‌های هوایی، نقشه‌های زمین‌شناسی و منابع دیگر استخراج شده است.



شکل ۲: نقشه‌ی توزیع جغرافیایی گنبد های نمکی آذربایجان

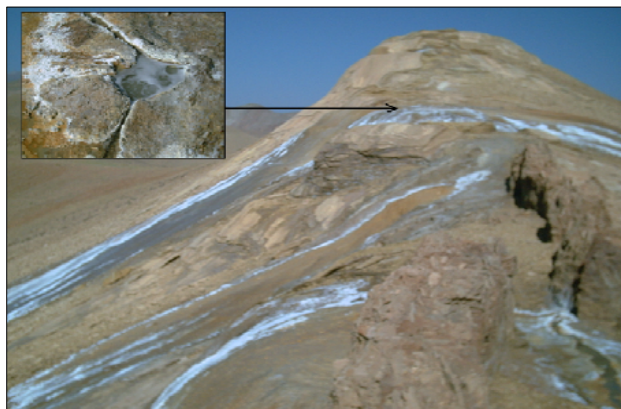
مکانیزم تشکیل گنبد‌های نمکی آذربایجان

در شکل‌گیری گنبد‌های نمکی آذربایجان، حرکات تکتونیکی، نقش آب‌های زیرزمینی و ماگماتیسم مؤثر بوده است. نقش عامل تکتونیک در مورد بیشتر گنبد‌های نمکی آذربایجان صادق است. گنبد‌های روی گسل تسوج، گسل تبریز (شکل ۳)، گسل سرخه-زنجیره، گسل ایواوغلی و گسل‌های فرعی مختلف مثال‌هایی از این موارد است.



شکل ۳: عکس هوایی گسل تبریز و گنبد نمکی روی آن در جنوب روستای امند (جنوب شرقی مورو) A-B مسیر گسل تبریز را نشان می‌دهد.

نقش آب‌های زیرزمینی تحت فشار حداقل در مورد یکی از گنبد‌های نمکی منطقه‌ی صوفیان در ابتدای جاده‌ی صوفیان-مرند (باغ‌وزیری) صادق است. آب از قلعه‌ی یک گنبد بیرون می‌ریزد که پس از تبخیر، نمک و تراورتن برجای می‌ماند که به خاطر انحلال‌پذیری زیاد، نمک توسط آب‌های سطحی از منطقه خارج می‌شود و تراورتن باقی می‌ماند.



شکل ۴: تصویری از خروج نمک به همراه تراورتن توسط آب‌های تحت فشار در شمال غرب صوفیان

در خصوص ماگماتیسم نیز می‌توان گفت بیشتر گنبد‌های نمکی آذربایجان توأم با ماگماتیسم بیرونی هستند. مثل گنبد نمکی نهند و تازه‌کند در کنار گدازه‌های ایلانلی داغ، گنبد‌های نمکی سار و ترپ در کنار گدازه‌های قیزلار داغی، گنبد‌های نمکی داش اسپیران و شیرینچه در کنار ساب ولکانیک بهلول‌داغی (شکل ۵)، گنبد‌های نمکی زنجیره، قاپلق و قلیچ تپه در میان گدازه‌های تراکی آندزیتی قرخلار و گنبدنمکی کشکسرای در دامنه‌ی شمالی توده ساب ولکانیک گچی قلعه‌سی قرار دارند.

ویژگی‌های گنبد‌های نمکی شمال غرب تبریز

از مجموع گنبد‌های نمکی آذربایجان، گنبد‌های نمکی شمال غرب تبریز جهت بررسی بیشتر و دقیق‌تر انتخاب شده است لذا سعی می‌شود ابتدا اطلاعات بیشتری در خصوص موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی آنها ارائه و سپس به بررسی پدیده‌های ژئومورفولوژی حاصل از آنها پرداخته شود.

