

بررسی نهشته‌های آذرآواری و نحوه‌ی تشکیل کانسار بنتونیت

تاقدیس آبگرم چاهریسه (شمال شرق اصفهان)

سید هادی فاطمی‌شال^{۱*}، محمد علی محی‌زاده^۲ و هادی شمس‌آبادی^۳

(۱) کارشناس ارشد رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان، khatamishall@gmail.com

(۲) استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان

(۳) کارشناس شرکت صبا کاشی اصفهان

(* عهده دار مکاتبات)

دریافت: ۹۱/۳/۲۰؛ دریافت اصلاح شده: ۹۱/۶/۱۵؛ پذیرش: ۹۱/۶/۱۸؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۱/۱۲/۵

چکیده

کانسار بنتونیت تاقدیس آبگرم چاهریسه در بالاترین قسمت سازند قرمز پایینی در این منطقه و چسبیده به سازند قم قرار گرفته است و از نظر زون بندی ساختمانی- رسوبی در لبه‌ی نوار سه‌سند- بزمان واقع شده است. این کانسار فاقد لایه بندی است و بصورت تپه ماهورهایی در مجاورت آهک‌های زرد رنگ سازند قم دیده می‌شود. بررسی‌های حاصل از پراش پرتو ایکس نشان داد که بیش از ۸۸٪ حجم نمونه‌های بنتونیتی را کانی رسی مونت موریونیت تشکیل داده است. بر اساس داده‌های حاصل از مطالعه‌ی مقاطع میکروسکوپی، سنگ مادر این کانسار، خاکسترهای آتشفشانی با ترکیب آندزیت است که بعد از نهشت در یک محیط بسته‌ی کولابی و تدفین توسط رسوبات ماسه و کنگلومرایی در اثر واکنش‌های دیاژنتیک به ماده‌ی معدنی بنتونیت دگرسان شده است. این نهشته‌ی رسی در دسته‌ی رس‌های هالمیرولیزی طبقه بندی می‌شود. این کانسار یکی از بزرگترین و مهمترین کانسارهای بنتونیت منطقه‌ی اصفهان است.

واژه‌های کلیدی: آندزیت، رس هالمیرولیزی، سازند قرمز پایینی، مونت موریونیت.

۱- مقدمه

اصطلاح محلی شیل‌های بتون واقع در ایالت وایومینگ آمریکا گرفته شده است (مهوری و همکاران ۱۳۸۹، Grim & Güven 1978). از دیدگاه زمین‌شناسی برای بنتونیت تعاریف متعددی وجود دارد، اما تعریفی که مورد پذیرش اکثر زمین‌شناسان است تعریفی است که در سال ۱۹۲۶ ارائه گردید، بدین صورت که بنتونیت اساساً سنگی است مرکب از یک شبه رس متبلور که از تغییر حالت شیشه‌ای به حالت بلوری یک ماده‌ی آذرین شیشه‌ای (که معمولاً توف یا خاکستر آتشفشانی است) در اثر هوازگی شیمیایی تشکیل شده است و اکثراً دارای مقادیر مختلفی از دانه‌های دیگر است که به صورت بلور در

بنتونیت سنگی است که بیش از ۸۵ درصد حجم آن را کانی‌های رسی گروه اسمکتیت، عمدتاً مونت‌موریونیت تشکیل داده است (حجازی و قربانی ۱۳۷۳). در لغت‌نامه‌ی دهخدا از این ماده‌ی معدنی غیر فلزی با عنوان گل سرشوی یا گل جعدسا نام برده شده که زنان و برخی از مردان موی خود را با آن می‌شستند. در فرهنگ غرب در قدیمی‌ترین اشاراتی که به این ماده شده از آن با نام‌های رس صابونی، تیلویت و بالاخره بنتونیت یاد شده است. واژه‌ی بنتونیت نخستین بار در سال ۱۳۸۹ توسط دانشمندی بنام نایت بکار برده شده که از روی

نیست. این واکنش بطور قابل ملاحظه‌ای سیلیس را در مقادیری که باعث تشکیل کوارتز و سیلیس اپال می‌شود آزاد می‌کند (Meunier 2005). این مورد در شاردهای موجود در بنتونیت Otay کالیفرنیا وجود دارد (Berry 1999). بنتونیت اصولاً در اثر دگرسانی به سه طریق تشکیل می‌شوند: ۱. دگرسانی خاکستر ممکن است در زمان رسوبگذاری در آبی که نسبت به آب دریا شورتر و قلیایی‌تر است اتفاق بیفتد. در این حالت خاکسترها به لاگون و ... جایی که محلول‌ها توسط عمل تبخیر متمرکز شده‌اند، انتقال یافته‌اند، ۲. دگرسانی قبل از رسوبگذاری و در داخل خود سیستم هیدروترمال آتشفشان رخ داده باشد، بدین صورت که شیشه خیلی زودتر در خود پوسته و پیکره‌ی آتشفشان دگرسان شده و بعداً توسط رسوبگذاری منتقل شده است یا ۳. فرایند دگرسانی بعد از رسوبگذاری، در طول تدفین توسط واکنش دباژنتیک اتفاق افتاده است (Meunier 2005).

در این مقاله برای اولین بار کانسار بنتونیت چاهریسه از دیدگاه زمین‌شناسی مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

