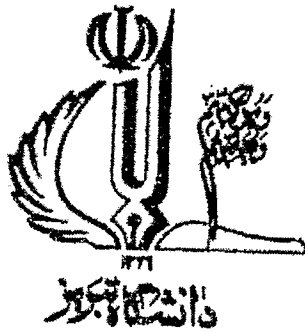


11. 2. 20



دانشکده علوم طبیعی
گروه زمین شناسی

پایان نامه

برای دریافت درجه دکتری در رشته زمین شناسی
گرایش زمین شناسی اقتصادی

عنوان

بررسی کانی شناسی، ژئوشیمی و ژنز نهشته های بوکسیتی - لاتریتی پرمین تا
تریاس در شمالغرب ایران

استاد راهنما

دکتر علی اصغر کلاگری

استادان مشاور

دکتر بهزاد حاج علیلو - دکتر احمد جهانگیری

پژوهشگر

علی عابدینی

زمستان ۱۳۸۷

۱۱۰۵۳۷

۸۷/۱/۱۵۹۱۷۲
۸۷-۱۲۳

کتابخانه
زمین شناسی

۱۳۸۷ / ۱۱ / ۲۵

تقدیم بہ

مادر و پدر نزر کو ارم

و

بمسرتہ ہر بانم

مشکر و قدردانی

بر درگاه کبریاء و عظمت پروردگار سپاس و ستایش می‌گزارم که ذات لایزالش ازلیست و بی‌ابتدایش لایزال و جاویدان است. ربوبیت اقدس اورا سپاس و ستایش باد که به مادرش معرفت و کلمه شکر آموخت. بر روی مادری‌ینش و دانش بکشاد و مارا به سوی معنی توحید و حقیقت اخلاص هدایت فرمود و نعمت دانش و ینش را از برکت اخلاص و توحید به ما ارزانی داشت. آفریدگار را سپاس می‌گویم که توفیق ایام این پایان نامه را به این بنده حقیر ارزانی داشت. وظیفه خود می‌دانم از تمامی بزرگوارانی که مراد انجام این پژوهش مساعدت و راهنمایی نموده اند شکر بنامیم. ابتدا از استاد علم و اخلاق جناب آقای پروفور علی اصغر کاکری که با راهنمایی‌های ارزشمند خود مراد تدوین پایان نامه صیمازیاری نموده و اینجانب کل به مشرف‌های علمی خود را در سال‌های اخیر دیدن این بزرگوار می‌دانم، مشکر و قدردانی نمایم. همچنین از بزرگواران توجبه و عنایت استاد مشاور اولم جناب آقای دکتر بنزاد صالح علیلو پاسکزارم. از استاد مشاور دومم جناب آقای دکتر احمد جهانگیری که همیشه به اینجانب لطف داشته و در تدوین و نگارش پایان نامه با صبور و حوصله راهنمایی اینجانب بوده اند بی‌نیامت پاسکزارم. از داوران ارجمندان پایان نامه جناب آقای دکتر محسن مؤذن (استاد مدعو اصلی)، جناب آقای دکتر محمد جعفر محرزاده (استاد مدعو از دانشگاه صنعتی سهند) و جناب آقای دکتر محمد علی رجب زاده (استاد مدعو از دانشگاه شیراز) که زحمت بازخوانی این پایان نامه را پذیرفتند و باید به نظرات خود موجب پربار شدن آن شده اند بسیار پاسکزارم. از کلیه اعضای علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه تبریز که در مدت یازده سال تحصیل در این دانشگاه از محضرشان کسب فیض نموده‌ام و همچنین از لطف و مساعدت‌های همکاران بهیات علمی خود که گروه زمین‌شناسی دانشگاه ارومیه بسیار پاسکزارم.

از کارمندان و کارکنان دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز بویژه آقایان سرتیپ زاده، جهانیار، مسیب زاده، سالک سپهر، قاصدری، جعفر پور و خانم مفتحاری، سناری و اجلالی مشکر می‌نمایم. از تمامی دوستانم بویژه آقایان اشرفی، سیاه چشم، قوی، بهمنی، آزاد، عمرانی، ادوایی، احمدزاده، سیونر، بسکبادی، مادی زاده، پیرمحمدی، بذیری، کرد، حامدی، آقا زاده، عبقری و خانم مادی کتر حاج علی اوغلی، ذاکری، فنجانی و آهنگری که به نحوی مراد تهیه و تدوین این پایان نامه یاری رسانند مشکر می‌نمایم.

از پدر و مادر عزیزم که هرچه دارم مدیون آنها می‌دانم، مشکر می‌نمایم و از خداوند منان برایشان طول عمر و سلامتی خواستارم. از برادران و خواهرم، خانواده آقای تربتی و همچنین دایی بزرگوارم جناب آقای مهندس نوری که به‌نواره یاریگر و مشوق من در تمامی مراحل زندگی و تحصیلاتم بودند بسیار پاسکزارم و از خداوند متعال آرزوی سلامتی و موفقیت برای این عزیزان خواستارم. در نهایت از همسرم که مشوقم بوده و مراد این مدت تحمل فرمودند بی‌نیامت پاسکزارم.