گنبد‌های نمکی شمال غرب تبریز

در این منطقه به خاطر نزدیکی به گسل تبریز و گسل ارس، تراکم گسل‌ها بسیار زیاد است و در نتیجه تعداد گنبد‌های نمکی بالا آمده نیز زیاد می‌باشد ولی اندازه‌ی گنبد‌ها نسبت به شمال شرق تبریز کوچک‌تر هستند. گنبد‌های شمال غرب تبریز به شرح زیر هستند:

گنبد نمکی شوردره (شیرینچه)

گنبد نمکی شوردره در ۸ کیلومتری شمال تبریز و در جنوب غربی بهلول‌داغی در محل الحاق آبراهه‌ی شوردره به گماناب چای واقع شده است و توسط آبراهه‌ی شوردره بریده شده است. سنگ‌های دربرگیرنده‌ی گنبد نمکی مارن‌های قرمز و خاکستری با سن میوسن میانی است. لایه‌های تشکیل‌دهنده‌ی نمک به‌طور عمده رنگ‌های قرمز، صورتی، خاکستری تیره، قهوه‌ای و سفید دارد.



شکل ۵: تصویر ماهواره‌ای گنبد نمکی (شور دره) شیرینچه

گنبد نمکی مزرعه

گنبد مزرعه در ۳ کیلومتری شمال آبادی مزرعه یعنی ۲۱ کیلومتری شمال غرب تبریز در داخل مارن‌های مربوط به دوره‌ی میوسن میانی مشاهده می‌شود. در گذشته ظاهراً نمک آن مورد استفاده‌ی اهالی قرار می‌گرفته ولی امروزه متروکه است. رنگ نمک در این گنبد قرمز، سفید و خاکستری است. ارتفاع گنبد حدود ۱۰ متر و وسعت آن حدود ۱۵۰۰ مترمربع است.

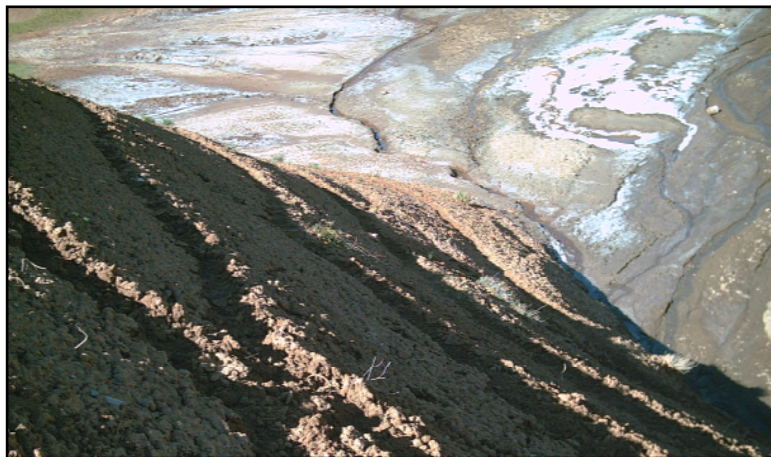
گنبد نمکی ایوند

در یک کیلومتری جنوب آبادی ایوند است. لایه‌بندی گنبد بسیار ظریف و در رنگ‌های متنوع می‌باشد، ارتفاع نسبی آن حدود ۴۰ متر است و طبقات در برگرفته‌ی آن مارن‌های خاکستری و قرمز میوسن میانی (سازند قرمز بالایی) است. برونزد نمک در امتداد یک گسل محلی و به صورت یک دیواره است و قسمت‌های سطحی توسط پوشش گیاهی پوشانده شده است. به این خاطر در عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای چندان مشخص نیست (شکل ۷، ب). از این گنبد اهالی محل بهره‌برداری می‌کنند. به طرف جنوب این گنبد، گنبد‌های مدفون متعددی وجود دارد که نمک آنها به صورت چشمه‌های شور خارج می‌شود.

گنبد نمکی سار

این گنبد در شمال شرقی قیزلار داغی و در ۵ کیلومتری جنوب غربی روستای سار قرار دارد. گنبدسار به صورت قیفی که رأس آن به طرف زمین باشد دیده می‌شود و در واقع یک بوتونیر می‌باشد و لایه‌های رسوبی و نمکی اطراف به شکل حلقه‌های مدور در دیواره‌ی گنبد برونزد

دارند(شکل ۶). ارتفاع نسبی آن حدود ۴۰ متر و از لایه‌های قرمز، جگری، خاکستری تشکیل شده است. قسمت‌های پایینی گنبد از مواد آبرفتی پوشیده شده ولی قسمت‌های بالایی توسط مارن‌های قرمز، خاکستری میوسن میانی پوشیده شده است. در جنوب این گنبد چندین گنبد مدفون نیز وجود دارد که چشمه‌های نمکی از آنها بیرون می‌آید.



