مطالعه زمين شناسي، كاني شناسي و محيط ژئوتكتونيكي بوكسيت گوش كمر، ازبك كوه در شرق ايران

حبيب ملائي و حبيب ا.. ترشيزيان

گروه زمين شناسي دانشگاه آزاد اسلامي مشهد

چكيده

بوكسيت گوش كمر در ايران مركزي شمال شرق عشق آباد و به فاصله ۴۹ كيلومتر از بخش دستگردان و در محدوده شهرستان طبس واقع شده است. اين بوكسيت بصورت ناوديسي منظم است كه در جهت شمال- جنوب امتداد دارد. آهكهاي سازند بهرام سنگ بستر ماده معدني را تشكيل مي‌دهد. بوكسيت به صورت لايه‌اي ، عدسي و يا حفرات پر شده كارستهاي كوچك در داخل سازند بهرام تجمع يافته است، بطوري كه ضخامت آن در برخي نقاط به ۱۵ متر نيز مي‌رسد. رنگ بوكسيت روي زمين و نمونه‌هاي دستي، به رنگهاي قرمز ـ قرمز روشن تا تيره در تغيير است. اين نهشته داراي همبري مشخص با سنگهاي بستر و پوشش مي‌باشد. هدف از اين مطالعه درک كاني‌شناسي و محيط ژئوتكتونيكي بوكسيت گوش كمر است. بدين منظور بافت بوكسيت توسط مقطع نازك و شناخت كاني‌شناسي آن به وسيله اشعه ايكس صورت گرفته است. مطالعات مقاطع نازك بوكسيت گوش كمر بافت پليتومورفيک، ميكروگرانولار همراه با مقداري بافتهاي ثانويه در بعضي نمونه‌ها نشان مي‌دهد. پيزوليت‌هاي متحدالمركز خيلي محدود بوده و فقط در بعضي نمونه‌ها كه مراحل پيشرفته‌تري از بوكسيت‌زائي را طي نموده‌اند، قابل مشاهده است. براساس نتايج حاصل از مطالعه پراش اشعه x، بوكسيت گوش‌كمر از نوع گيبسيتي $Al(OH)_3$ مي‌باشد كه بعضي مواقع با كاني بوهميت همراه است. ديگر كانيهاي همراه شامل كائولينيت ($Al_2Si_2O_5$)، هماتيت (Fe_2O_3) همراه با مقداري گوتيت $FeO(OH)$ و آناتاز (TiO_2) به عنوان مهمترين كاني تيتانيم دار، كه با مقداري روتيل(TiO_2) همراه است, مي‌باشد. از نظرطبقه‌بندي بوكسيت گوش كمر در محدوده رس بوكسيتي قرار مي‌گيرد. مطالعات ژئوتكتونيكي نشان مي‌دهد كه بوكسيت گوش‌كمر در محيط حاشيه فعال قارهاي تشكيل شده است و وجود كانيهاي محيط اكسيدي بيان كننده يک محيط نزديک به ساحل مي‌باشد.

واژه‌هاي كليدي: زمين‌شناسي بوكسيت, كاني‌شناسي بوكسيت, بافت بوكسيت, ژئوتكتونيك بوكسيت, بوكسيت گوش كمر، بوكسيت ايران.

مقدمه

نهشته‌هاي بوكسيتي در شرايط آب و هواي گرم حاره‌اي تشكيل مي‌شوند و معمولاً به اشكال مختلف ديده مي‌شوند. بوكسيتهاي كارستي در جهان معمولاً در مناطق معيني متمركز شده‌اند. اين تمركز باعث شده كه بوكسيت‌هاي كارستي بيشتر مورد مطالعه قرار گيرند. مناطق داراي اين نوع بوكسيت را به نام مناطق بوكسيت كارستي, شناسائي و نامگذاري كرده‌اند (Bardossy, 1982). اين مناطق عبارتند از: ۱. منطقه ايران و هيمالايا (از شرق تركيه، ايران، افغانستان تا پاكستان) ۲. منطقه اورال و سيبري (آسياي مركزي) ۳. منطقه شرق آسيا (ويتنام، كامبوج، چين) ۴. منطقه مديترانه (سواحل شمالي مديترانه) ۵. منطقه اقيانوسيه (جزاير غرب اقيانوس آرام) ۶. منطقه آمريكاي شمالي ۷. منطقه كآرايب (جزاير سواحل درياي كآرايب). بوكسيتهاي كارستي بيشتر در نيمكره شمالي و تا حدود مدارهاي ۷۰ درجه واقع شده‌اند درحالي‌كه بوكسيتهاي لاتريتي تا حدود ۲۰ درجه جنوبي گسترش دارند. نكته مهم آن است كه بوكسيتهاي لاتريتي مي‌توانند در منطقه كارستي قرار داشته باشند ولي بوكسيتهاي كارستي به هيچ وجه در منطقه لاتريتي ديده نمي‌شوند و علت آن ويژگي شرايط تشكيل بوكسيت كارستي و منشاء آن مي‌باشد. بوكسيتهاي مطالعه شده ايران بدون توجه به منشاء آنها غالباً داراي بستر دولوميتي همراه با كارست مي‌باشند. در اين تحقيق سعي شده است ضمن تحليل زمين‌شناسي وكاني‌شناسي، محيط تكتونيكي بوكسيت گوش‌كمر مورد مطالعه قرار گيرد.

روش تحقيق

مطالعات در دو بخش صحرايي و آزمايشگاهي انجام گرفته است. مطالعات صحرايي شامل شناسايي كلي منطقه، مطابقت پديده‌هاي زمين‌شناسي با نقشة اوليه تهيه شده از عكسهاي هوايي و در نهايت تهيه نقشة زمين‌شناسي همراه با توصيف تكتونيكي منطقة با مقياس ۱/۲۰۰۰۰ است. همزمان با مطالعات فوق نمونه برداري از برونزدهاي بوكسيت با توجه به شرايط زمين‌شناسي و ليتولوژي آن انجام و محل دقيق نمونه‌ها با استفاده از دستگاه GPS مشخص شده است ليكن بدليل محدود بودن وسعت كارستها و لنزها در كانسار، در برخي از مواقع موقعيت نمونه‌ها در نقشه بر يكديگر منطبق و يا بسيارنزديک به يكديگر مي‌باشند. مطالعات آزمايشگاهي شامل تهيه مقطع نازك از سنگها به منظور مطالعه پتروگرافي و بافت بوكسيت در گروه زمين شناسي دانشكده علوم دانشگاه آزاد اسلامي مشهد انجام گرفت. آناليز XRD با دستگاه اشعه ايكس (ساخت شركت فليپ) مدل Cu tube & X pert، و آناليز شيميايي توسط دستگاه فلورسانس اشعه ايكس ساخت شركت philips. مدل Pw 2400 درمركز تحقيقات بينالود انجام گرديده است. هدف ازXRD نمونه‌ها شناخت كانيهاي تشكيل دهنده بوكسيت وآناليزشيميايي تعيين ميزان عناصراصلي و فرعي و كمياب بوده است. داده‌هاي فوق به وسيله نرم افزارهاي مختلف از جمله Excel, Minitab, Spss وغيره پردازش گرديده است.

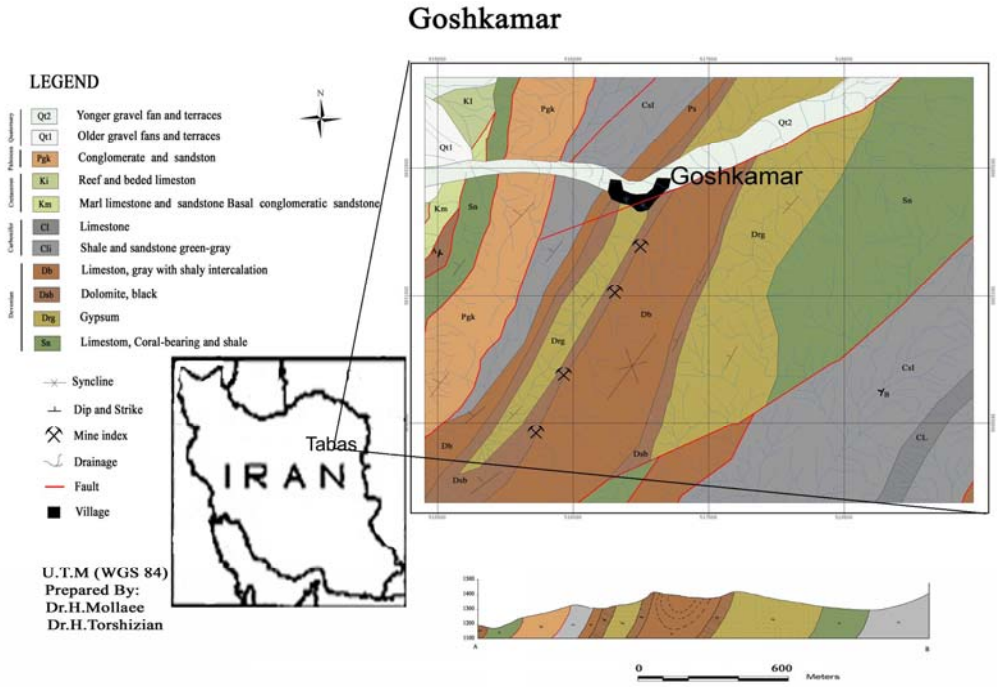
زمين شناسي و چينه شناسي گستره مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ايران مركزي در شهرستان طبس و در شمال خاوري شهرستان عشق آباد در بخش دستگردان و به فاصله ۴۹ كيلومتري از آن واقع شده است. محدوده مورد مطالعه در نقشه توپوگرافي فردوس برگ Ni40-7 و در نقشه زمين‌شناسي ۱/۱۰۰۰۰۰ ازيك كوه تهيه شده توسط (Ruttner et al.1970) واقع است. براساس مطالعات چنه‌شناسي (et al, 1968. and Stockline

(Ruttner et al,.1991) سازند نيور و پاده‌ها (سيلورين بالايي- ديونين پاييني) به نام گروه گوش كمر و سازندهاي آهكي بهرام، شيشتو و سردر (ديونين- كربونيفر پيشين) جزو گروه ازبك كوه مي‌باشند. گروه ازبک کوه و در ادامه رشته كوههاي شتري در ايالت زمين‌ساختي ايران مركزي است. اين محدوده بصورت كوهستان از خاور به كوير بجستان و از باختر به كوير مركزي ايران مربوط مي‌گردد. كانسار بوكسيتي گوش كمر از ديدگاه زمين شناسي به شكل يك ناوديسي منظم است كه در جهت شمال- جنوب امتداد دارد. در هسته اين ناوديس سنگهاي متعلق به ژوراسيك متشكل از شيل و ماسه‌سنگهاي نسبتاً سست قرار دارد. سپس در همبري نهشته‌هاي يادشده كانسار بوكسيت در دو يال باختري و خاوري ناوديس ديده مي‌شود شكل (۱). با توجه به مطالعات انجام شده در اين منطقه سازند شيلي زايگون كه در جنوب خاوري منطقه مورد مطالعه واقع گرديده، قديمي‌ترين رخنمون سنگي در اين منطقه است.