نام خانوادگی: عابدینی		نام: علی
عنوان پایان نامه: بررسی کانی شناسی، ژئوشیمی و ژنز نهشته های بوکسیتی - لاتریتی پرمین تا تریاس در شمال غرب ایران		
استاد راهنما: دکتر علی اصغر کلاگری		
استادان مشاور: دکتر بهزاد حاج علیلو - دکتر احمد جهانگیری		
مقطع تحصیلی: دکتری	رشته: زمین شناسی - اقتصادی	دانشگاه: تبریز
دانشکده: علوم طبیعی	تاریخ فارغ التحصیلی: ۸۷/۱۰/۱	تعداد صفحه: ۱۸۴
کلید واژه ها: بوکسیت، کانی سازی، منشاء، توزیع عناصر، ژنز، شمال غرب ایران		
<p>چکیده</p> <p>وقفه های رسوبگذاری از زمان پرمین تا تریاس بواسطه حضور لایه ها و عدسی هایی از کانسنگ های بوکسیتی و لاتریتی در شمال غرب ایران مشخص می شود. این کانسنگ ها با گسترشی بیش از ۸۶ کیلومتر در داخل سازند روته و در مرز بین سازندهای روته والیکا توسعه یافته اند. از نظر پتروگرافیکی، این کانسنگ ها بافت های پلئومورفیک، میکروگرانولار، پان ایدئومورفیک - گرانولار، پورفیری دروغین، اوئیدی، پیروئیدی، اسپاستوئیدی، جریانی - کلومورفیک، برشی دروغین، پلٹی، نودولار، کلورم، اسکلتی، اسفنجی و اشکال سایه فشاری را نشان می دهند. این سیماهای بافتی پیشنهاد می کنند که این کانسنگ ها متحمل دگرشکلی های ساختاری شده و از ژنز برجزا برخوردارند. بررسی های کانی شناسی نشان می دهند که دیاسپور، بوهمیت، کروندوم، مگنتیت، هماتیت، گوتیت، روتیل، آاناتاز، سودو-روتیل، کلینوکلر، مونت موریلونیت، ایلیت، پیروفیلیت، تالک، کائولینیت، ناکریت، دیکیت، کوارتز، فلدسپار پتاسیم، پلاژیوکلاز، موسکویت، کلریت، کلریتوئید، پیروکسن، آمفیبول، ژیس، انیدریت، کلسیت، فلوریت، شاموزیت و کالیوفیلیت کانی های تشکیل دهنده این نهشته ها می باشند. بر اساس نوع و مقادیر کانی های سازنده، هفت تیپ کانیایی در این نهشته ها می توانند تشخیص داده شوند که عبارتند از: (۱) کانسنگ آهن بوکسیتی، (۲) کانسنگ آهن رسی بوکسیتی، (۳) بوکسیت غنی از آهن، (۴) بوکسیت، (۵) بوکسیت آهن پایین، (۶) بوکسیت رسی و (۷) رس بوکسیتی. مطالعات کانی شناسی نشان می دهند که آب های سطحی با ماهیت اسیدی - اکسیدی و آب های زیرزمینی با ماهیت بازی - احیاء نقش مهمی در توسعه و تکامل این نهشته ها ایفا نموده اند.</p> <p>با توجه به شواهد صحرایی، یافته های کانی شناسی و بررسی های ژئوشیمیایی، سنگ های بازالتی، آندزیتی و دیابازی منطقه مورد مطالعه محتمل ترین سنگ مادر برای این نهشته های بوکسیتی می باشند. تلفیق یافته های بدست آمده از کانی شناسی و ژئوشیمی تغییر جرم نشان می دهند که بوکسیتی شدن در شمال غرب ایران نتیجه ای از اکسیداسیون پیریت و شکسته شدن کانیهای چون فلدسپار، پیروکسن، آمفیبول، ایلمنیت، الیون، و آپاتیت است. تلفیق نتایج بدست آمده نشان می دهد که تغییرات بافتی، ترکیب شیمیایی مواد اولیه، درجه تفریق Al از Fe و Si، فرایندهای شستشو - جذب سطحی، روبش توسط اکسیدها و هیدروکسیدهای فلزی، تغییرات در شیمی محلول های هوازده کننده (مانند افزایش pH)، شدت زهکشی، حضور کمپلکس های کربناتی و کلوئیدهای ارگانیکی، شدت دگرسانی، هتروژنی سنگ های مادر، کنترل کانیایی، تثبیت در فازهای تئومورف، حضور در فازهای مقاوم، و نوسانات سطح سفره آب های زیرزمینی نقش خیلی بارزی در توزیع عناصر در این نهشته ها ایفا نموده اند. ملاحظات ژئوشیمیایی بیشتر نشان می دهد که تمرکز LREE ها توسط کانیهای هماتیت، گوتیت، روتیل، آاناتاز، اکسیدهای منگنز، Cerianite و فسفات های ثانویه (Vitusite, Rhabdophane, Gorceixite و Monazite) و تمرکز HREE ها توسط کانی های رسی، هماتیت، گوتیت، روتیل، آاناتاز، اکسیدهای منگنز و زیرکن رخ داده است. این مطالعات همچنین نشان می دهند که این نهشته ها بیشتر شبیه به کانسارهای بوکسیت کارستی مدیترانه ای هستند و واحدهای فقیر از آهن آنها خصوصیات مناسبی برای استفاده در صنایع دیرگداز را دارا هستند.</p>		

فهرست مطالب

صفحه	
۱	..... مقدمه
	فصل اول: بررسی منابع (بایه‌های نظری و پیشینه پژوهش)
۲	..... ۱-۱- تعاریف و مفاهیم اولیه
۳	..... ۲-۱- کاربرد
۳	..... ۳-۱- انواع کانسارهای بوکسیت
۷	..... ۴-۱- کانی‌شناسی
۹	..... ۵-۱- بافت
۱۲	..... ۶-۱- ژنز بوکسیت
۱۲	..... ۷-۱- عوامل ژنتیکی در تشکیل کانسارهای بوکسیت
۱۲	..... ۱-۷-۱- آب و هوا
۱۲	..... ۲-۷-۱- سنگ مادر
۱۳	..... ۳-۷-۱- پوشش گیاهی
۱۳	..... ۴-۷-۱- شرایط زیر سطحی
۱۳	..... ۵-۷-۱- توپوگرافی
۱۳	..... ۶-۷-۱- تکتونیک
۱۴	..... ۷-۷-۱- زمان
۱۴	..... ۸-۷-۱- حفاظت و نگهداری
۱۴	..... ۸-۱- توزیع مکانی و زمانی و وضعیت تولید بوکسیت در دنیا
۱۶	..... ۹-۱- پراکندگی ذخایر بوکسیتی در ایران
۱۷	..... ۱۰-۱- پیشینه پژوهش
۲۰	..... ۱۱-۱- هدف از مطالعه
	فصل دوم: مواد و روشها
۲۲	..... ۱-۲- مشخصات، موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی
۲۵	..... ۲-۲- روش کار و سیر مطالعاتی
۲۵	..... ۱-۲-۲- مطالعات کتابخانه‌ای
۲۷	..... ۲-۲-۲- مطالعات صحرایی
۲۸	..... ۳-۲-۲- مطالعات آزمایشگاهی
	فصل سوم: نتایج و بحث
۳۱	..... ۱-۳-۱- مطالعات صحرایی
۳۱	..... ۱-۳-۱-۱- شرق و شمال شرق بوکان
۳۸	..... ۲-۱-۳- غرب میاندوآب
۴۱	..... ۳-۱-۳- جنوب شرق و شمال غرب مراغه
۴۲	..... ۴-۱-۳- غرب ارومیه

