دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : معدن، نفت و ژئوفیزیک

با همکاری

سازمان انرژی اتمی ایران

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

پایان نامه کارشناسی ارشد

برداشت و تفسیر داده‌های ژئوفیزیکی زمینی و ژئوشیمیایی جهت اکتشاف مواد رادیو اکتیو در محدوده آنومالی ۶ ساغند- ایران مرکزی

رحمن سیف

اساتید راهنما :

دکتر علی مرادزاده

دکتر جلیل ایرانمنش

بهمن ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

با همکاری

سازمان انرژی اتمی ایران

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

برداشت و تفسیر داده‌های ژئوفیزیکی زمینی و ژئوشیمیایی جهت اکتشاف مواد رادیو اکتیو در محدوده آنومالی ۶ ساغند- ایران مرکزی

رحمن سیف

اساتید راهنما :

دکتر علی مرادزاده

دکتر جلیل ایرانمنش

استاد مشاور

مهندس محمد رضا کتابداری

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

زمستان ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه اکتشاف و استخراج

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای .....

تحت عنوان: برداشت و تفسیر داده‌های ژئوفیزیکی زمینی و ژئوشیمیایی جهت اکتشاف مواد رادیو اکتیو در محدوده آنومالی ۶ ساغند- ایران مرکزی

در تاریخ ..... توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه ..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			

دانشجو تأیید می نماید که مطالب مندرج دراین پـایان نامه (رساله) نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات، آزمایشات و نو آوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود و سازمان انرژی اتمی ایران می باشد.

زمستان ۱۳۹۰

در ابتدا خدای کریم را شاکرم که به عبدش توفیق خدمتی کوچک در جهت اعتلای ایران اسلامی را داد و از آنجایی که شکر مخلوق، شکر خالق است سپس قدردانی و تشکر می‌کنم از حوصله و راهنمایی اساتید گرامی آقایان دکتر مرادزاده، دکتر ایرانمنش و مهندس کتابداری که در انجام این تحقیق یار و مددکار بنده بودند.

همچنین از زحمات مهندسین گرامی آقایان مداحی و کمندانی که در انجام عملیات‌های صحرایی همکار و همراه بنده بودند، از مهندسین جلیلیان که در مطالعه مقاطع نازک و صیقلی تهیه شده بنده را هدایت و یاری نمودند، از مسئولین پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای سازمان انرژی اتمی ایران (به ویژه پژوهشکده چرخه سوخت) که با فراهم نمودن امکانات برداشت‌های صحرایی و آنالیز نمونه‌ها انجام این تحقیق را میسر نمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در نهایت از پدر و مادر مهربان و دلسوزم که از بدو تولد حامی بنده هستند و همچنین از حوصله و صبر همسر فداکارم که امکان انجام این تحقیق را در کنار مسئولیت‌های خانواده برای بنده فراهم نمودند، تشکر می‌کنم.

چکیده

منطقه ساغند در بخش میانی زون ساختمانی ایران مرکزی قرار دارد. از میان ۹ آنومالی پرتوزای این منطقه، آنومالی شماره ۶ ساغند بر حسب ضرورت اکتشافی جهت مطالعات زمین‌شناسی، رادیومتری زمینی و مطالعات لیتوژئوشیمیایی انتخاب شد. با مطالعه مقاطع نازک و صیقلی تهیه شده و همچنین آنالیز نمونه‌های لیتوژئوشیمیایی برداشت شده، مشخص شد که جنس بیشتر سنگ‌های آنومالی ۶ از انواع«دیوریت و کوارتز دیوریت (گرانودیوریت)» متعلق به ماگمای کالک آلکالن (زون فرورانش) و «گابرو» متعلق به ماگمای تولئیتی (زون گسترش کف اقیانوس) تشکیل یافته است با ذکر این مطلب که جنس نمونه‌های برداشتی که پرتوزایی بالاتری از خود نشان می‌دهند از نوع گابرو است. کانی پرتوزای موجود در این آنومالی «دیویدایت $(Fe,U)TiO_3$» است که همراهی آن با کانی آلبیت در نمونه‌های اکتیو موید این مطلب است که کانی زایی عناصر پرتوزا همراه با پدیده آلبیتیزاسیون می‌باشد.

