

فصل اول

پتاس



1-1- مقدمه

از گذشته های دور به کربنات حاصل از تبخیر و شستشوی خاکستر چوب در دیگ های آهنی Potash گفته می شد که از دو کلمه pot به معنای دیگ یا ظرف و ash به معنای خاکستر ساخته شده است. نخستین بار چینیاها از پتاس (شوره یا نترات پتاسیم) برای تهیه باروت استفاده کرده اند. بعد از آن در سال 1370 میلادی تهیه پتاس از منابع خاکستر جلبکها و خزه های دریایی آغاز شد و تا اوایل قرن نوزدهم میلادی میزان تولید آن به حدود 20 هزار تن در سال رسید ولی از 1930 این روش رو به رکود گذاشت به طوری که اکثر کارگاه های آن تعطیل شد. در واقع کربنات پتاسیم اولین کانی صنعتی تهیه شده در آمریکا بود و استفاده از آن از سال 1790 میلادی آغاز شده و موجب پیشرفت صنایع شیمیایی در اوایل قرن نوزدهم شده بود. کاربرد اولیه پتاس در صنایع شیشه، صابون، رنگرزی، تهیه باروت از شوره و... است.

اولین ذخیره سنگی پتاس در سال 1839 میلادی، در ضمن حفاری برای اکتشاف نمک، در استراس فورت آلمان به طور تصادفی کشف شد. تا آن زمان تأمین پتاس از منابع سنگی ناشناخته بود. حفاری در ابتدا به منظور دستیابی به ذخایر نمک کشف شده سدیم، پتاسیم و منیزیم نیز بود. در 1859 با استفاده از فرآیند خالص سازی برای جدا کردن کلریدهای سدیم و منیزیم از نمک کشف شده (کارنالیت) قابل استفاده شد و برای اولین بار پتاس معدنی به عنوان کود برای حاصلخیزی محصولات کشاورزی مثل پنبه و سبزیجات مورد استفاده قرار گرفت. به غیر از منابع سنگی از تبخیر آب دریاچه های شور نیز پتاس قابل استحصال است و در واقع اصلی ترین و بهترین منابع پتاس



ذخایر لایه ای نمک زیرزمینی است که دارای درجه خلوص بالا، تناژ زیاد کانسنگ و هزینه معدنکاری کمتر و اقتصادی تر است

پتاس واژه ای کلی برای تمامی کانی های پتاسیم دار و یا املاح پتاسیم دار محلول در آب است که بیش از 7 درصد عنصر پتاسیم داشته باشد. مهمترین ترکیبات پتاس عبارت از کلرور پتاسیم، سولفات پتاسیم، نترات پتاسیم، سولفات پتاسیم و منیزیم است. پتاس در سنگهای رسوبی، آذرین و دگرگونی و به صورت محلول در آب دریاها و شورابه ها موجود است. بزرگترین منبع تأمین کننده پتاس در جهان، نهشته های رسوبی تبخیری هستند که از معادنی چون کالیفرنیا، آلمان و نیو مکزیکو و... استخراج می شوند. 85٪ نمک به روش سنتی از معادن و 15٪ از شورابه ها استخراج می گردد از منابع دیگر پتاسیم، اقیانوسها هستند که در حال حاضر مقدار پتاسیم آب دریا در مقایسه با سدیم نسبتاً کم است. کانیهای پتاس فراوان بوده که از میان آنها تنها چهار کانی سیلویت، کارنالیت، کائیت و لانگبینیت اهمیت اقتصادی دارد.

اهمیت اقتصادی پتاس از آن جهت است که حدود 15 کشور در جهان تولید کننده پتاس و اغلب آنها از بزرگترین صادرکنندگان پتاس نیز می باشند. بزرگترین صادرکنندگان پتاس، کانادا کشورهای مشترک المنافع (CIS) و آلمان هستند. کشورهایی که صنعت کشاورزی گسترده دارند از واردکنندگان عمده پتاس هستند مانند چین و آمریکا که علاوه بر مصرف داخلی وارد کننده نیز می باشند. عمده تجارت جهانی پتاس، از نوع کلرور پتاسیم است. سولفات پتاسیم به دلیل مصرف کمتر در رده دوم قرار دارد. نیاز ایران به کودهای پتاسیم دار سالانه حدود 200 تا 360 هزار تن است که به علت محدودیت در تنوع و میزان تولید بسیار کم محصولات پتاس در ایران، حجم بزرگی از نیاز کشور به محصولات پتاس (خصوصاً کودهای پتاسیم دار) توسط واردات تأمین می شود.



1-2- کانیهای پتاسیم دار

در سنگهای رسوبی شیمیایی عنصر پتاسیم به صورت کلریدها، سولفات‌ها و به مقدار جزئی به صورت نیترات یافت می‌شود. کانیهای اصلی و مهم پتاس در زیر مشخص شده‌اند:

1-2-1- سیلویت Sylvite

سیلویت با فرمول KCl و $K_2O \% = 63/7$ یکی از کانی‌های اصلی و با ارزش پتاسیم می‌باشد که نسبت به سایر کانی‌های حاوی پتاسیم، بیشتر بهره برداری می‌شود. کلرید پتاسیم به صورت پودر دانه ریز به رنگهای خاکستری، آبی، قرمز سفید یا بی‌رنگ تا قرمز آجری دیده می‌شود. کلرید پتاسیم خالص بی‌رنگ یا سفید رنگ است. این کانی بلورهای کوچک مکعبی دارد، فاقد بو است و دارای طعمی تلخ، تند و سوزاننده دهان بوده و به سادگی در آب حل می‌شود اما در الکل غیرمحلول است.

سیلویت ایزومورف نمک طعام است و اگر همراه نمک طعام رشد کند، 35-10 درصد اکسید پتاسیم دارد. ماتریکس آن از نمک ریز دانه است و به همراه آن مقداری کانیهای رسی و کمپلکس‌های پتاسیم دار و مقدار ناچیزی اکسید آهن یافت می‌شود که به آن سیلوانیت *Sylvinite* می‌گویند. سیلویت در طبیعت به شکل متورق، دانه‌ای و متبلور یافت می‌شود و دارای کلیواژ موازی با سطح کوبیک، سختی $2/5$ ، ضریب انکسار $1/49$ و وزن مخصوص $1/99$ است. سیلویت دارای شفافیت با جلای شیشه‌ای یا چرب و رنگ خاکه سفید است. بلورهای آن سبک و ناپایدارند و تحت فشار دائم به شکل پلاستیکی عمل می‌کنند. سیلویت به علت داشتن پتاسیم رنگ شعله را بنفش می‌کند. در آب به سرعت حل می‌شود. طعم آن تلخ و هادی حرارت است. توسط کریستالیزاسیون



در ته نشست‌های رسوبی و درکنار هالیت می‌تواند به وجود آید ولی مقادیر آن کمتر از هالیت است، همچنین از تصفیه بخارات آتشفشانی به وجود می‌آید. سیلویت به دو صورت اولیه و ثانویه تشکیل می‌شود. وقتی که نسبت $MgCl-KCl-NaCl$ در آب شور به مقدار 9-1-17 یا 8-1-17 برسد، رسوبگذاری سیلویت آغاز می‌شود و با توجه به درجه حرارت تا نسبت‌های 17-3-1 و 17-2-1 ادامه خواهد داشت. سیلویت اولیه به رنگ‌های سفید شیری، ابری (به علت وجود کلرور منیزیم) و صورتی (به دلیل وجود آهن) دیده می‌شود. این کانی در شرایط غیر هوازی و در زیرفصل مشترک آب‌های سطحی و آب‌های عمقی تشکیل می‌شود. رشد و نمو بلورها و رسوبگذاری آنها آهسته بوده و در هنگام ته نشینی بلورها بر روی کف حوضه رسوبی، به طور بخشی انحلال پیدا می‌کنند. ترکیبات ارگانیکی موجود در آب‌های شور یکی از عوامل تعیین رسوب پتاس است. به عنوان مثال اوره و سایر ترکیبات نیتروژن دار درجه حلالیت کلرور منیزیم را افزایش داده و در نتیجه محیط برای رسوبگذاری آهسته سیلویت و تجمع سریعتر کارنالیت مناسب می‌شود. سیلویت ثانویه به رنگ قرمز یا سفید است. سیلویت قرمز در اثر تبلور دوباره کارنالیت قرمز و خروج کلرور منیزیم از ترکیبات آن، به وجود می‌آید. در یک سکانس تبخیری با لایه های متناوب پتاس و نمک، کارنالیت تنها در بالاترین بخش آن می‌تواند وجود داشته باشد آن هم در صورتی که با لایه نمک پوشیده نشده باشد زیرا لایه نمکی روی کارنالیت قرمز موجب خروج کلرور منیزیم می‌شود و سیلویت قرمز تشکیل می‌شود. تأثیر آب‌های شور غنی از کلرور کلسیم بر روی کانیهای سولفات سبب تجزیه آنها شده و کانیهای مختلف از جمله سیلویت ثانویه سفید رنگ به وجود می‌آید.

1-2-2- کارنالیت Carnallite



کارنالیت با فرمول $KCl, MgCl_2 \cdot 6 H_2O$ و $K_2O \% = 16/95$ یکی از کانی‌های مهم پتاسیم و منیزیم به شمار می‌رود. کارنالیت خالص حدود 17 درصد پتاسیم دارد اما معمولاً دارای ناخالصی کلرور سدیم، کلرور پتاسیم اکسید آهن، جابلهای گازی و ... است. ناخالصی اکسید آهن آن را به رنگ قرمز یا صورتی و هیدروکسید آهن به رنگ زرد یا قهوه ای درمی آورد. کارنالیت معمولاً از تبدیل سیلویت بوجود می‌آید. بلورهای آن در سیستم ارتورومبیک پریسماتیک (پزدوهگزاگونال) تشکیل می‌شوند و اکثراً به شکل نامنظم هستند. فرم‌های آن 111,011,110,010 است و شکست صدفی دارد و به صورت دانه‌های درشت بدون رخ دیده می‌شود. سختی آن 2 تا 3 و وزن مخصوص آن برابر 1/6 است. کارنالیت بسیار شکننده بوده و در آب به راحتی حل می‌شود و مزه فوق العاده تلخی دارد. دارای رطوبت پذیری فراوان است و به همین علت در هنگام حمل به شکل قلوه درمی‌آید. جلای آن چرب است ولی در مجاورت هوا جلای خود را از دست می‌دهد و مات می‌شود. این کانی خاصیت فسفرسانس دارد. کارنالیت‌هایی که در لجن‌های نمکی ایجاد می‌شود، دارای بافت دانه‌ای و پراکنده بوده و درز و شکاف یا خلل و فرج نمک‌ها را پر می‌کنند. مخلوط کارنالیت و نمک طعام، کارنالیت نامیده می‌شود که دارای درصد وزنی بین 10 تا 0/16 است و برای استفاده از آن باید منیزیم را جدا کرد. این کانی به دو صورت اولیه و ثانوی دیده می‌شود ولی اکثر کانیهای کارنالیت، اولیه هستند. رسوب کارنالیت هنگامی صورت می‌گیرد که آبهای عمیق حوضه در معرض اتمسفر قرار گرفته باشند. در این صورت آب شور به اندازه ای تغلیظ می‌یابد که کارنالیت قرمز رنگ بتواند به وجود آید. در صورت عدم وجود ترکیبات ارگانیکی کارنالیت سفید رنگ به وجود می‌آید. انکلوژیونهای موجود در کارنالیت اولیه بر خلاف سیلویت اولیه دارای نیتروژن کمتر و گاز آرگون بیشتر (در اثر تماس با جو) هستند. کارنالیت ثانویه سفید رنگ



است و به دو صورت تشکیل می‌شود. با تأثیر آب‌های شور محتوی کلرور منیزیم بر سیلویت و کانیهای سولفاتی، کارنالیت سفید رنگ تشکیل می‌شود. همچنین در برخی از دریاها کارنالیت از شستشوی نهشته‌های تبخیری قدیمتر اطراف دریاچه به وجود می‌آید.

3-2-1- کائینیت Kainite

کائینیت با فرمول $MgSO_4.KCl.3H_2O$ و $K_2O \% = 19/26$ یکی از کانی‌های مهم پتاسیم می‌باشد. کائینیت نیز شفاف و به رنگ‌های آبی، خاکستری تا بنفش و ... دیده می‌شود. دارای بلورهای دانه ای ریز است که در سطوح شکست تلالو خاصی دارند. سختی 3، وزن مخصوص 2/1 و ضریب انکسار 1/505 دارد. کانی رطوبت پذیری نیست اما در آب به خوبی حل می‌شود. این کانی در سیستم مونوکلینیک متبلور می‌شود. بلورهای آن در جهت 100 به خوبی کلیواژ دارند، در جهت 110 دارای کلیواژ نامشخص است

4-2-1- لانگبینیت Langbeinite

لانگبینیت با فرمول $K_2SO_4.2MgSO_4$ و $K_2O \% = 22/69$ یکی از کانی‌های مهم پتاسیم می‌باشد که به رنگ‌های خاکستری، بی رنگ و ... دیده می‌شود. در صورت خلوص میزان آن 22/69 درصد است. این کانی سختی 4، وزن مخصوص 2/83 دارد. در آب کمی محلول و بی مزه است و فاقد کلیواژ و در سیستم کوبیک متبلور می‌شود. لانگبینیت مهمترین منبع تولید پتاسیم در کشور نیومکزیکو است.

5-2-1- پلی هالیت Polyhalite

پلی هالیت با فرمول $K_2MgCa_2(SO_4)_4.2H_2O$ و $K_2O \% = 15/52$ یکی از کانی‌های مهم پتاسیم است که گاهی نسبت به کانیهای دیگر ذخایر فراوانتری دارد اما به علت حلالیت کم و



نبود امکاناتی برای ارزیابی پتاسیم، استخراج نمی گردد و تنها به عنوان راهنما می توان از آن استفاده کرد. رنگ آن سفید تا صورتی (به علت وجود اکسید آهن) و جلایش شیشه ای است. در سیستم تری کلینیک بیناکوئیدال متبلور می شود. به ندرت بلورهایش در جهت Z طویل شده اند و به صورت توده های منشوری شکل می گیرند. بلورهایش در جهت 100 کلیواژ دارند. پلی هالیت به شکل توده ای، ساقه ای تا ریشه ای متبلور می شود. سختی آن بین 2/5 تا 3/5 وزن مخصوص آن 2/77 است. این کانی در توده های نمکی دریایی خصوصا در توده های نمکی شمال آلمان دیده می شود. پلی هالیت کمی محلول در آب است و فراوانترین کانه سولفات تبخیری پس از گچ است. مشخصات کانیهای پتاسیم در جدول 1-1 آمده است.

جدول 1-1- کانی های پتاسیم

درصد K2O	فرمول شیمیایی	کانی
63/18	KCl	سیلویت
16/95	KCl.MgCl₂.6H₂O	کارنالیت
19/27	KCl.MgSo₄.3H₂O	کائینیت
22/69	K₂So₄.2MgSo₄	لانگینیت
2/8-3/5	K₂(Mg.Fe)MgSo₄Al₆(Si₄O₁₀)₃(OH)₁₂	گلاکونیت
15/62	K₂So₄.2CaSo₄.2H₂O	پلی هالیت
46/59	KNO₃	نیتر
23/39	K₂SO₄.MgSo₄.6H₂O	شوئینیت
10/30-00/000	KCl+NaCl	سیلونیت

1-2-6- شوئینیت (picromerite) Schoenite

این کانی با فرمول $K_2 Mg(SO_4) \cdot 2.6H_2O$ و $K_2O \% = 23/39$ یکی دیگر از کانی های

پتاسیم می باشد.



1-2-7- آلونیت - Alunite

این کانی با فرمول $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$ و $K_2O \% = 11/4$ یکی از کانی‌های پتاسیم است.

1-2-8- نیترو - KNO_3

این کانی با فرمول شیمیایی (KNO_3) در سیستم ارتورومبیک متبلور می‌شود. نیترات پتاسیم به صورت ورقه‌ای نازک یا تارهای ابریشم مانند سفیدرنگ در سطح سنگ‌ها مشاهده می‌شود. وزن مخصوص این کانی $2/14 - 2/09$ گرم بر سانتیمتر مکعب بوده و به آسانی در آب حل می‌شود. نیترات‌ها به علت محلول بودن در آب، بیشتر در مناطق خشک و کویری یافت می‌شوند و از معروف‌ترین تمرکزهای آنها در جهان، کشور شیلی می‌باشد.

1-3- انواع کانسارهای پتاس

کانسارهای نمک در تمام دنیا تقریباً در تمام سازندهای زمین‌شناسی به سنهاى مختلف وجود دارند. کانسارهای پتاس از نوع رسوبی شیمیایی و تبخیری بوده و مهمترین آنها در دونین، پرمین، کرتاسه و ترشیاری تشکیل یافته‌اند. به طور کلی کانسارهای پتاس در مناطق زیر دیده می‌شوند:

- ذخایر نمک سنگی قدیمی

- نمک‌های جامد حوضه‌های نمکی معاصر

- شورابه‌های طبیعی حوضه‌ها و کفه‌های نمکی معاصر

- شورابه‌های زیر زمینی



از بین این مناطق حدود 85٪ پتاس از معادن نمک سنگی خصوصاً ذخایر قدیمی آن (به علت ضخامت بیشتر نمک) استخراج می‌شود. 15٪ باقیمانده، از شورابه‌ها تأمین می‌گردد. کانسارهای پتاسیم دار از نظر ترکیب به دو گروه مشخص تقسیم می‌شوند.

الف - کانسارهای غنی از سولفات منیزیم: شامل پلی‌هالیت، هگزا‌هیدریت، کایزیریت، کارنالیت کائینیت، اپسومیت و بیشوفیت هستند. این کانسارها تنها در دوره‌های پرمین، میوسن و کواترنری به وجود آمده‌اند.

ب - کانسارهای فقیر از سولفات منیزیم: شامل هالیت، کارنالیت و سیلویت هستند. این کانسارها در جهان گسترش بیشتری داشته و در زمان مشخصی به وجود نیامده‌اند و از نظر اقتصادی اهمیت بیشتری دارند.

1-4- زمین‌شناسی و پراکندگی پتاس در ایران

مطالعات بسیاری در غالب طرح‌های پژوهشی، پروژه‌های اکتشافی و پی‌جویی در مورد پتاس به اجرا درآمده است. این مطالعات در نقاط مختلف ایران در آذربایجان، ایران مرکزی (استان سمنان و خراسان) و در جنوب در زاگرس انجام شده است. بر اساس سال انجام پروژه این مطالعات به شرح زیر است:

شازن	مطالعات امکانات بررسی‌های سیستماتیک پتاس در ایران	1367
حسن توکلی اسکویی	جویی پتاس در نواحی قم	1369
حسن توکلی اسکویی	پتاس در آذربایجان	1369
صنایع و معادن	مطالعه اکتشافی و بررسی امکان بهره‌برداری از ذخایر شورابه‌های پتاس دار کویر	1370
علی رضا نمدمالیان	پی‌جویی پتاس در استان خراسان (سبزوار-نیشابور-تربت حیدریه)	1370
علی رضا نمدمالیان	پی‌جویی پتاس در منطقه گرمسار حد فاصل ایوانکی-بن کوه	1370
احمد امینی	پرعیار سازی پتاس گرمسار	1370



محمد فنودی	گزارش پتاس در استان سمنان	1370
خسرو صادقی	پی جویی پتاس در گنبد های نمکی اردکان یزد	1370
ناصر سعدالدین	طرح پی جویی سراسری پتاس	1370
محمد باقر دری	بررسی های زمین شناسی و معدنی 1:20000 محدوده پتاس عمارلو(شمال نیشابور)	1371
محمد فنودی	پی جویی پتاس در استان کهگیلویه و بویر احمد	1371
پرویز ایرانپور	پی جویی پتاس در استان های مرکزی، زنجان، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی	1371
پرویز ایرانپور	پی جوی پتاس در استان های کرمان و هرمزگان	1371
حسن اعلمی میلانی	پی جویی پتاس در چهار گوش زنجان و تکاب	1371
محمد باقر دری	پی جویی پتاس در گنبد های نمکی جنوب (استان هرمزگان)	1371
روزبه کارگر سرمد	اکتشاف نیمه تفضیلی شورابه پتاس دار مرداب گاو خونی	1371
روزبه کارگر سرمد	عملیات استحصال کنسانتره پتاس و منیزیم از شورابه کویر قم در جنوب جزیره سرگردان	1372
پرویز ایرانپور	پی جویی پتاس در استانهای چهارمحال بختیاری و کرمان	1372
دری و بدخشان	پی جویی پتاس در گنبد های نمکی زاگرس(فیروزآباد-کازرون)	1372
پرویز ایرانپور	اکتشاف مقدماتی پتاس در گنبد نمکی پهل	1372
محمد باقر دری	پی جویی پتاس در معادن نمک فعال استان های آذربایجان و زنجان	1373
	گزارش نقشه 1:5000 معادن نمک سیالک (شمال غرب گرمسار)	1373
سهیلا اصلانی	استحصال پتاس از شورابه های مرداب گاو خونی و کویر	1373
خسرو صادقی	عملیات پی جویی و اکتشافات پتاس و امکان دست یابی به آن در سازند های تبخیری	1373
قیس بدخشان ممتاز	بررسی مجدد و ردیابی پتاس در معادن نمک محدوده نیشابور و میامی	1374
محمد باقر دری	پی جویی پتاس در گنبد های نمکی زاگرس (حاجی آباد-لار)	1374
محمد باقر دری	گزارش بررسی های وجود پتاس در معدن نمک ایلجاق	1375
سهیلا اصلانی	طرح پژوهشی فراوری اولیه کانسار پتاس گرمسار	1376
منوچهر اولیازاده	فراوری و جدایش پتاس از شورابه با روش فلوتاسیون	1376
شهریار جوادی پور	مطالعات ثقل سنجی و مغناطیس سنجی در منطقه ایلجاق از توابع شهرستان زنجان	1378
صنایع و معادن	پتاس در گنبد نمکی ایلجاق	1379
فریده حلمی	شرحی بر نمک طعام و پتاس و پراکندگی آن ها در ایران	1379
رضا فرهادی	پروژه پتاس سنگی ایلجاق، طرح اکتشاف سراسری	1380
میرزا آقا محمدی	بررسی مقدماتی فراوری پتاس ایلجاق در مقیاس آزمایشگاهی	1382
حجت اله جهانگیری	اکتشاف پتاس سنگی در گنبد نمکی سیاهو(فینو)	1382
مریم هاشمی	مدلسازی سه بعدی کانسار پتاس ایلجاق	1382
نقی فضلی خانی	برآورد ذخیره کانسار پتاس سنگی ایلجاق به کمک روش های زمین آماری	1383
محمد حسین بصیری	طرح جامع پتاس	
خسرو صادقی-رضا فرهادی	پروژه اکتشاف(پی جویی)پتاس سنگی در ورقه های میانه، تکاب و نواحی اطراف	
رضا فرهادی	اکتشاف مقدماتی پتاس در گنبد‌های نمکی زاگرس	1382



اولین گزارش امکان وجود پتاس در ایران در سال 1866 توسط گوبل (Goble, 1866) در منطقه ماهان آذربایجان شرقی ارائه شد. بعد از آن در سال 1959 معرفی پتاس در دریاچه ارومیه توسط بلوک (Block, 1959) انجام شد و میزان موجود در آن را حدود 60 میلیون تن اعلام کرد و بالاخره شازن (Shazen, 1966) در سال 1966 در گزارش خود علاوه بر اندیس ماهان به 6 سری تبخیری در ایران اشاره کرد. از سال 1368 با آغاز طرح پی جویی سراسری پتاس در ایران توسط سازمان زمین شناسی و پیش از آن، اکتشاف پتاس به صورت سیستماتیک درآمد. سریهای تبخیری در ایران به جز گنبد‌های نمکی زاگرس که متعلق به کامبرین زیرین است، از ژوراسیک تا میوسن و پراکندگی آنها از آذربایجان تا نواحی مرکزی و جنوبی و به طرف شرق تا نیشابور مشاهده می‌شود. در این سری ها، نمکهای میوسن از اهمیت ویژه ای برخوردارند، لایه های نمک میوسن پیشین در مرکز و شمال غرب ایران گسترش فراوانی دارند. با توجه به تحقیقات انجام شده، در برخی از این نقاط اندیس های پتاس دیده می شود و دیگر نقاط نیاز به بررسی بیشتر دارد.

