بسم الله الرحمن الرحيم

٢٠١٢٢١٥ - ١٣٥٩١٢

دانشکده علوم طبیعی
گروه زمین شناسی

پایاننامه
جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته زمین‌شناسی
(گرایش اقتصادی)

عنوان

بررسی، کانی شناسی و ژئوشیمی افق بوکسیتی تریاس فوقانی علی بالتالو (شرق شاهین دژ- استان آذربایجان غربی)

استاد راهنما
پروفسور علی اصغر کلاگری

استاد مشاور
دکتر علی عابدینی

پژوهشگر
خدیجه میکائیلی
بهمن ۸۸

۱۳۸۹/۲/۲۸

۱۳۵۹۱۲

بنام آنکه یادش

روح پرور، وصفش دل فریب، نامش غم زدا و کلامش دلرباست.

و حمد از آن خدائیست که وصف کند و وصف نشود، می داند و دانسته نشود، می داند خیانت چشمها را و

آنچه نهان است در سینه ها.

زیباست، زیبا می آفریند و زیبایها را دوست دارد.

سپاس خدای راکه خویشتن را به ما شناساند و سپاس خود را به ما الهام نمود و درهای علم به ربوبیت را بر ما گشود و بر اخلاص در توحید و یگانگیش راهنمایمان فرمود. اینک که به یاری حق تعالی این تحقیق به پایان رسیده، بر خود لازم می دانم از همه عزیزانی که مرا در این امر یاری نموده اند تقدیر و تشکر نمایم. از استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای پروفسور علی اصغر کلاگری که با نظرات ارزنده و پیشنهادات سازنده خود، راهگشای من در تدوین این پایان نامه بوده اند، نهایت تشکر و سپاس را دارم.

از استاد مشاور این پایان نامه جناب آقای دکتر علی عابدینی که زحمات فراوانی متقبل شده و اینجانب را از راهنمایی های بی دریغ خویش بهره مند ساخته و نکات ارزشمندی را متذکر شده اند، کمال تشکر را دارم.

از اساتید محترم دپارتمان زمین شناسی دانشگاه تبریز و پرسنل گرامی این گروه به خاطر همراهی و مساعدت هایشان در طول دوران تحصیل کمال تشکر را دارم.

از آقای مهندس مصیب زاده که در تهیه مقاطع و آقای مهندس سرتیب زاده در شناسایی فسیل ها اینجانب را یاری کرده اند تشکر می نمایم.

از دانشجویان و همکلاسی ها و دوستانم به خاطر کمک هایی که به اینجانب نموده اند تشکر می نمایم و برای تمامی این عزیزان آرزوی سلامتی و موفقیت را در طول دوران تحصیل و زندگی از خدای بزرگ خواهانم. در نهایت از خانواده گرانقدرم که در سرتاسر زندگی ام پشتیبان و مشوق ام بوده اند بی نهایت سپاسگزارم و امیدوارم قدردان الطاف بی دریغشان باشم.

I

نام خانوادگی: میکائیلی لله لو نام: خدیجه

عنوان پایان نامه: *بررسی کانی‌شناسی و ژئوشیمی افق بوکسیتی تریاس فوقانی علی‌بالتالو (شمال شرق شاهین‌دژ- استان آذربایجان غربی)*

استاد راهنما: پروفسور علی اصغر کلاگری

استاد مشاور: دکتر علی عابدینی

رشته: زمین‌شناسی گرایش: زمین شناسی اقتصادی مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد دانشگاه: تبریز

دانشکده: علوم طبیعی تاریخ فارغ التحصیلی: ۸۸/۱۱/۲۱ تعداد صفحه: ۹۲

کلید واژه‌ها: *شاهین دژ، علی بالتالو، تریاس- ژوراسیک، بوهمیت، الگوی توزیع عناصر، بوکسیت تیپ مدیترانه*

چکیده

نهشتهٔ بوکسیتی- لاتریتی تریاس- ژوراسیک علی‌بالتالو، در ۱۹ کیلومتری شمال شرق شاهین دژ، در جنوب غرب استان آذربایجان‌غربی واقع شده است. این نهشته به شکل عدسی‌های چینه‌سان در مرز بین سازندهای الیکا (دولومیت) و شمشک (ماسه سنگ) و به طول حدود ۴۰۰ متر گسترش یافته است. این نهشته ضخامت‌های متغیر (تا ۱۴ متر) و امتداد N15°W با شیب ۸۳° به سمت جنوبغرب نشان می‌دهد. این نهشته شامل ۶ واحد سنگی مجزا می‌باشد.

از نظر کانی‌شناسی این نهشته شامل کانی‌هایی همچون بوهمیت، دیاسپور، کائولینیت، موسکویت، هماتیت، گوتیت، روتیل و آناتاز است. یافته‌های بدست آمده از محاسبات مقادیر نورماتیو کانی‌ها به همراه مقادیر شاخص شیمیایی دگرسانی(CIA) و شاخص دگرسانی کانی شناسی(MIA) نشان می‌دهند که این نهشته شامل سه تیپ کانیایی، (۱) کانسنگ آهن بوکسیتی، (۲) رس بوکسیتی و (۳) بوکسیت رسی می‌باشد.

مطالعات پتروگرافی نشان می‌دهند که واحدهای بوکسیتی این نهشته حاوی بافت‌های کنگلومرایی، دانه مدور، رگچه‌ای، کلوفرم، پلیتومورفیک، پورفیری دروغین، نودولار و اسفنجی که دلالت بر منشأ نابرجای نهشته دارند. ضمناً مطالعات کانی‌شناسی نشان می‌دهند که در تکوین این نهشته آب‌های سطحی با ماهیت اکسیدی-اسیدی و آب‌های زیرزمینی با ماهیت بازی- احیا نقش مهمی در تکوین این نهشته ایفا نموده‌اند.