شکل ۶: تصویری از چشمه‌های نمکی خروجی از گنبد‌های نمکی مدفون در جنوب‌سار

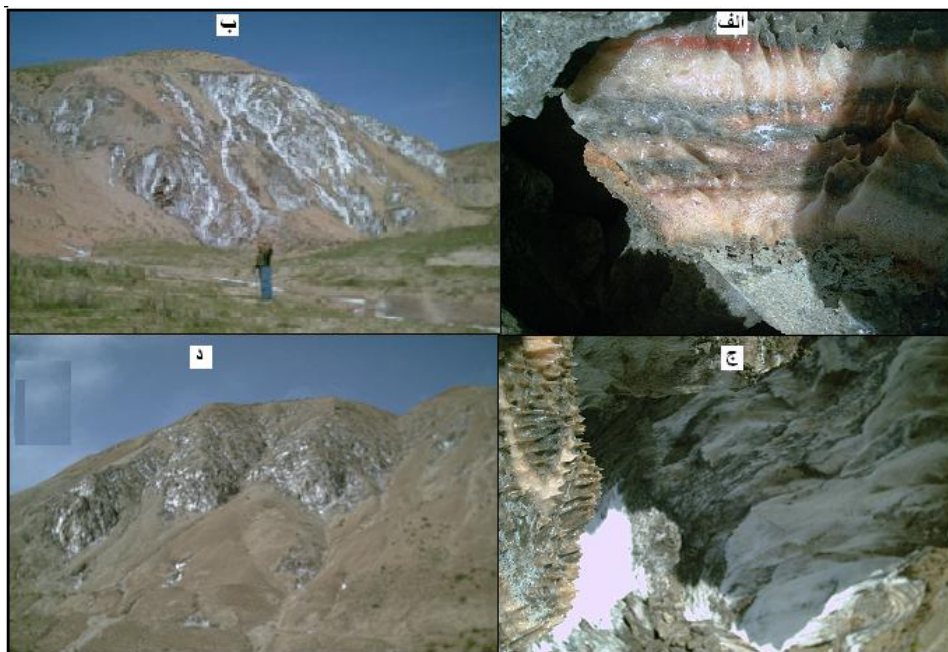
گنبد نمکی ترب

در ۲ کیلومتری جنوب دهکده ترب قرار داشته، رنگ لایه‌های نمکی به‌صورت قرمز ارغوانی و خاکستری با سن میوسن میانی است. این گنبد در واقع ادامه‌ی گنبد نمکی سار به‌طرف غرب می‌باشد.

گنبد نمکی منور (آلمان داغی)

گنبد آلمان داغی با سطح مقطع دوار، قطر حدود ۲ کیلومتر، ارتفاع مطلق ۱۷۵۲ متر و ارتفاع نسبی ۱۹۰ متر، مهمترین گنبدنمکی شمال غرب تبریز است. این گنبد در ۴ کیلومتری جنوب شرقی دهکده منور و در شرق ناودیس معلق سه‌رول^۱ قرار دارد و توسط گسل‌های شمال، شرق و جنوب آلمان داغی و گسل قوسی شرق ناودیس سه‌رول محدود می‌شود. این گنبد دارای چند چشمه‌ی کارست نمکی است که تعدادی از آنها در سطح زمین ظاهر شده و ایجاد کفه‌های نمکی می‌کنند، همچنین دارای چندین سینک هول می‌باشد. از این گنبد

توسط بخش خصوصی به صورت روباز نمک استخراج می‌شود، وجود عنصر آهن با غلظت‌های مختلف باعث تشکیل لایه‌های نمکی رنگین متمایل به قرمز شده است. رنگ لایه‌های نمکی به صورت قرمز ارغوانی، خاکستری، سفید و عسلی با سن میوسن میانی است (شکل ۸، الف). در جنوب این گنبد، گنبد‌های مدفون متعددی وجود دارند که علاوه بر ایجاد تپه‌ها، باعث ایجاد سفیدک در پای بوته‌های گیاهی و چشمه‌های آب شور می‌شوند.



