ژئوشیمی و تعیین ذخیره فلدسپار معدن طجر (سامن، استان همدان)؛ براساس داده‌های اکتشافی ضمن استخراج

زینب شریفی‌سرشت[۱]، حسین شهبازی[۲*]، فاطمه دارابی[۳] و محمدهادی احمدی[۴]

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور همدان، همدان
۲- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان
۳- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور اصفهان، اصفهان
۴- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد شمال تهران، تهران

نویسنده مسئول: shahbazi.h@gmail.com *

دریافت: ۹۶/۳/۱۶ پذیرش: ۹۷/۲/۱۶

چکیده

کانسار فلدسپار سدیک طجر در ۱۵ کیلومتری جنوب‌غرب شهر ملایر، ۴ کیلومتری شمال‌غرب شهرستان سامن، در استان همدان و غرب ایران واقع شده است. منطقه مورد مطالعه در بخش شمالی پهنه زمین‌شناسی سنندج-سیرجان واقع شده است. عملیات اکتشافات تفصیلی در این منطقه، برای مشخص کردن روند گسترش ماده معدنی و تعیین هندسه کانسار انجام شده است. برای این منظور با در نظر گرفتن ریخت‌شناسی منطقه و نحوه گسترش کانسنگ، شبکه اکتشافی مربعی شکل طراحی شد و تعداد ۴۵ دهانه چال اکتشافی (متراژ کلی ۵۲۰ متر) حفر گردید. به منظور تعیین شکل ماده معدنی نیز ستون چینه‌شناسی ماده معدنی و سنگ‌های همبر رسم و در نهایت با تهیه نیمرخ‌های زمین‌شناسی آن‌ها، حجم واقع در بین سطوح محصور هر مقطع محاسبه گردید و نهایتاً ذخیره ماده معدنی تعیین شد. در مجموع نتایج حاصل از اکتشافات تفصیلی نشان می‌دهد که کانسار فلدسپات طجر دارای حجم ۹۹۲۸۶ مترمکعب و تناژ قطعی ۲۵۸۱۴۵ تن است. کانسار فلدسپات طجر از نوع سدیک و ترکیب آن الیگوکلاز و آلبیت است.

واژه‌های کلیدی: فلدسپار، اکتشاف تفصیلی، کانسار طجر، سامن، همدان

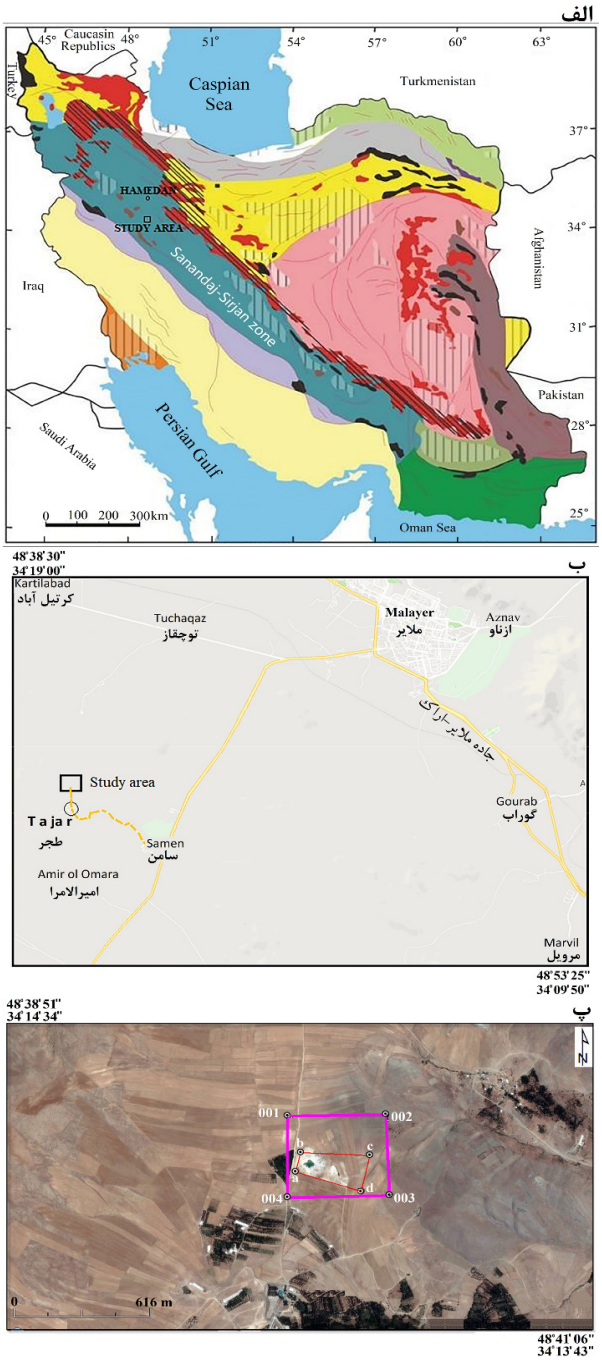
مقدمه

فلدسپارها یک گروه از آلومینوسیلیکات‌های عناصر قلیایی و قلیایی خاکی (سدیم، پتاسیم، کلسیم و باریم) هستند که حدود ۶۰ درصد از کانی‌های سازنده سنگ‌های آذرین، ۳۰ درصد سنگ‌های دگرگونی و ۱۱ درصد سنگ‌های رسوبی پوسته زمین را تشکیل می‌دهند (مدنی، ۱۳۸۵؛ جول، ۲۰۱۱). ویژگی‌های زمین‌شناسی و کانی‌شناسی فلدسپارها از دیدگاه‌های مختلف توسط پژوهشگران متعدد مورد بررسی قرار گرفته است (بوزنبرگ و کلمنسی، ۱۹۷۵؛ هاربن و کوزوارت، ۱۹۹۶؛ استارمر، ۱۹۷۵؛ تاراونه و همکاران، ۲۰۱۲؛ لی‌یو و همکاران، ۲۰۱۷). فلدسپارها در سیستم‌های بلوری تری‌کلینیک و مونوکلینیک متبلور می‌شوند و می‌توان آن را از نظر شیمیایی به چهار گروه تقسیم‌بندی کرد؛ فلدسپار پتاسیم (ارتوکلاز) با فرمول ($KAlSi_3O_8$)، فلدسپار سدیم (آلبیت) با فرمول ($NaAlSi_3O_8$)، فلدسپار کلسیم (آنورتیت) با فرمول ($CaAl_2Si_2O_8$) و فلدسپار باریم با فرمول ($BaAl_2Si_2O_8$). معدن طجر واقع در شهرستان سامن استان همدان یکی از ذخایر فلدسپار می‌باشد. گواهینامه کشف معدن فلدسپار طجر در سال ۱۳۸۱ از سوی سازمان صنایع و معادن استان همدان با ذخیره قابل بهره‌برداری ۱۲۲۰۰ تن و ذخیره احتمالی ۲۰۰۰۰ تن صادر شده است. وزارت صنعت، معدن و تجارت، در سال ۱۳۹۳ مجوز عملیات اکتشافی تکمیلی این معدن را برای مدت شش ماه صادر کرد. به منظور تعیین کمیت و کیفیت ماده معدنی و تعیین ذخیره اقتصادی معدن، طرح اکتشافی تکمیلی در آذرماه ۱۳۹۳ با رئوس کامل بطور تفصیلی تهیه شد. در این تحقیق شیمی، ترکیب کانی‌شناسی و عملیات اجرای طرح اکتشافی تکمیلی و تعیین ذخیره قطعی این کانسار بررسی شده است.

