



دانشگاه سبزگان

دانشکده علوم

گروه زمین شناسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد (گرایش پترولوژی)

عنوان:

مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمیایی افق لاتریتی-بوکسیتی پرمین در

شرق شاهین دژ، با نگرشی ویژه بر ژنز آن

استاد راهنما:

دکتر علی حاج ابوالفتح

استاد مشاور:

دکتر جواد ایزدیار

نگارش:

یاسر وحدانی هولاسو

شهریور ۹۰





دانشگاه زنجان

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

شماره: ۲۶۸۵۱

تاریخ: ۸۰/۷/۱۸

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای: یاسر وحدانی هولاسو رشته: زمین شناسی گرایش: پترولوژی

تحت عنوان: مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمیایی افق لاتریتی - بوکسیتی پرمین در شرق شاهین دژ، با نگرشی ویژه بر ژنز آن

در ۹۰/۷/۱۳ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه زنجان برگزار گردید و نظر هیأت داوران بشرح زیر می باشد:

قبول (با درجه عالی) امتیاز: ۱۸.۵۶ (.....) دفاع مجدد - مردود

- ۱- عالی (۲۰-۱۸)
- ۲- بسیار خوب (۱۷/۹۹-۱۶)
- ۳- خوب (۱۵/۹۹-۱۴)
- ۴- قابل قبول (۱۳/۹۹-۱۲)

امضاء

مرتبه علمی

نام و نام خانوادگی

عضو هیأت داوران

استادیار

دکتر علی حاج ابوالفتح

۱- استاد راهنما

استادیار

دکتر جواد ایزدیار

۲- استاد مشاور

دانشیار

دکتر عبدالرضا قدس

۳- استاد ممتحن خارج از دانشگاه

دکتر حسین کوهستانی

۴- استاد ممتحن داخل دانشگاه

استادیار

دکتر محسن بیگدلی

۵- نماینده تحصیلات تکمیلی

دکتر محمد حسین شهیر
مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه

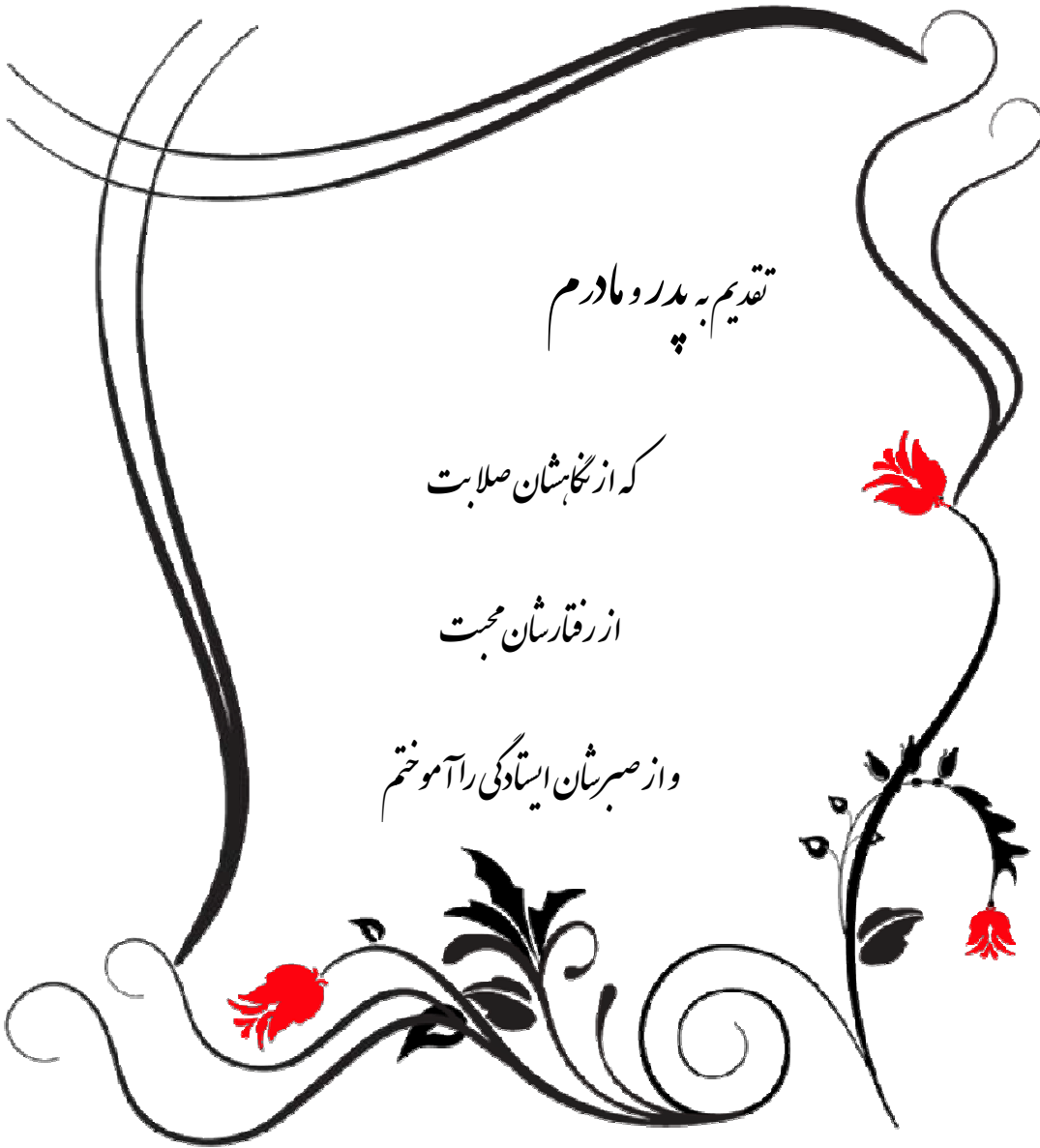
دکتر حبیب امیری
معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی
دانشکده علوم

تقدیم به پدر و مادرم

که از نگاهشان صلابت

از رفتارشان محبت

و از صبرشان ایستادگی را آموختم



تقدیر و تشکر

اکنون که در آغاز راه بی پایان دانش، مرحله دیگری از آموختن را پشت سر گذاشته‌ام، سپاس بی کران خود را به درگاه خداوندی ابراز می‌دارم که هستی بخش همه کائنات و سرچشمه تمام فیوضات است. اوست که به انسان آموختن آموخت و او را در مسیر علم، به کشف حقایق و درک دقایق نظام هستی رهنمون ساخت.