در این مطالعه ۵ نیمرخ با اسامی A, B, C, D و E از نقاط مختلف معدن انتخاب شد و از بنتونیت‌ها و سنگ‌های رو و اطراف آنها بیش از ۱۲۰ نمونه برداشت شد. از این میان حدود ۳۰ مقطع نازک برای انجام مطالعات نازک میکروسکوپی تهیه گردید. مقاطع نازک میکروسکوپی از نظر نوع قطعات در برگیرنده به دو دسته تقسیم می‌شوند: دسته اول، آنهایی که از قطعات در حد گراول و ماسه‌های درشت و متوسط موجود در داخل بنتونیت و واحدهای سنگ شناختی سست رو و اطراف آن تهیه شد. بدین صورت که این نهشته‌ها ابتدا برای چند ساعت داخل یک بشر ۵۰۰ میلی لیتری محتوی آب قرار گرفت و بعد از سست شدن کامل از الک‌های با مقدار مش متفاوت (۱۰، ۱۸، ۳۵، ۶۰، ۱۲۰ و ۲۳۰) گذرانده شد، در پایان از دانه‌های روی الک (۱۰ گراول) و الک‌های ۳۵ و ۶۰ (به ترتیب ماسه‌های درشت و متوسط) مقطع نازک تهیه شد. دسته دوم، مقاطع نازکی هستند که از خود سنگ اصلی بنتونیت و برخی از لیتولوژی‌های مستحکم روی آن تهیه گردید. تهیه‌ی مقطع نازک سنگ‌های متشکل از رس مثل بنتونیت مشکل است چون در حضور آب حل می‌شوند و برای نازک کردن مقطع در حد ۲۵ میکرون (استاندارد مقاطع نازک میکروسکوپی) عمل ساییدن مقطع در کارگاه مقطع گیری باید روی سمباده‌ی نرم یا نفت انجام شود که در اینجا از سمباده استفاده شد. مطالعه‌ی کانی‌شناسی مقاطع نازک توسط میکروسکپ قطبشی المپوس مدل BH-2 انجام گرفت. ۴ نمونه از نمونه‌های بنتونیتی هریک از نیمرخ‌های مورد مطالعه

شیشه‌ی آتشفشانی وجود داشته‌اند (مهوری و همکاران ۱۳۸۹، Grim & Güven 1978). مونت مورونیت شاخص‌ترین کانی گروه اسمکتیت، تشکیل دهنده‌ی اصلی بنتونیت است. خواص متنوع این کانی رسی مثل جانشینی یونی، شکل‌پذیری، انبساط و انقباض و رنگبری، بنتونیت را به ماده‌ی پرکاربرد تبدیل کرده است (کریم‌پور و همکاران ۱۳۸۲). این ماده‌ی معدنی امروزه در صنایع مختلفی از جمله کاغذسازی، کشاورزی، لاستیک، پلاستیک، سرامیک و تهیه‌ی لوازم بهداشتی و سلامت انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد (بازرگانی گیلانی و ربانی ۱۳۸۳). این کانی در حقیقت اصلی‌ترین تشکیل دهنده‌ی خاک مناسب کشاورزی است (Troeh et al. 2004). فرایند تشکیل بنتونیت هنوز بخوبی شناخته نشده است اما اکثر مطالعات حاکی از آن است که تشکیل این ماده‌ی معدنی در ارتباط با رسوبگذاری خاکستر آتشفشانی از جنس ریولیت تا آندزیت، در دریاچه‌ها، لاگون‌ها یا نواحی دریایی کم عمق است (Meunier 2005). بنتونیت عمدتاً با ضخامت‌های یک سانتیمتر تا یک متر (ضخامت زیادتر بندرت وجود دارد) دیده می‌شود و گستره‌ی جغرافیایی‌اش بسته به انرژی فوران و نیروی جریان هوا متغیر است. این نهشته‌ها می‌توانند سطح گسترده‌ای را پوشش دهند و معمولاً به عنوان شاخص‌های چینه‌نگاری استفاده می‌شوند (Meunier 2005). با مشاهده‌ی دو مشخصه‌ی پتروگرافیکی می‌توان به منشا ولکانیکی این نهشته‌ها پی برد:

۱. حضور کانی‌های حاصل از تبلور ماگمای داسیتی تا ریولیتی (بندرت بازالتی): کریستوبالیت، بیوتیت، سانیدین، پلاژیوکلاز، آپاتیت، ایلمنیت، مگنتیت، زیرکن، روتیل و اسفن
۲. واریزه‌های شیشه‌ای یا شبه بلورهای آنها (شاردهای آتشفشانی همراه با حباب)

بر اساس مطالعات آزمایشگاهی بوهر و تریپلهورن (Bohor & Triplehorn 1993) و ابرل و هاور (Eberl & Hower 1975) مکانیسم زیر برای تشکیل بنتونیت پیشنهاد گردید:

کاتیونهای محلول + ژل آلومینوسیلیکاتهای هیدراته $\rightarrow \text{H}_2\text{O}$ + شیشه آتشفشانی این واکنش که به واکنش هیدرولیز معروف است بطور کلی نمی‌تواند مکانیسم آلتراسیون خاکسترها را توضیح دهد. براستی خاکستر آتشفشانی نمی‌تواند سرعت در حضور آب شیرین یا آب دریا به اسمکتیت تبدیل شود چون واریزه‌های آتشفشانی با سن چند صد هزار تا چندین میلیون ساله در رسوبات طبیعت مشاهده شده است (Hein & Scholl 1978, Imbert & Desprairies 1987, Keller et al. 1978). نرخ تبدیل شیشه‌ی آتشفشانی به اسمکتیت با افزایش عمق کاهش می‌یابد و در عمق ۲۵۰ سانتیمتری فقط ۵۰٪ اسمکتیت باقی می‌ماند. از طرف دیگر واکنش تبدیل شیشه به اسمکتیت استوکیومتری