از مساحت ۱/۱۳ کیلومتر مربعی آنومالی ۶ ساغند، در مطالعه حاضر محدوده‌ای مستطیلی به مساحت ۰/۴۵ کیلومتر مربع مورد رادیومتری سیستماتیک با پروفیل‌های شرقی- غربی به فاصله ۵۰ متر و قرائت‌های ۱۰ متری قرار گرفت؛ که از میان ۱۰۰۱ قرائت رادیومتری برداشت شده، ثبت ۱۱ قرائت با پرتوزایی بالاتر از ۱۰۰۰ cps[1] و ماکزیمم ۶۰۰۰ cps، قابل ذکر می‌باشد. همچنین در اکثر قرائت‌های ثبت شده میزان غنی شدگی دو عنصر اورانیوم (U) و توریوم (Th) تقریباً یکسان بود؛ در حالی که میزان غنی شدگی این دو عنصر چندین برابر میزان غنی شدگی پتاسیم (K) می‌باشد. جامعه مختلط داده‌های رادیومتری به دو جامعه آنومالی و زمینه تفکیک شده و کنتورهای شمارش پرتو گاما (cps) برای U,Th,K با در نظر گرفتن جامعه آنومالی جدا شده، نشان می‌دهند که تمرکز کنتورهای پرتوزا در گوشه شمال غربی و شمال محدوده مورد مطالعه قرار دارد.

نتیجه آنالیز ۴۷ نمونه لیتوژئوشیمیایی برداشت شده از دو محل تمرکز کنتورهای پرتوزا نشان می‌دهد که از میان اکسیدهای عناصر اصلی و فرعی اندازه گیری شده تنها داده‌های سیلیس و اکسید آلومینیوم توزیع نرمال دارند. همچنین نتایج آنالیز داده‌های لیتوژئوشیمیایی با استفاده از روش‌های ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن، تجزیه و تحلیل خوشه‌ای و نمودارهای پراکندگی، گویای این مطلب هستند که عنصر اورانیم (U) با اکسیدها و عناصر زیر همبستگی دارد.

[1] - Count Per Second

TiO_2 (0.720[۲]), Ba (0.634), Nb (0.630), Y (0.595), Th (0.500), Fe_2O_3 (0.463)

در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعه مقاطع نازک و صیقلی تهیه شده، برداشت‌های رادیومتری زمینی و آنالیز نمونه‌های لیتوژئوشیمیایی برداشت شده، محدوده‌ای به مساحت ۴۰۵ متر مربع جهت حفر گمانه و مغزه‌گیری پیشنهاد گردید.

کلمات کلیدی: آنومالی ۶ ساغند، مواد رادیواکتیو، رادیومتری، لیتوژئوشیمیایی.

[۲] - اعداد داخل پرانتز نشان دهنده‌ی ضریب همبستگی عنصر داده شده با اورانیوم می‌باشد.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- موقعیت جغرافیایی و آب و هوای منطقه ساغند ۵