گام نهادن و راه پوییدن در مسیر پر پیچ و تاب دانش بدون دستگیری و یاری معلمان و استادان بی شماری که در طول دوران تحصیل همواره مورد مهر و عنایتشان قرار گرفته‌ام، میسر نبود. بدین وسیله بر خود لازم می‌دارم از همه آن‌ها بویژه عزیزانی که در تهیه این نوشتار اینجانب را یاری رسانده‌اند تشکر و قدردانی نمایم.

- از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر حاج‌ابوالفتح که همواره با صبر و شکیبایی و با راهنمایی‌های ارزنده در انجام و رفع مشکلات علمی و عملی پایان نامه مرا یاری نمودند کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم.

- از جناب آقای دکتر ایزدیار که مشاوره این پایان نامه را پذیرفتند و با تذکرات خویش مرا مساعدت فرمودند، کمال تشکر را دارم.

- از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر ابراهیمی به پاس زحمات بی دریغ و ارشادات ارزنده ایشان در طول تحصیل در دانشگاه زنجان صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

- از اساتید محترم گروه زمین شناسی دانشگاه تبریز که در طول تحصیل در دوران کارشناسی افتخار شاگردیشان را داشتم تقدیر و تشکر می‌نمایم.

- از دوستان گرانقدرم آقایان مصطفی موسوی‌زاده، مظفر ارم و همکلاسی‌های عزیزم آقایان امید کوروشی، سجاد مجاب و خانم هاشمی به خاطر کمک‌های بی دریغ ایشان در طول انجام پروژه کمال تشکر و قدردانی خود را ابراز می‌دارم.

- از تمامی دوستان و عزیزانی که به نوعی در تکمیل این پژوهش با اینجانب همکاری نموده‌اند و نامشان از قلم افتاده، قدردانی می‌نمایم.

در پایان از پدر و مادر عزیزم که زمینه لازم برای تحصیل را فراهم کرده و همواره دعای خیرشان بدرقه راهم بوده است و از خواهر و برادران عزیزم که همواره مشوق من بوده‌اند از صمیم قلب تشکر و قدردانی می‌نمایم.

چکیده

افق لاتریتی-بوکسیتی مورد مطالعه در ۲۰ کیلومتری شرق شاهین‌دژ، در زون ساختاری ایران مرکزی و در داخل آهک‌های سازند روته قرار گرفته است. از ویژگی‌های بافتی نمونه‌های این افق در مقطع نازک، اندازه بسیار ریز کانی‌های موجود می‌باشد. بافت‌های شبه برشی و پورفیری دروغین در نمونه‌های کردکندی و آغاجری و بافت‌های اسفنجی و شبه برشی حاوی کنکرسین‌هایی از جنس اکسید آهن و ندرتا اشکالی شبیه به اووئید در نمونه‌های علی‌بالتا مشاهده می‌شود. نمونه‌های مناطق کردکندی و آغاجری از کانی‌های رسی به همراه هماتیت، کوارتز و کربنات‌ها و در منطقه علی‌بالتا از هماتیت، دیاسپور، کائولینیت و آناز تشکیل شده است. بقایای کانی پیروکسن و قطعات لیتیک اکسیدشده حاوی تیغه‌های فلدسپات دگرسان‌شده در ذخایر کردکندی و آغاجری ارتباط ژنتیک این لاتریت‌ها را با سنگ دیاباز محتمل می‌سازد. براساس تقسیم‌بندی ژئوشیمیایی نمونه‌های برداشت شده، در محدوده لاتریت تا کائولن بوکسیتی قرار می‌گیرند. محاسبات تبادل جرم نشان می‌دهد که در این منطقه عناصر Si، Ca، Na، K، Mn و P طی فرایندهای موجود متحرک بوده و عناصر Al، Ti، Zr، Th، Cr و V غیرمتحرک بوده‌اند. نسبت عناصر Al/Zr، Al/Ti، Al/Th، Al/V و Zr/Ti در نمونه‌های برداشت‌شده با نمونه دیاباز موجود در این منطقه مشابه است، نسبت زوج عناصر نامتحرک در منطقه مورد مطالعه یک روند خطی را نشان می‌دهد که بر روی این خط و نسبت‌های عناصر مربوطه در سنگ دیاباز نیز قرار می‌گیرد. علاوه بر این، نمودار Cr/Ni بیانگر آن است که سنگ منشاء این افق در محدوده سنگ‌های بازیک قرار می‌گیرد. بدین شکل می‌توان سنگ دیاباز مطالعه شده را به عنوان سنگ منشاء برای این افق در نظر گرفت. بر طبق روش تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) نمونه‌های به شدت هوازده از مقادیر مثبت و بالای PC1 و نمونه‌های نسبتاً سالم از مقادیر منفی PC1 برخوردار می‌باشند. در اینجا PC1 بیانگر شدت درجه هوازده‌گی و PC2 در ارتباط با ترکیب شیمیایی سنگ‌های والد هوازده نشده می‌باشد. بر اساس روش خوشه‌بندی، عناصر Al، Ti، Zr، Fe، Th، Pb، Co و Cr در رده عناصر نامتحرک، عناصر Si، Na، K، Rb، Y و Ba در رده عناصر با بیشترین تحرک و عناصر Ca و Mg در بین این دو رده کلی قرار می‌گیرند.