موقعیت جغرافیایی منطقه

معدن فلدسپار طجر در استان همدان، ۱۵کیلومتری جنوب‌غرب ملایر، ۴ کیلومتر شمال‌غرب شهرستان سامن و در غرب مسیر جاده ارتباطی ملایر - بروجرد واقع شده است (شکل ۱).

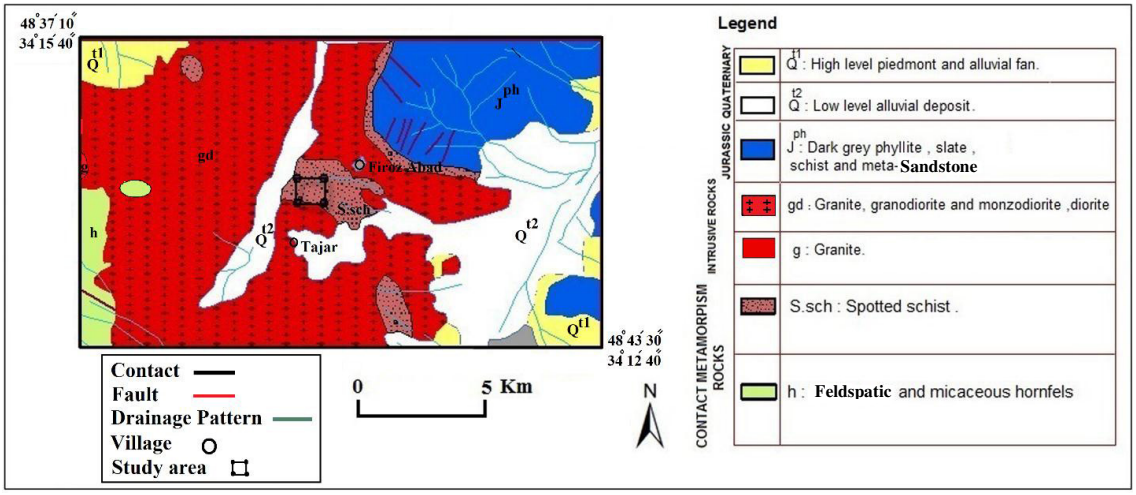
محدوده معدن فلدسپار طجر به صورت چهارضلعی abcd با مختصات (a= $48^{\circ}39'48'',34^{\circ}14'17''$; b=$48^{\circ}40'08'',34^{\circ}14'20''$; c=$48^{\circ}40'08'',34^{\circ}14'05''$; d=$48^{\circ}39'48.5'',34^{\circ}14'05''$) به مساحت تقریبی ۲۲/۵ کیلومتر مربع است که در شکل پ ۱ بر روی تصویر ماهواره‌ای نشان داده شده است. در این تصویر، چهار ضلعی abcd محدوده معدن و چهارضلعی ۱،۲،۳،۴ محدوده نقشه‌برداری شده را نشان می‌دهد (شکل پ ۱).



شکل ۱. الف) موقعیت جغرافیایی معدن فلدسپار طجر در نقشه زون‌های زمین‌شناسی ایران، ب) نقشه راه‌های دسترسی به معدن فلدسپار طجر، منطقه سامن، پ) تصویر ماهواره‌ای (Google Earth) از منطقه مورد بررسی

زمین‌شناسی منطقه

منطقه سامن جزیی از شهرستان ملایر است که از دیدگاه زمین‌شناسی ساختاری ایران در پهنه سنندج – سیرجان واقع شده است (اشتوکلین، ۱۹۶۸). لیتولوژی اصلی منطقه سامن، اغلب شامل سنگ‌های آذرین گرانیتوئیدی و بیش‌تر از نوع گرانودیوریتی است که خود بخش بسیار کوچکی از توده گرانیتوئیدی سامن محسوب می‌شود. این توده به داخل سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای نفوذ کرده است (سپهوند، ۱۳۹۲). این سنگ‌ها در اکثر مناطق دگرسان شده و از بافت متلاشی شده‌ای برخوردارند و شدت تخریب آن‌ها به گونه‌ای است که در بعضی مناطق بـه عنوان شن و مـاسه برجا، مـورد بهره‌برداری قـرار می‌گیرند. از توده‌های نفوذی این ناحیه می‌توان به توده گرانیت میلونیتی انجیره، توده گرانودیوریتی سامن، گرانیتوئیدهای طجر، مالیچه، گرانیت گارنت‌دار بهمن‌آباد اشاره کرد (سپهوند، ۱۳۹۲). سنگ‌های دگرگونی در منطقه از نوع ناحیه‌ای و مجاورتی می‌باشند. از آثار فعالیت‌های آتشفشانی در منطقه نیز می‌توان به توف‌ها و سنگ‌های ولکانیکی دگرگون شده تریاس اشاره کرد که در نواحی غرب منطقه گسترش دارند. آثار فعالیت‌های تکتونیکی در این ناحیه در قالب گسل‌های راندگی و معکوس دیده می‌شود (حسین‌پور، ۱۳۸۲). ماده معدنی مورد نظر در حواشی و کنتاکت بلافاصل توده گرانیتوئیدی بیش‌تر با ترکیب گرانودیوریتی به شکل رگه دیده می‌شود. در اثر نفوذ این توده در فاز نهایی و بصورت رگه گرمابی در سنگ‌های دگرگونی مجاورتی (هورنفلس) در حواشی توده گرانیتوئیدی تشکیل شده است. تشکیل ذخایر مشابه فلدسپار در حواشی توده‌های گرانیتوئیدی در دیگر نقاط جهان نیز مطالعه شده است (آگبرل، ۲۰۱۳؛ السن، ۱۹۴۴). نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی به روش XRF بر روی ۱۳ نمونه از ماده معدنی (جدول ۱)، و نتایج حاصل از آنالیز XRD بر روی ۳ نمونه (P2m, P18, P29) نشان می‌دهد ترکیب فلدسپارهای ماده معدنی از نوع آلبیت و الیگوکلاز می‌باشد. به دلیل فرسایش فیزیکی شدید سنگ‌های گرانیتوئیدی و خصوصیات سنگ‌های دگرگونی منطقه و اثرات عوامل جوی، فرسایش منطقه به گونه‌ای شده است که تپه ماهورهایی با خط‌الرأس‌های گرده ماهی و تخت در سطح منطقه به خصوص در مناطق کم ارتفاع شکل گرفته است. در شکل ۲، نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه آورده شده است.