(Stockline et al., 1991., Stockline & Setudehnia 1991). ضمن اينكه واحدهاي سنگي جوانتر به ترتيب شامل سازند لالون (كامبرين پيشين)، سازند نيور (سيلورين)، سازند پادها (دونين پيشين)، سازند سيبزار (دونين مياني)، سازند بهرام (دونين مياني)، سازند شيشتو (دونين بالائي)، سازند سردر (كربنيفر)، كنگلومراي كرمان (پالئوژن) و رسوبات كواترنري است (شكل ۲). سنگ بستر بوكسيت را سازند بهرام تشكيل داده و در منطقه مورد مطالعه توسط رسوبات سازند شيشتو و سردر پوشيده شده است.

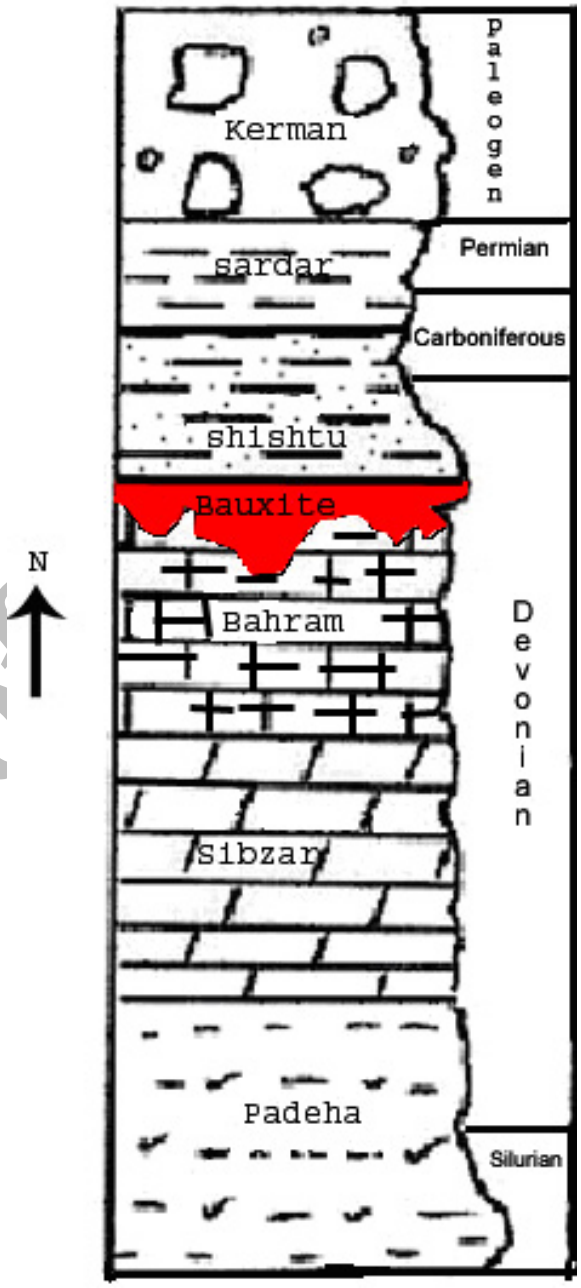
بنابر گزارش Ruttner et al. (۱۹۶۸)، سازند بهرام نام خود را از سرتخت بهرام، در جنوب ازبك كوه گرفته است. سنگ آهک بهرام شامل ۳۰۰ متر سنگ آهكهاي آبي ـ خاكستري و سياه است كه به طور محلي گرهكهايي در ميان لايه‌هايي از شيلهاي مارني تيره رنگ دارد. مرز زيرين سازند بهرام با دولوميتهاي سيبزار تدريجي است. بازوپايان، مرجان ها، كنودونتها و اندكي خرده‌هاي تريلوبيت، سنگواره‌هايي هستند كه تعلق سازند آهكي بهرام را به اشكوبهاي ژيوسين (دونين مياني) - فرازنين (دونين پسين) مسجل مي‌سازند (Yazdi, 1998 , آقانباتي،۱۳۸۳). در سنگ آهكهاي منسوب به سازند بهرام، كانسارهاي چينه‌اي سرب، روي و باريم گزارش شده است (Wauschkuhn, et al 1983). با توجه به آنكه در محدوده مورد مطالعه سنگ بستر ماده معدني را سنگهاي آهكي سازند بهرام تشكيل مي‌دهد، لذا سن تشكيل بوكسيت مي‌تواند بعد از دونين مياني ـ پسين باشد. شكل ۳ سنگ بستر را نشان مي‌دهد. سنگهاي كربناته بهرام در سطح فرسايشي به رنگ خاكستري تيره تا روشن و در مقطع شكستگي به رنگ خاكستري تيره است. همچنين اين آهكها در بعضي مواقع حاوي رگچه‌هاي كلسيتي و نودولهاي چرتي سياه رنگ بوده و بافت ميكرايتي تا ميكروكريستالين را نشان مي‌دهد كه گاهي داراي تبلور مجدد مي‌باشند. اين سنگهاي كربناته در مجاورت بوكسيت به دليل نفوذ محلولهاي آهن سه طرفيتي و آغشته شدن با تركيبات آهن دار به شدت تغيير رنگ داده و به رنگهاي كرم تا قرمز تيره ديده مي‌شود. اين تغيير رنگ به حدي شديد است كه امكان تشخيص آنها از بوكسيت را بدون انجام آزمايش مشكل ساخته است. سنگ بستر در بعضي نقاط تحت تاثير شديد هوازدگي و فرسايش قرارگرفته‌اند و اشكال صخره‌اي تا پلكاني و گاه حفره‌هاي نسبتاً بزرگ را پديد آورده است. در داخل حفرات كارستي اين آهكها در مجاورت ماده معدني و در برخي نقاط در كارستهاي بوكسيتي، ماده معدني بوكسيت و



شكل ١- نقشه زمين‌شناسي منطقه مورد مطالعه همراه با موقعيت كانسار بوكسيت گوش كمر. با تغييراتي بعد از روتنر و ديگران (١٩٧٠)

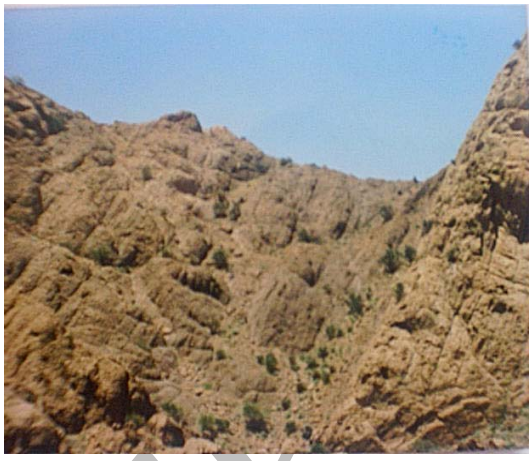
رسهاي آلومين دار همراه با تركيبات آهن ديده مي‌شوند. كارستي شدن سنگهاي كربناته بهرام بر اثر هوازدگي فيزيكي و به دنبال آن وقوع هوازدگي شيميايي اتفاق افتاده است. هرچند كارستهاي ايجاد شده بسيار عميق نيستند ولي توانسته‌اند نقش يك ظرف را به عنوان محل تجمع مواد بوكسيتي فراهم كنند. وجود افق‌هاي آهن‌دار پراكنده قبلا در منطقه گزارش شده است (Yazdi, 1998) پارامترهاي كنترل كننده كارستي شدن در منطقه عبارتند از: ١. ماهيت سنگ بستر ٢. فرآيندهاي تكتونيكي ٣. شدت هوازدگي، زهكشي و مدت زماني‌كه سنگ كربناته در معرض هوازدگي قرار داشته است. علاوه بر موارد فوق فعاليتهاي بيولوژيكي را نيز نبايد فراموش نمود (Georgeta, 1993).

بوكسيت به صورت لايه و عدسي‌هاي غيرپيوسته و يا بصورت حفرات پركننده كارستهاي كوچك تا متوسط روي سازند كربناته بهرام (دونين پسين) تجمع يافته‌اند بنحوي‌كه ضخامت آنها بين ٥ تا ١٥ متر در تغيير بوده و به علت فرسايش سنگ پوشش و حمل آنها از محيط رخنمون پيدا كرده است. ابعاد عدسي‌هاي بوكسيتي متغير مي‌باشد بنحوي‌كه بزرگترين آنها به ضخامت ١٠ متر و طول ٢٥ و عرض ٦ متر و ديگري به ضخامت ١٢/٥ متر و عرض ٢ متر و طول ١٥ متر است. كوچكترين عدسي به ابعاد ٤×٥×٥ متر مي‌باشد. شكل ٤ تصاوير رخنمون و رنگ ماده معدني و شكل ٥ تصوير شماتيک بوكسيت و سنگ بستر را در روي زمين نشان مي‌دهد. در مجموع شش عدسي بوكسيت در منطقه مشاهده شد كه بيشتر آن برداشت شده و يا در حال استخراج ميباشند. عدسي هاي استخراج شده همگي يک همبري نسبتاً مشخص را با



شكل ۲- تصوير شماتيك واحدهاي سنگي در برگيرنده بوكسيت بر اساس مشاهدات صحرايئ (بدون مقياس)