واژگان کلیدی: ژئوشیمی، ژنز، تجزیه تحلیل مولفه‌های اصلی، تبادل جرم، لاتریت-بوکسیت، پرمین، شاهین‌دژ، آذربایجان غربی.

فهرست مطالب

فصل اول کلیات

۱-۱	موقعیت جغرافیایی منطقه.....	۲
۲-۱	راه‌های دسترسی.....	۲
۳-۱	زمین ریخت شناسی.....	۳
۴-۱	افق‌های لاتریت-بوکسیتی.....	۵
۵-۱	افق‌های لاتریتی-بوکسیتی جهان.....	۷
۶-۱	افق‌های لاتریت-بوکسیتی در ایران.....	۹
۱-۶-۱	بوکسیت‌های پرمین.....	۱۰
۲-۶-۱	بوکسیت‌های پرمو-تریاس.....	۱۰
۳-۶-۱	بوکسیت‌های تریاس.....	۱۰
۴-۶-۱	بوکسیت‌های تریاس-ژوراسیک.....	۱۱
۵-۶-۱	بوکسیت‌های کرتاسه.....	۱۱
۷-۱	مطالعات پیشین در مورد افق‌های لاتریتی-بوکسیتی منطقه شاهین دژ.....	۱۳
۸-۱	اهداف تحقیق.....	۱۵

فصل دوم زمین شناسی

۱-۲	جایگاه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.....	۱۷
الف)	زون ایران مرکزی.....	۱۸
ب)	زون مشرق و جنوب شرق ایران.....	۱۸
ج)	زون البرز.....	۱۹
د)	زون زاگرس.....	۱۹
ه)	زون سنج-سیرجان.....	۲۰
۲-۲	زمین شناسی عمومی و تکتونیک منطقه.....	۲۱
۱-۲-۲	پرمین.....	۲۱
الف)	کامبرین.....	۲۳
۲-۲-۲	کامبرین میانی و پسین-اردوئین پیشین.....	۲۳
۳-۲-۲	پرمین.....	۲۴
ب)	مزوزوئیک.....	۲۵
۴-۲-۲	تریاس.....	۲۵
۵-۲-۲	ژوراسیک.....	۲۶
۶-۲-۲	کرتاسه.....	۲۶
ج)	سنوزوئیک.....	۲۷
۷-۲-۲	ائوسن.....	۲۷
۸-۲-۲	الیگوسن.....	۲۸
۹-۲-۲	میوسن.....	۲۹
۱۰-۲-۲	پلیو-پلیوستوسن.....	۳۰

۳-۲ افق‌های لاتریت-بوکسیتی منطقه مورد مطالعه..... ۳۱

۴-۲ افق لاتریت-بوکسیتی پرمین در منطقه..... ۳۲

۵-۲ عملیات صحرائی..... ۳۲

۶-۲ برش‌ها و نمونه‌های برداشت شده..... ۳۳

۱-۶-۲ برش‌های برداشت شده از محدوده آجاجری..... ۳۴

۲-۶-۲ نمونه پراکنده محدوده آجاجری..... ۳۷

۳-۶-۲ برش برداشت شده از محدوده علی‌بالتا..... ۳۷

۴-۶-۲ نمونه پراکنده محدوده علی‌بالتا..... ۳۷

۵-۶-۲ برش‌های برداشت شده از محدوده کردکندی..... ۳۸

فصل سوم پتروگرافی

۱-۳ کانی شناسی افق لاتریتی-بوکسیتی پرمین..... ۴۱

۱-۱-۳ نمونه‌های منطقه علی‌بالتا Al-14 و Al-16..... ۴۱

۲-۱-۳ نمونه‌های Bg-10 و Bg-14..... ۴۲

۳-۱-۳ نمونه Kr-21..... ۴۲

۴-۱-۳ نمونه‌های منطقه آجاجری (Ag)..... ۴۲

۲-۳ کانی شناسی افق لاتریتی-بوکسیتی پرمین بر اساس مطالعات میکروسکوپی..... ۴۳

۳-۳ رخداد کانی سوانبرژیت در افق بوکسیتی پرمین شرق شاهین‌دژ..... ۴۴

۴-۳ بافت‌های موجود در افق لاتریت-بوکسیتی پرمین..... ۴۶

۵-۳ پتروگرافی دیابازهای موجود در منطقه..... ۴۹

۶-۳ نتایج..... ۵۰

فصل چهارم مطالعات ژئوشیمیایی

مقدمه..... ۵۲

۱-۴ توزیع عناصر اصلی در نمونه‌ها..... ۵۲

۱-۱-۴ توزیع اکسیدهای Al، Si و Fe در نمونه‌ها..... ۵۴

۲-۱-۴ توزیع سایر اکسیدها در نمونه‌ها..... ۵۸

۲-۴ توزیع عناصر فرعی در نمونه‌ها..... ۶۰

۳-۴ تقسیم بندی لاتریت‌ها و بوکسیت‌های پرمین..... ۶۵

۱-۳-۴ چگونگی فرایند هوازدگی..... ۶۵

۲-۳-۴ شدت بوکسیتی شدن..... ۶۶

۳-۳-۴ تعیین گونه‌های سنگی نمونه‌ها..... ۶۷

۴-۳-۴ نمودار سه متغیره $Al_2O_3+TiO_2$ و SiO_2 ، Fe_2O_3 برای تعیین نوع کانسنگ..... ۶۹

۴-۴ تعیین سنگ منشاء..... ۶۹

۱-۴-۴ نمودار Ni/Cr..... ۷۰

۵-۴ ژئوشیمی دیابازهای موجود در منطقه..... ۷۲

۶-۴ مقایسه ژئوشیمیایی لاتریت-بوکسیت‌های پرمین با دیاباز..... ۷۴

۱-۶-۴ تغییرات جرم عناصر..... ۷۴

۲-۶-۴ محاسبه تغییرات جرم عناصر..... ۸۰

۹۰	۷- ژئوشیمی کانی سوان برزیت یافت شده در افق بوکسیتی-لاتریتی پرمین شاهین دژ.....
۹۳	۸-۴ نتایج.....

