

Mineralogy and origin of Permian bauxite deposits in north of Saqqez, Kordestan Province

A. Abedini^{1*}, A. A. Calagari²

1 - Geology Department, Faculty of Sciences, Urmia University, Urmia 57173, Iran

2- Geology Department, Faculty of Natural Sciences, Tabriz University, Tabriz 51666, Iran.

(Received: 1/2/2009, in revised form: 7/6/2009)

Abstract: Permian bauxite deposits in north of Saqqez occurred as stratiform lenses of carbonate within Ruteh Formation. Field evidence show that these deposits formed in swampy environment in which the water table was relatively high during their evolution. According to petrographic considerations, these deposits contain ooidic, pisoidic, spastoidic, nodular, skeletal, and spongy textures and have an authigenic origin. Based on mineralogical studies, these deposits are composed of minerals of diaspore, boehmite, corundum, hematite, goethite, magnetite, rutile, anatase, montmorillonite, quartz, illite, pyrophyllite, talc, nacrite, dickite, k-feldspar, muscovite, chlorite, chloritoid, plagioclase, pyroxene, amphibole, chamosite, gypsum, calcite, and fluorite. The presence of high quantities of silicate minerals indicates immaturity and poor draining system of these deposits. Comparison of the range of stability fields of major constituent minerals of the bauxite ores with the pH and Eh variations of natural environments show that the surface waters with oxidizing-acidic nature and underground waters with reducing-basic nature played crucial roles in developing of these deposits. Combination of mineralogical and geochemical data of immobile elements indicate that Saqqez bauxite deposits were developed from alteration and weathering of basaltic-andesitic rocks.

Keywords: Bauxite, Saqqez, diaspore, boehmite, authigenic origin, weathering.

*Corresponding author, Tel.: +98 (0441) 2972134, Fax: +98 (0441) 2776707, E-mail: a.abedini@urmia.ac.ir



کانی‌شناسی و خاستگاه نهشته‌های بوکسیتی پرمین در شمال سقز، استان کردستان

علی عابدینی^{۱*}، علی اصغر کلاگری^۲

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، کد پستی ۵۷۱۷۳

۲- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، کد پستی ۵۱۶۶۶

(دریافت مقاله: ۸۷/۱۱/۱۳، نسخه نهایی: ۸۸/۳/۱۸)

چکیده: نهشته‌های بوکسیتی پرمین شمال سقز به شکل عدسی‌های چینه‌سان درون تشکیلات کربناتی سازند روتنه قرار گرفته‌اند. شواهد صحرایی نشان می‌دهند که این نهشته‌ها در محیط مردابی تشکیل شده، به‌طوری که سطح سفره آب‌های زیرزمینی طی شکل‌گیری آن‌ها نسبتاً بالا بوده است. بنا بر بررسی‌های سنگ‌نگاری، این نهشته‌ها حاوی بافت‌های اوئیدی، پیروئیدی، اسپاستوئیدی، نودولار، اسکلتی و اسفنجی بوده و از یک خاستگاه برج‌ازا برخوردارند. با توجه به بررسی‌های کانی‌شناسی، این نهشته‌ها شامل کانی‌های دیاسپور، بوهمیت، کروندوم، همتیت، گوتیت، مگنتیت، روتیل، آتاز، مونت‌موریلونیت، کوارتز، ایلیت، پیروفیلیت، تالک، کائولینیت، ناکریت، دیکیت، فلدسپار پتاسیم، موسکویت، کلریت، کلریتوئید، پلاژیوکلاز، پیروکسن، آمفیبول، شاموزیت، ژپس، کلسیت و فلوریت هستند. حضور مقادیر بالای کانی‌های سیلیکاتی، نارس بودن و سیستم زهکشی ضعیف این نهشته‌ها را نشان می‌دهند. مقایسه گستره میدان پایداری کانی‌های اصلی سازنده کانسنگ‌های بوکسیتی با تغییرات pH و Eh محیط‌های طبیعی نشان می‌دهد که آب‌های سطحی با ماهیت اکسیدی-اسیدی و آب‌های زیرزمینی با ماهیت بازی-احیاء نقش بارزی در تشکیل این نهشته‌ها داشته‌اند. تلفیق یافته‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمی عناصر بی‌حرک نشان می‌دهد که نهشته‌های بوکسیتی سقز از دگرسانی و هوازگی سنگ‌های بازالتی-آندزیتی گسترش یافته‌اند.

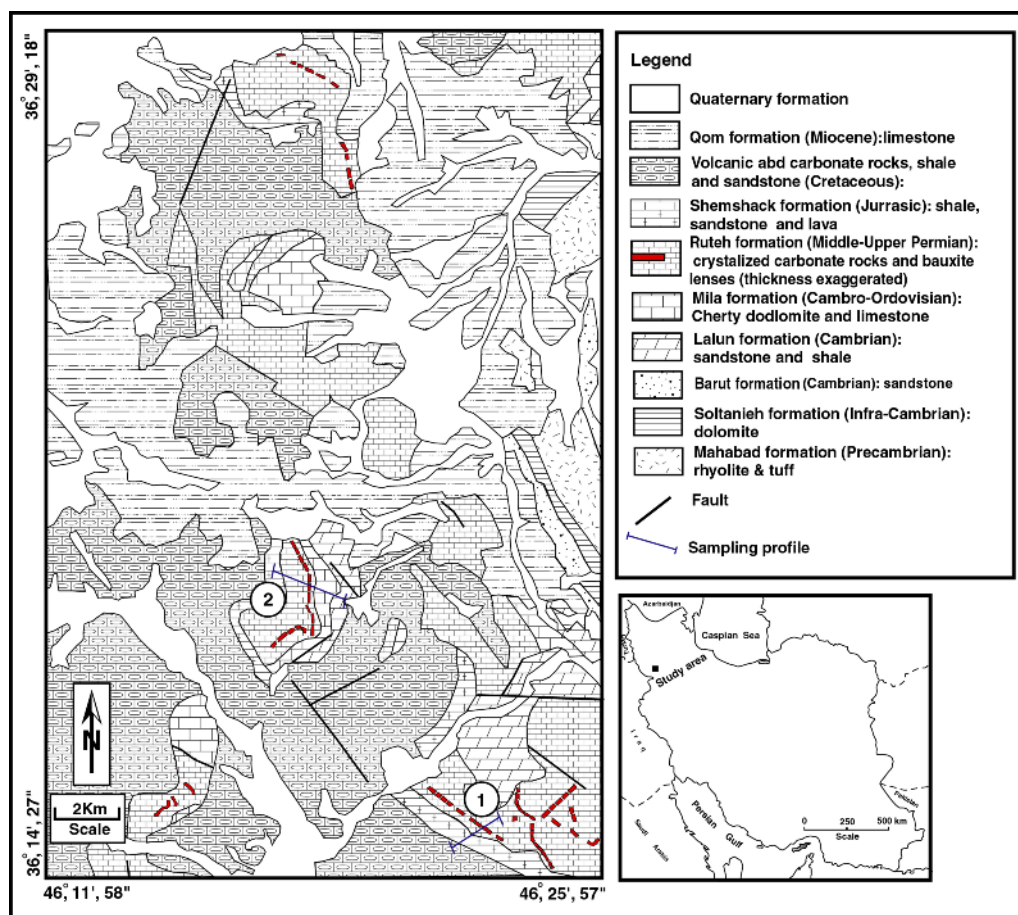
واژه‌های کلیدی: بوکسیت، سقز، دیاسپور، بوهمیت، خاستگاه برج‌ازا، هوازگی.

مقدمه

[۱] اولین افرادی بودند که در پی‌جویی و آثاریابی کانسنگ‌های بوکسیتی، مکان‌های مختلفی از این منطقه را با آثار بوکسیت شناسایی و معرفی کرده‌اند. افتخارنژاد [۲] در طی بررسی و تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰ مهاباد، عدسی‌های بوکسیتی زیادی را در مقاطع زمانی پرمین و تریاس بالایی در این منطقه شناسایی و معرفی کرده است. کامینی و افتخارنژاد [۳] در بررسی‌های خود روی لاتریت‌های پرمین شمال‌غرب ایران، به این نتیجه رسیدند که لاتریت‌های پرمین منطقه سقز در حد

منطقه مورد بررسی در ۳ کیلومتری شمال سقز، با مختصات جغرافیایی ۵۸"، ۱۱'، ۴۶° تا ۵۷"، ۴۶°، ۲۵' طول شرقی و ۲۷"، ۱۴'، ۳۶° تا ۱۸"، ۲۹'، ۳۶° عرض شمالی، در بخش شمالی استان کردستان واقع شده است (شکل ۱). وجود کانسنگ‌های بوکسیتی در سنگ‌های کربناتی پرمین باعث شده است که این منطقه از دیرباز مورد توجه پژوهشگران و کارشناسان داخلی و خارجی قرار گیرد. بالکای و صمیمی

* نویسنده مسئول، تلفن: ۲۹۷۲۱۳۴ (۰۴۴۱) ۹۸+، نمابر: ۲۷۷۶۷۰۷ (۰۴۴۱) ۹۸+، پست الکترونیکی: a.abedini @urmia.ac.ir



شکل ۱ موقعیت نهشته‌های بوکسیتی در واحدهای کربناتی پرمین در شمال سقز. نقشه زمین‌شناسی پایه از [۲].