۴۵	..... ۳-۱-۵- شمال غرب و جنوب شرق مهاباد
۴۸	..... ۳-۱-۶- شمال سقز
۵۱	..... ۳-۱-۷- شرق، جنوب شرق، شمال شرق و شمال غرب شاهین دژ
۵۱	..... ۳-۱-۷-۱- شمال غرب شاهین دژ
۵۲	..... ۳-۱-۷-۲- جنوب شرق شاهین دژ
۵۶	..... ۳-۱-۷-۳- شرق و شمال شرق شاهین دژ
۵۷	..... ۳-۱-۸- بحث و نتیجه گیری بر اساس مطالعات صحرایی
۵۹	..... ۳-۲- مطالعات پتروگرافی
۵۹	..... ۳-۲-۱- سازند درود
۵۹	..... ۳-۲-۲- سازند روتنه
۶۱	..... ۳-۲-۳- سازند الیکا
۶۱	..... ۳-۲-۴- پتروگرافی سنگ‌های آذرین و آذرآواری
۶۱	..... ۳-۲-۴-۱- سنگ‌های دیابازی
۶۱	..... ۳-۲-۴-۲- سنگ‌های آندزیتی-بازالتی
۶۳	..... ۳-۲-۴-۳- توف ها
۶۳	..... ۳-۲-۵- پتروگرافی کانسنگ‌های بوکسیتی
۶۵	..... ۳-۲-۶- بحث و نتیجه گیری بر اساس شواهد صحرایی
۷۱	..... ۳-۳- کانی‌شناسی
۷۱	..... ۳-۳-۱- معرفی کانی‌ها و پاراژنهای کانیایی در نهشته‌های بوکسیتی
۷۷	..... ۳-۳-۲- تیپ‌های کانیایی
۸۷	..... ۳-۳-۳- جنبه‌های ژنتیکی کانی سازی
۹۱	..... ۳-۳-۴- شرایط فیزیکوشیمیایی تشکیل نهشته‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس در شمال غرب ایران
۹۲	..... ۳-۴- ژئوشیمی
۹۲	..... ۳-۴-۱- پروتولیت نهشته‌ها
۱۰۳	..... ۳-۴-۲- تیپ‌های کانسنگی
۱۰۳	..... ۳-۴-۳- تحرک و توزیع دوباره عناصر در طی فرایندهای هوازدگی
۱۰۸	..... ۱- عناصر اصلی و فرعی
۱۱۷	..... ۲- عناصر لیتوفیل درشت یون
۱۲۵	..... ۳- عناصر با قدرت میدان بالا
۱۲۹	..... ۴- عناصر جزئی عبوری
۱۳۳	..... ۵- عناصر کمیاب خاکی
۱۳۳	..... ۵-۱- الگوی توزیع عناصر کمیاب خاکی در طی فرایندهای بوکسیتی شدن
۱۳۵	..... ۵-۲- تغییرات جرم LREEها و HREEها در طی فرایندهای بوکسیتی شدن
۱۳۵	..... ۵-۳- کانی‌های میزبان عناصر خاکی کمیاب
۱۴۱	..... ۵-۴- آنومالی‌های Eu و Ce در پروفیل‌های بوکسیتی
۱۴۶	..... ۳-۵- تیپ نهشته‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس در شمال غرب ایران
۱۴۹	..... ۳-۶- ارزیابی اقتصادی-کاربردی

فصل چهارم: خلاصه، نتیجه گیری و پیشنهادات

۱۵۷	..... ۱-۴- مقدمه
۱۵۷	..... ۱-۱-۴- بررسی های صحرایی
۱۵۸	..... ۲-۱-۴- بررسی های پتروگرافی
۱۶۰	..... ۳-۱-۴- مطالعات کانی شناسی
۱۶۰	..... ۴-۱-۴- مطالعات ژئوشیمیایی
۱۶۱	..... ۵-۱-۴- تپ نهشته ها و ارزیابی اقتصادی- کاربردی
۱۶۲	..... ۶-۱-۴- پیشنهادات
۱۶۳	..... منابع
	..... ضمائم
	..... چکیده انگلیسی

فهرست جداول

صفحه

فصل اول: بررسی منابع (پایه‌های نظری و پیشینه پژوهش)

۴	۱-۱- متوسط ترکیب شیمیایی بوکسیت	
۶	۲-۱- توزیع سنی تناژ بوکسیت در زون‌های بوکسیت کارستی جهان	
۶	۳-۱- توزیع تیپ نهشته‌ها در زون‌های بوکسیتی به همراه تناژهای مربوطه	

فصل سوم: نتایج و بحث

۶۰	۱-۲-۳- برخی از فسیل‌های شناسایی شده در واحدهای کربناتی سازند روته توسط پژوهشگران مختلف	
۶۸	۲-۲-۳- توزیع بافت‌ها در واحدهای مختلف بوکسیتی در نهشته‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس	
۷۲	۱-۳-۳- نحوه توزیع کانی‌های سازنده نهشته‌های بوکسیتی به تفکیک منطقه در شمال غرب ایران	
۷۴	۳-۳-۳- درصد توزیع پاراژنهای کانیایی آلومینای آزاد به تفکیک منطقه در نهشته‌های بوکسیتی	
۷۵	۵-۳-۳- درصد توزیع پاراژنهای کانیایی آهن به تفکیک منطقه در نهشته‌های بوکسیتی	
۷۶	۶-۳-۳- درصد توزیع پاراژنهای کانیایی سیلیکاتی به تفکیک منطقه در نهشته‌های بوکسیتی	
۷۹	۷-۳-۳- مقادیر نظری اکسیدها و LOI کانی‌های تشکیل دهنده واحدهای بوکسیتی	
۸۰	۸-۳-۳- مقادیر نورماتو واحدهای بوکسیتی و کائولنی پروفیل اول و دوم شمال شرق بوکان	
۸۱	۹-۳-۳- مقادیر نورماتو واحدهای بوکسیتی و کائولنی جنوب شرق مراغه، غرب میاندواب	
۸۲	۱۰-۳-۳- مقادیر نورماتو واحدهای بوکسیتی و کائولنی جنوب شرق شاهین‌دژ، جنوب شرق مهاباد و	
۸۳	۱۱-۳-۳- درصد توزیع تیپ‌های کانیایی در نهشته‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس در شمال غرب ایران	
۸۷	۱۲-۳-۳- درصد توزیع تیپ‌های کانیایی در نهشته‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس در شمال غرب ایران بر	
۹۲	۱-۴-۳- مقایسه مقادیر عناصر کمیاب خاکی در نهشته‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس در شمال غرب	
۹۵	۲-۴-۳- ضرایب انباشتگی عناصر جزئی (R) برای تیپ‌های سنگی مختلف (Shaw, 1964)	
۹۵	۳-۴-۳- مقادیر متوسط عناصر Ni، V، Cr، Zn، Zr، Ga، Th و Hf برای پروفیل‌های مورد مطالعه	
۹۵	۴-۴-۳- مقادیر ضرایب انباشتگی عناصر جزئی در پروفیل‌های مختلف بوکسیتی در شمال غرب ایران	
۹۶	۵-۴-۳- مقایسه مقادیر ضرایب انباشتگی عناصر جزئی در برخی از کانسارهای بوکسیت کارستی	
۹۸	۶-۴-۳- مقادیر عناصر Cr، Ga و Zr پروفیل‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس مورد مطالعه	
۹۹	۷-۴-۳- مقایسه توزیع مقادیر عناصر Cr، Ga و Zr نسبت به هم در کانسارهای بوکسیت کارستی	
۱۰۵	۸-۴-۳- خلاصه مشخصات شاخص‌های هوازدگی استفاده شده در این مطالعه	
۱۰۵	۹-۴-۳- مقادیر منیمم و ماکزیمم شاخص‌های هوازدگی استفاده شده در این مطالعه برای پروفیل‌های	
۱۰۷	۱۰-۴-۳- محدوده تغییرات عناصر بی‌تحرک در پروفیل‌های مورد مطالعه. مقادیر اکسیدها	
۱۳۶	۱۱-۴-۳- ضرایب همبستگی رتبه‌ای بین عناصر خاکی کمیاب و برخی از عناصر اصلی، فرعی و جزئی	
۱۳۷	۱۲-۴-۳- ضرایب همبستگی رتبه‌ای بین عناصر خاکی کمیاب و برخی از عناصر اصلی، فرعی و جزئی	
۱۳۸	۱۳-۴-۳- ضرایب همبستگی رتبه‌ای بین عناصر خاکی کمیاب و برخی از عناصر اصلی، فرعی و جزئی	
۱۳۹	۱۴-۴-۳- ضرایب همبستگی رتبه‌ای بین عناصر خاکی کمیاب و برخی از عناصر اصلی، فرعی و جزئی	
۱۳۹	۱۵-۴-۳- ضرایب همبستگی رتبه‌ای بین عناصر خاکی کمیاب و برخی از عناصر اصلی، فرعی و جزئی	
۱۴۰	۱۶-۴-۳- ضرایب همبستگی رتبه‌ای بین عناصر خاکی کمیاب و برخی از عناصر اصلی، فرعی و	
۱۴۰	۱۷-۴-۳- ضرایب همبستگی رتبه‌ای بین عناصر خاکی کمیاب و برخی از عناصر اصلی، فرعی	
۱۴۸	۱-۵-۳- مهمترین مشخصات انواع کانسارهای بوکسیت کارستی (Bardossy, 1982)	