شکل ۷: تصویری از لایه‌های رنگی نمک (الف) - گنبد ایوند (ب)
سینک حول و شیارهای انحلالی (ج) - گنبد منور (د)

گنبد نمکی زبرلو

گنبد زبرلو در شمال شرق زبرلو، در امتداد گسل تبریز به شکل خطی به طول ۱ کیلومتر و به پهنای ۴۰۰ متر بالا آمده و لایه‌های بالایی از جمله ماسه‌سنگ خاکستری رنگ میوسن زیرین را به صورت تیغه‌هایی با زاویه شیب 85° به بالا رانده است. ارتفاع نسبی گنبد ۴۵ متر و ارتفاع مطلق آن ۱۴۴۵ متر است. این گنبد در حال حاضر با عملیات تسطیح شهرک در حال احداث شهید شیرازی با خاک پوشانده شده است ولی در شرق روستای زبرلو بروزندگی نمک در بین مارن‌ها و رس‌ها دیده می‌شود (شکل ۳).

گنبد‌های نمکی جنوب کوه‌های مورو

در امتداد گسل تبریز و در دامنه‌های جنوبی کوه‌های مورو، چندین گنبد نمکی کوچک بالا آمده‌اند. این گنبدها در شمال تازه‌کند، شمال غرب خواجه مرجان و شمال شرق چله‌خانه سفلی قابل مشاهده هستند. در این محل گسل تبریز علاوه بر حرکت امتداد لغز، دارای حرکات قایم نیز می‌باشد. به این خاطر این گنبدها از جنوب بهتر دیده می‌شوند و چشمه‌های خروجی از گسل، نمک آنها را بیرون می‌آورند.

آثار ژئومورفولوژیکی تکتونیک نمکی در منطقه‌ی شمال غرب تبریز

حرکات صعودی نمک ضمن به هم زدن نظم لایه‌های رسوبی، با ایجاد درزهای کششی در سنگ پوش، باعث تسریع در فرسایش آنها می‌شود. همچنین انحلال پذیری نمک موجب به وجود آمدن انواع اشکال انحلالی می‌شود که می‌توان موارد متنوعی از این اشکال را در جنوب حوضه‌ی سنخ‌چای (شمال شرق کوه‌های مورو) مشاهده نمود در اینجا به بررسی انواع پدیده‌های ژئومورفولوژیکی حاصل از تکتونیک نمکی در شمال غرب تبریز می‌پردازیم.

- به هم زدن نظم لایه‌ها

حرکت صعودی نمک موجب بالازدگی در لایه‌های فوقانی می‌شود، به طوری که با نزدیک شدن به گنبد‌های نمکی شیب لایه‌ها بیشتر می‌شود (شکل ۸) و لایه‌های رسوبی به شکل تیغه درمی‌آیند و با دور شدن از آن شیب لایه‌ها کم و به هاگبک و کواستا تبدیل می‌شوند. در منطقه با دور شدن از گنبد‌های نمکی شیب لایه کم می‌شود و ناودیس‌ها نسبت به طاق‌دیس‌ها از توسعه‌ی بیشتری برخوردار هستند. به این خاطر صعود نمک می‌تواند در چین خوردگی ثانویه و تشکیل طاق‌دیس‌ها نقش داشته باشد (عامل، ۱۳۷۳: ۹۲).



شکل ۸: بالازدگی لایه‌های رسوبی در اثر صعود نمک در گنبد نمکی زبرلو

- ایجاد درز و شکستگی و تسریع فرسایش سنگ‌ها

حرکت صعودی نمک باعث کشش در سطح فوقانی سنگ‌پوش و ایجاد درز و شکستگی کششی در سطح آنها می‌شود و شرایط را برای عمل فرسایش مساعد می‌کند. به‌طوری‌که در بعضی مناطق واحد سوم سازند قرمز بالایی (M^{ms} یا M^{sm}) که تناوبی از مارن و ماسه‌سنگ است، کاملاً از بین رفته و واحد دوم (M^{mg}) که همان واحد دارای نمک است در سطح زمین برونزد پیدا نموده است.

