

تحقیقی در زمینه سری^۱ رسی پرمین^۲ کوههای بی بی شهر بانو

توسط

دکتر لاریجانی - مهندس یوسفی

استادیار دانشکده فنی - معلم دانشکده فنی

با استفاده از دیفراکسیون اشعه X (راديو کریستالوگرافی)

مقدمه

هدف از این بررسی علاوه بر جنبه علمی آن نمایش اهمیت و طرز استفاده از دیفراکسیون اشعه X در تشخیص کانیهای متبلور دانه ریز (که اندازه قطر بلورها یا ذرات بلوری آنها معمولاً کمتر از ۰ میکرون میباشد) بخصوص رسها^(۳) است که تعیین و تشخیص کیفی و کمی آنها با وسائیل و روشهای معمولی کانی شناسی همواره امکان پذیر نیست. لازم میدانند قبل از پرداختن باصل مطلب از زحمات و راهنماییهای جناب آقای دکتر ضیائی استاد محترم زمین شناسی دانشکده فنی که مشوق ما در این راه بوده اند تشکر و قدردانی نمائیم. برای اینکه این مقاله زیاد جنبه تخصصی نداشته باشد لازم میدانند قبل از پرداختن بنحوه و روش کار و نتایج حاصل مختصری راجع به رسها و اهمیت مطالعه آنها از نظر مسائل زمین شناسی علمی و عملی بحث گردد. بنابراین مقاله دارای ۳ قسمت متمایز برقرار زیر خواهد بود:

بخش اول - رسها و اهمیت آنها از نظر مسائل زمین شناسی.

بخش دوم - روش تحقیق لایحه رسی پرمین کوههای بی بی شهر بانو.

بخش سوم - نتایج حاصل از این بررسی.

بخش اول - رسها و اهمیت آنها از نظر مسائل زمین شناسی:

اگر قسمت پیوسفر^(۴) و هیدروسفر^(۵) زمین را کنار بگذاریم سطح زمین از سنگها و سنگها از اجزائی بنام کانی^(۶) درست شده اند. میدانیم سنگها^(۷) که سطح زمین را میپوشانند از نظر طرز تشکیل بطور کلی بردو قسمند:

Argiles - ۳

Permien - ۲

Série - ۱

Hydrosphère - ۵

Biosphère - ۴

Mineral « کانیها عبارت از مواد طبیعی آلی یا معدنی هستند که ترکیب شیمیائی آنها میان حدود

اختیاری معینی تغییر میکند و دارای خواص فیزیکی معین هستند»

۱- سنگهای آذرین و دگرگونی، که اولی از سرد شدن مواد مذاب زمین و دومی از دگرگونی سنگهای آذرین یارسویی بوجود آمده اند .

۲- سنگهای رسوبی که در حوزه‌ای ته‌نشین شده‌اند .

باتوجه باینکه ۷۰٪ سطح خشکیها از سنگهای رسوبی پوشیده شده‌اند همچنین باتوجه باینکه طبق نظر Clark . ۸٪ سنگهای رسوبی را سنگهای رسی (رسها ؛ شیستها و مارنها) تشکیل میدهند اهمیت مطالعه رسها از نظر کلی واضح میگردد . از نظر علمی و اقتصادی نیز بررسی رسها حائز اهمیت است برای روشن شدن مطلب بدک چند مورد میپردازیم :

۱- اهمیت بررسی رسها از نظر مسائل زمین‌شناسی

الف - استفاده از کانیهای رسی در مطالعات جغرافیای گذشته^(۲)

«اگر در محیطی کاتیونها در اثر شستشو خارج شوند یعنی محیط اسیدی گردد شرایط برای تشکیل کائولینیت^(۳) ($SiO_2/Al_2O_3=2$) مناسب میگردد . این نوع شرایط در محیط خشکی مهیا میشود در نتیجه محیط تولد کائولینیت محیط خشکی باید باشد .