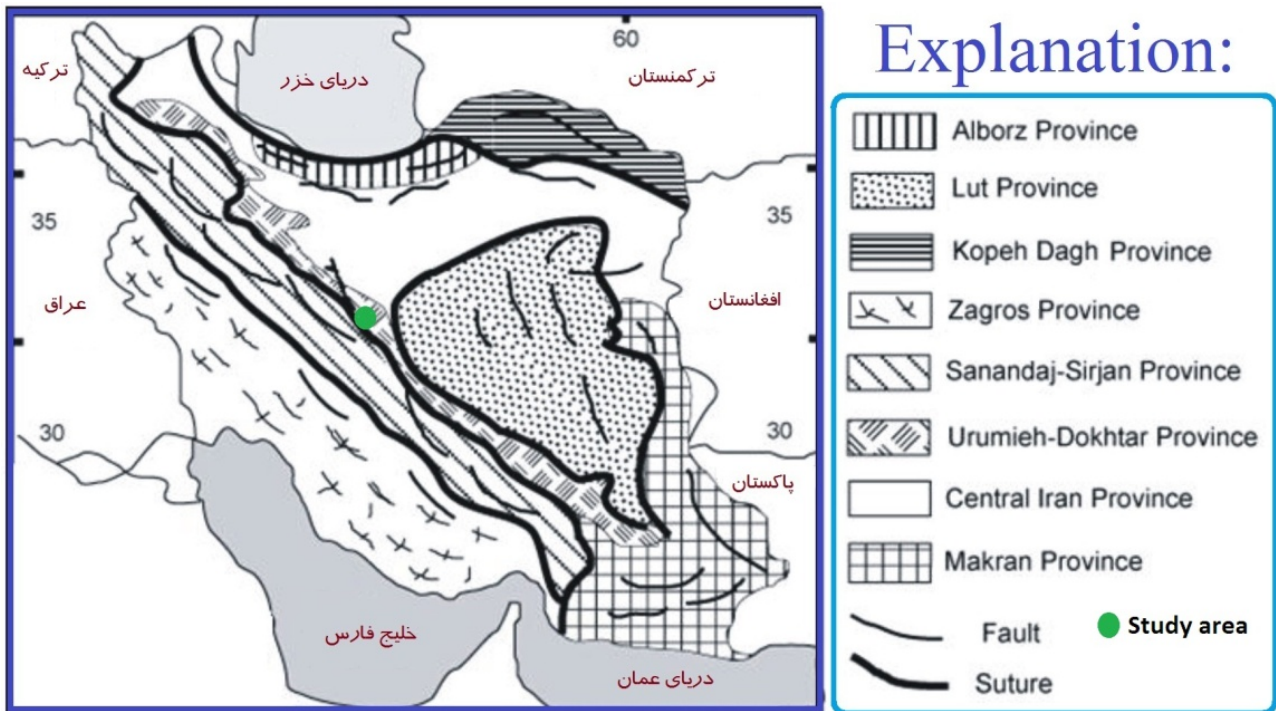
این کانسار جهت شناسایی کامل و دقیق کانی‌های رسی تشکیل دهنده- ی آنها به روش پراش پرتو ایکس آر دی (XRD) با استفاده از دستگاه با مشخصات D8ADVANCE, Bruker, Germany, Tube در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه اصفهان مورد بررسی قرار گرفت.

۳- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی عمومی منطقه

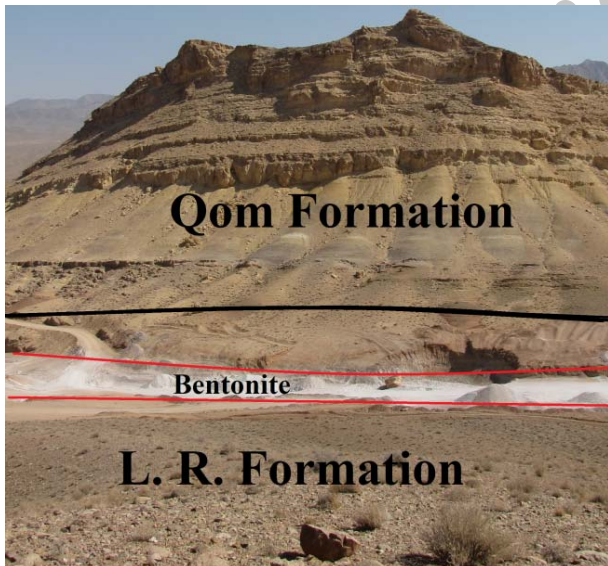
کانسار بنتونیت تاقدیس آبگرم چاهریسه در ۷۵ کیلومتری شمال شرق اصفهان و ۸ کیلومتری جنوب شرق چاهریسه واقع شده است. و بدلیل قرارگیری در نزدیکی روستای چاهریسه بنام کانسار بنتونیت چاهریسه اصفهان، نامگذاری گردیده است (تصویر ۱). پهنه‌ی مورد مطالعه از نظر موقعیت زمین شناسی جزیی از واحد زمین ساختی ایران مرکزی بحساب آمده و در لبه‌ی نوار ولکانوپلوتونیک ارومیه دختر جای دارد و از لحاظ موقعیت جغرافیایی این کانسار در طول شرقی $45^{\circ} 25'$ و عرض شمالی $52^{\circ} 08' 09.2''$ است (تصویر ۲) این نوار از یک سری گسترده و ستبر سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواریهای وابسته به آن تشکیل شده که از سهند تا بزمان امتداد دارد و شاهد تکاپوی گسترده‌ای در سنوزویک بوده است (حجازی و قربانی ۱۳۷۳). ماگماتیسزم ترشیری به دو صورت نفوذی و آتشفشانی است و فعالیت‌های آتشفشانی به دو صورت گدازه‌ای و آذرآواری وجود دارد. نهشته‌های آذرآواری ترشیری گاه خاستگاه مستقیم ماگمایی و گاه خاستگاه اپی کلاستیک دارد یعنی بر اثر فرسایش، حمل و نقل و رسوبگذاری نهشته شده‌اند (آقانباتی ۱۳۸۵). بنتونیت‌های ایران مرکزی بطور کلی در دو محور و در دو افق قابل تقسیم می‌باشند: محور اصلی، از رزین اردکان شروع شده و تا منطقه‌ی جنوب فردوس ادامه می‌یابد. سن بنتونیت‌های این محور از ائوسن بالایی شروع شده و تا الیگوسن و احتمالا تا اوایل میوسن ادامه دارد. لایه‌های بالایی این افق را لایه‌های کنگلومرایی نوژن می‌پوشاند که راهنمای ارزنده‌ای برای پی جویی افق بنتونیت است. محور دوم، که کانسار مورد مطالعه نیز در بخشی از آن قرار می‌گیرد، محور بنتونیتی خور- بیابانک با سن الیگوسن تا ائوسن است و بنظر می‌رسد که این محور و محور نتونیتی سمنان - ترود در یک افق باشند (حجازی و قربانی ۱۳۷۳). بر اساس بررسی‌های صحرائی، از نقطه نظر چینه‌شناسی این کانسار در محدوده- ی سازند قرمز پایینی با سن الیگوسن آغازی و در حدفاصل آن با سازند قم قرار گرفته است و در واقع بصورت یک مرز ناگهانی عمل کرده و در این منطقه سازند قم را از سازند قرمز پایینی منفک نموده است (تصویر ۳). واحدهای سنگ شناختی مشاهده شده در محدوده‌ی این کانسار و اطراف آن شامل بنتونیت، تناوب مارن‌های رس‌دار