- ۱۵۲ ۱-۶-۳- میزان تمرکز عناصر کمیاب خاکی و ایتزیم در قاعده نهشته‌های بوکسیتی
- ۱۵۳ ۲-۶-۳- متوسط ترکیب شیمیایی اکسیدهای اصلی واحدهای مختلف بوکسیتی پرمین تا تریاس
- ۱۵۴ ۳-۶-۳- درجات تجاری ترکیب شیمیایی بوکسیت‌ها برای مصارف مختلف صنعتی
- ۱۵۴ ۴-۶-۳- ترکیب شیمیایی ایده‌آل بوکسیت به عنوان سنگ اولیه آجر و مواد دیرگداز (Manning, 1995)
- ۱۵۵ ۵-۶-۳- مواد اولیه، ترکیب شیمیایی و کاربردها دیرگدازها (Halvac, 1983)

فهرست اشکال

صفحه

فصل اول: بررسی منابع (پایه‌های نظری و پیشینه پژوهش)

- ۱-۱- توزیع جغرافیایی کانسارهای بوکسیت کارستی و لاتریتی در دنیا ۵
- ۱-۲-۱- a- انواع تیپ‌های کانسارهای بوکسیتی بر اساس توزیع کانیه‌های رسی، آهن‌دار، و آلومینیوم ۷
- ۱-۲-۱- b- انواع تیپ‌های کانسارهای بوکسیتی، فریتی و کائولنی و ترکیب حد واسط آنها بر اساس ۸
- ۳-۱- تغییرات آلومینا در برابر میزان ذخیره برای ۸۸ کانسار بوکسیت لاتریتی و ۳۴ کانسار بوکسیت ۱۵
- ۴-۱- توزیع جهانی ذخایر بوکسیت بر اساس میزان ذخیره و آلومینای بازیافت در سال ۲۰۰۱ میلادی ۱۵
- ۵-۱- موقعیت جغرافیایی برخی از نهشته‌های بوکسیتی در ایران ۱۶

فصل دوم: مواد و روشها

- ۱-۲- موقعیت چهار گوش‌های زمین‌شناسی مهاباد، ارومیه و تکاب در شمالغرب ایران ۲۳
- ۲-۲- موقعیت جغرافیایی نهشته‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس در شمالغرب ایران ۲۴
- ۳-۲- راههای دسترسی به نهشته‌های بوکسیتی غرب میاندواب ۲۵
- ۴-۲- راههای دسترسی به نهشته‌های بوکسیتی (a) شمال غرب و (b) جنوب شرق مهاباد ۲۵
- ۵-۲- راههای دسترسی به نهشته‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس در (a) جنوب شرق و شرق شاهین دژ و (b) شمال شرق ۲۶
- ۶-۲- راههای دسترسی به نهشته‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس در شرق و شمال شرق بوکان ۲۷
- ۷-۲- راههای دسترسی به نهشته‌های بوکسیتی پرمین در (a) شمال سفز و (b) غرب ارومیه ۲۸
- ۸-۲- راههای دسترسی به نهشته‌های بوکسیتی پرمین شمالغرب و جنوب شرق مراغه ۲۹
- ۹-۲- نمایی از محل‌های نمونه‌برداری نهشته‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس در شمالغرب ایران ۳۰

فصل سوم: نتایج و بحث

- ۱-۱-۳- موقعیت نهشته‌های بوکسیتی در واحدهای کربناتی-شیلی پرمین تا تریاس در ۳۳
- ۲-۱-۳- تصاویر صحرایی از ویژگی‌های زمین‌شناسی نهشته‌های بوکسیتی و سنگ‌های درونگیر آنها ۳۵
- ۳-۱-۳- ستون چینه‌شناسی پروفیل مورد مطالعه در شمال شرق بوکان که در آن واحدهای بوکسیتی ۳۶
- ۴-۱-۳- ستون چینه‌شناسی پروفیل‌های مورد مطالعه در شرق شرق که در آن نحوه قرارگیری واحدهای ۳۶
- ۵-۱-۳- تصاویر صحرایی از ویژگی‌های زمین‌شناسی نهشته‌های بوکسیتی و سنگ‌های درونگیر آنها در ۳۷
- ۶-۱-۳- ستون چینه‌شناسی پروفیل مورد مطالعه در نهشته‌های بوکسیتی پرمین-تریاس در شمال شرق شرق ۳۸
- ۷-۱-۳- نقشه زمین‌شناسی نهشته‌های بوکسیتی پرمین-تریاس به همراه سنگ‌های درونگیر در غرب میاندواب ۳۹
- ۸-۱-۳- ستون چینه‌شناسی پروفیل بوکسیتی مورد مطالعه در غرب میاندواب که ۳۹
- ۹-۱-۳- تصاویر صحرایی از ویژگی‌های زمین‌شناسی نهشته‌های بوکسیتی ۴۰