سنگ بستر نشان مي‌هند ولي به علت نفوذپذيري سنگهاي كربناته و براثر نفوذ محلولهاي آهن تا حدود بيش از يـک متر كاملاً تغيير رنگ داده و قرمز رنگ شده‌انـد. بوكـسيت در روي زمين و نمونه‌هاي دستي، به رنگهاي قرمز ـ قرمز روشن تا تيره درحال تغيير است. بوكسيت گـوش كمـر از نظر ظاهري داراي لمس نسبتاً زبرتا صابوني مي‌باشد و در مقايسه بـا بوكـسيتهاي شـيلي جـاجرم كـه كـاملاً لمـس صابوني هستند سخت‌تر ولي از بوكسيتهاي سخت جاجرم به مراتب نرمتر مي‌باشند و از فشردگي بسيار كم برخوردار مي‌باشد بنحويكه گاهي تهيـه مقطـع از آنهـا امكـان پـذير نمي‌باشد (ملائي وهمكاران ۱۳۷۱، ملائي ۱۳۷۳ و Mollai 1994). از نظـر فيزيكـي تقريبـاً شـبيه بوكـسيتهاي منطقـه كياسر(شهرياري, ۱۳٦۲) و بوكـسيتهاي درجـه دو منطقـه جهان آباد، كال جعفرآباد (قصراني ۱۳۷٤) ميباشند. به طور كلي سختي ماده معدني در فواصل مختلف متغير اسـت و لايه‌هائي با سختي بيشتر به ميـزان كـم در برخـي قـسمتها مشاهده مي‌گردد ولي در بعضي مناطق بخصوص در سطح به علت هوازدگي زياد با يک يا دو ضربه چكش به راحتي خرد مي‌شوند. درحاليكه سنگ هاي كربناته درمنطقه آباده كه به فاصله ۱۰ كيلومتري شمال بوكسيت گوش كمر واقع شده اسـت بزرگتـرين ذخـاير نـسوز ايـران را بـا اكـسيد آلومينوم بالاي ۵۰% تشكيل مي‌دهد و كانيهـاي آن شـامل دياسپور، بوهميت و االيت مـي‌باشـند (Yazdi et al. 1998). با توجه به فاصـله كـم ايـن دو كانـسار از يكـديگر، ايـن تفاوت كيفي نشان دهنده شرايط متفـاوت فيزيكوشـيميايي دو كانسار مي‌باشد. بـا توجـه بـه مطالعـات انجـام گرفتـه ذخاير بوكسيت گوش كمر كـه بـر روي سـنگهاي آهكـي سـازند بهـرام قـرار گرفتـه، از نـوع بوكـسيت كارسـتي Bardossy (1982)و Patterson (1984) مي‌باشد. ضمن اينكه بخش عمده‌اي از واحدهاي منطقه گوش كمر مانند سازند سيبزار، بهرام و شيشتو معرف زمان دونين مياني تا بـالايي در ايران مركزي هستنـد كـه معـرف محـيط فـلات قـاره اي تا نسبتـاعميق

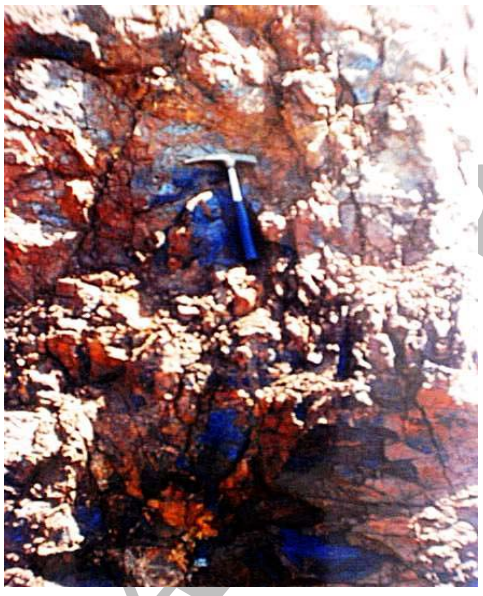


الف

ب

شکل ۳- (الف)رخنمون سنگ بستر بوکسیت (سازند بهرام),
(ب) سنگ بستر بوکسیت بعد از برداشت بوکسیت و ظاهرشدن کارست

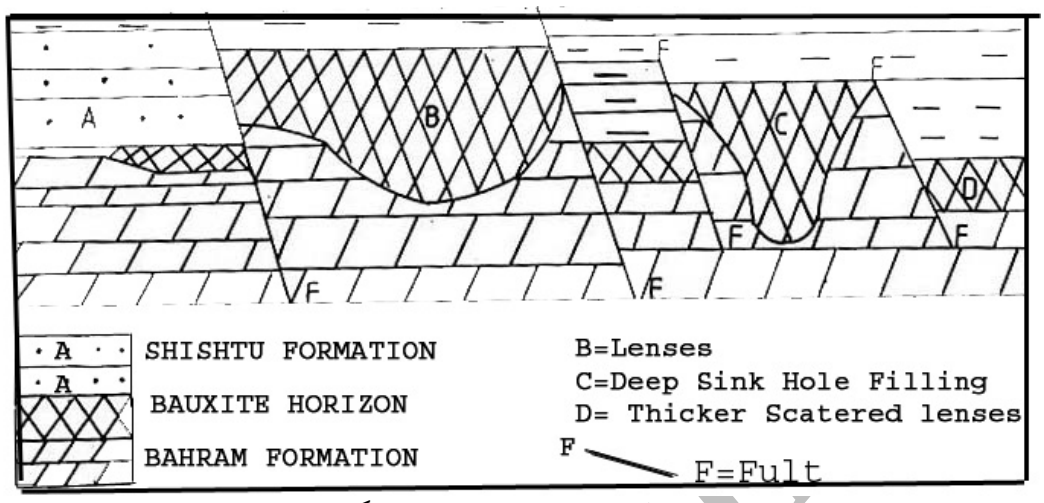
الف



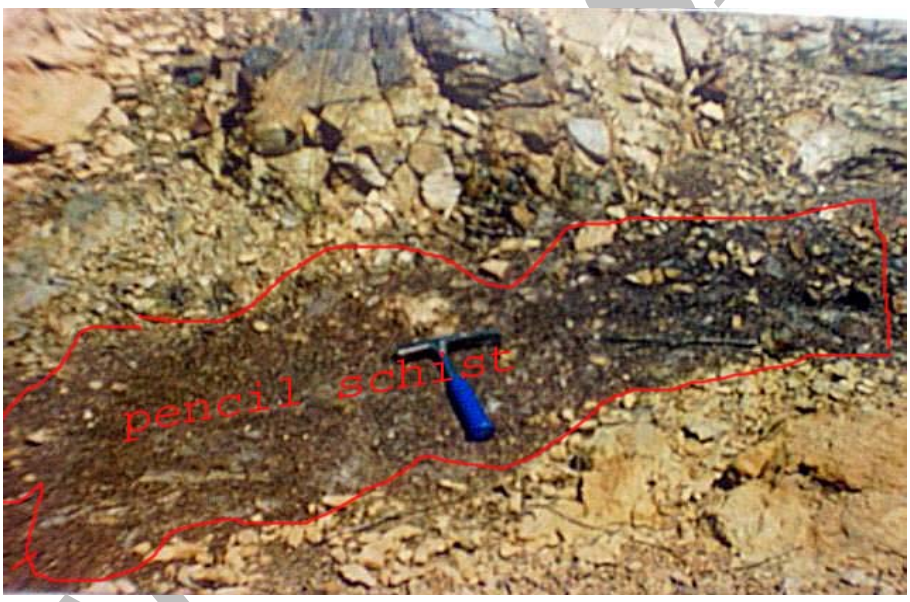
ب

شکل ٤- تصاویرالف و ب رخنمون بوکسیت روي زمین را با طیفهاي مختلف رنگ قرمز نشان مي‌دهد

مـي‌باشـند (Yazdi, 1999). در کانـسارهاي بوکـسيتي اگـر توقف رسوبگذاري بعد از تشکيل بوکسيت صورت گيـرد مرز بين بوکسيت و سنگ پوشش کاملاً مشخص مي‌باشـد اما در حالتي کـه رسـوبگذاري بعـد از تـشکيل بوکـسيت تداوم داشته باشد مرز بين سـنگ پوشـش و بوکـسيت بـه صورت تدريجي و انتقالي خواهد بود. با توجه به اينکه در بيشتر نواحي ايران مرکزي همانند بخشهاي شمالي ايـران، رسوبـات کربونيفر در تداوم با نهشته‌هـــاي دونين بالايـي



شكل ٥- تصوير شماتيك بوكسيت و سنگ بستر



شكل ٦- شيستهاي مدادي تغيير رنگ يافته به دليل آغشته شدن به محلول آهن.

است. ولي در منطقه گوش كمر وجود رسوبگذاري بوكسيت حكايت از يك ناپيوستگي دارد. سنگ پوشش ماده معدني را سازند شيشتو شامل شيل و آهك‌هاي ماسه‌اي تشكيل مي‌دهد. در محدوده مورد مطالعه هيچگونه رابطه‌اي بين ماده معدني بوكسيت و سنگ پوشش ديده نمي‌شود و سازند شيشتو شامل شيلهاي مشكي نسبتآ فشرده شده و رگه‌هاي زغالي بطور بين لايه‌اي فقط در محدوده شمالي كانسار ديده مي‌شود. اين سازند به علت هوازدگي در اكثر نقاط از روي بوكسيت حمل گرديده است فقط شيستهاي مدادي قرمز رنگ روي سازند بهرام كه به دليل وجود تركيبات آهني تغيير رنگ داده‌اند در بعضي جاها ديده مي‌شوند (شكل ٦).

