

## Mineralogical, Geochemical and industrial use of bentonites from Ferdows, Kashmar and Ghonabad in comparison with imported activated bentonites

**Karimpour, M. H.**

*Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad*

**Adabi, M. H.**

*Faculty of Earth Sciences, University of Shahid Beheshti, Tehran*

**Keywords:** Bentonite, Montmorillonite, Activated, Khorasan.

**Abstract:** Bentonites from Kashmar, Gonabad and Ferdows were studied and compared with imported types. Bentonites have a very wide range of industrial uses. Chemical and mineralogical composition of montmorillonite within the bentonite control its kind of application. Bentonites from Kashmar have the highest content of CaO and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and K<sub>2</sub>O. High expandibility, good adhesive property and having high content of Na<sub>2</sub>O indicate that Ferdows bentonites are Na-type. Gonabad bentonites are Na-Ca-Type. Kashmar, Ferdows and Gonabad bentonites were treated for activation. In term of exchangeable cations, Kashmar bentonite is comparable with imported activated bentonites from China and Turkey. Determination of Ca and Na montmorillonite based on the X-Ray pattern is not very easy. The position of the first peak of montmorillonite were compared with Na<sub>2</sub>O content of bentonites. If the first peak of montmorillonite is more than 7.3 degree and the Na<sub>2</sub>O content of bentonite is more than 2 percent, therefore montmorillonite is Na-type. If the first peak is less than 7 degree and Na<sub>2</sub>O content of bentonite is less than 1.5 percent, the montmorillonite is Ca-type.

## بررسی ترکیب کانی شناختی و ژئوشیمی بنتونیت‌های فردوس، کاشمر، گناباد و مقایسه آنها با بنتونیت‌های فعال شده وارداتی

محمد حسن کریم پور

دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

محمد حسین آدابی

دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

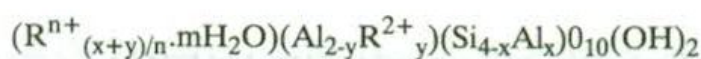
چکیده: بنتونیت‌های کاشمر، گناباد و فردوس مورد مطالعه قرار گرفتند و با نمونه‌های وارداتی (ترکیه و چین) مقایسه شدند. بنتونیت فردوس در مقایسه با بنتونیت‌هایی که در این طرح مطالعه شدند دارای درصد بالایی از  $\text{Na}_2\text{O}$  و  $\text{SiO}_2$  و درصد پائینی از  $\text{CaO}$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$  و  $\text{K}_2\text{O}$  است. بنتونیت فردوس به دلیل قابلیت تورم زیاد و بالا بودن درصد  $\text{Na}_2\text{O}$  از نوع بنتونیت‌های سدیم‌دار است. در بنتونیت خوشاب (کاشمر) درصد  $\text{CaO}$  و  $\text{Al}_2\text{O}_3$  بسیار بالا و اما درصد  $\text{SiO}_2$  بسیار پایین است. این بنتونیت به علت بالا بودن درصد  $\text{CaO}$  و قابلیت جانشینی کاتیونی زیاد به گروه بنتونیت‌های کلسیم‌دار تعلق دارد. در بنتونیت‌های گناباد درصد  $\text{SiO}_2$  بسیار بالا و درصد  $\text{CaO}$  و  $\text{Na}_2\text{O}$  در مقایسه با فردوس و خوشاب در حد متوسط است. قابلیت تورم این بنتونیت و جانشینی کاتیونی آن بسیار پایین است و به گروه بنتونیت‌های سدیم-کلسیم‌دار تعلق دارد. از آنجا که تشخیص نوع بنتونیت سدیم‌دار از کلسیم‌دار با پراش پرتو ایکس (XRD) میسر نیست، مقایسه میزان  $\text{Na}_2\text{O}$  در این بنتونیت و موقعیت زاویه اولین پراش (Peak XRD) مونت موریلونیت‌ها این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان به طور نسبی مونت موریلونیت‌های سدیم‌دار را از نوع کلسیم‌دار تشخیص داد. لذا اگر زاویه  $2\theta$  اولین پراش مونت موریلونیت‌ها بیشتر از  $7.3^\circ$  درجه و مقدار  $\text{Na}_2\text{O}$  بیش از ۲ درصد باشد، مونت موریلونیت از نوع سدیم‌دار ولی اگر زاویه  $2\theta$  کمتر از  $7^\circ$  درجه و میزان  $\text{Na}_2\text{O}$  کمتر از ۱.۵ درصد باشد از نوع کلسیم‌دار است. روی بنتونیت‌های کاشمر، فردوس و گناباد فعال‌سازی نیز صورت گرفت. نتیجه این پژوهش نشان داد که فقط بنتونیت خوشاب (کاشمر) قابلیت فعال شدن داشته و در فرایند تصفیه روغن با نمونه‌های وارداتی از کشور چین و ترکیه قابل مقایسه است.

واژه‌های کلیدی: بنتونیت، مونت موریلونیت، فعال‌سازی و خراسان

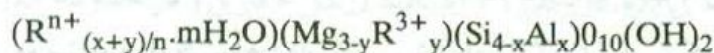
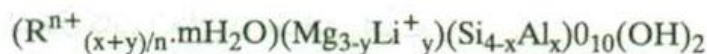
## مقدمه

اصطلاح بنتونیت اولین بار در سال ۱۸۹۸ از سوی دانشمندی به نام نایت (Knight) در توصیف کانی‌های رسی تشکیل دهنده شیل‌های بتون واقع در ایالت وایومینگ استفاده شد [۱]. در ایران بنتونیت را با عناوین خاک رنگبر، گل سرشور، خاک شیر، رس صابونی، خاک پاک کننده و نیز خاک رس مونت موریلونیت دار می‌شناسند. بنتونیت‌ها اصولاً به یکی از دو روش زیر تشکیل می‌شوند: (۱) هنگام ته‌نشینی خاکستر آتشفشانی انفجاری در دریاچه‌های قلیایی درون قاره‌ای و محیط‌های دریایی و بر اثر واکنش با آب و (۲) از دگرسانی توف، پرلیت، ابسیدین و سایر سنگهای آذرین.