رنگارنگ با میان لایه‌های نازک گچ و شیل و سیلتستون و ماسه سنگ- های هماتی، توده‌های آتشفشانی اعم از آندزیت و توف‌های آندزیتی، آهک، کنگلومرا و ماسه سنگ‌های سازند قرمز پایینی، تراورتن (در فاصله‌ی دورتر نسبت به این کانسار) و تراس‌های آبرفتی و رسوبات آبرفتی کواترنر است. محدوده‌ی این کانسار تقریبا بصورت یک چهارضلعی است و اگر از نقاط مرتفع اطراف به آن نگاه کنیم بنتونیت- ها بصورت تپه ماهورهایی هستند که بصورت لکه‌های سفید رنگ و روشن‌تر از سطح زمین‌های اطراف قابل تشخیص می‌باشند. ماده‌ی معدنی بنتونیت در این محل با دو مشخصه‌ی ظاهری وجود دارد: ۱. بنتونیت سفید (سفید کدر) که تقریبا تمام ذخیره‌ی برآورد شده برای این محل را تشکیل می‌دهد و سوژه‌ی اصلی این پژوهش می‌باشد و ۲. بنتونیت قرمز (صورتی تیره) که ضمن حفاری‌ها و ترانسه‌های اکتشافی در برخی قسمت‌ها بصورت موضعی و منقطع به آن برخورد شده است که از نظر پراکندگی و گسترش بسیار محدود بوده بطوریکه قابل بررسی و برآورد میزان ذخیره نمی‌باشد (سازمان صنایع و معادن استان اصفهان ۱۳۷۰). بنتونیت‌های مورد مطالعه به رنگ سفید کدر، فاقد لایه‌بندی و با ضخامت‌های متفاوت دیده می‌شوند و در داخل آنها قطعاتی در حد گراول (دانه‌های بیشتر از ۲ میلی متر) و ماسه (ماسه درشت تا ریز) وجود دارد که بنظر می‌رسد از لحاظ اندازه، وقوع دگرسانی و میزان این دگرسانی و فراوانی و نوع کانی‌های سنگین در سرتاسر معدن متغیر باشند. در تمامی نیمرخ‌های انتخاب شده جهت مطالعه، در قسمت بنتونیتی ژپیس بصورت رگه‌ای از عمق تا سطح وجود دارد ولی ژپیس با هیبت زیبای رز مانند به مقدار فراوان فقط در سطح قسمت‌های بنتونیتی دیده می‌شود. ژپیس رگه‌ای و ژپیس رز مانند در این محل فراگیر نیست و فقط به همین حوضه‌ی رسوبی و بنتونیت‌ها وابسته‌اند (تصویر ۶).

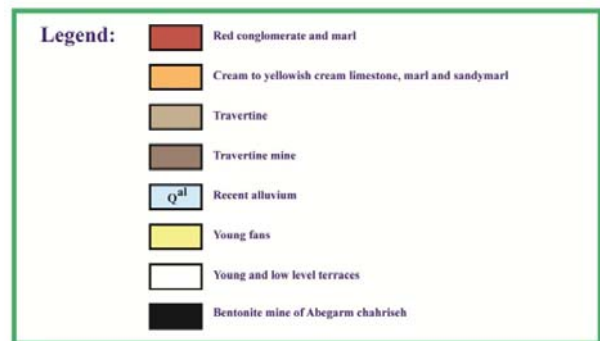
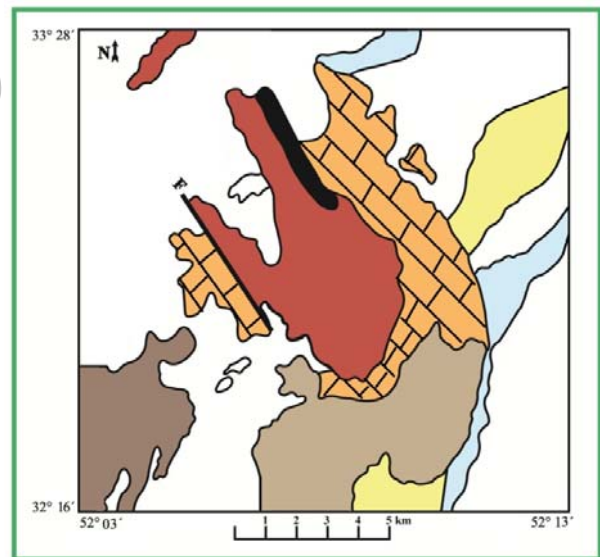
وجود ژپیس رز مانند دلالت بر این دارد که محیط تشکیل بنتونیت از نوع کولابی و بسته است (Warren 1999). بر روی نهشته‌های بنتونیتی این کانسار، نهشته‌های ماسه (در برخی قسمت‌ها دارای طبقه‌بندی مورب است)، کنگلومرا، در برخی نقاط تناوب ماسه و کنگلومرا و همچنین گل با ضخامت متغیر دیده می‌شوند و بر روی این‌ها واحدهای آبرفتی کواترنر وجود دارد که بجز در مکان‌های محدود در قسمت‌های دیگر در تماس با خود بنتونیت نیست. در قسمت جنوبی کانسار، چشمه‌ی آبگرم ورتون (چون در ۱۲ کیلومتری روستای ورطون قرار گرفته به این نام خوانده می‌شود) قرار دارد. آب این چشمه جزء آب‌های کلروبیکریناته بوده و دارای سدیم و آهن است، pH آن بین ۶/۵ تا ۷/۵ و دمای آب آن حدود ۴۰ درجه‌ی سانتیگراد است که از دمای محیط اطرافش ۱۲ درجه بیشتر می‌باشد.