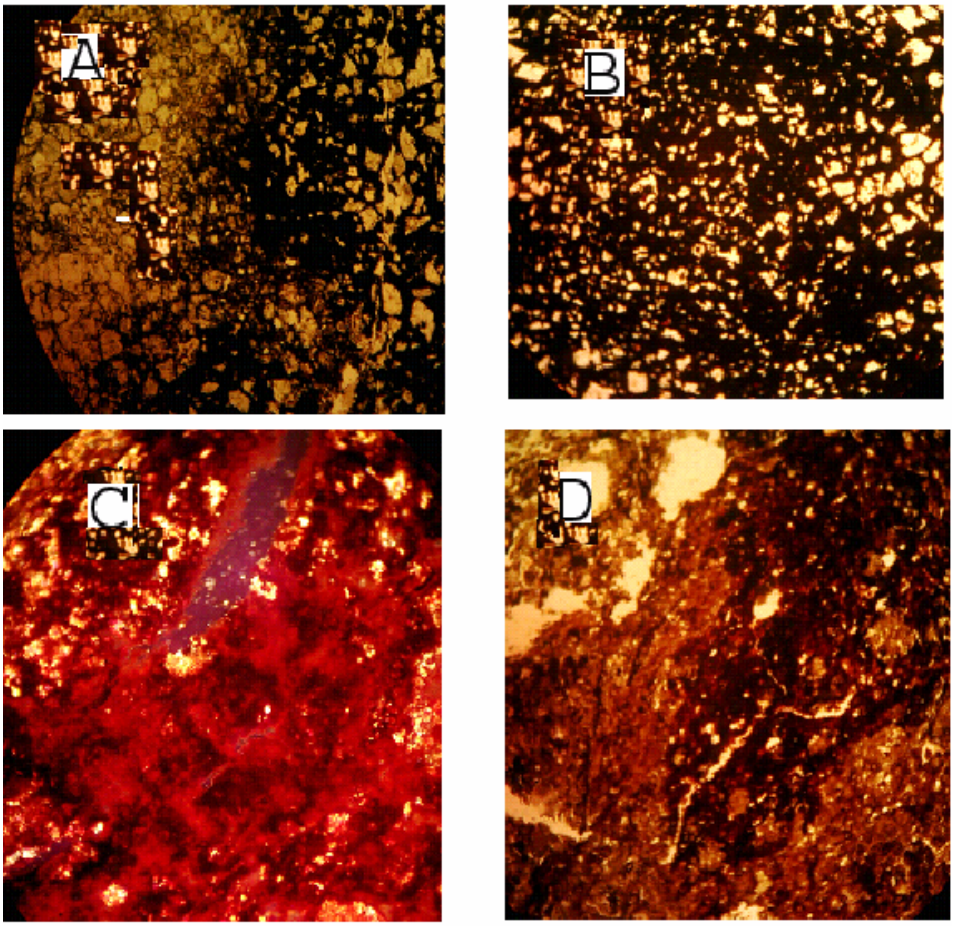
جدول ۱- نتايج تجزيه شيميائي اكسيدهاي اصلي بوكسيت گوش كمر كه به روش فلورسانس اشعه ايكس انجام شده است.

S.NO.	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	MnO	P_2O_5	LoI
1	23.36	35.35	37.37	3.23	0.25	0.19	0.13	0.2	0.02	0.08	10.15
2	23.69	35.65	32.1	3.25	0.31	0.13	0.12	0.2	0.02	0.08	11.2
3	23.54	34.80	30.58	3.36	0.32	0.15	0.11	0.12	0.02	0.09	12.23
4	24.56	35.98	37.97	3.35	0.22	0.13	0.12	0.18	0.03	0.09	9.95
5	24.69	36.12	34.52	3.65	0.21	0.14	0.13	0.32	0.03	0.09	12.56
6	24.58	35.94	34.62	4.52	0.26	0.15	0.16	0.12	0.03	0.09	12.31
7	24.67	36.32	37.45	4.28	0.3	0.15	0.15	0.2	0.02	0.09	11.25
8	25.36	36.54	36.8	4.68	0.18	0.09	0.1	0.35	0.04	0.1	10.15
9	25.54	36.56	36.2	4.56	0.19	0.08	0.11	0.32	0.05	0.1	11.2
10	25.94	36.98	35.87	4.9	0.19	0.07	0.1	0.4	0.05	0.11	12.23
11	30.13	16.86	25.69	4.2	0.65	0.12	0.04	0.04	0.02	0.09	9.95
12	27.09	37.63	19.08	4.13	0.74	0.17	0.15	0.21	0.02	0.17	12.56
13	29.96	36.00	21	2.81	0.76	0.16	0.15	0.21	0.01	0.11	12.31
14	22.14	25.3	37.97	3.32	0.95	0.25	0.12	0.38	0.02	0.12	11.23
15	27.73	37.08	29.25	2.36	0.72	0.16	0.24	0.34	0.01	0.08	11.98
16	25.06	35.45	22.56	3.04	0.91	0.23	0.11	0.47	0.03	0.1	12.6
17	30.8	38.55	30.9	6.78	0.64	0.13	0.1	0.38	0.03	0.13	13.89
18	32.16	38.1	29.9	6.39	0.31	0.1	0.09	0.42	0.03	0.12	13.21
19	25.98	36.39	35.6	3.09	0.98	0.26	0.13	0.8	0.06	0.07	10.56
20	23.36	34.90	38.9	3.23	0.94	0.21	0.1	0.9	0.01	0.08	9.25
21	23.70	35.40	36	3.23	0.25	0.19	0.13	0.2	0.02	0.08	10.35
22	23.69	35.50	35.17	3.25	0.31	0.13	0.12	0.2	0.02	0.07	10.89
23	23.54	35.69	35.25	3.36	0.32	0.15	0.11	0.12	0.02	0.09	9.12
24	24.56	35.98	32.42	3.35	0.22	0.13	0.12	0.18	0.03	0.08	10.65
25	24.69	35.48	20.3	3.65	0.21	0.14	0.13	0.32	0.03	0.09	10.25
26	24.58	35.94	23.02	4.52	0.26	0.15	0.16	0.12	0.03	0.09	10.2
27	24.67	36.32	25.36	4.28	0.3	0.15	0.15	0.2	0.02	0.09	10.2
28	25.40	36.54	28.6	4.68	0.18	0.09	0.1	0.35	0.04	0.1	10.58
29	25.54	36.56	30.21	4.56	0.19	0.08	0.11	0.32	0.05	0.1	10.24
30	25.94	36.98	31.25	4.9	0.19	0.07	0.1	0.4	0.05	0.11	10.21
31	28.56	36.54	3.94	5.23	0.45	0.21	0.14	0.22	0.05	0.11	12.98
32	26.98	36.91	30.8	5.25	0.59	0.31	0.2	0.23	0.06	0.11	12.98
33	29.65	37.65	31.15	5.2	0.42	0.17	0.13	0.22	0.06	0.12	12.02
34	30.12	37.54	28.58	5.68	0.38	0.16	0.11	0.19	0.06	0.12	13.2
35	26.35	37.95	32.45	5.96	0.48	0.21	0.25	0.22	0.02	0.12	9.25
36	28.56	38.12	30.6	4.25	0.48	0.19	0.15	0.19	0.02	0.13	10.54
37	27.36	38.15	32.31	4.38	0.47	0.19	0.16	0.21	0.02	0.13	11.32
38	30.25	38.1	28.2	4.91	0.32	0.19	0.09	0.11	0.03	0.13	12.53
39	28.69	37.89	29.42	3.15	0.47	0.23	0.11	0.22	0.03	0.13	10.5
40	29.54	38.23	28.85	3.28	0.25	0.19	0.08	0.39	0.03	0.12	11.02

هوازدگي، فرسايش و حمل سازند شيشتو و سازند جوانتر آن يعني سازند سردر در منطقه از روي ماده معدني موجب شده است كه رخنمون ماده معدني بوكسيت مشاهده شود.

كاني شناسي بوكسيت گوش‌كمر

بوكسيت گوش كمر كه زمينه‌هاي مختلف قرمز و زرد رنگ را به نمايش مي‌گذارد بيشتر به دليل وجود كانيهاي هماتيت ومواد ارگانيک در آن مي‌باشد. بر اساس آناليز شيميايي انجام شده يكي از اكسيدهاي اصلي تشكيل دهنده بوكسيت (جدول۱) Fe_2O_3 است كه مقدار آن در بوكسيت گوش‌كمر بين ۲۲% تا ۲۸% در تغيير است و مقدار مواد فرار آن تا ۱۲% در تغيير است ضمن آنكه مطالعات اشعه x , وجود هماتيت را كه مؤيد اين رنگ

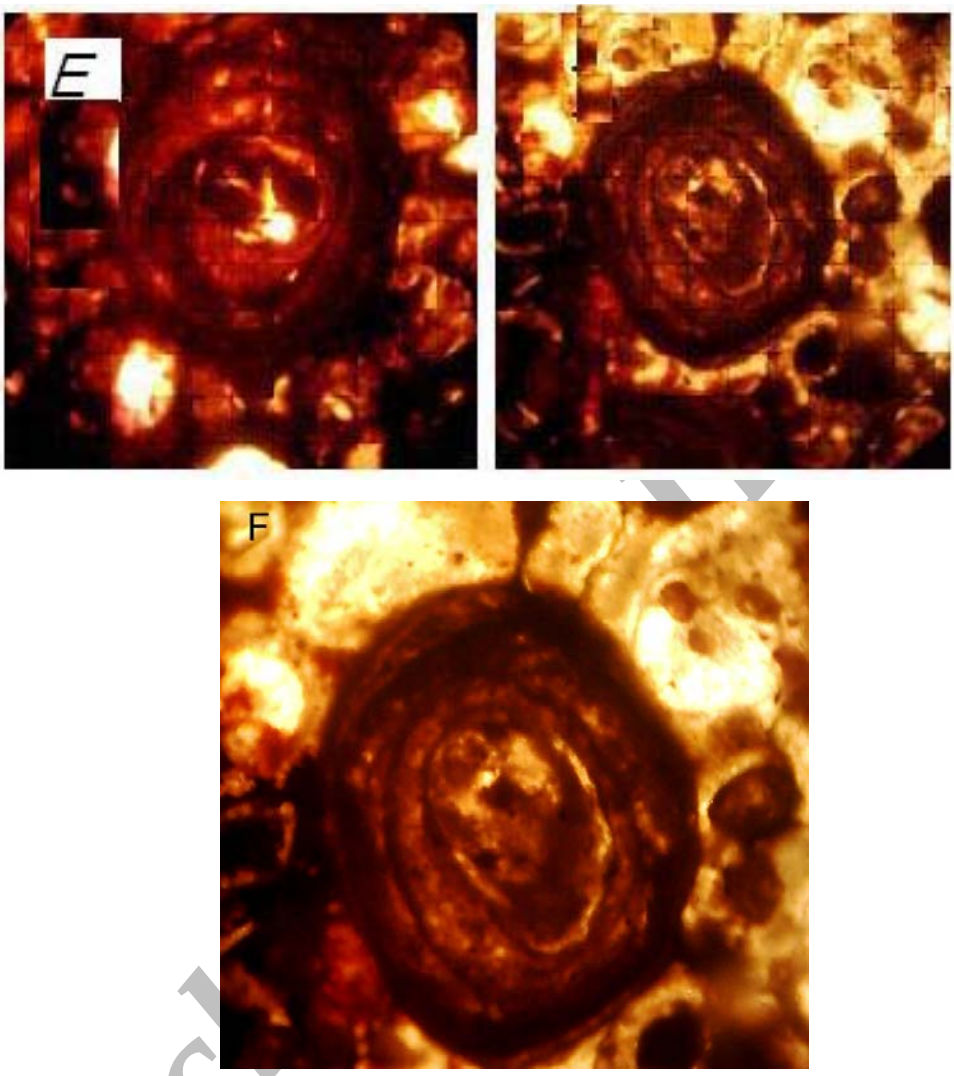


شكل ۷- ميكروفتوگراف نشان دهنده فرايند خروج مواد و تشكيل بوكسيت و تجمع اكسيد آهن **(A, B)**. فرايند جرياني تشكيل بوكسيت **(C, D)** مقياس تصوير **10*40X**

