

زمین‌شناسی، پتروگرافی و زمین‌شیمی بوکسیت جاجرم (شمال خاوری ایران)

سید علیرضا آشفته^۱، علی عابدینی^۲، داریوش اسماعیلی^۳ و گلناز جوزانی کهن^۴

^۱ دکترای زمین‌شناسی اقتصادی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

^۲ استاد تمام و عضو هیئت علمی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

^۳ استاد تمام و عضو هیئت علمی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

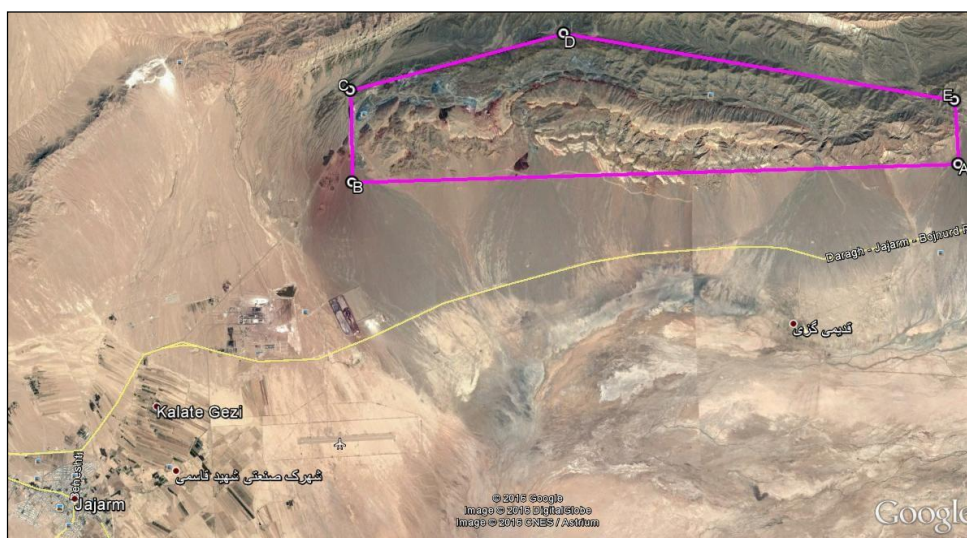
^۴ استادیار و عضو هیئت علمی، گروه معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده: در محدوده جاجرم دو دوره بوکسیت زایی شامل پرمین - تریاس و تریاس - ژوراسیک را می‌توان مشاهده کرد. در ناحیه جاجرم در کوه زو در این زمان افق بوکسیتی A در زیر سازند الیکا با ضخامت چندین متر وجود دارد که نشانگر این دوره بوکسیت زایی است. در طی تریاس، با پیشروی دریا، چرخه رسوبگذاری دوباره آغاز شد و بر روی افق بوکسیتی A سازند کربناتی کم عمق الیکا تشکیل شد. در تریاس میانی با بسته شدن دریاهای وسیع در ایران، حوضه‌های کم عمق سبخایی تشکیل شد و در نهایت در اواخر تریاس میانی و ابتدای تریاس بالایی، پایین رفتن دوباره تراز جهانی دریاها، خشکی زایی دیگری رخ داد. در این شرایط سنگ آهک دولومیتی سازند الیکا تحت تاثیر آبهای جوی، در بخشهای بالایی، کارستی شدند و عوارض کارستی نسبتاً کم عمق در سطح آن تشکیل شد. در ناحیه جاجرم همزمان با تشکیل عوارض کارستی بر روی بخشهای بالایی سازند الیکا مواد بوکسیتی در نواحی مجاور در حال تشکیل بودند که پس از حمل شدن در مسافت کوتاه در داخل حفرات کارستی کم عمق سازند الیکا به دام افتادند. آرامش نسبی حاکم بر ناحیه، نرخ بالآآمدگی کم همراه با زهکشی خوب عوارض کارستی سبب گردید این مواد دوباره به شدت هوازده شده و بوکسیتی گردند. بدین ترتیب افق B بوکسیت جاجرم تشکیل شد.