شکل۲. نقشه زمین‌شناسی منطقه سامن، اقتباس از نقشه مقیاس: ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی ملایر (جعفریان و زمانی پدرام، ۱۹۹۹)

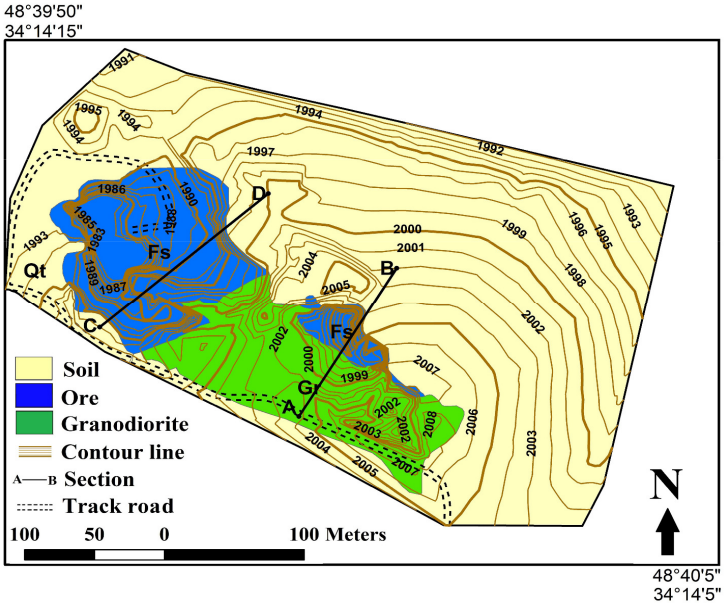
مواد و روش‌ها

به منظور روشن شدن روند احتمالی کانسار، فراهم نمودن زمینه انجام عملیات اجرائی و تعیین محل چال‌های حفاری و دیگر ویژگی‌های توپوگرافی و مورفولوژی محل کانسار، اقدام به ترسیم نقشه توپوگرافی- زمین‌شناسی محدوده کانسار در محدوده معدنی با مقیاس ۱:۵۰۰ شد. هم‌چنین به منظور به تصویر کشیدن لیتولوژی محل کانسار و تغییرات احتمالی و گسترش ماده معدنی در اعماق زمین، براساس بررسی خصوصیات پودرهای ناشی از حفاری از قبیل؛ رنگ، ترکیب کانی‌شناسی و ابعاد

پودرهای ناشی از حفریات اقدام به ترسیم لاگ حفاری (ستون چینه‌شناسی) ماده معدنی و سنگ‌های همبر با استفاده از نرم‌افزار اتوکد گردید. با تهیه نیمرخ‌های زمین‌شناسی و رسم سطح مقطع حجم ماده معدنی در هر مقطع، از طریق محاسبه سطح محصور هر مقطع و تعیین ذخیره کانسار اقدام شد. عملیات حفر چال‌ها (پس از خاک‌برداری لازم از محل دهانه‌های چال‌ها توسط بیل مکانیکی)، با استقرار یک دستگاه راسول حفر گردید. نیمرخ‌های چال‌ها اکتشافی با امتداد شمالی - جنوبی و شرقی - غربی بوده و فاصله آن‌ها از هم ۲۵ متر می‌باشد. کلیه چال‌ها دارای کُد حفاری بوده و با استفاده از مختصات جغرافیایی آن‌ها بر روی نقشه توپوگرافی زمین‌شناسی ترسیم شدند. همزمان با حفریات اکتشافی، اقدام به برداشت نمونه‌های پودری (۵۲۰ نمونه) حاصل از حفاری به ازای هر متر از هر چال برای ترسیم لیتولوژی ماده معدنی شد. از بین این نمونه‌ها با در نظر داشتن موقعیت، یکنواختی و یا عدم یکنواختی حفاری‌ها تعداد ۱۳ نمونه از اعماق مختلف ماده معدنی در گستره کانسار از چال‌های اکتشافی P1, P2, P6, P10, P18,P19, P22, P24, P27, P29 انتخاب شده و مورد آنالیز شیمیایی قرار گرفته‌اند. نمونه‌ها طوری انتخاب شده‌اند که معرف کل کانسار باشند. در انتها براساس نتایج آنالیز مغزه‌های حفاری و هم‌چنین انجام مطالعات فنی و اقتصادی، میزان ذخیره کانسار تعیین گردید. به منظور اجرای پروژه اکتشافی در طرح اکتشاف تفصیلی صادره به نام مکتشف و تعیین کمیت، کیفیت و تغییرات احتمالی کانسار، اقدامات زیر صورت گرفت:

الف: تهیه نقشه توپوگرافی

به منظور تعیین چگونگی گسترش کانسار و روشن شدن روند احتمالی آن اقدام به برداشت مستقیم زمینی و ترسیم نقشه توپوگرافی کانسار در وسعتی معادل ۷ هکتار گردید. در این راستا به طور همزمان، برداشت‌های لازم زمین‌شناسی نیز انجام شد و نقشه توپوگرافی- زمین‌شناسی محدوده معدن با مقیاس ۱:۵۰۰ ترسیم گردید (شکل ۳). کلیه عوارض و پدیده‌های طبیعی و زمین‌شناسی در این نقشه ترسیم شدند تا در عملیات اکتشافی و طراحی‌های سینه‌کارهای استخراجی نیز استفاده شود.



شکل ۳. نقشه توپوگرافی – زمین‌شناسی معدن فلدسپار طجر، منطقه سامن

ب – باطله‌برداری و حفر چال‌ها اکتشافی

برای به دست آوردن اطلاعات بیش‌تر در مورد هر کانسار، می‌توان از عملیات‌های مختلف اکتشاف مقدماتی ساده، مانند حفر ترانشه و چال استفاده کرد (محمدی، ۱۳۸۷؛ مدنی، ۱۳۸۵؛ مدنی و یعقوب‌پور، ۱۳۹۱). از آنجایی که بخش‌های شمالی و کمر بالای سینه‌کارهای موجود در معدن را زمین‌های کشاورزی و خاک‌های سطحی پوشانده است، بنابراین برای حفر چال‌ها اکتشافی، نیاز به برداشت

خاک‌های سطحی بود. به منظور عیان‌سازی ماده معدنی و فراهم شدن زمینه ادامه عملیات اکتشافی و دسترسی به سنگ‌های تازه، اقدام به جابه‌جایی دپوی خاک‌های سطحی روی ماده معدنی، بالاخص در نزدیکی دیواره سینه‌کارهای معدن گردید. با توجه به ضخامت آن‌ها که حداقل ۲/۵ متر است، با استفاده از بیل مکانیکی، اقدام به باطله‌برداری و حفر دهانه چال‌ها اکتشافی به عمق متوسط ۲/۵ متر گردید تا پس از دسترسی به سنگ تازه و مقاوم، عملیات حفر چال‌ها اکتشافی انجام پذیرد. بدین منظور تعداد ۴۵ دهانه محل چال‌ها براساس شبکه اکتشافی انتخاب و حفر و باطله‌برداری شد که حجم کل آن‌ها ۴۰۰ متر مکعب می‌باشد.