صحرائی و آزمایشگاهی انجام شد. بررسی‌های صحرائی شامل بررسی طول و ضخامت عدسی‌های بوکسیتی، نقش فرایندهای زمین‌ساختی در ریخت‌شناسی نهشته‌ها، تغییرات فیزیکی در کانسنگ‌های بوکسیتی، انواع سنگی حاضر، نحوه ارتباط نهشته‌ها با سنگ‌های بستر و پوشش و بالاخره نمونه برداری از کانسنگ‌های بوکسیتی و سنگ‌های بستر و پوشش در طول و عرض نهشته‌ها بوده است. نمونه برداری‌ها ترجیحاً از ترانشه‌ها (عمق یک متری)، عدسی‌های بوکسیتی قطع شده به وسیله جاده‌ها و رخنمون‌های سنگی انجام شده است. بخش آزمایشگاهی شامل بررسی ویژگی‌های بافتی و ترکیب کانی-شناسی کانسنگ‌های بوکسیتی با استفاده از تعداد ۳۰ مقطع نازک و صیقلی، استفاده از نتایج ۹۹ آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) انجام شده [۴، ۳] بر روی نمونه‌های کانسنگی و آنالیز ۹ نمونه سنگی به روش طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) در آزمایشگاه شرکت Chemex کانادا (جدول ۱) برای بررسی‌های ژئوشیمیایی بوده است.

رخساره شیست سبز دگرگون شده‌اند. نتایج مشابهی توسط اکبرپور [۴] در بررسی‌های نهشته‌های یاد شده در قالب رساله کارشناسی ارشد حاصل شده است. حریری و همکاران [۵] در تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سقز عدسی‌های بوکسیتی زیادی را با ضخامت‌های متغیر و رنگ‌های متنوع در واحدهای کربناتی روته شناسایی و معرفی کرده‌اند. با مروری گذرا بر کارهای انجام شده روی بوکسیت‌های منطقه سقز معلوم شد که علیرغم کارهای پژوهشی گسترده در مسائل زمین‌شناسی، خاستگاه، کانی‌شناسی، سنگ‌شناختی و ویژگی‌های ژنتیکی این نوع نهشته‌ها در سطح جهانی [۶-۱۰] تا کنون چنین بررسی‌های گسترده‌ای روی نهشته‌های بوکسیتی این منطقه انجام نشده است. در این مقاله سعی شد تا مسائل بالا مورد بررسی قرار گیرند.

روش بررسی

بررسی سنگ‌های بوکسیتی پرمین در منطقه سقز در دو بخش

جدول ۱ نتایج آنالیزهای شیمیایی ICP-MS عناصر اصلی، فرعی و جزئی کانسنگ‌های بوکسیتی نیمرخ دوم سقز. مقادیر اکسیدها و LOI بر حسب در صد وزنی و مقادیر عناصر جزئی بر حسب ppm هستند.

	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7	R-8	R-9
SiO ₂ , Wt%	۱۲٫۹	۲۴٫۱	۱٫۴۰	۶٫۲۳	۴۱٫۱	۴۰٫۲	۵۷٫۲	۳۴٫۲	۳۸٫۷
Al ₂ O ₃	۳۱٫۴	۱۹٫۶	۲۱٫۶	۳۸٫۹	۳۳٫۹	۳۲٫۰	۱۸٫۳۵	۴۳٫۱	۴۰٫۲
Fe ₂ O ₃	۳۸٫۷	۴۳٫۵	۶۴٫۶	۳۶٫۸	۶٫۷۵	۸٫۸۴	۸٫۸۳	۱٫۶۰	۰٫۹۹
CaO	۰٫۳۷	۰٫۸۷	۱٫۲۷	۰٫۴۶	۰٫۱۵	۰٫۲۵	۰٫۰۷	۰٫۳۰	۰٫۱۴
MgO	۰٫۹۸	۰٫۶۸	۰٫۰۲	۰٫۴۱	۰٫۳۴	۰٫۴۲	۲٫۰۶	۰٫۱۴	۰٫۱۵
Na ₂ O	۰٫۲۰	۰٫۱۲	۰٫۰۳	۰٫۱۲	۰٫۳۶	۰٫۲۹	۲٫۱۵	۰٫۱۶	۰٫۰۶
K ₂ O	۰٫۳۹	۰٫۵۰	۰٫۰۵	۰٫۲۱	۸٫۱۰	۷٫۵۲	۳٫۵۶	۰٫۰۵	۰٫۱۷
Cr ₂ O ₃	۰٫۰۸	۰٫۰۵	۰٫۰۴	۰٫۰۷	۰٫۰۳	۰٫۰۳	۰٫۰۳	۰٫۰۵	۰٫۰۵
TiO ₂	۳٫۰۹	۲٫۵۸	۲٫۵۰	۶٫۸۵	۳٫۰۹	۲٫۷۲	۱٫۱۸	۳٫۵۳	۵٫۲۴
MnO	۰٫۰۴	۰٫۰۲	۰٫۰۳	۰٫۰۲	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۳	۰٫۰۱	۰٫۰۱
P ₂ O ₅	۰٫۰۸	۰٫۱۸	۰٫۱۲	۰٫۱۷	۰٫۰۲	۰٫۰۱	۰٫۱۸	۰٫۰۲	۰٫۰۴
SrO	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۳	۰٫۰۴	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۲	۰٫۰۳
BaO	۰٫۰۱	۰٫۰۲	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۶	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۱	۰٫۰۱
LOI	۹٫۸۵	۷٫۹۳	۷٫۷۰	۹٫۷۲	۶٫۳۵	۶٫۵۸	۵٫۷۲	۱۵٫۰	۱۴٫۱۵
Total	۹۸٫۱	۱۰۰٫۱۶	۹۹٫۴	۱۰۰٫۰۱	۱۰۰٫۲۷	۹۸٫۹۳	۹۹٫۴۲	۹۸٫۱۹	۹۹٫۹۴
Co, ppm	۵۶٫۶	۶٫۸	۱۶٫۴	۱٫۲	۱٫۸	۲٫۶	۱۸٫۴	۱۳	۱۲٫۹
Cr	۴۳۰	۸۰	۱۰	۸۰	۱۹۰	۱۸۰	۱۵۰	۳۷۰	۳۹۰
Ga	۴۸٫۳	۲۳٫۴	۲۴٫۱	۳۷٫۲	۲۶٫۶	۲۷٫۶	۲۴٫۴	۶۵٫۸	۵۱٫۸
Hf	۱۳	۹٫۴	۶٫۱	۱۶٫۲	۱۲	۱۱٫۸	۶٫۵	۱۲٫۱	۱۷٫۹
Nb	۷۱٫۱	۳۰٫۲	۱۶٫۳	۶۶٫۷	۹۰٫۱	۸۶٫۹	۲۴٫۲	۶۸٫۶	۱۰۲٫۵
Ni	۱۷۹	۱۱	۷	۵	۴۲	۵۶	۶۰	۱۸۲	۱۸۷
Pb	۱۵	۳۹	۹	۲۲	۶	۶	۱۱	۸	۱۱
Sr	۱۱۶	۱۴۲	۲۸۹	۴۷۱	۱۴۳	۱۱۷٫۵	۹۱٫۷	۱۶۷	۲۲۵
Th	۲۵٫۴	۱۶٫۱	۹٫۵۸	۲۲٫۸	۳۱٫۷	۳۰٫۴	۱۴٫۹	۲۷	۲۵
U	۱۲	۱۲٫۷۵	۴٫۵۳	۳۰٫۳	۳٫۹۲	۳٫۲۰	۶٫۵۷	۴٫۹۸	۷٫۷۸
V	۷۴۵	۲۱۰	۴۳	۳۶۰	۱۳۱	۱۳۸	۲۲۶	۳۸۳	۳۱۲
Y	۳۳٫۷	۳۷٫۸	۱۱۲	۴۲٫۶	۳۶٫۳	۳۲٫۷	۳۱٫۷	۲۴٫۶	۳۱٫۱
Zn	۷۲	۵۶	۱۸۵	۳۴	۴۰	۲۶	۸۶	۴۴	۵۶
Zr	۴۷۷	۳۵۷	۲۳۹	۶۶۶	۴۴۳	۴۳۹	۲۲۹	۴۴۶	۶۳۵

زمین‌شناسی

آتشفشانی، شیلی، ماسه‌سنگی کرتاسه، آهکی قم (میوسن) و نهشته‌های زمان ما هستند (شکل ۱). در این منطقه سنگ‌های کربناتی روته به عنوان سنگ‌های درونگیر نهشته‌های بوکسیتی به صورت سنگ‌های آهکی دولومیتی و دولومیتی به رنگ‌های خاکستری تیره تا روشن و به ندرت به رنگ‌های کرم و نخودی و به شکل خشن و صخره‌ساز دیده می‌شوند. برخی از این سنگ‌ها دارای گرهک‌های چرتی سیاه بوده و در اثر چین-خوردگی در اثر تنش‌های ساختاری وارد بر منطقه به شدت