واژگان کلیدی: بوکسیت، جاجرم، سمنان، دامغان

۱- مقدمه

کانسار بوکسیت جاجرم در ۱۹ کیلومتری شمال غرب شهرستان جاجرم در استان خراسان شمالی و در فواصل ۱۶۰ کیلومتری جنوب شرق شهرستان بجنورد، ۱۶۰ کیلومتری شمال شرق شهرستان سبزوار و ۱۷۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان شاهرود قرار گرفته است. بوکسیت جاجرم در امتداد رشته کوهی کوهستانی دشوارگذر با ارتفاع بین ۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریای آزاد و با روند غربی-شرقی در شمال-شمال غرب دشت جاجرم قرار گرفته است. ریختار منطقه در کنترل چینه‌شناسی و کنترل حاکم بر ناحیه است و تاقدیس زو نمود بارز عملکرد تکتونیک در این منطقه است. سازندهای کربناتی الیکا و مبارک با سختی و مقاومت زیاد خود در مقابل فرسایش، در هسته تاقدیس زو، ارتفاعات خشنی را تشکیل می‌دهد که در دامنه جنوبی آن پرتگاه‌های غیرقابل گذری دیده میشوند. این دره در داخل واحدهای نرم فرسا و شیلی شمشک تشکیل شده است. افق کوارتزیتی نسبتاً ضخیم در بخش میانی واحدهای شمشک دیده می‌شود که به صورت تپه ماهورهای کشیده رخنمون دارد. در شمال محدوده ثبتي کانسار، ارتفاعات بلند و خشنی از سنگ آهک لار دیده میشود. دره زو با امتداد تقریبی شمالی-جنوبی در قسمت میانی تاقدیس زو تنها نقطه ارتباطی یال شمالی و جنوبی تاقدیس مذکور، به غیر از دو انتهای آن است. دشت نسبتاً مسطح و کم شیب جاجرم با رسوبات نرم و جوان عهد حاضر، ملایم ترین ریختار منطقه را تشکیل می‌دهد.



شکل (۱) چندضلعی ثبتي پروانه بهره‌برداری کانسار بوکسیت جاجرم به مساحت ۵۴/۸ کیلومتر مربع بر روی تصویر گوگل از زمین

۲- زمین‌شناسی منطقه

کانسار بوکسیت جاجرم به صورت چینه‌سان بوده و از پایین به بالا شامل چهار بخش است:

الف- بوکسیت کائولینیتی زیرین

با رنگ صورتی، کرم، خاکستری متمایل به زرد محتوی پیزولیت‌های غنی از آهن تا قطر ۱۰ میلیمتر است. پیزولیت‌های خیلی سخت بیشتر از جنس دیاسپور می‌باشند. این بخش در پایین‌ترین قسمت واحد بوکسیت قرار دارد و دارای ضخامت حدود ۰/۲ تا ۱ متر است. در حال حاضر این بخش به عنوان باطله در نظر گرفته می‌شود.

ب- بوکسیت شیلی یا نرم

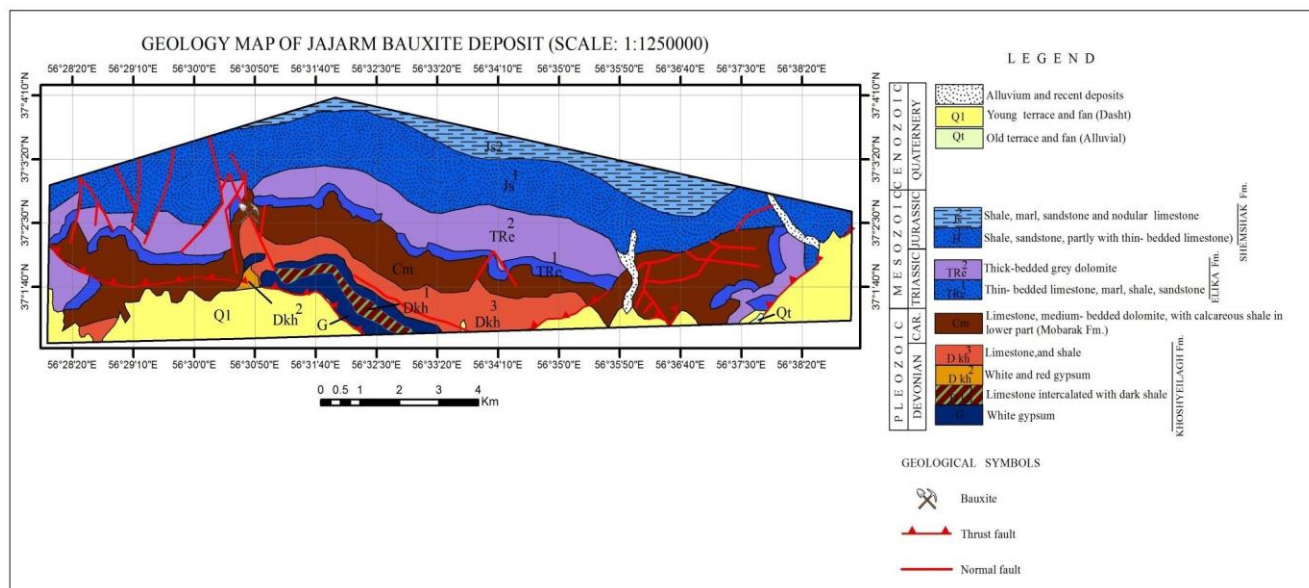
دارای لایه‌بندی بسیار نازک و به رنگ قرمز و قهوه‌ای، سست و تا حدی متورق حاوی ذرات فراوان اکسید آهن است. به علت پایین بودن درصد Al_2O_3 آن در رده لاتریت‌ها قرار می‌گیرد. این بوکسیت دارای ارزش معدنی برای تولید آلومینا نیست و درصد Al_2O_3 آن بین ۲۰ تا ۴۰ و درصد SiO_2 بین ۱۵ الی ۳۵ و حتی بیش از ۳۵٪ تغییر می‌کند. بوکسیت نرم یا شیلی را بواسطه رنگ، لایه‌بندی و مقاومت کم به خوبی می‌توان از بوکسیت سخت تشخیص داد. ضخامت این لایه حدود ۲ تا ۲۰ متر است. در حال حاضر این بخش به عنوان باطله در نظر گرفته می‌شود.