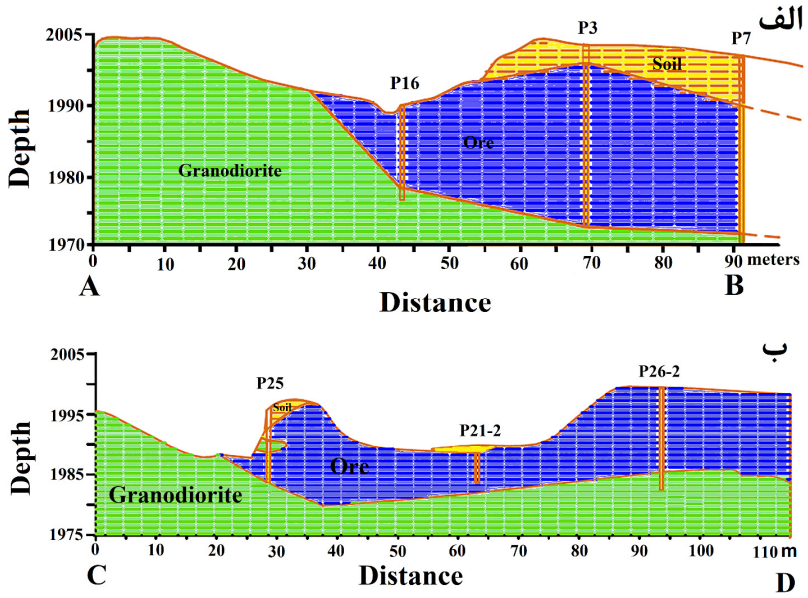
ج- حفر چال‌های اکتشافی

بهترین انتخاب برای تکمیل اطلاعات تفصیلی در منطقه مطالعاتی، حفر چال‌ها اکتشافی است. به همین منظور برای انجام عملیات اکتشاف تفصیلی و ارزیابی ذخیره ماده معدنی، پس از برداشت‌های اکتشافی، زمین‌شناسی و نمونه‌برداری اولیه، نیمرخ‌ها و چال‌ها اکتشافی طراحی گردید. در راستای انجام حفریات اکتشافی، پس از انجام بررسی‌های لازم صحرایی و توجه کامل به وضعیت رخنمون‌های ماده معدنی در گستره سطحی و با توجه به موارد زیر، طراحی شبکه اکتشافی مربعی انجام پذیرفت: ۱- در نظر داشتن موقعیت قرارگیری رخنمون در سنگ‌های درونگیر. ۲- توجه لازم به زمین‌های مجاور، پوشش سطحی و وسیع توسط زمین‌های کشاورزی. ۳- در نظر داشتن مشکلات بومی، محلی و پرهیز از بروز اینگونه مشکلات و جلوگیری از ایجاد معارض. ۴- در نظر داشتن مورفولوژی ناشی از استخراج‌های بی‌رویه و بدون هدایت فنی و مهندسی معدن و روزمرگی استخراج از این پتانسیل معدنی. ۵- در نظر گرفتن ویژگی‌های مثل همگن و توده‌ای بودن کانسار. ۶- توجه به پوشش سطحی عمیق، توسط خاک‌های سطحی و به خصوص در بخش‌های شمالی لبه سینه‌کارهای موجود. ۷- دستیابی به اطلاعات دقیق‌تر و جامع که پاسخگوی اهداف طرح اکتشافی باشد. با عنایت به پارامترهای ذکر شده در این طراحی، پروفیل‌هایی با امتداد شمالی – جنوبی و شرقی – غربی و با فاصله ۲۵ متر از هم در نظر گرفته شد که ضمن پوشش دادن مناطق مفید و بلامنازع از معدن، نتایج بدست آمده مفید و در برگیرنده ذخیره معدنی نیز باشد. با پایان یافتن این مرحله، عملیات حفر چال‌ها با استقرار یک دستگاه راسول شروع شد در مجموع تعداد ۴۵ چال اکتشافی به متراژ کلی ۵۲۰ متر با اعماق متغیر (۵ تا ۳۰ متر) حفر گردید (جدول ۱). موقعیت و عمق تمامی چال‌ها اکتشافی با کد مربوطه در شکل ۶ مشخص شده است. در تعیین نقاط بر روی زمین، طبق شبکه انتخابی، گاهی به علت واقع شدن برخی از دهانه‌ها در موقعیت‌های نامناسب توپوگرافی از قبیل لبه پرتگاهی سینه کارها، کمی جابه‌جائی در محل آن‌ها صورت گرفته است. عمق عملیات حفاری، گاهی به علت وجود آب در اعماق برخی چال‌ها از جمله P3، P12، P18، P19، P20 به علت عدم امکان ادامه حفاری کاهش یافته است. لیکن در تمامی موارد سعی گردیده تا عمق وجودی ماده معدنی، حفاری ادامه یابد و معمولاً تا ۳ متر از سنگ کمر پائین ماده معدنی (گرانودیوریت) نیز مورد حفاری و نمونه‌گیری پودری واقع شده است. نتایج حاصل از حفاری هر چال در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ آورده شده است. نتایج حاصل از بررسی پودرهای حفاری شده در این گزارش ارائه می‌گردد تا با وقوف کامل از اطلاعات ناشی از عملیات حفاری و عمق وجودی ماده معدنی در ترازهای پایین‌تر، طراحی مناسب‌تر و منطبق با واقعیت‌ها ارائه گردد تا برنامه‌ریزی فنی و مهندسی از استخراج داشته باشند (شکل۴).

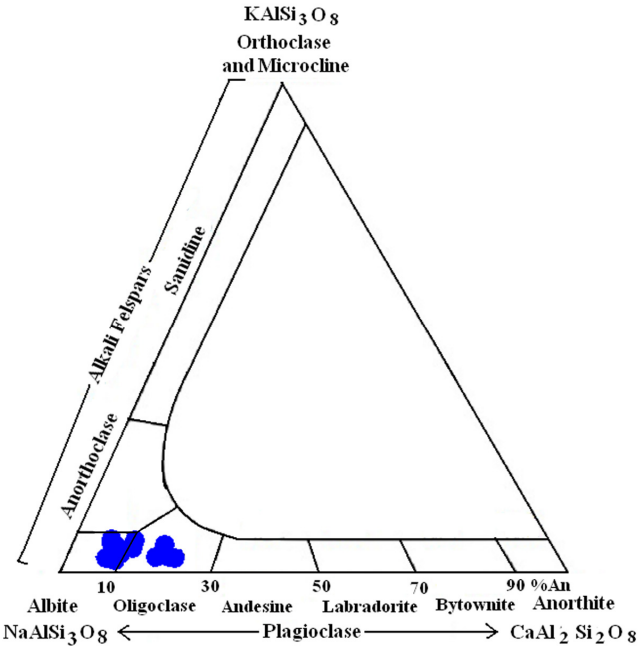
د- نمونه‌برداری، آزمایشات و بررسی نتایج حاصل از آزمایشات

همزمان با حفریات اکتشافی، اقدام به برداشت نمونه‌های پودری حاصل از حفاری به ازای هر متر گردید. هر نمونه در کیسه‌ای مجزا بسته‌بندی و هر کیسه کدگذاری (درج اطلاعاتی شامل؛ کد چال، عمق برداشت و توصیف صحرایی روی هر کیسه) شدند. در نتیجه تعداد ۵۲۰ نمونه صحرائی تهیه و پس از انجام مراحل لازم، نگهداری شدند تا از بین آن‌ها با در نظر داشتن موقعیت‌ها و یکنواختی و یا عدم یکنواختی آن‌ها در نهایت ۱۳ نمونه از چال‌ها و با اعماق مختلف ماده معدنی در گستره کانسار انتخاب (با توجه به حجم هزینه پیش‌بینی شده) و مورد آزمایشات تجزیه ژئوشیمیایی به روش XRF و سه نمونه (P2m, P18, P29) از آن‌ها هم به روش XRD قرار

بگیرند (جدول ۱). تجزیه شیمیایی به روش XRF در آزمایشگاه تجزیه‌کنندگان کانسارهای بلورین آمیتیس شرق توسط دستگاه مدل Philips PW180 انجام پذیرفت. با توجه به جدول نتایج تجزیه شیمیایی و در نظر داشتن میانگین متوسط هر اکسید، تفاوت چندانی بین هر یک از عناصر با درصد متوسط آن دیده نمی‌شود (جدول ۱). همانگونه که در جدول ۱ دیده می‌شود، ترکیب اصلی فلدسپات معدن طجر از نوع سدیک می‌باشد و از نوع آلبیت و الیگوکلاز می‌باشند (جدول ۱ و شکل ۵). ماده معدنی این کانسار جهت مصرف در صنایع شیشه‌سازی (به عنوان کمک ذوب) و شیشه مظروف کیفیت بالایی داشته و لذا جایگاه مناسبی برای آن در صنایع بوجود می‌آورد.