- گنبد‌های نمکی

در منطقه اکثر طاقدیس‌ها منطبق با گنبد‌های نمکی هستند و گاهی نمک توانسته خود را به سطح زمین برساند و به‌صورت معدن نمک از آن بهره‌برداری می‌شود (آلمان داغی). در مواردی که سنگ‌پوش از فرسایش در امان مانده و نمک نتوانسته خود را به زمین برساند، گنبد‌های نمکی مدفون شکل تپه‌های مدور را به‌وجود آورده است که به خاطر قرمز بودن سنگ‌پوش رسی در آنها، این تپه‌ها به رنگ قرمز هستند و اغلب در پای آنها چشمه‌های نمکی وجود دارد و یا در پای گیاهان شوری پسند روی آنها سفیدک نمکی دیده می‌شود.

- بوتونیر^۱ (کمب) یا گودال‌های فرسایشی

دره‌ها یا گودال‌های فرسایشی در راس طاقدیس را بوتونیر گویند (شایان، ۱۳۷۸: ۴۸). بعضی از گنبد‌های نمکی در اثر انحلال‌پذیری شدید نمک و فرسایش لایه‌های رویی و حتی زیرین آن، تخلیه شده و به شکل بوتونیر درآمده‌اند. چنین اشکالی در جنوب غرب سار (گنبدنمکی سار) و چند نقطه در حد فاصل سار- ترپ دیده می‌شود. در قسمت جنوبی گنبد منور همچنین حالتی به‌وجود آمده است به‌طوری‌که شرق ناودیس معلق سهرورن به شکل یک دره‌ی پهن ناهموار درآمده و مقطع لایه‌های عمودی یال جنوبی گنبد منور در سطح زمین و در فاصله‌ی دورتر از گنبد قابل مشاهده می‌باشد.

- کفه‌های نمکی و قشر سخت

در بستر آبراهه‌های حوضه‌ی منور (از زیرحوضه‌های سنخ‌چای) در اثر تبخیر و حرکت صعودی آب‌های زیرزمینی شور که سطح ایستابی بالایی دارند، یک لایه‌ی نمکی در سطح زمین تشکیل شده است که گاهی به حالت پف کرده است (شکل ۹، الف). در بعضی نقاط بستر

شاخه‌ی اصلی منورچای یک قشر سخت تیره رنگ به وجود آمده است که در زیر پا با ایجاد صدا می‌شکند. هر چقدر مقدار نمک این قشر بیشتر باشد، تردی و شکنندگی آن زیاد خواهد بود (علایی طالقانی، ۱۳۸۲: ۲۹۱).

– کمک به حرکات توده‌ای

نمک یکی از عوامل تسریع‌کننده در حرکات توده‌ای است. نمک از یک طرف با بالا زدن لایه‌ها موجب افزایش شیب و نیروی محرک می‌شود و از سویی با وارد شدن در بین ذرات، باعث افزایش حجم مواد و به هم خوردن ساختمان دانه‌ای و کاهش نیروی مقاومت (اصطکاک) می‌شود. به این خاطر در مناطق نمکی حرکات توده‌ای بویژه سولی فلکسیون و جریان گلی زیاد دیده می‌شود (شکل ۹، ب).



(ب)

(الف)

شکل ۹: تصویری از پف‌کردگی خاک سطحی در اثر خاصیت اسمزی در حوضه‌ی منور (الف)
جریان گلی در گنبد نمکی ایوند (ب)

– اشکال گل‌کلمی

آب‌های اشباع از نمک در اثر تبخیر، مقداری از نمک خود را به صورت متبلور در اشکال گل‌کلمی بر جای می‌نهند. چنین پدیده‌ای در طول رودخانه‌ی منور به ویژه در فصل تابستان که شدت تبخیر بالا می‌باشد، به فراوانی قابل مشاهده است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: تصویری از تبلور گل کلمی نمک در سطح آب منورچای

- یخچال‌ها، آبشارهای نمکی و بسترهای نمکی

در نواحی خشک به دلیل میزان بارندگی کم، مقدار انحلال نمک پایین است. به دلیل ویژگی‌های مکانیکی، نمک بیرون آمده ممکن است جریان یابد. به این چنین جریان‌های نمک، اصطلاحاً یخچال‌های نمکی اطلاق می‌شود (تالیوت، ۱۹۷۹: ۱۸-۵). بنابراین جریان آب‌های بسیار شور در سرازیری و تندآب‌ها و تبخیر آب باعث تبلور نمک در آن می‌شود. نمک متبلور مثل یخ، سطح آب را می‌پوشاند و آب در زیر آن به جریان خود ادامه می‌دهد. به تدریج که آب پیش می‌رود نمک هم به دنبال آن تشکیل می‌گردد و مناظری شبیه حرکت یخچال‌ها، رودها و آبشارهای یخ بسته را به وجود می‌آورد.