ج- بوکسیت سخت دیاسپوری

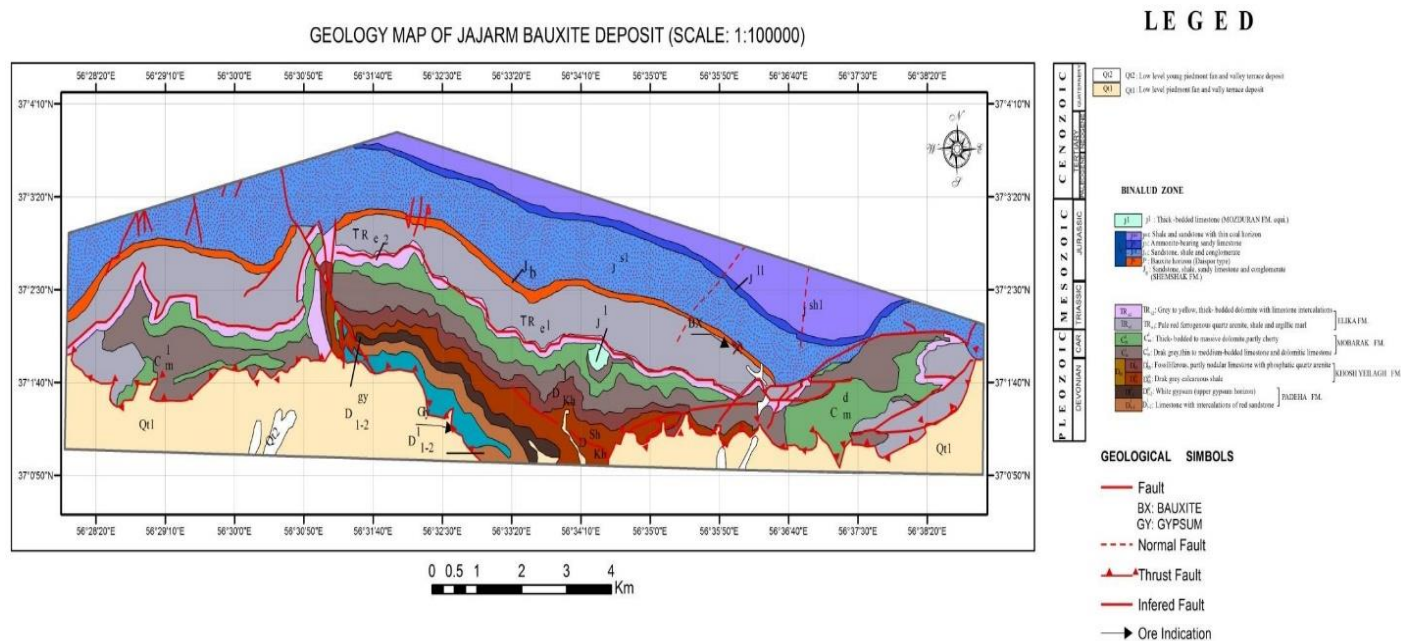
مرغوب‌ترین بخش کانسار با ضخامت ۱ تا ۷۵ متر است. رنگ آن سبز تیره (در زمان فراوانی شاموزیت)، خاکستری و قرمز تیره تا قهوه‌ای تیره است و شامل شاموزیت در سطح و دیاسپور در باقی قسمت‌های آن دیده می‌شود. تخلخل این بوکسیت بین ۱/۵ تا ۳٪ است. در حال حاضر خوراک کارخانه آلومینا از این بخش تامین می‌شود.

د- بوکسیت کائولینیتی بالایی

با رنگ نسبتاً روشن و ضخامت چند ده سانتیمتر حاوی قله‌های هماتیستی است و عموماً توسط شیل خاکستری رنگ سازند شمشک پوشیده می‌شود. ضخامت کمتری از لایه کائولینیت زیرین دارد. در حال حاضر این بخش به عنوان باطله در نظر گرفته می‌شود.