است در همه نمونه‌ها تائيد مـي‌كنـد. از آنجـا كـه درصـد استحصال آلومينا در فرايندهاي توليد آلومينا رابطة مستقيم با بافت و فازهاي تشكيل دهندة بوكسيت دارد لذا مطالعـه بافت و شناخت فازهاي تشكيل دهنده از اهميت ويـژه‌اي برخوردار است. با ايـن مطالعـات مـي‌تـوان اطلاعـاتي در مورد اندازة ذرات تشكيل دهندة بوكسيت, شرايط تشكيل, درجه تبلور, تخلخل, توزيع عناصر تـشكيل دهنـده و نيـز كانه‌آرايي آن به دست آورد. از روي مطالعة بافت مي‌تـوان درجه خـردايش بوكـسيت را بـراي حـل كـردن كانيهـاي تشكيل دهنده, درجه فعاليت و پتانسيل غني‌سازي فيزيكي آن به دست آورد. بدين منظور نمونه هاي زيادي در مراكز مختلف آزمايشگاهي كه قبلاً نام بـرده شـد مـورد مطالعـه قرار گرفته‌اند.

بطور كلي به دليل بسيار ريز بودن دانـه‌هـاي بوكـسيت مطالعات مقاطع نازك به كمـك ميكروسـكپهاي پلاريـزان معمولي بسيار مشكل و در مقايسه با انواع سنگهاي ديگـر نتايج مطلوب و رضايت بخشي حاصل نمي‌شود. ولـي در مجموع، در مقاطع نازك بوكسيت گوش كمر, بافت اائيـد

و ماتريكس پوليتومورفيك به طور غالب همراه با بافتهـاي ثانويه پيزوئيدي، اسپاسئوئيدي و تغيرشكل پلاستيک برشي نيز مشاهده مي‌شود. علاوه بر بافتهاي فوق گـاهي اوقـات بافتهـاي آواري ميكروكلاسـتيک، آرنـايتي و كنگلـومرائي تشخيص داده مي‌شود. ضمن اينكه االئيدها و پيزوئيـدها در زمينه آواري قرار گرفته‌اند [١٥]. اندازه دانه‌هاي گيبسيت و بوهميت بسيار كوچك و سيليكاتها بيشتر از نوع كائولينيتي به صورت كومه‌هاي بـسيار نـازك و ضـخامت كـم ديـده مي‌شوند. زمينه و دانه‌هاي بافت‌ساز بسيار به هم فـشرده و فضا در آنها كاملاً پر شده اسـت و حاشـية بلورهـا از هـم قابل تفكيك نمي‌باشد. بنحوي كه انتخاب يـك دانـة بلـور امكان پذير نيست, فقط دانه‌هـاي بـسيار ريـز هماتيـت از فشردگي كمتري برخوردارند. علاوه بر اين سختي سـيمان ماتريكس زمينه با سختي دانه‌هاي بلور ريز دانه برابر است در چنين شراطي حتي اگر بوكسيت از يك كيفيت مناسب نيز برخوردار باشد مانند بوكسيت جاجرم كانـه آرايـي بـا هيچ يك از روشهاي معمول امكان‌پذير نيست (Mollai et al, 1994). در صورتي كه ويژگي بوكسيت در آمريكا، هند و يونان [٢٣، ٢٤] اين امكان را تا حد پايلوت پلانـت بـه روش شستشو يا جداسازي مغناطيسي فراهم كـرده اسـت. اندازه زمينه‌هاي ميكروگرانولار (يک تا پنج ميكرون) بسيار نادر است واز زمينه‌هاي پانديومورفيک و ماكروكريـستالين اصلاً خبري نيست و امكان بافت زمينه‌اي نيز وجود ندارد. سطح عناصر بافت ساز بوسيله لايه‌اي از اكـسيد آهـن بـه رنگ قهوه‌اي مايل به زرد پوشيده شده است. البتـه انـدازه دانه‌هاي بوكسيت كارستي قاعـدتاً كمتـر از يـک ميكـرون بوده و ذرات به اندازه يک ميكرون بسيار كمياب مي‌باشد. به كمك تصاوير ميكروسكوپي مي‌توان بطور نسبي فراينـد تشكيل بوكـسيت را مطالعـه كـرد. تـصاوير ميكروسـكپي شكل A7 وB7 شروع تجمع اكـسيد آهـن در يـك سـنگ آواري درشت دانه نسبتاً گرد شده را نشان مـي‌دهـد. ايـن پديده نشان دهنده نابرجا بودن آن مي‌باشد. تمركز آهن بـه صورت ماتريكس در يـك زمينـه ميكروكلاسـتيك نـشان دهنده مراحل اوليـه تـشكيل بوكـسيت و خـروج عناصـر آلكالي از محيط مي‌باشد. بعضي مواقع مهـاجرت يونهـاي آهن در بوكسيت جاجرم يك منطقـه‌بنـدي بـسيار زيبـا را ايجاد كرده است (ملائـي و همكـاران الـف و ب ١٣٨٥) . شكل 7D و C7 جريان حركت آهن و تغيير رنگ سنگهاي كربناته در زير ميكروسـكوپ را نـشان مـي‌دهـد. در ايـن شكل كانيهاي آهن جاي خـود را بـه بوكـسيت داده‌انـد و بوكـسيت تـشكيل شـده بـصورت سـيماني فـضاي بـين سنگهاي آواري را پر كرده‌اند و تقريباً يك بافـت جريـاني همراه با برشي را نيز ايجاد نموده است، بطوري كه بخـش اصلي سنگ را تشكيل مي‌دهد. در بعـضي مـوارد درزهها توسط يك بوكـسيت آواره‌اي ريـز در يـك تـوده سـيمان اسپاري پر شـده و هماتيـت بـصورت پراكنـده در محـيط مشاهده مي‌شـود. شـكل ٨ تـشكيل ژلهـاي االيتـي متحـد المركز را نشان مي‌دهد كه دانه‌هاي كوچک كـوارتز نقـش هسته اوليه را بازي كرده‌اند. دانه‌هاي گيبسيت بسيار ريز و سيليكاتها بيشتر از نوع كائولينيتي بصورت كومه‌هاي بسيار نازك مي‌باشد. فضاي بين زمينـه و دانـه‌هـاي بافـت سـاز بوسيله اكسيد آهن كاملاً پر شده است و حاشيه بلورهـا از هم قابل تفكيك نمي‌باشد. به اعتقاد Komlossy (1970) در Bardossy (1982) و Valtone (1972) تجمـع گيبـسيت-گوئتيت ممكن است تحت شـرايط اكـسيدي قـوي Eh در حالـت اسـيدي ضـعيف تـا متوسـط تـشكيل شـود. ولـي بوهميت و هماتيت تحت شرايط اكـسيدي ضـعيف Eh و اسيدي به مراتب ضعيف تر تشكيل مي‌شـوند. در مرحلـه اول تشكيل بوكسيت بصورت يك مجموعه ژل آمورف از تركيبات آلومينيـوم، آهـن، تيتانيم و سيليسيم مي‌باشند كـه



شكل۸- ميكروفتوگراف بوكسيت و تشكيل پيزوليت‌هاي متحد المركز در تصاوير **E , F** , مقياس تصوير**10*40X**

بوهميت بصورت كريپتوكريستالين تشكيل ميشود. بسته به شرايط محيطي مقداري آب جذب كند و تبديل به گيبسيت گردد و يا تبلور مجدد صورت گيرد و به دياسپور تبديل گردد. كه مرحله آخر يعني تشكيل دياسپور در گوش كمر رخ نداده است. تأثير فازهاي كاني‌شناسي بر ويژگي فرايند توليد آلومينا مورد توجه افراد زيادي بوده و هست. نه تنها اكسيدهاي اصلي بلكه در بسياري مواقع عناصر كمياب مانند گاليم، وانادیم، كرم، نيكل، روبيديم، استرانسيم، زيركونيم و غيره در بوكسيت مورد توجه افراد زيادي قرار گرفته است(ملائي و همكاران, ۱۳۸۵).