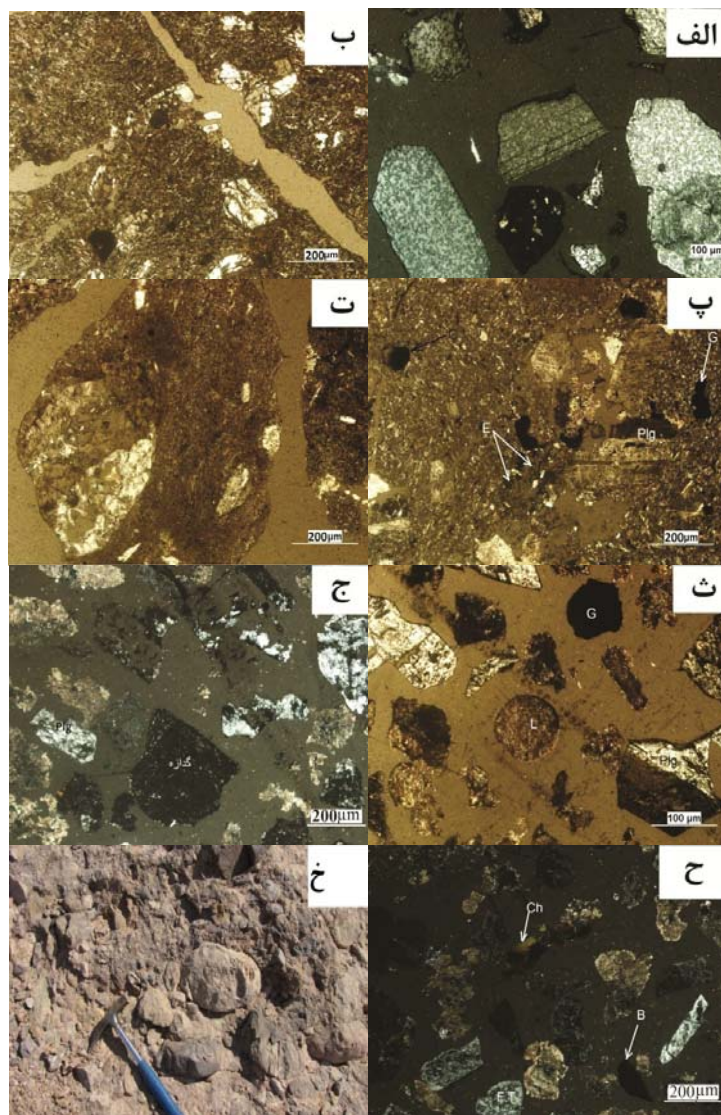
تصویر ۱- نقشه‌ی ساده شده‌ی زون‌بندی ساختمانی- رسوبی ایران و نمایش محل مورد مطالعه بر روی آن (آقائباتی ۱۳۸۶).



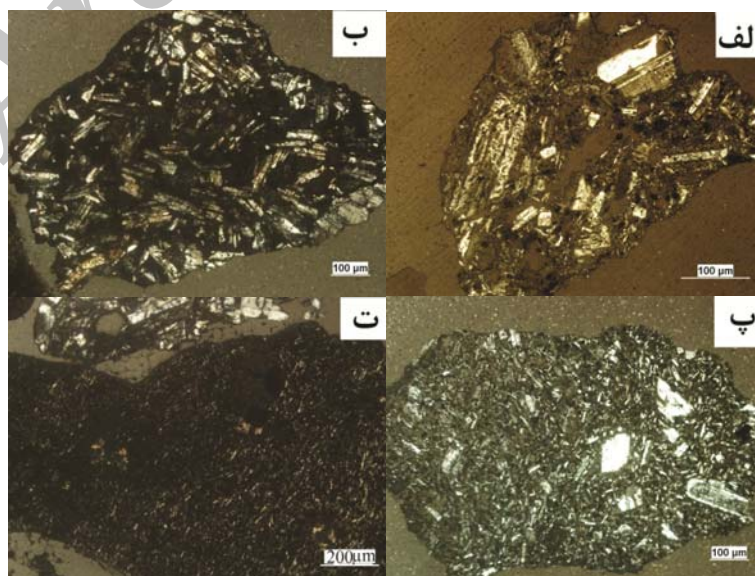
تصویر ۳- نمای کلی و محدوده‌ی چینه‌شناسی کانسار بنتونیت آبگرم.



تصویر ۲- نقشه‌ی زمین‌شناسی ساده شده‌ی منطقه.



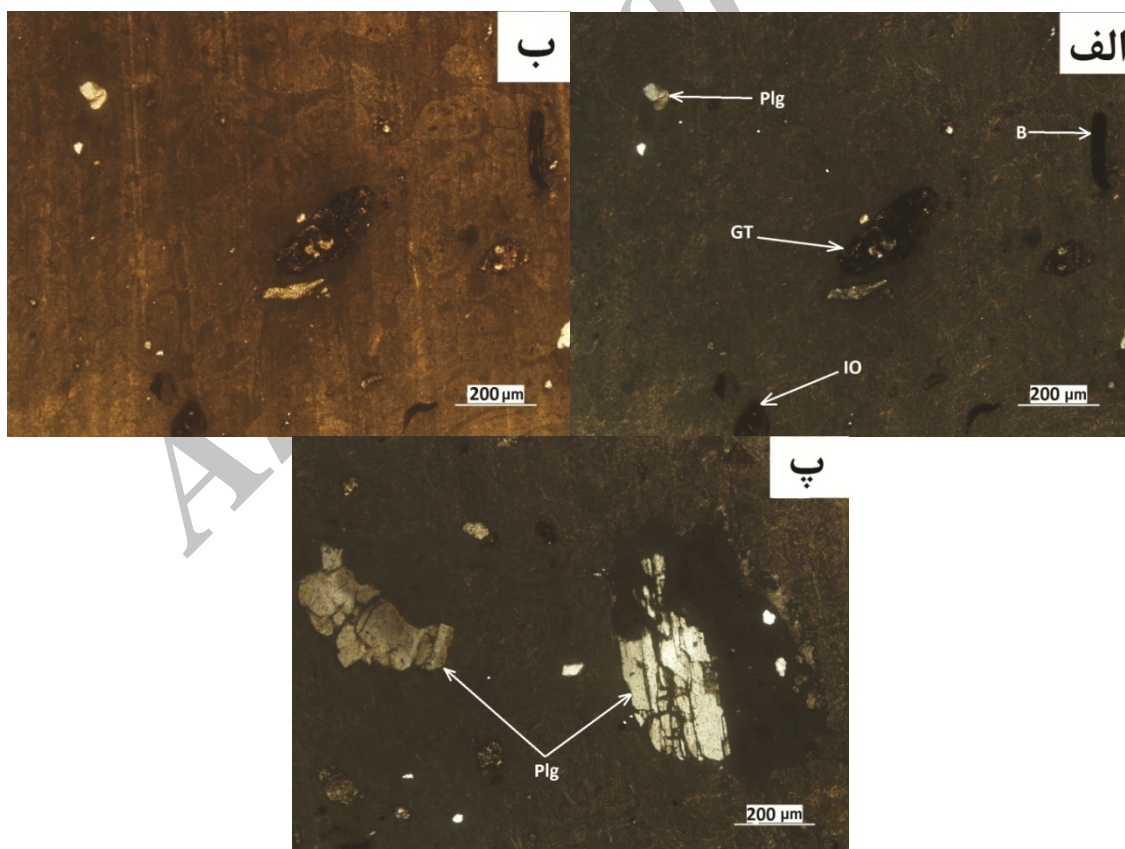
تصویر ۴- الف تا ت: قطعات در اندازه گراول، ث تا ح: ماسه ی درشت و متوسط، خ: قطعات آندزیت و توف آندزیتی در صحرا. تصاویر از نور XPL گرفته شده است.