در جنوب ایران سری نمکی هرمز گسترش دارد. فارست (1989) با اندازه گیری میزان پتاس شورابه های گنبد‌های نمکی مختلف در جنوب ایران، اندیس کوه نمک بندرعباس و اندیس کوه نمک دشتی را معرفی می‌کند. گنبد‌های نمکی پهل، گچین و کوه نمک مورد اکتشاف قرار گرفتند و اعلام شد که ذخیره پتاس در آنها محرز است.

در ایران مرکزی نیز تعداد زیادی گنبد نمکی در محدوده شمالی کویر وجود دارد که به طور کامل یا بخشی از آن در لایه های تبخیری میوسن ریشه دارند. اندیس های پتاس در ایران مرکزی در حوضه های گرمسار، قم و سمنان وجود دارد. معدن نمک راهراک 6 کارگاه استخراجی دارد که عیار پتاس در یکی از کارگاه های این معدن، حدود 41/47 درصد K2O در کانی سیلویت است.



معدن نمکی سیالک نیز در این منطقه به عنوان اندیس پتاس شناخته شده است. در حال حاضر این معدن غیر فعال است. معدن نمک ایوانکی در منطقه گرمسار از معادن نمکی است که عیاری حدود 27/96 درصد پتاسیم دارد. معدن نمک حسین آباد در منطقه سمنان در حال حاضر غیر فعال بوده و در برخی از کارگاه های آن افق‌هایی از پتاس گزارش شده است. عیار پتاسیم در یکی از نمونه های آن حدود 17/15 درصد است.

بخش جنوبی استان خراسان از مجموعه سنگ‌های رسوبی - آذرین و آذرآواری تشکیل شده و در واقع همین بخش نمک دارد. از بین آثار شناخته شده، افق‌های پتاس معدن عمارلو (نیشابور) با عیار متوسط 15 درصد پتاسیم، قابل توجه هستند. در سایر مناطق به جز شورابه های کف معادن سلطان آباد و حصار یزدان، میزان پتاس زیاد نیست.

در زون البرز طی نئوژن شرایط رسوب املاح تبخیری مساعد بوده است چنانکه در طول میوسن لایه های نمکی به ویژه در آذربایجان بوجود آمده که در پی جویی های مقدماتی برخی از آنها مقادیر پتاس قابل توجهی دارند. لایه های پتاس در معادن سنگی وردوق و مامان و همچنین لایه های کارنالیت در دو گنبد نمکی چوپانلو و نهند شناسایی شده اند. در منطقه زنجان و همدان معدن نمک سنگی خرقان قرار دارد که نسبت به سایر معادن در این منطقه از میزان پتاس بیشتری برخوردار است.

چنانچه ذکر شده پتاس در شورابه های پلایاها (که مهمترین آن پلایای کویر بزرگ، مرداب گاو خونی و پلایای ابرقو است)، در شورابه ها و آب دریاچه‌های اشباع (دریاچه ارومیه) و سفره های آب زیرزمینی شور حاشیه کویرهای ایران و مناطق خشک وجود دارد.



در حال حاضر پلایای کویر بزرگ در ناحیه خور- بیابانک، شورابه های مرداب گاوخونی و دریاچه ارومیه از مهمترین حوضه های شناخته شده پتاس دار در ایران هستند.

الف - پلایای کویر بزرگ ایران

بر اساس تحقیقات انجام شده کویر بزرگ ایران دارای ذخایر با ارزش پتاس است. سطح کلیه پلایاها در کویر بزرگ از یک لایه نسبتاً ضخیم به نام پوسته نمکی پوشیده شده است. شورابه اشباع از کلرور سدیم فضای خالی بین بلورهای این پوسته نمکی را پر کرده است. شورابه به دلیل وجود درصد نسبتاً بالای یون پتاسیم در آن جهت بهره برداری و استحصال پتاس مورد توجه قرار گرفته است. از بزرگترین حوضه ها، پلایای خور واقع در شمال شرق شهرستان خور است. با توجه به آزمایشات و بررسیهای انجام شده این شورابه شرایط بهینه جهت تولید KCl را دارد.

ب - حوضه آبریز مرداب گاوخونی

مرداب گاوخونی موسوم به پلایای "ورزنه" یکی از پلایای حوضه آبریز اصفهان است. از نظر زمین شناسی ساختمانی و نحوه تشکیل، این مرداب قسمتی از فرو رفتگی مهم سیرجان- اصفهان است که تقریباً به موازات رورانندی زاگرس در طول حدود 600 کیلومتر امتداد می یابد و دریاچه های فصلی کم عمق در نواحی شمالی پلایا و پوسته نمکی همراه با شورابه بین کریستالهای نمک در قسمتهای جنوبی قرار دارند. بر اساس بررسیهای مقدماتی میزان یون پتاسیم در شورابه معادل 3 تا 7 گرم در لیتر K₂O است.

ج - دریاچه ارومیه

یکی از بزرگترین دریاچه های شور جهان است که حجم آب شور آن 23 کیلومتر مربع است. عمق آب دریاچه 4-6 متر و عمیق ترین نقطه حدود 13 متر است. دریاچه در منطقه ای نسبتاً



خشک واقع بوده و ارتفاعات بلند اطراف دریاچه را احاطه می نماید. این شورابه کلوروسدیم، سولفات پتاسیم و برم دارد.

سایر تبخیری ها در ایران فاقد پتاس بوده یا میزان ناچیزی پتاس دارد که قابل توجه نمی باشد. بسیاری از آنها نیز نیاز به مطالعات سیستماتیک و اکتشافی بیشتر دارد.

1-5- روش‌های اکتشافی پتاس

به منظور دستیابی به ذخایر پتاس باید از حفاری و اکتشافات زیرزمینی استفاده کرد.

معمولاً کانیهای پتاس در رسوبات تبخیری جزو آخرین رسوبات ته نشین شده هستند، بنابراین کانیهای پتاس در قسمت‌های مرکزی و عمیقتر حوضه تشکیل می شوند. اکتشاف پتاس در نهشته‌های تبخیری شناخته شده بر پایه مطالعات فیزیکی و شیمیایی لایه‌های نمکی استوار است. می توان از معیارهای چینه شناسی نیز به عنوان راهنما برای اکتشاف ذخایر اقتصادی پتاس استفاده کرد.

وجود سکانس لایه‌های نمک با ضخامت زیاد، وجود پتاسیم در لایه‌های رسوبی و زونهای آواری تشکیل شده از لایه‌های رسی در بالای سکانس تبخیری، رنگ نمک و وجود برم هالیت در لایه‌های نمک به عنوان معیارهای اکتشاف پتاس استفاده می شوند.

نسبت یونی سدیم آب دریا به پتاسیم آن $27/7$ به 1 است بنابراین ذخایر پتاس به همراه لایه‌های ضخیم نمک طعام وجود دارد و ضخامت زیاد لایه‌های نمک و درجه خلوص آن رابطه مستقیمی با وجود پتاس دارد. گاهی نیز ذخایر نمک در اثر پدیده‌های تکتونیکی، لایه‌های پتاس را احاطه کرده‌اند (مانند ذخایر ساسکاچوان در کانادا). گاهی منابع نمک در سطح رخنمون ندارند ولی از روی شواهدی نظیر وجود اشکال گنبد‌های نمکی و چین‌های ساده غیر دیابیری، چشمه‌های شور



که در اثر انحلال نهشته‌های نمکی در آبهای زیرزمینی و بالا آمدگی آنها در امتداد گسلها تشکیل شده‌اند، وجود پتاسیم در لایه‌های ژپس و انیدریت یا ذرات سیلویت و سولفات پتاسیم پراکنده در متن آنها، می‌توان به وجود نمک پی برد.

وجود ذرات کلرور و سولفات پتاسیم در رسوبات نشانگر غلظت بیشتر شورابه اولیه است. مواد نامحلول در نهشته‌های تبخیری از پایین به طرف بالای مقطع، افزایش می‌یابند.

نمکهای قرمز و نارنجی و نیز دانه ای می‌تواند نشانگر وجود پتاس باشد به علاوه اگر در شبکه بلوری نمک طعام جا بجایی انجام شود، نمک به رنگ آبی تیره درمی‌آید که از معیارهای تشخیص وجود پتاسیم است. جابجایی در شبکه بلوری نمک طعام می‌تواند ناشی از اثرات رادیواکتیویته محیط، وجود K40 در منطقه و پرتوزدایی رادیوژنیک پتاسیم در طول زمان باشد.

مقدار برم هالیت نیز می‌تواند حاکی از مناسب بودن ذخیره نمکی برای حضور افق پتاس باشد. هر قدر غلظت شورابه افزایش یابد، مقدار برم بیشتری جانشین کلر می‌شود. بنابراین هالیتی که در جوار پتاس است، برم بیشتری دارد (حدود 150 pp). مقدار جانشینی برم از نواحی حاشیه‌ای به مناطق عمیق تغییر می‌کند. البته این نکته قابل ذکر است که رسوبات نمکی که از انحلال و رسوب مجدد نمکها و یا شورابه‌های درآمیخته دریایی و غیر دریایی پدید آمده برم کمتری دارند. پس دانستن مقدار برم هالیت در صورتی مفید است که در کنار آن اطلاعات چینه‌شناسی و کانی شناسی به دقت تفسیر گردد.

پراکندگی کانیهای پتاس از الگوی خاصی تبعیت نمی‌کند بنابراین نمی‌توان برای اکتشاف، روش خاصی به کار برد. همانطور که ذکر شد عملیات اکتشافی پتاس جدا از اکتشاف نمک نیست زیرا حوضه تشکیل هر دو یکی است و برای تشخیص وجود پتاس یا عدم وجود آن از روش‌های



شیمیایی و فیزیکی می‌توان استفاده کرد. جهت ارزیابی ذخیره از حفاری مغزه‌گیری با فواصل متناسب با توجه به عمق و پیچیدگی کانسار و نمونه‌برداری از افق‌های پتاس به منظور تجزیه شیمیایی، کانی‌شناسی و تهیه مقاطع نازک می‌توان استفاده کرد.

در روش‌های شیمیایی اکتشاف پتاس می‌توان از معرف‌های شیمیایی و نسبت برم به کلر استفاده نمود.

- استفاده از معرف‌های شیمیایی: از ساده‌ترین روش‌های شیمیایی است که به منظور تشخیص

وجود پتاس در رسوبات نمکی در صحرا از آن استفاده می‌شود. یکی از معرف‌های شیمیایی دی‌پیکریل آمین است. ابتدا نمک را در مقدار کمی آب حل کرده و چند قطره از شورابه حاصل را در شیشه ساعت ریخته سپس قطره معرف به آن می‌افزایند. در صورت وجود پتاس رسوب لخته‌ای قرمز رنگ تشکیل می‌شود. البته این معرف به مرور زمان تأثیر شدیدی حتی بر روی محلول‌های با مقادیر کم پتاسیم می‌گذارد و خاصیت اصلی خود را از دست می‌دهد. نیتريت کبالت سدیم از دیگر معرف‌ها است. برای استفاده از آن مقداری نمونه نمک را با آب مقطر در یک شیشه در دار کاملاً بهم زده و می‌گذارند ته نشین شود. سپس چند قطره از مایع شفاف بالای محلول را بر روی شیشه ساعت ریخته، چند قطره نیترات نقره 0/05 درصد و یک کریستال کوچک نیتريت کبالت سدیم به آن اضافه می‌کنند. تشکیل رسوب یا تیرگی زرد رنگ نشانگر وجود پتاسیم است.

- استفاده از نسبت برم به کلر: همانطور که ذکر شد با افزایش غلظت شورابه مقدار برم

بیشتری جانشین کلرور نمک‌ها می‌شود بنابراین مقدار برم در کانیهای پتاس بیش از مقدار آن در کانیهای سدیم‌دار است. یعنی اگر مقدار برم را در نمک طعام برابر 1 بگیریم این مقدار در کارنالیت برابر 7 و در سیلویت 10 است (Braitsch, 1962) اگر مقدار برم موجود در نمک به صدو پنجاه



گرم در تن برسد، می‌توان انتظار وجود پتاس را داشت. البته در تمامی موارد عمل به این سادگی نیست، گاهی اوقات نمک موجود در یک ذخیره در اثر انحلال و رسوب مجدد و یا مخلوط شورابه دریایی مولد نمک با شورابه غیردریایی، تشکیل می‌شود.

از نسبت برم به کلر می‌توان در تعبیر و تفسیر وضعیت اعماق، درجه حرارت آب، درجه شوری، تغییرات جانبی و عمودی غلظت آب شور حوضه‌هایی که آرام بوده‌اند، استفاده کرد. ترکیبات مختلف برم که به صورت محلولهای جامد با هالیت و کلرور پتاسیم تشکیل می‌گردند، به سادگی در آب محلول هستند. بنابراین تحت تأثیر آبهای جوی از محیط خارج می‌گردند. این مسئله در تعیین مقدار برم موجود در نمکهای نمونه‌گیری شده مشکل به وجود می‌آورد و باید توجه شود که نمونه‌گیری از عمق و دور از مناطق سطحی و هوازده انجام گردد.

از روشهای فیزیکی متفاوتی برای کشف ذخایر پتاس استفاده شده است و تا به حال بسیار موفقیت آمیز بوده‌اند. یکی از ساده‌ترین آنها استفاده از دستگاههای سنتیلومتر است که در بررسیهای مقدماتی و سطحی به کار برده می‌شود. این دستگاه تشعشعات احتمالی ناشی از پرتوزایی ایزوتوپ K40 را که در شرایطی همراه یون پتاسیم وجود دارد، نشان می‌دهد. استفاده از این دستگاه محدودیتهایی به همراه دارد از جمله آن که شعاع تشخیص دستگاه حدود 5 متر و عمق 1 تا 3 متری نسبت به نقطه‌ای است که دستگاه قرار دارد و احتمالاً مشکلاتی را در تعیین دقیق مکان ذخیره به وجود می‌آورد. چنانچه ایزوتوپ K40 که رادیواکتیو است، با ایزوتوپهای معمولی 39 یا 41 همراه نباشد، دستگاه وجود پتاس را نشان نمی‌دهد.

از دیگر روشهای فیزیکی استفاده از دستگاه ماوراء بنفش است. این دستگاه نسبت به موادی که خاصیت فسفرسانس و فلورسانس دارند، حساسیت نشان می‌دهد. بنابراین از بین کانیهای تبخیری



تنها نسبت به کارنالیته حساس است، اما به دلیل اینکه کارنالیته بسیار محلول و در رخنمونهای تبخیری بسیار نادر است، موارد استفاده آن بسیار محدود می‌شود. بسیاری از ذخایر پتاس در نتیجه حفاریهای نفت و گاز و ارزیابی لاگهای ژئوفیزیکی مانند لاگ اشعه گاما، نوترون، صوتی، پرگاری (calper)، دانسیته و مقاومتی کشف شده‌اند. بررسی لاگ اشعه گاما واکنشهای پتاسیم رادیواکتیو را نشان می‌دهد و برای ارزیابی پتاسیم در داخل زمین و در اعماق زیاد، بسیار مؤثر است. از دیگر روشهای فیزیکی می‌توان به لرزه نگاری و ثقل سنجی نیز اشاره کرد.

به جز استفاده از روشهای شیمیایی و فیزیکی، با بررسی وضعیت حوضه تبخیری می‌توان به وجود پتاس پی برد. حوضه تبخیری دریایی از نظر عمق، شکل، اندازه و ... مورد بررسی قرار می‌گیرد. معمولاً املاح پتاسیم در قسمت‌های عمیق و مرکزی حوضه تشکیل می‌شود. از شکل توپوگرافی منطقه می‌توان برای اکتشاف پتاس و نمک استفاده کرد. ساختمانهای گنبدی، چینه‌های نمکدار، فضا‌های خالی (در اثر انحلال نمک) و رسوبات گچ در مناطق پتاس دار دیده می‌شوند.

1-6- شیوه‌های استخراج و آماده‌سازی

معادن پتاس مشابه با بسیاری از معادن زیرزمینی دیگر، با شفت‌های عمودی تجهیز می‌شود. این شفتها خود بوسیله حفاری، انفجار و یا ماشین‌های حفاری با قطر زیاد ایجاد شده و عمق و الگوی استخراج آنها به وضعیت خاص زمین‌شناسی انباشته بستگی دارد.

معدنکاری پتاس، به روشهای گوناگونی از جمله روش اتاق-پایه (room-and-pillar) و با استفاده از حفاری، انفجار و نیز برخی موارد ماشین‌های استخراج (معدنکاری) مداوم انجام می‌گیرد. روش‌های معمول در استخراج همچون مته‌های jumbo، انفجارهای نیترا آمونیمی، ماشینهای



تخریبی (mucking) و ماشین‌های ماکوپی (shuttle cars)، برای انواع کنسارها قابل استفاده است. ماشین‌های استخراج مداوم در کنسنگ نامنظم و بی‌قاعده که حاوی مناطق فقیر و یا واجد مقادیر قابل ملاحظه‌ای از کانیهای سولفات سخت باشد، به کار نمی‌رود. در برخی مناطق، معدنکاری به روش پله‌ای (steps)، علیرغم هزینه بیشتر، به جای روش اتاق- پایه انجام می‌شود.

بیشترین حجم فرآورده‌های پتاس تجاری، به سه روش فلوتاسیون، انحلال انتخابی (شستشو) کانی‌های گانگ و ته‌نشست کانی‌های پتاس از یک شورابه‌داغ، تغلیظ می‌شود. اغلب کانه‌های سیلویت استخراجی در کارخانه‌هایی که مجهز به دستگاه‌های خردایش، آهک‌زدایی، فلوتاسیون و شبکه خشک شدن است، فرآوری می‌شود. در بعضی شرایط که سیلویت و لانگینیت بصورت مخلوط در کانی موجود باشد، از یک واسطه سنگین برای جدایش فیزیکی و تغلیظ آنها استفاده می‌شود.

کانی‌های کارنالیت و سیلویت، با مقادیر زیادی مواد یا ناخالصی‌های نامحلول در بین دانه‌های کانی سیلویت را، می‌توان از طریق انحلال انتخابی کانی‌های پتاسیم در شورابه‌ای از کلریت سدیم، آهک‌زدایی آن و ته‌نشینی یک محصول سیلویتی خالص، تحت کنترل ترکیب و درجه حرارت شورابه بدست آورد.

سولفات پتاسیم، بصورت یک کانی طبیعی تشکیل نمی‌شود، بلکه می‌توان آن را از برخی شورابه‌های طبیعی و یا مخلوط شورابه‌هایی که خود از انحلال کانی‌های پتاسیم و پتاسیم- سولفات حاصل شده‌اند، بدست آورد. کانی‌های لانگینیت و کائینیت بیشتر در این فرآیند بکار می‌روند. پتاسیم اضافه مورد نیاز در واکنش، از طریق شورابه‌ای که خود از انحلال سیلویت تهیه شده فراهم می‌شود. روش استخراج انحلالی، تنها برای کانی‌های کلریدپتاسیم قابل استفاده است و علاوه بر آن، فقط در شرایطی که کانه غنی از سیلوینیت و با ضخامت زیاد باشد، اقتصادی است.

**1-7- مصارف عمده**

پتاس در صنایع مختلفی استفاده می‌شود اما مهمترین کاربرد آن به عنوان کود شیمیایی در صنایع کشاورزی است. سایر مصارف آن در صنایع غیر کشاورزی مانند تولید صابون و شوینده‌ها، رنگهای شیمیایی و داروها، صنایع شیشه و سرامیک، صنایع غذایی، تهیه گل حفاری و... هستند که حجم بسیار کمی از تولید پتاس در این صنایع مصرف می‌شود. در ایران پتاس به صورت کودهای شیمیایی و به میزان بسیار کمی در صنعت مصرف می‌شود. در سالهای اخیر با تلاش وزارت کشاورزی میزان مصرف کودهای شیمیایی پتاس دار افزایش یافته و به منظور تولید این کودها در داخل کشور و صرفه جویی ارزی در واردات پتاس، واحدهایی جهت تبدیل کلرور پتاسیم (100٪ وارداتی) به سولفات و نیترات پتاسیم احداث شده است.

1-8- ذخایر جهانی *

بر اساس آمار سال 2005، منابع (resource) جهانی پتاس به حدود 250 میلیارد تن می‌رسد. کانادا و پس از آن روسیه و بلاروس، بیشترین حجم ذخایر پتاس را در اختیار دارند.

جدول 1-2- میزان ذخیره، ذخیره پایه و تولید جهانی پتاس در سال 2005 (هزار تن)

کشور	ذخیره	ذخیره پایه	تولید
آمریکا	90000	300000	1200
بلاروس	750000	1000000	4500
برزیل	300000	600000	400



10700	9700000	4400000	کانادا
370	50000	10000	شیلی
600	450000	8000	چین
3800	850000	710000	آلمان
2100	580000	40000 ⁽¹⁾	اسرائیل
1200	580000	40000 ⁽¹⁾	اردن
5000	2200000	1800000	روسیه
500	35000	20000	اسپانیا
60	30000	25000	اوکراین
600	30000	22000	انگلیس
-	140000	50000	سایر کشورها
31000	17000000	8300000	جمع جهانی (گردشده)

⁽¹⁾ مجموع ذخایر و ذخایر پایه دریای بحرالمت به طور تقریبی بین اسرائیل و اردن تقسیم شده است.

پراکندگی ذخایر پتاس و فرآورده‌های حاصل از آن با موقعیت جغرافیایی و سن زمین‌شناختی سنگ میزبان ارتباط دارد. به عنوان نمونه، تبخیری‌های پالئوزوئیک، ذخایر فراوانی به شمار می‌روند در حالیکه تبخیری‌های مربوط به مزوزوئیک و جوانتر که به طور گسترده پراکنده شده‌اند، فقط حدود 2 درصد از ذخایر اقتصادی پتاس را تأمین می‌کنند.

9-1- تولید جهانی*

تولید معدنی پتاس جهان در سال 2005، در حدود 31 میلیون تن بود. بخش بزرگی از این حجم، تنها در 15 کشور جهان تولید می‌شود که اغلب این کشورها از بزرگترین صادر کنندگان پتاس نیز هستند. کانادا با تولید 10/7 میلیون تن، به عنوان بزرگترین تولیدکننده پتاس در جهان شناخته شد. نکته قابل ذکر در ارتباط با تولید پتاس، توزیع ناهماهنگ کشورهای تولیدکننده در سطح جهان



است. به عنوان مثال، در اقیانوسیه و آفریقا، هیچ سهم تولیدی از پتاس گزارش نشده است؛ بنظر می‌رسد که این مناطق، همراه با آسیا و خاورمیانه، به واردات این ماده و نیز فرآورده‌های کودی آن نیاز داشته باشند.

جدول 3-1- میزان تولید معدنی پتاس در سال 2005 (برحسب هزارتن)

کشور	تولید
آمریکا	1200
بلاروس	4500
برزیل	400
کانادا	10700
شیلی	370
چین	600
آلمان	3800
اسرائیل	2100
اردن	1200
روسیه	5000
اسپانیا	500
اوکراین	60
انگلیس	600
سایر کشورها	-
جمع جهانی (گردشده)	31000



10-1- صادرات جهانی*

سهم بیشتر صادرات جهانی پتاس متعلق به آمریکای شمالی، جمهوری‌های شوروی سابق و یا اروپای غربی است. بزرگترین صادر کنندگان پتاس کانادا، کشورهای مشترک المنافع (CIS) و آلمان هستند. صادر کنندگان عمده اکثراً کلرور پتاسیم را به دیگر کشورها صادر می‌کنند. سولفات پتاسیم به دلیل مصرف کمتر در رده دوم قرار دارد. آمریکا عمده‌ترین صادر کننده سولفات پتاسیم در سراسر جهان است. کشورهای آسیائی مانند اسرائیل و اردن نیز از صادر کنندگان عمده نمکهای پتاسیم و کلرور پتاسیم هستند و صادرات آنها نیاز برخی کشورهای آسیایی مانند چین را مرتفع می‌سازند. به دلیل عدم تولید پتاس در ایران صادرات این محصول منتفی است.

11-1- قیمت جهانی*

با توجه به اینکه پتاس در فصول معینی خریداری می‌شود، بنابراین قیمت آن در فصول مختلف متغیر است. قیمت‌های صادراتی کانادا از همه جا ارزانتر و قیمت‌های بازار اروپا گرانتر از سایر بازارهاست. معمولاً قیمت کلرور پتاسیم دانه‌ای نسبت به انواع دیگر کلرور پتاسیم گرانتر است و این به دلیل استفاده گسترده از آن به عنوان کود شیمیایی است. عوامل بسیاری در میزان قیمت پتاس دخالت دارند از جمله حمل و نقل، میزان خرید، نوع محصول و ... کلرور پتاسیم مورد مصرف در صنایع مختلف خصوصاً صنایع داروسازی با درجه خلوص بسیار بالا استفاده می‌شود و بنابراین قیمت بسیار بالاتری نسبت به نوع مصرفی در کود شیمیایی دارد.