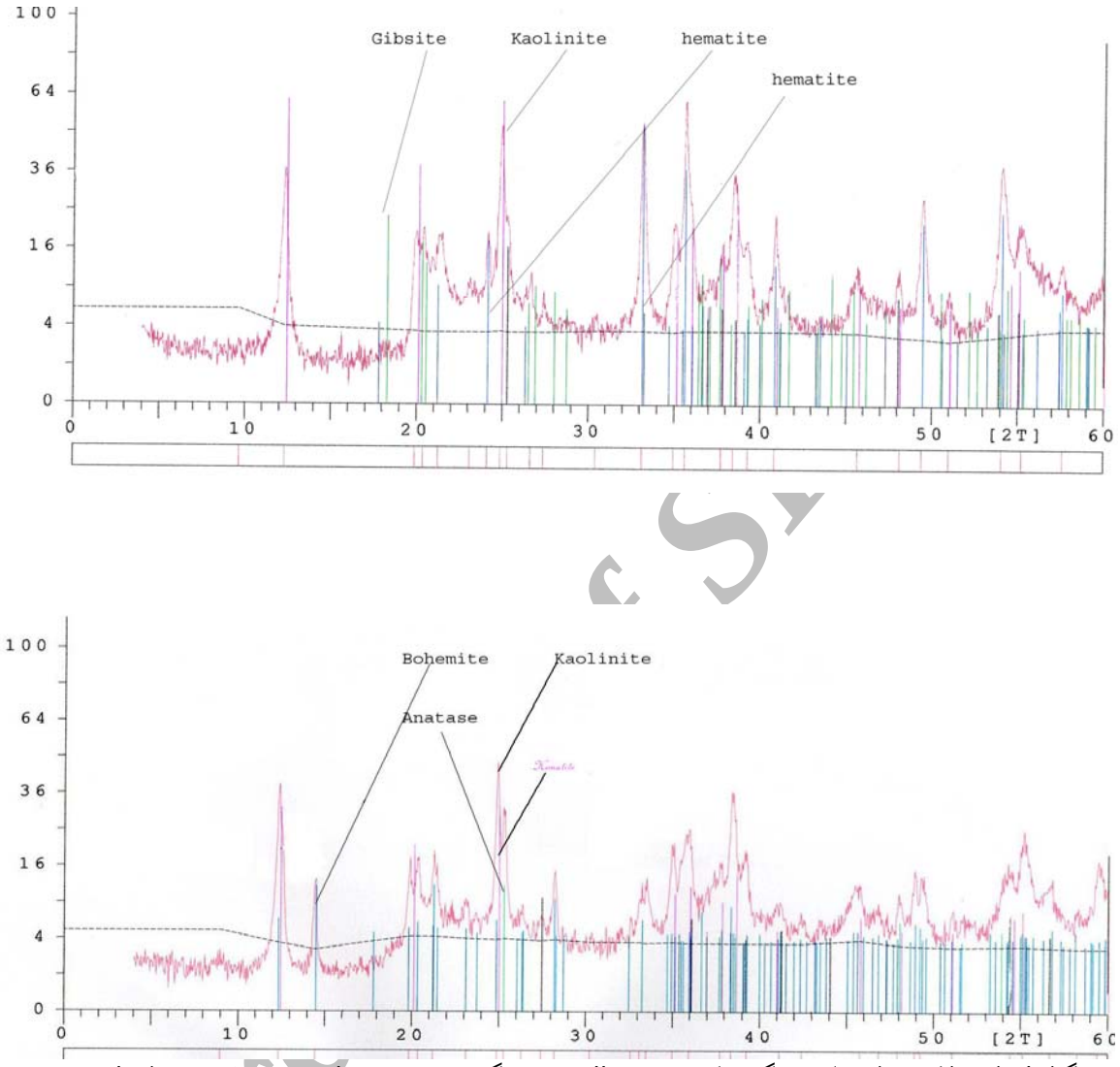
(Bardossy 1982 , Bardossy et al, 1990, Alluterv-FKI.1990, Mutkyahwa et al 2003and Slobon et al, 1999)

مهمترين كاني سيليكاته همراه بوكسيت، كاني كائولين $Al_2Si_2O_5(OH)_2$ بصورت سيليكات فعال همراه با مقداري كوارتز به عنوان سيليس غير فعال مي‌باشد. اين كائولين بصورت رس قرمز كائولينيتي است مانند رس قرمز كائولينيتي يوسمبارا تانزانيا (Mutakyahwa et al. 2003)

هماتیت Fe_2O_3 به عنوان کاني اوليه آهن دار در جايگاه دوم قرار دارد، با اين کاني مقدار کمي گوئتيت مشاهده مي‌شود. آناتاز, مهمترين کاني تيتانيم دار مي‌باشد و در بعضي نمونه‌ها مقداري روتيل(TiO_2) که يکي از پليمرفهاي آن است، اين کاني را همراهي مي‌نمايد. کانيهاي کلسيت، دولوميت، ايليت وکوارتز در بعضي نمونه‌ها مشاهده مي‌شوند. همانطوري‌که در شکل ۹ (A,B) مشاهده مي‌شود، کانيهاي بوکسيت و همراه آن از زاويه حدود ۱۰ درجه شروع به ظهور وحداکثر تا ٦۰ درجه بطور کامل, ظاهر شده و قابل بررسي مي‌شوند. با توجه به اينکه شدت بزرگي پيك هر کاني نسبت مستقيم با فراواني آن دارد. در بوکسيت منطقه گوش کمر پيك تمامي کانيها در زير چتر پيکهاي کائولين قرار دارند و حداکثر شدت پيکها به ترتيب اول به کائولين وسپس به هماتيت تعلق دارد. هرچند که انتظار ميرود که کانيهاي گيبسيتي و بوهميتي با حداکثر شدت پيك در معرض اشعه ايکس ظاهر شوند. ولي مطالعات فوق نشان داد که اين موضوع کمتر اتفاق افتاده است، بلکه بيشر با شدت حدود ۷۰ و يا کمتر ظاهر مي‌گردند. اين امر بدين علت است که شدت کائولينتي شدن در گوش کمر بيشتر از بوکسيتي شدن اتفاق افتاده است.

طبقه‌بندي بوکسيت گوش‌کمر

براي طبقه‌بندي بوکسيت گوش کمر از روش استاندارد ارايه شده توسط (Bardossy, 1982),(Bardossy and Alleva 1990) استفاده شده است. اين روش کانيهاي اصلي شامل کانيهاي گروه آلومينيوم و تيتانيم در يك راس، کانيهاي گروه آهن در گوشه ديگر و کانيهاي گروه سيليس در رأس ديگر مي‌باشد. با توجه به اينکه مجموع سيليس، آهن، آلومينيوم و تيتانيم موجود در سنگ بوکسيت به شکل کانيهاي سيليکاته، و اکسيدهاي گروه آهن، آلومينيوم و تيتانيم تشکيل مي‌شوند. لذا مي‌توان در ديا‌گرام مثلثي از درصد فراواني اکسيد سيليسيم به جاي کليه کانيهاي سيليکاته، مجموع اکسيدهاي آهن موجود در سنگ را به جاي کليه کانيهاي آهن‌دار و مجموع اکسيد آلومينيوم به اضافه اکسيدهاي تيتانيم را به جاي کليه کانيهاي آلومينيوم و تيتانيم دار قرار داد. در اين نوع ديا‌گرم مثلثي فقط هفت نوع سنگ بوکسيتي را مي‌توان مشخص کرد. بدين منظور داده‌هاي عناصر فوق بر اساس درصد براي مجموعه عناصر مورد نظر محاسبه وبا استفاده از نرم افزارTriple point ديا‌گرام ترسيم گرديد. بر اين اساس بوکسيت گوش‌کمر در محدوده رس بوکسيتي قرار مي‌گيرد. (شکل ۱۰). با توجه به اينکه شدت بوکسيت شدگي هر کانسار بستگي به درصد اکسيد آلومينيوم آن دارد، بدون در نظر گرفتن مقدار اکسيد آلومينيوم، درصد بالاي اکسيد سيليسيم و آهن نشان مي‌دهد. همانطوري‌که در جدول شماره ۱ مشاهده مي‌شود. حداکثر مقدار اکسيد آلومينيم؛ سيليسيم و آهن به ترتيب عبارتند از ۱٦/۳۸، ۳۸/۵۵ و۳۸/۹۰ درصد. و حداقل آنها نيز به ترتيب عبارتند از۱٤/۲۲، ۱٦/۸٦ و ۱۹/۸۰ درصد مي‌باشند که ميانگين آنها به ترتيب ۲۵/۹۷ و ۳۵/۸۸ و ۳۱/٤۳ درصد است (جدول۱). همانطوري‌که مشاهد مي‌شود در اين منطقه مقدار اکسيد آلومينيوم کمتر از اکسيد سيليسيم و مقدار ناچيزي بيشتر از اکسيد آهن مي‌باشد. در صورتي که از نظر تعريف و استفاده در صنعت بوکسيت بايد حداقل داراي ٤۵% هيدروکسيد آلومينيوم و ميانگين اکسيد سيليسيم آن حدود ۹% باشد تا بتوان در صنعت آلومينا از آن استفاده کرد (Aluterv Fk 1990). همين اين امر سبب شده که در شکل ۹ شدت پيکهاي کائولين و هماتيت بيشتر از کانيهاي گيبسيت و بوهميت مي‌باشد. اين

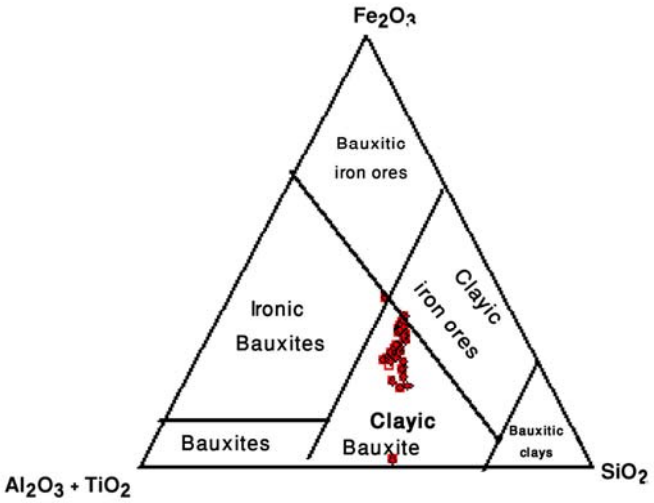


شكل ۹- گرافهای اشعه ايكس براي بوكسيت گوش كمر. تصوير بالائي وجود گيبسيت و تصوير پائيني وجود بوهميت را نشان مي‌دهد

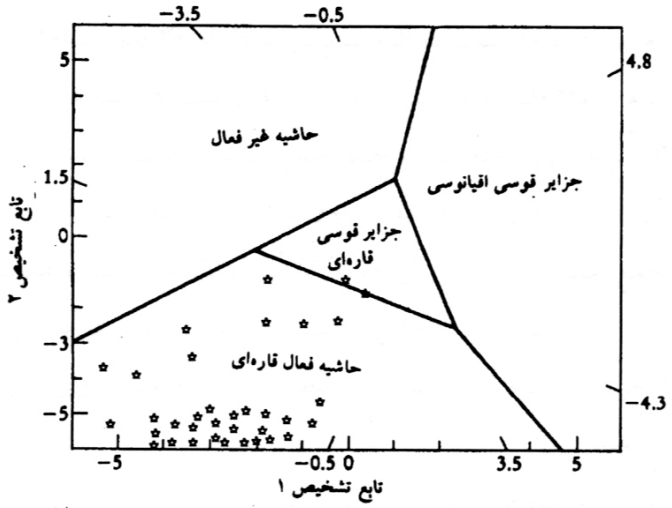
بوكسيت از يک كيفيت قابل قبول براي مصارف صنعتي برخوردار نمي‌باشد و فقط مي‌توان در مصارف صنعت سيمان استفاده نمود وطبقه بندي اين بوكسيت بعنوان رس بوكسيتي كاملاً با تركيبات آن منطبق مي‌باشد.