- ۴۲ ۱-۱-۳- نقشه زمین شناسی نهشته‌های بوکسیتی پرمین به همراه سنگ‌های درونگیر در.....
- ۴۳ ۱-۱-۳- ستون چینه شناسی پروفیل مورد مطالعه در نهشته‌های بوکسیتی پرمو- تریاس در جنوب شرق مراغه
- ۴۴ ۱-۳-۱۲- موقعیت نهشته‌های لاتریتی در غرب ارومیه، (a) خوشکو، (b) گچی و (c) نی‌چالان- یسان- کریم آباد.....
- ۴۴ ۱-۳-۱۳- ستون چینه شناسی پروفیل لاتریتی های مورد مطالعه در محدوده گچی (غرب ارومیه).....
- ۴۶ ۱-۳-۱۴- موقعیت نهشته‌های بوکسیتی در سنگ‌های کربناتی پرمین در (a) جنوب شرق و (b) شمال غرب مهاباد
- ۴۷ ۱-۳-۱۵- تصاویر صحرایی از ویژگی‌های زمین شناسی نهشته‌های بوکسیتی پرمین در.....
- ۴۸ ۱-۳-۱۶- ستون چینه شناسی پروفیل مورد مطالعه (به شکل ۱-۳-۱۴ مراجعه شود) در نهشته‌های بوکسیتی
- ۴۹ ۱-۳-۱۷- موقعیت نهشته‌های بوکسیتی در واحدهای کربناته پرمین در شمال سقز.....
- ۵۰ ۱-۳-۱۸- تصاویر صحرایی از ویژگی‌های زمین شناسی نهشته‌های بوکسیتی پرمین در سقز.....
- ۵۱ ۱-۳-۱۹- ستون چینه شناسی پروفیل های مورد مطالعه (به شکل ۱-۳-۱۷ مراجعه شود) در نهشته‌های بوکسیتی سقز
- ۵۳ ۱-۳-۲۰- نقشه زمین شناسی (a) شرق، (b) جنوب شرق، (c) شمال شرق و (d) شمال غرب شاهین دژ
- ۵۵ ۱-۳-۲۱- تصاویر صحرایی از ویژگی‌های زمین شناسی نهشته‌های بوکسیتی در شاهین دژ
- ۵۶ ۱-۳-۲۲- ستون چینه شناسی پروفیل مورد مطالعه (به شکل ۱-۳-۲۰b مراجعه شود) در نهشته‌های بوکسیتی
- ۶۲ ۱-۲-۳- میکروگراف‌های سنگ‌های درونگیر نهشته‌های بوکسیتی و سنگ‌های آذرین.....
- ۶۴ ۲-۲-۳- فتوگراف‌هایی از واحدهای بافت ساز در کانسنگ‌های بوکسیتی.....
- ۶۶ ۳-۲-۳- میکروگراف‌هایی از بافت‌های کانسنگ‌های بوکسیتی
- ۶۷ ۴-۲-۳- میکروگراف‌هایی از توزیع الگوهای بافتی در کانسنگ‌های بوکسیتی
- ۷۰ ۵-۲-۳- میکروگراف‌هایی از نحوه شکستگی‌ها در کانسنگ‌های بوکسیتی.....
- ۷۳ ۲-۳-۳- ترکیب کانی شناسی واحدهای بوکسیتی پرمین تا تریاس در شمال غرب ایران
- ۸۳ ۳-۳-۳- انواع تیپ‌های کانیایی حاضر در نهشته‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس در شمال غرب ایران بر اساس.....
- ۸۴ ۴-۳-۳- نحوه توزیع تیپ‌های کانیایی در پروفیل‌های بوکسیتی مورد مطالعه در نهشته‌های بوکسیتی.....
- ۸۵ ۵-۳-۳- انواع تیپ‌های کانیایی حاضر در نهشته‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس در شمال غرب ایران.....
- ۸۶ ۶-۳-۳- نحوه توزیع تیپ‌های کانیایی در پروفیل‌های بوکسیتی مورد مطالعه در نهشته‌های بوکسیتی
- ۹۱ ۸-۳-۳- دیاگرام Eh-pH محیط های اتمسفریک طبیعی با توجه به حیطه پایداری.....
- ۹۳ ۱-۴-۳- الگوی توزیع مقادیر متوسط عناصر کمیاب خاکی (REEs) نورمالیزه شده نسبت به ترکیب.....
- ۹۴ ۲-۴-۳- موقعیت های نهشته‌های بوکسیتی کارستی و لاتریتی آهن پایین و بالا و سنگ مادرهای مختلف آنها.....
- ۹۷ ۳-۴-۳- تغییرات ضرایب انباشتگی عناصر جزئی (R) پروفیل های بوکسیتی پرمین تا تریاس
- ۹۹ ۴-۴-۳- موقعیت پروفیل های بوکسیتی پرمین تا تریاس در شمال غرب ایران و مقایسه.....
- ۱۰۰ ۵-۴-۳- موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی ۵ پروفیل مورد مطالعه (جنوب شرق مراغه، جنوب شرق مهاباد،
- ۱۰۱ ۶-۴-۳- موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی ۵ پروفیل مورد مطالعه (جنوب شرق مراغه، جنوب شرق مهاباد،
- ۱۰۲ ۷-۴-۳- موقعیت سنگ‌های بازالتی و دیابازی بر روی خط روند هوازدگی کانسنگ‌های بوکسیتی

- ۱۰۳ موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی پروفیل‌های مورد مطالعه در نمودار سه متغیره Fe_2O_3 ، SiO_2 و ۸-۴-۳
- ۱۰۴ موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی پروفیل‌های مورد مطالعه در نمودار سه متغیره Al_2O_3 و Fe_2O_3 ، SiO_2 ۹-۴-۳
- ۱۰۴ موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی پروفیل‌های مورد مطالعه در نمودار سه متغیره Al_2O_3 و Fe_2O_3 ، SiO_2 ۱۰-۴-۳
- ۱۰۹ تغییرات جرم Al_2O_3 در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۱۱-۴-۳
- ۱۱۰ تغییرات جرم TiO_2 در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۱۲-۴-۳
- ۱۱۱ تغییرات جرم SiO_2 در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۱۳-۴-۳
- ۱۱۲ تغییرات جرم Fe_2O_3 در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۱۴-۴-۳
- ۱۱۳ تغییرات جرم P_2O_5 در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۱۵-۴-۳
- ۱۱۴ تغییرات جرم MnO در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۱۶-۴-۳
- ۱۱۵ تغییرات جرم MgO در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۱۷-۴-۳
- ۱۱۶ تغییرات جرم Na_2O در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۱۸-۴-۳
- ۱۱۷ تغییرات جرم CaO در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۱۹-۴-۳
- ۱۱۸ تغییرات جرم K_2O در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۲۰-۴-۳
- ۱۱۹ تغییرات جرم Rb در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۲۱-۴-۳
- ۱۲۰ تغییرات جرم Sr در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۲۲-۴-۳
- ۱۲۱ تغییرات جرم Ba در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۲۳-۴-۳
- ۱۲۲ تغییرات جرم U در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۲۴-۴-۳
- ۱۲۳ تغییرات جرم Th در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۲۵-۴-۳
- ۱۲۴ تغییرات جرم Hf در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۲۶-۴-۳
- ۱۲۵ تغییرات جرم Zr در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۲۷-۴-۳
- ۱۲۶ تغییرات جرم Nb در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۲۸-۴-۳
- ۱۲۷ تغییرات جرم Y در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۲۹-۴-۳
- ۱۲۸ تغییرات جرم Ni در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۳۰-۴-۳
- ۱۲۹ تغییرات جرم Co در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۳۱-۴-۳
- ۱۳۰ تغییرات جرم V در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۳۲-۴-۳
- ۱۳۱ تغییرات جرم Cr در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۳۳-۴-۳
- ۱۳۲ الگوی تغییرات عناصر کمیاب خاکی در کانسنگ‌های بوکسیتی پروفیل‌های مورد مطالعه ۳۴-۴-۳
- ۱۳۳ تغییرات جرم LREEها در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۳۵-۴-۳
- ۱۳۴ تغییرات جرم HREEها در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در پروفیل‌های مورد مطالعه ۳۶-۴-۳
- ۱۴۱ همبستگی بین TiO_2 با Nb در کانسنگ‌های بوکسیتی پروفیل‌های مورد مطالعه ۳۷-۴-۳
- ۱۴۲ همبستگی بین عناصر $(a) P_2O_5-Na_2O$ ، $(b) P_2O_5-Ba$ و $(c) Ce-Th$ و $(d) Ce-Th$ در پروفیل‌های ۳۸-۴-۳