نتایج بدست آمده از مطالعات ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که مکانیزم آهن زدایی- آهن زایی مهمترین عامل کنترل کننده توزیع Al ، Si، Ti، HFSE، LREE، HREE، U و Th در این نهشته بوده است. بررسی الگوی توزیع عناصر در پروفیل مورد بررسی دلالت بر تمرکز عناصر با قدرت میدان بالا توسط کانی‌های زیرکن، اکسیدهای تیتانیوم، بوهمیت، دیاسپور و کائولینیت، عناصر جزئی عبوری توسط موسکویت، کائولینیت، بوهمیت و دیاسپور و عناصر لیتوفیل درشت یون توسط کائولینیت و اکسیدهای منگنز دارد. همچنین بررسی‌های ژئوشیمیایی نشان می‌دهند کانی‌های کائولینیت، موسکویت، زیرکن، روتیل، آناتاز، سریانیت، فرگوسونیت، مونازیت، فلورنسیت، زینوتایم و رابدوفان میزبانان احتمالی عناصر کمیاب خاکی می‌باشند. با توجه به وضعیت ریخت شناسی و ویژگی‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی، نهشتهٔ بوکسیتی- لاتریتی علی‌بالتالو بیشترین شباهت را به کانسارهای بوکسیت کارستی نوع مدیترانه‌ای دارد.

عناوین مطالب

سپاسگزاری

چکیده فارسی

فصل اول: بررسی منابع

مقدمه ۱

۱-۱- تعریف بوکسیت ۲

۱-۲- خصوصیات فیزیکی بوکسیت ۲

۱-۳- کانی‌های تشکیل‌دهندهٔ بوکسیت کارستی ۴

۱-۳-۱- اکسیدها و هیدروکسیدهای آلومینیوم ۴

۱-۳-۲- اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن ۴

۱-۳-۳- اکسیدها و هیدروکسیدهای تیتانیوم ۴

۱-۳-۴- سیلیکات‌ها ۵

۱-۳-۵- کربنات‌ها ۵

۱-۳-۶- سولفایدها ۵

۱-۳-۷- سولفایت‌ها ۵

۱-۳-۸- فسفات‌ها ۵

۱-۴- بافت بوکسیت ۵

۱-۴-۱- عناصر بافتی بوکسیت ۶

۱-۴-۲-انواع بافت ۷

۱-۵- طبقه‌بندی کانسارهای بوکسیتی ۹

۱-۶- تغییر ترکیب کانی‌شناسی در کانسارهای بوکسیتی ۱۱

۱-۷- سیستم زایشی کانی‌های تشکیل‌دهندهٔ سنگ در بوکسیت ۱۱

۱-۷-۱- فرایندهای سین‌ژنتیک ۱۱

۱-۷-۲- فرایندهای دیاژنتیک ۱۲

۱-۷-۳- فرایندهای اپی‌ژنتیک ۱۳

۱-۷-۴- فرایندهای سوپرژن ۱۳

۱-۸- ارزیابی کلی شرایط تشکیل بوکسیت ۱۳

۱-۸-۱- مکانیسم‌های حمل‌ونقل ۱۳

۱-۸-۲- شرایط آب وهوایی ۱۴

۱-۸-۳- پوشش گیاهی ۱۴

۱-۸-۴- سنگ مادر ۱۴

۱-۸-۵- عامل ژئوموفولوژیکی ۱۵
۱-۸-۶- عامل هیدروژئولوژیکی ۱۶
۱-۹- تفاوت بوکسیت‌زایی در بین انواع کانسارها ۱۶
۱-۱۰- کانسارهای بوکسیتی و ساختارهای تکتونیکی ۱۷
۱-۱۱- توزیع زمانی و مکانی بوکسیت‌ها در دنیا ۱۸
۱-۱۱-۱- توزیع زمانی بوکسیت‌ها در دنیا ۱۸
۱-۱۱-۲- توزیع مکانی بوکسیت در جهان ۱۹
۱-۱۲- میزان ذخایر بوکسیت در دنیا ۲۰
۱-۱۳- ذخایر بوکسیت در ایران ۲۱
۱-۱۴- کاربرد بوکسیت ۲۲
۱-۱۵- پیشینه پژوهش ۲۲
۱-۱۶- هدف از مطالعه ۲۳

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱- مشخصات و موقعیت جغرافیایی منطقه ۲۴
۲-۲- مشخصات و موقعیت جغرافیایی افق‌های بوکسیتی- لاتریتی شرق شاهین‌دژ ۲۵
۲-۳- روش کار و سیر مطالعاتی ۲۶
۲-۳-۱- مطالعات صحرایی ۲۷
۲-۳-۲- مطالعات آزمایشگاهی ۲۷
۲-۴- زمین‌شناسی ناحیه ۲۷

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱- زمین شناسی عمومی منطقه علی‌بالتالو ۲۹
۳-۱-۱- سازند میلا ۲۹
۳-۱-۲- سازند دورود ۳۱
۳-۱-۳- سازند روته ۳۱
۳-۱-۴- سازند الیکا ۳۱
۳-۱-۵- افق بوکسیتی- لاتریتی ۳۲
۳-۱-۶- سازند شمشک ۳۸