مهمترین کانی بنتونیت‌ها از گروه اسمکتیت است. واژه اسمکتیت از کلمه اسمکتوس به معنی صابون مشتق شده است. کانی‌های گروه اسمکتیت به دو سری دو هشت وجهی و سه هشت وجهی تقسیم می‌شوند [۲]. دسته دو هشت وجهی شامل: مونت موریلونیت، بدلیت، نانترونیت، اسمکتیت وانادیم دار و اسمکتیت کرم دار و سری سه هشت وجهی شامل: ساپونیت، هکتوریت، اسمکتیت کبالت دار، اسمکتیت منگنز دار و اسمکتیت نیکل دار است. فرمول دسته دو هشت وجهی به صورت



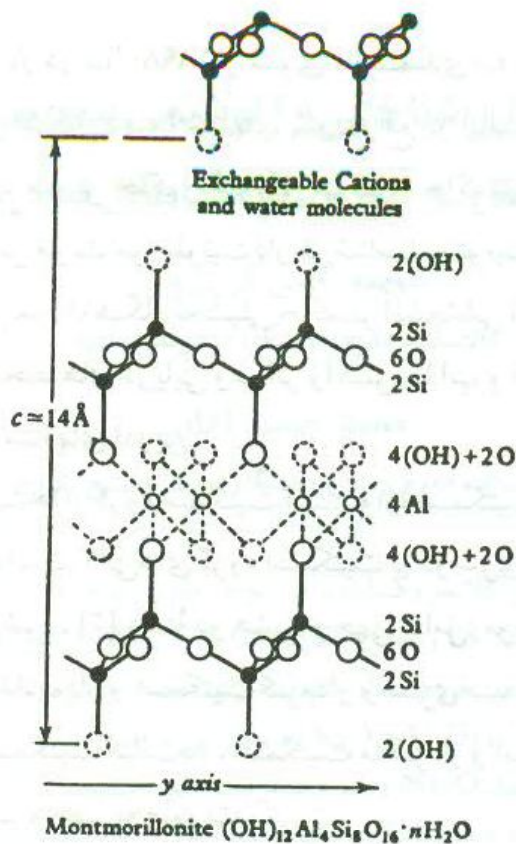
و فرمول سری سه هشت وجهی به صورت



است که در آنها  $R^+$  کاتیون بین لایه‌ای و  $mH_2O$  آب بین لایه‌ای است. در موقعیت چهار وجهی Si با Al و گاهی با Fe جانشین می‌شود.

در موقعیت هم‌ارایی هشت وجهی،  $Fe^{3+}$  به جای Al و  $Fe^{2+}$  به جای Mg و سایر کاتیون‌ها می‌نشینند. در هر واحد شبکه دو صفحه متشکل از چهار وجهی‌ها و یک صفحه متشکل از هشت وجهی‌ها یافت می‌شوند (شکل ۱).

در سری سه هشت وجهی فضای مختصات [همارانی] هشت وجهی را کاتیون‌های سه ظرفیتی اشغال می‌کنند، در صورتی که در گروه دو هشت وجهی تمامی فضای همارانی

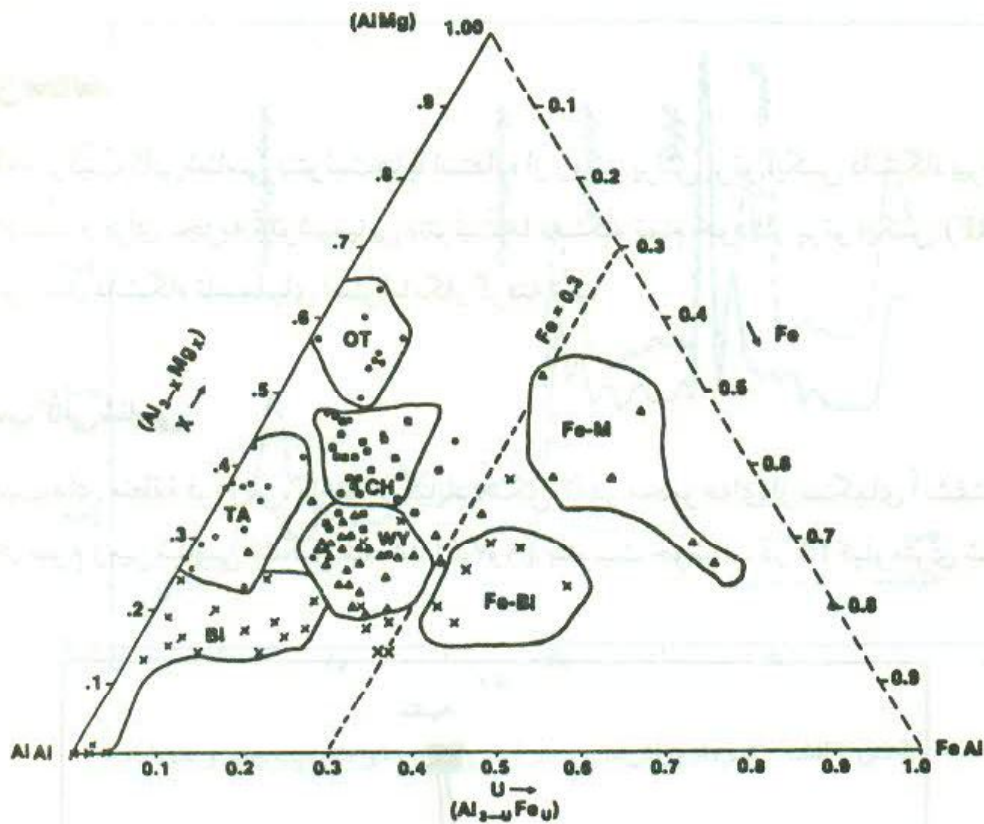


شکل ۱ نمایش ساختار مونت موریلونیت.