۱-۳- زمین‌شناسی ناحیه‌ای ساغند ۷

۱-۴- توپوگرافی منطقه ساغند ۹

۱-۵- سابقه و ضرورت انجام تحقیق ۱۲

۱-۶- هدف از مطالعه ۱۴

۱-۷- روش مطالعه ۱۶

فصل دوم: زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه ۱۸

۲-۱- زمین‌شناسی آنومالی ۶ ساغند ۱۹

۲-۲- توپوگرافی آنومالی ۶ ساغند ۲۱

۲-۳- پتروگرافی ۲۳

۲-۳-۱- مطالعات مقاطع نازک ۲۳

۲-۳-۲- مطالعات مقاطع صیقلی ۲۹

۲-۳-۳- نمودارهای رده بندی شیمیایی ۳۱

۲-۳-۴- نمودارهای سری ماگمایی ۳۶

۲-۳-۴-۱- نمودار TAS ۳۶

۲-۳-۴-۲- نمودار AFM ۳۷

۲-۴- اصلاح نقشه زمین‌شناسی ساغند ۴۰

۲-۵- متاسوماتیسم ۴۳

۲-۶- تکتونیک آنومالی ۶ ساغند ۴۴

۲-۷- کانی‌سازی مواد رادیو رادیواکتیو در منطقه مورد مطالعه ۴۶

فصل سوم: برداشت، مطالعه و تحلیل داده‌های اکتشاف ژئوفیزیکی ۴۹

۳-۱- مقدمه ۵۰

۳-۲- موقعیت منطقه نمونه برداری ۵۱

۳-۳- دستگاه‌های استفاده شده در برداشت‌های رادیومتری ۵۴

۳-۴- داده‌های برداشت شده ۵۶

۳-۵- آنالیز داده‌ها ۵۷

۳-۵-۱- بررسی توزیع داده‌ها ۵۷

۳-۵-۲- جداسازی جامعه آنومالی از جامعه زمینه با استفاده از نمودار احتمال ۶۲

۳-۵-۳- بررسی میزان همبستگی داده‌های اسپکترومتر ۷۲

۳-۶- ترسیم نقشه‌ها ۷۴

فصل چهارم: برداشت، مطالعه و تحلیل داده‌های اکتشاف ژئوشیمیایی ۷۹

۴-۱- مقدمه ۸۰

۴-۲- نمونه برداری ۸۱

۴-۳- تحلیل داده‌های بدست آمده از آنالیز XRF ۸۲

۴-۳-۱- تخمین داده‌های سنسورد ۸۲

۴-۳-۲- بررسی توزیع داده‌ها ۸۴

۴-۳-۳- ضریب همبستگی ۸۹

۴-۳-۴- تجزیه و تحلیل خوشه ای ۹۴

۴-۳-۵- نمودارهای پراکندگی ۹۶

۴-۴- ترسیم نقشه‌های کنتوری ۱۰۱

۴-۴-۱- اورانیوم ۱۰۱

۴-۴-۲- اکسید تیتانیوم (TiO_2) ۱۰۴

۴-۴-۳- باریم (Ba) ۱۰۷

۴-۴-۴- نیوبیوم (Nb) ۱۰۹
۴-۴-۵- ایتریم (Y) ۱۱۱
۴-۴-۶- توریوم (Th) ۱۱۳
۴-۴-۷- اکسید آهن (Fe_2O_3) ۱۱۵
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۱۸
۵-۱- نتیجه گیری ۱۱۹
۵-۲- پیشنهادات ۱۲۳
منابع ۱۲۴
پیوست‌ها ۱۲۸
پیوست الف: تصاویر ۱۶ مقطع نازک تهیه شده ۱۲۹
پیوست ب: تصاویر ۲ مقطع صیقلی تهیه شده ۱۳۷
پیوست ج: قرائت‌های رادیومتری انجام شده در جریان مطالعات و عملیات صحرایی مرحله اول ۱۴۰
پیوست د: نتایج آنالیز XRF نمونه‌های برداشت شده در جریان عملیات صحرایی مرحله دوم ۱۷۸

فهرست اشکال

فصل اول: کلیات ۱
شکل (۱-۱): آنومالی‌ها و مناطق امید بخش شناسایی شده کانی سازی اورانیوم در ایران ۶
شکل (۱-۲): موقعیت جغرافیایی منطقه معدنی ساغند که با دایره نسبت به شهر یزد مشخص شده است ۷
شکل (۱-۳): قسمتی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ناحیه ساغند ۱۰
شکل (۱-۴): راهنمای نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ناحیه ساغند ۱۱
شکل (۱-۵): محدوده مورد مطالعه از آنومالی ۶ ساغند که با چهار گوش ABCD نشان داده شده است ۱۵
فصل دوم: زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه ۱۸