محيط ژئوتكتونيكي بوكسيت گوش كمر:

محيط ژئوتكتونيكي بوكسيت گوش كمر براساس داده‌هاي ژئوشيميايي و مدل ارايه شده توسط (Bahtia, 1983 و Bahtia and Crook., 1986) مورد مطالعه قرار گرفته است. تكتونيک صفحه‌اي از دو طريق متفاوت، ويژگيهاي ژئوشيميايي خاصي را به رسوبات منتقل مي‌كند. اولاً محيط تكتونيكي داراي ويژگيهاي خاص منشا ء بوده ودوم اين محيطها توسط فرايند رسوبي مشخص شناسائي مي‌شوند. در اين مدل از اكسيدهاي اصلي بعنوان دو متغير توابع متمايز كننده تحت عنوان توابع متمايز كننده اول و دوم استفاده شده است. محاسبات فوق بر



شكل ۱۰- نموگرام تقسيم بندي بوكسيت بر اساس اكسيدهاي اصلي تشكيل دهنده آن. نقاط قرمز داده‌هاي بوكسيت گوش‌كمر را نشان مي‌دهد. **(Bardossy, 1982 Bardossi and Alleva 1990)**



شكل۱۱- نمودار متمايز كننده تابعي از تابع تشخيص ۱ و۲ (اقتباس از باتيا, ۱۹۸۳) كه محدوده ماسه سنگهاي منشأ گرفته از حواشي غيرفعال قاره‌اي، جزاير قوسي، جزايرقوسي قاره‌اي و حواشي فعال قاره‌اي را نشان مي‌دهد. داده‌هاي گوش‌كمر به شكل ستاره نشان داده شده است

اساس داده‌هاي جـدول ۱ بـه روش زيـر صـورت گرفتـه است.

تابع متمايز كننده ۱

$-0.447SiO_2 - 0.972TiO_2 + 0.008Al_2O_3 - 0.267Fe_2O_3 + 0.208FeO - 3.082MnO + 0.140MgO + 0.195CaO + 0.719Na_2O - 0.032K_2O + 7.510P_2O_5 + 0.303$

تابع متمايز كننده ۲

$-0.421SiO_2 + 1.988TiO_2 - 0.526Al_2O_3 - 0.551Fe_2O_3 - 1.610FeO + 2.72MnO + 0.881MgO - 0.907CaO - 0.177Na_2O - 1.840K_2O + 7.244P_2O_5 + 43.57$

براسـاس ايـن مطالعـه تعـداد معـدودي از داده‌هـاي

بوكسيت گوش‌كمر در منطقه جزاير قوسي- قاره اي قرار مي‌گيرند ولي بيش از ۸۰% داده‌ها وجود حاشيه فعال قاره‌اي را اثبات مي‌كنند(شكل ۱۱). اين موضوع با وجود كاني هماتيت وكائولن در بوكسيتهاي گوش‌كمركه عمدتآ از نوع بوكسيت نسبتآ سخت و شيلي به رنگ قرمز مي‌باشند. اين اكسيدها بيان كننده يك محيط اكسيدي است. با توجه به اينكه در عمق دريا از مقدار اكسيژن كاسته مي‌شود، چنين محيطي فقط در نزديكي ساحل و يا خشكي رخ مي‌دهد. با توجه به اينكه بوكسيت با آلومينيوم بالا در شرايط آب وهوايي گرم و مرطوب و محيط آرام وغير فعال از نظر تكتونيكي تشكيل مي‌شود. در اين شرايط فرصت كافي براي هوازدگي سنگ منشأ و خروج تركيبات آلكالي، آهن، سيليسيم و ديگر تركيبات فراهم شده و تمركز الومينيوم و ديگر عناصر غير فعال مانند گاليم و تيتانيم فراهم مي‌شود. ضمن اينكه كارستهاي يا حفره‌هاي موجود در منطقه زمينه لازم براي تجمع و كنترل و تشكيل بوكسيت را فراهم مي‌نموده‌اند. ولي وجود گسلها و چين‌خوردگيها همراه با پراكندگي بوكسيت در كل منطقه ازيك كوه وكيفيت پايين آن دليل روشن بر فعال بودن محيط (درويش زاده۱۳۷۰، آقانباتي ۱۳۸۳) و نداشتن فرصت كافي براي هوازدگي كامل وتشكيل بوكسيت مناسب مي‌باشد. در شكل۱۲ توزيع بعضي از بوكسيتهاي كارستي به عنوان تابعي از عناصر Cr, Zr , Ga (جدول ۲) توسط Ozlu (۱۹۸۳) مورد مطالعه قرار گرفته است. در اين دياگرام انواع سنگها در ماگما بوسيله حروف A, B, C, D, نشان داده شده است كه محدوده I, II, III, IV به ترتيب حوضه سنگ‌هاي اولترامافيك، مافيك و حدواسط يا آرژيلي و اسيدي را نشان مي‌هند. مطالعه ضريب انباشتگي عناصر كمياب به روش Ozlu (۱۹۸۳) نتيجه فوق را تأييد مي‌كند. در بوكسيت گوش‌كمر ضريب انباشتگي محاسبه شده براي عناصر Zr, Rb, Sr, Y, Nb. Co, Ce, Cu, Pb, Th, Zn, Ni, Ba, V, Ga, Cr, (جدول ۲) برابر ۴/۴ مي‌باشد كه بيانگر شرايط انواع بوكسيتهاي كارستي مديترانه‌اي است.

نتيجه گيري

دركانسار رس بوكسيتي گوش كمر سنگهاي كربناتي بهرام كه به دونين پسين تعلق دارد، سنگ بستر بوكسيت را تشكيل داده است. ايران در اين زمان آب وهواي گرم استوايي داشته، و شرايط براي كارستي شدن سنگهاي كربناته بهرام همراه با تشكيل بوكسيت فراهم گرديده است. تشكيل بوكسيت و سطوح كارستي سازند بهرام دليل بر توقف رسوبگذاري بين سازند بهرام و سازند جوانتر يعني شيشتو مي‌باشد. لذا آهكهاي سازند بهرام در زمان دونين بالايي مي‌تواند در يك محيط اپي كنتيننتال تشكيل شده باشد. براساس مطالعه داده‌هاي اشعه ايكس بوكسيت گوش‌كمر از نوع گيبسيتي است كه مقداري بوهميت آن را همراهي مي‌كند. كانيهاي ديگر همراه گيبسيت عبارتند از هماتيت، كائولينيت و آناتاز. گوئتيت و روتيل كه به عنوان كاني فرعي كانيهاي ديگر را همراهي مي‌نمايند. در بعضي نمونه‌ها كوارتز، كلسيت و دولوميت نيز مشاهده مي‌شود. همانطوري كه قبلا اشاره شد اين بوكسيت از نوع رس بوكسيتي مي‌باشد. ضمن اينكه بوكسيت گوش كمر از نظر طبقه بندي در محدوده بوكسيتهاي مجارستان وآلپ شرقي قرار دارد كه از نوع بوكسيتهاي كارستي مي‌باشند. در محيطهايي كه فعاليت آب كم مي‌باشد بوهميت به جاي هماتيت آلومينيم دار ظاهر مي‌شود.

مطالعات ژئوتكتونيكي نشان مي‌دهد كه بيش از ۸۰% نمونه‌ها بوكسيت در محيط حاشيه فعال قاره‌اي قرار مي‌گيرند كه معرف شيل بوكسيتي در اين محيط است.

جدول ۲- نتايج تجزيه شيميايي عناصر فرعي وكمياب در بوكسيت گوش كمر كه به روش فلورسانس اشعه ايكس انجام شده است.

SAM:NO.	Zr	Rb	Sr	Ni	Cr	Cu	Ba	Y	Nb	W	V	Ga
Ok-1	588	8	95	37	559	3	480	16	85	1	692	38
Ok-2	392	9	421	140	823	8	300	24	77	2	564	34
Ok-3	458	13	263	233	317	2	178	33	66	0	502	34
OK-4	385	12	191	214	803	3	613	21	64	0	398.21	28
OK-5	456	13	173	225	259	2	339	34	69	6	692.45	46.36
OK-6	432	15	216	321	303	13	163	46	65	0	448	32
OK-7	589	10	95	37	560	3	480	16	85	1	692	38
OK-8	977.9	18	196	499	583	3	327	97	126	22	358.78	28
OK-9	947	18	203	488	539	3	396	112	136	11	691.36	42.67
OK-10	429	15	172	258	334	54	301	29	61	2	548	45
OK-11	486	67	285	24	66	2	264	23	28	3	450.24	40.97
OK-12	977	20	199	486	583	3	327	97	126	22	358.78	28
OK-13	947	18	205	489	539	3	396	112	136	11	691.36	42.67
OK-14	429	16	170	258	334	54	301	29	61	2	546.58	45
OK-15	458	13	263	233	317	2	178	33	66	0	502	34
OK-16	970	18.9	198	500	583	3	327	97	126	22	358.78	28
OK-17	957	18	203	489	539	3	396	112	136	11	692. 6	42.70
OK-18	429	16	171	259	334	54	301	29	61	2	547.60	45.12
OK-19	486	70	290	24	332	2	264	23	28	3	450.24	40.80

مطالعات ژئوشميايي نشان مي‌دهد كه غني سازي عناصر اصلي مانند اكسيدهاي آلومينيوم، آهن و سيليسيم در بوكسيت گوش‌كمر به يك نسبت صورت گرفته است. لذا اكثر عناصر فوق از يك ضريب همبستگي ضعيف با آلومينيوم برخوردار مي‌باشند. پارامترهاي كنترل‌كننده تشكيل بوكسيت شامل ويژگي سنگ منشا و سنگ بستر، پايداري و غيرفعال بودن محيط از نظرتكتونيكي، مورفولوژي، طول زمان هوازدگي و رسوبگذاري، شرايط آب و هوايي و زهكشي مي‌باشند. مطالعات انجام شده نشان مي‌دهد كه شرط كافي بطور كامل فراهم نبوده است يا حداقل اگر فراهم شده براي مدت زمان كافي ادامه نداشته است تا بتوانند خروج عناصر غير ضروري مانند سيليسيم و آهن و تجمع اكسيد آلومينيوم و تيتانيم را فراهم نمايد. اين پديده كاملا بر شرايط ژئوتكتونيكي بوكسيت منطبق مي‌باشد. زيرا محيط فعال قاره‌اي موجب به هم خوردن پايداري و آرامش محيط و در نتيجه فراهم نشدن شرايط كافي براي هوازدگي مداوم و پيوسته را به دنبال داشته است. اين موضوع با وجود كاني هماتيت وكائولن كه عمدتآ بيان كننده يك محيط اكسيدي نزديك به ساحل مي‌باشند تأييد مي‌شود.