فصل پنجم مطالعات آماری داده‌های ژئوشیمیایی

۹۶	مقدمه.....
۹۷	۱-۵ تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی.....
۱۰۰	۱-۱-۵ نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی.....
۱۰۶	۲-۵ خوشه بندی.....

فصل ششم نتیجه گیری

۱۱۳	۱-۶ نتایج حاصل از پتروگرافی و کانی شناسی.....
۱۱۴	۲-۶ نتایج حاصل از ژئوشیمی.....
۱۱۶	۳-۶ نتیجه‌گیری نهایی و ژنز لاتریت-بوکسیت‌های پرمین در منطقه شاهین دژ.....
۱۱۸	منابع.....
۱۲۶	نمایه.....


فهرست اشکال

۳	شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی و راه‌های دسترسی به آن.....
۴	شکل ۲-۱: نمایی از زمین ریخت شنای منطقه مورد مطالعه.....
۵	شکل ۳-۱: تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه.....
۸	شکل ۴-۱: پراکندگی زمانی و مکانی مهمترین نهشته‌های بوکسیتی جهان.....
۹	شکل ۵-۱: پراکندگی زمانی-مکانی افق‌های لاتریت-بوکسیتی ایران.....
۱۷	شکل ۱-۲: واحدهای رسوبی ساختاری ایران.....
۲۲	شکل ۲-۲: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.....
۳۱	شکل ۳-۲: برش چینه شناسی پرمین تا ژوراسیک منطقه مورد مطالعه.....
۳۳	شکل ۴-۲: نقشه زمین شناسی منطقه با برش‌های برداشت شده.....
۳۵	شکل ۵-۲: برش شماره ۱ برداشت شده از محدوده آجاجری.....
۳۶	شکل ۶-۲: برش شماره ۲ برداشت شده از محدوده آجاجری.....
۳۷	شکل ۷-۲: برش شماره ۳ برداشت شده از محدوده آجاجری.....
۳۸	شکل ۸-۲: برش برداشت شده از محدوده علی‌التا.....
۳۹	شکل ۹-۲: برش برداشت شده از محدوده کردکندی.....
۴۵	شکل ۱-۳: تصویر طیف XRD نمونه AI-16.....
۴۶	شکل ۲-۳: تصویر میکروسکوپی سوان برزیت.....
۴۶	شکل ۳-۳: بافت اسفنجی مشاهده شده در نمونه‌های علی‌التا.....
۴۷	شکل ۴-۳: نمونه‌هایی از اوونیدهای دیاسپوری.....
۴۸	شکل ۵-۳: بلور پیروکسن با رخ و رنگ انترفرانس متفاوت در کنار دولومیت.....
۴۸	شکل ۶-۳: قطعات لیتیک با بافت آذرین.....
۴۹	شکل ۷-۳: تصویری از بافت اینترگرانولار در دیاباز.....