در محیطی که کاتیونها فراوانند و pH بازی است کانیهای رسی که تشکیل میگردند کانیهای رسی نوع میکائی ($SiO_2/Al_2O_3=3$) میباشند . چنین محیطی نماینده محیطهای مردابی است . در محیطهای حدواسط مخلوطی از کانیهای رسی مختلف تشکیل میشود این شرایط را در محیط دریائی میتوان یافت . در محیط پتاس دار ایلیت^(۴) ، در محیط پتاس دار و آهن دار گلوکونیت^(۵) تشکیل میشود . حضور منیزیم محیط را مناسب برای تشکیل مونوریونیت^(۶) میگرداند B^(۷)»

بعضی از کانیهای رسی نسبت به تغییرات محیط خود حساس نبوده پایداری و مقاومت زیاد نشان میدهند (کائولینیت)، عده‌ای دیگر بعکس نسبت بان زیاد حساس بوده و تغییرات محیط در تغییر خواص فیزیکی و شیمیائی و گاهی در ساختمان بلوری آنها اثر میگذارد (ایلیت ، مونوریونیت). بعنوان مثال میکای سفید در اثر نیدراته شدن بایلیت و ایلیت بنوبه خود گاهی بنمونه پایداتر یعنی کائولینیت تبدیل میگردد . این

۱- یادآور میشود که کانیهای رسی از نظر طرز تشکیل بدو دسته مهم تقسیم میشوند . یکدسته آنها تیکه در محیط رسوبی در نتیجه فعل و انفعالات شیمیائی تولد یافته‌اند باین دسته رسهای خود زا (Authigène) میگویند دسته دوم آنها تیکه هستند که در محیط زائیده نشده‌اند و از جای دیگری بصورت ذرات وارد محیط رسوبی شده‌اند باین دسته بطور کلی رسهای آواری (detritique) میگویند . کانیهای رسی بخصوص گروه خودزا نماینده شرایط فیزیکوشیمیائی و جغرافیائی محیط تولد خود میباشند و مانند دستگاه ضباطی این شرایط را در خود ضبط میکنند منتها باید با مطالعات دقیق شرایط تشکیل آنها را شناخت و از این دستگاه ثبت خواست تا آنچه ضبط کرده بازگو کند .

۲- Paléogéographie

۳- Kaolinite

۴- Illite

۶- Montmorillonite

۵- Glauconite

۷- حروف درشت لاتن مربوط بمنابع مورد استفاده است که در آخر مقاله ارائه شده است .

موضوع را واتان در مطالعه مخزن ماسه سنگی رسداری صحرای افریقا (سری کامبرو - اردوویسین - Cambro-Ordovicien) بطور وضوح نشان داده است .

ب - ایجاد همزمانی و ارتباط (۱) بین لایه‌های رسوبی توسط کانیه‌های رسی

میدانیم جستجو برای برقراری همزمانی و ارتباط بین لایه‌های رسوبی از مسائل عمده چینه‌شناسی (۲) است، این امر پژوهش‌های مختلف انجام میشود . مهمترین و متداولترین روشها استفاده از فسیلها است ولی در رسوبات آواری و بدون فسیل که نسبت آنها در طبیعت زیاد است اجباراً باید روش دیگری بکار برد، یکی از این روشها که در رسوبات شناسی (۳) زیاد بکار میرود بررسی کمی و کیفی کانیه‌ها بطریق آماری است. حضور یک کانی در یک لایه، وجود نداشتن آن در لایه‌های دیگر و یا بالا رفتن درصد یک کانی در لایه‌ای بطور نمایان و برجسته میتواند مشخصه‌ای برای باز شناختن آن لایه در نقاط مختلف یک حوزه رسوبی باشد و همزمانی و ارتباط را نمایان سازد . باید توجه داشت این نوع همزمانی فقط بمقیاس یک حوزه رسوبی میتواند ارزش داشته باشد. واضح است این نوع ارتباط را با بسیاری از کانیه‌ها میتوان انجام داد ولی امتیاز عمده کانیه‌های رسی در این مورد از این جهت است که بعلمت ریزدانه بودن میتوانند در حوزه بسادگی انتشار وسیعی داشته باشند و از آنها بعنوان لایه نشانه (۴) بمقیاس تمام حوزه استفاده کرد در صورتیکه کانیه‌های دانه درشت بمقیاس منطقه‌ای (یعنی قسمتی از حوزه) ارزش دارند .