شکل ۴. پروفیل‌های معدن فلدسپار طجر، منطقه سامن، (الف) نیمرخ مربوط به مقطع AB و (ب) نیمرخ مربوط به مقطع CD از شکل ۳



شکل ۵. ترکیب کانی‌شناسی فلدسپارهای معدن فلدسپار طجر، منطقه سامن بر اساس نتایج جدول ۱

جدول ۱. نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های فلدسپار معدن طجر، منطقه سامن، به روش XRF (بر حسب درصد وزنی)

Sample	P1	P2	P2-M	P6	P10-D6	P10-D11	P18	P19	P22	P24	P24m	P27	P29
SiO_2 (w.t. %)	63.12	62.86	62.49	67.21	61.54	68.98	61.44	60.88	61.42	61.34	62.67	60.82	60.68
TiO_2	0.87	0.61	0.62	0.49	0.80	0.53	0.74	0.58	0.66	0.58	0.59	0.69	0.69
Al_2O_3	21.47	22.02	22.02	18.21	16.51	16.50	22.53	22.20	22.37	20.72	20.39	22.37	23.08
FeO	0.94	0.60	0.64	0.74	0.62	0.88	0.69	0.67	0.67	1.22	1.19	0.93	0.85
MnO	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.07	0.03	0.04
MgO	0.19	0.02	0.05	0.17	0.11	0.12	0.14	0.08	0.05	0.41	0.36	0.12	0.16
CaO	1.62	2.34	1.82	2.48	1.47	2.01	1.96	4.68	4.13	4.03	2.60	5.04	2.17
Na_2O	8.6	9.09	9.71	7.72	8.45	8.44	9.02	8.03	8.50	7.39	7.97	7.95	8.49
K_2O	1.25	0.82	0.62	0.95	1.44	0.46	1.18	0.68	0.70	1.17	1.37	0.63	0.90
LOI	1.62	1.38	1.77	1.64	1.79	1.82	2.05	1.93	1.21	2.68	2.39	1.15	2.66
Total	99.72	99.76	99.77	99.64	92.75	99.77	99.78	99.76	99.75	99.57	99.6	99.73	99.72
Ba (ppm)	134	38	73	76	44	10	91	41	64	146	123	85	80
Co	3	2	1	2	3	3	0	1	0	6	4	2	3
Cr	40	25	29	23	23	33	42	40	34	24	43	53	31
Cu	5	0	4	9	5	1	2	7	3	7	14	7	9
Nb	23	17	19	17	25	12	17	17	22	15	12	21	17
Ni	8	4	8	0	7	9	3	10	8	5	1	10	1
Th	39	32	36	27	54	26	45	29	38	39	43	43	48
Pb	105	99	96	105	103	104	95	101	103	103	102	102	104
Rb	78	57	50	67	95	35	77	42	47	64	85	43	62
Sr	483	583	587	458	610	185	503	629	694	535	464	649	600
V	65	47	50	42	61	45	56	45	50	52	51	56	57
Y	29	13	18	34	32	17	30	17	13	28	39	17	29
Zr	353	263	307	223	348	201	295	301	309	251	259	338	340
Zn	22	19	17	12	16	23	15	13	18	20	17	17	15
Mo	30	29	32	31	31	33	32	31	31	30	31	30	30
No. of oxygens	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si	2.845	2.826	2.821	3.004	2.986	3.074	2.789	2.770	2.773	2.819	2.861	2.753	2.769
Ti	0.029	0.021	0.021	0.016	0.029	0.018	0.025	0.020	0.022	0.020	0.020	0.023	0.024
Al	1.141	1.167	1.172	0.959	0.944	0.867	1.206	1.191	1.191	1.123	1.097	1.194	1.241
Fe	0.035	0.023	0.024	0.028	0.025	0.033	0.026	0.025	0.025	0.047	0.045	0.035	0.032
Mn	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001	0.002
Mg	0.013	0.001	0.003	0.011	0.008	0.008	0.009	0.005	0.003	0.028	0.024	0.008	0.011
Ca	0.078	0.113	0.088	0.119	0.076	0.096	0.095	0.228	0.200	0.198	0.127	0.244	0.106
Na	0.752	0.792	0.850	0.669	0.795	0.729	0.794	0.708	0.744	0.658	0.705	0.698	0.751
K	0.072	0.047	0.036	0.054	0.089	0.026	0.068	0.039	0.040	0.069	0.080	0.036	0.052
Total	4.967	4.990	5.015	4.862	4.954	4.852	5.014	4.989	5.001	4.963	4.963	4.993	4.988
ab	0.85	0.84	0.88	0.81	0.84	0.86	0.84	0.74	0.77	0.73	0.79	0.72	0.84
an	0.08	0.11	0.09	0.13	0.07	0.11	0.09	0.22	0.20	0.20	0.13	0.24	0.11
O r	0.07	0.05	0.04	0.06	0.08	0.03	0.07	0.04	0.04	0.07	0.08	0.04	0.05
Total	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nomenclatures	Albite	Albite	Albite	Oligo clase	Albite	Albite	Albite	Oligcla se	Oligcla se	Oligcla se	Albite	Oligcla se	Albite