هشت وجهی در اشغال کاتیون‌های دو ظرفیتی است. بنتونیت‌ها براساس میزان  $\text{Al}$ ،  $\text{Mg}$  و  $\text{Fe}$  به انواع وایومینگ، تاتایلا، چتو، اوتای، بدلیت، بدلیت آهن‌دار و مونت‌موریلونیت آهن‌دار تقسیم شده‌اند [۳ و ۴]. در شکل ۲ چگونگی ترکیب شیمیایی هر یک از آنها ترسیم شده است.

### مصارف صنعتی بنتونیت‌ها

بنتونیت‌ها دارای مصارف صنعتی بسیار متنوع و گسترده‌ای هستند. ترکیب شیمیایی و کاتیون‌های بین لایه‌ای مونت موریلونیت‌ها نوع مصرف بنتونیت را تعیین می‌کند. بنتونیت‌های سدیم‌دار دارای قابلیت تورم زیادی هستند و بیشتر آنها در آب به صورت ژله در می‌آیند. مصرف عمده این نوع بنتونیت‌ها در گل حفاری و ریخته‌گری است. از مجموعه



شکل ۲ نمودار ترکیب شیمیایی انواع بنتونیت‌ها، بنتونیت وایومینگ (WY)، بنتونیت چتو (CH)، بنتونیت‌اوتای (OT)، تاتاتایلا (TA)، بدلیت (Bi)، بدلیت آهن‌دار (Fe-Bi)، مونت‌موریلونیت آهن (Fe-M) [۳].

کل بنتونیت تولیدی دنیا، در حدود ۳۷ درصد در گل حفاری و در حدود ۱۱ درصد در صنعتی ریخته‌گری به مصرف می‌رسد. بنتونیتی که در صنعت ریخته‌گری استفاده می‌شود باید دارای خاصیت چسبندگی نسبتاً خوبی باشد. بنتونیت‌های کلسیم‌دار دارای قابلیت تورم کم و در شرایط خاصی قابلیت جانشینی کاتیونی در آنها زیاد است. از این نوع بنتونیت‌ها در تصفیه نفت و رنگبری (در صنایع روغن‌های گیاهی و آب میوه) و غیره استفاده می‌شود. بنابراین، از بنتونیت‌ها در مصارف کشاورزی (عایق‌بندی سدهای خاکی، کانال‌های انتقال آب، ذخیره سازی آب در مناطق خشک، سموم دفع آفات گیاهی و بالاخره خوراک دام)، در صنایع سرامیک، صابون‌سازی، چرم‌سازی، تمیزکننده‌ها، کاغذ‌سازی، صنایع دارویی، تهیه گندوله مواد معدنی، بعنوان کاتالیزور در صنایع شیمیایی، جذب مواد رادیواکتیو، کنترل آتش

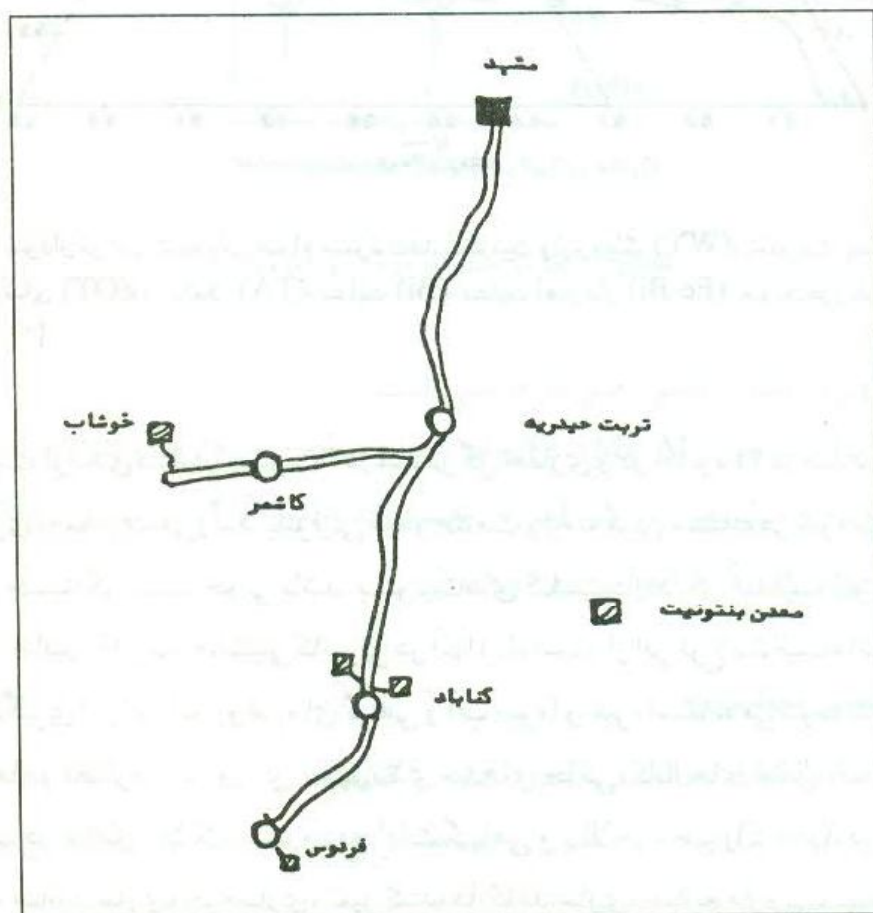
سوزی، و سیمان سفید استفاده می شود.