شکل (۲) نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ محدوده ثبتی کانسار برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ کوه‌کوره‌خود



شکل (۳) نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ محدوده ثبتی کانسار برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سنخواست

۳- کانی‌شناسی بوکسیت ناحیه

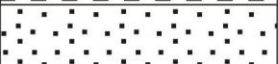
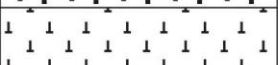
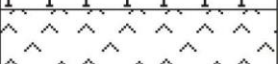
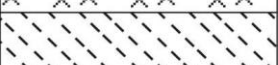
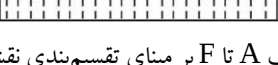
کانی‌های تشکیل‌دهنده بوکسیت شامل کانی‌های آلومینیوم آبدار گیبسیت، هیدراژیلیت، بایریت و نوردستراندیت با فرمول $\text{Al}(\text{OH})_3$ ، کانی‌های بی‌آب آلومینیوم بوهمیت و دیاسپور با فرمول AlOOH ، کانی‌های آهن دار (گوتیت، هماتیت، لپیدولیت، مینتیت)، کانی‌های رسی (کائولینیت، ایلیت، مونتموریلونیت)، شاموزیت (کانی کلریتی)، کوارتز، کلریت، کلسیت، پیریت، پروتیت، کراندالیت (فسفات آهن و آلومینیوم)، آاناتاز، روتیل، اسفن و غیره است. بر اساس مطالعات کانی‌شناسی به روش پراش پرتو ایکس که در آزمایشگاه معدن جاجرم صورت گرفته است، دیاسپور کانی آلومینیوم‌دار غالب در این معدن است. کانی‌های رسی دیکیت و کائولینیت فاز غالب را در بخش کائولینیت زیرین تشکیل می‌دهند. کانی‌های دیاسپور و گیبسیت به همراه کانی‌های سولفیدی پیریت و پروتیت نیز به عنوان فازهای فرعی در این بخش حضور دارند. کانی بوهمیت به ندرت در جاجرم دیده می‌شود. این بخش از نوع رخساره لاتریتی و بوکسیت کائولینیتی و نوع هوازدگی آن لاتریتی شدن ضعیف است.

الگوی توزیع عناصر نادر خاکی در این بخش مشابه بوکسیت سخت است که می‌تواند نشان‌دهنده تشکیل این بخش در اثر سیلیسی شدن دوباره بخش بوکسیت سخت باشد. وجود کانی‌های سولفیدی پیریت و پروتیت نیز نشان می‌دهد که این بخش تنها ناشی از فرایند هوازدگی نیست و احتمالاً در طی فرایند سیلیسی شدن بوکسیت سخت تشکیل شده اند.

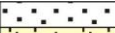
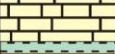
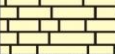
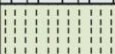
در افق بوکسیت سخت کانی‌های دیاسپور، شاموزیت و آاناتاز به عنوان فاز غالب همراه با کانی‌های سولفیدی و اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن حضور دارند. روتیل نیز در این کانسنگ به وفور دیده شده است. به دلیل وجود روتیل، آاناتاز و اسفن مقدار TiO_2 در نمونه‌های برداشته شده از کانسنگ جاجرم به ۵٪ نیز می‌رسد. حضور شاموزیت به همراه کانی‌های پیریت و پروتیت نشانگر شرایط احیایی محیط تشکیل است. گوگرد کانی‌های سولفیدی در اثر احیای باکتریایی سولفات‌های دریایی و آهن آن از اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن تامین شده است. کانی‌های آهن داری مانند هماتیت، میهمیت (هماتیت با خاصیت مغناطیسی و حاصل هوازدگی یا اکسیدشدن دما پایین اسپینل) و گوتیت مسئول بخش اعظم آهن موجود در آنالیز نمونه‌های برداشته شده از کانسنگ است که در برخی از بلوک‌ها به حدود ۲۰٪ نیز میرسد.

بخش بوکسیت شیلی غالباً از هماتیت و دیکیت و به مقدار کمتر از دیاسپور، آاناتاز و کراندالیت تشکیل شده است. الگوی عناصر نادر خاکی در این بخش مشابه بخش کائولینیت زیرین است که نشانگر خاستگاه یکسان آنها است. بخش کائولینیت زیرین بیشتر از دیکیت، ایلیت، کائولینیت تشکیل شده است.

کراندالیت (فسفات آهن و آلومینیوم) به عنوان کانی شاخص بوکسیت‌های کارستی است و در بوکسیت‌های لاتریتی به مقدار بسیار کم دیده می‌شود (باردوسی، ۱۹۸۲). تشکیل کائولینیت در بوکسیت‌های کارستی به جانشینی دیاژنتیکی کانی‌های آلومینیوم با سیلیس یا آب‌زدایی کانی‌های آلومینیوم آبدار نسبت داده می‌شود.