۳-۱-۷- تشکیلات زمین‌شناسی کرتاسهٔ فوقانی ۳۸
۳-۱-۸- سازند فجن ۳۸
۳-۱-۹- سازند کرج ۳۸
۳-۱-۱۰- نتیجه‌گیری مطالعات صحرایی ۴۰
۳-۲- مطالعات پتروگرافی ۴۱
۳-۲-۱- پتروگرافی سنگ بستر کربناتی ۴۱
۳-۲-۲- پتروگرافی کانسنگ‌های بازماندی ۴۱
۳-۲-۳- پتروگرافی سنگ‌پوشش ماسه‌سنگی ۴۲
۳-۲-۴- نتیجه‌گیری پتروگرافی ۴۵
۳-۳- کانی‌شناسی ۴۶
۳-۳-۱- معرفی کانی‌ها و پاراژنزهای کانیایی در نهشته بوکسیتی ۴۶
۳-۳-۲- تیپ‌های کانیایی ۴۷
۳-۳-۳- جنبه‌های ژنتیکی کانی‌سازی ۵۱
۳-۳-۴- شرایط فیزیکوشیمیایی تشکیل کانسنگ‌های بوکسیتی- لاتریتی ۵۲
۳-۴- ژئوشیمی ۵۳
۳-۴-۱- انواع تیپ‌های کانسنگی ۵۳
۳-۴-۲- بررسی شدت فرایندهای هوازدگی و تحرک و توزیع دوباره‌ی عناصر در طی فرایندهای بوکسیت‌زایی- لاتریت‌زایی ۵۵
۳-۴-۳- ژئوشیمی عنصری ۵۸
۳-۴-۳-۱- عناصر اصلی و فرعی ۶۲
۳-۴-۳-۲- عناصر لیتوفیلی درشت یون ۶۴
۳-۴-۳-۳- عناصر با قدرت میدان پایداری بالا ۶۵
۳-۴-۳-۴- عناصر جزئی عبوری ۶۶
۳-۴-۳-۵- عناصر نادر خاکی ۶۷
۳-۴-۴- تعیین خاستگاه احتمالی نهشته ۶۹
۳-۵-تیپ نهشته ۷۵
۳-۶- ارزیابی اقتصادی- کاربردی ۷۷

فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۴-۱- بررسی‌های صحرایی ۸۲
۴-۲- پتروگرافی و کانی‌شناسی ۸۳
۴-۳- مطالعات ژئوشیمیایی ۸۴
۴-۴- تیپ نهشته و ارزیابی اقتصادی- کاربردی ۸۴
۴-۵- پیشنهادات ۸۵
منابع ۸۶
ضمایم

فهرست شکل‌ها

فصل اول: بررسی منابع

شکل۱-۱- موقعیت قرارگیری نواحی کانسارهای بوکسیتی بزرگ در رابطه با فرایندهای تکتونیکی زمین ۲۱
شکل۱-۲- نقشه پراکندگی زمانی و مکانی ذخایر بوکسیت در ایران ۲۲

فصل دوم: مواد و روش‌ها

شکل۲-۱- نقشه‌ی راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه وموقعیت منطقه در نقشهٔ جغرافیایی ایران ۲۵
شکل۲-۲- افق‌های بوکسیتی ـلاتریتی، شرق شاهین‌دژ و موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه ۲۶

فصل سوم: بحث و نتایج

شکل۳-۱-۱- نقشهٔ زمین‌شناسی منطقهٔ علی‌بالتالو و موقعیت نهشتهٔ بوکسیتی_ لاتریتی در آن ۳۰
شکل۳-۱-۲- نمایی از سازند الیکا. دید به سمت شرق..... ۳۱
شکل۳-۱-۳- پروفیل نمونه برداری شده عمود بر امتداد افق بوکسیتی_ لاتریتی علی‌بالتالو و سنگ‌های درونگیر ۳۳
شکل۳-۱-۴- تصاویری از نمونه‌های دستی واحدهای کانسنگی مورد مطالعه ۳۴
شکل۳-۱-۵- هوازدگی اسفروئیدی در واحد قرمز ۳۵
شکل۳-۱-۶- تصاویر صحرایی از نمونه‌های دستی و واحدهای کانسنگی مورد مطالعه ۳۶
شکل۳-۱-۷- تصاویر صحرایی از نمونه‌های دستی و واحدهای کانسنگی مورد مطالعه ۳۷
شکل۳-۱-۸- تصاویر صحرایی از منطقهٔ مورد مطالعه ۳۹
شکل۳-۲-۱- تصاویر میکروسکوپی از واحدهای سنگی مورد مطالعه ۴۳
شکل۳-۲-۲- تصاویر میکروسکوپی از کانسنگ‌های مورد مطالعه ۴۴
شکل۳-۳-۱- انواع تیپ‌های کانیایی حاضر در نهشتهٔ بوکسیتی_ لاتریتی مورد مطالعهٔ بر اساس توزیع کانی‌های رسی، آهن‌دار، و آلومینیوم و تیتانیوم‌دار ارائه شده توسط باردوسی..... ۵۰
شکل۳-۳-۲- دیاگرام Eh-pH نشان دهنده‌ی محیط‌های تحت شرایط اتمسفریک طبیعی و میدان‌های پایداری کانی‌های تشکیل‌دهنده (منطقه تیره) نهشتهٔ بوکسیتی-لاتریتی مورد مطالعه..... ۵۳
شکل۳-۴-۱- موقعیت کانسنگ‌های پروفیل مورد مطالعه در نمودار سه متغیرهٔ Al_2O_3 - Fe_2O_3 - SiO_2 ..... ۵۴
شکل ۳-۴-۲- موقعیت کانسنگ‌های پروفیل مورد مطالعه در نمودار سه متغیرهٔ $Al_2O_3+TiO_2$, Fe_2O_3, SiO_2 ..... ۵۴
شکل۳-۴-۳-(a) موقعیت کانسنگ‌های پروفیل مورد مطالعه در نمودار سه متغیرهٔ Al_2O_3-Fe_2O_3-SiO_2 و(b) ستون چینه‌ای واحدهای کانسنگی تعیین شده بوسیلهٔ مقادیر Al_2O_3، SiO_2 و Fe_2O_3 در پروفیل مورد مطالعه..... ۵۵
شکل ۳-۴-۴- تغییرات مقادیر (a) SiO_2، (b) Al_2O_3، (c) TiO_2 و (d) Fe_2O_3 درعرض پروفیل مورد مطالعه ۶۳