### روش مطالعه

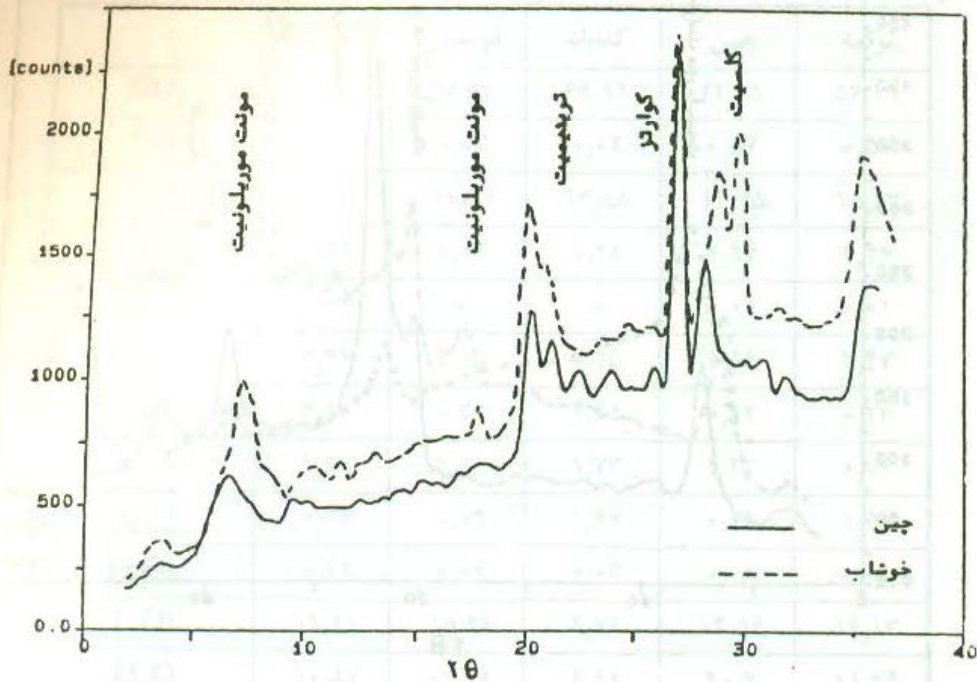
مطالعه ترکیب کانی شناسی بنتونیت‌ها با استفاده از روش پراش پرتو ایکس دانشگاه بیرجند انجام شد، و برای تجزیه ژئوشیمیایی بنتونیت‌ها دستگاه تمام خودکار پرتو ایکس (XRF) فلورسان دانشگاه تاسمانیای استرالیا بکار گرفته شد.

### ترکیب کانی شناسی

بنتونیت‌های منطقه فردوس، کاشمر و گناباد (شکل ۳) در مجموعه‌ای از سنگهای آتشفشانی دوران سوم زمین شناسی تشکیل شده‌اند [۸، ۷، ۶]. بنتونیت خوشاب در ۲۵ کیلومتری شمال



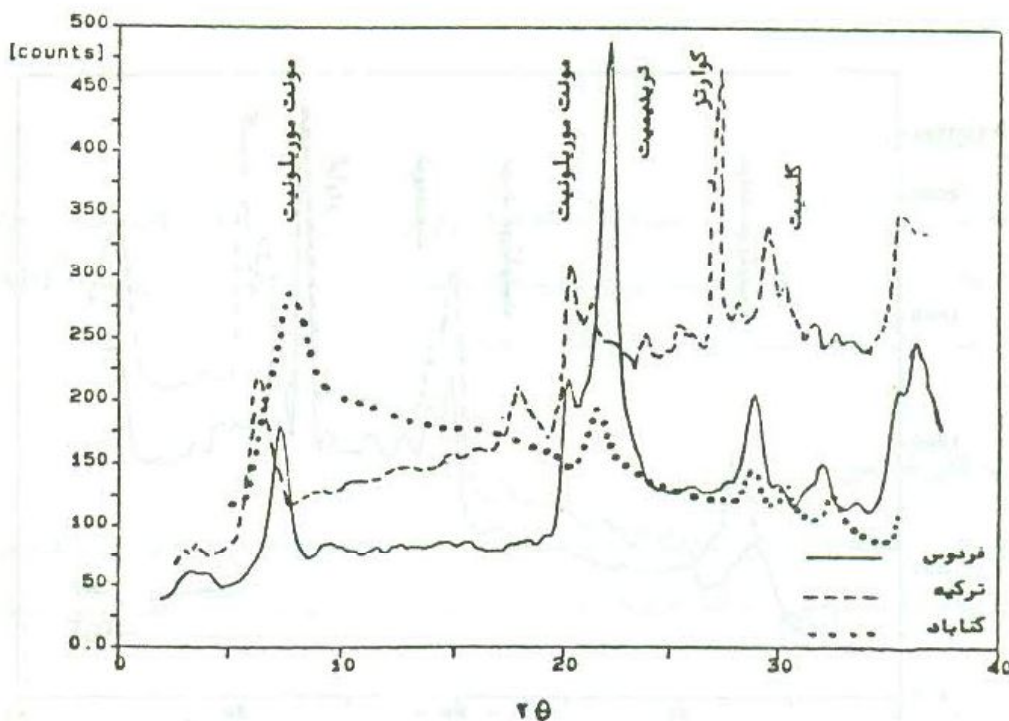
شکل ۳ موقعیت معدن بنتونیت کاشمر، فردوس و گناباد.



شکل ۴ الف نمودار پراش‌های پرتو ایکس نمونه‌های بتونیت چین و خوشاب.

غرب کاشمر واقع شده، بتونیت‌های گناباد در دو منطقه شمال شرق (حاجی آباد) و در شمال غرب (کوه لاخ زرد و چاه سد) یافت می‌شوند، و بتونیت فردوس در ۵۰ کیلومتری جنوب شرق فردوس در منطقه حسامیه قرار دارد.

بتونیت‌های خوشاب کاشمر حاوی مونت موریلونیت، کوارتز و کلسیت‌اند (جدول ۱، شکل ۴-الف). دو پراش مهم این مونت موریلونیت بین ۶/۵ تا ۷/۱۳ و ۱۹/۸ درجه قرار می‌گیرند. بتونیت فردوس حاوی مونت موریلونیت و تریدیمیت است و دو پراش مهم آن در زوایای ۷/۴ و ۱۹/۸۰ درجه قرار دارند (جدول ۱، شکل ۴-ب). بتونیت‌های گناباد حاوی مونت موریلونیت، تریدیمیت، کریستوبالیت و مقدار اندکی کلسیت است. دو پراش مهم مونت موریلونیت آن در زوایای ۶/۳۵ و ۲۰/۲۷ درجه قرار دارند (جدول ۱، شکل ۴-الف). بتونیت ترکیه حاوی مونت موریلونیت کوارتز و مقدار کمی کلسیت است. دو پراش مهم مونت موریلونیت آن در زوایای ۶/۰۱ و ۱۷/۸۵ درجه واقع شده‌اند (جدول ۱، شکل ۴-ب).