- ۱۴۲ ۳-۴-۳۹- کانی‌های میزبان احتمالی LREEها و HREEها در نهشته‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس
- ۱۴۴ ۳-۴-۴۰- الگوی تغییرات آنومالی‌های Ce در واحدهای بوکسیتی پروفیل‌های مورد مطالعه
- ۱۴۴ ۳-۴-۴۱- دیاگرام Eh-pH برای Ce در ۲۵ درجه سانتیگراد و فشار ۱ کیلوبار
- ۱۴۵ ۳-۴-۴۲- الگوی تغییرات آنومالی‌های Eu در واحدهای بوکسیتی پروفیل‌های مورد مطالعه
- ۱۴۶ ۳-۵-۱- مقطع قائم تبییک در کانسارهای بوکسیت لاتریتی (Bardossy and Aleva, 1990)
- ۱۴۹ ۳-۶-۱- الگوی تغییرات عناصر اصلی و فرعی تشکیل دهنده نهشته‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس نسبت
- ۱۵۰ ۳-۶-۲- الگوی پراکندگی کانسنک‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس در شمال غرب ایران در نمودار سه متغیره
- ۱۵۱ ۳-۶-۳- نمودارهای دو متغیره $Al_2O_3-Fe_2O_3$ (a)، $Al_2O_3-SiO_2$ (b) و $Al_2O_3-(SiO_2+Fe_2O_3)$ در طی
- ۱۵۶ ۳-۶-۴- موقعیت واحدهای بوکسیتی غنی از سیلیس و آلومینیوم و کائولنی پرمین تا تریاس شمال غرب در

مقدمه

بوکسیت کانسنگ آلومینا بوده و دارای مصارف زیادی در صنعت می‌باشد. از مهمترین مصارف این نوع کانسنگ می‌توان به استفاده از آن در استخراج فلز آلومینیوم، گالیوم، عناصر کمیاب خاکی و ژرمانیوم، صنایع نسوز، تهیه ساینده‌ها، تولید سیمان، صنایع شیمیایی، صنعت فولاد و صنعت نفت اشاره نمود. با توجه به نیاز روز افزون صنایع مختلف کشور به این کانسنگ و عدم خودکفایی کشور در تامین این ماده معدنی، ضرورت اکتشاف و شناسایی کانسارهای جدید بوکسیتی در کشور بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود. از طرفی قرارگیری ایران بر روی کمربند بوکسیت کارستی ایران-و-هیمالیا احتمال اکتشاف و شناسایی کانسارهای جدید بوکسیتی در کشور را دو چندان می‌نماید.

با توجه به تحقیقات انجام شده نهشته‌های بوکسیتی در ایران از نظر توزیع جغرافیایی به ۴ ناحیه، (۱) شمالغرب ایران (با محوریت بوکان- شاهین‌دژ)، (۲) سلسله جبال البرز، (۳) فلات ایران مرکزی و (۴) ارتفاعات زاگرس (قربانی و هوشمندزاده، ۱۳۷۴، میرصادقی و میرآلی، ۱۳۷۵) و از نظر توزیع زمانی به ۵ پریود زمانی، (۱) پرمین، (۲) پرمو- تریاس، (۳) تریاس، (۴) تریاس فوقانی- ژوراسیک و (۵) کرتاسه میانی (تورونین- سانتونین) (سهیلی‌نیا، ۱۳۸۳) قابل تفکیک می‌باشند.

لایه‌ها و عدسی‌های بوکسیتی در محدوده زمانی پرمین تا تریاس در شمال غرب ایران که یکی از جالب‌ترین و چشمگیرترین سیمای زمین‌شناسی این ناحیه از کشور محسوب می‌شوند تاکنون از نظر زمین‌شناسی اقتصادی کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. بررسی‌های انجام شده بر روی این نهشته‌ها، تاکنون بیشتر بصورت اکتشافات چکشی، فراوری مواد معدنی و شناسایی پتانسیل‌های مواد دیرگداز بوده است. با توجه به مسائل مطروحه فوق، بررسی کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژن این نهشته‌ها به عنوان موضوع پایان‌نامه دکتری انتخاب گردید. در تحقیق و بررسی کانسنگ‌های بوکسیتی این ناحیه از کشور سعی گردیده با تکیه بر بررسی‌های صحرایی، کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی، اطلاعات کامل و جامعی از وضعیت زمین‌شناسی، منشاء، محیط تشکیل، تیپ و ویژگی‌های ژنتیکی نهشته‌های بوکسیتی، مکانیسم‌های هوازگی، تیپ‌های کانیایی و فرایندهای ژنتیکی موثر در شکل‌گیری آنها، فاکتورهای کنترل‌کننده توزیع عناصر اصلی، فرعی، جزئی و کمیاب خاکی در پروفیل‌های بوکسیتی، بازه تغییرات pH و Eh محلول‌های هوازده‌کننده، ارزیابی اقتصادی - کاربردی و نهایتاً نحوه بوکسیت‌زایی آنها ارائه شود. امید است نتایج بدست آمده از این مطالعه بتواند برای اکتشاف و شناسایی پتانسیل‌های بالقوه کانسنگ‌های بوکسیتی در این ناحیه و سایر نواحی بوکسیتی کشور مفید و موثر واقع شده و برای ارزیابی کیفیت این نوع کانسنگ‌ها قابل تعمیم برای سایر ذخایر بوکسیتی پرمین تا تریاس کشور باشد.

فصل اول

بررسی منابع

۱-۱- تعاریف و مفاهیم اولیه

واژه بوکسیت برای اولین بار در سال ۱۸۲۱ توسط برثیر (Berthier) برای رسوبات غنی از آلومینا در ناحیه لس‌بوکس (Les Baux) فرانسه بکار رفته است. از نظر باردوسی (Bardossy, 1982)، بوکسیت یک ماده معدنی رسوبی غنی از مواد آلیتییک (Allitic) است که در نتیجه هوازدگی سنگهای مختلف در آب و هوای گرم یا نیمه گرم با توجه به مورفولوژی و زهکشی مناسب تشکیل شده و مجموع هیدروکسیدها و یا اکسیدهای آلومینیوم، آهن و تیتان موجود در آن بیش از ۵۰ درصد وزنی بوده و اکسیدهای آلومینیوم یا هیدروکسیدهای آن بیشترین مقدار آن را تشکیل می‌دهند. بوکسیت سابقاً به عنوان یک کانی بی‌شکل که اساساً از آلومینای هیدراته ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$) تشکیل یافته، در نظر گرفته می‌شده است اما امروزه از نظر کانی‌شناسی مشخص کننده ماده‌ای است که مخلوطی از چند اکسید هیدراته آلومینیوم بوده و مقدار آلومینیوم آن در حد وسیعی متغیر است (Bardossy, 1982). بوکسیت، هیدروژل (hydrogel) سخت شده با بخش‌های متبلور بوده و نسبتهای متغیری از کانیهای گیبسیت یا هیدروآرژیلیت، بوهمیت و دیاسپور را دارا می‌باشد. این سنگ که برخی آن را لاتریت پرآلومینا می‌نامند (Bardossy and Aleva, 1990; Aleva, 1994) به رنگهای سفید، خاکستری کم رنگ، خاکستری تیره، زرد، قرمز روشن، قهوه‌ای، قهوه‌ای صورتی، قهوه‌ای شکلاتی، قهوه‌ای تیره، بنفش، سبز و سبز تیره و عمدتاً "به اشکال کنکرسونی، متراکم، خاکی، پیزولیتی و اوولیتی یافت می‌شود. از نظر صنعتی اصطلاح کانسنگ بوکسیت، در مورد بوکسیتی بکار می‌رود که