جدول ۲. محاسبه ذخیره قطعی معدن فلدسپار طجر، منطقه سامن، به روش مقاطع قائم

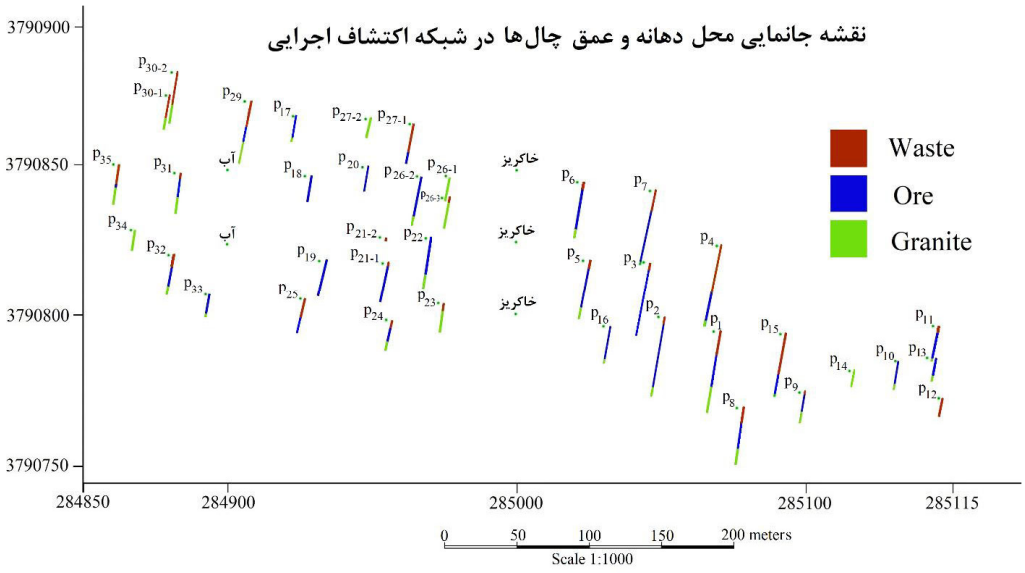
کد مقاطع	مسیر چال‌ها	مساحت مقاطع (m^2)	میانگین مساحت دو سطح متوالی (m^2)	فاصله بین دو سطح متوالی(m)	حجم واقع در بین دو سطح متوالی (m3)	وزن مخصوص (Ton/m^3)	تناژ واقع در بین دو سطح متوالی(Ton)
S1	P9,P15	188.5	354.5	26.5	9394.3	2.6	24425.1
S2	P1,P4,P8	552.5					
S2	P1,P4,P8	552.5	757.5	23.0	17422.5	2.6	45298.5
S3	P2,P3,P7	962.5					
S3	P2,P3,P7	962.5	779	25.0	19475.0	2.6	50635.0
S4	P5,P6,P16	595.5					
S4	P5,P6,P16	595.5	422.2	25.0	10555.0	2.6	27443.0
S5	P22,P23,P26	270					
S5	P22,P23,P26	270	445.9	18.0	8026.2	2.6	20868.1
S6	P20,P21,P24,P27	649					
S6	P20,P21,P24,P27	649	707.5	24.0	16980.0	2.6	44148.0
S7	P17,P18,P19,P25	766					
S7	P17,P18,P19,P25	766	554.1	22.0	12190.2	2.6	31694.5
S8	P29,P33	366.5					
S8	P29,P33	366.5	233.9	19.0	4444.1	2.6	11554.7
S9	P31,P32	123					
S9	P31,P32	123	61.5	13.0	799.5	2.6	2078.7
S10	P34,P35	0					
Sum	-	-	-	-	99286.8	-	258145.6

ه- تهیه نقشه زمین‌شناسی

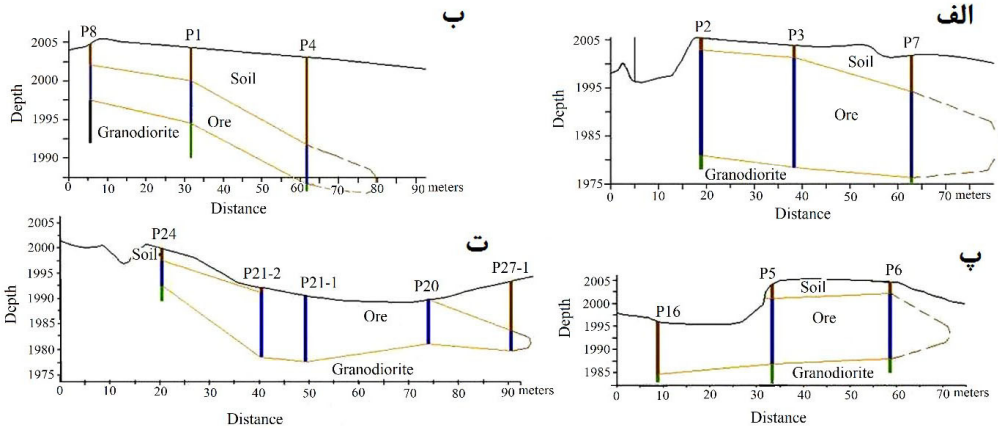
پس از تهیه نقشه توپوگرافی به مقیاس ۵۰۰ : ۱، با بررسی‌های صحرایی و کنترل مرزهای لیتولوژی سنگ‌های رخنمون یافته و اطلاعات حاصل از حفریات، لیتولوژی سنگ‌های برونزد یافته در اثر استخراج دیواره‌های سینه‌کارهای موجود و ترانشه‌های حفر شده در مناطق بکر، نسبت به تهیه نقشه زمین‌شناسی به مقیاس ۵۰۰ : ۱ محدوده عملیات اقدام گردید (شکل ۳).

و- تهیه و ترسیم ستون‌های چال‌ها اکتشافی

پس از پایان حفریات اکتشافی براساس شبکه حفاری طراحی شده، نقشه موقعیت چال‌های اکتشافی ترسیم گردید (شکل ۶). به منظور تبیین و به تصویر کشیدن لیتولوژی در مناطق حفاری شده و تغییرات احتمالی ماده معدنی در هر چال، براساس بررسی خصوصیات ظاهری پودرهای ناشی از حفاری از قبیل؛ رنگ، ترکیب نسبی کانی‌شناسی و با در نظر داشتن عمق حفاری اقدام به ترسیم لاگ حفاری (ستون لیتولوژی) ماده معدنی و سنگ‌های همبر شد (شکل ۷). با در نظر داشتن ترکیب کانی‌شناسی پودرهای حاصل از حفاری چال‌ها می‌توان شکل ماده معدنی در عمق را تعیین نمود. هم‌چنین با تهیه نیمرخ‌های زمین‌شناسی چال‌های اکتشافی و رسم سطح مقطع ماده معدنی، می‌توان نسبت به محاسبه سطح محصور هر مقطع و تعیین ذخیره ماده معدنی اقدام کرد.



شکل ۶. نقشه شبکه حفاری گمانه‌ها در معدن فلدسپار طجر، منطقه سامن



شکل ۷. نمایش نحوه گسترش ماده معدنی در سنگ‌های همبر در معدن فلدسپار طجر، منطقه سامن، براساس نتایج حاصل از حفاری. الف) پروفیل حاصل از داده‌های چال‌های P2, P3, P7، ب) پروفیل حاصل از داده‌های چال‌های P8, P1, P4، پ) پروفیل حاصل از داده‌های چال‌های P16, P5, p6 ، ت) پروفیل حاصل از داده‌های چال‌های P24, P21-2, P21-1, P20, P27-1

بحث

آنالیز شیمیایی فلدسپارهای معدن طجر نشان می‌دهد مقدار Na_2O (7.39-9.71) آن‌ها بالا است و مقدار CaO(1.47-5.04) و K_2O(0.62-1.44) پایین می‌باشد و در محدوده آلبیت تا الیگوکلاز در نمودار پلاژیوکلازها قرار می‌گیرند (جدول ۱). نمودار تغییرات Ca در مقابل برخی از عناصر اصلی و کمیاب در آن‌ها نشان می‌دهد، با افزایش مقدار CaO مقدار Al_2O_3 ،FeO ،MgO ،Ba و Sr افزایش و مقدار Si_2O، Na_2O، K_2O و Rb کاهش یافته است (شکل ۸). افزایش Al_2O_3 و کاهش Si_2O بعلت جایگزین شدن Al^{3+} به جای Si^{4+} در جایگاه تترائدری پلاژیوکلازها می‌باشد. افزایش FeO، MgO، Ba و Sr بعلت جایگزین شدن این عناصر بجای Ca است. طبیعی است که با افزایش CaO در ترکیب پلاژیوکلازها مقدار Na_2O در آن‌ها روند کاهش داشته باشد. کاهش K_2O و Rb در ترکیب پلاژیوکلازها بعلت جایگزینی این عناصر به جای Na می‌باشد و روند آن‌ها از روند کاهشی Na_2O در مقابل افزایش CaO تبعیت می‌کند (شکل ۸). همانگونه که در جدول ۱ و شکل ۷ نشان داده شده است، فلدسپارهای معدن طجر سدیک بوده و ترکیب آن‌ها از نوع آلبیت تا الیگوکلاز می‌باشد.