شکل ۴ ب نمودار پراش‌های پرتو ایکس نمونه بنتونیت‌های فردوس، ترکیه و گناباد.

جدول ۱ زاویه  $2\theta$  پراش‌های مهم (XRD) بنتونیت‌های جنوب خراسان، ترکیه و چین.

چین	ترکیه	گناباد		کاشمر (خوشاب)		فردوس
۶,۲۶	۶,۰۱	۷,۲۳	۷,۲۵	۶,۵	۷,۱۳	۷,۴
۲۰,۲۷	۱۷,۸	۱۹,۸۳	۱۹,۷۷	۱۹,۸	۱۹,۷۵	۱۹,۸۷
۲۱,۰۹	۲۰,۰۴۵	۲۱,۹۱	۲۱,۸۷	۲۰,۸۵	۲۰,۱۵	۲۱,۸۴
۲۶,۹	۲۶,۸۷۵	۲۶,۶۷	۲۳,۶۳	۲۶,۶	۲۶,۶۵	۲۲,۰۷
۲۸,۲۳	۲۹,۱۳	۲۷,۸۶	۲۶,۸۶	۲۸,۷	۲۸,۶۸	۲۸,۵۶
۳۰,۶۹		۲۸,۴۳	۲۷,۷۳	۲۹,۴۵	۲۹,۴۴	۳۱,۷۹
۳۵,۲		۳۳,۸۶	۲۸,۳۸	۳۴,۹۵	۳۴,۹۵	۳۵,۱۰
		۳۴,۹۰				
		۳۶,۰۹				

### ژئوشیمی بنتونیت‌ها

تجزیه شیمیائی عناصر تشکیل دهنده بنتونیت‌های کاشمر، گناباد، فردوس، ترکیه و چین در



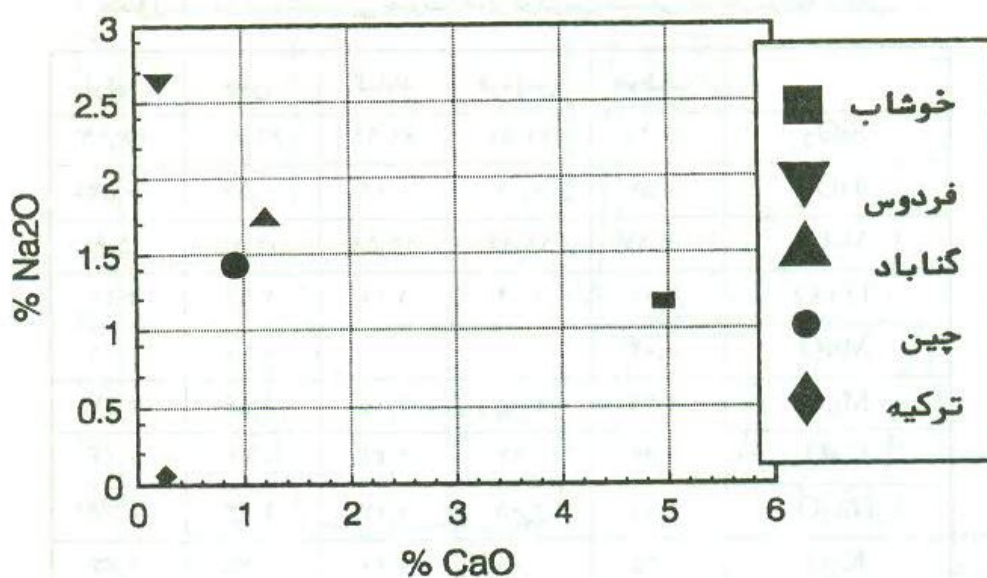
جدول ۲ ترکیب شیمیایی بتونیت‌های فردوس، کاشمر، گناباد، ترکیه و چین.

	خوشاب	فردوس	گناباد	چین	ترکیه
SiO <sub>2</sub>	۵۲٫۴۷	۶۷٫۵۷	۶۹٫۹۹	۶۲٫۸۱	۵۶٫۱۹
TiO <sub>2</sub>	۰٫۵۶	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۵۷	۰٫۵۷
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱۴٫۹۷	۱۱٫۱۷	۱۳٫۵۸	۱۴٫۷۵	۱۵٫۶۷
TFeO	۲٫۷۱	۱٫۰۴	۱٫۲۸	۲٫۹۴	۴٫۴۶
MnO	۰٫۰۳	۰	۰	۰٫۰۱	۰٫۰۱
MgO	۲٫۴۶	۲٫۰۵	۱٫۱۵	۱٫۵۶	۲٫۴۷
CaO	۴٫۹۶	۰٫۲۳	۱٫۲۱	۰٫۹۲	۰٫۲۶
Na <sub>2</sub> O	۱٫۱۷	۲٫۶۵	۱٫۷۳	۱٫۴۳	۰٫۰۶
K <sub>2</sub> O	۰٫۳۵	۰٫۰۹	۱٫۴۷	۰٫۷۶	۱٫۳۴
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	۰٫۱۱	۰٫۰۴	۰٫۰۶	۰٫۰۸	۰٫۰۹
L.OI	۱۹٫۴۱	۱۵٫۲۶	۹٫۷۶	۱۴٫۵۶	۱۹٫۱۳
H <sub>2</sub> O	۱۰٫۸۷	۱۰٫۲۲	۴٫۹۸	۹٫۰۷	۱۱٫۲۴
جمع	۱۰۰٫۲	۱۰۰٫۱۲	۱۰۰٫۲۵	۱۰۰٫۳۹	۹۹٫۲۵