شکل۳-۴-۵- تغییرات مقادیر (a) CaO، (b) MgO، (c) Na_2O، (d) K_2O، (e) MnO و (f) P_2O_5 در عرض پروفیل مورد مطالعه..... ۶۳
شکل۳-۴-۶- تغییرات مقادیر (a) Rb، (b) Sr، (c) Ba، (d) U، (e) Th، (f) Cs و (g) Pb درعرض پروفیل مورد مطالعه ۶۴
شکل۳-۴-۷- تغییرات مقادیر (a) Zr، (b) Nb، (c) Hf، (d) Y، (e) Ta و (f) Ga درعرض پروفیل مورد مطالعه..... ۶۵
شکل۳-۴-۸-- تغییرات مقادیر (a) V، (b) Ni، (c) Cr، (d) Co درعرض پروفیل مورد مطالعه..... ۶۶
شکل ۳-۴-۹- تغییرات مقادیر (a) La، (b) Ce، (c) Pr، (d) Nd، (e) Sm، (f) Eu و (g) Gd در عرض پروفیل مورد مطالعه ۶۸
شکل۳-۴-۱۰- تغییرات مقادیر (a) Tb، (b) Dy، (c) Ho، (d) Er، (e) Tm، (f) Yb و (g) Lu در عرض پروفیل مورد مطالعه ۶۹
شکل۳-۴-۱۱- نمودار سه متغیرهٔ تمرکز عناصر Cr، Zr و Ga در نمونه‌های نهشته‌های بوکسیت کارستی مدیترانه‌ای و بوکسیت لاتریتی آرکانزاس..... ۷۰
شکل۳-۴-۱۲- موقعیت نمونه‌های نهشتهٔ مورد بررسی در نمودار دو متغیرهٔ Ti-Zr..... ۷۱
شکل۳-۴-۱۳- موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی- لاتریتی پروفیل مورد مطالعه در نمودار دو متغیرهٔ (Zr/Ti-Nb/Y ۷۲
شکل۳-۴-۱۴- موقعیت نهشته‌های بوکسیتی کارستی و لاتریتی با آهن بالا و پایین سنگ مادرهای مختلف آنها بر اساس میزان عناصر Cr و Ni..... ۷۲
شکل ۳-۴-۱۵- الگوی تغییرات REEs نورمالیزه شده نسبت به ترکیب کندریت در واحدهای کانسنگی نیمرخ بوکسیتی- لاتریتی علی‌بالتالو ۷۵
شکل۳-۵-۱- مقطع قائم تیپیک در کانسارهای بوکسیت لاتریتی..... ۷۶
شکل۳-۵-۲- الگوی تغییرات عناصر اصلی و فرعی تشکیل‌دهندهٔ نهشته بوکسیتی- لاتریتی مورد مطالعه. ۷۷
شکل۳-۵-۳- الگوی پراکندگی واحدهای کانسنگی در نمودار سه متغیره SiO_2-Al_2O_3- Fe_2O_3 ..... ۷۸
شکل ۳-۵-۴- نمودار سه متغیرهٔ Al_2O_3-SiO_2-CaO..... ۸۰

فهرست جداول

فصل اول: بررسی منابع

جدول۱-۱- انواع بوکسیت‌ها بر اساس پرشدگی فضاهای خالی..... ۳

جدول۱-۲- مهمترین مشخصات انواع کانسارهای بوکسیت کارستی..... ۱۰

فصل سوم: بحث و نتایج

جدول۳-۳-۱- نتایج پرتو پراش ایکس(XRD) در نمونه‌های واحدهای کانسنگی نهشتهٔ علی‌بالتالو..... ۴۶

جدول۳-۳-۲- مقادیر نظری اکسیدها و LOI کانی‌های تشکیل دهندهٔ کانسنگ‌های بوکسیتی- لاتریتی علی‌بالتالو..... ۴۹

جدول۳-۳-۳- مقادیر نورماتیو واحدهای بوکسیتی به همراه میزان شاخص شیمیایی دگرسانی (CIA) و شاخص کانی‌شناسی دگرسانی(MIA) آنها..... ۵۰

جدول۳-۴-۱- اندیس‌های هوازدگی مورد استفاده در مطالعه نهشته علی‌بالتالو..... ۵۷

جدول۳-۴-۲- اندیس‌های هوازدگی شیمیایی در کانسنگ‌های نهشتهٔ مورد مطالعه..... ۵۸

جدول۳-۴-۳- نتایج آنالیزهای شیمیایی ICP-MS عناصر اصلی، فرعی، جزئی و نادر خاکی در نمونه های پروفیل مورد مطالعه..... ۵۹

جدول۳-۴-۴ ضرایب همبستگی پیرسون بین عناصر در کانسنگ‌های علی بالتالو..... ۶۰

جدول۳-۴-۵- مقادیر عناصر Zr، Ga، Cr بوکسیت کارستی مدیترانه‌ای، بوکسیت‌های لاتریتی آرکانزاس و نهشته مورد مطالعه..... ۷۰

جدول۳-۴-۶- مقادیر متوسط عناصر Zn، Ga، Zr، V، Th، Cr، Ni و Hf برای پروفیل مورد مطالعه به همراه مقادیر عناصر مذکور در لیتوسفر..... ۷۳

جدول۳-۴-۷- ضریب انباشتگی عناصرجزئی برای سنگ‌های مختلف..... ۷۴

جدول۳-۵-۱- متوسط ترکیب شیمیایی اکسیدهای اصلی واحدهای کانسنگی نهشتهٔ مورد مطالعه..... ۷۸