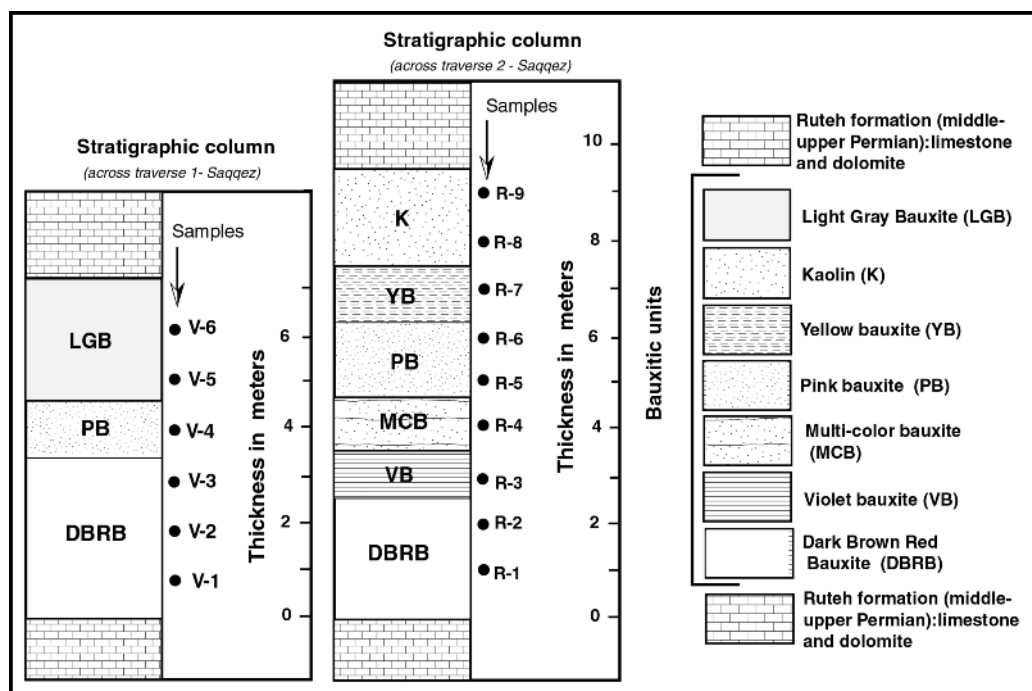
بارزترین واحدهای سنگی حاضر در شمال سقز به ترتیب قدیم به جدید شامل سازندهای ریولیتی-توفی (کریستال توف) مه‌باد (پرکامبرین)، دولومیتی سلطانیه (اینفراکامبرین)، ماسه-سنگی باروت (کامبرین زیرین)، شیلی-ماسه سنگی لالون (کامبرین زیرین)، دولومیتی چرتی و آهکی میلا (کامبرو-اردوویسین)، کربناتی روته (پرمین میانی-بالایی)، شیلی، ماسه‌سنگی و آتشفشانی شمشک (ژوراسیک)، کربناتی

تیره، ۲) بنفش، ۳) چند رنگ، ۴) صورتی، ۵) زرد و ۶) کائولن (سفید رنگ حاوی مواد ارگانیکی) می‌شوند (شکل ۲).

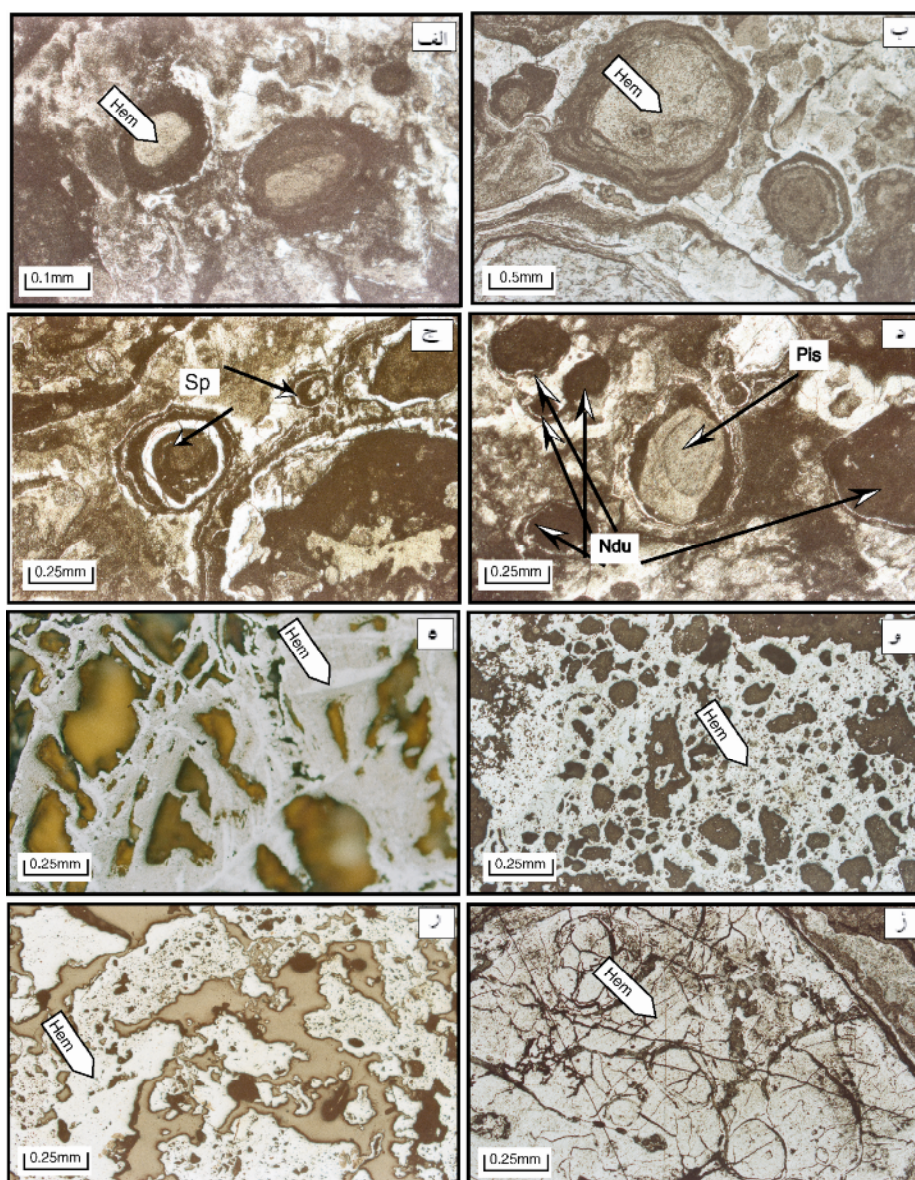
گونه‌های بافتی

با توجه به ریز بلور بودن کانی‌های سازنده بوکسیت‌ها و نبود خواص نوری ثابت برای اغلب آن‌ها و نیز سختی پایین برخی از نمونه‌های کانسنگی، بیشتر بررسی‌های میکروسکوپی برای تعیین چگونگی بافتی و ژنتیکی این نهشته‌ها صورت گرفته است. این بررسی‌ها نشان می‌دهند که کانسنگ‌های مورد بررسی حاوی بافت‌های اوئیدی (شکل ۳-الف)، پیژوئیدی (شکل ۳-ب)، اسپاستوئیدی (شکل ۳-ج)، گرهمی (شکل ۳-د)، اسکلتی (شکل ۳-ه) و اسفنجی (شکل ۳-و)، برش مانند (شکل ۳-ز) هستند. سیستم‌های شکستگی در این کانسنگ‌ها در دو گروه قابل تشخیص‌اند. گروه اول شکستگی‌هایی هستند با شکل‌های نامنظم و یا شعاعی محدود به هسته‌های هماتیتی پیژوئیدها، که در متن کانسنگ‌ها گسترش نیافته‌اند. گروه دوم شکستگی‌هایی هستند که در متن کانسنگ‌ها به شکل‌های حلقوی و خطی تداوم یافته و با خرد شدگی شدید کانی‌های فلزی (شکل ۳-ز) همراه شده‌اند.

بلوری شده‌اند. با توجه به بررسی‌های فسیل‌شناسی انجام شده توسط حریری و همکاران [۵] سن مرغابین برای این سنگ‌ها پیشنهاد شده است. بیشتر نهشته‌های بوکسیتی در این منطقه بیشتر عدسی شکل و به مقدار کمتر به صورت لایه‌ای، با دو روند کلی E-W و NW-SE با ضخامتی متغیر از چند ده سانتی‌متر تا ۱۰ متر و در مجموع با طولی بالغ بر ۱۶ کیلومتر در درون این واحدهای کربناتی تکامل و گسترش یافته و به مانند سنگ‌های درونگیر خود بلوری شده‌اند. در بخش‌های بالایی سنگ‌های کربناتی، گاهی ماسه‌سنگ‌هایی به رنگ خاکستری حاوی رگه‌های سفید سیلیسی و شیل‌های سرخ رنگ متورق مشاهده می‌شود. عدسی‌های بوکسیتی در این ناحیه دارای طولی متغیر از چند متر تا بیش از ۳۰۰ مترند. در بررسی‌های صحرایی با توجه به ویژگی‌های ظاهری در صحرا کانسنگ‌های بوکسیتی در عرض دو نیم‌رخ شامل ۸ واحد کانسنگی با رنگ‌های خاکستری روشن، خاکستری تیره، سرخ قهوه‌ای تیره، زرد، صورتی، چند رنگ، بنفش و کائولن سفید دیده می‌شوند. نیم‌رخ اول از پایین به بالا شامل واحدهای (۱) سرخ قهوه‌ای تیره، ۲) بنفش، ۳) خاکستری روشن و نیم‌رخ دوم به ترتیب از پایین به بالا شامل واحدهای (۱) سرخ قهوه‌ای



شکل ۲ ستون چینه‌شناسی نیم‌رخ‌های مورد بررسی (به شکل ۱ مراجعه شود) در نهشته‌های بوکسیتی سقر که در آن محل نمونه‌های برداشت شده برای آنالیزهای ژئوشیمیایی که با دایره‌های تو پر نشان داده شده‌اند.