- شکل ۴-۱: نمودار تغییرات اکسیدهای SiO_2 ، Al_2O_3 و Fe_2O_3 در نمونه‌ها..... ۵۵
- شکل ۴-۲: نمودار Eh-pH برای بخشی از سیستم Al-O-H..... ۵۶
- شکل ۴-۳: نمودار Eh-pH برای بخشی از سیستم Fe-O-H..... ۵۷
- شکل ۴-۴: نمودار انحلال پذیری سیلیس و آلومنیوم در pH مختلف..... ۵۸
- شکل ۴-۵: نمودار تغییرات اکسیدها و مواد فرار در نمونه‌ها..... ۶۰
- شکل ۴-۶: نمودار تغییرات مربوط به عناصر Rb، Ba، Sr و Pb در نمونه‌ها..... ۶۲
- شکل ۴-۷: نمودار تغییرات مربوط به عناصر Th، Zr، Y و Co در نمونه‌ها..... ۶۲
- شکل ۴-۸: نمودار تغییرات مربوط به عناصر Cr، Ni، V و La در نمونه‌ها..... ۶۳
- شکل ۴-۹: نمودار تغییرات مربوط به عناصر Ce، Cl، Cu، Zn و As در نمونه‌ها..... ۶۴
- شکل ۴-۱۰: موقعیت نمونه‌ها در نمودار سه متغیره $Fe_2O_3-SiO_2-Al_2O_3$ ۶۵
- شکل ۴-۱۱: دیاگرام مثلثی آلومین، سیلیس و اکسید آهن..... ۶۶
- شکل ۴-۱۲: دیاگرام $Fe_2O_3-SiO_2-Al_2O_3$ ۶۷
- شکل ۴-۱۳: نمودار سه متغیره $Fe_2O_3-SiO_2-Al_2O_3$ ۶۸
- شکل ۴-۱۴: نمودار سه متغیره Fe_2O_3 ، SiO_2 ، $Al_2O_3+TiO_2$ ۶۹
- شکل ۴-۱۵: موقعیت نمونه‌های لائیتی-بوکسیتی بر روی نمودار Ni-Cr..... ۷۰
- شکل ۴-۱۶: روند تغییرات سه عنصر Ti، Zr و Y در نمونه‌ها..... ۷۱
- شکل ۴-۱۷: مقایسه اکسیدهای اصلی بین دیاباز نمونه و دیاباز ایده‌آل..... ۷۳
- شکل ۴-۱۸: توزیع عناصر فرعی در نمونه دیاباز برداشت شده و دیاباز ایده‌آل..... ۷۴
- شکل ۴-۱۹: نمودار پتانسیل یونی و رفتار عناصر در فرآیندهای هوازدگی و انتقال..... ۷۷
- شکل ۴-۲۰: نمودارهای دوتایی عنصر Al در مقابل عناصر نامتحرک..... ۷۹
- شکل ۴-۲۱: نمودار تغییرات جرم کل عناصر در نمونه‌ها..... ۸۴
- شکل ۴-۲۲: نمودار تغییرات جرم عنصر Si در نمونه‌ها..... ۸۴
- شکل ۴-۲۳: نمودار تغییرات جرم عنصر Al در نمونه‌ها..... ۸۵
- شکل ۴-۲۴: نمودار تغییرات جرم عنصر Fe در نمونه‌ها..... ۸۶
- شکل ۴-۲۵: نمودار تغییرات جرم عنصر Ca در نمونه‌ها..... ۸۶
- شکل ۴-۲۶: نمودار تغییرات جرم عنصر Mg در نمونه‌ها..... ۸۷
- شکل ۴-۲۷: نمودار تغییرات جرم عنصر Na در نمونه‌ها..... ۸۸
- شکل ۴-۲۸: نمودار تغییرات جرم عنصر K در نمونه‌ها..... ۸۸
- شکل ۴-۲۹: نمودار تغییرات جرم عنصر Mn در نمونه‌ها..... ۸۹
- شکل ۴-۳۰: نمودار تغییرات جرم عنصر P در نمونه‌ها..... ۸۹
- شکل ۵-۱: نمودار واریانس اختصاص یافته برای هر مولفه..... ۱۰۱
- شکل ۵-۲: Biplot رسم شده برای PC1 و PC2..... ۱۰۳
- شکل ۵-۳: نمودار Biplot نشان دهنده روند عناصر مختلف نسبت به Al_2O_3 ۱۰۴
- شکل ۵-۴: دندروگرام نشان دهنده تعداد خوشه‌ها..... ۱۰۹
- شکل ۵-۵: دندروگرام حاصل از خوشه بندی عناصر در نمونه‌ها..... ۱۱۰

فهرست جداول

- جدول ۱-۱: پراکندگی زمانی و مکانی بوکسیت‌های ایران..... ۱۱
- جدول ۴-۱: نتایج تجزیه شیمیایی ۱۱ نمونه انتخاب شده..... ۵۳
- جدول ۴-۲: ضریب همبستگی خطی اکسیدها در نمونه‌های لاتریتی-بوکسیتی..... ۵۴
- جدول ۴-۳: ترکیب شیمیایی اکسیدهای اصلی و فرعی در دیاباز منتخب و دیاباز ایده‌آل..... ۷۲
- جدول ۴-۴: فراوانی عناصر جزئی در دیاباز منتخب و دیاباز ایده‌آل..... ۷۳
- جدول ۴-۵: ضرایب همبستگی خطی محاسبه شده بین عناصر مختلف در نمونه‌ها..... ۷۶
- جدول ۴-۶: داده‌های آنالیز شیمیایی نمونه‌ها محاسبه شده پس از حذف مواد فرار..... ۸۱
- جدول ۴-۷: مقادیر فاکتور غنی شدگی (E.F) و ترکیب بازسازی شده (R.C)..... ۸۲
- جدول ۴-۸: مقادیر تغییرات جرم محاسبه شده برای هر یک از عناصر..... ۸۳
- جدول ۵-۱: مقادیر PC ویژه محاسبه شده برای عناصر..... ۱۰۰
- جدول ۵-۲: مقادیر بردارهای ویژه محاسبه شده برای عناصر..... ۱۰۲



فصل اول

کلمات



۱-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه مورد مطالعه در محدوده ۱۵ کیلومتری جنوب شرق تا ۱۷ کیلومتری شمال شرق شاهین دژ، بین عرض‌های جغرافیایی ۳۳° ۳۶' تا ۳۶° ۴۵' شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۶° ۳۸' تا ۴۶° ۴۵' شرقی قرار دارد. این منطقه با حدود ۱۱ کیلومتر عرض و ۲۲ کیلومتر طول دارای مساحتی برابر با ۲۴۲ کیلومتر مربع می‌باشد. بر اساس تقسیمات کشوری ناحیه مورد مطالعه در محدوده شهرستان شاهین دژ، در استان آذربایجان غربی واقع شده است (شکل ۱-۱). روستاهای آغاجری، هولاسو، قوزلوجه، باغلوجه، کردکندی و علی‌بالتا در محدوده مورد مطالعه قرار دارند.

۲-۱ راه‌های دسترسی

مهمترین راه دسترسی از زنجان به منطقه مطالعاتی، راه آسفالتی زنجان-تکاب به شاهین دژ بوده، دسترسی به نقاط مختلف محدوده مطالعاتی از طریق مسیر روستاهای قزل‌قبر، باغلوجه، کردکندی و علی‌بالتا میسر می‌باشد. کلیه مسیرها به جز جاده شاهین دژ-تکاب (مسیر روستای آغاجری) خاکی می‌باشند. با توجه به وضعیت جاده‌ها و نیز شرایط کوهستانی منطقه، دسترسی به بخش‌های مختلف محدوده مطالعاتی، حتی در ماه‌های گرم سال، چندان آسان نبوده و مستلزم وسایل نقلیه مناسب می‌باشد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی و راه‌های دسترسی به آن.