شکل (۲-۱): نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ ساغند همراه با محدوده زون‌های آنومالی رادیواکتیو ۲۰
شکل (۲-۲): راهنمای نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ ساغند ۲۱
شکل (۲-۳): تصویر ماهواره‌ای آنومالی ۶ از بالا ۲۲
شکل (۲-۴): تصویر ماهواره‌ای آنومالی ۶ از جلو (پایین) ۲۲
شکل (۲-۵): محدوده مطالعاتی مشخص شده بر روی عکس ماهواره‌ای منطقه ۲۳
شکل (۲-۶): تصویر میکروسکوپی مقاطع نازک مربوط به نمونه رادیواکتیو RS-LA-2 با بزرگنمایی ۵۰× ۲۶
شکل (۲-۷): تصویر میکروسکوپی مقاطع نازک مربوط به نمونه رادیواکتیو RS-LA-4 با بزرگنمایی ۵۰× ۲۶
شکل (۲-۸): تصویر میکروسکوپی مقاطع نازک مربوط به نمونه رادیواکتیو RS-LA-6 با بزرگنمایی ۱۰۰× ۲۷
شکل (۲-۹): تصویر میکروسکوپی مقاطع نازک مربوط به نمونه غیر رادیواکتیو RS-L-4 با بزرگنمایی ۵۰× ۲۷
شکل (۲-۱۰): تصویر میکروسکوپی مقاطع نازک مربوط به نمونه غیر رادیواکتیو RS-L-9 با نور پلاریزه و بزرگنمایی ۵۰× ۲۸
شکل (۲-۱۱): تصویر سمت چپ مربوط به نمونه رادیواکتیو RS-LA-1 با نور طبیعی و بزرگنمایی ۵۰× و تصویر سمت راست مربوط به نمونه غیر رادیواکتیو RS-L-1 با پلاریزه و بزرگنمایی ۵۰× ۲۸
شکل (۲-۱۲): تصویر میکروسکوپی مقاطع صیقلی مربوط به نمونه رادیواکتیو RS-PA-2 با نور طبیعی ۲۹
شکل (۲-۱۳): تصویر میکروسکوپی مقاطع صیقلی مربوط به نمونه RS-PA-1 با نور طبیعی و بزرگنمایی ۱۰۰× ۳۰
شکل (۲-۱۴): نمودار رده بندی کاکس و همکاران برای سنگ‌های درونی ۳۱
شکل (۲-۱۵): نمودار رده بندی میدلموست برای سنگ‌های درونی ۳۲
شکل (۲-۱۶): موقعیت محدوده‌های آنومال efgh و abcd جهت برداشت نمونه‌های لیتوژئوشیمیایی ۳۳
شکل (۲-۱۷): محل قرار گیری نمونه‌ها بر روی نمودار کاکس و همکاران ۳۴
شکل (۲-۱۸): محل قرار گیری نمونه‌ها بر روی نمودار میدلموست ۳۴

شکل (۲-۱۹): نمودار تعیین سری ماگمایی ۳۶
شکل (۲-۲۰): نمودار ترسیم شده با استفاده از نتیجه آنالیز XRF برای ۴۷ نمونه مورد برداشت..... ۳۷
شکل (۲-۲۱): نمودار AFM برای داده‌های بدست آمده از آنالیز XRF ۳۸
شکل (۲-۲۲): نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ اصلاح شده ساغند به همراه کنتورهای توپوگرافی و مقاطع زمین‌شناسی ۴۱
شکل (۲-۲۳): اصلاحات انجام شده در نقشه ۱:۵۰۰۰ آنومالی ۶ به همراه مقاطع زمین‌شناسی ۴۲
شکل (۲-۲۴): دایک برداشت شده در محدوده مورد مطالعه (دیده دوربین، مستقیم و به سمت شمال‌غرب است) ۴۴
شکل (۲-۲۵): گسل برداشت شده در محدوده مورد مطالعه ۴۶

فصل سوم: برداشت، مطالعه و تحلیل داده‌های اکتشاف ژئوفیزیکی ۴۹

شکل (۳-۱): محدوده ABCD تعیین شده برای انجام رادیومتری ۵۱
شکل (۳-۲): موقعیت پروفیل‌های رادیومتری برداشت شده با استفاده از نرم افزار MapInfo ۵۲
شکل (۳-۳): جلوه‌ای از توپوگرافی خشن منطقه ۵۳
شکل (۳-۴): نحوه استفاده از دستگاه سینتیلومتر ۵۴
شکل (۳-۵): دستگاه اسپکترومتر GR-410 در کنار دستگاه سینتیلومتر SPP2 ..... ۵۵
شکل (۳-۶): هیستوگرام درصد فراوانی داده‌های متغیر cps ۵۸
شکل (۳-۷): نمودار احتمال معمولی داده‌های cps ۵۹
شکل (۳-۸): هیستوگرام درصد فراوانی داده‌های Log (cps) ۶۰
شکل (۳-۹): نمودار احتمال لگاریتمی داده‌های Log (cps) ۶۱
شکل (۳-۱۰): نمودار احتمال داده‌های cps ۶۳
شکل (۳-۱۱): نمودار احتمال داده‌های Log (cps) و جدایش مرز ۱/۹۰۶۲۵ ..... ۶۳
شکل (۳-۱۲): هیستوگرام توزیع جامعه زمینه جدا شده با مرز ۱/۹۰۶۲۵ از داده‌های Log (cps) ۶۴
شکل (۳-۱۳): هیستوگرام توزیع جامعه آنومالی جدا شده با مرز ۱/۹۰۶۲۵ از داده‌های Log (cps) ۶۵
شکل (۳-۱۴): نمودار احتمال داده‌های Log (cps) و انتخاب مرز جدایش ۲/۱۵ ..... ۶۶
شکل (۳-۱۵): هیستوگرام توزیع جامعه زمینه شده با مرز ۲/۱۵ ..... ۶۷
شکل (۳-۱۶): نمودار احتمال جامعه زمینه جدا شده با مرز ۲/۱۵ ..... ۶۸