شکل ۳ تصاویر میکروسکوپی کانسنگ‌های بوکسیتی سقز. (الف) بافت اوئیدی، (ب) بافت پیزوئیدی، (ج) بافت اسپاستوئیدی، (د) بافت نودولار، (ه) بافت اسکلتی، (و) بافت اسفنجی، (ز) تبدیل شدگی بافت اسفنجی به شکل‌های برشی در واحد بوکسیت سرخ در اثر آبیگری و آب‌زدایی آهن‌گین و (ز) شکستگی‌های خطی و حلقوی ناشی از تاثیر نیروهای زمین‌ساختی و انقباض ژل. همه تصاویر در نور بازتابی و به‌صورت xpl گرفته شده‌اند. علائم اختصاری به کار رفته عبارتند از: Hem=هماتیت، Sp=اسپاستوئید، Pis=پیزوئید و Ndu=گرهک.

کانی‌شناسی

آنالیزهای پراش پرتو X (XRD) نشان می‌دهند کانی‌های تشکیل دهنده نهشته‌های بوکسیتی پرمین سقز در ۷ دسته کلی قابل بررسی بوده و عبارتند از: (۱) هیدروکسیدها و اکسیدهای آلومینیوم (دیاسپور، بوهمیت و کروندوم)، (۲) هیدروکسیدها و اکسیدهای آهن (هماتیت، مگنتیت و گوتیت)، (۳) اکسیدهای تیتانیوم (روتیل، آناتاز)، (۴) سیلیکات‌ها (مونت‌موریلونیت، ایلیت، پیروفیلیت، تالک، کائولینیت، ناکریت،

دیکیت، کوارتز، فلدسپار پتاسیم، موسکویت، کلریت، کلریتوئید، پلاژیوکلاز، پیروکسن، آمفیبول، شاموزیت)، (۵) سولفات‌ها (ژپس)، (۶) کربنات‌ها (کلسیت) و (۷) فلوریدها (فلوریت). با توجه به بررسی‌های کمی و کیفی انباشت‌های کانیایی، سه انباشت کانیایی بوکسیت‌های (۱) دیاسپوریک، (۲) کروندومی- دیاسپوری و (۳) کروندومی بیش از ۷۹٪ کل انباشت کانیایی آلومینای آزاد را در این نهشته‌ها تشکیل می‌دهند که ۴۱٪ آن به بوکسیت دیاسپوریک وابسته است (جدول

۴۱٪ بالاترین مقدار توزیع را از نظر کمی نشان می‌دهد (جدول ۲). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند که از ۱۱ انباشت کانیاپی سیلیکاتی فقط انباشت کانیاپی بوکسیت کائولینیتی-ایلیتی-کلریتی از فراوانی بیشتری (۱۹٪) نسبت به بقیه برخوردار است (جدول ۲). مقایسه چگونگی توزیع انباشت‌های کانیاپی آلومینای آزاد، اکسیدهای تیتانیوم و آهن‌دار نشان می‌دهد که فراوانی انباشت‌های کانیاپی کروندوم‌دار، روتیلی و مگنتیتی-هماتیتی در این نهشته‌ها به صورت ژنتیکی کنترل می‌شوند (جدول ۲).

۲). بررسی توزیع کیفی و کمی انباشته‌های کانیاپی اکسید تیتانیوم حکایت از آن دارد که انباشت بوکسیت روتیلی نسبت به انباشت کانیاپی روتیلی-آنازازی از فراوانی بیشتری برخوردار است (جدول ۲). همچنین بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند که از بین ۱۰ انباشت کانیاپی آهن، تنها ۲ انباشت کانیاپی شامل بوکسیت‌های (۱) هماتیتی و (۲) هماتیتی-مگنتیتی از فراوانی نسبی بالایی برخوردار بوده و در مجموع ۶۰٪ کل انباشت‌های کانیاپی آهن را تشکیل می‌دهند. از میان چهار انباشت اصلی، انباشت کانیاپی بوکسیت هماتیتی با حدود

جدول ۲ درصد توزیع انباشت کانیاپی آلومینای آزاد، اکسیدهای تیتانیوم، آهن‌دار و سیلیکاتی در نهشته‌های بوکسیتی سقز. این درصدها بر اساس نسبت تعداد شناسایی کانیاپی‌ها در ۹۹ آنالیز پراش پرتو X محاسبه شده‌اند.

در صد فراوانی	انباشت کانیاپی	نوع تجمع
۳	Boehmitic bauxite	کانی‌های آلومینای آزاد
۲	Boehmito-diasporic bauxite	
۲	Diasporo-boehmitic bauxite	
۴۱	Diasporic bauxite	
۲	Diasporo-corundumic bauxite	
۲	Corundum boehmitic bauxite	
۱۰	Corundum-diasporo-boehmitic bauxite	
۲۰	Corundum-diasporic bauxite	
۱۸	Corundous bauxite	
۹۲	Rutilic bauxite	کانی‌های تیتانیوم دار
۸	Anataso- rutilo bauxite	
۱	Chamasito- Hematitic bauxite	کانی‌های آهن دار
۱۴	Hematito-goethitic bauxite	
۴۱	Hematitic bauxite	
۳	Goethitic bauxite	
۳	Magnetito- hematito- goethitic bauxite	
۲	Magnetito-chamosito-hematito-goethitic bauxite	
۱۹	Hematito-magnetitic bauxite	
۱	Magnetito-hematito-goethitic bauxite	
۱	Goethito- hematito- magnetitic bauxite	
۱۴	Magnetito -hematitic bauxite	
۳	Kaolinitic bauxite	کانی‌های سیلیکاتی
۵	Kaolinito-chloritic bauxite	
۲	Illitic bauxite	
۱۶	Illito- kaolinito- chlorito- montmorillonitic bauxite	
۳	Illito-chloritic bauxite	
۳	Kaolinito-illitic bauxite	
۱۹	Kaolinito-illito-chloritic bauxite	
۱۳	Kaolinito-chlorito-illitic bauxite	
۱۶	Illito-kaolinito-chloritic bauxite	
۹	Illito-kaolinitic bauxite	
۱۱	Pyrophyllito - illitic bauxite	

بحث و بررسی

محیط تشکیل و چگونگی ژنتیکی با توجه به شواهد صحرایی و بافتی

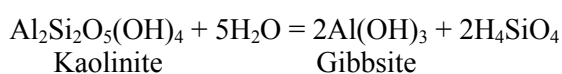
محیط تشکیل این نهشته‌ها احتمالاً با توجه به حضور قابل ملاحظه‌ای از مواد آلی در واحد کائولن همراه با توزیع پراکنده کانسنگ‌های خاکستری روشن و خاکستری تیره در نهشته‌های بازمانده این ناحیه از کشور می‌توانسته مردابی با سطح آب‌های زیرزمینی نسبتاً بالا باشد [۱۱].

حضور بافت‌های اوئیدی، پیزوئیدی، اسپاستوئیدی و گرهرکی دلالت بر چگونگی تشکیل بر جازای این نهشته‌ها دارد [۱۲]. بافت اسفنجی با حل شدن کانی‌های حل شده و غنی‌شدگی نسبی کانی‌های کمتر حل شده به‌وجود آمده است [۱۳]. آگیری و آب‌زدایی آهنگین باعث تبدیل بافت‌های اسفنجی به بافت‌های برش مانند در برخی از کانسنگ‌ها شده است [۱۳]. به نظر می‌رسد همگن بودن کلئید اولیه و نبود هسته‌های مناسب همراه با ضعیف بودن انرژی حوضه ته‌نشستی، تشکیل کانسنگ‌ها در یک محیط آبی آرام، تغییر مداوم سطح آب‌های زیرزمینی مانع از گسترش شدید بافت‌های اوئیدی، پیزوئیدی و اسپاستوئیدی چه از نظر کمی و چه از نظر تعداد دوار هم مرکز دور هسته‌ها و گسترش شدید بافت‌های گرهرکی در این نهشته‌ها شده است [۱۳]. تشکیل گرهرک‌های آهن‌دار (گرهرک‌های هماتیتی) در این نهشته‌ها به فاکتورهای زیادی مانند تغییرات در فعالیت آب در محیط‌های خاکزا [۱۴] بستگی داشته و ممکن است ریشه در نوسان‌های آب و هوایی باشد [۱۵]. با توجه تشکیل کنکرسین‌هایی چون گرهرک‌ها و اوئیدها، بنا به عقیده مانجلی [۱۳] به‌نظر می‌رسد تغییرات آب و هوایی در دو مرحله مختلف به ترتیب، ۱) دوره نسبتاً طولانی با آب و هوای استوایی غالباً مرطوب و ۲) تناوب آب و هوای کوتاه مدت خشک و مرطوب در تشکیل این نهشته‌ها انجام شده است. محدود بودن برخی از شکستگی‌ها در هسته‌های هماتیتی پیزوئیدها به شکل‌های نامنظم و شعاعی و عدم تداوم آن‌ها در متن کانسنگ‌ها دلیل محکمی بر تراکم ژل آلومینوسیلیکاتی [۱۱، ۱۶] در طول شکل‌گیری کانسنگ‌هاست. شکستگی‌های تداوم یافته در متن کانسنگ‌ها به شکل‌های حلقوی و خطی همراه با خرد شدگی شدید کانی‌های فلزی نیز احتمالاً در اثر تنش‌های ساختاری وارد بر این نهشته‌ها بوجود آمده‌اند.