شکل ۱۱: تصویری از آبشارها و رودخانه نمکی در منورچای

- چشمه‌های نمکی

در منطقه‌ی مورد مطالعه چشمه‌های فراوانی از گنبد‌های نمکی آشکار و مدفون بیرون می‌آیند که پس از تبخیر آب، نمک آنها در سطح زمین برجای می‌ماند (شکل ۱۲، ب).



(ب)

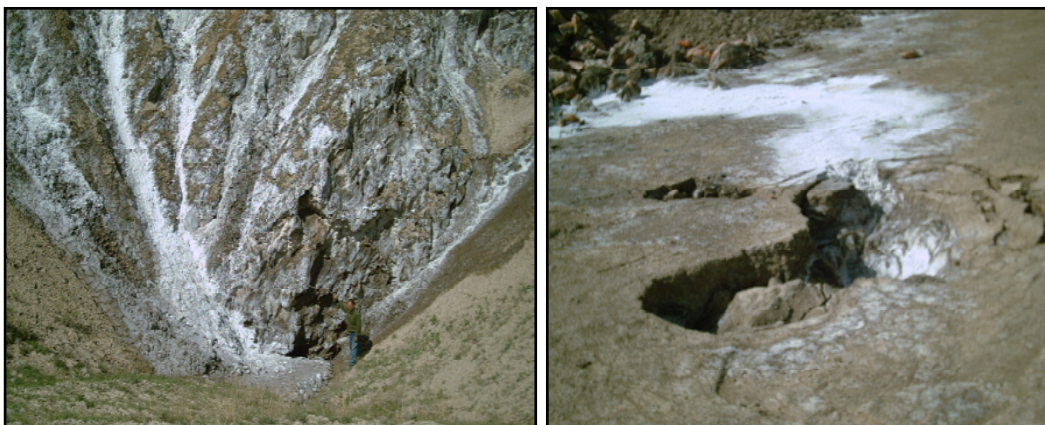
(الف)

شکل ۱۲: تصویری از بستر نمکی منور چای (الف) تصویری از یک چشمه‌ی نمکی و نمک‌های حاصل از تبخیر آب در گنبد نمکی ایوند (ب)

۱۰- سینک هول

در اثر انحلال نمک در زیرزمین توسط آب‌های فرو رو، حفره‌هایی در زیرزمین به وجود می‌آید (شکل ۱۳). با توسعه و فرو ریختن سقف آنها، اشکال کیف مانندی در سطح زمین به وجود می‌آیند که به آنها سینک هول می‌گویند. سنک حول‌ها با توسعه در سطح زمین، آب‌های سطحی بیشتری را به عمق زمین هدایت می‌کنند و مانند یک حوضه‌ی بسته‌ی کوچک عمل می‌کنند (آلابی، ۲۰۰۳: ۴۹۸).

در گنبد نمکی ایوند و در سینه‌ی جنوبی آن چندین سینک هول با جهت شرقی- غربی، پشت سر هم در امتداد یک گسل کوچک دیده می‌شوند که توسط یک کانال زیرزمینی به هم مرتبط هستند و صدای جریان آب زیرزمینی در ته آنها به خوبی شنیده می‌شود. در گنبد نمکی ایوند از کف این سینک هول‌ها نمک برداشت می‌شود (شکل ۱۳، ب). چنین پدیده‌ای در مورد شهرک شهید شیرازی قابل پیش‌بینی است که بر روی گنبد نمکی زبرلو در حال احداث می‌باشد. در صورت عدم احداث فاضلاب، آب‌های نفوذی با انحلال نمک و مارن‌ها باعث نشست زمین و حرکات توده‌ای در دامنه‌های حاشیه‌ی شهرک و آسیب دیدن ساختمان‌ها خواهد شد.