شکل(۳-۱۷): هیستوگرام توزیع جامعه آنومالی شده با مرز ۲/۱۵ ..... ۶۹
شکل (۳-۱۸): نمودار احتمال جامعه آنومالی جدا شده با مرز ۲/۱۵ ..... ۶۹
شکل (۳-۱۹): میزان همبستگی بین متغیرهای U , Th ۷۳
شکل (۳-۲۰): میزان همبستگی بین متغیرهای U , K ۷۳
شکل (۳-۲۱): میزان همبستگی بین متغیرهای K , Th ۷۴
شکل (۳-۲۲): کنتورهای رسم شده برای مقادیر بزرگتر از x+s برای متغیرهای U , Th ۷۵
شکل (۳-۲۳): نقشه کنتوری جامعه آنومالی برای متغیر cps ۷۵
شکل (۳-۲۴): نقشه کنتوری جامعه آنومالی برای متغیر K ۷۶
شکل (۳-۲۵): نقشه کنتوری جامعه آنومالی برای متغیر U ۷۶
شکل (۳-۲۶): نقشه کنتوری جامعه آنومالی برای متغیر Th ۷۷
شکل (۳-۲۷): نقشه کنتورهای آنومالی cps برازش شده بر روی نقشه زمین شناسی آنومالی ۶ ساغند ۷۷

فصل چهارم: برداشت، مطالعه و تحلیل داده‌های اکتشاف ژئوشیمیایی ۷۹

شکل (۴-۱): هیستوگرام فراوانی متغیرهای نمونه‌های لیتوژئوشیمیایی ۸۴
شکل (۴-۲): دندوگرام رسم شده برای متغیرهای حاصل از آنالیز نمونه‌های لیتوژئوشیمیایی ۹۵
شکل (۴-۳): نمودار پراکندگی متغیر U در مقایسه با متغیرهای مختلف ۹۷
شکل (۴-۴): نقشه کنتورهای آنومالی U برازش شده بر روی نقشه زمین‌شناسی آنومالی ۶ ساغند ۱۰۳
شکل (۴-۵) : نقشه کنتورهای آنومالی TiO_2 برازش شده بر روی نقشه زمین‌شناسی آنومالی ۶ ساغند ۱۰۶
شکل (۴-۶): نقشه کنتورهای آنومالی Ba برازش شده بر روی نقشه زمین‌شناسی آنومالی ۶ ساغند ۱۰۸
شکل (۴-۷): نقشه کنتورهای آنومالی Nb برازش شده بر روی نقشه زمین‌شناسی آنومالی ۶ ساغند ۱۱۰
شکل (۴-۸): نقشه کنتورهای آنومالی Y برازش شده بر روی نقشه زمین‌شناسی آنومالی ۶ ساغند ۱۱۲

شکل (۴-۹): نقشه کنتورهای آنومالی Th برازش شده بر روی نقشه زمین‌شناسی آنومالی ۶ ساغند..... ۱۱۴
شکل (۴-۱۰): نقشه کنتورهای آنومالی Fe_2O_3 برازش شده بر روی نقشه زمین‌شناسی آنومالی ۶ ساغند..... ۱۱۷
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۱۸
شکل (۵-۱): محدوده مستطیلی مشخص شده با کادر آبی رنگ جهت عملیات حفاری..... ۱۲۳
پیوست‌ها..... ۱۲۸
شکل (الف-۱): عکس‌های گرفته شده از مقاطع نازک نمونه‌های اکتیو جدول (الف-۱) ۱۳۱
شکل (الف-۲): عکس‌های گرفته شده از مقاطع نازک نمونه‌های غیر اکتیو جدول (الف-۱)..... ۱۳۴
شکل (ب-۱): عکس‌های گرفته شده از مقاطع صیقلی مذکور در جدول (ب-۱) ۱۳۸