جنبه‌های ژنتیکی کانی‌سازی

حضور مقادیر بالایی از کانی‌های سیلیکاتی در کانسنگ‌های بوکسیتی مورد بررسی حکایت از آن دارد که نهشته‌های بوکسیتی سقز از نظر تکوینی نارس (Immature) بوده و طی مراحل تشکیل و تکامل خود از هوازدگی سنگ‌های اولیه (Precursors) از زهکشی خوبی برخوردار نبوده‌اند و اغلب کانی‌های حد واسط در حین تبدیل سنگ (های) مادر به بوکسیت‌ها، به دلیل کند بودن فرایند بوکسیتی شدن، حفظ شده‌اند. وجود بقایایی از کانی‌های فلدسپار پتاسیم، پلاژیوکلاز، پیروکسن و آمفیبول در این کانسنگ‌ها نشان می‌دهد که سنگ (های) مادر احتمالی این نهشته‌ها بایستی دارای ماهیت آلومینوسیلیکاتی باشند.

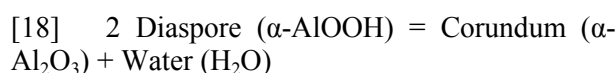
با توجه به‌وجود مرز کاملاً تند و مشخص بین نهشته‌های بوکسیتی با سنگ‌های درونگیر، گیبسیت احتمالاً اولین کانی آلومینای آزاد تشکیل شده طی تکوین این نهشته‌ها بوده است که در اثر هوازدگی مستقیم فلدسپارها و یا سیلیس‌زدایی کانی‌های کائولینیت به‌وجود آمده است [۱۷]:



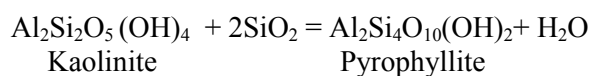
این کائولینیت‌ها نیز احتمالاً از دگرسانی فلدسپارها و موسکویت‌ها شکل گرفته‌اند. موسکویت‌ها نیز خود از دگرسانی کانی‌های فلدسپار به‌وجود آمده‌اند. دیکیت‌ها و ناکریت‌ها احتمالاً از دگرسانی فلدسپارها و یا موسکویت‌ها شکل گرفته‌اند. وجود انباشت‌های مختلف کانیایی بوکسیت‌ها بر اساس کانی‌های آلومینای آزاد (بوهیت دیاسپوری، دیاسپور بوهیتی، دیاسپور کروندومی، کروندوم بوهیتی، کروندوم دیاسپوری بوهیتی، کروندوم دیاسپوری) (جدول ۲) نشان می‌دهد که گیبست‌های ریشه گرفته از دگرسانی کائولینیت‌ها به واسطه آبدزایی طی تراکم [فشردگی] (compaction) به بوهمیت تبدیل شده‌اند که بعداً بوهمیت‌ها در نتیجه تغییر در ساختار بلوری در اثر دیاژنز، تنش‌های ساختاری و فرایندهای دگرگونی خفیف به کانی‌های دیاسپور تبدیل شده‌اند [۸].

ظاهراً گیبست‌ها در منطقه مورد بررسی طی واکنش‌های بالا نتوانسته در امان بماند و به همین دلیل آثاری از این کانی در آنالیزهای پراش پرتو X در نهشته‌های بوکسیتی سقز مشاهده نمی‌شود (احتمالاً به دلیل فراوانی کمتر از ۴٪ که آنالیزهای پراش پرتو X قادر به شناسایی آن‌ها نبوده‌اند). در

منطقه سقز، در سیستم‌های کربناتی پرمین وابسته به نهشته‌های بوکسیتی آثاری از دگرگونی‌های تماسی و گرمایی مشاهده نشد، و یا محققین دیگر گزارش نکرده‌اند. با توجه به وجود شیبستوزیت در برخی از عدسی‌های بوکسیتی [۳] و تجدید تبلور شدید سنگ‌های درونگیر کربناتی، به نظر می‌رسد که عامل اصلی تشکیل کروندوم همان دگرگونی ناحیه‌ای اعمال شده بر سنگ‌های منطقه و خروج آب از کانی‌های دیاسپور به صورت زیر باشد:

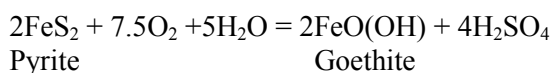


کامیننی و افتخارنژاد [۳] متعقدند حرکت‌های فاز کوهزایی لارامید دگرشکلی‌های ساختاری شدیدی را به همراه دگرگونی‌های ناحیه‌ای بر روی سیستم زمین‌شناسی منطقه سقز ایجاد کرده و به دنبال آن نهشته‌های بوکسیتی در این منطقه نیز متأثر از همین فرایندها شده‌اند. با توجه به این مسئله چنین به نظر می‌رسد که پیروفلیت‌ها در این نهشته‌ها احتمالاً دارای دو خاستگاه مختلف باشند: (۱) دگرگونی و (۲) تنش‌های ساختاری [۱۹]. بررسی‌های سینکوک [۲۰] نشان داده که نهشته‌های بوکسیتی در صورت قرارگیری در زون‌های ساختاری شدید، به شرایط لازم برای تشکیل پیروفلیت از کائولینیت‌ها می‌رسند. مقدار سیلیس لازم برای این تبدیل کانیایی به وسیله آب‌های زیرزمینی تامین می‌شود. با توجه به بررسی‌های کامیننی و افتخارنژاد [۳] این تغییر و تبدیل در بوکسیت‌های منطقه سقز در گستره دمایی ۳۷۵ الی ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام شده است.



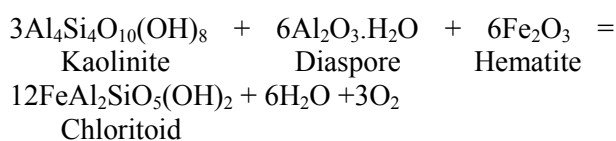
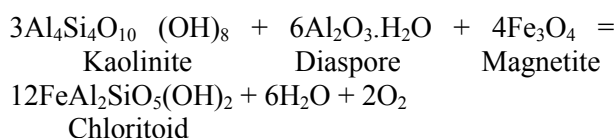
آناناز در حضور غلظت‌های پایین از عناصر قلیایی یک فاز کانیایی پایدار در گستره دماهای سطحی به حساب می‌آید [۱۲]. روتیل احتمالاً در این نهشته‌ها در اثر تغییر رده بلورشناختی آناناز در اثر عملکرد نیروهای زمین‌ساختی، فرایندهای دیاژنتیک و دگرگونی حاصل شده است. مونت-موریلونیت‌ها در این نهشته‌ها احتمالاً از دگرسانی کانی‌های آلبیت و پیروکسن به وجود آمده و ایلیت محصول دگرسانی کانی‌های موسکویت است [۸]. تالک احتمالاً محصول دگرسانی کانی‌های سیلیکاتی منیزیم‌داری چون البوین، پیروکسن و آمفیبول‌ها [۲۱]، و کلریت‌ها نیز از دگرسانی سیلیکات‌های

آهن-منیزیم‌داری چون پیروکسن‌ها و آمفیبول‌ها ایجاد شده‌اند. شاموزیت در این نهشته‌ها در اثر شرایط احیایی حاکم بر کانسنگ‌های بوکسیتی آهن‌دار و تامین سیلیس از طریق آب-های زیرزمینی تشکیل شده است [۱۲] و گوتیت احتمالاً از دگرسانی آمفیبول‌ها [۲۲] و یا از اکسایش کانی‌هایی چون پیریت به وجود آمده است [۱۲]:



گوتیت‌ها نیز در بخش‌هایی که با کروندوم همراهند احتمالاً از آبگیری هماتیت‌ها شکل گرفته‌اند. هماتیت‌ها در این نهشته‌ها احتمالاً به طور مستقیم از اکسایش پیریت‌ها و یا از آب‌زدایی گوتیت‌ها ریشه گرفته‌اند.

تشکیل ژپس در این نهشته‌ها در ارتباط با اسید سولفوریک ناشی از اکسایش پیریت‌ها بوده [۱۲] و کلریتوئیدها که با انباشت کروندوم شناسایی شده‌اند [۳] حاصل فرایندهای دگرگونی ناحیه‌ای اعمال شده بر این نهشته‌ها هستند. بررسی قانگولی [۲۳] نشان داد که انباشت کانیایی کلریتوئید-دیاسپور-کائولینیت-موسکویت-مگنیت - هماتیت- روتیل می‌تواند در اثر واکنش‌های زیر به هم وابسته باشد:



با توجه به حضور این انباشت‌های کانیایی در نهشته‌های بوکسیتی سقز، به نظر می‌رسد که چنین واکنش‌هایی باعث تشکیل کانی کلریتوئید باشند. کوارتز در این نهشته‌ها احتمالاً خاستگاه تخریبی دارد.