به طور کلی قیمت صادرات جهانی پتاس با متوسط نرخ رشد 8/76٪ افزایش از 107/8 دلار برتن در سال 1997 به 145/59 دلار برتن در سال 2001 رسید. قیمت پتاس در ایران کاملاً به قیمت جهانی وابسته است.

12-1- واردات جهانی*

اغلب کشورهای جهان عمدتاً نیاز خود را از طریق واردات مرتفع می‌سازند. کشورهایی که دارای صنعت کشاورزی گسترده دارند مانند چین و آمریکا، علاوه بر مصرف تولید داخلی، از واردکنندگان عمده پتاس هستند. عمده ترین کشورهای وارد کننده شامل آمریکا، چین و برزیل هستند که روند میزان واردات در این کشورها رو به افزایش است. آمریکا بزرگترین وارد کننده و نیز مصرف کنندگان پتاس (در حدود 25 درصد مصرف جهانی) در جهان است. میزان واردات پتاس به آمریکا بیش از میزان کل واردات پتاس به چین و برزیل است. افزایش تولید محصولات کشاورزی و توسعه صنعت کشاورزی آمریکا، چین، برزیل و ... نیاز رو به رشد مصرف پتاس و در نتیجه افزایش واردات را ایجاد می‌کند. چین بزرگترین تولید کننده و مصرف کننده کودهای شیمیایی در آسیا است. چین توانسته است در تولید کودهای ازته و کودهای فسفاته (حدود 75 درصد نیاز داخلی) به خودکفایی برسد اما پتاس تولیدی در داخل کشور تنها حدود 5 درصد از نیاز داخلی را فراهم می‌کند و مجبور به واردات پتاس خصوصاً از کشورهای کانادا، اسرائیل و اردن است. در اروپا نیز بزرگترین وارد کنندگان بلژیک و فرانسه هستند.

¹ *: در ذکر آمار و ارقام از سایت www.usgs.org استفاده شده است.



فصل دوم

گنبد‌های نمکی



2-1- مقدمه

گنبد‌های نمکی یکی از ساختارهای مهم در مطالعات زمین‌شناسی می‌باشند. گنبد‌های نمکی در اثر پدیده‌ای به نام دی‌پایریسم شکل می‌گیرند که نحوه و مکانیسم تشکیل و حرکت آن مورد بحث‌های زیادی بوده است. حضور گنبد‌های نمکی در هر منطقه موجب ایجاد مورفولوژی خاص در آن منطقه شده و برویژگی‌های تکتونیکی منطقه اثرات بسزایی خواهد گذاشت.

دی‌پایرهای نمکی یکی از مسائل مورد توجه در اکتشاف نفت می‌باشند. تاثیرات گنبد‌های نمکی در به دام انداختن هیدروکربن‌ها و اثرات تخریبی و یا مفید آنها بر سنگ مخزن و سنگ پوش و همچنین تاثیر نمک بر خود هیدروکربن از مسائل مهم و مطرح در زمین‌شناسی نفت است.

هم‌چنین کانی‌سازی‌هایی که در اطراف گنبد‌ها صورت می‌گیرد مانند کانیهای فلزی و کانی‌های مهم و اقتصادی موجود در خود گنبد‌ها (کانیهای مانند هالیت، پتاس و ...) آنها را مورد توجه زمین‌شناسان قرار داده است.

2-2- دی‌پایریسم

واژه دی‌پایریسم در زبان یونانی به معنی **سوراخ کردن** است و به پدیده ساختاری اطلاق می‌گردد که طی آن مغزه‌ای از مواد شکل‌پذیر (ductile) رو به بالا در ترادفهای سنگی تزریق شده و ممکن است مدفون باقی مانده و یا در سطح زمین ظاهر گردد. به عبارتی دیگر دی‌پایر عبارت از چین‌گسیخته می‌باشد و نه یک هسته شکل‌پذیر و نه یک سوزن یا توده نفوذی.



دیاپیریسیم می تواند به صورت یک پدیده ماگمایی و یا حاصل از بالا آمدگی گنبد‌های نمکی باشد. در مورد دیاپیریسیم ماگمایی استدلال بر این است که ماگما یا به صورت مذاب بوده و یا در طی مسیر به سمت بالا به صورت مذاب در می آید. در مورد دیاپیرهای هالیت، رس یا ماسه این استدلال نمی تواند درست باشد. این دیاپیرها در نقاطی ایجاد می شوند که فشار در آنها حاکم است. دیاپیرهای رسی یا گلی بیشتر در محیط های دلتایی یافت می شوند. یک پوشش از شیل دیاپیری اغلب در پهلوها و یا گاهی روی ستیغ یک دیاپیر نمکی دیده می شود.

2-2-1- ویژگی های دیاپیر

- شکل خارجی دیاپیرها به شدت متغیر است. هیچ دو دیاپیر هرگز مثل هم نیستند؛ دیاپیرهای نمکی از دیوارهای نمکی طویل تا پیکره های دارای کشیدگی محدودتر و بیضوی شکل تا ساختمان های نیمه دایره تغییر می کنند.
- شکل ستیغ دیاپیرها بسیار تغییر پذیر است. در بعضی نواحی، گسیختگی یکی از مشخصه های منطقه ستیغ است که علت آن توسعه سوزن ها و یا فروریزش پس از شکستگی روباره نمک و چرخش آب است. جایی که منطقه ستیغ دست نخورده است، ممکن است دیاپیر دارای سطح فوقانی به شکل مسطح یا به شکل گنبد باشد که اغلب شامل توسعه یک پوشش سنگ است. در بعضی موارد، یک دیواره معلق در حال توسعه است که علت آن کشش جانبی شبیه قارچ در قسمت فوقانی نمک است.
- بسیاری از دیاپیرهای نمکی قله هایی دارند که حاوی یک ساختمان مسطح و لایه ای است که گاهی چند صد متر ضخامت دارد و به عنوان پوشش سنگ شناخته می شود. این لایه بندی دارای مقادیر متفاوتی از مواد مختلف مانند انیدریت، ژپس، کلسیت، گوگرد است. وجود



پوش سنگ مربوط به تجمع باقیمانده های غیر قابل حل ستیغ سنگ نمک در حال صعود می باشد که بیشتر از سایر قسمت ها در معرض انحلال توسط آب سازندی است. این مواد غیر قابل حل به شدت متراکم خواهند بود و در طی صعود نمک کاملاً سخت می شوند. روبراه ی یک دیاپیر اغلب به شدت گسیخته و شکسته می شود و انحلال و فرو ریزش در آن روی می دهد.

- مساحتی که گنبد‌های نمکی در سطح زمین اشغال می کنند، معادل قطر ساقه اصلی خود گنبد نیست زیرا با جریان یافتن نمک در اطراف ساقه گنبد (که در اصطلاح نمک سار گفته می شود)، گسترش سطحی خیلی بیشتر از قطر ساقه نمک است.

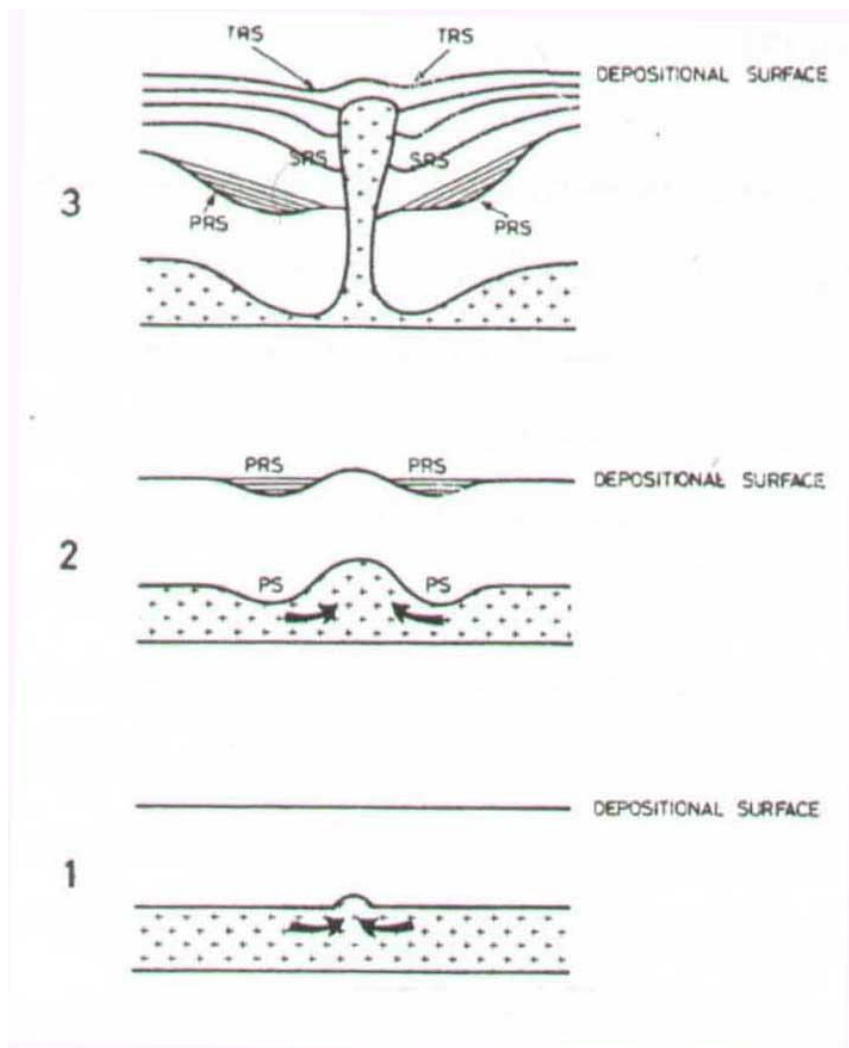
2-2-2- حرکت نمک

حرکت نمک یا توسعه یک دیاپیر فرایندی سه مرحله ای است که شامل:

1- قبل از سوراخ کردن *Pre-Pier cement*

2- مرحله سوراخ کردن *Pier cement*

3- بعد از سوراخ کردن *Post-Pier cement*



تصویر 1-2- نمایش نموداری تمام مراحل تکامل یک دیاپیر که از 1 - شروع شدن برآمدگی تا 2- مرحله

قبل از سوراخ کردن تا 3- مراحل سوراخ کردن و پس از سوراخ کردن

PS = گودال پیرامونی

PRS = سینکلاین حاشیه ای اولیه

SRS = سینکلاین حاشیه ای ثانویه

TRS = سینکلاین حاشیه ای ثالث یا مرتبه سوم



- مرحله قبل از سوراخ کردن: یک برآمدگی ضخیم، در لایه نمک توسعه می یابد که همراه با آن یک گودال پیرامونی در قسمت فوقانی نمک در برگیرنده برآمدگی، به وجود می آید و در سطح رسوبگذاری فوقانی که با امکان ضخامت چندین هزار فوت، فرونشینی به نام سنکلاین حاشیه ای اولیه به وجود می آید و رسوبات در این سنکلاین نهشته می شوند. رسوب گذاری در سنکلاین از شکل گودال پیرامونی تأثیر می گیرد و به تبع آن متاثر از شکل برآمدگی نمک است. ضخامت رسوبات در سنکلاین حاشیه ای به سمت برآمدگی نمک کاهش می یابد.

- مرحله سوراخ کردن: اگر نمک دوباره را سوراخ کند، صعود آن سریعتر خواهد بود و در نتیجه دوباره سریعتر فرونشست خواهد نمود. میزان فرونشستگی به سمت دیاپیر بیشتر است، در نتیجه ضخامت رسوبات به سمت دیاپیر بیشتر می گردد. در این حالت رسوبات در سنکلاین حاشیه ای ثانویه که مشخصه مرحله سوراخ کردن است، نهشته می شوند. در این مرحله نمکی که به بالا صعود می کند، ممکن است فقط از بخش های عمیق تر منشأ بگیرد و نه از کل نمک.

معمولاً ستیغ دوباره در معرض فرسایش قرار می گیرد. این امر منجر به نهشته شدن مجدد فرآورده های فرسایشی در سنکلاین حاشیه ای اولیه می گردد و در اثر کاهش تدریجی بار دوباره و افزایش بار در سنکلاین حاشیه ای موجب شتاب بخشیدن به صعود نمک خواهد شد. مرحله قبل از سوراخ کردن با مرحله سوراخ کردن ممکن است با تغییر رخساره آب شیرین تا رخساره آب عمیق مشخص گردد.

- مرحله بعد از سوراخ کردن: بعد از اتمام مرحله سوراخ کردن در بعضی موارد در اثر رسوبگذاری رسوبات جوان، بالا آمدگی نسبتاً کوچکی از نمک به وجود می آید و در اثر فرونشست



رسوبات، سنکلاين حاشيه اى سوم بوجود مى آيد. اين سنکلاين اغلب به علت تشکيل گسل و گرابن و انحلال از بين مى رود.

در صورتى که تمام رسوبات سنکلاين حاشيه اى اوليه در حال فرسایش از بين نروند، فرونشینی شديد همراه با مرحله سوراخ شدن موجب ایجاد یک شکل نیمه کماني خواهد شد که به سمت دياپير نازک مى گردد. به واسطه همين ویژگی اين رسوبات از رسوبات با ضخامت یکسان قبل از حرکت و رسوبات ضخيم سنکلاين حاشيه اى ثانويه متمایز مى شوند. زمانی که دو یا چند دياپير نمکی به طور همزمان نمو مى يابند ساختمان نیمه کماني ممکن است بين آنها کامل شود که به خاطر شکل آن در مقطع عرضی، ساختمان لاک پشتی نامیده مى شود.

حرکت نمک به سمت بالا با دو فرآیند زیر توضیح داده مى شود:

- هالوتکتونیک (halotectonism): زمانی که استرس فشارشی بر روی یک ستون استراتیگرافی حاوی نمک وارد مى شود.

- هالوکینز (halo kinesis): مربوط به زمانی است که یک روباره چگال تر روی یک لایه نمک شناور قرار مى گیرد. در واقع این پدیده یک موقعیت ایزوستاتیک ناپایدار ثقلی است.

به نظر مى رسد هالوتکتونیسیم اغلب در مراحل اولیه حرکت نمک مهم باشد و هالوکینزيس در کنترل مراحل حدواسط و بعدی مهم باشد. اگر ساختمان های نمکی، طویل شده و به موازات روندهای تکتونیکی اصلی باشند، هالوتکتونیک در شروع حرکت نمک نقش مهمی داشته است.

زمین شناسان زیادی، نیروهای تکتونیکی و خاصیت سبکی و رفتار روانی - شکل پذیری سنگ

نمک را موجب صعود نمک و تشکيل گنبد دانسته اند.



3-2-2- عقاید و نظریات متفاوت درباره مکانیسم تشکیل گنبد‌های نمکی

خاصیت پلاستیک در نمک را می‌توان با وجود چین‌های ظریف در آن به اثبات رسانید.

- O'Brien عقیده دارد که صعود نمک در جنوب ایران از طریق نقاط وضعی که در اثر صعود

دایک‌ها و نفوذی‌های بازیک به وجود آمده صورت می‌گیرد که علت آن نیروهای لیتواستاتیکی

است. او علت صعود دیاپیرهای زاگرس را بیشتر مربوط به وزن زیاد رسوبات روی نمک می‌داند تا

کوهزایی. همچنین عقیده بر این است که میزان سدیم سنگ‌های آذرین سازند هرگز بالا است و ماده

مذاب در درجه حرارت کم، مقادیر قابل توجهی از سنگ را هضم کرده و دایک‌ها و توده‌های

نفوذی بازیک راهی را برای گریز و کوچ نمک به سطح زمین فراهم آورده است. مطالعات با مدل‌های

دو بعدی نشان دادند که اختلاف میان دانسیته نمک و سنگ‌های شکننده عامل رشد دیاپیر نمکی

است. بنابراین خاصیت شناوری (بویانسی) بهترین مکانیسم در گنبد نمکی برای نفوذ و شکستن و

سوراخ نمودن بار فوقانی در سنگ‌های شکننده است. چند عامل دیگر می‌تواند موجب افزایش

رشد دیاپیر گردد: کشش در بار فوقانی، فرسایش بار فوقانی، فرونشست محلی قاعده در طول

گسلها اما از میان آنها فرسایش عامل اصلی است..

- O'Brien (1957): در بررسی گنبد‌های نمکی ابوموسی و تنب، علت حرکت نمک را

مربوط به وجود یک تاقدیس با شیب ملایم روی لایه نمک دار می‌داند که نمک همانند

هیدروکربورها، در امتداد لایه به طرف مناطق کم فشار حرکت می‌کند و با تغذیه از لایه‌های نمک،

به سطح زمین می‌آید. این عمل ممکن است آن قدر ادامه یابد که منبع تغذیه از بین برود و لایه‌هایی

به وجود آید که به آن ناودیس حاشیه‌ای می‌گویند. این پدیده همان هالوکینز است که در بررسی

نقشه‌های زلزله‌شناسی به ثبت رسیده است.



- Gussow عقیده دارد که حرارت، فاکتور بسیار مهمی برای شروع رخنه نمک در طبقات فوقانی است زیرا نمک در درجه حرارت بالاتر از 205°C به سادگی پلاستیک می شود و در درجات حرارت بالاتر بدون گسیختگی جریان می یابد و فشار وزن رسوبات فوقانی عامل حرکت همه نفوذی هاست و در این حالت بویانسی فقط فاکتور تقویت کننده است و فقط زمانی به صورت یک نیروی موثر مطرح می شود که ارتفاع نمک از سطح قاعده افزایش قابل ملاحظه ای پیدا کند. در هنگام رسوبگذاری بویانسی صفر است و تنها عامل حرکت نمک، حرارت است.

- به عقیده Reyer & Monahiez (1972) در اثر بالا آمدن توده بزرگی از نمک، چاله های حاشیه ای یا ناودیس های حاشیه ای پر شده اند که این عمل تامیوسن ادامه داشته است. در این حالت بار سنگینی بر روی نمک های فوقانی میوسن اعمال شده که موجب جدا شدن این نمک ها از قاعده و سوراخ کردن لایه های فوقانی آنها و به دنبال آن ناودیس حاشیه ای جدیدی به وجود آمده که به نوبه خود موجب ایجاد برآمدگی در خارج آن شده است که قادر به سوراخ کردن بخش فوقانی نبوده است.

- بعضی دیگر حرکت توده نمک را به فرونشستن لایه های فوقانی روی آن مربوط می دانند. با این عمل لغزندگی واحدهای ساختمانی نمک بیشتر می شود و در نتیجه جریان افقی همانند مایعات غلیظ بوجود می آید که به طرف مناطق کم فشار حرکت می کند. با توجه به آنکه ضخامت لایه های روی نمک باید به اندازه ای باشد تا نیروی محرکه ای در نمک به وجود آورد، بنابراین سرعت حرکت نمک در همه جا یکسان نیست با حرکت نمک به سمت بالا نیروی محرکه فوق کاهش می یابد و با افزایش بار در اثر رسوبگذاری دوباره نمک به سمت بالا حرکت خواهد



کرد بنابراین حرکت نمک به سمت بالا بسیار کند و غیر یکنواخت است و مقدار آنها در سال 0/1 تا یک میلی متر است.

- در اعماق 5000 متری که درجه حرارت در حدود 150 درجه بیشتر از سطح زمین است. نمک مانند مایعی غلیظ به حرکت درمی آید و حتی ممکن است به صورت خمیری گرم، از گنبد خارج شده و مانند جریان گدازه در دامنه ها شروع به حرکت کند. ضمن سرد شدن، سرعت و حرکت آن کندتر می شود و در این حالت تنها در اثر وزن خود به حالت جامد و به صورت لغزشی به کندی حرکت می کند و در نتیجه در سطح خارجی آن، سطوح برشی (shear) افقی تشکیل می شود. با ادامه آن، در امتداد آنها، خرد شدگی و پودر شدگی در نمک حاصل می شود.

2-3- کانی سازی گنبد‌های نمکی

محیط گنبد نمکی محل کنش و واکنش سنگ و سیال در حوضه های رسوبی دربرگیرنده آنهاست. کانیهای سولفور فلزی، باریت و کلسیت در سنگ های کلاهدک گنبد نمکی وجود دارند. اغلب فرایندهای کانی ساز در سنگ های کلاهدک گنبد‌های نمک، حاصل آبهای گرم سازندهای نمکی از اعماق است که با آب های سطحی سرد می آمیزند. نقل و انتقال مواد به وسیله این سیالهای در حال حرکت و دیاژنزی، عامل مهمی در جابجا کردن و انباشت هیدروکربورها، کوچ و پیدایش سیالهای کانه دار، گسترش تخلخل ثانویه، مسدود کردن تخلخلها و انحلال گنبد‌های نمکی است.

محیط گنبد نمکی جایگاهی ایده ال برای مطالعه روابط ژنتیکی میان انباشته شدن نفت و سولفور است. کانی های موجود در پوش سنگ حاصل عملکرد متقابل نمک و سیالهایی از منابع مختلف می باشند. سیالها می توانند حاصل مهاجرت شورابه های مناطق عمیق در حاشیه های دیاپیر



و آب‌های سطحی و آب‌های دریا‌های کم عمق می‌باشند، هر چند ترکیب سیال کاملاً شناخته شده نیست. کانی‌های پوش سنگ می‌تواند متأثر از ترکیب سیال باشد. در نتیجه، ترکیب گنبد نمکی بیانگر منشأ، مهاجرت و عملکرد سیال در حوضه رسوبی نمکی است. به این منظور از ایزوتوپ‌های رادیوژنیک و پایدار می‌توان استفاده کرد. به طور مثال در حوضه‌هایی که نمک‌ها انحلال می‌یابند، محیط قلیایی شده در نتیجه مواد ارگانیک در حوضه انباشته می‌شوند.

با داشتن قابلیت حرارتی بالا، گنبد‌های نمکی به صورت هادی حرارت، عمل کرده و موجب تسریع واکنش‌های شیمیایی، انحلال، ته‌نشست، بلوغ مواد هیدروکربوری و جریان سیال‌ها می‌شود. در اثر عملکرد متقابل گنبد‌های نمکی، سیال‌های حوضه‌ای و هیدروکربورهاست که ذخایر اقتصادی سولفیدی و سولفید‌های فلزی در سنگ پوش تشکیل می‌شوند.

ذخایر سرب و روی در گنبد‌های نمکی نشان‌دهنده روابط میان کانی‌سازی سولفیدی و دی‌پیریسیم است. ژئوشیمی و طبیعت سیال کانه‌دار برای تشکیل ذخایر سرب و روی هنوز مجهول باقی مانده است. منشأ سولفور فلزات و تمرکز آنها در سیال‌های کانه‌ساز، مکانیسم جابجایی و ته‌نشست کانی‌های فلزی و واکنش‌های شیمیایی نیز مشخص نیستند. اما ظاهراً منشأ سیال کانی‌دار محیط رسوبی است. بنابراین تحولات حوضه و از دست دادن آب موجب ایجاد سیال کانی‌دار می‌شود. خود توده نمک نیز می‌تواند یون‌های فلزی را برای تولید ذخایر سولفیدی فراهم آورد. میان سیال کانی‌دار تشکیل‌دهنده کانی‌های سرب-روی و آب شور حوضه‌های نفتی شباهت‌های بسیار قابل توجهی وجود دارد که نشان‌دهنده این است که ذخایر هیدروترمالی سرب-روی احتمالاً با تشکیل نفت و یا همزمان با آن ارتباط دارد.



طبق نظر غضبان (1369) ولکانیک های همراه با گنبد‌های نمکی سری هرمز در ایران را می توان به پدیده ریفت و حوضه های تکتونیکی قدیمی منسوب دانست.

شبهت بسیاری میان تجمع کانیهای فلزی و تجمع هیدروکربورها در دیاپیرها وجود دارد. کانسار یک میلیون تنی روی بوگرین در مغرب مثال مناسبی از کانی سازی در یک دیاپیر است. این کانسار سه تمرکز اقتصادی را به شرح زیر نشان می دهد:

1- توده های فلزی عدسی شکل در ژوراسیک، کرتاسه

2- کانسار عیار بالا (%25 روی + سرب) که رسوبات کرتاسه را به طور عرضی قطع می کند.