	Siltstone (F)	
	Quartzite, sandstone, and conglomerate (E)	Js5
	Sandstone, siltstone, and coal seam (D)	Js4
	Siltstone, sandstone, and limestone (C2)	Js3
	Sandstone (C1)	
	Shale, siltstone, sandstone (B)	Js2
	Sandstone (A12)	Js1
	Carboniferous shale with sandstone (A11)	

شکل (۴) تقسیم‌بندی سازند شمشک به واحدهای سنگ چینه‌ای مختلف A تا F بر مبنای تقسیم‌بندی نقشه زمین‌شناسی

Quaternary			Alluvium
Cretaceous			Limestone
Jurassic	Upper		Lar Fm. Limestone
	Middle		Dalichai Fm. Limestone and marl
	Lower		Shemshak Fm. Shale and sandstone
			Bauxite (B horizon)
Triassic	Middle-Upper		Elika Fm. Dolomite and dolomitic limestone
	Lower		Sorkh shale Fm. Bauxite (A horizon)
Carboniferous			Mobarak Fm. Limestone and dolomite
Devonian			Khoshyeilagh Fm. Limestone and shale
			Padeha Fm. Red sandstone

شکل (۵) توالی سنگ چینه‌ای در منطقه جاجرم

سه کانی مهم کانسنگ بوکسیت شامل گیبسیت، بوهمیت، و دیاسپور است. بوکسیت های جوان غنی از گیبسیت هستند که با گذشت زمان و با از دست دادن آب به بوهمیت، دیاسپور و در نهایت به کروندوم تبدیل میشود. بوهمیت، و دیاسپور ترکیب شیمیایی مشابهی دارند و هر دو در سیستم ارتورومبیک متبلور می شوند، اما دیاسپور ساختار ملکولی متراکم تر و پیوندهای اتمی قویتری دارد، از این رو دیاسپور پایداری حرارتی بیشتری دارد. گیبسیت با از دست دادن آب در دمای ۱۹۶-۲۲۰ درجه سانتیگراد به بوهمیت تبدیل می گردد. دیاسپور و دیگر کانی های بوکسیت اگر تحت تاثیر دگرگونی قرار گیرند به کروندوم تبدیل خواهند شد، از این رو کانی بسیار نادری در کانسنگ بوکسیت است. در معادن بوکسیت ایران در دو منطقه البرز و ایران مرکزی دیاسپور کانی اصلی کانسنگ است و بوهمیت فراوانی بسیار کمی دارد و در حد کانیهای کمیاب در آنها حضور دارد. قدیمی بودن کانسنگ بوکسیت در این دو منطقه سبب شده است که گیبسیت در این معادن دیده نشود. وجود کانی های کائولینیت، ایلیت، مونتموریلونیت و شاموزیت که به کانی های آلوموسیلیکاتی معروف هستند در فرآیند بایر راندمان انحلال آلومینا را کاهش و مصرف سود سوزآور را افزایش می دهند. به عبارتی این کانیها توسط سودسوزآور حل می شوند و دو ترکیب سیلیکات سدیم و هیدروکسید آلومینیوم-سدیم تولید می کنند، اما این دو ترکیب با ترکیبات دیگر سدیم مانند کربنات سدیم، سولفات سدیم، آلومینات سدیم، و غیره واکنش می دهند و علاوه بر خروج آلومینیوم از فرایند تولید، باعث مصرف سود و افزایش هزینه های تولید می شوند.

جدول ۱ نتایج آنالیز افق بوکسیت A

نمونه	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	CaO	MgO	LiO	Modulus
J1	۶	۳۵٫۵	۳۹	۴	۰٫۳	۰٫۳	۱۲٫۷	۱٫۰۲
J2	۳۸٫۵	۳۲٫۹	۱۳٫۶	۴	۰٫۸	۱٫۲	۸٫۹	۲٫۴۲
J3	۹٫۷	۳۶	۳۵٫۷	۴	۰٫۴	۰٫۳	۱۲٫۴	۱٫۰۱
J4	۵۵٫۴	۱۶٫۲	۹٫۶	۲٫۶	۶٫۱	۰٫۷	۱۰٫۳	۱٫۶۹
J5	۲۳٫۴	۳۸٫۴	۱۹٫۴	۴٫۴	۱٫۲	۰٫۳	۱۰٫۸	۱٫۹۸
J6	۱۳٫۸	۳۳٫۴	۳۲٫۲	۴	۰٫۵	۰٫۴	۱۴٫۴	۱٫۰۹
J7	۱۸٫۸	۳۷٫۷	۱۵٫۹	۴٫۷	۱	۰٫۴	۱۱	۲٫۳۷
J8	۱۸٫۵	۳۹٫۸	۲۳٫۵	۴٫۸	۰٫۴	۰٫۳	۱۱٫۲	۱٫۶۹
J9	۲۱٫۵	۴۳٫۹	۱۰٫۵	۵٫۴	۴٫۷	۰٫۲	۱۳٫۴	۴٫۱۸
J10	۱۱٫۳	۳۱٫۹	۳۴٫۶	۴	۳٫۶	۰٫۲	۱۳٫۸	۱٫۰۵
J11	۱۸٫۸	۳۲٫۹	۲۶٫۷	۴٫۱	۴٫۱	۰٫۱	۱۳	۱٫۲۳
J12	۱۰٫۶	۳۶٫۳	۳۱٫۴	۴٫۳	۱٫۲	۰٫۲	۱۳٫۷	۱٫۱۴
J13	۱۸٫۸	۴۰٫۱	۲۱٫۷	۵٫۷	۱	۰٫۳	۱۰٫۳	۱٫۸۵
J14	۱۴٫۱	۳۴٫۲	۳۰	۳٫۶	۰٫۳	۰٫۲	۱۵٫۴	۱٫۱۴
J15	۱۶٫۶	۳۷٫۳	۲۴٫۸	۴٫۳	۲	۰٫۳	۱۲٫۷	۱٫۵
J16	۳۰٫۴	۳۴٫۴	۱۶٫۱	۴٫۳	۰٫۶	۱٫۴	۱۲٫۳۹	۲٫۱۴
J17	۲۸٫۶	۴۰٫۹	۱۲٫۳	۵٫۲	۰٫۶	۰٫۸	۱۱٫۳	۳٫۳۳
J18	۳۸٫۸	۳۱٫۳	۱۳٫۳	۶٫۱	۰٫۵	۱	۹	۲٫۳۵
J19	۱۳٫۷	۴۱٫۹	۲۴٫۵	۵	۰٫۴	۰٫۵	-	-