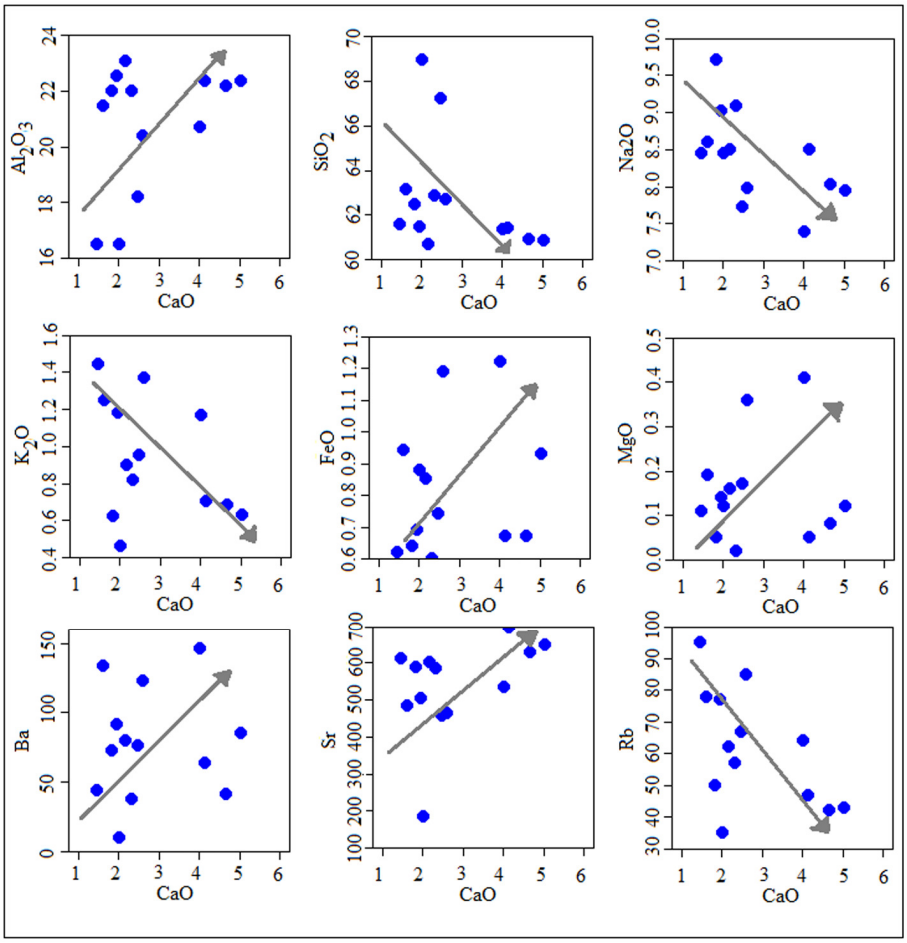
برای محاسبه ذخیره کانسار معدن فلدسپار طجر، پس از انجام عملیات صحرایی و با در نظر داشتن مواردی از جمله: موقعیت چال‌های اکتشافی، اطلاعات ناشی از حفاری و نمونه‌گیری از خرده‌سنگ‌های حاصل از حفاری، فرم و نحوه گسترش ماده معدنی، شیب و امتداد رخنمون ماده معدنی در سطح زمین، فرم بدست آمده از حفاری‌ها، نیمرخ‌های قائم در امتداد شمالی – جنوبی ترسیم گردید. به گونه‌ای که در برگیرنده بیش‌ترین چال‌های حفاری در هر مسیر باشند. پس از تهیه این مقاطع، نسبت به محاسبه هر یک از سطوح محصور بین آن‌ها به روش مقاطع قائم اقدام گردید. در این روش ابتدا سطح مقطع ماده معدنی در امتداد نیمرخ‌های معینی تهیه و ترسم می‌گردد. سپس حجم هر بلوک محصور بین دو مقطع متوالی، با حاصل‌ضرب مساحت مقاطع در فاصله بین آن‌ها، محاسبه می‌شود (شریعتی و همکاران، ۱۳۹۳). در صورتی که اختلاف مساحت در دو مقطع متوالی کمتر از ۳۰ درصد باشد، از میانگین حسابی ($\bar{S}=\frac{S1+S2}{2}$) و در غیر اینصورت، از میانگین هندسی ($\bar{S}=\frac{S1+S2+\sqrt{S1\times S2}}{3}$) استفاده می‌شود (مدنی و یعقوب‌پور، ۱۳۹۱؛ وزارت صنعت، معدن و تجارت ایران، معاونت معدنی، ۱۳۹۴). بر این اساس طبق محاسبات انجام شده حجم ماده معدنی کانسار فلدسپار طجر ۹۹۲۸۶ مترمکعب و تناژ ذخیره آن ۲۵۸۱۴۵ تن به عنوان ذخیره قطعی برآورد می‌گردد (جدول ۲). میزان ذخیره برون‌یابی شده معدن نیز با در نظر داشتن اطلاعات حاصل از چال‌ها و تعمیم آن‌ها به طرفین مقاطع (با فرض ادامه احتمالی کانسار تا $\frac{1}{3}$ فاصله بین چال‌ها) به روش بالا محاسبه شد و مقدار آن ۴۱۲۸۰ تن برآورد گردید (جدول ۳). لازم به ذکر است که وزن مخصوص ماده معدنی در محاسبات براساس نتیجه آزمایشگاهی ۲/۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته شده است.

نتیجه‌گیری

عملیات اکتشافات تفصیلی از قبیل آنالیز شیمیایی و حفر چال‌های اکتشافی در محل کانسار فلدسپات طجر در منطقه سامن ملایر، با هدف مشخص کردن ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی دقیق ماده معدنی، روند گسترش ماده معدنی و تعیین میزان ذخیره معدن انجام شد. بعد از حفاری‌های اکتشافی تفصیلی و نمونه‌برداری از آن‌ها یک شبکه اکتشافی مربعی شکل با در نظر داشتن مورفولوژی محل، ویژگی‌های ژنتیک کانسار، سنگ‌های همبر، تعیین فرم و شکل ماده معدنی در اعماق ترسیم شد. پس از ترسیم ستون لیتولوژی از ماده معدنی و تهیه پروفیل‌های زمین‌شناسی آن‌ها، سطح مقطع ماده معدنی رسم شد. نهایتاً با محاسبه حجم محصور بین سطوح هر مقطع، میزان ذخیره ماده معدنی براساس نتایج آنالیز مغزه‌های حفاری معدن تعیین شد. نتایج حاصل از عملیات کتشاف تفضیلی معدن فلدسپار طجر نشان می‌دهد، ماده معدنی از نوع آلبیت و الیگوکلاز بوده و حجم ماده معدنی ۹۹۲۸۶ مترمکعب و ذخیره آن ۲۵۸۱۴۵ تن می‌باشد.