تشكر وقدرداني

اين پژوهش از طرحهاي مصوب معاونت محترم پژوهشي دانشگاه آزاد اسلامي مشهد بوده است و كليه هزينه آن توسط آن معامنت محترم تامين گرديده است.لذا برخود لازم مي‌دانيم از زحمات وتلاشهاي حوزه معاونت محترم پژوهشي دا نشگاه آزاد اسلامي مشهد و مخصوصآ از رياست محترم دانشگاه جناب آقاي حلمي كه هميشه مشوق كارهاي پژوهشي وتحقيقاتي بوده وهستند تشكر وقدر داني نمايم.همچنين از زحمات و دقت نظر ارزيابي كنندگان مقاله در مجله علوم پايه دانشگاه اصفهان كه با پيشنهادات خود موجب ارتقائ سطح كيفي مقاله شدند تشكر وقدر داني ميگردد.در اينجا لازم است از زحمات جناب آقاي دكتر موسوي حرمي استاد محترم گروه زمين

شناسـي دانـشگاه فردوسـي مـشهد بـه خـاطر اصـلاح و ويرايش نهائي مقاله تشكر نماييم .بـدون شـك كمكهـاي دوست و همكاران عزيزمان جناب آقايان مهندس سعادت و شـريفيان كـه نقـش مهمـي در تنظـيم مقالـه وويـرايش تصاوير داشته‌اند را نمي توان فراموش كرد، لـذا بـر خـود لازم مي‌دانـيم كـه از زحمـات ايـشان تقـدير و قـدرداني نماييم

منابع

۱. آقانباتي. سيدعلي. *زمين شناسي ايران*, وزارت صنايع و معادن، سازمان زمين‌شناسي و اكتشافات معدني كشور. ۵۸۶ صفحه، ۱۳۸۳.

۲. درويش زاده. علي *زمين شناسي ايران*, نـشر دانـش امـروز, تهران, ۹۰۱ صفحه، ۱۳۷۰.

۳. شهرياري، محمد، *گـزارش اكتـشافي مقـدماتي بوكـسيت و مواد آلوموسـيليكاته در منطقـه كياسـر*, گـزارش شـماره ۲, وزارت معادن و فلزات, ٤٧ ١صفحه، ١٣٦٢.

۴. قصراني، جلال رجب. *اكتشافات مقدماتي بوكـسيت جهـان آباد (كال جعفر آبـاد)*, پايـان نامـه فـوق ليـسانس دانـشگاه صنعتي اميركبير, ۴۷ صفحه، ۱۳۷۴.

۵. ملائـي، حبيـب, آريـايي. علـي‌اصـغر, عباسـيان. محمـد *ويژگي‌هاي طاقديس زو و ارتبـاط آن بـا ژئوشـيمي و ژنـز بوكسيت در ناحيه جاجرم (استان خراسان)*, چكيده مقالات اولين سمپوزيوم زمين شناسي شرق ايران, دانشگاه فردوسي مشهد, صفحات ۲۳- ۳۸، ۱۳۷۱.

٦. ملايي، حبيـب. *مطالعـه اكتـشافي وتكنولـوژيكي بوكـسيت جاجرم جهت توليد آلومينا*, چهارمين سمپوزيوم معـدنكاري ايران, ۲۳-۱۹ شهريور, دانشگاه يزد (خلاصه مقاله), صفحه ۱۳۱ ، ۱۳۷۳.

7- Aluterv Fki, Techno-Econmic feasibility study for alumina production from Alburz bauxite by Bayer Tube digestion process. Voi. 1, Unpublished report; (1990).

8- G.Y., Bardossy, Karst Bauxites. Bauxite deposition on carbonate rocks. Joint edition with elsevier scientfic publishing company Amsterdam. 441p; (1982).

9- G.Y., Bardossy and G.Y Y., Aleva Latritic-Bauxites.Akademia Kido. Budapest . 646p; (1990).

10- M.R., Bahtia, Plate tectonic and geochemical composition of sandstones. Journal of Geology. Vol.91. pp. 611-627; (1983).

11- M.R., Bahtia and K.A.W., Crook Trace eliment characteristics of grywackes anf tectonic discrimination of sedimentary basins. Contribution mineralogy and petrology. Vol. 92. pp. 181-193; (1986).

12- E., Georgete Ionescu, Bauxite development in the North Apuseni Mountains, Western Romania. cretaceous research Vol.14. pp. 669-683; (1993).

13- M., Giovanni, Growth of hematite and bohemite in concretions from ancient karst bauxite: Clue for past climate. Catena, Vol. 50. pp. 43-51; (2002).

14- H., Mollai Geology, Mineralogy and Beneficiation of Jajarm Bauxite, NW of Mashhad, Iran. Abstract of International symposium, Recent Trend Beyond 2000 AD, Nagpur, India. pp.54; (1994).

15- H., Mollai and H. A. Torshizian, The importance of Jurassic sedimentation in the north and north east of Iran, with special reference to the Shemshak and Mozduran Formation.16Th International Sedimentalogical congress ,8TH -12TH July 2002. RAU University Johannesburg South Africa; (2002).

16- M.K.D. Mutakyahwa, J.R. Ikingura, and A.H., Mruma Geology and geochemistry of bauxite deposits in Lushoto District, Usambara Mountains, Tanzania. Journal of African Earth Sciences. Vol. 36. pp. 357-369; (2003).

17- A.K., Nandi, Processing low alumina bauxite. Mining metallurgy millennium, M3 (2002).

18- N., Ozlu, Trace element content of karst bauxite and their parent rocks in the Mediteranian belt. Journal of Mineraliume Deposita. Vol.81. pp. 469-476; (1983).

19- S.H., Patterson, Bauxite and Non bauxite resources and update. Proceding of the Bauxite Symposium Los Angeles, California Febreury 27-1984 Editted by Leonard Jacob. Published by Society of Mining Engineers of American Institute on Mining, Metallurgical and Petrolium Engineers, Inc. Newyork. (1984).

20- A., Rutner, M.H., Nabavi, j., Hajian. Geology of the Shirgesht area. Tabas, East of Iran, G,S. of Iran. No.4. 133p; (1968).

21- J., Stockline, and A., Setudehnia, Stratigraphic-Lexicon of Iran. Ministry of Mine and Metal. Geological Survey of Iran, Report No.18. Third edition 1991. pp376; (1991).

22- J., Stockline J., Eftekhar-Nezhad and A., Hushmand-Zadeh, Geology of the Shotori Range (Tabas area, East Iran). Ministry of Mine and Metal. Geological Survey of Iran, Report No.3, Second Edition, pp69; (1991).

23- Y., Tardy, B., Kobilsek, C., Roquin, and H., Paqet, Infulunce of periatlantic Climates and Paleocliates on the Distribution and mineralogical composition of bauxites and ferricrtes. Geochemistry of the Earth's surface and of Mineral formation. 2nd international Symposium July 2-8, 1990. Aix en Province France; (1990).

24- D., Tilly, Models of bauxite pisolith genesis. Data from Wipa Queenland, Center for Australian Reglith studies. Center for Australian Bauxite. htm March.20,1998; (1994).

25- V., Monglli, Growth of hematite and boehmite in concretios from ancient karst bauxite :Clue for past climate. Journal of Catena Vol.50. pp. 43-52; (2002).

26- A., Wauschkuhn, M., Ohnsmann, M., Momenzadeh, Fe, Pb, Zn and Ba occurrences in the Paleozoic rocks of Binalud mountain, Iran; (1983).

27- W., Tedderd, Bauxite residue fractionation with magnetic separation. Proceding of the 1984 Bauxite Symposium Los Angeles, California, Febreury 27-March1 1984 Editted by Leonard Jacob. Published by Society of Mining Engineers of American Institute on Mining, Metallurgical and Petrolium Engineers, Inc. Newyork; (1984).

28- M., Yazdi, Late Devonian-Carboniferous Conodonts from Eastern Iran. Abstract Book Isfahan Meeting IGCP421. International Geological Correlation Program. North Gondwanan Mid-Palaeozoic Bioenvironment/Biogeography patterns in Relation to Crustal Dynamics 5-20 December 1998. hosted by Department of Geology. Faculty of Science. University of Esfahan, Iran; (1998).

29- M., Yazdi, M., Manani, and B., Almasinia, Alteration of late Devonian shell material in the Esteghlal Refractory Mine, Abadeh area, Iran. Abstract Book Isfahan Meeting IGCP421. International Geological Correlation Program. North Gondwanan Mid-Palaeozoic Bioenvironment/ Biogeography patterns in Relation to Crustal Dynamics 5-20 December 1998. hosted by Department of Geology. Faculty of Science. University of Esfahan, Iran; (1998).

30- M., Yazdi, Late Devonian-Carboniferous Conodonts from Eastern Iran Tabas. Revista, Italiana di Paleontologia Straigrafia.Vol.105. pp. 167-200; (1999).

.