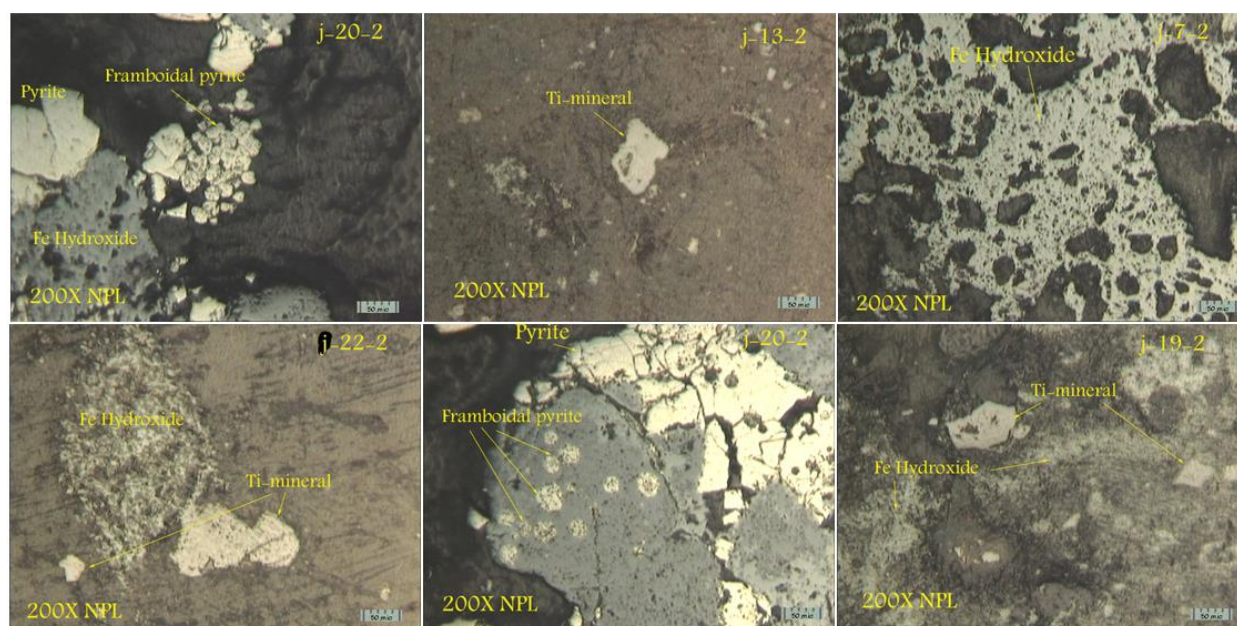
جدول ۲ نتایج بررسی های کانی شناسی به روش پراش پرتو ایکس XRD در کانسار جاجرم

بخش بوکسیتی	کانی های اصلی	کانی های فرعی
کائولینیت بالایی	دیکیت، کائولینیت	هالوئیز داسپور، آاناتاز، کانکرنیت، هماتیت، کلسیت، کوارتز، گیبسیت، اپلیت، دولومیت، پیریت، پروتیت
بوکسیت سخت قرمز	داسپور، آاناتاز	هماتیت، میهمیت، بوهمیت، کانکرنیت، کوارتز، کائولینیت
بوکسیت سخت خاکستری	داسپور، شاموزیت، آاناتاز	اپلیت، کانکرنیت، گیبسیت، هماتیت، میهمیت، کلسیت، پروتیت، دولومیت، پیریت
بوکسیت شاموزیتی	شاموزیت، آاناتاز، داسپور	هماتیت، گوتیت، میهمیت، اپلیت، پروتیت، کلسیت
بوکسیت سخت سفید	داسپور	آاناتاز، هالوئیزیت، کوارتز
بخش پایینی بوکسیت سخت	شاموزیت، آاناتاز	داسپور، پروتیت، هماتیت، کلسیت، کراندالیت، گوتیت، میهمیت، کانکرنیت
بوکسیت شیلی	دیکیت، آاناتاز، میهمیت، هماتیت، داسپور	کراندالیت، کائولینیت، هالوئیزیت، اپلیت، کانکرنیت، کلسیت، هالیت، دولومیت، کوارتز
کائولینیت زیرین	دیکیت، کائولینیت	هالوئیزیت، اپلیت، داسپور، آاناتاز، کراندالیت، کوارتز، هماتیت، میهمیت