جدول۳-۵-۲- درجات تجاری ترکیب شیمیایی بوکسیت‌ها برای مصارف مختلف صنعتی..... ۷۹

جدول۳-۵-۳- ترکیب شیمیایی ایده‌ال بوکسیت به عنوان سنگ اولیه آجر و مواد دیرگداز..... ۷۹

جدول۳-۵-۴- مواد اولیه، ترکیب شیمیایی و کاربرد دیرگدازها..... ۸۱

مقدمه

با توجه به اهمیت و نقش پودر آلومینا در زندگی صنعتی جهان امروز و کاربرد وسیع فلز آلومینیوم و محدود بودن منابع این مادهٔ استراتژیک در ایران می‌توان به اهمیت و جایگاه ویژهٔ مطالعهٔ کانسارهای بوکسیتی پی برد. تولید آلومینا از بوکسیت رایج‌ترین روش در حال حاضر است. امروزه بیش از ۹۵٪ از آلومینای مورد نیاز صنایع دنیا از بوکسیت تهیه می‌شود. ضمن اینکه با پیشرفت علم و فناوری روز به روز، مصرف فلز آلومینیوم در دنیا رو به افزایش است. بر خلاف بسیاری از کشورهای دنیا مانند هندوستان، استرالیا، یونان، گینه، جامائیکا، ونزوئلا و کشورهای اروپای شرقی که از ذخایر بوکسیت قابل توجهی برخوردارند، کشور ایران از نظر میزان ذخیره از شرایط مساعدی برخوردار نمی‌باشد. با توجه به نیاز صنایع مختلف کشور به کانسنگ آلومینا و نیز رسیدن کشور به مرز خودکفایی در تأمین این مادهٔ معدنی، اکتشاف و شناسایی کانسارهای بوکسیتی بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود.

جنوب استان آذربایجان‌غربی از دیرباز به علت وجود نهشته‌های بوکسیتی در چهار محدودهٔ زمانی پرمین، پرمو – تریاس، تریاس فوقانی و تریاس ــ ژوراسیک مورد توجه پژوهشگران بوده است. با نگرشی بر مطالعات انجام شده به نظر می‌رسد نهشته‌های بوکسیتی تریاس ــ ژوراسیک شمال‌شرق شاهین‌دژ به عنوان بخشی از نهشته‌های بوکسیتی جنوب آذربایجان‌غربی کمتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. با توجه به مسائل مطروحه فوق، بررسی کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی نهشتهٔ بوکسیتی‌ـ لاتریتی علی‌بالتالو به عنوان موضوع رسالهٔ کارشناسی ارشد انتخاب گردید. امید است نتایج بدست آمده از این کار پژوهشی بتواند در شناخت بیشتر کانسنگ‌های بوکسیتی در شمالغرب کشور مفید و موثر واقع شود.

فصل اول

بررسی منابع

۱-۱- تعریف بوکسیت

از نقطه نظر زمین‌شناسی بوکسیت سنگ بازماندی است که به طور متناوب طی دوره‌های هوازدگی شدید در سطح قاره‌ها تشکیل می‌شود. در این ماده معدنی، مجموع هیدروکسیدها و اکسیدهای آلومینیوم، آهن و تیتان بیش از ۵۰ درصد وزنی بوده و هیدروکسیدها و اکسیدهای آلومینیوم بیشترین مقدار آن را شامل می‌شود (Bardossy, 1982).

۱-۲- خصوصیات فیزیکی بوکسیت

مهمترین خصوصیات فیزیکی کانسنگ‌های بوکسیتی عبارتند از: شکستگی، لمس، سختی، تراکم و رنگ.

(۱) شکستگی بوکسیت: شش نوع شکستگی در بوکسیت‌ها تشخیص داده شده است که عبارتند از: ناهموار، هموار، رومبوهدرال، کونکوئیدال، ورقه‌ای و خاکی. نوع غالب و رایج شکستگی، نوع ناهموار می‌باشد (Bardossy, 1982).

(۲) لمس بوکسیت: بر اساس بررسی‌های باردوسی (Bardossy, 1982) شش نوع لمس در بوکسیت‌ها تشخیص داده شده است. این لمس‌ها عبارتند از: بسیار زبر، زبر، اندکی زبر، نرم، چرب و خاکی. اغلب بوکسیت‌ها زبر بوده و لمس چرب محدود به نمونه‌های آزمایشگاهی می‌شود.

(۳) سختی بوکسیت: سختی بوکسیت، مقاومت در مقابل تغییرشکل در اثر فشارهای مکانیکی خارجی است. سختی بوکسیت در ارتباط با کانی‌های تشکیل دهندهٔ سنگ، بافت، اندازه و میزان تراکم اجزاء آن می‌باشد. بالاترین درجه‌ی سختی ناشی از فرایندهای دگرگونی است.

(۴) تراکم بوکسیت: تراکم بوکسیت بر حسب تخلخل آن سنجیده می‌شود. بوکسیت‌های کارستی برحسب پر شدگی فضای خالی به گروه‌های مختلفی قابل تفکیک می‌باشند (جدول ۱-۱).

اکثریت بوکسیت‌ها از گروه ریز خلل و فرج‌دار و خلل و فرج‌دار می‌باشند. بوکسیت‌های حفره‌ای نسبتاً کمیاب و بقیه بسیار کمیابند. بوکسیت‌های اسفنجی وکیسه‌ای محصول فرایندهای ثانویه انحلال می‌باشند. انحلال ثانویه ممکن است در امتداد گسل‌ها منجر به تشکیل غارهای بزرگ در بوکسیت‌ها شود. بوکسیت‌های حفره‌ای علاوه بر انحلال ممکن است ناشی از اکسیداسیون و فروشست دانه‌های پیریت و مارکاسیت باشند.

جدول۱-۱- انواع بوکسیت‌ها بر اساس پرشدگی فضاهای خالی (Bardossy, 1982).