(ب)

(الف)

شکل ۱۳: تصویر از مرحله‌ی آغازین تشکیل یک سینک هول در اثر انحلال نمک زیرین کف گنبد نمکی منور (الف) یکی از سینک هول‌های گنبد نمکی ایوند (ب)

- اشکال شیاری ناشی از انحلال (لایه‌های نمکی)

دراثر انحلال نمک توسط آب‌های سطحی، در سطح سنگ‌های نمکی شیارها و برجستگی‌های تیغه‌مانندی به وجود می‌آید که ضخامت تیغه‌ها به طرف رأس تیز هستند (شکل ۷، ج).

- گوی‌های گلی

این عارضه به شکل یک گوی یا گل غلتان است که هسته‌ی آن را یک ریگ، قلوه سنگ کوچک و یا توده‌ی رسی منسجم تشکیل می‌دهد. مکانیسم تشکیل این گوی‌های گلی شبیه بهمن است، و در واقع بر اثر تجمع گل و لای به دور هسته‌ی اولیه و غلطیدن آن در بستر مسیل‌های مناطق خشک و کویری، پدید می‌آیند. ذرات تشکیل‌دهنده‌ی آن بافت کنگلومرایی دارند (زمردیان، ۱۳۸۱: ۱۶۹). در جنوب گنبد و معدن نمک‌منور، بستر منورچای بر روی رسوبات نرم رسی و نمکی سازند قرمز بالایی قرار دارد و در جاهایی که مقدار رس و نمک آن زیاد است، به خصوص در شرق ناودیس سهرول، اشکال گوی‌گلی در اندازه‌های مختلف در حد چند سانتیمتری تا چند دسی‌متری دیده می‌شوند. با توجه به اینکه در سایر آبراهه‌های سنخ چای بستر رسی وجود دارد، اما چنین اشکالی مشاهده نمی‌شود، احتمال نقش داشتن نمک در تشکیل چنین اشکال را تقویت می‌کند. در جاهایی که گوی‌ها کوچک و نیمه‌مدفون هستند، و سطح بستر را هم رس‌های ریزدانه پوشانده، با خشک شدن سطح بستر، ترک‌های گلی در اطراف گوی‌ها تشکیل شده و به حالت شعاعی توسعه می‌یابند، این امر به این خاطر است که

گوی‌ها بافت دانه درشتتری نسبت به رس‌های بستر دارند و نفوذپذیری آنها هم بیشتر است در نتیجه زودتر از رس‌های بستر خشک شده و منقبض می‌شوند. با منقبض شدن گوی‌ها فضایی بین آنها در تماس با رس‌های بستر به وجود می‌آید و آب زیرین رس‌ها از این فضا فرصت تبخیر می‌یابد و به تدریج با خشک شدن ترک برمی‌دارند و به پیش می‌روند (شکل ۱۴).



(ب)

(الف)

شکل ۱۴: تصویر گوی‌های گلی درشت با بافت کنگلومرایی در زیرحوضهٔ منور (الف) گوی‌های گلی کوچک نیمه‌مدفون و ترک‌های گلی اطراف آنها در بستر منورچای (ب)

نتیجه‌گیری

آذربایجان یکی از ایالات نمکی ایران است که سازندهای نمکی آن مربوط به نئوژن با سن میوسن می‌باشد و اکثر گنبدهای نمکی آن در واحد دوم سازند قرمز بالایی قرار دارند که دارای مارن‌های رنگی و گچ می‌باشد. حرکات تکتونیکی، نقش آب‌های زیرزمینی و ماگماتیسم از عوامل اصلی تشکیل این لندفرم در آذربایجان به‌شمار می‌رود. گنبدهای نمکی آذربایجان عمدتاً در چهار منطقه شامل میانه، میشو غربی، خاروانا و شمال تبریز گسترش یافته است. در مقاله‌ی حاضر، از مجموع گنبدهای نمکی آذربایجان، گنبدهای نمکی شمال غرب تبریز از نظر ویژگی‌های کلی و آثار ژئومورفولوژیکی بیشتر مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات انجام یافته مشخص نمود که در این منطقه چندین گنبد نمکی مهم با ارتفاع متفاوت وجود دارد که لایه‌های تشکیل‌دهنده‌ی نمک آنها به‌طور عمده دارای رنگ‌های قرمز، صورتی، خاکستری تیره، قهوه‌ای و سفید است که توسط مارن‌های میوسن پوشیده شده‌اند.