۴- بیان مسئله و بحث

نتایج آنالیزها مطالعه فازهای کانی شناختی بوکسیت بر اساس XRD نشان داد که بوکسیت جاجرم از نوع دیاسپوریک بوده و مقداری شاموزیت به عنوان کانی فرعی و بوهمیت به صورت کمیاب آن را همراهی می‌کند. مهمترین کانی سیلیکاته همراه بوکسیت کانی کائولین به صورت سیلیکات فعال همراه با مقداری کوارتز به عنوان سیلیس غیر فعال است هماتیت به عنوان کانی اولیه آهن دار در جایگاه دوم قرار دارد با این کانی مقدار کمی گوئیت و سیدریت به عنوان کانی ثانویه مشاهده می‌شود. کانی اصلی تیتانیوم در بوکسیت جاجرم آنازاس است که مقدار کمی روتیل با آن دیده می‌شود. کانیهای کلسیت میکا دولومیت، پیریت ایلیت، هالوزیت، کوارتز کاراندالیت زیرکن و ژئیس نیز به صورت کمیاب دیده میشود مطالعه فازهای بوکسیت نشان میدهد که شاموزیت جاجرم از نوع برهیرین یا شاموزیت B است و مقداری شاموزیت A آن را همراهی می‌کند. در این ترکیبات ۲ تا ۶ درصد آهن به وسیله آلومینیوم جانشین شده و موجب تشکیل آلوموگوئیت و آلوموهماطیت شده است بر اساس مطالعات انجام شده به طور کلی در نمونه هایی که در صد اکسید آلومینیوم بیش از ۱۵۸ است ۵۴،۳۹ در صد آن در ساختار دیاسپور ۳،۱۶ در صد در ساختار کائولین و ۰،۹۴ درصد در ساختار توپاز جای دارد از مجموع ۱۴،۷ اکسید آهن ۱۲ آن به صورت هماتیت و ۲،۷٪ به صورت گوئیت است و از مجموع ۶ اکسید تیتانیوم آنازاس ۵ و روتیل ۱ است در صورتی که از مجموع ۱۵،۷۸ اکسید سیلیسیم ۳،۷۲ در ساختار کائولین و ۱،۵ در صد به صورت کوارتز و باقیمانده در ساختار توپاز جای گرفته است. در کانسار بوکسیت جاجرم بلورهای دیاسپور گاهی کاملاً بزرگ در طی دیاژنز، اپی ژنتیک و باز تبلور بلورهای ریزتر حاصل شده اند. در این کانسار اندازه اغلب ذرات سازنده زمینه کانسنگ ۱ تا ۲۰ میکرون است، اما برخی بلورهای دیاسپور ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر قطر دارند. افزایش عمق تدفین همراه با فشارهای تکتونیکی موجب افزایش شدت باز تبلور و ایجاد بلورهای بزرگ شده است. دگرگونی نیز این امر را تسهیل نموده است. البته انواع ذرات مدور تخریبی مانند اینتراکلاستها و دیاژنزی مانند اووئیدها و پیزوئیتها موجود در کانسنگ دارای ابعاد بسیار متنوع از چند ده میکرون تا چند میلیمتر هستند. به طور کلی اندازه اغلب ذرات سازنده بوکسیت جاجرم در حین تشکیل در حوضه منشاء یا حفرات کارستی در حد کلونیدی بوده و ذرات بزرگتر اغلب به صورت ثانویه، در طی فرایند باز تبلور یا بازکاری کانسنگ ایجاد شده اند. بافتهای اووئیدی، پیزوئیدی، شبه برشی و کلوفرمی در کانسنگ بوکسیت جاجرم دیده می‌شود که از شواهد تشکیل کانسنگ به صورت برجاست. بافت های اووئیدی و پیزوئیدی فراوان ترین بافتهای موجود در کانسنگ است که دارای خاستگاه دیاژنتیکی می باشد. اووئیدها و پیزوئیدهای دارای نواربندی ظریفی از کانی های کائولینیت- هماتیت و دیاسپور- پیریت- گوئیت است که نشان دهنده نوسانهای اقلیمی در فصول خشک و مرطوب است. بافت شبه برشی نشان دهنده نیروهای فشارشی، آبدهی کلونیدی و باز تبلور است. بافت کلوفرمی نشانگر جدایش آهنگین هماتیت از ژل