3- کانی سازی لایه ای در آهک های غنی از مواد آلی 1369 (Jean- Jacyques Orgeval)

از جمله منابع اقتصادی مهم درگنبد های نمکی ، نمک است این ماده در صنایع شیمیایی، دارویی، نساجی و غذایی و زینتی کاربرد دارد در جنوب ایران در سازند هرمز، خاک سرخ با نمک قرابت ژنتیکی دارد و قابل استحصال است. حاشیه گنبد‌های نمکی که اغلب رسوبات واریزه ای گنبد را در خود جای می دهد، محل مناسبی جهت نهشته شدن این ذخایر است. ذخایر خاک سرخ در حاشیه گنبد های نمکی به دلیل تخریب و حمل آنهاست. علاوه بر خاک سرخ، اکسیدهای آهن که به صورت بلورهای بسیار ریزه‌ماتیت و اولیژیست است و در گنبد نمکی لارک ذخایر اقتصادی دارند، به دلیل وزن مخصوص بالا جهت حفاری استفاده می شود.

از طرفی زون های برشی ایجاد شده در حاشیه گنبد‌های نمکی مجراهایی را برای صعود

سیالات فراهم می کند. جهت کانی سازی فلزاتی مانند مس و نقره مهاجرت سیال امکان دارد از



طریق خود دیاپیر صورت گیرد مانند دیاپیرهای دریای شمال انگلستان. همچنین انحلال نمک در سیال‌هایی که به این طریق جابجا می‌شوند، موجب تغییر شوری آن می‌گردند.

پوش سنگ در گنبد‌های نمکی تگزاس از عمق به سطح شامل انیدریت، ژپس و زونهای کلسیتی است. زون انیدریت مقادیر فراوانی سلسیت دارد که حاصل محلولهای استرانسیم دار است. زون کلسیتی حاصل آلتراسیون باکتریایی سولفات در اثر تخریب هیدروکربورهاست. این زون کانیهای سولفیدی فراوان و نفت دارد و ضخامت آن تقریباً 40 فوت است که با سولفیدهای آهن توده‌ای مشخص می‌گردد. این سولفیدها در اثر تاثیر متقابل شورابه‌های فلزدار داغ و عمیق با سولفور تولید شده از آب‌های زیر زمینی توسط باکتری‌هاست.

2-4- گنبد‌های نمکی ایران

گنبد‌های نمکی ایران در دو منطقه واقع شده‌اند:

در جنوب ایران و در شمال کویر بزرگ (مرکزی)

2-4-1- گنبد‌های نمکی جنوب ایران؛ زاگرس

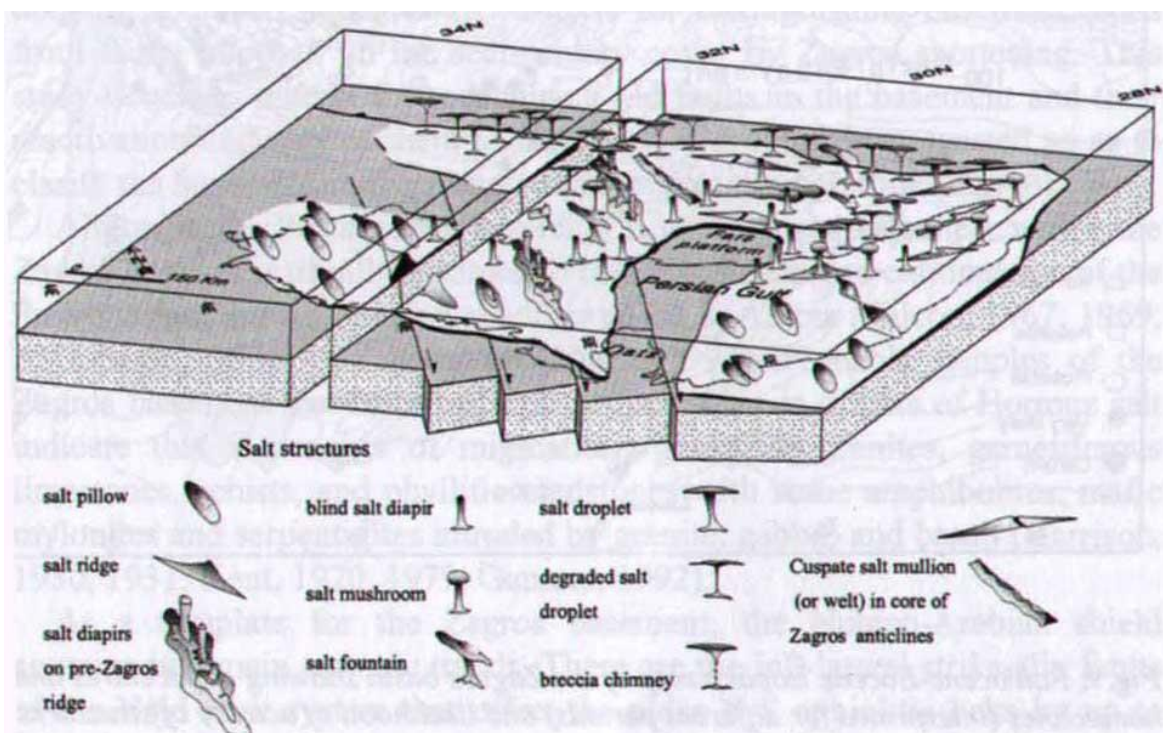
(Koyi (1990 سه نوع دیاپیر در زاگرس معرفی می‌کند:

1- دیاپیرهای پیش از کوتاه شدگی: این دیاپیرها کوچک هستند.

2- دیاپیرهای همزمان با کوتاه شدگی جانبی کمربند زاگرس: منحصر به تاقدیس‌ها می‌باشند و

می‌توانند در راستای عمود بر محور چین خوردگی دراز و کشیده شوند.

3- دیاپیرهای بعد از کوتاه شدگی.



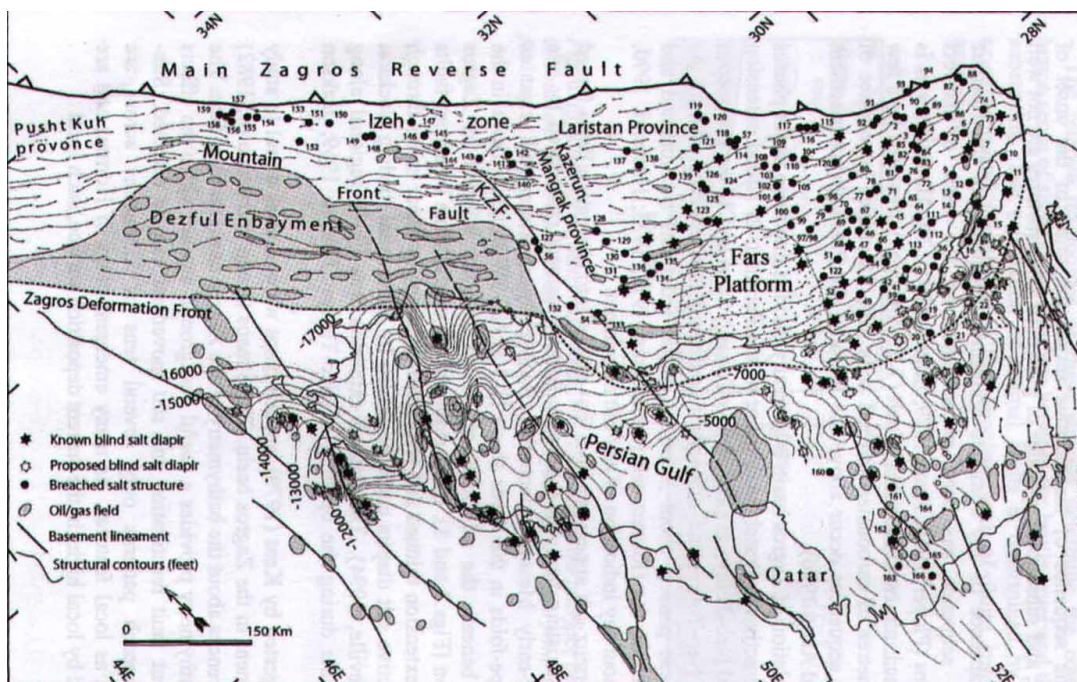
تصویر 2-2- بلوک دیاگرامی از کمربند چین- تراست زاگرس و خلیج فارس که نشان دهنده گنبد نمکی هرمز و شکل ساختارهای درون آن است.

گنبد‌های نمکی که در سنگ‌های پوش با ضخامت تا 10000 متر نفوذ کرده اند در امتداد رواندگی زاگرس و خطوط راندگی موازی آن و در طول گسله‌های راستانند پی سنگ ناحیه ای پخش شده اند. حرکت در طول گسله‌های پی سنگ سنگ‌های مجاور سنگ پوشش را خرد کرده و بالا آمدن نمک هرمز، آنها را بالا آورده است

گنبد‌های نمکی جنوب ایران در سه راستای شمال- جنوب، شمال شرق- جنوب غرب در ناحیه هرمزگان و بوشهر (101 گنبد و دیاپیر) و شمال غرب- جنوب شرق در فارس (14 دیاپیر) قرار گرفته اند. با توجه به شکستگی‌های پی سنگ پرکامبرین در سه روند 1- شمال- جنوب (گسله‌های کازرون، رازک، بسنانه میناب) 2- شمال شرق- جنوب غرب (گسله‌های چارک و گچین)،



3- شمال غرب- جنوب شرق (گسل سراسری زاگرس) Kent عقیده دارد که عامل اصلی صعود دیاپیر، استرس‌های وارده در جهات فوق است. وی سعی کرده که گنبد‌های نمکی را در این راستا تطبیق نماید. اما مشخص است که تعداد بسیاری از گنبد‌های نمکی بر این سه راستا منطبق نیستند. بنابراین ضمن قبول تأثیر مشخص استرس بر روی صعود گنبد نمکی لارک و دیگر گنبد‌های جنوب، آن را عامل منحصر به فرد نمی توان دانست.



تصویر 3-2- پراکندگی ساختارهای گنبد نمکی هرمز در حوضه زاگرس که ارتباط آنها را با گسل‌هایی

با روند N_S نشان می دهد.



Furst (1976)، علت صعود دیاپیرهای بین بندرعباس - بندر لنگه را تغییر جهت حداکثر 90 درجه ای تاقدیس (در اثر شکستگی یا گسلش) می داند یعنی چرخش یا شکسته شدن تاقدیس ها و ناودیس ها موجب بالا آمدن دیاپیرها شده است.

اسپهد (1369) فشارهای جانبی را عامل اصلی صعود گنبد‌های نمکی در اوایل کرتاسه می داند. وی عقیده دارد در هنگام دیاپیریسم، گنبد‌های نمکی دچار چرخش تکتونیکی شده اند. یکی در راستای گسل عمان - نای بند و دیگری در راستای رورانندی زاگرس (شمال غرب - جنوب شرق) است.

علا (1974) علت وجود قطعات سالم پالئوزوئیک زیرین در دیاپیرهای ایران را مربوط به جریان بدون توربولانس می داند. اما Kent & Hedbery (1978) اظهار می دارند که اکثر این دیاپیرها چنان درهم ریخته اند که جریان آرام و خطی نسبتاً کمی را می توان مشاهده کرد.

سازند یا سری هرمز از یک سری نهشته های تبخیری با ضخامت تقریبی 1000 متر تشکیل شده که جایگاه چینه شناسی آن بین پی سنگ و پوشش رسوبی زاگرس است. در سراسر زون زاگرس نهشته های فوق به صورت برجا، بیرون زدگی ندارند بلکه با صعود به بالا به صورت گنبد‌های نمکی بیشمار (بیش از 200 گنبد) از پوشش رسوبی که به طور میانگین 8 تا 10 کیلومتر ضخامت دارد، سر برآورده اند.

سنگهای سازند هرمز شامل بلوک هایی از سنگ های رسوبی با سنگ های آذرین بیرونی درونی و دگرگونی در توده های نمکی و گچی است که به شدت دگر شکل شده اند. وجود ساخت بالشی در سنگ های آذر آواری موجود در گنبد‌های نمکی و همراهی گدازه های جریان و آگلومرای آتشفشانی در بین توالی رسوبی آنها، وجود فعالیت های آتشفشانی را به هنگام رسوبگذاری نهشته



های تبخیری تقویت می نماید. با توجه به تریلوبیت های کامبرین میانی در بلوک های آهکی یکی از گنبد‌ها، سن سنگ های هرمز کامبرین میانی است (صمدیان 1369).

گنبد نمکی جزیره لارک سنی معادل با کامبرین زیرین تا اردوئین داشته و مکانیسم پیدایش آن در زمان حال دیپیری است و به نظر می رسد که بعد از ترشیاری فعالیت های آن زیاد شده باشد زیرا لایه های رسوبی مربوط به سازندهای گروه فارس را شکافته و آنها را برگردانده و در سطح ظاهر شده است. در مورد صعود این گنبد و دیگر گنبد‌های نمکی جنوب به نظر می آید که این دیپیرها اصولاً هیچگاه در اعماق مدفون نبوده اند و عامل صعود گنبد که در نتیجه تحریک نمک، در اثر وزن حاصله بر رسوبات فوقانی و حداقل تا قبل از ترشیاری هرگز چنین باری وجود نداشته است؛ به جز پاره ای از آنها که در پرمین و تریاس مدفون بوده و دیگر بالا نیامده اند. بنابراین نمک از ابتدای تشکیل به صورت گنبد بوده به عبارت دیگر به صورت یک دیپیر فعال عمل کرده و حرکتی به صورت مستمر و تحت شرایط مناسب داشته است. حفاری های انجام شده در مجاورت بعضی از گنبد‌ها، واریزه های کناره یک گنبد نمکی را تا هفت افق متفاوت نشان داده است. این مسأله نشان می دهد که گنبد بارها بالا آمده، فرسوده شده و مدفون گردیده است. گواه دیگر بر عدم مدفون بودن رخنمون سازند هرمز در جزیره لارک این است که اگر نمک در اعماق، تحت تأثیر بار فوقانی خود بالا آمده بود می بایست تمام رسوبات فوقانی خود را بریده و بالا بیاید نه اینکه آنها را بر روی خود بالا آورد. این مسأله مشخصاً تا قبل از ترشیر صادق است و بعد از ترشیر به نظر می رسد که رسوبات روی گنبد‌ها را پوشانده اند که بیشتر متعلق به گروه فارس می باشند. در مشاهدات صحرائی مشخص می شود که دیپیر لارک و دیگر دیپیرها مشخصاً واحدهای ترشیاری را سوراخ نموده و در بسیاری موارد لایه های این واحدها را نیز شیب داده اند تا جاییکه در بعضی از گنبد‌ها آنها را به صورت قائم



در آورده و گاه برگردانده است. مهمترین عامل فعالیت و صعود اولیه نمک و نهایتاً صعود دیاپیر لارک و دیگر دیاپیرهای جنوب، حرارت است که برای اولین بار در اردویسین مجموعه هرمز را تحت تأثیر قرار داد. این حرارت ناشی از فعالیت ماگمایی یا دیگر عوامل حرارتی است. وجود فازهای مختلف ماگمایی دیگر عوامل حرارتی مانند گرادیان حرارتی زمین از زمان تشکیل مجموعه هرمز و چشمه های آب گرم در کنار اغلب گنبد‌های نمکی دلیلی بر فعالیت های گرمایی در منطقه است. گرمایی که به راحتی می تواند نمک را پلاستیک نموده و به حرکت وا دارد. البته نباید نقش استرس‌های تأثیر گذارنده، فشار بار فوقانی و را نادیده گرفت.

2-4-2- گنبد های نمکی کویر بزرگ

بیش از 50 گنبد نمکی در بخش شمالی کویر بزرگ نمایانند و سه واحد چینه شناسی ترشیر در منطقه موجود است.

1- یک نمک قدیمی دریایی گچ دار نسبتاً خالص که ضخامت آن یک تا دو کیلومتر است و در ائوسن - الیگوسن بر جای گذاشته شده است.

2- نمک جوانتر رنگارنگ با ضخامت $1/5$ کیلومتر که شامل تناوبی از نمک، مارن و گل سنگ است که در شرایط دریایی الیگو - میوسن در محیط پلایا نهشته شده است.

3- جوان ترین واحد شامل حداقل 3 کیلو مترشیل سرخ نمک دار و میان لایه هایی از گچ و ماسه سنگ های میوسن است که بخشهای 2 و 3 سازند قرمز بالایی را تشکیل می دهد.

دوازده (12) دیاپیر در کنار هم به شکل یک پوشش Canopy نمکی در کنار یکدیگر قرار گرفته اند. در کنار این پوشش نمکی و یک خوشه مجاور آن سی گنبد در امتداد گسله های موضعی جای گرفته اند.



بعضی از دیابیرها ساخت ساده ای دارند که شامل یک هسته از نمک قدیمی و پوششی از نمک جوانتر روی آن است. بعضی دیگر که قارچ شکل اند، هسته ای از نمک قدیمی دارند. ساقه های دیابیری زیرین به طور نامنظمی به هم پیوسته و پایه هایی را به وجود می آورد که در زیر به صورت رشته های چند پهلو درآمده و گنبد‌های نمک مجاور را به هم می پیوندند.

بررسی های تکتونیکی و میکروتکتونیکی گنبد‌های نمکی جنوب سمنان (کویر نمک) با استفاده از عکس های هوایی تلاقی دو روند چین خوردگی شرق-شمال شرقی و غرب-شمال غربی (روند‌های لارامین) در البرز مرکزی و شمال ایران مرکزی را نمایان ساخته اند که تلاقی این دو روند در تشکیل گنبد‌های نمکی موثر بوده است.

گنبد‌های نمکی کویر نمک که بین 53° تا $54^{\circ} 15'$ طول شرقی و $34^{\circ} 5'$ تا $35^{\circ} 10'$ عرض شمالی قرار گرفته اند، هسته تبخیری دارند و در بعضی از آنها گچ به صورت هاله ای در اطراف نمک قرار گرفته است.

تمرکز این گنبد‌ها احتمالاً مربوط به تراکم زیاد نمک در قاعده سازند قرمز بالایی (میوسن) است. تمام گنبد‌ها در حدود 100 متر از زمین اطراف خود بلندترند و قطر آنها در حدود 8 کیلومتر است. در اطراف گنبد‌های نمک، هاله ای از سنگ گچ با شیب قائم دیده می شود. بسیاری از گنبد‌ها، مارنهای سبز رنگ نواری پیچیده شده از بخش زیرین سازند قرمز بالایی در درون خود دارند. سنگ های آذرین نفوذی و بیرونی در بعضی از گنبد‌ها دیده می شود که ترکیب متفاوت در گنبد‌های مختلف دارند. سنگ های آذرین منشأ گابرویی دارند و از نمک ها جوانترند.

گنبد‌های نمک جنوب سمنان معمولاً از دو سازند مختلف تشکیل شده که سازند قدیمی تر در مرکز گنبد قرار دارد.



در بعضی از گنبد‌ها این ترتیب مشخص و در برخی دیگر درهم ریخته است. هسته تبخیری گنبد‌ها در بخش شمالی ناحیه قدیمی تر می باشند. چین های ناشی از دو روند چین خوردگی، روندهای غالب ساختاری شمال ایران مرکزی که احتمالاً در این ناحیه با شرایط تغییر شکل فشاری و کوتاه شدگی سنگ ها در تمام جهات نیز همراه بوده است، توانسته اند جایگاه های مناسبی برای جمع شدن توده های نمک و گچ در مرکز خود فراهم آورند که در مرحله بعدی بالا آمده و چین ها را قطع کرده اند. بالا آمدن و ظاهر شدن نمک بعد از آخرین حرکات چین خوردگی آلیی احتمالاً در اثر فرونشینی ناحیه و وزن طبقات پوشاننده انجام گرفته و ادامه یافته است. با این حال بعضی از گنبد‌ها، چین ها را بدون نظم خاصی قطع کرده اند. که این عمل ممکن است در اثر انفجار آتشفشانی توام با کنده شدن هسته تبخیری در اثر تنش فشاری باشد و موجب انباشته شدن و تراکم زیاد آنها در نقاط غیر مشخصی شوند (احتشام زاده افشار 1369).



فصل سوم

پی جوی پتاس در گنبد‌های نمکی



طبق ابلاغ صورت گرفته 5 گنبد نمکی زیر جهت اکتشاف پتاس سنگی معرفی شد:

1- گنبد نمکی دهکویه با مختصات $27^{\circ} 54' 30''$ شمالی و $54^{\circ} 28' 30''$ شرقی

2- گنبد نمکی کرمستج با مختصات $27^{\circ} 33' 30''$ شمالی و $54^{\circ} 28' 30''$ شرقی

3- گنبد نمکی فرامرزان با مختصات $26^{\circ} 57'$ شمالی و $54^{\circ} 07'$ شرقی

4- گنبد نمکی کوه موران با مختصات $27^{\circ} 56' 30''$ شمالی و 56° شرقی

5- گنبد نمکی مغویه با مختصات $26^{\circ} 37' 30''$ شمالی و $54^{\circ} 26'$ شرقی

در ابتدا گنبد نمکی های فوق مورد بازدید بررسی اولیه قرار گرفت و اطلاعات لازم در مورد

آنها و مکانیسم تشکیل گنبد‌های نمکی در زاگرس جمع آوری گردید. سپس بهترین روش کار تعیین

و نمونه برداری ها پس از بررسی اولیه نقشه های زمین شناسی و تصاویر ماهواره و تعیین محل

تجمع نمکها صورت گرفت.

جهت بررسی دقت و درستی روش کار، پس از مطالعات اولیه صورت گرفته گنبد نمکی

سیاهو به عنوان الگو انتخاب شد و با تأیید ناظر پروژه محترم، تعدادی نمونه نیز از این گنبد نمکی

برداشت گردید که نتایج آن نیز در فصل مربوطه ارائه شده است.



3-1- پی جویی پتاس سنگی در گنبد‌های نمکی دهکویه و کرمستج

3-1-1- مقدمه

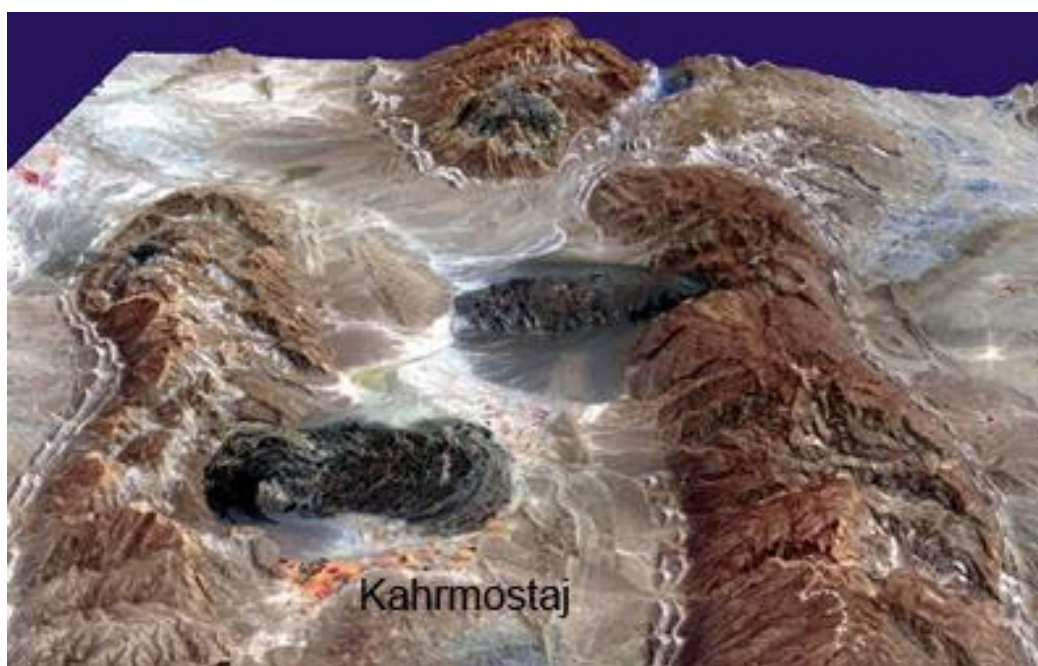
گنبد نمکی دهکویه در موقعیت جغرافیایی $27^{\circ} 53'$ تا $27^{\circ} 56'$ شمالی و $54^{\circ} 26'$ تا $54^{\circ} 31'$ شرقی در 40 کیلومتری شمال شهر لار در استان فارس قرار گرفته است. گنبد نمکی کرمستج در جنوب شهر لار در موقعیت جغرافیایی $27^{\circ} 31'$ تا $27^{\circ} 36'$ شمالی و $54^{\circ} 26'$ تا $54^{\circ} 31'$ شرقی رخنمون دارد. بیشترین ارتفاع کوه نمک دهکویه در بالای مجرای خروجی بیش از 1700 متر است و روانه های نمک در طرفین (شرق و غرب) گنبد بر روی آبرفت جوان در ارتفاع 1000 متری از سطح دریا کمترین ضخامت را دارد. گنبد نمکی کرمستج یا کوه سیاتک 54 کیلومتر مربع وسعت دارد. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا در بخش جنوبی کمتر از 900 متر است. ارتفاع گنبد در بالای مجرای خروجی و در شمالی ترین بخش آن به بیش از 1400 متر می رسد.