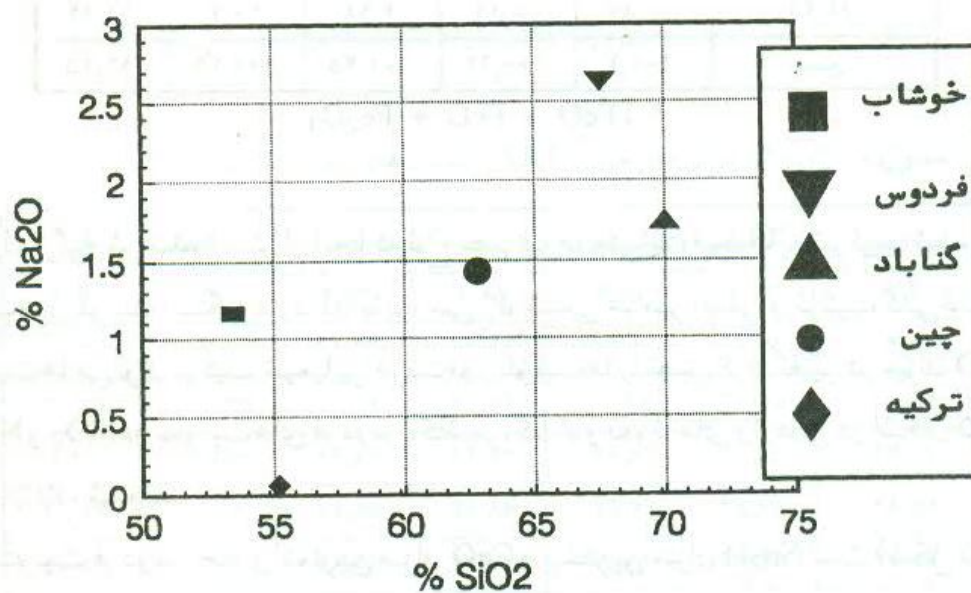
$$* \text{TFeO} = \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$$

جدول ۲ گزارش شده است. از آنجا که نوع مصرف صنعتی بتونیت‌ها به ترکیب شیمیایی مونت‌موریلونیت بستگی دارد. لذا با بررسی ژئوشیمی عناصر اصلی و ترکیب کانی‌شناسی بتونیت‌ها می‌توان ترکیب شیمیایی مونت‌موریلونیت‌ها را تعیین کرد. تغییر در میزان CaO، Na<sub>2</sub>O و SiO<sub>2</sub> در بتونیت‌های فردوس، کاشمر، گناباد و نمونه‌های وارداتی در اشکال ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده‌اند.

بتونیت فردوس حاوی کمترین میزان CaO و بیشترین میزان Na<sub>2</sub>O است (شکل ۵). از آن‌جا که این بتونیت فقط دارای مونت‌موریلونیت و تری‌دیمت است، لذا مونت‌موریلونیت آن از نوع سدیم‌دار است (شکل ۸). بالا بودن میزان SiO<sub>2</sub> در بتونیت فردوس حاکی از بالا بودن میزان تری‌دیمت در آن است (شکل ۶). بتونیت خوشاب (کاشمر) در مقایسه با بتونیت فردوس دارای CaO بیشتر و Na<sub>2</sub>O کمتری است (شکل ۵). بخشی از CaO موجود در بتونیت خوشاب مربوط به کانی کلسیت است. کانی مونت‌موریلونیت در بتونیت خوشاب به دلیل بالا بودن درصد CaO و نیز حضور کلسیت بعنوان پاراژنز، از نوع کلسیم‌دار

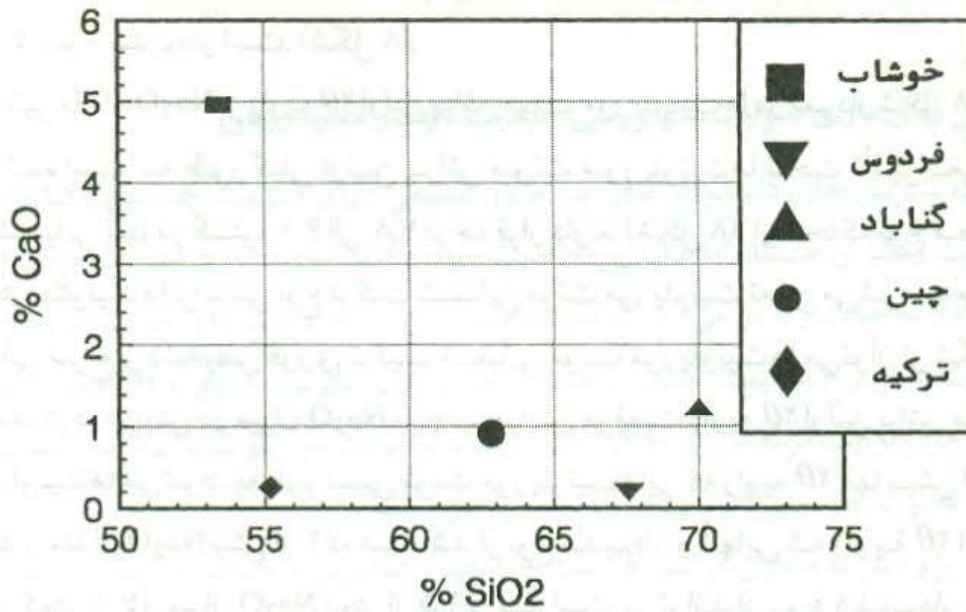


شکل ۵ تغییرات  $\text{CaO}$  و  $\text{Na}_2\text{O}$  در نمونه بنتونیت‌های جنوب خراسان، ترکیه و چین.