۳-۱ زمین ریخت شناسی

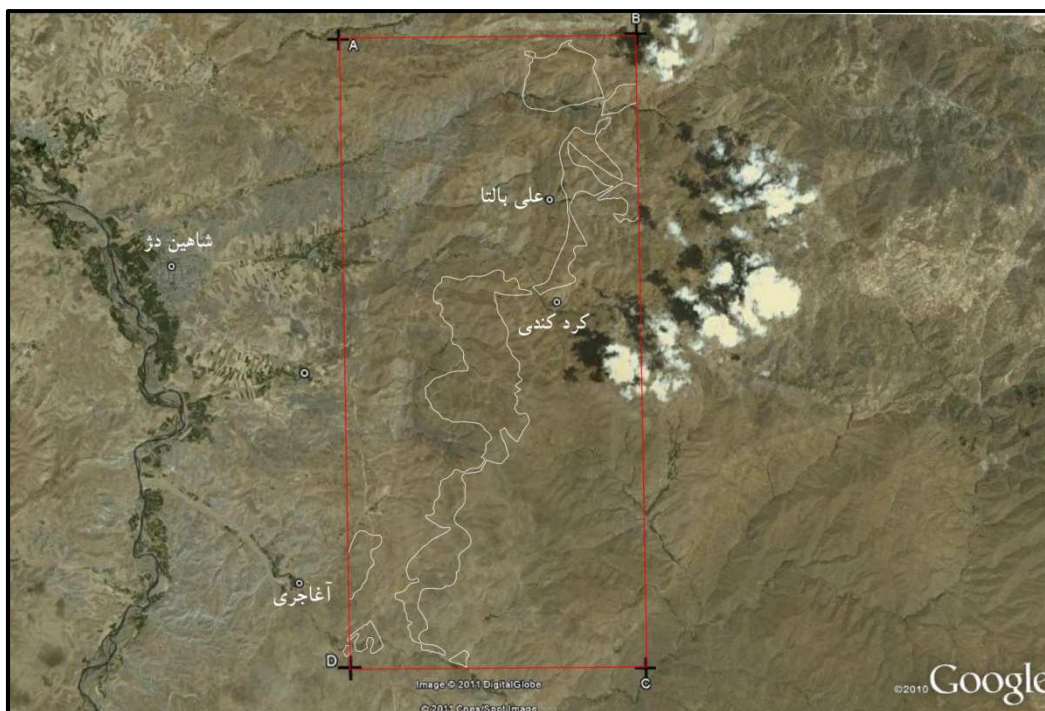
منطقه مورد مطالعه، منطقه‌ای کوهستانی با ارتفاع میانگین ۲۰۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. توپوگرافی نسبتاً ملایم آن به سمت شمال محدوده به ارتفاعات خشن و دره‌های پر شیب تبدیل

می‌گردد (شکل ۳-۱).



شکل ۱-۲: نمایی از زمین ریخت شنای منطقه مورد مطالعه، الف) جنوب شرق شاهین دژ، دید به سمت غرب، ب) شمال شرق شاهین دژ، دید به سمت جنوب.

محدوده مورد مطالعه در مرکز نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ چهارگوش شاهین دژ قرار داشته، در غرب آن رودخانه زرینه رود جریان دارد. این رودخانه با طول ۲۳۰ کیلومتر از کوه‌های چهل چشمه در شهرستان سقز سرچشمه می‌گیرد و پس از گذر از شهرستان شاهین دژ و جلگه میان‌دوآب به دریاچه ارومیه منتهی می‌گردد.



شکل ۱-۳: تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه که بر نودهای پرمین بر روی آن با خط سفید مشخص شده است (برگرفته از Google earth)

۴-۱ افق‌های لاتریت-بوکسیتی

افق‌های لاتریتی و بوکسیتی حاصل هوازدگی شیمیایی سنگ‌های حاوی سیلیکات‌های آلومینیوم‌دار تحت شرایط گرم و مرطوب استوایی می‌باشند. در خلال فرآیند هوازدگی عناصر قلیایی و قلیایی خاکی بصورت یونی و محلول در آمده و از محیط خارج می‌شوند. در مقابل عناصری همچون Fe, Al, Si بصورت هیدروکسیدهای پایدار همراه با کانی‌های رسی تشکیل شده و بجا می‌مانند. کانی‌های مقاوم در برابر هوازدگی نیز همراه با هیدروکسیدهای Fe, Al, Si و کانی‌های رسی تجمع یافته، لاتریت‌ها را به وجود می‌آورند. در ادامه هوازدگی و تحت شرایط خاص که منجر

به شستشوی عناصر Fe و Si می‌گردد، محصولی غنی از آلومینیوم بجای می‌ماند که بوکسیت نام داشته و مهم‌ترین کانسنگ آلومینیوم بحساب می‌آید. جهت تشکیل بوکسیت می‌بایست شرایط زیر مهیا باشد:

الف- آب و هوای استوایی Tropic (رطوبت مناسب و درجه حرارت ۱۸ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد).
ب- سنگ بستر مناسب (کم سیلیس و پر آلومینیوم) جهت تجزیه در شرایط استوایی مانند سینیت، بازالت، رس‌ها، شیست‌های رسی.

ج- عوامل شیمیایی و بیوشیمیایی که عمدتاً توسط پوشش گیاهی کنترل می‌گردند.

د- وجود توپوگرافی مناسب، بطوری که مواد حل شده بتوانند یا در زمین نفوذ کرده یا جاری شوند.
ه- شدت جریان نفوذ یا جاری شدن نبایستی به حدی باشد که مواد تجمع یافته را با خود حمل نماید. معمولاً در نواحی استوایی، شرایط جوی به تناوب خشک و مرطوب می‌شود بطوری که تحت شرایط مرطوب هیدروکسیدهای آلومینیوم و آهن تشکیل شده و در مواقع خشک که هوا گرم‌تر می‌شود سیلیس در آب حل شده و از محیط خارج می‌شود.