۲- اهمیت بررسی رسوبات در مسائل استخراج نفت

الف - در حفاری :

در حفاری‌های نفتی مسئله گل حفاری و کنترل مشخصات آن در مراحل مختلف حفاری و عبور از طبقات مختلف زمین شناسی اهمیت فراوان دارد .

بطوریکه در سرچاه معمولاً یک مهندس گل دائماً آنرا بررسی و کنترل میکند . قسمت اصلی این گل از نوعی رس بنام تجارتنی بنتونیت (۵) که خاصیت کلوئیدی و پلاستیکی زیاد دارد تشکیل شده است . کانی اصلی بنتونیت، مونموریونیت است . خواص گل حفاری ضمن عبور از طبقات مختلف و همچنین برخورد بمایعات مختلفی که در لایه‌ها میباشند اغلب تغییر میکند . مته حفاری وقتی به لایه‌های رسی بر می‌خورد تعیین نوع و مقدار رسهای لایه برای پیش گیری‌های لازم شایان توجه است، چون بعضی از رسها در اثر آب گیری ازدیاد حجم پیدا کرده دیوار چاه را تنگ و سبب گیر کردن مته و لوله حفاری و شکستن آن میشوند عدم توجه بانها ممکن است سبب ضایعات غیر قابل جبران مانند ریزش دیواره چاه و از بین رفتن چاه و ضرر هنگفت گردد . در ساخت بلوری (۶) بعضی از کانیه‌های رسی بخصوص رسهای نوع میکائی مثل ایلیت و مونموریونیت در بین

۳- Sédimentologie

۲- Stratigraphie

۱- Corrélacion

۵- Bentonite

۴- Marqueur

۶- Structure - رسها بطور کلی کانیهائی هستند که ساختمان شبکه اتمی بلورهای آنها لایه‌ای بوده و این لایه‌ها

از لایه‌های فرعی تترائدری (با سیلیسیم در مرکز و معمولاً اکسیژن در رئوس تترائدری) و اکتائدری (با آلومینیم در مرکز و معمولاً اکسیژن یا OH در رئوس اکتائدری) تشکیل شده‌اند .

لایه های اکتاندری و تتراکندری مکرر بلوری آنها یونهای قابل تعویض مثل Ca^{++} ، Na^+ و K^+ وجود دارد گاهی تعویض این یونها کاملاً خاصیت فیزیکی رس را تغییر میدهد مثلاً یک رس نفوذ پذیر برس غیر قابل نفوذ تبدیل میگردد در نتیجه اگر فشار طبقه نفت دار کم باشد نفت آن از نظر پنهان میماند .

ب - در بهره برداری (۱) مخزن :

مسئله اسید زدن بمخازن کربناته برای ازدیاد نفوذ پذیری و بهره برداری (در اثر حل شدن دیواره شکافها) در کارهای نفتی بسیار معمول است گاهی عدم توجه بمقدار کمی رس که در سنگ مخزن کربناته وجود دارد ممکن است نتیجه ای کاملاً عکس حاصل نماید . چون کانیهای رسی در محیط اسیدی از حالت لخته ای خارج شده میتوانند شکافهای مخزن را پر نمایند و این امر باعث جلوگیری از جریان نفت و از بین رفتن مخزن میشود .

۳- علاوه بر آنچه ذکر شد بررسی رسها در رشته هائی نظیر سرامیک سازی ، آجر سازی ، راه سازی ، بررسی مقاومت زیر بنای ساختمانهای بزرگ و بخصوص در کشاورزی از نظر خاک شناسی حائز است . مسئله تعویض یونهای خاک برای بهتر کردن آن از مسائل مهم زراعی است . فراوانی یون Na^+ در خاک از نفوذ پذیری آن کاسته و آنرا ضایع میکند . تعویض Na^+ با یون Ca^{++} بر نفوذ پذیری خاک افزوده آنرا بهتر میگرداند . اگر خاکهای دارای یون Ca^{++} قابل تعویض ، با آبهای نمکدار آبیاری شوند در اثر تعویض Ca^{++} با Na^+ خاک غیر قابل نفوذ و ضایع میگردد . متأسفانه گاهی بعلمت عدم توجه باین مسئله ممکن است مقدار زیادی زمین زراعتی از بین برود .