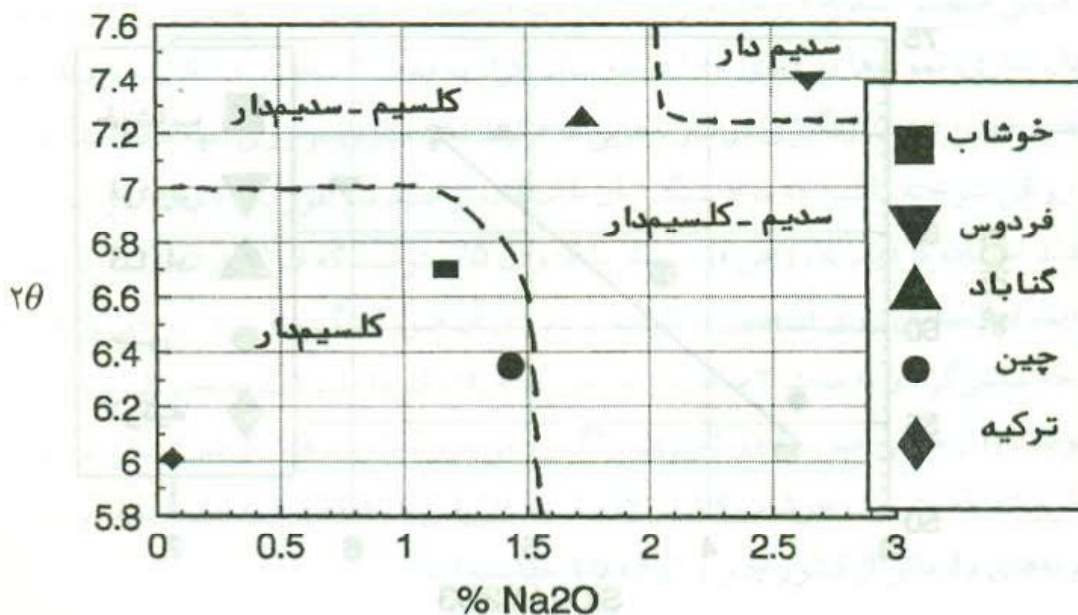
شکل ۶ تغییرات  $\text{SiO}_2$  و  $\text{Na}_2\text{O}$  در نمونه بنتونیت‌های جنوب خراسان، ترکیه و چین.

است (شکل ۸). بنتونیت خوشاب کاشمر دارای حداقل  $\text{SiO}_2$  است (شکل ۶) زیرا میزان ناخالصی کوارتز در آن بسیار کم است. بنتونیت گناباد در مقایسه با فردوس از درصد  $\text{Na}_2\text{O}$  کمتر و در مقایسه با خوشاب از درصد  $\text{CaO}$  کمتری برخوردار است (شکل ۵)، اما در



شکل ۷ تغییرات  $\text{CaO}$  و  $\text{SiO}_2$  در نمونه بتونیت‌های جنوب خراسان، ترکیه و چین.

مقایسه با نمونه‌های چین و ترکیه درصد  $\text{CaO}$  و  $\text{Na}_2\text{O}$  آن بیشتر است (شکل ۵). بیشترین درصد  $\text{SiO}_2$  در بتونیت گناباد یافت می‌شود (شکل ۶)، بنابراین کریستوبالیت و تریدیمت به

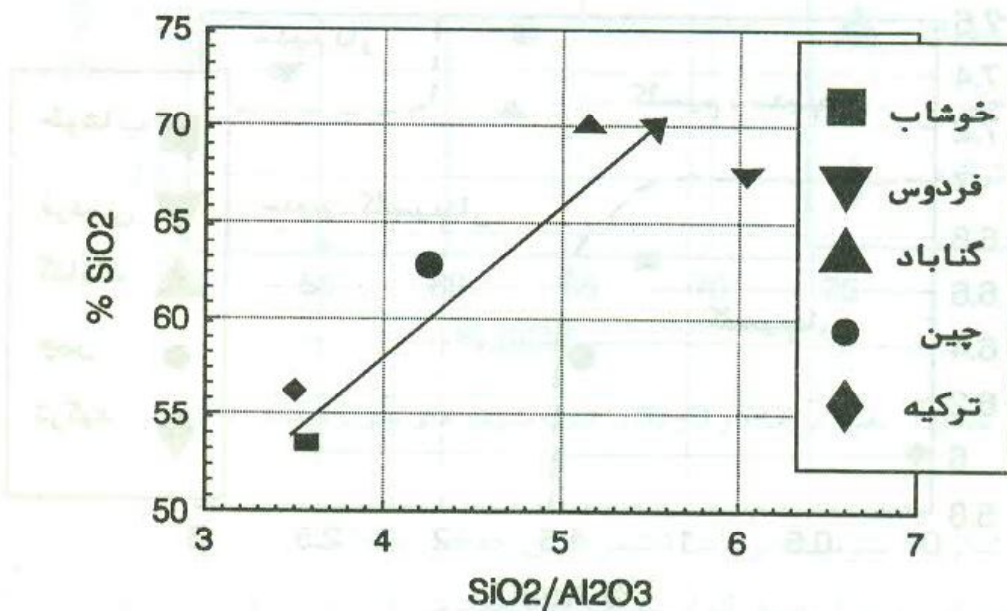


شکل ۸ بررسی رابطه بین زاویه  $2\theta$  اولین پراش مونت موریلونیت با درصد  $\text{Na}_2\text{O}$  در نمونه بتونیت‌های جنوب خراسان، ترکیه و چین.

صورت ناخالصی در این بنتونیت فراوان است. کانی مونت موریلونیت در بنتونیت گناباد از نوع کلسیم - سدیم‌دار است. (شکل ۸).

تأثیر مقدار  $\text{Na}_2\text{O}$  بر زاویه  $2\theta$  اولین پراش مونت موریلونیت‌ها در نمودار شکل ۸ نشان داده شده است. به طور کلی اولین پراش مونت موریلونیت‌ها تحت تأثیر تغییرات ژئوشیمیایی آنها در گستره  $6.1$  الی  $7.8$  درجه قرار دارند (شکل ۸). از آنجا که نوع مصرف صنعتی بنتونیت‌ها بر اساس نوع ترکیب شیمیایی مونت موریلونیت تعیین می‌شود، به منظور ارزیابی سریع و تشخیص فوری ترکیب شیمیایی مونت موریلونیت‌ها می‌توان از شکل ۸ استفاده کرد. افزایش در میزان  $\text{Na}_2\text{O}$  موجب افزایش موقعیت زاویه  $2\theta$  اولین پراش مونت موریلونیت‌ها می‌شود. به طور نسبی مونت موریلونیت‌هایی که زاویه  $2\theta$  آنها بیش از  $7.3$  درجه و مقدار  $\text{Na}_2\text{O}$  بیش از  $2$  درصد باشد از نوع سدیم‌دار و آنهایی که زاویه  $2\theta$  اولین پراش کمتر از  $7$  و میزان  $\text{Na}_2\text{O}$  کمتر از  $1.5$  درصد است می‌تواند از نوع کلسیم‌دار باشد (شکل ۸).