سپاسگزاری

از بهره‌بردار معدن فلدسپار طجر جناب آقای اصغر بیگی بابت همکاری سپاسگزاریم.



شکل ۸. نمودارهای نمایش تغییرات برخی از عناصر اصلی و کمیاب در مقابل افزایش Ca در ترکیب فلدسپارها در معدن فلدسپار طجر

جدول ۳. محاسبه ذخیره احتمالی معدن فلدسپار طجر، منطقه سامن، به روش مقاطع قائم

کد مقاطع	مساحت مقاطع (m^2)	میانگین مساحت دو سطح متوالی (m^2)	فاصله بین دو سطح متوالی (m)	حجم واقع در بین دو سطح متوالی (m3)	وزن مخصوص (Ton/m^3)	تناژ واقع در بین دو سطح متوالی (Ton)
S1	62					
S2	105	83.5	26.5	2212.8	2.6	5753.2
S2	105					
S3	170	137.5	23.0	3162.5	2.6	8222.5
S3	170					
S4	102	136.0	25.0	3400.0	2.6	8840.0
S4	102	96.0	25.0	2400.0	2.6	6240.0
S5	90					
S6	36	61.0	18.0	1098.0	2.6	2854.8
S6	36					
S7	57	46.5	24.0	1116.0	2.6	2901.6
S7	57					
S8	58	57.5	22.0	1265.0	2.6	3289.0
S8	58	50.0	19.0	950.0	2.6	2470.0
S9	42					
S10	0	21.0	13.0	273.0	2.6	709.8
Sum	-	-	-	15877.3	-	41280.9

منابع

حسین‌پور، ز (۱۳۸۲) پتروگرافی و پترولوژی توده‌های نفوذی سامن و دگرگونی اطراف، پایان‌نامه دانشگاه تربیت معلم شهر تهران، ۱۵۵ص.

سپهوند، ف (۱۳۹۲) مقایسه کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی گرانیتوئیدهای مجموعه‌های پلوتونیک الوند و سامن. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان. ۱۷۸ ص.

شریعتی، ش.، ساسانی، آ. و رمادی. آ (۱۳۹۳) مقایسه روش تخمین ذخیره از نوع مقاطع با روش کریجینگ در ارزیابی ذخیره معدنی کانسار فسفات کوه لار واقع در استان کهگیلویه و بویر احمد، پنجمین کنفرانس مهندسی معدن، ۵۹۹-۵۹۱.

محمدی. م (۱۳۸۷) اکتشافات تفضیلی، مطالعات فنی و اقتصادی و تعیین ذخیره کانسار کرومیت معدن شش آبدشت، اسفندقه کرمان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، بخش مهندسی معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۲۱۱ ص.

مدنی، ح (۱۳۸۵) اصول پی‌جویی، اکتشاف و ارزیابی ذخایر معدنی. انتشارات جهاد دانشگاهی امیرکبیر، ۸۳۲ ص.

مدنی. ح. و یعقوب‌پور، ع (۱۳۹۱) تخمین و ارزیابی ذخایر معدنی. انتشارات دانشگاه پیام‌نور ایران. ۲۲۴ص.

وزارت صنعت، معدن و تجارت ایران، معاونت معدنی (۱۳۹۴) دستورالعمل تهیه گزارش پایان عملیات اکتشافی. سازمان نظام مهندسی معدن، تهران ایران. ۴۸ص.

Agbor1, A.T. and Shehu, O.U (2013) Geology and Economic Evaluation of Odobola, Ogodo Feldspar Minerals Deposit, Ajaokuta Local Government Area, Kogi State, Nigeria. Earth Science Research, 2: No. 1.

Busenberg, E. and Clemency, C.V (1975) The dissolution kinetics of feldspars at 25 ^{0}C and 1 atm CO_2 Pressure. Geochim. Cosmochim. Acta, 40: 41-49.

Harben, P.W. and Kužvart, M (1996) Industrial Minerals. A Global Geology. London. Industrial Minerals Information Ltd. 462 p.

Jafarian, M. B. and Zamani Pedram, M (1999) Geological map of Malayer 1:100000. Geological survey of Iran.

Jeol, E. A (2011) Observations on the occurrence of plagioclase feldspars.

Liu, R., Wu, H. and Wei, X (2017) Anomaly distribution and genesis of feldspar in the 8th Member sandstone reservoir of Shihezi formation, Permian, Ordos basin. Journal of China University of Mining and Technology, 46: 96-105

Olson, J.C (1944) The Economic Geology of the Spruce Pine Pegmatite District, N. C: North Carolina Department of Conservation and Development, Mineral Resources Division, 43: Bulletin. 67 p.

Stocklin. J (1968) Stractural history and tectonics of Iran.A review Am. Assoc. Petrology. Geological Bulletin, 52: 1229-1258.

Stormer, J. C (1975) A Practical Two-feldspar Geothermometer. American Mineralogist, Department of Geology, Uniuersity of Georgia, 60: 667-674.

Tarawneh, Kh., Nawafleh, H. A., Shakkour, O. and Dana, j (2012) Exploration and evalution investment opportunities of feldspar ore in Jordan: Annual of the university of mining and Geology "ST. Ivan Rilski", 55, Part l, Geology and Geophysics.

Geochemistry and reserve estimation of Tajar feldspar mine (Samen, Hamedan province) based on detailed exploration data during mining

Z. Sharifi Seresht[1], H. Shahbazi*[2], F. Darabi[3] and M. H. Ahmadi[4]

1- Dept., of geology, Payame Noor University of Hamedan
2- Dept., of geology, Faculty of Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan
3- Dept., of geology, Payame Noor University of Esfahan
4- Dept., of geology, Islamic Azad University North Tehran Branch

* shahbazi.h@gmail.com

Recieved: 2017/6/6 Accepted: 2018/5/6

Abstract

The Tajar feldspar deposit is located at 15 km southwest of Malayer city, 4 km northwest of Samen city, in the Hamedan province and west of Iran. Study area is located in the north part of the Sanandaj-Sirjan geological zone. Detailed exploration activities carried out for determining of geometrical data of mineralized zones. Indeed, according to the morphological and geometrical data of deposit, the rectangular exploration grid was designed and 45 exploratory boreholes (520 meters total depth) were drilled. Furthermore, for determining of shape and dimension of mineral deposit, lithological columns of mineral deposit and host rocks were designed. Then by providing their geological profiles, at first the volumes that enclosed between each section was calculated and eventually the mineral deposits was determined. Detail exploration results show that the Tajar feldspar deposit have 99286 m^3 volume and 258145 tons deposit. Tajar feldspar deposit is sodic type and their mineral composition is oligoclase to albite.

Keywords: Feldspar, Detailed Exploration, Tajar deposit, Samen, Hamedan