شرایط فیزیکوشیمیایی تشکیل نهشته‌ها

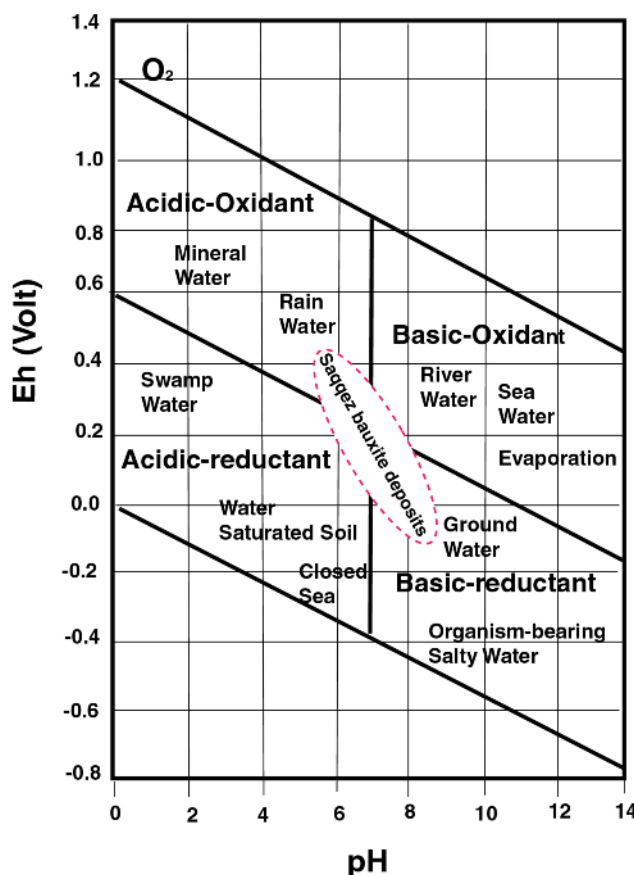
بررسی‌های انجام شده [۸] نشان می‌دهد که گیبسیت برای ته‌نشستی به عنوان کانی آلومینای آزاد اولیه در شرایط سطحی، نیاز به pHهایی در گستره ۴/۵ تا ۶/۵ دارد و مقدار سیلیس حل شده در آب برای ته‌نشینی آن باید کمتر از $10^{-4/5}$ مول باشد. برای ته‌نشینی هماتیت و گوتیت نیاز به pH بالاتر از ۷ و Eh

مورد بررسی را تشکیل می‌دهند. با این حال با توجه به نمودار سه متغیره $Al_2O_3-Fe_2O_3-SiO_2$ [۲۶]، کانسنگ‌های بوکسیتی نیمرخ مورد بررسی مشتمل بر ۶ گونه سنگی، (۱) فریت بوکسیتی، (۲) کائولن، (۳) لاتریت، (۴) بوکسیت فریتی، (۵) بوکسیت کائولینیتی و (۶) کائولن بوکسیتی هستند (شکل ۴). با توجه به الگوی توزیع این گونه‌های کانیایی در نیمرخ مورد بررسی (شکل‌های ۵ و ۶)، چنین به نظر می‌رسد که سنگ‌های بستر کربناتی به عنوان یک سد ژئوشیمیایی با خنثی سازی آبگون‌های هوازده کننده و تغییر مداوم سطح سفره آب-های زیرزمینی و ساز و کار آهن‌زدایی-آهن‌زایی نقش مهمی در تشکیل این نهشته‌ها ایفا کرده‌اند. همچنین ترسیم کانسنگ‌های یادشده در نمودار سه متغیره $Al_2O_3-Fe_2O_3-SiO_2$ [۲۲] نشان می‌دهد که شرایط زمین‌شناسی حاکم با شستشوی عناصر Si و یا Fe، باعث غنی‌شدگی Al طی فرایندهای بوکسیتی شدن شده است (شکل ۷).

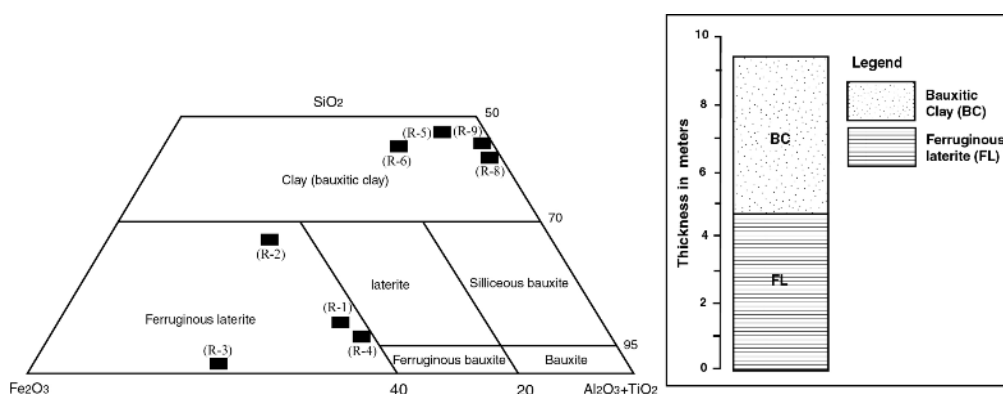
بزرگتر از ۰/۲ است. شاموزیت در محیط‌های احیایی (اگر بازه pH بین ۷ الی ۸ باشد، Eh باید $-0.2 >$ و اگر pH در بازه ۸ الی ۹ باشد، Eh باید > 0 باشد) در شرایط فشار پایین تشکیل می‌شود [۸]. با توجه به چگونگی توزیع کانی‌های یادشده در نهشته‌های سقز در نمودار دو متغیره Eh-pH محیط‌های طبیعی [۲۴] (شکل ۴)، به نظر می‌رسد که نهشته‌های بوکسیتی مورد بررسی در محیطی با عملکرد آب‌های سطحی اکسیدی-اسیدی تا آب‌های زیرزمینی بازی و احیا تشکیل شده باشند.

گونه‌های کانیایی

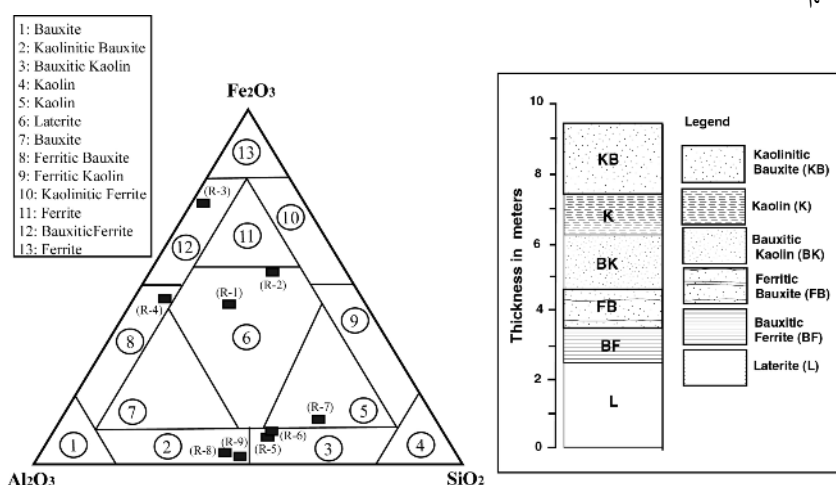
ترسیم کانسنگ‌های بوکسیتی در نمودار سه متغیره $Al_2O_3+TiO_2-Fe_2O_3-SiO_2$ [۲۵] نشان می‌دهد که این نهشته‌ها بیشتر ترکیبی در حد لاتریت‌های آهن‌دار و رس‌های بوکسیتی دارند (شکل ۵). با توجه به بررسی‌های صحرایی و یافته‌های کانی‌شناسی، لاتریت‌های آهن‌دار بیشتر بخش‌های زیرین و رس‌های بوکسیتی بخش‌های بالایی [برین] نهشته‌های



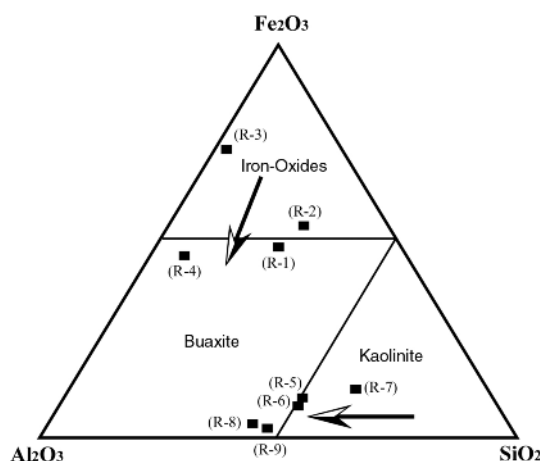
شکل ۴ نمودار Eh-pH محیط‌های جوی طبیعی با توجه به گستره پایداری کانی‌ها [۲۴] که در آن موقعیت نهشته‌های بوکسیتی سقز مشخص شده‌اند. مقادیر pH و Eh تشکیل کانی‌های گیبسیت، هماطیت، گوتیت و شاموزیت از [۸] اقتباس شده است.



شکل ۵ موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی نیمرخ دوم مورد بررسی در نمودار سه متغیره SiO_2 , Fe_2O_3 و $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ [۲۵] و نحوه قرارگیری تیپ‌های کانیایی نسبت به هم.



شکل ۶ موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی نیمرخ دوم مورد بررسی در نمودار سه متغیره SiO_2 , Fe_2O_3 و Al_2O_3 [۲۶] و چگونگی قرارگیری گونه‌های کانیایی نسبت به هم.



شکل ۷ موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی نیمرخ ۲ مورد بررسی در نمودار سه متغیره SiO_2 , Fe_2O_3 و Al_2O_3 [۲۲].