فهرست جداول

فصل دوم: زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه ۱۸
جدول (۲-۱): خلاصه مطالعه میکروسکوپی انجام شده بر روی ۱۶ مقاطع نازک..... ۲۵
جدول (۲-۲): نوع سنگ مشخص شده بر اساس نمودارهای طبقه بندی کاکس و میدلموست..... ۳۵
جدول (۲-۳): نوع سنگ و ماگمای نمونه‌های برداشت شده..... ۳۹
فصل سوم: برداشت ، مطالعه و تحلیل داده‌های اکتشاف ژئوفیزیکی..... ۴۹
جدول (۳-۱): مشخصات آماری داده‌های رادیومتری برداشت شده ۵۶
جدول (۳-۲): داده‌های ثبت شده برای قرائت‌های بالای ۱۰۰۰ cps..... ۵۷
جدول (۳-۳): مشخصات آماری داده‌های cps ۵۸
جدول (۳-۴): مشخصات آماری Log (cps)..... ۶۰
جدول (۳-۵): مشخصات آماری جامعه زمینه جدا شده با مرز ۱/۹۰۶۲۵ از داده‌های Log (cps)..... ۶۴
جدول (۳-۶): مشخصات آماری جامعه آنومالی جدا شده با مرز ۱/۹۰۶۲۵ از داده‌های Log (cps)... ۶۵
جدول (۳-۷): مشخصات آماری جامعه زمینه جدا شده با مرز ۲/۱۵ از داده‌های Log (cps)..... ۶۷
جدول (۳-۸): مشخصات آماری جامعه آنومالی جدا شده با مرز ۲/۱۵ از داده‌های Log (cps)..... ۶۸

جدول (۳-۹): لیست داده‌های آنومالی با در نظر گرفتن مقدار ۲/۸۶۱ بعنوان حد آستانه‌ای ۷۱
جدول (۳-۱۰): مشخصات آماری متغیرهای مختلف در جامعه آنومالی جدا شده ۷۲
فصل چهارم: برداشت، مطالعه و تحلیل داده‌های اکتشاف ژئوشیمیایی ۷۹
جدول (۴-۱): لیست نمونه‌های لیتوژئوشیمیایی، مقاطع نازک و صیقلی برداشت شده از محدوده‌های ABCD و EFGH آنومالی ۶ ساغند ۸۱
جدول (۴-۲): قسمتی از داده‌های حاصل از آنالیز نمونه‌های لیتوژئوشیمیایی ۸۲
جدول (۴-۳): مشخصات آماری داده‌های بدست آمده از آنالیز نمونه‌های لیتوژئوشیمیایی ۸۸
جدول (۴-۴): ماتریس همبستگی محاسبه شده با روش اسپیرمن برای اکسیدهای عناصر اصلی با سرب، اورانیوم و توریوم ۹۲
جدول (۴-۵): ماتریس همبستگی محاسبه شده با روش اسپیرمن برای عناصر فرعی با اکسیدهای Si, Mg, K ۹۳
جدول (۴-۶): مقدار اورانیوم در کانی‌های اورانیوم ۱۰۲
جدول (۴-۷): مقدار اورانیوم کانی‌های سیلیکاته ۱۰۲
جدول (۴-۸): مقدار اورانیوم در سنگ‌ها ۱۰۲
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۱۸
جدول (۵-۱): مقدار زمینه، حد آستانه‌ای و آنومالی اورانیوم و عناصر وابسته به آن در محدوده مورد مطالعه ۱۲۱
پیوست‌ها ۱۲۸
جدول (الف-۱): خلاصه مطالعه میکروسکوپی انجام شده بر روی ۱۶ مقطع نازک ۱۲۹
جدول (ب-۱): خلاصه مطالعه میکروسکوپی انجام شده بر روی ۲ مقطع صیقلی ۱۳۷
جدول (ج-۱): قرائت‌های رادیومتری انجام شده با استفاده از سنتیلومتر و اسپکترومتر ۱۴۰
جدول (د-۱): نتایج آنالیز XRF برای اکسیدهای عناصر اصلی ۱۷۸
جدول (د-۲): نتایج آنالیز XRF برای عناصر فرعی و کمیاب ۱۷۹