تصویر ۵- آندزیت‌های با بافت و درجه دگرسانی متفاوت.

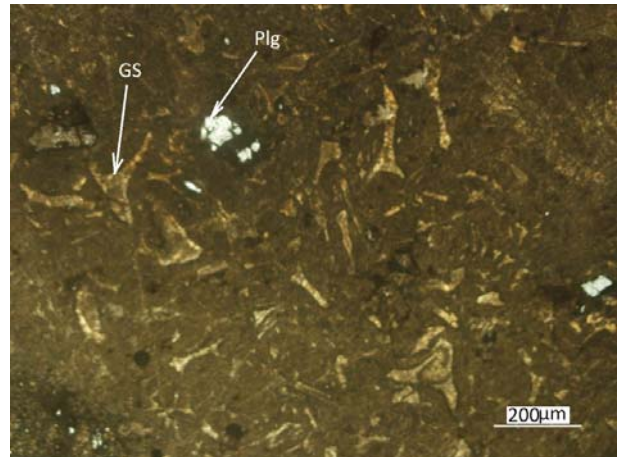


تصویر ۶- ژئیس رزمانند.

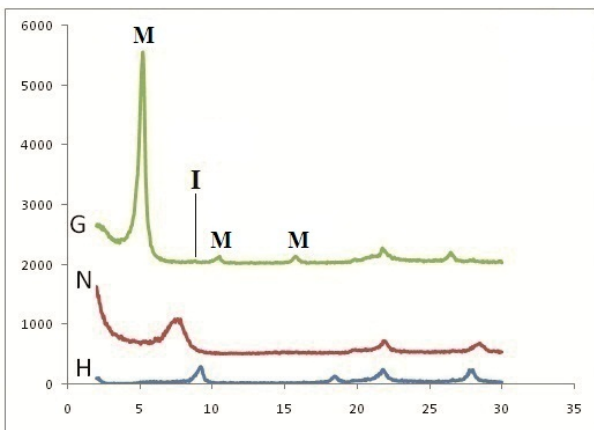


تصویر ۷- تصاویر از مقطع نازک خود سنگ بنتونیتی الف) B: بیوتیت، Plg: پلاژیوکلاز، GT: توف شیشه‌ای و IO: اکسید آهن (XPL)، ب) نور PPL از مقطع اولی که بافت پرلیتی در آن مشهودتر است و پ) پلاژیوکلازهای غیر ایده آل.

بررسی کمی و نیمه کمی که به ترتیب با استفاده از نرم افزار و کاغذ شطرنجی انجام شد نشان داد که مونت موریونیت کانی رسی غالب و فراوان‌ترین کانی نمونه‌های بنتونیتی است. مقدار کانی مونت موریونیت در بین ۵ نمونه از ۸۰/۸۰ تا ۸۹/۵۸ درصد متغیر است (جدول ۱). نکته‌ای که در اینجا بایست به آن توجه کرد این است که در این معدن نیز همانند اکثر معادن بنتونیت ایران کائولینیت وجود ندارد. جایکه این دو کانی در کنار هم باشند نشانگر این است که بنتونیت پس از تشکیل دچار فرسایش و رسوبگذاری شده است (Moraes et al. 2010).



تصویر ۸- تصویر شارد های آتشفشانی موجود در نمونه های بنتونیت (Plg: پلاژیوکلاز و GS: شیشه آتشفشانی).



تصویر ۹- دیاگرام‌های XRD یکی از نمونه های بنتونیت که نشان از غالب بودن کانی رسی مونت موریونیت در این نمونه ها دارد (H): دیاگرام حرارت در دمای ۵۵۰ درجه، N: دیاگرام دمای نرمال و G: دیاگرام اتیلن گلیکول (M: مونت موریونیت، I: ایلیت)

جدول ۱- درصد کانی های رسی موجود در نمونه های XRD.

| Ill | Mon | نیمرخ |
|------|-------|-------|
| - | ۸۸/۶۰ | A(Ab) |
| - | ۸۹/۵۸ | B(Ab) |
| ۱/۰۴ | ۸۸/۹۷ | D(Ab) |
| - | ۸۸/۸۷ | E(Ab) |
| ۳/۸۳ | ۸۰/۸۰ | F(Ab) |

۵- نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از پراش پرتو ایکس (XRD) فاز اصلی تشکیل دهنده بنتونیت‌های این کانسار کانی مونت موریونیت می‌باشد که بیش از ۸۸ درصد حجم بنتونیت‌های این کانسار را در بر گرفته است. البته ایلیت نیز در برخی از نمونه ها به مقدار کم دیده می شود. فرایند بنتونیت‌زایی در واحدهای آتشفشانی با ترکیب آندزیت و توف-های آندزیتی بوقوع پیوسته و در واقع این سنگ‌ها با تحمل دگرسانی به مونت موریونیت بدل شده‌اند.

۴-۲- نتایج پراش پرتو ایکس (XRD)

در کانسار بنتونیت تاقدیس آبگرم چاهریسه، ۵ نمونه از بنتونیت‌های هریک از نیمرخ های انتخاب شده مورد آزمایش XRD قرار گرفتند که نتایج آن به شرح زیر است. همانطور که در تصویر ۹ مشاهده می‌شود، اصلی‌ترین پیک در فواصل لایه ای $d(001)$ در زاویه‌ی ۲ بین ۶ تا ۹ درجه دیده می‌شود که مربوط به مونت موریونیت است (Moore & Reynolds 1997) (تصویر ۹).