انواع بوکسیت‌ها	درصد فراوانی
۱- بوکسیت‌های حاوی خلل و فرج‌های ریز	٪۵۶
۲- بوکسیت‌های خلل و فرج‌دار	٪۳۶
۳- بوکسیت‌های حفره‌ای	٪۷
۴- بوکسیت‌های لوله‌ای- حفره‌ای	٪۱
۵- بوکسیت‌های کیسه‌ای	
۶- بوکسیت‌های لوله‌ای- کیسه‌ای	
۷- بوکسیت‌های اسفنجی	

(۵) رنگ بوکسیت: بوکسیت‌ها شامل طیف وسیعی از رنگ‌ها مانند سفید، زرد کمرنگ، اُخراء، قهوه‌ای مایل به زرد، صورتی قهوه‌ای، قرمز آجری، قرمز زنگاری، قهوه‌ای شکلاتی، بنفش، سبز، خاکستری روشن و سیاه می‌باشند. رنگ بوکسیت بوسیله‌ی اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن، کانی‌های رسی آهن‌دار و مواد آلی و نیز در مقادیر کمتر بوسیله‌ی کانی‌های منگنزدار مشخص می‌شود. کانی‌های Al و Ti دار، کائولینیت و هالویزیت سفید یا بی‌رنگ هستند. هماتیت رنگ قرمز، صورتی یا بنفش وگوتیت، رنگ زرد یا قهوه‌ای مایل به زرد به بوکسیت می‌دهد. مگهمیت در بوکسیت رنگ قهوه‌ای زرد کم‌رنگ و فری‌شاموزیت رنگ قهوه‌ای تیره ایجاد می‌کند. در صورتی که پیریت و مارکاسیت به خوبی در متن سنگ پخش شده باشند رنگ بوکسیت تیره و سیدریت رنگ

بوکسیت را خاکستری روشن می‌کند. رنگ سبز ناشی از حضور کلریت، خاکستری و سیاه ناشی از حضور مواد آلی و اکسیدها و هیدروکسیدهای منگنز است. اگر درصد کانی‌های رنگی در سنگ بیشتر باشد منجر به تیرگی رنگ بوکسیت خواهد شد. اگر کانی‌های رنگی به خوبی در متن سنگ پراکنده شده باشند حتی ۰/۵ تا ۱٪ یک کانی رنگی ممکن است رنگ خاصی را در بوکسیت ایجاد کند. رنگ بوکسیت فقط نشان‌دهنده ترکیب کانی-شناسی نبوده، بلکه فرایندهای ژئوشیمیایی موثر بر آن را نشان می‌دهد. بوکسیت قرمز، بنفش، صورتی، زرد و چندرنگ نشان‌دهنده‌ی شرایط اکسایشی و بوکسیت زرد نشان‌دهنده فروشست شدید آهن در اثر احیاء می‌باشد. محیط احیاء ضعیف بوسیله رنگ قهوه‌ای تیره، مانند بوکسیت های فری شاموزیت‌دار و محیط احیاء بسیار شدید بوسیله رنگ‌های سبز، خاکستری و سیاه مشخص می‌شوند (Bardossy, 1982).

۱-۳- کانی‌های تشکیل دهندهٔ بوکسیت کارستی

۱-۳-۱- اکسیدها و هیدروکسیدهای آلومینیوم: گیبسیت [γ-$Al(OH)_3$]، بوهمیت [γ-AlOOH] و دیاسپور [α-AlOOH] معمولترین کانی‌های آلومینای آزاد هستند. از سایر کانی‌های آلومینیوم‌دار می‌توان به بایریت [α-$Al(OH)_3$]، نورداستراندایت [$Al(OH)_3$]، توکانیت [$2Al_2(OH)_6.H_2O$]، اسکاربروئیت [$12Al(OH)_3.Al_2(CO_3)_3$]، آلوموژل [AlOOH] و کروندوم [α-Al_2O_3] اشاره کرد.

۱-۳-۲- اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن: هماتیت [α-Fe_2O_3] فراوان‌ترین کانی آهن‌دار و گوتیت [α-FeOOH] دومین کانی فراوان در کانسارهای بوکسیت می‌باشد. سایر کانی‌های آهن‌دار عبارتند از: مگهمیت [γFe_2O_3-]، مگنتیت [$(Fe^{+3}Fe^{+3})Fe^{+2}O_4$]، آلویت [$(Fe^{+2}\ Ti^{+4})Fe^{+2}O_4$] و کرومیت [$Cr_2FeO_4$]. بیشتر این کانی‌ها به شکل آواری در بوکسیت‌ها حضور دارند (Bardossy, 1982).

۱-۳-۳- اکسیدها و هیدروکسیدهای تیتانیوم: آناتاز(TiO_2) اولین و رتیل (TiO_2) دومین و ایلمنیت ($FeTiO_3$) سومین کانی فراوان تیتانیوم در کانسارهای بوکسیتی می‌باشند. بیشتر کانی‌های آناتاز سین‌ژنتیک بوده و کاملاً در ماتریکس بوکسیت پراکنده شده‌اند. برخی از روتیل‌ها نیز منشأ سین‌ژنتیک داشته و در ماتریکس پراکنده-اند. تعداد کمی نیز در دانه‌های آواری و اسفروئیدها دیده می‌شوند. ایلمنیت اغلب در دانه‌های آواری بوکسیت حضور دارد. از سایر کانی‌های این سری می‌توان به بروکیت (TiO_2)، پروسکیت ($CaTiO_3$) و جیکیلیت ($MgTiO_3$) اشاره کرد (Bardossy, 1982).