به منظور تعیین میزان ناخالصی سیلیس (به صورت کوارتز، تری‌دی‌میت و یا کریستوبالیت) در بنتونیت‌های مورد مطالعه از نسبت  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  و درصد  $\text{SiO}_2$  استفاده شده است (شکل ۹). بنتونیت فردوس و گناباد دارای بیشترین میزان ناخالصی  $\text{SiO}_2$  آزاد و



شکل ۹ تغییرات  $\text{SiO}_2$  به نسبت  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  در نمونه بنتونیت‌های جنوب خراسان، ترکیه و چین.

بنتونیت خوشاب و ترکیه دارای کمترین ناخالصی  $\text{SiO}_2$  آزادند (شکل ۹).

### مراحل فعال‌سازی بنتونیت‌ها و بررسی خاصیت آنها در تصفیه روغن

اگر چه بنتونیت‌های کلسیم‌دار گاهی به طور طبیعی دارای قابلیت جانشینی کاتیونی و خاصیت رنگبری هستند، اما غالباً این خاصیت باید در آنها تقویت شود. بنتونیت فردوس در آب کاملاً به حالت ژله در می‌آید، که این خاصیت مربوط به ترکیب کانی مونت موریلونیت آن است که از نوع سدیم‌دار است. ترکیب شیمیایی کانی بنتونیت و زاویه  $2\theta$  اولین پراش مونت موریلونیت فردوس نیز حاکی از این است که مونت موریلونیت آن از نوع سدیم‌دار بوده و قابلیت جانشینی کاتیونی در آن بسیار ناچیز است.

در این پژوهش به منظور افزایش قابلیت جانشینی کاتیونی و خاصیت رنگبری مونت موریلونیت از اسیدکلریدریک رقیق استفاده شده است. اسیدکلریدریک موجب جانشینی  $\text{H}^+$  به جای  $\text{Ca}^{+2}$  و حل شدن  $\text{Al}$ ،  $\text{Mg}$  و  $\text{Fe}$ ، افزایش تخلخل، افزایش سطح مفید، و در صورت وجود کلسیت موجب حل شدن و کاهش آن در نمونه می‌شود. برای تعیین غلظت مناسب اسید، زمان، و دمای مناسب، نمونه‌ها در اسیدکلریدریک ۱، ۰٫۸، ۰٫۶، ۰٫۴ و ۰٫۲ نرمال و در دمای ۸۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲، ۴ و ۶ ساعت قرار داده شدند. در این آزمایش غلظت اسید ۰٫۸ نرمال و زمان ۴ ساعت مناسب تشخیص داده شد. پس از فرایند فعال‌سازی، نمونه‌ها در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت خشکانیده شدند. به منظور تعیین کیفیت رنگبری در نمونه‌هایی که فرایند فعال‌سازی، بر روی آنها انجام شده بود از روغن سوخته ماشین که مواد سنگین آن با استفاده از اسید سولفوریک غلیظ رسوب داده شدند استفاده گردید. به روغن مورد نظر با افزودن ۵٪ بنتونیت که فرایند فعال‌سازی که فرایند فعال‌سازی روی آن صورت گرفته بود، روی آن صورت گرفته بود، در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲ ساعت و در شرایط خلاء گرما داده شد. مخلوط روغن و بنتونیت را از صافی عبور داده و تغییرات رنگ روغن مورد مقایسه قرار گرفت. بدین ترتیب معلوم شد که بنتونیت خوشاب کاشمر که با اسید کلریدریک ۰٫۸ نرمال فعال شده بود با نمونه‌های وارداتی از کشور چین و ترکیه قابل مقایسه است.

### بحث و برداشت

نتیجه پژوهش بر روی بنتونیت‌های فردوس، کاشمر، گناباد نشان داد که بنتونیت خوشاب کاشمر از نوع کلسیم‌دار بوده و قابلیت فعال شدن داشته و با نمونه‌های وارداتی از چین و ترکیه قابل مقایسه است. بنتونیت فردوس از نوع سدیم‌دار و قابلیت تورم و چسبندگی آن زیاد است و در صنعت حفاری و ریخته‌گیری کاربرد دارد. بنتونیت‌های گناباد از نوع سدیم - کلسیم‌دار هستند و قابلیت فعال شدن را ندارند.

### مراجع

1. Grim, R. E. (1963) *Clay Mineralogy*, 2nd edition, McGraw Hill Co, New York, 569P.
2. Longstaffe, F. J. (1981) Short course in clays and resource geologist, *Min. Asso. of Canada*, P-60.
3. Guven, N. (1988) Smectite: Reviews in Mineralogy, V. 19, *Min. Soc. of America*, P.497-559.
4. Newman, A. C. D. (1987) *Chemistry of Clay minerals*: Longman Scientific and Technical, 489P.
5. Driscoll, O. Mike, (1988) *Bentonite*, Overcapacity in need of markets, *industrial Minerals*, P.43-63.
۶. رام، علی، ۱۳۶۹، بنتونیت و کاربرد در صنایع، پایان‌نامه دوره کارشناسی.
۷. خوشدست، مهدی، و بخشی‌زائی، محمد، ۱۳۶۹، پرلیت و بنتونیت ناحیه گناباد، پایان‌نامه دوره کارشناسی.
۸. کریم پور، محمدحسن، آدابی، محمدحسین، ۱۳۷۱، طرح پژوهشی ارزشیابی معادن فلزی و غیر فلزی استان خراسان.