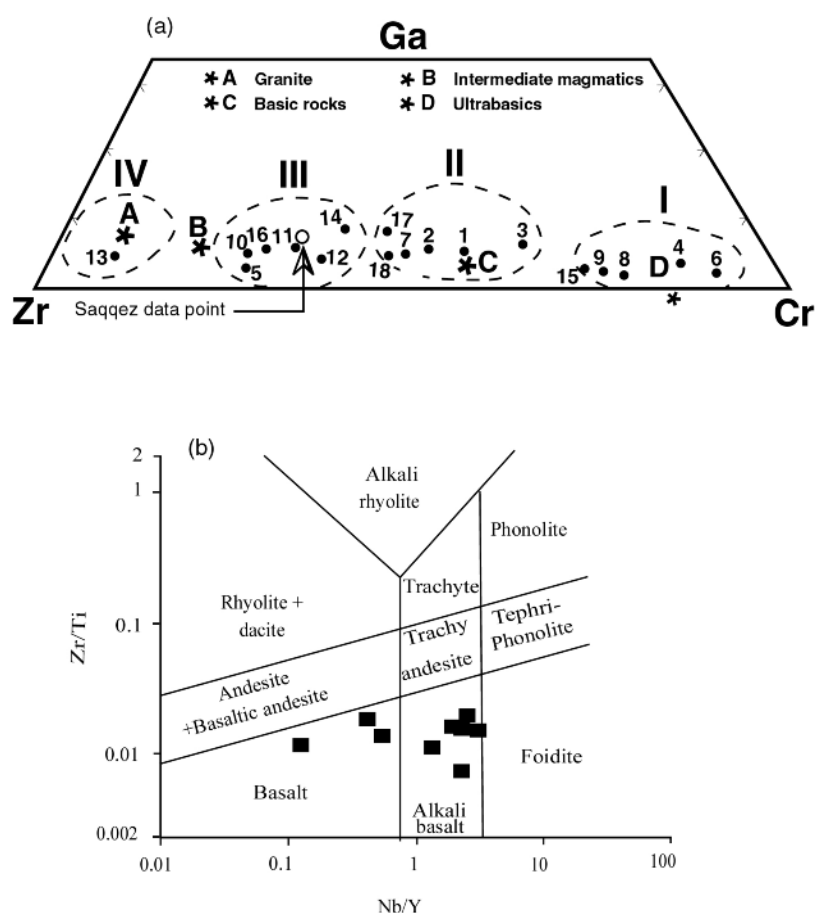
خاستگاه

بررسی همراه با مقادیر عناصر یادشده کانسارهای بوکسیت کارستی و لاتریتی در نقاط مختلف جهان [۲۷-۴۱] (جدول ۲) در نمودار سه متغیره Cr-Ga-Zr [۴۲] (شکل ۸a) نشان می‌دهد که نهشته‌های بوکسیتی سقز در گستره اثر سنگ‌های مادر

در این کار پژوهشی برای تعیین سنگ مادر نهشته‌های بوکسیتی سقز از دو روش ژئوشیمیایی استفاده شده است. ترسیم مقادیر عناصر Cr, Zr و Ga نیمرخ بوکسیتی مورد

است بررسی ارتباط احتمالی این نهشته‌ها با سنگ‌های بازالتی با استفاده از چگونگی توزیع عناصر بی‌حرک Zr , Nb , Ti و Y در نیمرخ مورد بررسی بوده است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند که عناصر Zr , Nb , Ti و Y پتانسیل بالایی برای محفوظ ماندن از تغییرات شیمیایی در نیمرخ‌های هوازده، از سنگ‌های مافیک ریشه گرفته‌اند [۴۵، ۴۶]. ترسیم یافته‌های وابسته به کانسنگ‌های بوکسیتی سقز، در نمودارهای دو متغیره $Zr/TiO_2 - Nb/Y$ [۴۷] (شکل ۸b) در گستره سنگ‌های بازالتی قرار می‌گیرند. از اینرو با توجه به نتایج دو روش استفاده شده، سنگ‌هایی با ماهیت بازالتی تا آندزیتی را می‌توان به عنوان محتمل‌ترین سنگ مادر نهشته‌های بوکسیتی سقز در نظر گرفت.

آذرین حد واسط و در حد فاصل لاریت‌های ریشه گرفته از سنگ‌های آذرین بازی تا حد واسط قرار می‌گیرند. با توجه به موقعیت قرارگیری نیمرخ مورد بررسی نسبت به کانسارهای بوکسیتی جهان (شکل ۶) چنین به نظر می‌رسد که از نظر رفتار ژئوشیمیایی و نمونه سنگ مادر، نهشته‌های بوکسیتی سقز به کانسارهای بوکسیت Padura Graiului رومانی بیشترین شباهت را دارند. عابدینی [۴۳] و عابدینی و همکاران [۴۴] سنگ‌هایی با ترکیب بازالت را در قاعده نهشته‌های بوکسیتی پرمین تا تریاس در ۵۰ کیلومتری شمال این منطقه گزارش کرده‌اند و در شمال سقز نیز گاهی آثاری از سنگ‌های بازالتی به شدت هوازده در سنگ‌های کربناتی روته مشاهده می‌شود. با توجه به این مسئله دومین روش ژئوشیمیایی که برای تعیین سنگ‌های مادر نهشته‌های بوکسیتی سقز به کار گرفته شده



شکل ۸ (a) موقعیت نیمرخ دوم بوکسیتی سقز و مقایسه آن با کانسارهای بوکسیت کارستی و لاریتی بر اساس مقادیر Zr , Cr و Ga آن‌ها. I, II, III و IV به ترتیب بیانگر مناطق اثر سنگ‌های مادر اولترامافیک، مافیک، حدواسط یا رسی، و اسیدی است. مقادیر متوسط Zr , Cr و Ga در سنگ‌های ماگمایی با حروف A, B, C و D نمایش داده شده‌اند که به ترتیب نشان دهنده محل قرارگیری سنگ‌های گرانیتی، سنگ‌های حدواسط، سنگ‌های آذرین بازیک و سنگ‌های اولترابازیک‌اند [۴۲]. شماره‌های ۱ تا ۱۸ به نهشته‌های بوکسیتی-لاریتی مناطق مختلف جهان مربوط می‌شوند (به جدول ۳ مراجعه شود). (b) موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی سقز در نمودار دو متغیره $Zr/Ti-Nb/Y$ [۴۷].

جدول ۳ مقایسه توزیع مقادیر ppm عناصر Cr, Ga و Zr در بوکسیت‌های سقز با کانسارهای بوکسیت کارستی و لاتریتی در نقاط مختلف جهان.

	Location	Zr	Ga	Cr	References
۱	Ariege (France)	۳۶۷	۶۳	۵۳۰	[۲۷]
۲	SE France	۳۸۹	۶۱	۴۸۵	[۲۷]
۳	Herzegovine (Yougoslavie)	۳۸۰	۴۰	۷۴۰	[۲۸]
۴	Obrovac (Yougoslavie)	۱۴۰	۲۰	۹۰۰	[۲۹]
۵	Bosnie	۷۱۴	۴۶	۲۸۰	[۳۰]
۶	Kosova	۲۸۵	۲۰	۳۵۰۰	[۳۱]
۷	Parnasse I (Jurassic) (Greece)	۳۱۴	۴۰	۳۲۳	[۳۲]
۸	Parnasse II (Cretaceous) (Greece)	۲۷۶	۳۲	۹۹۱	[۳۲]
۹	Mandra II (Greece)	۵۹۰	۳۰	۲۰۰۰	[۳۳]
۱۰	Tran (Bulgarie)	۲۰۰	۱۵	۷۵	[۳۴]
۱۱	Padura Graiului (Romania)	۸۲۰	۴۳	۴۳۰	[۳۵]
۱۲	Gant, Halimbria (Hungary)	۴۰۰	۴۰	۲۵۰	[۳۶]
۱۳	Arkansas (USA)	۱۳۰۰	۸۶	۱۱۰	[۳۷]
۱۴	Aksoki-seydischir (Turkey)	۵۲۰	۶۸	۳۶۵	[۳۸]
۱۵	SE Guinea Bissau	۲۰۱	۵۲	۸۲۲	[۳۹]
۱۶	SE Venezuela	۴۰۵	۵۱	۲۱۵	[۴۰]
۱۷	Yercaud (India)	۲۰	۵	۲۰	[۴۱]
۱۸	Belguam (India)	۴۰۰	۳۰	۳۵۰	[۴۱]
۱۹	Saggez (NW Iran)	۴۳۷	۳۷	۲۰۹	-

برداشت

به صورت برجای می‌باشند. با توجه به بررسی‌های کانی‌شناسی، آب‌های سطحی با ماهیت اکسیدی-اسیدی و آب‌های زیرزمینی با ماهیت بازی-احیاء در تشکیل این نهشته‌ها نقش مهمی ایفا کرده و شرایط زهکشی در طول تکوین این نهشته‌ها از شرایط خوبی برخوردار نبوده است. الگوی توزیع این گونه-های کانیاپی در نیمرخ بوکسیتی مورد بررسی نشان می‌دهند که سنگ‌های بستر کربناتی به عنوان یک سد ژئوشیمیایی با خنثی‌سازی آب‌گون‌های هوازده کننده و تغییر پی در پی سطح سفره آب‌های زیرزمینی و ساز و کار آهن‌زدایی-آهن‌زایی نقش مهمی در تشکیل این نهشته‌ها داشته‌اند. حضور کانی‌های

وقفه‌های ته‌نشینی مکرر در مقطع زمانی پرمین در سقز با تشکیل عدسی‌هایی از کانسنگ‌های بوکسیتی همراه بوده است. این کانسنگ‌ها به رنگ‌های سرخ قهوه‌ای تیره، خاکستری روشن، خاکستری تیره، چند رنگ، سفید، زرد، صورتی و بنفش با گسترش سطحی بیش از ۱۶ کیلومتر در سازند روته گسترش یافته‌اند. شواهد صحرایی نشان می‌دهند محیط تشکیل این نهشته‌ها، محیطی مردابی با سطح سفره آب‌های زیرزمینی نسبتاً بالا بوده است. بررسی‌های سنگ‌شناختی نشان‌دهنده تغلیظ نهشته‌ها از کانی‌های غنی از آلومینیوم و آهن