۱-۳-۴- سیلیکات‌ها: سیلیکات‌ها اغلب به شکل دانه‌های آواری در بوکسیت دیده می‌شوند. این گروه شامل پنج زیرگروه کلی می‌باشند (Bardossy, 1982).

i) نزوسیلیکات‌ها: این گروه شامل گارنت، زیرکن، توپاز، تیتانیت، آندالوزیت، دیستن و ... می‌باشند.

ii) سوروسیلیکات‌ها: این گروه شامل اپیدوت، زوئیزیت، کلینوزوئیزیت و ... هستند.

iii) اینوسیلیکات‌ها: این گروه شامل پیروکسن، آمفیبول و ... می‌باشند.

iv) فیلوسیلیکات‌ها: این گروه شامل کانی‌های گلوکونیت، موسکویت، پاراگونیت و کائولینیت می‌باشند و در تمام عناصر بافتی دیده می‌شوند. سایر کانی‌ها شامل کانی‌های هالویزیت، دیکیت، نانترونیت و بیدلیت هستند.

v) تکتوسیلیکات‌ها: این گروه شامل کوارتز، کریستوبالیت و فلدسپارها و ... هستند.

۱-۳-۵- کربنات‌ها: کربنات‌ها شامل کانی‌های کلسیت، دولومیت، سیدریت، آنکریت و آراگونیت می‌باشند.

۱-۳-۶- سولفایدها: پیریت فراوان‌ترین کانی سولفایدی در بوکسیت‌ها بوده و معمولاً به صورت شکل‌دار در ماتریکس و به ندرت در اووئید و پیزوئیدها دیده می‌شود. مارکاسیت، اسفالریت، گالن و کالکوپیریت از سایر کانی‌های سولفایدی می‌باشند.

۱-۳-۷- سولفات‌ها: آلونیت فراوان‌ترین کانی سولفاتی موجود در بوکسیت‌ها می‌باشد که از اکسیداسیون پیریت حاصل شده است. آلومینیت و ژیپس از سایر کانی‌های سولفاته هستند.

۱-۳-۸- فسفات‌ها: فراوان‌ترین کانی فسفاته، آپاتیت می‌باشد که اکثراً منشأ غیرآواری دارد.

۱-۴- بافت بوکسیت

بافت بوکسیت به معنی شکل و اندازه اجزای کانیایی و سنگی تشکیل‌دهنده بوکسیت، طرز تجمعشان، وضعیت و آرایش مربوط به آنها می‌باشد. واحدهای بافتی ساده شامل یک دانهٔ منفرد از یک نوع کانی بوده و واحدهای مرکب مشتمل بر تجمعی از این دانه‌ها هستند. در طبقه‌بندی این عناصر باید به عوامل ژنتیکی و مورفولوژیکی توجه داشت. باردوسی (Bardossy, 1982) با توجه به این موارد آنها را صورت زیر طبقه‌بندی کرده است.

۱-۴-۱- عناصر بافتی بوکسیت

(۱) ماتریکس (Matrix): ماتریکس تجمعی از توزیع یکنواخت از دانه‌های ریز و با اندازه‌ی کم و بیش یکسان است و عناصر بزرگتر بافتی را احاطه کرده است. ماتریکس با توجه به میانگین اندازه‌ی دانه‌هایش ممکن است به یکی از انواع زیر تعلق داشته باشد:

(i) ماتریکس پلیتومورفیک: متوسط اندازهٔ دانه کمتر از ۱μm است.

(ii) ماتریکس میکروگرانولار: متوسط اندازهٔ دانه ۱ تا ۵μm است.

(iii) ماتریکس پان‌ایدیومورفیک: متوسط اندازهٔ دانه ۵ تا ۱۰۰μm است.

(iv) ماتریکس ماکروکریستالین: متوسط اندازهٔ دانه بزرگتر از ۱۰۰μm است.

(۲) دانه‌های کانی برجازا (Authigenic mineral grains): این دانه‌های منفرد که در شرایط کنونی‌شان تشکیل شده اند، به آسانی از ماتریکس بواسطهٔ اندازهٔ بزرگشان مشخص می‌شوند. اینها آثاری از حمل یا سایش را نشان نمی‌دهند. محدوده بعضی از آنها بوسیله حاشیه‌های بلور و برخی دیگر بوسیله انشعاب نامنظمشان مشخص می‌شود (Bardossy, 1982).

(۳) دانه‌های کانی آواری (Clastic mineral grains): این دانه‌ها مربوط به کانی‌های سخت و مقاوم به سایش و هوازدگی سطحی هستند که بوسیله اشکال ساییده شده‌اشان قابل تشخیص می‌باشند. این دانه‌ها از چند هزار تا یک دهم درصد در اغلب کانسارهای بوکسیتی یافت می‌شوند. عمده‌ترین کانی‌های آواری شامل کانی‌های هماتیت، کوارتز، زیرکن، روتیل و کروندوم می‌باشند.

(۴) اسفروئیدها (دانه‌های گرد) (Spheroids): اسفروئیدها دانه‌های کروی یا بیضوی با ساختار درونی هموژن یا نامنظم می باشند. آنها ممکن است با دید سطحی با اوولیدها و پیزوئیدها اشتباه گرفته شوند. درون این دانه‌ها لایه‌های متحدالمرکز دیده نمی‌شوند. اغلب اسفروئیدها آواری و منشأ نابرجا دارند (Bardossy, 1982).

(۵) پرکننده‌های فضای خالی: غالباً منافذ بوکسیت‌ها با کانی‌های دارای منشأ ثانویه پر می‌شوند. اشکال آنها نامنظم و مشابه شکل منفذی که در آن قرار دارند، می‌باشد (Bardossy, 1982).