فهرست فرمول‌ها

فصل سوم: برداشت ، مطالعه و تحلیل داده‌های اکتشاف ژئوفیزیکی ۴۹

فرمول (۳-۱): کالیبراسیون دستگاه اسپکترومتر..... ۵۶
فرمول (۳-۲): کالیبراسیون دستگاه اسپکترومتر..... ۵۶
فرمول (۳-۳): کالیبراسیون دستگاه اسپکترومتر..... ۵۶
فرمول (۳-۴): کالیبراسیون دستگاه اسپکترومتر..... ۵۶
فرمول (۳-۵): دسته بندی داده‌ها بر اساس فرمول لپلتیه..... ۵۸

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

با توسعه تکنولوژی هسته‌ای، شناسایی، اکتشاف و بهره‌برداری از عناصر پرتوزا در نیمه دوم سده بیستم و بخصوص در دو دهه ۶۰ و ۷۰ میلادی به صورت فراگیر در بیشتر کشورها آغاز گردید. در این ارتباط و در ایران نیز اکتشاف منابع اورانیوم از طریق قرارداد همکاری سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و کمیساریای انرژی اتمی فرانسه به صورت شناسایی منابع نوع گرانیتی و ماسه‌سنگی به اجرا در آمد؛ که حاصل آن در نهایت عدم استعداد و منابع قابل توجه در کشور بود و محدود به تعدادی آثار پرتوزا در انارک، نیشابور، تبریز، بایچه باغ و خراسان گردید [۱].

با تأسیس سازمان انرژی اتمی ایران در سال ۱۳۵۳ و در فاصله سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۵۵، برنامه اکتشافی وسیعی با استراتژی بهره‌گیری از تکنولوژی اسپکترومتری و مغناطیس‌سنجی[۱] هوابرد برای پوشش حدود ۶۰۰۰۰۰ کیلومتر مربع آغـــــاز و بخش هایی از شمال‌شرقی، جنوب‌شرقی، مرکز و شمال‌غربی کشور را تحت پوشش قرار داد. همزمان گروه‌های اکتشافی زمینی نیز عملیات شناسایی را در مناطق مستعد از جنبه زمین‌شناسی و احتمال کانی‌سازی آغاز کردند؛ که تا پیروزی انقلاب اسلامی شناسایی تعدادی بی‌هنجاری پرتوزا در آذربایجان و کـــــار روی یافته‌های نیشابور، انارک و خسرین در شمال جازموریان ادامه یافت. این عملیات منجر به کشف ذخایر درخور توجهی نگردید؛ اما اطلاعات پایه مناسبی را فراهم ساخت [۱].

طبق بررسی‌های به عمل آمده، وجود پی سنگ قاره‌ای کهن با ترکیب سیالی از مهمترین معیارهای حاکم بر تشکیل منابع اورانیوم می‌باشد؛ که به صورت مستقیم و غیرمستقیم در ادوار مختلف می‌تواند تحرک یافته و در میزبان‌های مناسب جای گیرد. مهمترین حادثه متالوژنی تشکیل دهنده کانسارهای اورانیوم، توریوم و عناصر کمیاب در کشور به زمان پرکامبرین پسین تعلق دارد که در نهایت منجر به تشکیل کانسارهای گرمابی اورانیوم همراه مولیبدن (Mo)، کبالت (Co) و ایتریوم

[۱]- دلیل استفاده از روش مغناطیس‌سنجی همبستگی مثبت و قوی اورانیوم با آهن و منیزیم است.

(Y) شده است. این ویژگی در ایالت متالوژنی ساغند– بافق حاکم بوده و به همین دلیل این محدوده از مهمترین اولویت‌های اکتشافی کشور به شمار می‌رود [۱].

گرچه یافته‌های عدیده‌ای از انواع رگه‌ای- گرمابی در جای جای کشور ایران یافت شده است، اما به دلیل جوانی و دارا بودن مشخصات متالوژنی چند فلزی با ساختار پیچیده، این گروه از منابع، ذخایر عمده را نمی‌سازند و از انواع گران‌قیمت و تولید همراه[1] به حساب می‌آیند. مهمترین کانسارهای ارزان دنیا از گونه کانسارهای پالایشی- اکسیـدان[2] می‌باشند؛ که می‌توانند در میزبان‌های ماسه‌سنگی جای گیرند. در گذشته روی این گونه منابع پژوهش و کاوش صورت نگرفته، گرچه در برنامه سالهای ۷۸-۷۷ امور اکتشاف سازمان انرژی اتمی، دستیابی به این گونه منابع از جمله اهداف استراتژیک به حساب می‌آید.