3-1-2- زمین شناسی

به محض راه یافتن نمک به سطح زمین خاصیت تحرک آن به بیشترین حد می رسد. فوران نمک در آسمان بیشتر از میزان انحلال آن خواهد بود لذا گنبد‌هایی با توپوگرافی کومه ای شکل، کوه های با شکوهی از نمک ایجاد می کند. ارتفاع 600 متری نمک دهکویه در بالای مجرای خروجی در راس طاق‌دیس، نشانه نیروی نمک یا معرف حجم رسوبات فوقانی بر روی لایه های منشا نمک است. در این میان نیروهای تکتونیکی جانبی نیز بی تاثیر نیست. فقط چند هزار سال طول می کشد تا ارتفاع یک گنبد بر روی روزنه خروجی نمک به بیشترین مقدار برسد (برای مثال 600 متر). بالاخره دیگر نمک نمی تواند وزن خودش را تحمل کند و روی یال های گنبد به سمت پایین حرکت می کند. سپس نیروی جاذبه، سفره ای ناپرجا از نمک را روی سرزمین های پیرامون آن پهن



می‌کند. فوران‌هایی که باعث گسترش نمک روی سرزمین‌های اطراف گنبد شده یک کلاهک روی مجرای خروجی و یک ورقه نازک نابرجا از نمک ایجاد می‌کنند. جوشش نمک از راس طاق‌دیس در گنبد نمکی دهکویه باعث جریان آن در شکاف‌های باریک در امتداد محور طاق‌دیس می‌شود؛ این پدیده در نقشه زمین‌شناسی دهکویه نیز نشان داده شده است. در محور طاق‌دیس (محل خروج نمک) سازند آسماری - جهرم رخنمون دارد و سازندهای رازک، میشان، آغاچاری و بختیاری به صورت متقارن در شمال و جنوب آن دیده می‌شود. گاهی نمک روی یکی از یال‌های طاق‌دیس سرازیر می‌شود. همانطور که در نقشه زمین‌شناسی گنبد نمکی کرمستج نشان داده شده است مجرای خروجی در یال طاق‌دیس واقع شده و حرکت روانه نمک در سمت شمال توسط ارتفاعات آهکی سازندهای تربور و آسماری - جهرم محدود می‌شود. بنابراین نمک به طرف جنوب بر روی نواحی کم‌ارتفاع و در فاصله بین دو طاق‌دیس روانه نمکی وسیعی را ایجاد کرده است.





شکل 1-1-3- تصویر ماهواره ای (ناسا) از جنوب شهر لار، پنج مورد از گنبد‌های نمکی زاگرس را نشان می دهد. سازوکار ذکر شده برای گنبد نمکی کرمستج در عکس ماهواره ای بوضوح مشخص است. حتی می توان آثار سطح محوری چین های جریانی را در روانه های نمکی (نمکیر) مشاهده کرد.

روانه های نمک که از اطراف مجرا منشا می گیرد، روی یال های پیرامون قله بیشترین سرعت را دارد. سپس سرعت حرکت نمک به صورت تصاعدی روی سرازیری های اطراف کاهش پیدا می کند تا اینکه در پایانه های دور دست متوقف می شود. گنبد های نمکی زاگرس تنها پس از چندین هزار سال بیشتر آنچه را که در لایه های منشا زیرین وجود داشته بیرون داده اند. وقتی تغذیه گنبد توسط نمک جوان قطع شد، راس آن به داخل فرو می ریزد. به محض اینکه فرسایش و انحلال نمک بیشتر از میزان خروج آن شود، فرورفتگی هایی در نیم رخ هموار این گنبد‌ها بوجود می آید و شکل منظم نیم رخ توپوگرافی تغییر می کند. همچنانکه نیم رخ توپوگرافی فرو می نشیند، رخنمون های نمک نیز در زیر بلوک هایی از خاک های برجا ناپدید می شود. ترکیب این خاک ها تشکیل دهنده های نامحلول سری های هرمز است.

در گنبد نمکی کرمستج پیمایش از موقعیت جغرافیایی $27^{\circ}31'23''$ شمالی و $51^{\circ}27'51''$ شرقی تا $27^{\circ}32'15''$ شمالی و $54^{\circ}29'57''$ شرقی و از آنجا به طرف شمال تا موقعیت $27^{\circ}34'32''$ شمالی و $54^{\circ}29'36''$ شرقی نشان می دهد که بخش های وسیعی از نمکیر توسط باقیمانده های پس از انحلال نمک پوشیده شده است. برداشت نمک آبی از شورآبه های جنوب و جنوب شرق گنبد نشان دهنده میزان بسیار ناچیز پتاس و سایر ناخالصی ها در نمک کرمستج است. با این وجود در موقعیت جغرافیایی $27^{\circ}35'3/2''$ شمالی و $29^{\circ}14/5''$



۵۴° شرقی نمونه برداری به طرف شمال انجام گرفت اما نمونه های شماره J-1 تا J-9 (شورابه ها) آنومالی پتاس نشان نداد. همچنین نمونه برداری از موقعیت جغرافیایی $27^{\circ} 33' 23/1$ شمالی و $28/7^{\circ} 26' 54$ شرقی در غرب گنبد نمکی تا ارتفاعات بالا دست (J-51 – J-161) نیز نشان می دهد که این نمک ها فاقد پتانسیل هستند و به جهت اطمینان از وضعیت آنومالی پتاس در این گنبد نمکی، نمونه های شماره 10 تا 15 از شمال غرب و غرب گنبد برداشت شد که مقدار پتاس در این نمونه ها در حد عادی است (جدول 3-1-3).

در گنبد نمکی دهکویه نیز پیمایش از موقعیت جغرافیایی $27^{\circ} 53' 37$ شمالی و $4^{\circ} 31' 54$ شرقی تا موقعیت $27^{\circ} 54' 30$ شمالی و $39^{\circ} 29' 54$ شرقی نشان می دهد که بازوی شرقی نمکیر توسط گچ و خاک های برجا (باقیمانده های برجا پس از انحلال نمک) پوشیده شده است. بنابراین تنها در دیواره دره های نسبتاً عمیق می توان رخنمون هایی از نمک مشاهده کرد. این نمک ها با رنگ خاکستری روشن تا تیره با محتوای آهن پایین در رخنمون، فاقد آنومالی به نظر می رسند. پس از ادامه پیمایش به طرف غرب نمونه برداری در شمال گنبد متمرکز شد. جایی که نمک جوان تر در اطراف مجرای خروجی بیشترین رخنمون را دارد. نمونه ها به دو صورت شورابه ای (نمونه های شماره D-122 تا D-133) و رخنمون های نمک (نمونه های شماره D-1 تا D-121) برداشت شد که هیچ آنومالی نشان نمی دهد (محل نمونه ها در نقشه زمین شناسی گنبد نمکی دهکویه نشان داده شده است).

پس از دور زدن ارتفاعات سازند های آغاچاری و میشان می توان از طریق رودخانه فصلی که در روی محور طاق‌دیس ایجاد شده است، به بازوی کوتاه غربی گنبد نمکی دهکویه دست یافت اما در پایین دست نمکیر نمک های آبی کاملاً سفید و تقریباً خالص که برای نمک خوراکی محلی



به صورت محدود بهره برداری می شود نشان می دهد که هر نوع احتمالی برای آنومالی های پتاس متنفی است. با این وجود نمونه شورآبه به شماره های D-133,134 برداشت شد مقدار پتاس در این نمونه ها در جدول آنالیزها نشان داده شده است. در این جدول نمونه های گنبد نمکی دهکویه با علامت D و نمونه های گنبد نمکی کرمستج با علامت J نشان داده شده است.



جدول 1-1-3- نتایج آنالیز نمونه های شورابه گنبد نمکی دهکویه

Sample NO.	K(ppm)
D-122	1743
D-123	1169
D-124	1346
D-125	552
D-126	1346
D-127	1743
D-128	1186
D-129	543
D-130	541
D-131	437
D-132	1346
D-133	463
D-134	421
D-135	560



جدول 2-1-3- نتایج آنالیز نمونه های نمک سنگی گنبد نمکی دهکویه

Sample NO.	K(%)	Sample NO.	K(%)	Sample NO.	K(%)
D-001	0.129	D-042	0.081	D-083	0.055
D-002	0.157	D-043	0.11	D-084	0.152
D-003	0.099	D-044	0.056	D-085	0.069
D-004	0.144	D-045	0.084	D-086	0.035
D-005	0.083	D-046	0.128	D-087	0.029
D-006	0.075	D-047	0.11	D-088	0.074
D-007	0.115	D-048	0.057	D-089	0.067
D-008	0.105	D-049	0.06	D-090	0.061
D-009	0.089	D-050	0.052	D-091	0.049
D-010	0.157	D-051	0.151	D-092	0.066
D-011	0.044	D-052	0.071	D-093	0.071
D-012	0.082	D-053	0.07	D-094	0.06
D-013	0.072	D-054	0.068	D-095	0.069
D-014	0.045	D-055	0.097	D-096	0.055
D-015	0.143	D-056	0.058	D-097	0.049
D-016	0.073	D-057	0.088	D-098	0.08
D-017	0.121	D-58	0.083	D-099	0.065
D-018	0.209	D-059	0.111	D100	0.063
D-019	0.155	D-060	0.12	D-101	0.041
D-020	0.096	D-061	0.03	D-102	0.076
D-021	0.057	D-062	0.031	D-103	0.1
D-022	0.064	D-063	0.033	D-104	0.103
D-023	0.125	D-064	0.026	D-105	0.08
D-024	0.111	D-065	0.136	D-106	0.075
D-025	0.085	D-066	0.14	D-107	0.056
D-026	0.086	D-067	0.127	D-108	0.693
D-027	0.073	D-068	0.076	D-109	0.075
D-028	0.086	D-069	0.084	D-110	0.088
D-029	0.079	D-070	0.098	D-111	0.065
D-030	0.061	D-071	0.057	D-112	0.067
D-031	0.919	D-072	0.143	D-113	0.08
D-032	0.113	D-073	0.178	D-114	0.67
D-033	0.082	D-074	0.084	D-115	0.109
D-034	0.116	D-075	0.056	D-116	0.117
D-035	0.051	D-076	0.048	D-117	0.114
D-036	0.129	D-077	0.081	D-118	0.039
D-037	0.101	D-078	0.052	D-119	0.094
D-038	0.062	D-079	0.079	D-120	0.084
D-039	0.147	D-080	0.07	D-121	0.044
D-040	0.069	D-081	0.121		
D-041	0.306	D-082	0.076		



جدول 3-1-3- نتایج آنالیز نمونه های شورابه گنبد نمکی کرمستج

<i>Sample NO.</i>	<i>K(ppm)</i>
1	952
2	961
3	952
4	944
5	935
6	359
7	904
8	811
9	954
10	1216
11	1229
12	1225
13	1333
14	1325
15	1630



جدول 4-1-3- نتایج آنالیز نمونه های نمک سنگی گنبد نمکی کرمستج

Sample NO.	K(%)	Sample NO.	K(%)	Sample NO.	K(%)
J-051	0.194	J-094	0.091	J-137	0.097
J-052	0.074	J-095	0.03	J-138	0.093
J-053	0.07	J-096	0.045	J-139	0.082
J-054	0.111	J-097	0.053	J-140	0.095
J-055	0.059	J-098	0.025	J-141	0.158
J-056	0.062	J-099	0.021	J-142	0.159
J-057	0.042	J-100	0.028	J-143	0.036
J-058	0.024	J-101	0.047	J-144	0.087
J-059	0.042	J-102	0.028	J-145	0.097
J-060	0.05	J-103	0.042	J-146	0.096
J-061	0.033	J-104	0.023	J-147	0.082
J-062	0.029	J-105	0.026	J-148	0.075
J-063	0.051	J-106	0.03	J-149	0.064
J-064	0.037	J-107	0.026	J-150	0.082
J-065	0.038	J-108	0.033	J-151	0.073
J-066	0.058	J-109	0.049	J-152	0.062
J-067	0.15	J-110	0.055	J-153	0.068
J-068	0.036	J-111	0.114	J-154	0.069
J-069	0.034	J-112	0.115	J-155	0.075
J-070	0.062	J-113	0.104	J-156	0.198
J-071	0.032	J-114	0.098	J-157	0.165
J-072	0.064	J-115	0.165	J-158	0.163
J-073	0.063	J-116	0.136	J-159	0.143
J-074	0.061	J-117	0.098	J-160	0.158
J-075	0.045	J-118	0.165	J-161	0.012
J-076	0.058	J-119	0.098		
J-077	0.058	J-120	0.096		
J-078	0.058	J-121	0.013		
J-079	0.091	J-122	0.095		
J-080	0.078	J-123	0.045		
J-081	0.036	J-124	0.098		
J-082	0.03	J-125	0.096		
J-083	0.022	J-126	0.059		
J-084	0.032	J-127	0.123		
J-085	0.036	J-128	0.159		
J-086	0.068	J-129	0.145		
J-087	0.029	J-130	0.146		
J-088	0.033	J-131	0.125		
J-089	0.039	J-132	0.164		
J-090	0.035	J-133	0.137		
J-091	0.068	J-134	0.169		
J-092	0.051	J-135	0.125		
J-093	0.108	J-136	0.099		



3-2- پی جویی پتاس سنگی در گنبد نمکی فرامرزان

3-2-1- موقعیت جغرافیایی، ژئومورفولوژی و ساختمان گنبد نمکی

گنبد نمکی فرامرزان با 42 کیلومتر مربع مساحت در جنوب غرب بستک و شمال غرب بندر چارک در موقعیت جغرافیایی $26^{\circ} 55'$ تا $26^{\circ} 59'$ شمالی و $54^{\circ} 5'$ تا $54^{\circ} 9'$ شرقی قرار دارد. دسترسی به این گنبد از طریق جاده بستک به جناح و از آنجا به چاه فرامرزان امکان پذیر است. گنبد مورد مطالعه در حاشیه جنوبی منتهی الیه شرقی کمر بند زاگرس قرار گرفته است.

در این منطقه ارتفاع یکی از طاقدیس های بسیار طویل زاگرس، به یک هزار متر از سطح دریا می رسد و در مرتفع ترین قسمت آن یعنی راس طاقدیس سازند پابده - گورپی رخنمون دارد. آهک آسماری و سازندهای گچساران، میشان، آغاچاری و بختیاری به صورت متقارن در دو یال طاقدیس دیده می شود. گنبد نمکی فرامرزان از بالاترین نقطه در راس این طاقدیس به خارج راه یافته است. این گنبد کاملاً مدور است و در قسمت قله ارتفاعی بیشتر از 1500 متر دارد اما بخش فوقانی آن را سطح مدوری به مساحت چهار کیلومتر مربع تشکیل می دهد که با ارتفاع متوسط 1450 متر بستر چند قله 1500 متری است و مجرای خروجی نمک را احاطه می کند. از حاشیه این سطح مرتفع به شعاع 2000 متر و در گرداگرد ساقه شیب نمکیر بسیار زیاد است و در بعضی نقاط به بیش از 45 درجه می رسد و سپس نمک به صورت چندین بازو در دره های هر دو یال طاقدیس (شمال و جنوب) جاری شده است. در عکس ماهواره ای، شکل فواره ای (fountain) گنبد نمکی و همچنین جریان نمک در دره های طرفین (یال های) طاقدیس کاملاً مشخص است. همانطور که در شکل دیده می شود مورفولوژی نمکیر توسط توپوگرافی سرزمین های اطراف ساقه (stem) تعیین شده و کوهستانی با شکوه و دست نیافتنی شکل گرفته است. به علت انحلال؛ حفرات و



شیارهای متعدد و بسیار بزرگی با اعماق و وسعت مختلف در تمامی نقاط آن تشکیل شده است. شکل 1-2-3- نمای عمومی از گنبد نمکی فرامرزان را نشان می دهد.



شکل 1-2-3- نمای عمومی گنبد نمکی فرامرزان در یال شمالی (نگاه به طرف جنوب غرب).

پیشروی جبهه زاگرس را می توان روی ساختمان های شمالی - جنوبی قبل از زاگرس در نمک هرمز بر روی گسل های پی سنگ قدیمی مشاهده کرد. در آنسوی حوضه فورلند (عربستان) نمک در بالشتک های کم ارتفاع و یکنواخت طویل شدگی شمالی جنوبی داشته و تا نزدیک جبهه زاگرس گنبد هایی را تشکیل داده است که بسیاری از آنها کور (blind) هستند و تنها لایه های کربناتی فوقانی را به صورت برجستگی های مدور تغییر شکل داده اند؛ این گنبد های نمکی در خلیج فارس با کاهش عمق آب مشخص می شود اما در ساحل، فرسایش توانسته است تحدبی از سنگ آهک های مزوزوئیک را در هسته طاقدیس های فرسایش یافته در بالای گنبد های نمکی کور به نمایش بگذارد. برخی از این گنبد ها تحت فشار لایه های فوقانی و در محل جبهه پیشرونده زاگرس سرباز کرده و به صورت کوه های نمک در ساحل دیده می شوند و یا جزایری را در خلیج فارس تشکیل داده اند. اگر اندکی از محل جبهه زاگرس به سمت شمال حرکت کنیم جوشش نمک را در راس طاقدیس ها و در امتداد خط واره ها می بینیم که باعث جریان نمک روی یال های طاقدیس



شده و ممکن است تا 7 کیلومتر جریان ادامه داشته باشد و گاهی نمک در مسیرهای کوتاه تر و داخل دره های گسلی در هر دو یال طاق‌دیس حرکت می کند. گنبد نمکی فرامرزان نمونه ای تپیک از این نوع گنبد‌ها است. روانه های باریک و نابرجای نمک تحت نام گلشیر یا یخچال های نمکی (salt glaciers) شناخته می شود. گلشیر یک واژه فرانسوی برای روانه های یخی است، لذا نام فارسی نمکیر (namakier) پیشنهاد شده است.

روانه های نمک که از اطراف مجرا منشا می گیرد روی یال های پیرامون قله بیشترین سرعت را دارد و حرکت سریع نمک باعث می شود تا یک مجموعه از چین های جریان‌ی خرابیده مانند یک گوی بر روی سطح قبلی نمک با مجموعه ای از چین های جدید به سرعت حرکت کند و نتیجه ساختمان نسبتاً آشفته ای در نمکیر مطابق شکل 2-2-3 است.

همانطور که در تصویر ماهواره ای دیده می شود آثار نمک بر روی دشت واقع در شمال طاق‌دیس باقی مانده است بنابراین حرکت نمک به طرف شمال بیشتر بوده و نه تنها تمام یال طاق‌دیس را طی کرده است بلکه به روی دشت نیز راه یافته اما تقریباً تمامی ورقه نازک نمک بر روی دشت در اثر انحلال محو شده و لذا در حال حاضر تغذیه نمک متوقف است.



شکل 2-2-3- انبوهی از چین‌های خوابیده جریان‌ی در نمکیر گنبد فرامرزان حرکت سریع نمک را

بر روی بستر پر شیب نشان می‌دهد.

همانطور که در شکل 2-2-3 دیده می‌شود، رنگ نمک‌ها به علت تنوع درصد اکسید آهن الوان است و لذا فرآیند فرسایش در نمکیر چشم‌اندازهای بسیار زیبا و بی‌نظیری ایجاد کرده است. فرسایش علاوه بر تشکیل آمفی‌تاترهای باشکوه در بالا دست در پایین دست نمکیر نیز غارهای نمکی زیبایی بوجود آورده است (شکل 3-2-3).



شکل 3-2-3- دهانه غار نمکی فرامرزان. طول غار حداقل برای 50 متر قابل عبور و مشاهده است و

از آن به بعد به تجهیزات غار نوردی نیاز است.

3-2-2- نمونه برداری

همانطور که قبلاً اشاره شد نمک به صورت چندین بازوی مختلف یا روانه نمکی (نمکیر) در امتداد دره‌های احتمالاً گسلی در یال‌های طاقدیس به طرف پایین سرازیر شده است. در نقشه زمین شناسی پیوست نیز مشخص است که نمک حداقل در چهار روانه اصلی جاری شده است. نمونه‌های شماره F-1 تا F-109 در حاشیه شرقی گنبد از موقعیت جغرافیایی $27^{\circ} 58' 3/2$ شمالی و $54^{\circ} 08' 9/4$ شرقی به سمت بالا دست نمکیر برداشت شد. شکل‌های 3-2-4 و 3-2-5 روانه میانی را در شمال گنبد نمکی نشان می‌دهد در امتداد دیواره‌های نمکی این نمکیر از موقعیت جغرافیایی $26^{\circ} 58' 46$ شمالی و $54^{\circ} 6' 56$ شرقی به سمت بالادست نمونه‌های شماره F-110 تا F-142 برداشت شده است. انتهای غربی نمکیر نیز در موقعیت $26^{\circ} 58' 56$ شمالی و $17/5$ شرقی محل شروع نمونه برداری برای سری شماره F-143 تا F-165 است. همانطور که در



جدول 1-2-3 آمده است، با وجود رنگ فریبنده نمک‌ها (شکل 2-2-3) و محل انحلال، هیچ آنومالی از پتاس مشاهده نمی‌شود.



شکل 4-2-3- نمایشی از نمکیر گنبدنمکی فرامرزان در موقعیت $26^{\circ} 58' 46''$ شمالی و $54^{\circ} 6' 56''$

شرقی



شکل 5-2-3- نمونه ای از چین‌های غلافی در نمکیر گنبد نمکی فرامرزان. خاک‌های برجای قرمز

رنگ، بخش عمده پوشش نمک را تشکیل می‌دهند.

به جهت اطمینان از وضعیت گنبد نمکی فرامرزان در ارتباط با پتاس از شورآبه‌ها نیز نمونه

برداری شد. نمونه‌های شماره F-166 تا F-176 از موقعیت جغرافیایی $26^{\circ} 58' 15''$ شمالی و



۱۶° 08' ۵۴" شرقی در امتداد آبراهه به طرف شمال برداشت شد. بخشی از شورآبه در این آبراهه (شکل 6-2-3) توسط شورآبه‌هایی که از دهانه غار فرامرزان خارج می‌شود تغذیه شده است لذا مقدار پتاس در این شورآبه‌ها می‌تواند معرف خوبی برای پتانسیل گنبد نمکی فرامرزان باشد که بر اساس جدول 2-2-3 فاقد آنومالی است.



شکل 6-2-3- نمونه‌ای از شورآبه‌های شمال گنبد نمکی فرامرزان. بخشی از این شورآبه توسط آبهای زیرزمینی خروجی از دهانه غار فرامرزان تامین شود بنابراین معرف بسیار خوبی است. با توجه به رنگ و بر اساس تجزیه‌های شیمیایی این شورآبه‌ها فاقد آنومالی برای پتاس است.

نمونه‌های شماره F-177 و F-178 به ترتیب از موقعیت جغرافیایی $26^{\circ} 58' 41''/8$ شمالی و $54^{\circ} 06' 21''/7$ شرقی و موقعیت جغرافیایی $26^{\circ} 56' 41''/5$ شمالی و $54^{\circ} 08' 02''$ شرقی از شورآبه‌ها برداشت شده است؛ این نمونه‌ها نیز فاقد آنومالی هستند.