حرکت صعودی نمک به سمت سطح زمین، ضمن اینکه شکل اصلی گنبد را ایجاد می‌نماید، ضمناً می‌تواند آثار مختلف ژئومورفولوژیکی نیز داشته باشد. از جمله آثار در ارتباط با صعود نمک که در گنبدهای نمکی شمال غرب تبریز بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است، شامل به هم خوردن نظم لایه‌ها، ایجاد درز و شکستگی و تسریع فرسایش سنگ‌ها، تشکیل گودال‌های فرسایشی، کفه‌های نمکی، قشر سخت، تسریع حرکات توده‌ای، اشکال گل‌کلمی، آبشار و یخچال‌های نمکی، چشمه‌های نمکی، سینک حول، اشکال شیاری ناشی از انحلال و غیره می‌باشد.

بنابراین گنبدهای نمکی آذربایجان به همراه پدیده‌های مرتبط با آن، از لندفرم‌های جالب و حتی در مواردی پدیده‌های جاذب چشم‌انداز هستند و مخازن اصلی ذخائر نمکی را، که از نظر اقتصادی حائز اهمیت فراوان هستند، تشکیل می‌دهند. مطابق آمار موجود در حال حاضر میزان ذخیره نمک سنگی آذربایجان شرقی معادل ۲۹۸۰۰۰۰ تن می‌باشد. علی‌رغم جنبه‌های مثبت، گنبدهای نمکی و هرگونه سازند تبخیری در مناطق از جمله آذربایجان، دارای اثرات زیست‌محیطی به صورت شوری آب‌های سطحی و زیر سطحی، شوری خاک‌ها، کاهش پوشش گیاهی و نیز پخش شدن ذرات نمک در هوا در فصول خشک است. در مجموع این عوامل موجب کم بودن جمعیت مناطق نمکی می‌شود که بررسی آن فرصت دیگری را می‌طلبد.

منابع و مأخذ

- ۱- پورکرمانی، محسن؛ ادیب، احمد (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ساختمانی، انتشارات دانشگاه پیام‌نور.
- ۲- ثروتی، محمدرضا (۱۳۸۱). ژئومورفولوژی منطقه‌ای ایران، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- ۳- درویش‌زاده، علی (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر. نشر دانش امروز.
- ۴- زمردیان، محمدجعفر (۱۳۸۱). ژئومورفولوژی ایران، فرآیندهای ساختمانی و دینامیک‌های درونی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۵- سازمان جغرافیایی ارتش (۱۳۷۶). نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ تبریز (۱). تبریز (۲). النجق. نهند.
- ۶- سازمان زمین‌شناسی کشور. نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ تبریز پلدشت، ۱:۱۰۰۰۰۰ میانه، تبریز، اهر، ورزقان، مرند، خوی سلماس و ایواوغلی.
- ۷- ساکت، علی (۱۳۸۴). گنبد‌های نمکی ایران، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور.
- ۸- شایان، سیاوش (۱۳۷۸). فرهنگ اطلاعات جغرافیای طبیعی، چاپ دوم. انتشارات مدرسه.
- ۹- شفیعی‌مهر، مجید (۱۳۸۴). پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.
- ۱۰- عامل، نصیر (۱۳۷۳). پترولوژی منطقه منور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز.
- ۱۱- علایی طالقانی، محمود (۱۳۸۲). ژئومورفولوژی ایران، انتشارات قومس.
- ۱۲- مدنی، حسن (۱۳۶۴). زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک، انتشارات دفتر مرکزی جهاد دانشگاهی.
- ۱۳- معماریان، حسین (۱۳۸۳). زمین‌شناسی برای مهندسين، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۴- Google earth و منابع انترنتی مختلف.

- 16- De Blij. H. J. Muller. P. O (1998). Physical geography of the global environment, John Willy.
- 17- Goudie, A.S, (2004). (ed), Encyclopedia of Geomorphology, Volume 2, Routledge.
- 18- Jenyon. M. K (1986), Salt Tectonics, Elsevier.
- 19- Talbot, C. J (1979). Flood train in a glacier of salt in southern Iran, journal of Structural Geology, 1, 5-18.
- 20- <http://earthobservatory.nasa>.
- 21- Encyclopedia Britannica online.