مقدار آلومینا در آن بیشتر از ۴۵ الی ۵۰ در صد وزنی، مقدار اکسید سیلیسیوم حداکثر ۲۰ در صد وزنی و مقدار اکسید آهن حداکثر ۳ الی ۵ در صد وزنی باشد (Bardossy, 1982). برانوی و همکاران (Bronevoi et al., 1985) متوسط ترکیب شیمیایی بوکسیت را بر اساس آنالیز شیمیایی ۶۷۰۰ نمونه‌ی جمع آوری شده از ۴۸ محدوده‌ی کانساری در دنیا به شرح جدول ۱-۱ ارائه نموده‌اند.

۲-۱- کاربرد

تقریباً ۸۵٪ کانسنگ‌های بوکسیتی برای استخراج فلز آلومینیوم و ۱۵٪ باقیمانده برای مصارف غیر متالورژیکی معدنکاری می‌شوند (Plunkert, 1999, 2001, 2003). از مهمترین مصارف غیر متالورژیکی کانسنگ‌های بوکسیتی می‌توان به استفاده از آنها در صنایع نسوز، تهیه ساینده‌ها، تولید انواع سیمان، صنایع شیمیایی، صنعت فولاد، مصارف ساختمانی و صنعت نفت اشاره نمود (Meyer, 2004).

۳-۱- انواع کانسارهای بوکسیت

کانسارهای بوکسیت از نظر ماهیت و موقعیت زمین‌شناسی بسیار متنوع بوده و طبقه‌بندی‌های مختلفی برای آنها بر اساس فاکتورهایی چون منشاء، سن، نحوه تشکیل، جایگاه تجمع، ترکیب سنگ مادر، موقعیت ژئوتکتونیک، ترکیب شیمیایی، شکل کانسار، موقعیت توپوگرافی، ترکیب کانی‌شناسی و لیتولوژی سنگ بستر ارائه شده است (Valeton, 1972; Bardossy, 1982; Patterson et al., 1986; Oggiano et al., 1987; Bardossy and Aleva, 1990). جامع‌ترین معیار طبقه‌بندی کانسارهای بوکسیت که به نوعی سایر طبقه‌بندی‌ها را هم در بر می‌گیرد، طبقه‌بندی کانسارهای بوکسیت بر اساس لیتولوژی سنگ بستر می‌باشد (Bardossy, 1982; Bardossy and Aleva, 1990). بر این اساس کانسارهای بوکسیت به دو دسته کلی تقسیم بندی می‌شوند:

۱- کانسارهای بوکسیت با سنگ بستر آلومینوسیلیکاته که خود به دو تیپ کلی زیر قابل تفکیک می‌باشند:

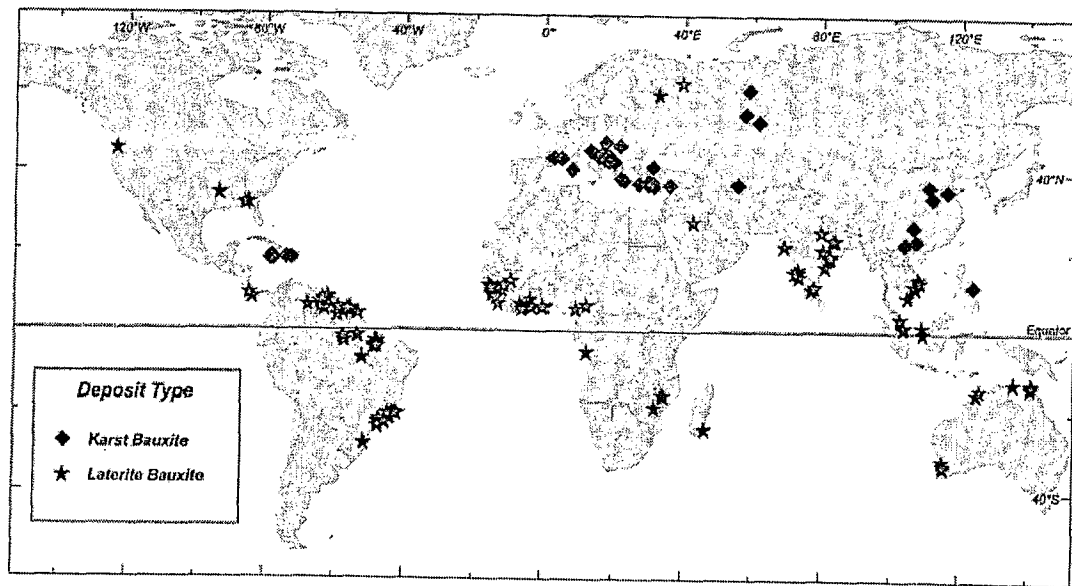
الف- کانسارهای بوکسیت لاتریتی (Lateritic bauxite deposits): این کانسارها از لاتریتی شدن درجا بر روی سنگ‌های آلومینوسیلیکاته حاصل شده‌اند.

ب- کانسارهای نوع تیخوین (Tikhvin-type deposits): این کانسارها از پروفیل‌های لاتریتی بازماندی سرچشمه گرفته و پس از انتقال، بصورت نابرجا بر روی سنگ‌های آلومینوسیلیکاته قرار گرفته‌اند.

۲- کانسارهای بوکسیت با سنگ بستر کربناته (بوکسیت‌های کارستی): این کانسارها بر روی سنگ‌های کربناته (بدون توجه به شدت کارستی شدن آنها) قرار گرفته‌اند.

جدول ۱-۱- متوسط ترکیب شیمیایی بوکسیت (Bronevoi et al., 1985).