جدول 1-2-3 - نتایج آنالیز نمونه های نمک سنگی گنبد نمکی فرامرزان

Sample NO.	K(%)	Sample NO.	K(%)
F-1	0.081	F-42	0.08
F-2	0.178	F-43	1.362
F-3	0.055	F-44	0.418
F-4	0.063	F-45	0.602
F-5	0.025	F-46	0.049
F-6	0.058	F-47	0.101
F-7	0.04	F-48	0.085
F-8	1.02	F-49	0.153
F-9	0.076	F-50	0.074
F-10	0.812	F-51	0.115
F-11	0.072	F-52	0.112
F-12	0.089	F-53	0.67
F-13	0.06	F-54	0.131
F-14	0.388	F-55	0.075
F-15	0.088	F-56	0.039
F-16	0.051	F-57	0.059
F-17	0.152	F-58	0.037
F-18	0.091	F-59	0.03
F-19	0.122	F-60	0.036
F-20	0.066	F-61	0.041
F-21	0.026	F-62	0.31
F-22	0.309	F-63	0.064
F-23	0.026	F-64	0.07
F-24	0.074	F-65	0.031
F-25	0.08	F-66	0.124
F-26	0.093	F-67	0.033
F-27	0.1	F-68	0.055
F-28	0.026	F-69	0.142
F-29	0.083	F-70	0.057
F-30	0.07	F-71	0.104
F-31	0.078	F-72	0.04
F-32	0.056	F-73	0.047
F-33	1.081	F-74	0.073
F-34	0.159	F-75	0.044
F-35	0.235	F-76	0.027
F-36	0.072	F-77	0.083
F-37	0.088	F-78	0.028
F-38	0.259	F-79	0.046
F-39	0.088	F-80	0.074
F-40	0.064	F-81	0.055
F-41	0.605	F-82	0.042



Sample NO.	K(%)	Sample NO.	K(%)
F-83	0.065	F-124	0.07
F-84	0.024	F-125	0.077
F-85	0.049	F-126	0.09
F-86	0.068	F-127	0.083
F-87	0.06	F-128	0.085
F-88	0.076	F-129	0.087
F-89	0.065	F-130	0.094
F-90	0.078	F-131	0.077
F-91	0.036	F-132	0.057
F-92	0.032	F-133	0.079
F-93	0.028	F-134	0.066
F-94	0.097	F-135	0.099
F-95	0.048	F-136	0.073
F-96	0.057	F-137	0.068
F-97	0.069	F-138	0.068
F-98	0.064	F-139	0.037
F-99	0.055	F-140	0.069
F-100	0.118	F-141	0.042
F-101	0.034	F-142	0.042
F-102	0.025	F-143	0.03
F-103	0.026	F-144	0.069
F-104	0.036	F-145	0.106
F-105	0.116	F-146	0.061
F-106	0.09	F-147	0.053
F-107	0.117	F-148	0.079
F-108	0.136	F-149	0.171
F-109	0.029	F-150	0.104
F-110	0.103	F-151	0.054
F-111	0.112	F-152	0.059
F-112	0.077	F-153	0.072
F-113	0.074	F-154	0.05
F-114	0.203	F-155	0.054
F-115	0.203	F-156	0.104
F-116	0.091	F-157	0.065
F-117	0.108	F-158	0.096
F-118	0.065	F-159	0.098
F-119	0.102	F-160	0.065
F-120	0.104	F-161	0.064
F-121	0.071	F-162	0.097
F-122	0.121	F-163	0.123
F-123	0.093	F-164	0.143



Sample NO.	K(%)	Sample NO.	K(%)
F-165	0.134	F-214	0.054
F-179	0.065	F-215	0.069
F-180	0.054	F-216	0.075
F-181	0.062	F-217	0.045
F-182	0.02	F-218	0.159
F-183	0.035	F-219	0.142
F-184	0.078	F-220	0.165
F-185	0.069	F-221	0.166
F-186	0.023	F-222	0.136
F-187	0.045	F-223	0.178
F-188	0.014	F-224	0.198
F-189	0.056	F-225	0.145
F-190	0.066	F-226	0.165
F-191	0.053	F-227	0.147
F-192	0.047	F-228	0.096
F-193	0.085	F-229	0.084
F-194	0.065	F-230	0.074
F-195	0.021	F-231	0.098
F-196	0.096	F-232	0.095
F-197	0.098	F-233	0.094
F-198	0.145	F-234	0.064
F-199	0.125	F-235	0.035
F-200	0.123	F-236	0.042
F-201	0.145	F-237	0.023
F-202	0.187	F-238	0.014
F-203	0.196	F-239	0.046
F-204	0.165	F-240	0.034
F-205	0.098	F-241	0.062
F-206	0.085	F-242	0.095
F-207	0.065	F-243	0.084
F-208	0.045	F-244	0.075
F-209	0.098	F-245	0.124
F-210	0.06	F-246	0.139
F-211	0.07	F-247	0.154
F-212	0.056	F-248	0.178
F-213	0.078		



جدول 2-2-3- نتایج آنالیز نمونه های شورابه گنبد نمکی فرامرزان

Sample NO.	k(ppm)
F-166	1446
F-167	1370
F-168	1889
F-169	1358
F-170	1392
F-171	1667
F-172	1225
F-173	439
F-174	1333
F-175	448
F-176	450
F-177	433
F-178	442



3-3- پی جویی پتاس سنگی در گنبد نمکی کوه موران

3-3-1- موقعیت جغرافیایی و ژئومورفولوژی

گنبد نمکی کوه موران با 16 کیلومتر مربع مساحت در فاصله بیش از 100 کیلومتری شمال بندر عباس و در شرق جاده حاجی آباد در موقعیت جغرافیایی $27^{\circ}55'$ تا $27^{\circ}58'$ شمالی و 58° تا $55^{\circ}2'$ شرقی قرار دارد. این گنبد نمکی در پایانه جنوب شرقی زاگرس و در انتهای شرقی یک طاق‌دیس پلانژدار قرار گرفته و بیشترین ارتفاع آن از سطح دریا 1450 متر است.

در این منطقه طاق‌دیسها، نقاط مرتفع و ساختمان‌های ناودیسی نواحی پست را تشکیل می‌دهند که در اثر تجمع رسوبات فرسایش یافته به دشت‌های هموار تبدیل شده‌اند. مهمترین سازند‌هایی که نقاط برجسته را می‌سازند عبارتند از آسماری - جهرم، رازک، سازند میشان و کنگلومرای بختیاری، آبرفت‌های جوان دشت‌ها را تشکیل داده‌اند. این گنبد نمکی در قسمت مرکزی ارتفاعی بیشتر از نواحی اطراف دارد و در عکس ماهواره‌ای، شکل فواره‌ای (fountain) گنبد نمکی و همچنین جریان نمک در نواحی اطراف ساقه کاملاً مشخص است. همانطور که در نقشه و تصویر ماهواره‌ای دیده می‌شود، مورفولوژی نمکیر توسط توپوگرافی سرزمین‌های اطراف ساقه (stem) تعیین می‌شود. به علت انحلال یک آبراهه عمیق و وسیع قسمت مرکزی گنبد را به سمت شرق زهکشی می‌کند.

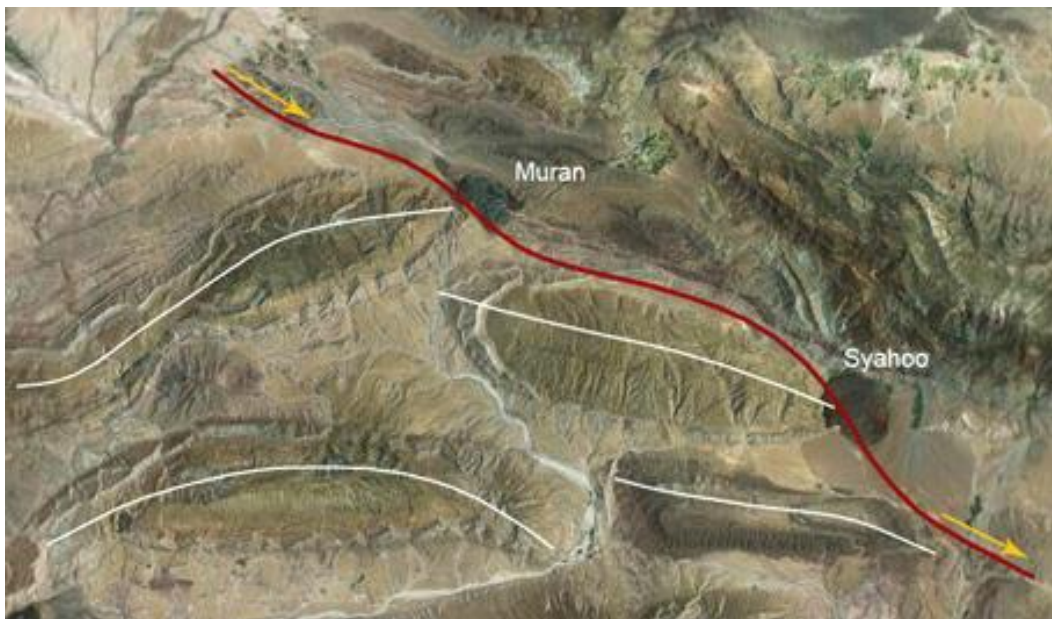


3-3-2- ساختار گنبد نمکی کوه موران

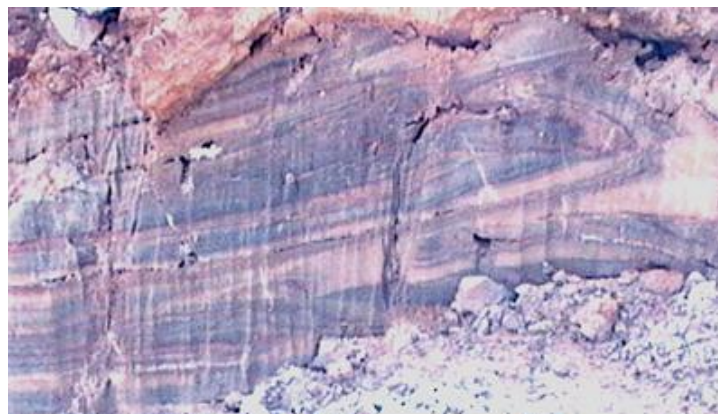
نمک در امتداد گسل‌هایی که انتهای شرقی طاق‌دیس‌های تنگ زاغ و فینو را قطع می‌کنند، به سطح راه یافته است و در مسیرهای کوتاه تر و داخل دره‌های گسلی در هر دو یال طاق‌دیس حرکت کرده و نمک‌بر روی یال طاق‌دیس و همچنین در روی پهنه آبرفتی شرق آن شکل گرفته است (شکل 3-3-1). اما هم‌اکنون تغذیه گنبد توسط نمک جوان قطع شده و لذا فرسایش سریعتر از حرکت گنبد نمکی عمل می‌کند. بنابراین بخش‌های وسیعی از نمک‌بر در زیر باقیمانده‌های پس از انحلال نمک مدفون شده است.

چین‌های موجود در گنبد نمکی کوه نمک موران تنها در برخی از آبراهه‌ها دیده می‌شود و مهمترین آنها چین‌های کلاس دو رمزی است. چین‌ها بیشتر خوابیده هستند و سطح محوری آنها هم شیب با لایه بندی است و البته چین خوردگی مجدد نیز قابل مشاهده است (شکل‌های 3-3-1 و 3-3-2). نمک‌ها در بسیاری از نقاط دارای ساخت موزائیکی و تبلور مجدد هستند. بلورها با جلای شیشه‌ای در جهت جریان نمک جهت یابی ترجیحی دارند. حاشیه برخی از بلورهای نمک مضرس است و تبلور مجدد همراه با فشار را نشان می‌دهد. به علت پوشش خاک سطحی، نمک تنها در دیواره‌ها به رنگ‌های گوناگون رخنمون دارد و دارای لایه بندی ترکیبی است.

درزه‌ها در گنبد‌های نمکی با توجه به نوع چین خوردگی، ناخالصی‌های نمک، میزان جریان نمک، شیب بستر و غیره تغییر می‌کند. در گنبد‌های نمکی در اثر عوامل فرسایش درزه‌ها به مرور زمان باز شده و توسط مواد رسی، تخریبی و یا مواد محلول پر می‌شود. درزه‌های رخنمون‌های نمکی کوه موران از نوع عمودی، افقی، شاخه درختی و همچنین نامنظم است. اکسید آهن که نمای عمومی قرمز رنگ ایجاد کرده است، بیشتر در محل درزه‌ها تمرکز دارد.



شکل 1-3-3- ساختار طاقدیس های زاگرس در منتهی الیه جنوب شرقی کمربند چین-تراست زاگرس و موقعیت طاقدیس های فینو و تنگ زاغ به ترتیب در ارتباط با گنبد‌های نمکی سیاهو و کوه موران.



شکل 2-3-3- نمونه ای از چینهای جریانی در پایین دست نمکیر شرقی در گنبد کوه موران.



شکل 3-3-3- چین های جریان‌ی خوابیده در بخش های پایین نمکیر که در آن شیب سنگ بستر

تقریباً افقی است. این پدیده افزایش ضخامت در محل لولا و نازک شدن لایه ها بر روی یال ها را نشان می دهد. در این سیستم چین خوردگی، پتاس در محل لولا متمرکز شده و ذخایر قابل توجهی را تشکیل می دهد.

3-3-3- سنگ های همراه

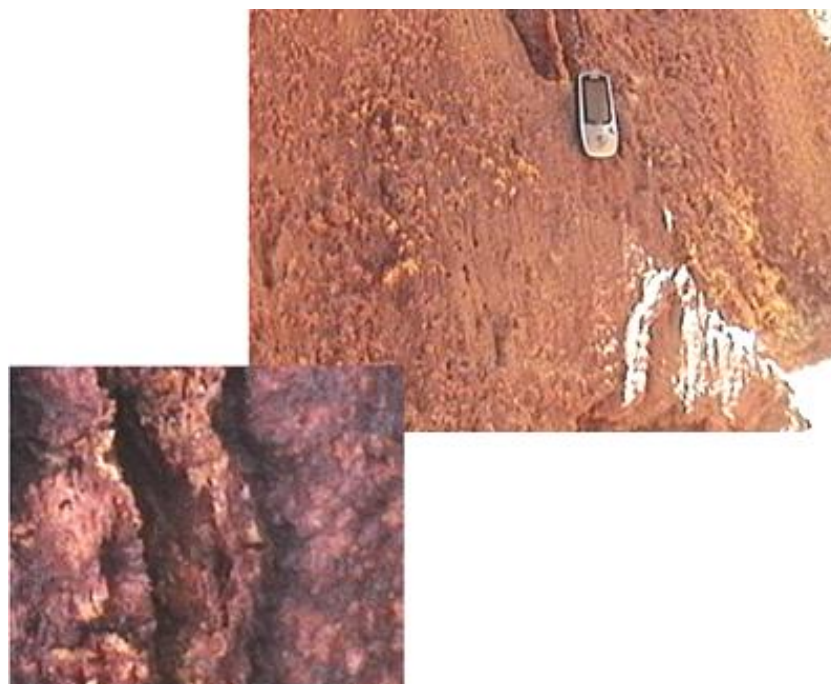
همانطور که قبلاً اشاره شد سازند های آسماری - جهرم، رازک، میشان و بختیاری از مجموعه های زاگرس هستند که در محل طاق‌دیس تنگ زاغ رخنمون دارند. سنگ پوشش در گنبد نمکی کوه موران مجموعه نامنظمی از مواد رسی به همراه اکسید آهن فراوان، سنگ‌های کربناتی، ژئپس و انیدریت است. البته سنگ‌های ولکانیکی، دگرگونی، میکروگرانیت و کوارتزپورفیر نیز وجود دارد. روی سکانس های نمکی را حجم زیادی از مواد رسی آهن دار می پوشاند اما ژئپس و انیدریت به صورت تجمع هرمی شکل همراه با ولکانیک های سبز رنگ در بخش‌های مختلف و بخصوص در بام گنبد قابل رویت است.



3-3-4- نمونه برداری

تمام آبراهه‌ها و لایه‌های نمک و نقاطی که بر اساس شواهد صحرایی و خصوصیات رخنمون پتانسیل داشتند، مورد بررسی قرار گرفت و نمونه برداری شد. نمونه‌های برداشت شده از گنبد نمکی کوه موران در جدول با کد (K) مشخص شده است. همچنین در نقشه پیوست مسیرهای پیمایش و نمونه برداری نشان داده شده است.

در موقعیت $27^{\circ} 56' 8''/9$ شمالی و $56^{\circ} 16' 6''$ شرقی پیمایش به سمت بالا دست نمکیر و به طرف شمال غرب آغاز شد. نمونه‌های شماره 9 تا 111 مربوط به این مسیر است. در این مسیر نمک‌های ثانویه جوان که اندکی پتاس دارند، به رنگ نارنجی تا قهوه‌ای دیده می‌شوند (شکل 3-3-4) اما رنگ نمک‌های قدیمی قهوه‌ای و قرمز است و بر اساس نتایج آنالیز، آنومالی بسیار کمی وجود دارد.



شکل 3-3-4- نمک های ثانویه با اندکی پتاس در موقعیت $27^{\circ} 56' 2/4$ شمالی و $56^{\circ} 14' 5/0$

شرقی. اگرچه این نمک ها معرف آنومالی پتاس است اما گسترش ناچیز آنها پتانسیل ضعیف کوه موران را نشان می دهد.

برای بالا رفتن از گنبد نمکی مسیر غرب گنبد انتخاب شد (موقعیت جغرافیایی $57^{\circ} 0/8$ شمالی و $55^{\circ} 58' 38/8$ شرقی) و نمونه های 112 تا 250 از این مسیر برداشت شده است. در این مسیر، نمک ها لایه بندی ظریف دارند و به رنگ های خاکستری، زرد، قهوه ای و ارغوانی تیره دیده می شوند و چین خوردگی در این سکانس نمکی قابل مشاهده است. برخی از نمونه های برداشت شده در این مسیر پتاس دارد. آنومالی اصلی پتاس در نزدیک تاپ گنبد نمکی (موقعیت جغرافیایی $27^{\circ} 57' 16/6$ شمالی و $55^{\circ} 59' 7/5$ شرقی) و در دیواره یک فرورفتگی قرار دارد. شیب لایه های نمک بسیار کم است و افق پتاس دار به رنگ تیره تر از نمک ها دیده می شود. این موقعیت تقریباً در بام گنبد نمکی قرار دارد و به لحاظ ژئومورفولوژی، رنگ و ترکیب



شیمیایی سنگ‌ها از بقیه نقاط گنبد نمکی متمایز است. این محدوده در روی عکس ماهواره ای منطقه تیره تر از مناطق اطراف است. در این منطقه تجمعی از اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن، همراه با رس‌های آهن دار دیده می‌شود. نوع خاص رنگ آمیزی در این موقعیت باعث تفکیک این ناحیه است. زون پتاس دار رخنمونی به طول 20 متر و افراز 10 متری دارد. نمونه‌هایی با عیار بیش از یک درصد به طور مستقیم از نقاط پتاس دار برداشت شده است.



شکل 5-3-3- نمونه ای از رخنمون پتاس در ارتفاعات غرب کوه نمک موران. گسترش رخنمون

حدود 20 متر و افراز آن کمتر از 10 متر است اما در مقایسه با رخنمون‌های کوه نمک پهل عیار آن بسیار پایین است.

نمونه‌های 251 تا 325 از جبهه شمال شرقی گنبد برداشت شده است. موقعیت جغرافیایی

نقطه شروع پیمایش عبارت است از $27^{\circ}56'36/6$ شمالی و $56^{\circ}00'53/2$ شرقی در این مسیر

نیز از لنزهای سیاه رنگ نمونه‌های متعددی برداشت شده است. طول برخی از رخنمون‌های



مشکوک، به 5 متر و ارتفاع آنها تا دو متر می‌رسد. نمک‌های ثانویه نارنجی رنگ در محل پتاس تجمع کرده و اکسیدهای آهن سیاه رنگ به شکل پوسته حضور دارد. (شکل 3-3-4) اما گسترش آنها وسیع نیست. در این مسیر دره‌های متعددی وجود دارد و همچنین مجموعه قابل توجهی از مواد رسی همراه با گل اخرا، ماسه سنگ، سیلتستون، ژپس و انیدریت به طور نامنظم دیده می‌شود. از نقاط مشکوک به وجود پتاس نمونه‌های بیشتری برداشت شد اما همانطور که در جدول آنالیزها مشخص شده است، اگرچه آنومالی پتاس وجود دارد اما قابل توجه نیست.

با توجه به آنومالی پتاس در گنبد نمکی کوه موران نمونه برداری از شورآبه‌ها با وسعت و تعداد بیشتری انجام شد. محل برخی از نمونه‌ها در نقشه زمین‌شناسی پیوست با علامت دایره قرمز نشان داده شده و مقدار پتاس در شورآبه‌ها نیز در جدول آنالیزها مشخص شده است.

نمونه‌های شماره K-1 تا K-8 از موقعیت جغرافیایی $27^{\circ} 56' 38.5''$ شمالی و $00^{\circ} 29' 3''$ شرقی در امتداد دره‌ای به سمت جنوب غرب و به طرف بالا دست دره برداشت شده است. بیشترین مقدار پتاس در نمونه‌ها حدود 2 گرم بر لیتر است؛ اگرچه آنومالی محسوب می‌شود اما در مقایسه با شورآبه‌های پتاس گنبد نمکی پهل (70 گرم بر لیتر) ناچیز است. نمونه‌های شماره K-326 تا K-335 از موقعیت جغرافیایی $27^{\circ} 56' 54.2''$ شمالی و $56^{\circ} 0' 8.3''$ شرقی از ابتدای دره‌ای که به سمت شمال و به طرف ارتفاعات کوه موران باز می‌شود، برداشت شده است. بیشترین مقدار پتاسیم مربوط به حوضچه‌های بسیار کوچک شورابه‌ای است که در اثر تبخیر غلظت آن افزایش یافته و برابر پنج گرم بر لیتر است. نمونه‌های شماره K-336 تا K-349 از موقعیت جغرافیایی $27^{\circ} 57' 21.1''$ شمالی و $55^{\circ} 59' 50.9''$ شرقی در امتداد آبراهه و به سمت جنوب برداشت شده است در این نمونه‌ها نیز آنومالی‌های ضعیف محلی مشاهده می‌شود. در شکل



3-3-6 نمونه ای از این شورآبه ها و نمک های ثانویه آهن دار با اندکی پتاس نشان داده شده است. همانطور که در این شکل آمده، تراوش پتاس در امتداد دره و در بستر آن بسیار ضعیف و عمدتاً به رنگ قهوه ای تا سیاه است. پس از بارندگی درحالی که انتظار می رفت تراوش های پتاس ثانویه وسیع باشد اما تنها حفره ها و پیچ های محدودی مشاهده شد که بیشترین عیار پتاس در شورآبه آنها تنها پنج گرم بر لیتر است و در مقایسه با گنبد نمکی پهل قابل توجه نیست اگر چه وجود پتاس در حوضه رسوبی اولیه را تایید می کند.



شکل 3-3-6- نمک های ثانویه قرمز رنگ حاوی اندکی پتاس در گنبد نمکی کوه موران نشان می

دهد که اگرچه پتاس این گنبد نمکی اقتصادی نخواهد بود اما حوضه رسوبی اولیه (پروتوتیس) حاوی پتاس بوده و به نظر می رسد گنبد غیر فعال کوه موران پس از قطع تغذیه نمک و آغاز فرسایش بخش عمده پتاس خود را از دست داده باشد.