بوکسیت در واقع نوعی از لاتریت با آلومینیوم بیشتر است که در اثر هوازدگی اغلب مواد نامطلوب آن حل و از محیط خارج شده و محصول باقیمانده دارای آلومینیوم زیاد می‌باشد.

برای تشکیل لاتریت و بوکسیت، بارندگی فراوان درجه حرارت بالا (که سرعت انحلال مواد را افزایش دهد)، توپوگرافی مناسب و زه‌کشی خوب برای خارج کردن محلول‌ها از محیط سنگ‌های لاتریتی و بوکسیتی، از شرایط مورد نیاز می‌باشند.

از آنجایی که عمل هوازدگی بسیار کند پیش می‌رود، بنابراین تشکیل ذخایر بزرگ بوکسیت، به دوره‌های طولانی زمین‌شناسی نیاز داشته تا با فرصت کافی عمل هوازدگی بر روی سنگ‌ها اثر نماید. بدیهی است که شرایط فوق مختص مناطق استوایی می‌باشد. تنها کانی‌های آلومینیوم در

لاتریت تجمع نمی‌یابند، بلکه کانی‌های حاوی نیکل، کروم، کبالت و آهن نیز در لاتریت تجمع می‌یابند که میزان آن‌ها بستگی به ترکیب شیمیایی سنگ مادر لاتریت دارد.

بوکسیت‌های بدون آهن نادر بوده زیرا کانی آهن در اغلب سنگ‌هایی که در مناطق استوایی در معرض هوازدگی قرار می‌گیرند وجود داشته که در نتیجه منجر به تشکیل لاتریت و بوکسیت با آهن زیاد می‌شود.

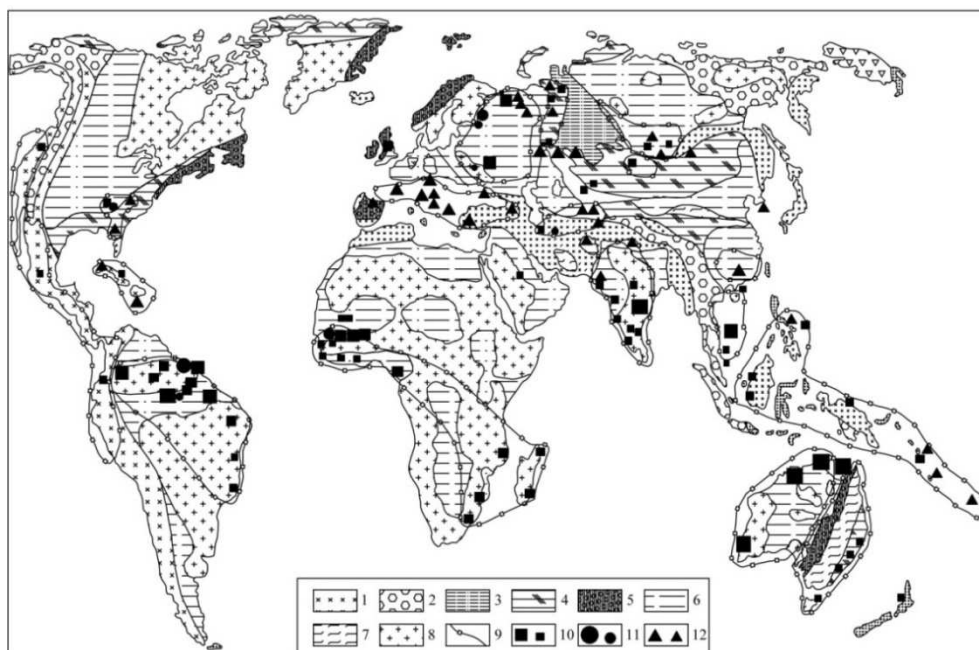
در شرایط ویژه‌ای که آهن داخل بوکسیت حل شده و خارج شود، بوکسیت بدون آهن و یا با آهن کم تشکیل می‌شود. این شرایط در محیط‌هایی که پوسیدگی حجم زیادی از رستنی‌ها (درختان و انواع گیاهان) سبب مصرف اکسیژن آب‌های زیرزمینی شده اتفاق می‌افتد، زیرا در این صورت آهن احیا شده و به صورت محلول از محیط خارج می‌گردد. در جاهایی که رستنی‌ها وجود ندارند اکسید آهن در داخل لاتریت و بوکسیت رسوب می‌نماید.

در لاتریت‌ها اغلب مقدار زیادی تیتانیوم نیز وجود دارد که تاکنون روشی برای استحصال آن بدست نیامده است. ذخایر زیادی در استرالیا، گویانا و سورینام، روی رسوبات حاوی مقدار زیادی کائولن و مواد رسی تشکیل شده‌اند. همچنین ذخایر زیادی از بوکسیت در استرالیا و گویانا روی توده‌های گرانیتی که حاوی کانی‌های فلدسپاتی هستند قرار دارند.