(۶) آشیانه‌ها و کنکرسیون‌ها (Nests and Concretions): این عناصر بافتی با منشأ اپی‌ژنتیک یا سوپرژن، دارای اندازه‌ی بزرگتر از ۲cm و شکل نامنظم می‌باشند (هرچند برخی از آنها به شکل قلوه‌ای و اسفروئیدی نیز دیده می‌شوند). برخی از آنها از آهن غنی بوده و با محیط اطراف خود قابل تشخیص نیستند(Bardossy, 1982).

(۷) شکافه‌پرکن‌ها (Fissure Filling): در بوکسیت‌ها دو نوع درز و شکاف وجود دارد، یک نوع از آن محدود به عناصر بافتی مشخص (پیزوئیدها، اسفروئیدها) می‌شوند و در ماتریکس اطراف تداوم ندارند. گروه دوم خطوط مشبکی هستند که در داخل ماتریکس تشکیل می‌شوند. این درزه و شکاف‌ها توسط شکافه‌پرکن‌ها، پر

می‌شوند. کانی‌های پرکننده اندازه‌های بسیار متغیری دارند (از۰/۱ میلیمترتا چندین میلیمتر). اغلب شکاف‌ها ناشی از واتنش‌های ساختاری می‌باشند (Bardossy, 1982).

۱-۴-۲- انواع بافت

انواع مختلف بافت براساس فراوانی عناصر بافتی توسط باردوسی (Bardossy, 1982) طبقه‌بندی شده است. این بافت‌ها شامل انواع زیر می‌باشند:

الف) بافت‌های درجازا

۱) بافت پلیتومورفیک (Pelitomorphic Texture): این بافت عمدتاً از ماتریکس پلیتومورفیک تشکیل شده است و ممکن است دارای منشأ سین‌ژنتیک، اپی‌ژنتیک و یا سوپرژن باشد.

۲) بافت میکروگرانولار (Microgranular Texture): این بافت عمدتاً دربردارنده‌ی ماتریکس میکروگرانولار بوده و ممکن است منشأ سین‌ژنتیک، دیاژنتیک و یا اپی‌ژنتیک داشته باشد.

۳) بافت پانایدیومورفیک– گرانولار(Panidiomorphic- Granular Texture): این بافت عمدتاً دانه‌های کانی ایدیومورفیک را در بر می‌گیرد و دارای منشأ دیاژنتیکی و یا اپی‌ژنتیکی می باشد.

۴) بافت پورفیری دروغین (Pseudoporphyric Texture): این بافت حاوی دانه‌های بزرگ درجازا است که توسط بافت پلیتومورفیک یا میکروگرانولار احاطه شده است. این بافت منشأ دیاژنتیکی یا اپی‌ژنتیکی دارد.

۵) بافت اُووئیدی (Ooidic Texture): این بافت عمدتاً حاوی اُووئید با منشأ دیاژنتیک است.

۶) بافت پیزوئیدی (Pisoidic Texture): این بافت عمدتاً حاوی پیزوئید با منشأ دیاژنتیک است.

۷) بافت ماکروپیزوئیدی (Macropisoidic Texture): این بافت عمدتاً حاوی ماکروپیزوئید با منشأ دیاژنتیک است.

۸) بافت جریانی– کلومورفی (Fluidal-Collomorphic Texture): در این بافت ماتریکس عمدتاً به همراه سایر عناصر ریز بافتی، به صورت اشکال جریانی یا موزون در بین قطعات بوکسیتی و پیل‌ها آرایش یافته است.

۹) بافت برشی دروغین (Pseudobreccia Texture): در این بافت ماتریکس بوسیلهٔ شبکهٔ متراکمی از رگچه‌هایی که به علت گذشت عمر ژل‌ها پدید آمده‌اند، قطع شده است. تکه‌هایی از ماتریکس بوسیله رگچه‌ها جدا شده که در نظر اول شبیه خرده‌سنگ‌های تشکیل دهنده برش بوکسیتی است.

۱۰) بافت نودولار (Nodular Texture): این بافت عمدتاً از گره‌های شبه‌کره یا کنکرسیون با اشکال نامنظم با منشأ دیاژنتیکی یا اپی‌ژنتیکی تشکیل شده است.

ب) بافتهای آواری برجازا

۱۱) بافت میکروکلاستیک (Microclastic Texture): این بافت عمدتاً از قطعات ریز دانه‌های آواری با اندازه‌ی کمتر از ۶۰mμ تشکیل شده است.

۱۲) بافت آرنایتی (Arenitic Texture): این بافت عمدتاً از دانه‌های بوکسیتی آواری به اندازه ۶۰ تا ۲۰۰۰ mμ تشکیل شده است.

۱۳) بافت دانه مدور (Round-grained Texture): این بافت عمدتاً از دانه‌های مدور تشکیل شده است.

۱۴) بافت کنگلومرایی (Conglomerate Texture): این بافت عمدتاً از پبلهای بوکسیتی بزرگتر از۲ میلیمتر تشکیل شده است.

۱۵) بافت برشی (Breccia Texture): این بافت عمدتاً از قطعات بوکسیتی به اندازه ۲ تا ۱۰۰ میلیمترتشکیل شده است.

۱۶) بافت آگلومرایی (Aglomerate Texture): این بافت عمدتاً از بولدرهای بوکسیتی بزرگتر از ۱۰ سانتیمتر تشکیل شده است.

ج) بافت‌های دگرگونی

۱۷) بافت گرانوبلاستیک (Granoblastic Texture): این بافت از دانه‌های هم بعد درشت بلور تقریباً هم اندازه تشکیل شده است.

۱۸) بافت پورفیروبلاستیک (Porphyroblastic Texture): در این بافت پورفیروبلاست‌های با اندازه بزرگتر بوسیله ماتریکس پانایدیومورفیک احاطه شده‌اند.

۱۹) بافت لپیدوبلاستیک (Lepidoblastic Texture): این بافت عمدتاً از درشت بلورهای ورقه‌ای تشکیل شده است.