Atomic number	Element	Threshold Of detection (gr/t)	Relative error of analysis	Ranges (ppm)		Weighted average (gr/t)	Concentration Coefficient
				Individual samples	Deposit averages		
1	H	-	2.4	-	-	28100	5.7
3	Li	0.5	17-35	0.5-660	0.6-320	12	0.20
4	Be	0.5	7.0	0.5-17	0.7-7.4	0.9	0.26
6	C	1.0	30	890-15100	1480-11100	2680	0.17
8	O	-	1.5	-	-	557000	0.88
9	F	50	28	50-1300	60-930	228	0.30
11	Na	300	21	300-17800	380-5400	2060	0.12
12	Mg	60	15	66-11100	121-7480	356	0.012
13	Al	100	1.0	203000-325000	213000-314000	268000	2.3
14	Si	200	3.8	4180-167000	5140-85600	23800	0.068
15	P	20	20	20-3650	95-2150	422	0.40
16	S	10	16	10-24000	60-75000	419	0.095
19	K	300	42	300-12600	360-4140	523	0.019
20	Ca	70	11	150-36000	393-28400	1900	0.036
21	Sc	1	10-20	8-180	10-120	25	1.3
22	Ti	300	7.8	4170-56700	5640-46500	13500	1.8
23	V	3	36	18-1550	77-1370	291	1.5
24	Cr	70	7-33	70-8660	85-5100	419	2.5
25	Mn	80	25	80-2320	87-1250	188	0.15
26	Fe	700	1.8	31700-242000	44400-189000	103000	1.3
27	Co	5	38	5-180	7-70	18	0.51
28	Ni	5	38	5-670	7-320	29	0.20
29	Cu	2	9	5-200	10-133	28	0.31
30	Zn	2	14	18-460	28-180	46	0.36
31	Ga	10	5-7	26-130	40-110	71	2.11
32	Ce	0.005	17	0.2-5.5	0.5-4.5	0.7	0.28
33	As	5	15	5-136	19-115	48	7.5
34	Sc	0.01	31	0.01-0.38	0.1-2.4	0.2	0.37
38	Sr	30	30	30-3000	35-2010	298	0.51
40	Zr	30	16	40-1300	174-675	380	1.6
41	Nb	10	17-27	10-560	14-93	45	1.6
47	Ag	0.5	13	1.1-4.4	1.9-4.2	3.7	27.0
49	In	0.01	5	0.01-0.68	0.03-0.32	0.22	1.3
50	Sn	5	24	5-23	6-14	10	1.1
51	Sb	0.5	40	0.5-24	0.6-8.6	2.4	2.0
	ΣRE	5	6-18	20-3600	58-806	201	1.1
57	La	2	15	2-206	9-170	31	0.6
63	Eu	0.5	15	0.5-11	1-5	1.7	1.0
65	Tb	0.1	15	0.1-5.0	0.3-3.0	0.8	0.58
70	Yb	1.0	15	1.0-28	2.8-17	7	1.8
72	Hf	3	15	3-50	5-29	27	4.9
73	Ta	0.1	11	0.4-5.1	0.7-3.9	2.6	0.73
81	Tl	0.05	6-60	0.05-0.67	0.06-0.4	0.1	0.092
82	Pb	4	21	10-300	20-185	48	2.2
83	Bi	0.01	68	0.01-9	0.2-2.2	0.9	3.3
90	Th	0.5	24	2-73	6-56	30	2.8
92	U	0.1	15.20	0.2-32	2-22	6.4	2.0



شکل ۱-۱ - توزیع جغرافیایی کانسارهای بوکسیت کارستی و لاتریتی در دنیا (Meyer, 2004).

با توجه به کانسارهای بوکسیت شناسایی شده در دنیا، ۸۸٪ کانسارهای بوکسیت به تیپ لاتریتی، ۱۱/۵٪ به تیپ کارستی و ۰/۵٪ به تیپ تیخوین تعلق دارند (Bardossy, 1982; Bardossy and Aleva, 1990). شکل ۱-۱ موقعیت کانسارهای بوکسیت تیپ لاتریتی و کارستی را در دنیا نشان می‌دهد.

باردوسی (Bardossy, 1982) در مورد بوکسیت‌های کارستی تقسیم‌بندی جزئی‌تری را مطرح نموده و ذخایر کارستی دنیا را بر اساس خصوصیات نهشته‌شناسی و مورفولوژی آنها به ۶ دسته کلی زیر تقسیم‌بندی کرده است:

۱) کانسارهای نوع مدیترانه‌ای (Mediterranean-type deposits)

۲) کانسارهای نوع تیمان (Timan-type deposits)

۳) کانسارهای نوع قزاقستان (Kazakhstan-type deposits)

۴) کانسارهای نوع آریج (Ariege-type deposits)

۵) کانسارهای نوع سالنتو (Salento-type deposits)

۶) کانسارهای نوع تولسک (Tulsk-type deposits)

باردوسی (Bardossy, 1982) همچنین بر اساس توزیع جغرافیایی کانسارهای بوکسیت کارستی در دنیا، آنها را به ۷ کمربند

معدنی زیر تقسیم‌بندی کرده است:

۱) کمربند ساحلی شمال مدیترانه

۲) کمربند حوضه دریای کارائیب

۳) کمربند اورال-سیبری-آسیای مرکزی

۴) کمربند آسیای شرقی

۵) کمربند ایرانو-همالیا

۶) کمربند جنوب غرب پاسیفیک

۷) کمربند شمال آمریکا

مشخصات توزیع سنی کانسارهای بوکسیت کارستی به همراه تناژهای مربوطه و همچنین توزیع تیپ‌های کانساری در جداول ۱-۲ و ۱-۳ آورده شده‌اند.

جدول ۱-۲- توزیع سنی تناژ بوکسیت در زون‌های بوکسیت کارستی جهان (Bardossy, 1982).

Geological age	Mediterranean		Irano-Himalayan		Pacific		East Asian		Uralo-Sibero-Central Asian		Caribbean		North American	
	10 ⁶ ton	%	10 ⁶ ton	%	10 ⁶ ton	%	10 ⁶ ton	%	10 ⁶ ton	%	10 ⁶ ton	%	10 ⁶ ton	%
Quaternary	-	-	-	-	122	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Miocene	30	<1	-	-	-	-	80	8	-	-	1390	100	-	-
Pliocene	20	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paleocene-Eocene	491	18	30	23	-	-	-	-	238	20	-	-	17	46
Upper Cretaceous	1179	46	11	9	-	-	1	<1	310	26	-	-	-	-
Lower Cretaceous	237	10	5	4	-	-	-	-	71	6	-	-	-	-
Jurassic	300	13	10	8	-	-	-	-	5	<1	-	-	-	-
Triassic	193	8	46	36	-	-	-	-	13	1	-	-	-	-
Permian	83	3	25	20	-	-	273	26	-	-	-	-	-	-
Carboniferous	-	-	-	-	-	-	660	66	100	8	-	-	20	54
Devonian	-	-	<1	1	-	-	-	-	405	35	-	-	-	-
Silurian	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ordovician	-	-	-	-	-	-	-	-	1	<1	-	-	-	-
Cambrian	-	-	-	-	-	-	-	-	30	3	-	-	-	-
Altogether	2533	100	128	100	122	100	1014	100	1173	100	1390	100	37	100

جدول ۱-۳- توزیع تیپ نهشته‌ها در زون‌های بوکسیتی به همراه تناژهای مربوطه (Bardossy, 1982).

Karst bauxite zones	Mediterranean		Timan		Kazakhstan		Ariege		Salento	
	Number of deposit	10 ⁶ ton	Number of deposit	10 ⁶ ton	Number of deposit	10 ⁶ ton	Number of deposit	10 ⁶ ton	Number of deposit	10 ⁶ ton
Mediterranean	95	2341	-	-	-	-	4	142	5	50
Irano-Himalayan	15	128	-	-	-	-	-	-	-	-
Pacific	7	122	-	-	-	-	-	-	-	-
East Asian	3	123	6	810	1	1	-	-	2	80
Uralo-Sibero-Central Asian	14	353	7	212	154	608	-	-	-	-
Caribbean	11	1390	-	-	-	-	-	-	-	-
North American	-	-	1	10	4	27	-	-	-	-
Altogether	145	4457	14	1032	20	636	4	142	7	130