آلومینوسیلیکاتی است. بافت آرنایتی که از قطعات بوکسیت آواری با اندازه ۶۰۰ تا ۲۰۰۰ میکرون تشکیل شده است وجود قطعات بیضوی و گرد شده با ساختار درونی همین که پلت نامیده میشود، پیزوئیدها و اووئیدهای خرد شده و با اندازه و شکل متفاوت، قطعات سنگی خرد شده، حضور بوهیمیت و لایه بندی متقاطع از شواهد نابرجا بودن بوکسیت کارستی در کانسار جاجرم است. به طور کلی باید گفت شواهد بافتی دلالت بر هر دو خاستگاه برج و نابرجا برای بوکسیت جاجرم دارد. کانه زایی بوکسیت ناشی از فرآیندهای هوازدگی است و کانسنگ آن فاقد هاله ژئوشیمیایی است. از این رو روش های ژئوشیمیایی کاربردی در اکتشاف ذخایر بوکسیت ندارد. از طرف دیگر کانسنگ بوکسیت فاقد خواص فیزیکی منحصر به فرد یا متمایز از سنگ میزبان است، در نتیجه روشهای ژئوفیزیک خاص اکتشاف بوکسیت نیز وجود ندارد. اما میتوان از روشهای ژئوفیزیکی استفاده کرد که تا حدی بتواند ساختارهای میزبان کانسنگ را مشخص نماید یا واحد بوکسیتی را از سنگ میزبان تفکیک نماید.



شکل (۶) مقاطع صیقلی و نازک نمونه ماخوذه از معدن بوکسیت جاجرم

تشکر و سپاس‌گزاری

این مقاله حاصل رساله دکتری بوده که آزمایشات آن در "مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران" انجام و هزینه‌های آن توسط "شرکت آلومینای ایران" وابسته به "سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران" پرداخت شده است. نویسندگان از مدیران عامل محترم مجموعه‌های فوق جناب آقای مهندس مجید وفایی فرد، جناب آقای مهندس تورج زارع و جناب آقای دکتر خداداد غریب‌پور بابت حمایت‌های مادی و معنوی از این تحقیق کمال سپاسگزاری را دارند.

نتایج

۱- به طور کلی دو نوع بوکسیت در کانسار جاجرم وجود دارد یکی بوکسیت نرم یا شیلی با لمس صابونی همراه با اثرهای لایه بندی که هماتیت و کائولین ترکیبات اصلی آن است و از مقدار کمی اکسید آلومینیوم برخوردار است دیگری بوکسیت سخت دیاسپوری با لمس بسیار زیر که بخش اصلی کانسار را تشکیل می‌دهد.

۲- فرایندهای زمین شناسی و زمین ساختی در منطقه جاجرم با فشار و دمای نسبتاً بالایی همراه بوده است. این فرایندها شرایط تشکیل بوکسیت دیاسپوریک را به جای بوهمیت و گیبسیت فراهم کرده است. در ذخایری که تحت تأثیر زمین ساختی شدید قرار گرفته باشند مانند جاجرم درصد دیاسپور به مراتب زیادتر از دیگر کانیهای بوکسیتی است. از مشخصات بارز دیاسپور رخ آن است دیاسپور نتیجه عمل دینامومورفیسم یا زمین ساختی شدید است ولی کروندوم در نتیجه دگرگونی شدیدتر به وجود می‌آید بوکسیت دیاسپوریک ایالت میسوری آمریکا را نتیجه فشار و گرما بر روی کائولینیت و ایلیت میداند. کارستها محیطهای بسیار مناسبی را برای تشکیل بوکسیت‌هایی با ذخیره بالا و آلومینای بین ۵۰ تا ۶۰ درصد را فراهم کرده است. فازهای اصلی در کانسار بوکسیت جاجرم عبارتند از دیاسپور با بافت میکروگرانولار پلئیتومورفیک هماتیت شاموزیت کائولینیت و کانیهای تیتانیوم که با یک رشته از کانیهای ثانویه نیز همراهی میشوند.



منابع

- Walter, A.V., Nahon, D., Flicoteaux, R., Girard, J.P., Melfi, A., 1995. Behaviour of major and trace elements and fractionation of REE under tropical weathering of typical weathering of typical apatite-rich carbonatite from Brazil. *Planetary Science Letters* 303, 591- 601.
- Wang, Q., Deng, J., Liu, X., Zhang, Q., Sun, S., Jiang, C., Zhou, F., 2010. Discovery of the REE minerals and its geological significance in the Quyang bauxite deposit, West Guangxi, China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 1- 41.
- White, A.F., Bullen, T.D., Schultz, M.S., Blum, A.E., Huntington, T.G., Peters, N.E., 2001. Differential rates of feldspar weathering in granitic regoliths. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 65, 847- 869.
- Wimpenny, J., Gannoun, A., Burton, K.W., Widdowson, M., Jamed, R.H., Gilason, S.R., 2007. Rhenium and Osmium isotope and elemental behaviour of India. *Earth and Planetary Science Letters* 261, 239- 258.
- Winchester, J.A., Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology* 20, 325- 343.
- Yalcin, N., Sevinc, V., 2000. Utilization of bauxite waste in ceramic glazes. *Ceramics International* 26, 485- 493.