- [9] Ma J., Wei G., Xu Y., Long W., Sun W., "Mobilization and re-distribution of major and trace elements during extreme weathering of basalt in Hainan Island, South China", *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71 (2007) 3223-3237.
- [10] Karadag M., Kupeli S., Arik F., Ayhan A., Zedef V., Doyen A., "Rare earth element (REE) geochemistry and genetic implications of the Mortas bauxite deposit (Seydisehir/Konya-southern Turkey)", *Chemie der Erde-Geochemistry* 69(2009), 143-159
- [11] Bardossy G.Y., Aleva G.Y.Y., "Lateritic Bauxites", Akademia, Kiado Budapest, (1990) 646p.
- [12] Bardossy G., "Karst Bauxites", Elsevier Scientific, Amsterdam (1982) 441p.
- [13] Valetton I., "Bauxites", Elsevier (1972) 226p.
- [14] Tardy Y., Nahon D.B., "Geochemistry of laterites: Stability of Al-goethite, Al-hematite and Fe^{3+} -kaolinite in bauxites and ferricretes. An approach to the mechanism of concretion formation", *American Journal of Science* 285 (1985) 865-903.
- [15] Mongelli G., "Growth of hematite and boehmite in concretions from ancient karst bauxite: clue for past climate", *Catena* 50 (2002) 43-51.
- [16] Nia R., "Geologische, geochemische unersuchungen zum problem der boehmite-diaspore genese in griechischen Oberkeide-bauxitten der Parnass- Kiado- zone", Ph.D Thesis, University of Hamburg (1968) 133p.
- [17] Voicu G., Bardoux M., Voicu D., "Mineralogical norm calculations applied to tropical weathering profiles", *Mineralogical Magazine* 61 (1997) 185-196.
- [18] Urai J., Feenstra A., "Weakening associated with the diaspore-corundum dehydration reaction on metabauxites: an example from Naxos (Greece)", *Journal of Structural Geology* 23 (2001) 941-950.
- [19] Balkay B., Samimi M., "Geological investigations of Iranian bauxites and other high-alumina materials", Geological survey of Iran. Internal Report (1972).
- فلدسپار پتاسیم، پلاژیوکلاز، پیروکسن و آمفیبول به عنوان کانی های باقیمانده از سنگ های مادر و بررسی الگوی توزیع عناصر Nb، Y، Cr، Zr، Ga و Ti در نیمرخ بوکسیتی و مقایسه آن ها با کانسارهای بوکسیتی جهان نشان می دهد که سنگ های بازالتی- آندزیتی، سنگ های مادر احتمالی این نهشته ها بوده و این نهشته ها شباهت زیادی به کانسارهای Padura Graiului رومانی دارند.
- ### مراجع
- [1] Balkay B., Bardossy G.Y., "Lateritesedesi rezfolyamant vizsgalatok guineai lateritekben (Study of partial processes of laterization on Guinean laterites)", *Foldt. Kozl. Budapest* 97 (1967) 91-100.
- [۲] افتخارنژاد ج.، "نقشه زمین شناسی مهاباد به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰". انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۵۵).
- [3] Kamineni D. C., Eftekharnesad J., "Mineralogy of the Permian laterite of NW Iran", *Tschernaks Min. Petr. Mitt* 24 (1977) 195-204.
- [۴] اکبریور ا.، "بررسی زمین شناسی اقتصادی بوکسیت های منطقه سقز". رساله کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی دانشگاه آزاد واحد تهران شمال (۱۳۷۵) ۲۵۶ص.
- [۵] حریری ع.، فرجندی ف.، واعظی پور م.، صادقی ا.، "گزارش شرح نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سقز". سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۲).
- [6] Soler J.M., Lasaga A.C., "The Los Pijiguas bauxite deposit (Venezuela): A compilation of field data and implications for the bauxitization process", *Journal of South American Earth Sciences* 13 (2000) 47- 65.
- [7] Mordberg L.E., Stanley C.J., Germann K., "Mineralogy and geochemistry of trace elements in bauxites: the Devonian Schugorsk deposit Russia", *Mineralogical Magazine* 65 (2001) 81-101.
- [8] Temur S., Kansun G., "Geology and petrography of the Masatdagi diasporic bauxites, Alanya, Antalya Turkey", *Journal of Asian Earth Sciences* 27 (2006) 512-522.

- de bauxite de la Grece centrale*", Symposium ICSOBA, Nice (1973) 33-46.
- [33] Papastamatiou J., Maksimovic Z., "Contribution to the study of genesis of Greek bauxites: chemical and mineralogical composition of Mandra II bauxite deposits", Annual Report, Institute Geology Publication, Hungary, LIV 3 (1970) 391-402.
- [34] Karanov C.L., "Die Bauxite aus dem Gebiet von Tran", Review of the Bulgarian Geological Society 26 (1965) 21-40.
- [35] Papiou V.C., Iosof V., Udrescu C., "Etude des éléments mineurs des bauxites du massif de Padurea Craiului (Roumanie)", Association Géologie, Carp-Balk., VII Congres, Mineralogie et Geochimie, Belgrad (1967).
- [36] Dudich E., Siklosi L., "A comparative geochemical study of some major and minor elements in four bauxite deposits of Transdanubia, Hungary", Annual Report, Institute Geology Publication, Hungary, LIV, 3 (1970) 318-345.
- [37] Gordon M., Murata J., "Minor elements in Arkansas bauxite", Economic Geology 47 (1952) 169-179.
- [38] Özlü N., "Etude geologique, mineralogique et geochemique des bauxites de la region d'Akseki-Seydish (Taurus Occidental- TurQuie)", These Doctorat, Universite de Pierre et Marie Curie, 1t (1978) 445p.
- [39] Boski T., Herbosch A., "Trace elements and their relation to the mineral phases in lateritic bauxites from SE Guinea Bissau", Chemical Geology 82 (1990) 279-297.
- [40] Schorin H., Puchelt H., "Geochemistry of a ferruginous bauxite profile from southeast Venezuela", Chemical Geology 64 (1987) 127-142.
- [41] Pattan J.N., Appangoudar S.M., "Geochemical behaviour of trace elements during bauxite formation at Belgaum (Karnataka) and Yercaud (Tamil Nadu), India", Chemical Geology 69 (1988) 291-297.
- [42] Özlü N., "Trace element contents of karst bauxites and their parent rocks in the Mediterranean belt", Mineralium Deposita 18 (1983) 469-476.
- [20] Sinkovec B., "Geology of the Triassic bauxites of Lika, Yugoslavia. Prirodoslovja Istrazivanja", Acta Geology Zagreb 39 (1970) 1-67.
- [21] Dana J.D., "Manual of mineralogy" John Wiley and Sons Inc (2001) 583p.
- [22] Mutakyahwa M.K.D., Ikingura J.R., Mruma A.H., "Geology and geochemistry of bauxite deposits in Lushoto District, Usambara Mountains, Tanzania", Journal of African Earth Sciences 36(2003) 357-369.
- [23] Ganguly J., "Chloritoid stability and related paragenesis: Theory, experiments and applications", American Journal of Sciences 267 (1969) 910-944.
- [24] Garrels R.M., Christ C.L., "Solution, Minerals and Equilibria Harper and Row", New York, (1965) 450p.
- [25] Balasubramaniam K.S., Surendra M., Kumar T.V., "Genesis of certain bauxite profiles from India", Chemical Geology 60 (1987) 227-235.
- [26] Aleva G.J.J., "Laterites: concepts, geology, morphology and chemistry", ISIRC, Wageningen (1994).
- [27] Caillere S., Maksimovic Z., Pobeguvin T., "Les éléments en traces dans quelques bauxites karstiques de l'Ariege et du Var", Symposium ICSOBA, Dubrovnik 13 (1976) 233-252.
- [28] Maksimovic Z., "Distribution of trace elements in bauxite deposits of Hercegovina, Yugoslavia", Travaux ICSOBA 5 (1968) 31-36.
- [29] Maric L., "Sur la morphologie des gisements et la composition mineralogique quantitative des bauxites d'Obrovac (Dalmatic septentrionale)", Annual Report, Institute Geology Publication 3 (1969) 402-409.
- [30] Catovic F., Trubelja F., Sijaric G., "Bauxites of the Srnetica mountain (Bosnie)", Symposium ICSOBA, Dubrovnik 13 (1976) 103-113.
- [31] Paplovic S., Nikolic D., "Formation des laterites sur les quartzites aux environs de Baniey (Guine)", Symposium ICSOBA, Nice, (1973) 233-235.
- [32] Maksimovic Z., Papastamatiou J., "Distribution d'oligoelements dans les gisements

[45] Hill I. G., Worden R. H. G., Meighan I. G., "Geochemical evolution of a paleolaterite: the interbasaltic formation, Northern Ireland", Chemical Geology 166 (2000) 65-84.

[46] Kurtz A. C., Derry L. A., Chadwick O. A., "Refractory element mobility in volcanic soils", Geology 28 (2000) 683-686.

[47] Winchester J.A., Floyd P.A., "Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements", Chemical Geology 20 (1977) 325-343.

[۴۳] عابدینی ع.، "بررسی کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز نهشته‌های بوکسیتی-لاتریتی پرمین تا تریاس در شمال غرب ایران". رساله دکتری گروه زمین شناسی دانشگاه تبریز، (۱۳۸۷) ۱۸۴ص.

[۴۴] عابدینی ع.، کلاگری ع.ا.، حاج علیلو ب.، جهانگیری ا.، "مطالعات کانی‌شناسی و ژئوشیمی عناصر خاکی کمیاب (REE) در نهشته بوکسیتی پرمو-تریاس شمال شرق بوکان، شمالغرب ایران". مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۳ (۱۳۸۷) ص ۴۵۹-۴۷۲.