آثار معدنی و ناهنجاری‌های پرتوزای کشف شده در ایران از جنبه تیپ کانی‌سازی به انواع زیر قابل تفکیک است: [۱]

۱. منابع وکانی‌سازی‌های بوجود آمده از تفریق ماگمایی همراه توده‌های مگنتیت- آپاتیت با همزادی (Th-REE-U) که در آن‌ها میزان اورانیوم محدود، اما توریوم عنصر اصلی است. این گونه یافته‌ها فاقد پتانسیل انفرادی و ذخیره‌سازی قابل توجه می‌باشند. نمونه‌هایی از این یافته‌ها در کنار معدن سنگ آهن چغارت، اسفوردی، سه چاهون و چاه گز شناسایی شده است؛ اما ذخایر معینی را نمی‌سازند.

۲. کانی‌سازی مرتبط با پدیده متاسوماتیسم Si (تشکیل لوکومتاسوماتیسم‌ها و طلایه بازیک آن‌ها) و مهاجرت عناصر Ti, Th, U, REE, Fe, Ca , Mg به حاشیه کانه‌های متاسوماتیسم با همزادی کانی‌های آلبیت ، ترمولیت اکتینولیت، اسکاپولیت فلوگوپیت، کلریت، کوارتز و مگنتیت. در این حالت کانی‌سازی در رابطه مستقیم با پدیده متاسوماتیسم می‌باشد؛ که طی آن

[1] - by-product
[2] - Oxidation-Infiltration

عناصر نادر خاکی اورانیوم، توریوم و تیتانیوم، کانی‌هایی مانند دیویدیت، باستناسیت، لانتانیت، توریت، اورانوتوریت، اورانینیت، اورانوتوریانیت، برانریت را می‌سازد. ذخایر بوجود آمده از این گونه، دارای مقادیر قابل توجه با عیار کم تا متوسط از(Th,U (500-6000 ppm، REE (1-2%) و Ti (2-4%) می‌باشند.

۳. کانی‌سازی‌های نوع آلبیتیت[1] از بارزترین و شناخته‌شده‌ترین انواع کانی‌سازی‌های نوع متاسوماتیسم در روند گسل‌های ژرف محسوب می‌شوند؛ که ذخایر بزرگی را در اوکراین، سپر آلدان، زون پاتوس در برزیل و کانسار داشی چائو در شمال‌شرقی چین می‌سازند. این گونه ذخایر اغلب بین چند هزار تا چند صدهزار تن دخیره دارند. کانه اصلی در این تیپ چوکینیت، برانریت و اکسیدهای UO_2، TiO_2 و REEO است و در اصطـــلاح به کانی‌های REE-Ti-V معروف هستند.

۴. کانی‌سازی‌های نوع رگه‌ای- گرمابی با همزادی اورانیوم همراه مولیبدن، کبالت، آرسنیک و در مواردی طلا (ناریگان) از شاخص‌ترین انواع مرتبط با فاز ماگماتیسم فلسیک در واپسین گام‌های متالوژنی پان آفریکن و به عنوان آخرین فرآیند چرخه ماگمایی- متالوژنی مگنتیت- آپاتیت- مس- طلا- اورانیوم است، که کانسارهایی از چند صد تن تا چند هزار تن (به صورت استثناء کانسار المپیک دام[2] با چند میلیون تن) ذخیره را در جهان می‌سازد. کانه اصلی در این تیپ از نوع اورانینیت[3] و اورانینیت ایتریـــــــــوم‌دار[4] می‌باشد و همراه آن مولیبدنیت، کبالتیت و دیگر سولفیدهای فلزی کشف شده است.

۵. کانی‌سازی‌های مرتبط با گنبدهای نمکی که هم‌ارز متالوژنی پان آفریکن در زون متالوژنی بافق- ساغند تشکیل شده و در سری هرمز در منطقه لارستان- بندرعباس می‌باشد که به دلیل

---

[1] - albitite
[2] - Olympic Dam
[3] - UO_2
[4] - Cleveite