جدول 1-3-3- نتایج آنالیز نمونه های شورابه گنبد نمکی کوه موران

Sample NO.	K(ppm)
K-1	2363
K-2	1172
K-3	1389
K-4	1822
K-5	739
K-6	1172
K-7	1822
K-8	2038
K-326	2119
K-327	904
K-328	910
K-329	5304
K-330	5872
K-331	3907
K-332	5220
K-333	3465
K-334	4224
K-335	2295
K-336	5139
K-337	3052
K-338	3063
K-339	790
K-340	4362
K-341	2857
K-342	3420
K-343	1261
K-344	522
K-345	504
K-346	1293
K-347	470
K-348	1315
K-349	1477



جدول 2-3-3- نتایج آنالیز نمونه های نمک سنگی گنبد نمکی کوه موران

Sample NO.	K(%)	Sample NO.	K(%)
K-9	0.887	K-50	0.708
K-10	0.017	K-51	0.398
K-11	0.395	K-52	3.076
K-12	0.229	K-53	3.891
K-13	0.571	K-54	0.336
K-14	0.781	K-55	5.558
K-15	0.567	K-56	0.208
K-16	0.471	K-57	0.302
K-17	0.779	K-58	6.424
K-18	0.486	K-59	0.493
K-19	0.442	K-60	1.769
K-20	0.274	K-61	4.907
K-21	0.495	K-62	3.243
K-22	0.153	K-63	6.171
K-23	0.137	K-64	6.354
K-24	0.428	K-65	1.115
K-25	0.113	K-66	1.964
K-26	0.86	K-67	5.901
K-27	0.074	K-68	5.775
K-28	0.187	K-69	6.598
K-29	0.119	K-70	5.519
K-30	0.014	K-71	6.374
K-31	0.195	K-72	5.022
K-32	0.838	K-73	5.803
K-33	0.501	K-74	6.63
K-34	0.452	K-75	4.359
K-35	0.528	K-76	7.22
K-36	0.212	K-77	1.832
K-37	0.296	K-78	2.67
K-38	0.393	K-79	6.709
K-39	0.475	K-80	0.612
K-40	0.632	K=81	1.312
K-41	0.042	K-82	0.07
K-42	0.678	K-83	0.062
K-43	0.242	K-84	0.083
K-44	0.312	K-85	0.133
K-45	0.594	K-86	0.102
K-46	0.045	K-87	0.203
K-47	0.619	K-88	0.301
K-48	0.219	K-89	1.189
K-49	0.463	K-90	0.162



Sample NO.	K(%)	Sample NO.	K(%)
K-91	0.076	K-132	5.156
K-92	0.186	K-133	4.762
K-93	0.133	K-134	6.792
K-94	0.086	K-135	0.305
K-95	0.359	K-136	0.329
K-96	0.073	K-137	0.278
K-97	0.101	K-138	0.66
K-98	0.088	K-139	0.56
K-99	0.246	K-140	0.102
K-100	0.504	K-141	0.38
K-101	0.19	K-142	0.355
K-102	1.18	K-143	0.137
K-103	0.095	K-144	0.647
K-104	1.328	K-145	0.181
K-105	0.338	K-146	0.233
K-106	0.227	K-147	0.949
K-107	0.314	K-148	0.131
K-108	0.155	K-149	0.725
K-109	0.169	K-150	0.125
K-110	0.032	K-151	0.291
K-111	0.035	K-152	0.26
K-112	0.059	K-153	0.632
K-113	0.08	K-154	0.498
K-114	0.064	K-155	0.149
K-115	0.331	K-156	0.631
K-116	0.024	K-157	0.562
K-117	0.115	K-158	0.159
K-118	0.091	K-159	0.314
K-119	0.306	K-160	0.269
K-120	0.064	K-161	0.266
K-121	0.063	K-162	0.9
K-122	0.358	K-163	0.369
K-123	5.277	K-164	0.12
K-124	2.04	K-165	0.26
K-125	0.335	K-166	0.292
K-126	0.483	K-167	0.355
K-127	0.105	K-168	0.109
K-128	5.341	K-169	0.154
K-129	6.627	K-170	0.543
K-130	0.637	K-171	0.333
K-131	3.638	K-172	0.09



Sample NO.	K(%)	Sample NO.	K(%)
K-173	0.548	K-215	5.172
K-174	0.718	K-216	5.541
K-175	0.291	K-217	4.348
K-176	0.404	K-218	6.04
K-177	0.15	K-219	4.591
K-178	0.978	K-220	1.352
K-179	0.874	K-221	6.533
K-180	0.403	K-222	1.54
K-181	0.506	K-223	0.2
K-182	0.371	K-224	2.988
K-183	0.748	K-225	2.871
K-184	0.475	K-226	1.487
K-185	0.823	K-227	0.1
K-186	0.974	K-228	7.349
K-187	0.965	K-229	8.149
K-188	0.797	K-230	6.888
K-189	0.777	K-231	6.997
K-190	0.092	K-232	7.764
K-191	0.31	K-233	8.502
K-192	0.514	K-234	0.167
K-193	0.391	K-235	2.848
K-194	0.549	K-236	0.105
K-195	0.642	K-237	3.887
K-196	0.038	K-238	2.111
K-197	0.418	K-239	6.525
K-198	0.646	K-240	0.235
K-199	0.412	K-241	6.678
K-200	0.609	K-242	0.353
K-201	0.368	K-243	0.724
K-202	0.79	K-244	0.082
K-203	0.851	K-245	0.037
K-204	0.328	K-246	0.192
K-205	1.635	K-247	0.1
K-206	0.584	K-248	0.246
K-207	5.584	K-249	0.048
K-208	4.439	K-250	0.087
K-209	0.244	K-251	0.245
K-210	4.696	K-252	0.784
K-211	0.192	K-253	0.659
K-212	1.976	K-254	0.435
K-213	0.718	K-255	0.789
K-214	2.151	K-256	0.154



Sample NO.	K(%)	Sample NO.	K(%)
K-257	0.357	K-299	0.456
K-258	0.369	K-300	2.107
K-259	0.789	K-301	1.145
K-260	0.654	K-302	0.987
K-261	0.546	K-303	0.357
K-262	0.984	K-306	0.852
K-263	0.652	K-307	0.564
K-264	0.812	K-308	0.357
K-265	0.743	K-309	0.897
K-266	1.456	K-310	0.896
K-267	1.023	K-311	0.123
K-268	2.123	K-312	0.254
K-269	1.506	K-313	0.357
K-270	4.305	K-314	0.123
K-271	0.987	K-315	0.456
K-272	0.963	K-316	0.564
K-273	0.895	K-317	0.423
K-274	0.896	K-318	0.632
K-275	1.236	K-319	0.865
K-276	2.874	K-320	0.934
K-277	2.569	K-321	0.345
K-278	4.568	K-322	0.731
K-279	2.543	K-323	0.823
K-280	1.789	K-324	0.203
K-281	1.569	K-325	0.402
K-282	4.523		
K-283	2.56		
K-284	0.952		
K-285	0.987		
K-286	0.632		
K-287	0.325		
K-288	0.456		
K-289	0.243		
K-290	0.159		
K-291	0.354		
K-292	0.203		
K-293	0.952		
K-294	0.546		
K-295	0.213		
K-296	0.354		
K-297	0.654		
K-298	0.258		



3-4- پی جویی پتاس سنگی در گنبد نمکی مغویه

3-4-1- موقعیت جغرافیایی و ژئومورفولوژی

گنبد نمکی مغویه با 80 کیلومتر مربع مساحت در 40 کیلومتری غرب بندر لنگه و در ساحل خلیج فارس، در موقعیت جغرافیایی $26^{\circ} 35'$ تا $26^{\circ} 40'$ شمالی و $54^{\circ} 23'$ تا $54^{\circ} 29'$ شرقی قرار دارد. دسترسی به این گنبد از طریق جاده آسفالته ساحلی و راه روستای مغویه امکان پذیر است. محدوده آب و هوایی گرم و خشک دارد و در جنوب شرقی زاگرس قرار گرفته است.

در این منطقه رخنمون های سازند هرمز نقاط مرتفع و رسوبات جوان نواحی پست را تشکیل می دهند؛ رسوبات جوان به صورت دشت های هموار، پیرامون گنبد نمکی را فرا گرفته و آن را احاطه کرده اند یا سرزمین های وسیعی را در داخل گنبد نمکی می پوشانند. این گنبد نمکی تقریباً مدور است. قسمت مرکزی ارتفاعی بیشتر از نواحی اطراف نداشته و در عکس ماهواره ای، نیم رخ توپوگرافی آن بسیار نامنظم به نظر می رسد و جهت جریان نمک به سختی تعیین می شود. همانطور که در نقشه و عکس پیوست نشان داده شده مورفولوژی نمکیر توسط فرسایش شدید و به علت انحلال بشدت به هم ریخته است و حفرات متعدد با اعماق و وسعت متفاوت در رخنمون های نمک مشاهده می شود. شکل 1-4-3 نمایی عمومی از گنبد نمکی مغویه را نشان می دهد.



طرح اکتشاف پتاس سنگی در گنبد‌های نمکی زاگرس



شکل 1-4-3- نمای عمومی گنبد نمکی مغویه در ساحل خلیج فارس؛ سمت چپ، دریا و سمت راست پهنه آبرفتی حاصل از فرسایش گنبد است.



3-4-2- ساختار گنبد نمکی مغویه

در گنبد نمکی مغویه بیشتر نمک موجود در لایه های منشا زیرین به بیرون راه یافته است. وقتی تغذیه گنبد توسط نمک جوان قطع شد، راس آن به داخل فرو ریخته و فرسایش و انحلال نمک بیشتر از میزان خروج آن شده است لذا فرورفتگی هایی در نیم رخ گنبد بوجود آمده و شکل هموار نیم رخ توپوگرافی از بین رفته است. همچنانکه نیم رخ توپوگرافی فرو نشسته و رخنمون های نمک نیز در زیر بلوک هایی از خاک های برجا ناپدید شده است. ترکیب این خاکها، تشکیل دهند های نامحلول سری های هرمز است لذا گنبد نمکی مغویه یک دراپلت (deropilet) کامل محسوب می شود. در این گروه از گنبد‌ها نیم رخ توپوگرافی همچنان پست تر و نامنظم تر می شود تا اینکه ارتفاع آن به پست ترین نواحی سنگ های بستر و یا به خاک های رنگین هرمز روی دشت ها می رسد (شکل 3-4-2). در نهایت مخروطه ای پیر از یک گنبد نمکی باقی مانده است.



شکل 2-4-3- تصویر ماهواره ای گنبد نمکی مغویه نشان می دهد که خروج نمک در ساحل خلیج فارس بر روی رسوبات ساحلی جوان در ارتفاع بسیار ناچیزی از سطح دریا رخ داده است. فرسایش پیشرفت قابل توجهی داشته و یک مجموعه به هم ریخته از اجزای نامحلول سازند هرمز باقی گذاشته و بخش عمده ای از نمک نیز زیر پوششی از خاک های برجا مدفون است.

نمک بیشتر در حاشیه شمال غربی و غرب گنبد رخنمون دارد. رنگ اغلب رخنمون ها تیره است و به نظر می رسد بخش هایی از نمک وندین (نمک بخش زیرین هرمز) رخنمون داشته باشد؛ به علت پوشش خاک سطحی، نمک به رنگ های گوناگون تنها در دیواره ها دیده می شود و دارای لایه بندی ترکیبی دارد. چین های موجود در گنبد نمکی مغویه اغلب در آبراهه های غرب گنبد دیده شده و مهمترین آنها چین های کلاس دو رمزی است. چین ها بیشتر خوابیده هستند و سطح محوری



آنها هم شیب با لایه بندی است و البته چین خوردگی مجدد نیز قابل مشاهده است. همه چین ها از نوع جریانی هستند و سطح محوری نسبتا افقی بسیاری از آنها تشکیل نمکیر را بر روی سرزمین های هموار اطراف ساقه نشان می دهد.



شکل 3-4-3- نمونه ای از چین های جناغی (chevron) در نمک ها.



شکل 3-4-4- نمونه ای از یک چین اس (S) شکل و پدیده باز شدگی در نمک ها.

نمک ها در بسیاری از نقاط، دانه بندی درشت و تبلور مجدد یافته اند. در حفاصل بین بلورها، اکسیدهای آهن قرمز رنگ وجود دارد و بلورها با جلای شیشه ای در جهت جریان نمک جهت یابی ترجیحی پیدا کرده اند. حاشیه برخی از بلورهای نمک مضرس است و تبلور مجدد همراه



با فشار را نشان می‌دهد. اکسید آهن معمولاً وجود دارد اما همراه پتاس بیشتر است. اکسید آهن نه تنها در مرز دانه‌های پتاس بیشتر دیده می‌شود بلکه در متن این دانه‌ها نیز میزان اکسید آهن بیشتر از دانه‌های نمک است.



شکل 3-4-5- بافت نمک و اندکی پتاس به همراه اکسید آهن در گنبد نمکی مغویه. دانه بندی

درشت و حاشیه‌های مضرس تبلور مجدد ناشی از فشار را نشان می‌دهد.

3-4-3- واحد‌های سنگی همراه

پوشش نمک‌ها در حاشیه غربی گنبد نمکی مغویه مجموعه نامنظمی از مواد رسی، اندکی سنگهای کربناتی، ژئپس و انیدریت است. البته سنگهای ولکانیکی، دگرگونی، میکروگرانیت‌ها و کوارتزپورفیرها و همچنین اکسیدهای آهن، وسعت و گسترش قابل توجهی دارند و پراکندگی آنها در نقشه زمین‌شناسی پیوست نشان داده شده است (شکل 3-4-6). ژئپس و انیدریت نیز به صورت تجمع‌های پراکنده دیده می‌شود.



شکل 3-4-6- نمونه ای از رخنمون های ولکانیک اسیدی تا مافیک در گنبد نمکی مغویه.

سنگ های ولکانیک گنبد نمکی مغویه احتمالاً برای اورانیم آنومالی بالایی دارد و رخنمون ها

در بسیاری از نقاط گنبد مورد اکتشاف قرار گرفته است.



شکل 3-4-7- ترانشه های حفر شده روی ولکانیک های گنبد نمکی مغویه.





3-4-4- نمونه برداری

آبراهه ها و رخنمون های نمک و نقاطی که بر اساس شواهد صحرایی و ضخامت رخنمون ها دارای پتانسیل بودند، مورد بررسی قرار گرفت و نمونه برداری شد. نمونه های برداشت شده از گنبد نمکی مغویه در جدول پیوست با کد (M) مشخص شده است و موقعیت جغرافیایی مسیر نمونه برداری در نقشه زمین شناسی گنبد نمکی مغویه نشان داده شده است.

در موقعیت $26^{\circ} 39' 39''$ شمالی و $54^{\circ} 25' 58''$ شرقی در یک دامنه پر شیب حفره ای انحلالی در نمکها دیده می شود و در مجاورت آن یک تنوره (چاه) بسیار عمیق وجود دارد. رخنمون پتاس با عیار پایین در دیواره های این حفره و در دیواره تنوره قابل مشاهده است. اگرچه ضخامت طبقه پتاس در دیواره حفره انحلالی بیشتر از 40 سانتیمتر است اما ضخامت آن در دیواره تنوره بسیار بیشتر و غیر قابل تعقیب است. لایه بندی ضخامت متغییر دارد و شیب به سمت شمال (حاشیه نمکیر) است و به نظر می رسد لایه های پتاس سرشار از اکسید آهن در محل یال چین خوردگی قرار گرفته باشند و اثری از افزایش ضخامت در محل محور چین ها دیده نمی شود. عیار در این رخنمون به حدود سه درصد پتاسیم می رسد اما لکه هایی با عیار بیشتر نیز به رنگ قرمز تیره تا قهوه ای دیده می شود. نمونه های M-211 تا M-218 مربوط به این رخنمون ها است (شکل های 3-4-8 و 3-4-9-).

(4-3)



شکل 8-4-3- رخنمون های قهوه ای رنگ پتاس با عیار پایین در شمال گنبد نمکی مغویه. سمت

چپ و پایین تصویر دهانه یک تنوره بسیار عمیق را نشان می دهد که پتاس در دیواره های آن رخنمون دارد.



شکل 9-4-3- نمایی نزدیک از رخنمون پتاس با عیار پایین. پچ هایی از پتاس با عیار بالا و به رنگ

قهوه ای تیره نیز دیده می شود. هاله ژئوشیمیایی غنی از آهن است اما بلورها سیلویت وجود دارد.



در موقعیت $26^{\circ} 39' 22''$ شمالی و $54^{\circ} 25' 58''$ شرقی نیز دیواره های قائم نمک در دامنه ای پر شیب به سختی از زیر پوشش وسیعی از خاک های برجا رخنمون دارد. پتاس کم عیار با لایه های نازک اما طویل، قابل مشاهده است. در متن لایه های پتاس فنوکریست هایی با عیار بالاتر مشاهده می شود. اگر چه بخش عمده این لکه ها را اکسید آهن تشکیل می دهد اما پس از شکستن سنگ بلور های سیلویت قابل مشاهده است. در نمونه های M-219 تا M-221 از این رخنمون ها عیار ناچیزی از پتاس را نشان می دهد.

رخنمون های نمک در موقعیت $26^{\circ} 39' 1''$ شمالی و $54^{\circ} 26' 8''$ شرقی به علت پوشش وسیع خاک سطحی، انحلال و تشکیل حفره های متعدد و همچنین با توجه به رنگ روشن نمک ها فاقد پتانسیل برای پتاس تشخیص داده شده است.

در موقعیت $26^{\circ} 39' 16''$ شمالی و $54^{\circ} 26' 4''$ شمالی تجمع انبوهی از قطعات سنگهای ولکانیکی مافیک در تپه های کم ارتفاع به همراه خاک های برجا انحلال گسترده نمک را نشان می دهد. همچنین رخنمون های سفید رنگ ولکانیکی در موقعیت جغرافیایی $26^{\circ} 39' 56''$ شمالی و $54^{\circ} 25'$ شرقی بر روی نمک های فرسوده و متخلخل، حرکت ولکانیک ها به همراه نمک به سطح و سپس انحلال نمک را نشان می دهد (شکل 3-4-6).

بخش عمده رخنمون نمک در گنبد نمکی مغویه در حاشیه غربی آن مشاهده می شود. دیواره ای به طول تقریبی 8 کیلومتر از نظر رنگ و ضخامت نمک ها مناسب پی جویی به نظر می رسد. شکل 3-4-3 یک چین خوابیده جناغی را در موقعیت $26^{\circ} 40'$ شمالی و $54^{\circ} 25' 17''$ شرقی در این دیواره نشان می دهد و شکل 3-4-10 نیز بخشی دیگر از این دیواره را در موقعیت $39^{\circ} 39'$



26 شمالی و $54^{\circ} 24' 57''$ نشان می‌دهد. این رخنمون‌ها برحسب رنگ نمک و ضخامت آن مناسب پی‌جویی به نظر می‌رسد اما حفرات انحلالی متعدد شستشوی احتمالی پتاس را نشان می‌دهد. بیش از 220 نمونه در طول این هشت کیلومتر برداشت شد و محل نمونه‌ها در نقشه زمین‌شناسی گنبد نمکی مغویه نشان داده شده است. شکل (3-4-11) نمایی از رخنمون دیواره نمکی را در انتهای مسیر نمونه برداری در موقعیت جغرافیایی $26^{\circ} 39' 22''$ شمالی و $54^{\circ} 24' 31''$ شرقی نشان می‌دهد. بخش‌های مرتفع این دیواره در بام گنبد در زیر انبوهی از خاک‌های برجا مدفون است و همانطور که در شکل 4-4-3 نشان داده شده است انحلال حفرات متعددی ایجاد کرده که بنظر می‌رسد عامل حذف پتاس از رخنمون‌ها نیز بوده است.



شکل 10-4-3- بخشی از دیواره های نمک در غرب گنبد نمکی مغویه. اگرچه رنگ نمک ها و مقدار

اکسید آهن احتمال پی جویی رخنمون های پتاس را افزایش می دهد اما حفرات انحلالی معرف حذف کانی های پتاس در طول هوازدگی و فرسایش است.



شکل 11-4-3- نمایی عمومی از رخنمون های نمک در غرب گنبد نمکی مغویه.





جدول 1-4-3- نتایج آنالیز نمونه های نمک سنگی گنبد نمکی کوه مغویه

Sample NO.	K (%)	Sample NO.	K (%)
M-001	0.182	M-039	0.184
M-002	0.142	M-040	0.11
M-003	0.107	M-041	0.122
M-004	0.084	M-042	0.098
M-005	0.131	M-043	0.108
M-006	0.058	M-044	0.183
M-007	0.174	M-045	0.061
M-008	0.125	M-046	0.093
M-009	0.104	M-047	0.11
M-010	0.063	M-047	0.121
M-011	0.177	M-049	0.125
M-012	0.171	M-050	0.068
M-013	0.088	M-051	0.077
M-014	0.113	M-052	0.152
M-015	0.089	M-053	0.104
M-016	0.142	M-054	0.119
M-017	0.109	M-055	0.19
M-018	0.101	M-056	0.099
M-019	0.074	M-057	0.102
M-020	0.075	M-058	0.128
M-021	0.098	M-059	0.128
M-022	0.078	M-060	0.088
M-023	0.142	M-061	0.054
M-024	0.218	M-062	0.101
M-025	0.064	M-063	0.093
M-026	0.069	M-064	0.056
M-027	0.254	M-065	0.137
M-028	0.092	M-066	0.039
M-029	0.174	M-067	0.056
M-030	0.137	M-068	0.061
M-031	0.266	M-069	0.075
M-032	0.187	M-070	0.088
M-033	0.101	M-071	0.043
M-034	0.084	M-072	0.072
M-035	0.131	M-073	0.039
M-036	0.146	M-074	0.153
M-037	0.054	M-075	0.081



<i>Sample NO.</i>	<i>K (%)</i>	<i>Sample NO.</i>	<i>K (%)</i>
M-038	0.136	M-076	0.058
M-077	0.077	M-115	0.057
M-078	0.101	M-116	0.095
M-079	0.082	M-117	0.116
M-080	0.088	M-118	0.144
M-081	0.125	M-119	0.075
M-082	0.087	M-120	0.052
M-083	0.075	M-121	0.079
M-084	0.059	M-122	0.083
M-085	0.105	M-123	0.103
M-086	0.067	M-124	0.057
M-087	0.071	M-125	0.114
M-088	0.039	M-126	0.078
M-089	0.096	M-127	0.058
M-090	0.098	M-128	0.058
M-091	0.079	M-129	0.068
M-092	0.063	M-130	0.075
M-093	0.041	M-131	0.158
M-094	0.058	M-132	0.116
M-095	0.056	M-133	0.058
M-096	0.06	M-134	0.084
M-097	0.086	M-135	0.049
M-098	0.077	M-136	0.07
M-099	0.095	M-137	0.112
M-100	0.104	M-138	0.114
M-101	0.092	M-139	0.14
M-102	0.07	M-140	0.063
M-103	0.083	M-141	0.132
M-104	0.052	M-142	0.065
M-105	0.056	M-143	0.068
M-106	0.082	M-144	0.089
M-107	0.047	M-145	0.137
M-108	0.116	M-146	0.072
M-109	0.048	M-147	0.097
M-110	0.123	M-148	0.15
M-111	0.065	M-149	0.112
M-112	0.131	M-150	0.111
M-113	0.222	M-151	0.142
M-114	0.095	M-152	0.159



Sample NO.	K (%)	Sample NO.	K (%)
M-153	0.111	M-190	0.057
M-154	0.064	M-191	0.098
M-155	0.137	M-192	0.046
M-156	0.136	M-193	0.093
M-157	0.119	M-194	0.103
M-158	0.11	M-195	0.08
M-159	0.162	M-196	0.13
M-160	0.089	M-197	0.058
M-161	0.04	M-198	0.095
M-162	0.101	M-199	0.076
M-163	0.109	M-200	0.095
M-164	0.07	M-201	0.09
M-165	0.038	M-202	0.116
M-166	0.141	M-203	0.101
M-167	0.029	M-204	0.083
M-168	0.139	M-205	0.082
M-169	0.152	M-206	0.048
M-170	0.032	M-207	0.093
M-171	0.125	M-208	0.106
M-172	0.037	M-209	0.117
M-173	0.117	M-210	0.046
M-174	0.094	M-211	0.675
M-175	0.093	M-212	1.779
M-176	0.108	M-213	2.138
M-177	0.127	M-214	1.167
M-178	0.092	M-215	1.131
M-179	0.072	M-216	1.885
M-180	0.067	M-217	2.912
M-181	0.086	M-218	2.451
M-182	0.079	M-219	2.012
M-183	0.09	M-220	1.891
M-184	0.106	M-221	1.805
M-185	0.108	M-222	0.085
M-186	0.113	M-223	0.151
M-187	0.135	M-224	0.126
M-188	0.074	M-225	0.058
M-189	0.033	M-226	0.084

Sample NO.	K (%)	Sample NO.	K (%)
M-227	0.108	M-265	0.975



M-228	0.119	M-267	1.504
M-229	0.11	M-268	1.064
M-230	0.08	M-269	1.812
M-231	0.087	M-270	2.056
M-232	0.085	M-271	2.913
M-233	0.086	M-272	2.053
M-234	0.112	M-273	2.014
M-235	0.141	M-274	1.852
M-236	0.098	M-275	1.135
M-237	0.085	M-276	2.41
M-238	0.056	M-277	1.987
M-239	0.032		
M-240	0.065		
M-241	0.456		
M-242	0.258		
M-243	0.357		
M-245	0.235		
M-246	0.123		
M-347	0.056		
M-248	0.236		
M-249	0.125		
M-250	0.056		
M-251	0.098		
M-252	0.069		
M-253	0.065		
M-254	0.049		
M-255	0.098		
M-256	0.069		
M-257	0.091		
M-258	0.098		
M-259	0.093		
M-260	0.098		
M-261	0.039		
M-262	0.159		
M-263	0.987		
M-264	0.965		



3-5- پی جویی پتاس سنگی در گنبد نمکی سیاهو

گنبد نمکی سیاهو طی مطالعات قبلی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور به عنوان یکی از مهمترین پتانسیل های اکتشافی پتاس بعد از گنبد نمکی پهل معرفی شده است. با توجه به بررسی های قبلی اکتشافی و محرز شدن وجود پتاس در گنبد نمکی سیاهو، این گنبد به عنوان شاهد انتخاب شد و عملیات پی جویی و اکتشاف پتاس در این ناحیه نیز صورت گرفت تا ضمن کنترل شیوه کار، با توجه ویژه به داده های ماهواره ای بتوان اطلاعات اکتشافی مناسب تری را از ناحیه گنبد نمکی سیاهو بدست آورد.