کانی‌های جداسازی شده از نمونه‌های این کانسار نشان می‌دهد که فواصل لایه‌ای $d(001)$ نمونه‌های در مجاورت هوای خشک از ۱۱/۳ تا ۱۲/۲۷ در تغییر است. زمانی‌که که این نمونه‌ها در کوره قرار گرفته و تا ۵۵۰ درجه ی سانتیگراد حرارت داده می‌شوند، فواصل یاد شده به حدود ۹/۵ تا ۱۰/۰۱ تقلیل پیدا کرده که می‌توان این چنین برداشت کرد که مونت موریونیت‌ها مقداری از آب خود را در اثر حرارت از دست داده ولی به کانی دیگری تبدیل نمی‌شوند. دیاگرام طیف‌های نمونه های در مجاورت اتیلن گلیکول پیک‌های ۱۷/۰۶ تا ۱۷/۳۱ را نشان می‌دهند.

البته این کانی در فواصل دیگری مثل ۵/۶ و ۸/۵ انگسترمت نیز در این بنتونیت ها پیک نشان می‌دهد. در دیاگرام‌های طیف‌های XRD نمونه‌های بنتونیت، پیک شاخص ایلیت با شدت‌های نسبی کم مشاهده می‌شود و درصد ناچیزی از نمونه‌ها را تشکیل می‌دهد. داده‌های XRD همچنین نشان می‌دهند، علاوه بر مونت موریونیت که تقریباً می‌توان گفت که کل حجم نمونه های بنتونیتی را تشکیل داده است، کانی‌هایی با درصد قابل اغماض و ناچیز وجود دارند که عبارتند از: کریستوبالیت، کلینوپتیلولیت، کوارتز، کربنات، ژیپس و هالیت (Abedini et al. 2009, Bazargani-Guilani et al. 2008).

و سالم نیستند، ۷. آثار کانی‌ها و خرده سنگ‌های نیمه تجزیه شده در نمونه‌های بنتونیتی در نمونه‌ی دستی مشهود است، ۸. تقریباً هیچگونه قطعه‌ی تخریبی بجز آهک‌های سازند قم در بنتونیت دیده نمی‌شود، ۹. در اطراف این کانسار بنتونیت، تراورتن بصورن اندیس و معدن زیاد دیده می‌شود از اینرو می‌توان به نقش محلول‌های ثانویه‌ی سازنده‌ی این کربنات‌ها اشاره کرد. این ذخیره را می‌توان جزء ذخایر رسی هالمیرولیزی طبقه‌بندی کرد چون فرایند آلتراسیون درجای خاکستر آتشفشانی در هنگام بر جای‌گذاری در یک حوضه‌ی رسوبی عمدتاً کم عمق، منجر به تشکیل چنین ذخیره‌ای شده است.

مراجع

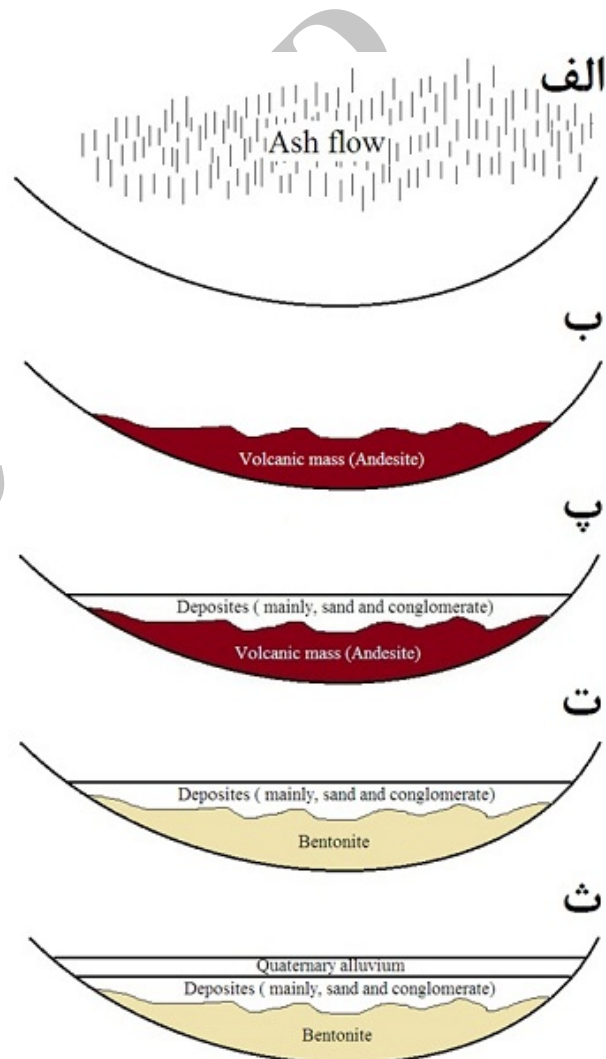
آقاباتی س. ع.، ۱۳۸۵، "زمین‌شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۱۹ ص.
 بازرگانی گیلانی، ک. و ربانی، م. ص.، ۱۳۸۳، "کانی‌شناسی، مشخصات شیمیایی و تکوینی ته نشست‌های ائوسن منطقه‌ی افتر (غرب سمنان)"، مجله‌ی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال ۱۲ (۲): ۱۸۸-۱۶۹.
 حجازی، م. و قربانی، م.، ۱۳۷۳، "بنتونیت-زئولیت"، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۰۸ ص.
 رضوی م. ح.، ۱۳۸۴، "سنگ‌شناسی سیلیکاته"، انتشارات دانشگاه تربیت معلم، ۳۵۱ ص.
 سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۹۸۷، "نقشه زمین‌شناسی اصفهان"، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰.
 سازمان صنایع و معادن استان اصفهان، ۱۳۷۰، "گزارش اکتشافی معدن بنتونیت آبگرم چاهریسه"، ۱۶ ص.
 کریم‌پور، م.، ح. راشد، ع. ا. و ارتضای، ح.، ۱۳۸۲، "ترکیب شیمیایی، کانی‌شناسی و کاربرد بنتونیت‌های ده محمد، چاه کم-۱، چاه کم-۲ و شیرگشت (خراسان و یزد)"، مجله‌ی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال ۱۱ (۱): ۲۷-۱۵.
 مرتضوی راوری، س. م. و پوستی، م.، ۱۳۸۹، "مقدمه‌ای بر سنگ‌شناسی آذرین"، انتشارات دانشگاه هرمزگان، ۲۲۴ ص.
 مهوری، ر.، نقره‌ئیان، م.، مکی زاده، م. ع. و پورنقشبند، غ. ر.، ۱۳۸۹، "بررسی کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی کانسار بنتونیت مهرآباد (شرق اصفهان)"، مجله‌ی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال ۱۹ (۱): ۱۴-۳.