۱-۵ افق‌های لاتریتی-بوکسیتی جهان

بوکسیت در تمامی قاره‌ها به جز قطب جنوب شناسایی شده است. ذخایر بزرگ این ماده معدنی در نواحی گرم تا نیمه‌گرم استرالیا، آفریقا، آسیا و آمریکای جنوبی وجود دارد. سرگردانی قاره‌ها در طول زمان زمین‌شناسی و در پی آن قرار گرفتن بخش وسیعی از خشکی‌ها در معرض هوازدگی گرم، گسترش جهانی نهشته‌های بوکسیتی را موجب گردیده است (Petrascheck, 1989). بسیاری از ذخایر بوکسیتی بر روی آهک‌های فرسایش یافته قرار دارند که بوکسیت‌های کارستی نامیده می‌شوند. ذخایر بوکسیت کارستی اروپا به ذخایر نوار مدیترانه معروف بوده و بیشتر در کشورهای

ترکیه، مجارستان، فرانسه، یونان و یوگسلاوی سابق گسترش دارند. بوکسیت‌های قاره آسیا در سه منطقه اورال، نوار ایران-همالیا شامل نهشته‌های ایران، افغانستان، پاکستان، کشمیر و شرق آسیا مشتمل بر ذخایر چین، ویتنام و اندونزی می‌باشد. بوکسیت‌های قاره اقیانوسیه به صورت افق بوکسیت کارستی در شمال شرق این قاره گسترش دارند. در قاره آفریقا فقط ذخایر لاتریتی کشف شده است. بوکسیت‌های قاره آمریکا به دو منطقه شمالی و کارائیب تقسیم می‌شوند. در آمریکای جنوبی نیز بیشتر ذخایر لاتریتی شناسایی شده‌اند (Bardossy, 1982). الگوی پراکندگی نهشته‌های بوکسیتی جهان به واسطه میزان تغییر آب و هوای مطلوب برای بوکسیتی شدن و به تبع آن جابه‌جایی قاره‌ها که بطور پیوسته موقعیت مناطق خشکی را در رابطه با مناطق مطلوب برای بوکسیتی شدن، تغییر می‌دهد، کنترل شده است (شکل ۱-۴).



Main bauxite provinces and deposits of the world. (1) Alpine fold complexes; (2) Kimmerian fold complexes; (3) plate complexes of young platforms; (4, 5) Paleozoic fold complexes: (4) Hercynian and (5) Caledonian, including shields and antecises of young platforms; (6) plate complexes, shields, and antecises of ancient platforms; (7, 8) Precambrian fold complexes: (7) Baikalian and (8) Proterozoic and older; (9) province boundary; (10–12) genetic groups of bauxite deposits: (10) residual lateritic, (11) sedimentary, and (12) karst

شکل ۱-۴: پراکندگی زمانی و مکانی مهم‌ترین نهشته‌ها و ایالت‌های بوکسیتی (Bogatyrev, 2009)

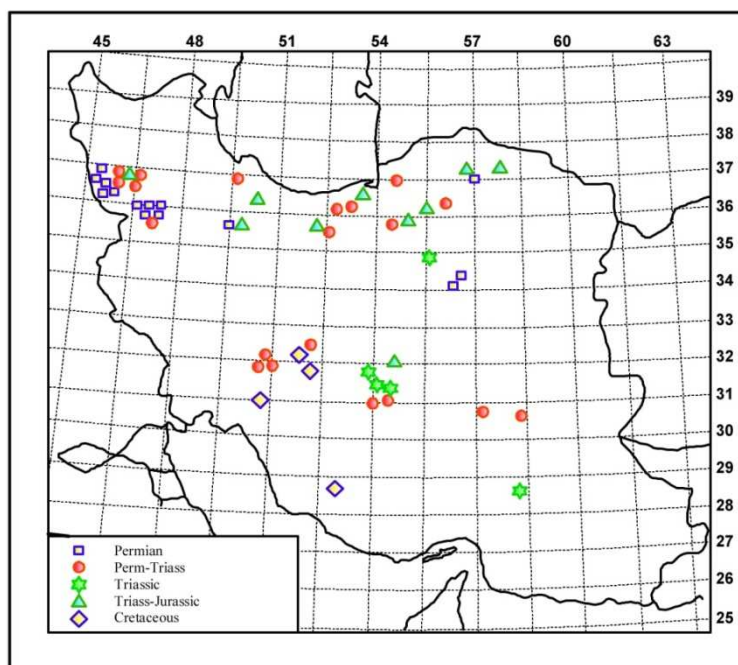
کانسارهای بزرگ لاتریت-بوکسیتی دنیا در قاعده فرسایش یافته کرتاسه-پالئوژن توسعه یافته‌اند.

سن آن‌ها احتمالاً ائوسن و یا میوسن می‌باشد. اغلب آن‌ها به مناطق گرمسیری پهنه‌های پایدار

تکتونیکی گندوانا محدود می‌شوند. در آمریکای جنوبی تعدادی از کنسارهای لاتریتی بزرگ دارای رخنمون می‌باشند. بزرگترین آن‌ها کنسار پیگنوس (Pignose) می‌باشد که در ونزوئلا در حاشیه غربی سپر گویانا قرار دارد (شکل ۱-۴). این کنسارها از هوازگی گرانیت‌های پرکامبرین تشکیل شده‌اند. بزرگترین کنسارهای لاتریت-بوکسیتی در غرب آفریقا متمرکز شده‌اند. این کنسارها محصول هوازگی شیست‌های سیلورین می‌باشند. در استرالیا نیز چندین کنسار بوکسیتی بزرگ به سن ائوسن-میوسن وجود دارد که دارای سنگ مادر مختلف می‌باشند (Bogatyrev et al., 2009).

۱-۶ افق‌های لاتریت-بوکسیتی در ایران

اکثر بوکسیت‌های ایران از نوع کارستی هستند و از لحاظ تکتونیک صفحه‌ای در نوار کوهزایی ایران-همالیا قرار دارند. بیشترین پراکندگی زمانی کنسارهای بوکسیت ایران متعلق به زمان پرمو-تریاس است. بوکسیت زایی در ایران در ۵ افق زمانی مختلف گسترش داشته است (شکل ۱-۵) (سهیلی نیا و صادقی فلک دهی، ۱۳۸۵).



شکل ۱-۵: پراکندگی زمانی-مکانی افق‌های لاتریت-بوکسیتی ایران (سهیلی نیا و همکار، ۱۳۸۵)