3-5-1- موقعیت جغرافیایی و ژئومورفولوژی

گنبد نمکی سیاهو با 16 کیلومتر مربع مساحت در 81 کیلومتری جنوب شرق حاجی آباد و در 9 کیلومتری شمال غرب سیاهو قرار دارد. دسترسی به این گنبد از طریق جاده حاجی آباد به بندر عباس، جاده سیاهو (14 کیلومتر)، راه روستایی درگز (9 کیلومتر) و راه روستایی درگز به خرسین به طول 10 کیلومتر امکان پذیر است. محدوده مورد مطالعه آب و هوایی گرم و خشک تا گرم و مرطوب دارد و در پایانه جنوب شرقی کوهستان های زاگرس قرار گرفته است.

در این منطقه طاقدیس ها نقاط مرتفع و ساختمان های ناودیدی نواحی پست را تشکیل می دهند که در اثر تجمع رسوبات فرسایش یافته به دشت های هموار تبدیل شده اند. مهمترین سازند هایی که نقاط برجسته را می سازند عبارتند از آسماری، آهک گوری، سازند میشان و آهک های



ماسه ای سازند آغاچاری؛ کنگلومرای بختیاری و آبرفت های جوان دشت ها را تشکیل داده اند. این گنبد نمکی کاملاً مدور است؛ در قسمت مرکزی ارتفاعی بیشتر از نواحی اطراف دارد و در عکس ماهواره ای، شکل فواره ای (fountain) گنبد نمکی و همچنین جریان نمک در نواحی اطراف ساقه کاملاً مشخص است (شکل 1-5-3). همانطور که در شکل دیده می شود مورفولوژی نمکیر توسط توپوگرافی سرزمین های اطراف ساقه (stem) تعیین می شود. به علت انحلال؛ حفرات متعدد و بسیار بزرگی با اعماق و وسعت متفاوت در تمامی نقاط آن تشکیل شده است که طرح هندسی آنها از ویژگی های ساختمانی گنبد تبعیت می کند.



شکل 1-5-3- تصویر ماهواره ای گنبد نمکی سیاهو



3-5-2- ساختار درونی گنبد نمکی سیاهو

نمک‌ها در بسیاری از نقاط دارای ساخت موزائیکی و تبلور مجدد هستند. حدفاصل بین بلورها، نمک‌های ثانویه سفید رنگ دیده می‌شود و بلورها با جلای شیشه‌ای در جهت جریان نمک جهت یابی ترجیحی دارند. حاشیه برخی از بلورهای نمک مضرس است و تبلور مجدد همراه با فشار را نشان می‌دهد. به علت پوشش خاک سطحی، نمک به رنگ‌های گوناگون تنها در دیواره‌ها رخمون دارد و دارای لایه بندی ترکیبی است.

چین‌های موجود در گنبد نمکی سیاهو تنها در برخی از آبراهه‌ها دیده می‌شود و مهمترین آنها چین‌های کلاس دو رمزی است. چین‌ها بیشتر خوابیده هستند و سطح محوری آنها هم شیب با لایه بندی است و البته چین خوردگی مجدد نیز قابل مشاهده است. درصد قابل توجهی از آنومالی‌های پتاس از الگوی چین‌های غلافی تبعیت می‌کند.

درزه‌ها در گنبد‌های نمکی با توجه به نوع چین خوردگی، ناخالصی‌های نمک، میزان جریان نمک، شیب بستر و غیره تغییر می‌کند. در گنبد‌های نمکی در اثر عوامل فرسایش درزه‌ها به مرور زمان باز شده و توسط مواد رسی، تخریبی و یا مواد محلول پر می‌شود. درزه‌های عمودی، درزه‌های افقی، درزه‌های شاخه درختی و همچنین درزه‌های نامنظم از انواع درزه‌ها در رخمون‌های نمکی هستند.



3-5-3- سنگ های پوشش

سنگ پوشش در گنبد نمکی سیاهو مجموعه نامنظمی از مواد رسی، سنگ های کربناته، ژئوپس و انیدریت است البته سنگ های ولکانیکی، سنگ های دگرگونی، میکروگرانیت، کوارتزپورفیر نیز وجود دارد. روی سکنس های نمکی را حجم زیادی از مواد رسی آهن دار می پوشاند اما ژئوپس و انیدریت به صورت تجمع های هرمی شکل همراه با ولکانیک های سبز رنگ در بخش های مختلف و بخصوص در بام گنبد قابل رویت است.

3-5-4- نمونه برداری

مطالعات قبلی (فرهادی و دیگران، 1382) آنومالی هایی از پتاس را در حاشیه جنوب غربی گنبد نمکی نشان داده است اما طی این پروژه به داده های ماهواره ای توجه بیشتری شد. تصاویر ساده گوگل اگر چه غیر تخصصی به نظر می رسد اما قابلیت بسیار چشمگیری برای مطالعات تکتونیکی و ژئومورفولوژی گنبد های نمکی زاگرس دارد. طی این مطالعات دریافتیم که بخش آنومالی دار گنبد سیاهو در تصویر گوگل دارای رنگ متمایزی است بنابراین مطالعات صحرایی به درخواست مجری فنی و ناظر پروژه با جدیت بیشتری پیگیری شد. تعداد 50 نمونه از حاشیه غربی گنبد نمکی سیاهو در موقعیت جغرافیایی $27^{\circ} 48' 48''$ شمالی و $56^{\circ} 14' 01''$ شرقی به سمت ارتفاعات بالا دست در راستای شمال شرق برداشت شد. نتیجه تجزیه های شیمیایی در جدول 1-5 آنومالی پتاس را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود در بعضی از نمونه ها عیار پتاس بیشتر از متوسط عیار برای نمونه های گنبد نمکی کوه موران است. از طرفی گسترش و ضخامت

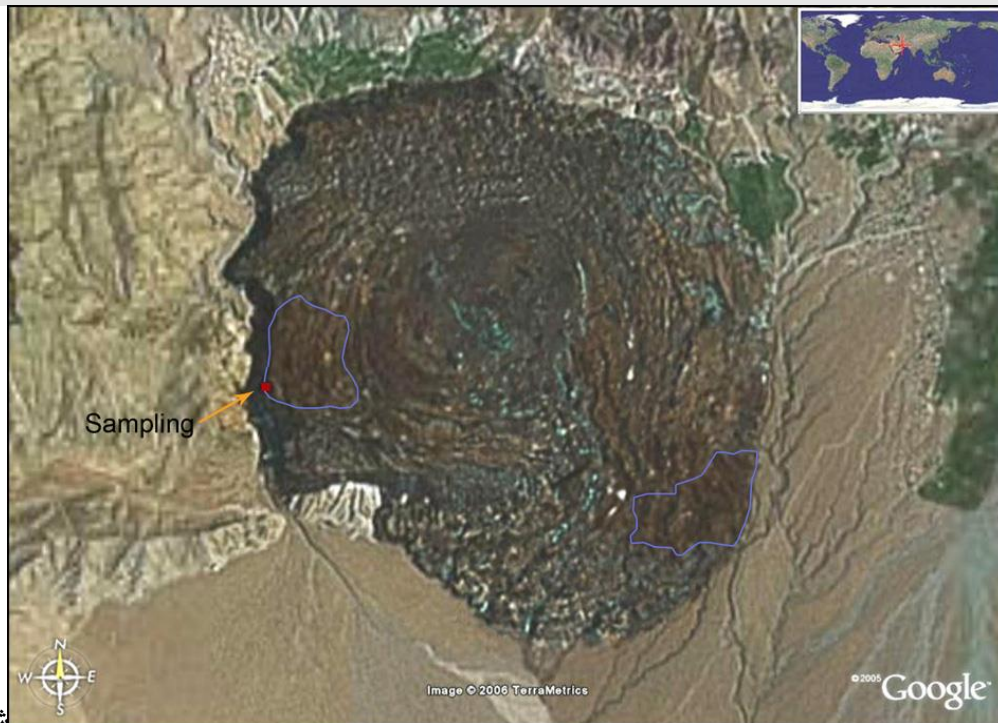


پتاس ثانویه و نمک‌های رنگین ثانویه در گنبد نمکی سیاهو با کوه نمک پهل قابل مقایسه است (شکل‌های 3-5-3 و 3-5-4) و گنبد نمکی کوه موران از این جهت آنومالی بسیار ضعیف‌تری را نشان می‌دهد. بنابراین گنبد‌های نمکی سیاهو (با توجه به گزارش فرهادی، 1382) همچنان در اولویت اکتشافات عمومی قرار می‌گیرند.

نتایج بررسی‌های اکتشافی در گنبد نمکی سیاهو را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

1- نمونه‌گیری از نقطه 27, 49 شمالی و 56, 14 شرقی در راستای 43 درجه (آزیموت) به سمت ارتفاع شامل نمونه‌های شماره J-1 تا J-50 آنومالی بسیار گسترده و قابل توجهی را نشان می‌دهد.

2- در تصویر گوگل این آنومالی به رنگ کاملاً متمایز از سایر قسمت‌های گنبد قابل مشاهده است (شکل 3-5-2). بنابراین در سوی دیگر گنبد نیز (گوشه جنوب شرقی) رنگ مشابه تصویر ماهواره‌ای می‌تواند معرف وجود پتاس باشد.



شکل

3-5-2- مناطق نمونه برداری شده و ناهنجار پتاس در گنبد نمکی سیاهو

3- مشاهدات روی زمین داده های ماهواره ای را تایید کرده و آثار پتاس ثانویه گسترش قابل توجهی دارد. حجم بسیار زیاد رسوبات ثانویه پتاس معرف توده های قابل توجه تحت الارضی است که به سبب درجه انحلال بالا رخنمون قابل توجهی ندارد.

4- گنبد نمکی سیاهو به عنوان یک پتانسیل قابل توجه برای اکتشافات عمومی پیشنهاد می شود.



شکل 3-5-3- نمونه ای از چشمه های پتاس دار در آبراهه غربی گنبد نمکی سیاهو که از نظر پتاس و حجم شورآبه در مقایسه با کوه نمک موران بسیار غنی تر است.



شکل 3-5-4- جریان نمک های پتاس دار ثانویه در حاشیه غربی گنبد نمکی سیاهو، پتانسیل بسیار بالای این گنبد نمکی را برای ادامه فعالیت های اکتشافی نشان می دهد.



جدول 1-5-3- نتایج آنالیز نمونه های نمک سنگی گنبد نمکی کوه سیاهو

Sample NO.	K(%)	Sample NO.	K(%)
J-1	0.114	J-40	2.016
J-2	0.3224	G-41	3.057
J-3	0.139	J-42	0.083
J-4	0.142	J-43	0.237
J-5	0.098	J-44	5.276
J-6	0.154	J-45	1.856
J-7	0.171	J-46	2.069
J-8	0.2	J-47	0.123
J-9	4.208	J-48	0.393
J-10	7.896	J-49	0.162
J-11	6.201	J-50	0.417
J-12	0.179		
J-13	4.897		
J-14	4.329		
J-15	3.918		
J-16	0.267		
J-17	0.255		
J-18	0.106		
J-19	0.108		
J-20	0.597		
J-21	0.375		
J-22	0.224		
J-23	0.427		
J-24	0.519		
J-25	0.588		
J-26	0.967		
J-27	0.386		
J-28	0.238		
J-29	0.251		
J-30	0.158		
J-31	7.968		
J-32	5.996		
J-33	4.537		
J-34	3.92		
J-35	4.163		
J-36	0.193		
J-37	0.169		
J-38	2.19		
J-39	0.61		



3-6- خلاصه و نتیجه گیری

- در گنبد‌های نمکی مورد مطالعه بخش هایی از سازند هرمز شامل نمک های وندین و کامبرین رخنمون دارد.

- در این گنبد‌های نمکی سنگ های پلوتونیک و ولکانیکی به وفور دیده می شود اما این سنگها در گنبد نمکی مغویه نسبت به دیگر گنبد‌های نمکی بیشتر است. این ولکانیک ها از انواع سفید رنگ ریولیتی تا سبز تیره گابرویی متغیر و بشدت دگرسان و خرد شده است.

- آثار فعالیت های گرمابی در هیچ یک از این گنبد‌ها مشاهده نمی شود.

- تمامی گنبد‌های مورد مطالعه از نوع فواره ای هستند و در حال حاضر در تمامی آنها تغذیه نمک جوان قطع شده است.

- نمک ها در اغلب رخنمون ها به علت آغشتگی زیاد به رس و اکسید های مختلف آهن ظاهری تیره دارند اما در برخی بخشها نمکهای شفاف سفید، خاکستری روشن تا زرد رنگ دیده می شود.

- ضخامت مواد برجای حاصل از انحلال نمک در گنبد نمکی مغویه حداکثر بوده و به بیش از 100 متر می رسد و در گنبد نمکی فرامرزان حداقل است.

- نمک همواره لایه بندی منظم دارد و با زاویه حاده چین می خورد.

- انواع چین خوردگی ها در بخش سطحی گنبد‌های نمکی قابل تعقیب است و مهمترین چین خوردگی از نوع چین های جریانانی غلافی با سطح محوری موازی لایه بندی است.



- نمک در اثر حرکات، فرسایش و هوازدگی دارای شکستگی‌هایی است که رسوبات و مواد مختلف در آنها تجمع یافته است.
- ضخامت نمک در خط الراس چین‌ها بیش از یالهاست.
- شیب لایه‌های نمک در بسیاری نقاط قابل تعقیب و تقریباً همواره موازی بستر نمکیر است اما مقدار شیب در محل ساقه افزایش می‌یابد.
- در گنبد‌های نمکی مغویه و کوه موران آنومالی پتاس مشاهده شد اما گنبد‌های نمکی دهکویه، کرمستج و فرامرزان فاقد پتانسیل هستند.
- پتاس در محل یال چین‌ها به صورت گرهک‌های قهوه‌ای تیره دیده می‌شود و تمرکز آن در محل محور چین خوردگی‌ها مانند گنبد نمکی پهل مشاهده نشد که البته علت آن عیار پایین پتاس است.
- در همه گنبد‌های مطالعه شده، کلاhek بالای مجرا در حال فرسایش و انحلال است، به طوری که در گنبد نمکی مغویه به طور کامل حذف شده است.
- در تمامی گنبد‌ها، نمک ثانویه در حجم‌های متفاوت در آبراهه‌ها مشاهده می‌شود. در برخی از آنها مانند گنبد نمکی کرمستج نمک آبی استخراج می‌شود و در برخی دیگر مانند کوه نمک موران آلودگی به آنومالی پتاس و مقدار آهن مانع استخراج نمک است..
- ارتباط ساختاری گنبد‌های نمکی با گسل‌ها و طاق‌دیس‌های زاگرس در تصاویر ماهواره‌ای در تمام موارد قابل مشاهده است.



- ارتباط ساختاری گنبد‌ها با خط واره های زاگرس که به گسل های قبل از زاگرس مربوط می شود در تصاویر ماهواره ای قابل مشاهده است.
- کانی پتاس از نوع سیلویت و همچنین کانی های آهن دار از قبیل هیدرومولازیت است.
- توزیع نقاط آنومالی دار پتاس در گنبد نمکی مغویه و کوه موران از طرح خاصی که قابل تعبیر و تفسیر ساختاری باشد، تبعیت نمی کند.
- در محل آنومالی های پتاس، مقدار تجمع آهن حداکثر است و ارتباط ژئوشیمیایی تنگاتنگی مشاهده می شود.
- در تمام نقاط آنومالی دار اکسیدهای آهن سیاه رنگ، در سطح نمک به صورت سست با جلای خاکی، سطح آنومالی را می پوشاند.
- در گنبد‌های نمکی مغویه و کوه موران ضخامت واحدهای پتاس دار از چند سانتیمتر تا چند متر متغیر است اما طول واحدها از چند ده متر بیشتر نیست.
- عیار پتاس در قوی ترین آنومالی های گنبد نمکی کوه موران به سختی به شش درصد می رسد که در مقایسه با عیارهای بالای 50 درصدی کوه نمک پهل ناچیز است.
- شورابه های گنبد نمکی کوه موران با حد اکثر 2 تا 3 گرم بر لیتر پتاس در مقایسه با 70 گرم بر لیتر پتاس در شورابه های کوه نمک پهل تنها یک آنومالی ضعیف محسوب می شود.
- برخی از گنبد‌های نمکی زاگرس از قبیل گنبد نمکی کوه سیاتک (شکل 1-6-3) واقع در 25 کیلومتری غرب بندر خمیر در اثر قطع تغذیه نمک و شدت فرسایش به مخروطه ای از



باقیمانده های نامحلول سازند هرمز تبدیل شده اند که تنها طی یک بازدید کوتاه بی ارزش بودن آنها برای پی جویی پتاس محرز می شود.



شکل 1-6-3- گنبد نمکی سیاتک تقریباً فاقد رخنمون نمک است.

همانطور که در نقشه پراکندگی گنبد‌های نمکی زاگرس نشان داده شده است، این گنبد‌ها در ارتباط با پتاس به پنج گروه تقسیم می شود که در زیر آمده است. در میان این گنبد‌ها سیاهو، لارک و هرمز به ترتیب بالاترین اولویت را دارند.

- گنبد نمکی پهل که با مطالعات تحت الارضی وجود ذخایر قابل توجه پتاس در آن مسلم شده و در این نقشه به رنگ قرمز نشان داده شده است.

- گنبد‌های نمکی سیاهو، لارک، هرمز، انگوران، مغویه و کوه موران که در آنها آثار پتاس مشاهده شده است و به رنگ نارنجی نشان داده شده اند.

- گنبد‌های نمکی مسیجون، بستک، جزیره فارور، کوه نمک دشتی و ... که با رنگ زرد نشان داده شده و در اولویت پی جویی هستند.

- در مورد گنبد‌های نمکی با رنگ آبی، اطلاعات دقیقی در ارتباط با پتاس در دست نیست.



- گنبد‌های نمکی با رنگ سبز، بر اساس بازدیدهای کارشناسان سازمان زمین شناسی و یا بر

اساس پروژه های اکتشافی اجرا شده فاقد پتانسیل پتاس تشخیص داده شده اند.



منابع



- منوچهری. شهرزاد. پتاس، دانشنامه مواد و صنایع معدنی ایران، شرکت تحقیق و گسترش صنایع معدنی ایران، 1382
- ایرانپور. پرویز. گزارش پی‌جویی پتاس در استان‌های کرمان و هرمزگان، طرح پی‌جویی سراسری پتاس گزارش شماره 9. - وزارت معادن و فلزات، 24 ص، 1371.
- توکلی اسکویی، حسن. گزارش مقدماتی پی‌جویی پتاس در آذربایجان، طرح پی‌جویی سراسری پتاس. - وزارت معادن و فلزات، 35 ص، مهر 1369.
- توکلی اسکویی، حسن. گزارش مقدماتی پی‌جویی پتاس در نواحی قم، طرح پی‌جویی سراسری پتاس. - سازمان زمین‌شناسی کشور، 11 ص، 1369.
- دری، محمد باقر. اکتشاف پتاس در معدن متروکه نمک قاپلوق و چوپانلو با استفاده از سنتیلومتر، گزارش 23، 1376.
- دری، محمد باقر. بدخشان ممتاز، قیس. پی‌جویی پتاس در گنبد‌های نمکی زاگرس جلد اول (فیروزآباد- کازرون)، طرح پتاس گزارش شماره 16. — سازمان زمین‌شناسی کشور، 1372.
- دری، محمد باقر. بدخشان ممتاز، قیس. پی‌جویی پتاس در گنبد‌های نمکی زاگرس و منطقه داراب تهران، طرح پی‌جویی سراسری پتاس گزارش شماره 22. — سازمان زمین‌شناسی کشور، 107 ص، 1374.
- دری، محمد باقر. بدخشان ممتاز، قیس. گزارش پی‌جویی پتاس در معادن نمک فعال استان‌های آذربایجان و زنجان، طرح پتاس گزارش شماره 21. — سازمان زمین‌شناسی کشور، 74 ص، 1373.
- دری، محمد باقر. بدخشان ممتاز، قیس. و سیاره، علیرضا. گزارش نقشه 1:5000 معادن نمک منطقه سیالک (شمال غرب گرمسار) و پی‌جویی پتاس در معادن فعال سمنان-



- گرمسار، طرح سراسری پتاس گزارش شماره 19. — سازمان زمین‌شناسی کشور، 107 ص، 1373.
- دهقانی تفتی، س. رضایی، ح. مروری بر پی‌جویی و استحصال پتاس (KCl) در ایران، طرح پی‌جویی پتاس ایران. — وزارت معادن و فلزات، 14 ص، تابستان 1378.
 - سعدالدین، ناصر. گزارش پی‌جویی پتاس در استان سمنان، طرح پی‌جویی سراسری پتاس. — سازمان زمین‌شناسی کشور، 264 ص، شهریور 1371.
 - سیاره، علیرضا. فنودی، محمد. و ایرانپور، پرویز. گزارش عملکرد و اکتشاف مقدماتی پتاس در گنبد نمکی پهل، طرح پی‌جویی سراسری پتاس گزارش شماره 17. — وزارت معادن و فلزات، 43 ص، 1374.
 - صادقی، خسرو. پی‌جویی پتاس در معدن نمک ایلیجاق زنجان، طرح پی‌جویی سراسری پتاس. — وزارت معادن و فلزات، گزارش شماره 5، 21 ص، 1370.
 - صادقی، خسرو. دری، محمدباقر. گزارش بررسی‌های وجود پتاس در معدن نمک ایلیجاق زنجان، طرح پی‌جویی سراسری پتاس گزارش شماره 25. — تهران، 1375.
 - فنودی، محمد. گزارش پی‌جویی پتاس در استان کهگیلویه و بویراحمد، گزارش شماره 1. — سازمان زمین‌شناسی کشور، 27 ص، 1371.
 - فنودی، محمد. گزارش پی‌جویی پتاس در استان سمنان، طرح پی‌جویی سراسری پتاس. — تهران: سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش 6، 38 ص، 1370.
 - نمدمالیان، علیرضا. ایرانپور، پرویز. و بدخشان ممتاز، قیس. گزارش پی‌جویی پتاس در استان خراسان، سبزوار، نیشابور، تربت حیدریه، طرح پی‌جویی سراسری پتاس. — سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش شماره 4، 21 ص، 1370.
 - نمد مالیان، علیرضا. صادقی، خسرو. ایرانپور، پرویز. بدخشان ممتاز، قیس. گزارش پی‌جویی پتاس در منطقه گرمسار حدفاصل ایوانکی-بن‌کوه. — سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش شماره 3، 61 ص، 1375.
 - جهانگیری، حجت‌الله. فهیمی نیا، مسعود. گزارش اکتشاف پتاس سنگی در گنبد نمکی سیاهو(فینو)، طرح اکتشاف سراسری ذخایر معدنی. — سازمان زمین‌شناسی کشور، 1382.



- گزارش زمین شناسی معدنی پروژه اکتشاف پتاس سنگی در گنبد‌نمکی پهل (بندر خمیر استان هرمزگان)، شرکت توسعه علوم زمین، طرح اکتشاف سراسری ذخایر معدنی - سازمان زمین‌شناسی کشور، 1382.
- مرتضوی، سید حسن. ماگماتیسیم مجموعه هرمز در ارتباط با دیاپیریسم در جزیره لارک، دانشگاه تهران. 1370.
- ایران نژادی، محمدرضا. سمینار دیاپیریسم نمک با گرایش ویژه به دیاپیرهای نمک جنوب ایران، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، گروه زمین شناسی.

فهرست مقالاتی که از آن استفاده شده است

- مجموعه مقالات سمپوزیوم دیاپیریسم با نگرشی ویژه بر ایران (انگلیسی و فارسی). وزارت معادن و فلزات استانداری هرمزگان، بندر عباس. دانشگاه تهران، آذر ماه 1369 .
- Adams, S.S, & Hite, R.J. *Industrial Minerals and Rocks/ Potash* , Edited by S.J. Lefond. - New York, 5th Edition, Vol. 1, pp.1049-1077, 1983.
- Bateman, Alan M. *Economic Mineral Deposits*, 2nd edition. - John Wiley & Sons, 1979.
- Bates, Robert. & Jackson, Julia. *Glossary of Geology*. - Virginia: American Geological Institute, 2nd Edition ,751.P, 1980.
- Roskill. *Potash ,Market update, analysis and outlook*. – London: Roskill Information Services Ltd, 69.P, 1994.
- Bahroudi Abbas. The effect of mechanical characteristics of basal decollement & basement structures on deformation of the Zagros basin, Uppsala university,2003
- <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/potash>