Abedini, A., Calagari, A. & Akbari, A., 2009, "Geochemistry and genesis of Mehredjan bentonite deposit, southeast of Khor, Isfahan province", *Journal of Geopersia*, Vol. 1 (1): 47-58.

Bazargani-Guilani, K., Akbari, A. & Youssefey, P., 2008, "Geology and mineralogy of bentonite deposit of the Kuh-e-Arshe, north central Iran", *2nd IASME/WSEAS International Conference on Geology and Seismology (GES '08)*, Cambridge, UK, February 23-25: 94-99.

Berry, R., 1999, "Eocene and Oligocene Otay-type waxy bentonites of San Diego country and Baja California:

ژنز کانسار را می‌توان اینگونه توصیف کرد که خاکستر آتشفشانی با ترکیب آندزیتی بعد از رسوبگذاری در یک محیط کولابی، توسط رسوبات ماسه و کنگلومرای مدفون شده و پس از تدفین، توسط واکنش‌های دیاژنتیک دچار دگرسانی شده‌اند، دلایل این تفسیر عبارتند از: ۱. بنتونیت‌ها فاقد لایه‌بندی هستند، ۲. کاتولینیت همراه با مونت موریونیت دیده نمی‌شود، ۳. بنتونیت‌ها با توده‌های ماسه و کنگلومرای روی خود هم شیب هستند، ۴. ژپیس در لیتولوژی‌های بالای بنتونیت دیده نمی‌شود و منحصر به خود بنتونیت می‌باشد، ۵. وجود اثر فسیلی Daimonelix که شاخص محیط‌های قاره‌ای و دریاچه‌ای است، ۶. قطعات بیوتیت، پلاژیوکلاز و در صورت وجود کوآرتز ایده آل نبوده



تصویر ۱۰- مدل تشکیل بنتونیت: الف) خاکستر آتشفشانی در هوا معلق است، ب) خاکستر آتشفشانی با ترکیب آندزیتی در یک محیط بسته نهشته شده است، پ) خاکستر آتشفشانی با رسوبات عمدتاً کنگلومرا و ماسه‌ای مدفون گشته است، ت) خاکستر آتشفشانی بعد از تدفین توسط واکنش‌های دیاژنتیک به بنتونیت تبدیل شده است و ث) رسوبات آبرفتی کوآرتز روی بنتونیت و رسوبات ماسه و کنگلومرای روی آن را پوشانده است.

Chemistry, mineralogy, petrology and plate tectonic implications", *Clays and Clay Minerals*, Vol. 47 (1): 70-83.

Bohor, B. F. & Triplehorn, D. M., 1993, "Tonsteins: Altered volcanic ash layers in coal-bearing sequences", *Geological Society of America (Boulder, Colo.)*, 44 pp.

Calarge, L. M., Meunier, A. & Formoso, M. L. L., 2006, "Chemical signature of two Permian volcanic ash deposits within a bentonite bed from Melo, Uruguay", *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Vol. 78 (3): 525-541.

Eberl, D. & Hower, J., 1975, "Kaolinite synthesis: the role of Si/Al and (alkali)/H + ratio in hydrothermal systems", *Clays Clay Miner*, Vol. 23: 301-309.

Gates, W. P., Anderson, J. S., Raven, M. D. & Churchman, G. J., 2002, "Mineralogy of a bentonite from Miles, Queensland, Australia and characterisation of its acid activation products", *Applied Clay Science*, Vol. 20 (4-5): 189-197.

Grim, R. E. & Güven, N., 1978, "Bentonites, geology, mineralogy, properties and uses", *Developments in Sedimentology, Elsevier*, Vol. 24, 256 pp.

Hein, J. R. & Scholl, D. W., 1978, "Diagenesis and distribution of late Cenozoic volcanic sediment in the southern Bering Sea", *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 89 (2): 197-210.

Imbert, T. & Desprairies, A., 1987, "Neoformation of halloysite on volcanic glass in a marine environment", *Clay Minerals*, Vol. 22 (2): 179-185.

Keller, J. Ryan, W. B. F., Ninkovich, D. & Altherr, R., 1978, "Explosive volcanic activity in the Mediterranean over the past 200,000 yr as recorded in deep-sea sediments", *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 89 (4): 591-604.

Meunier, A., 2005, "Clays", 1 editin, Springer, 486 pp.

Meyer, C. R., 1999, "Helical burrows as a palaeoclimate response: Daimonelix by Palaeocaster", Vol. 147 (3-4): 291-298.

Moore, D. M. & Reynolds, R. C., 1997, "X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay Minerals", *Oxford University Press, USA*, 2 edition, 400 pp.

Moraes, D. S., Angélica, R. S., Costa, C. E. F., Rocha Filho, G. N. & Zamian, J. R., 2010, "Mineralogy and chemistry of a new bentonite occurrence in the eastern Amazon region, northern Brazil", *Applied Clay Science*, Vol. 48 (3): 475-480.

Smirnov, V. I., 1976, "Geology of ore minerals deposits", *Mir publisher*, 520 pp.

Troeh, F. R., Hobbs, J. A., & Donahue, R. L., 2004, "Soil and water conservation: For productivity and environmental protection", 4th edition, *Upper Saddle River, NJ: Pearson/Education*.

Warren, J., 1999, "Evaporites: Their evolution and economics", *Blackwell Science, Oxford*, 1035 pp.