بخش دوم - روش تحقیق لایه رسی پر مین گوه بی بی شهر بانو

روشهای متداول و قدیمی مثل تجزیه های شیمیائی ، بررسی خواص فیزیکی و مطالعه خواص نوری کانیها در میکروسکپ پلاریزان که در بررسی و تشخیص کانیها بکار میرود در مورد تشخیص کانیهای رسی اکثراً ناقص و نارسا است . متداولترین وسیله ای که سنگ شناس یا کانی شناس برای تشخیص کانیهای یک سنگ یکبار میبرد استفاده از میکروسکپ پلاریزان است . متأسفانه این نوع مطالعه در مورد کانیهای رسی تقریباً غیر عملی و بی نتیجه است زیرا اولاً کانیهای رسی از بلورهای بسیار ریز درست شده اند و قدرت تفکیک میکروسکپ های معمولی برای آنها کافی نیست ، ثانیاً خواص نوری کانیهای رسی اغلب بهم شبیه اند بهمین دلیل شناسائی کانیهای رسی با پیشرفت شناسائی سایر کانیها همگام نبوده است . تا این اواخر کانیهای رسی را خوب نمیشناختند پیشرفتهای علم شیمی و اختراع میکروسکپ الکترونیکی و بالاخره کشف اشعه ایکس و استفاده از آن در تعیین ساختمان بلوری اجسام کمک بزرگی به پیشرفت در زمینه شناسائی ساختمان اتمی رسها نمود بطوریکه امروزه با پیشرفت سریع دانش رادیو کریستالوگرافی میتوان ساختمان بلوری کانیها را تعیین کرد و با استفاده از آنالیز رادیو کریستالوگرافی کانی را از نظر کیفی و کمی مشخص نمود .

الف - آنالیز رادیو کریستالوگرافی .

منظور از آنالیز رادیو کریستالوگرافی مشخص کردن فازهای کریستالیزه در یک جسم است. میدانیم هر کریستالی دارای یک دیاگرام مخصوص است و از خصوصیات اصلی دیاگرام کریستالها I و d است (d فاصله رتیکولر^(۱) و I شدت^(۲) نسبی خطوط^(۳) اسپکتر $R.X.$ یک کریستال است).

وقتی دو بلور مختلف با هم مخلوط هستند برای هر یک اسپکتری جداگانه داریم که در کنار هم تشکیل میشود، بنابراین با محاسبه d و I میتوان جدولی ترتیب داد و آنرا با جدولی که از اجسام خالص قبلاً تهیه شده است مقایسه نمود^(۴) و جسم را مشخص کرد.

اما این مطلب پیش میآید که آیا ممکن است دو جسم مختلف دارای یک اسپکتر مشترک باشند و اسپکتر خطوط آنها برهم منطبق گردد؟ باید گفت در صورت تساوی پارامترهای بلور و تشابه ساختمان بلوری شان امکان وجود یک چنین پدیده‌ای خواهد بود این اتفاق در اجسام ساده تقریباً غیر ممکن است. بنابراین با استفاده از روش فوق میتوان نتایج کافی و دقیقی رسید و برتری آنالیز رادیو کریستالوگرافی را بر متدهای دیگر چنین خلاصه نمود: مثلاً اگر در مقام مقایسه با آنالیز شیمیائی برآئیم ملاحظه خواهیم نمود که نمونه خود تجزیه نشده و از بین نمیرود و سرعت عمل قابل مقایسه با متدهای شیمیائی نیست یا اگر با روش اسپکتر و گرافی مقایسه اش نمائیم، صرف نظر از اشکالات متعددی که برای ایجاد جرقه و آرک غالباً موجود است جسم مورد آزمایش بخار شده و نتیجه حاصله بیان وجود اتمهای جسم تشکیل دهنده بطور مجزا خواهد بود. ولی با آنالیز رادیو کریستالوگرافی خود جسم یا اجسام مختلف مشخص میگردد مهمتر از همه وجود پلی مورف^(۵) هاراسیتوان بوسیله این متد براحتی تشخیص داد در صورتیکه بکمک متدهای دیگر تقریباً غیر ممکن است ناگفته نماند که برای کار برد این متد فقط مقدار بسیار کمی از نمونه مورد احتیاج است. امکانات فوق سبب شده که اشعه ایکس جای خود را در اغلب آزمایشگاهها باز کند و هدف اصلی ایجاد آزمایشگاههای اشعه ایکس بخصوص در کارخانه‌ها مشخص کردن این نوع دیاگرامهاست که نتیجه اش سبب شناسائی نمونه‌های مختلف با دقت و سهولت میگردد. برای آشنائی بیشتر به مطالبی که توجیه خواهد شد اساس تئوری دیفرانسیون اشعه ایکس را مختصراً شرح میدهیم:

کریستالی را که فقط از یک نوع اتم تشکیل شده است در نظر گرفته یک دسته اشعه موازی تکفام بطول موج λ روی آن میتابانیم. کریستال را آنقدر کوچک فرض میکنیم تا بتوان از جذب اشعه توسط آن صرف نظر نمائیم اگر تمام قسمت‌های بلور در اشعه غرق شده باشند هر اتم از جسم، خود بتنهائی منبع موجی بوده که این موج منتهجه اسواج منتشر شده توسط الکترونهای آن اتم است دامنه این موج برابر $E_A = f_A + E_e$ است که در آن E_A دامنه موج فرستاده شده بوسیله اتمها و E_e دامنه موج فرستاده شده توسط الکترون

۳-Raies

۲-Intensité

۱-Distance interréticulaire

۴- این جدول توسط American society for testing Materials تهیه شده است ۵-Polymorphe

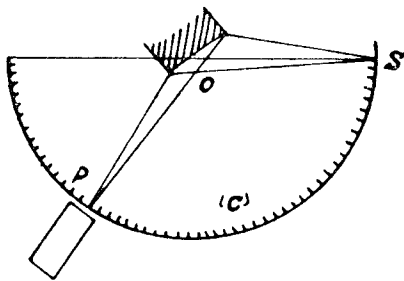
میباشد و f_A فاکتور دیفریون اتمیک (۱) که از رابطه زیر بدست میآید :

$$f_A = \int \rho(\vec{r}) \exp\left(-\gamma \pi i \frac{\vec{S} - \vec{S}_0}{\lambda} \cdot \vec{r}\right) dv = \int \rho(\vec{r}) \exp(-\gamma \pi i \vec{S} \cdot \vec{r}) dv$$

دامنه این موج بمراتب ازدامنه موج فرستاده شده کمتر است چون در هر میکرن مکعب از بلور حدود 10^6 اتم موجود است نمیتوان موجی را در امتداد مشخصی مشاهده نمود مگر آنکه امواج فرستاده شده توسط اتمها هم فاز باشند با ایجاد سه شرط لاوه همیشه یک فاسیل از صفحات رتیکولر موجود است که امواج را در امتداد $2d \sin \theta = n\lambda$ مشخصی بخارج بفرستد با نتیجه گیری از این سه شرط رابطه اساسی وساده برآه حاصل میشود $2d \sin \theta = n\lambda$ با معلوم بودن θ زاویه برآه یا زاویه دیفراکسیون، λ طول موج بکار رفته، d قابل محاسبه است.

دستگاه انتخاب شده یک نوع دیفراکتومتراشعه ایکس میباشد استفاده از دیفراکتومتربرای اندازه گیری زاویه θ در ده سال اخیر جای خود را میان روشهای مختلفی که برای محاسبه d و I بکار میرود باز کرده چون راحتی وسادگی کار برد آنها و همچنین اندازه گیری I بطور مستقیم بدون استفاده از میکروفتو دانسیتومتر سبب شده که در کارخانه های آزمایشگاههای کنترل که کارهای مربوط به تکنیک را انجام میدهند مورد استفاده قرار بگیرد ولی نکته ای که نمیتوان نا گفته از آن گذشت یکی از عیوب اساسی این دستگاه است که با ایجاد

پدیده تکس تور (۲) سبب خطا در اندازه گیری میگردد و با منظم کردن یک شامبر D.S (۳) یا نوع دیگر میتوان دیاگرامهای رسم شده بوسیله دیفراکتومترا کنترل کرد. در اینجا اساس دیفراکتومتر بطوریکه در شکل ۱ مشاهده میشود بسیار ساده است از منبع S یک دسته اشعه همگرا بطول موج λ (آنتی کاتیودی که ما بکار برده ایم از



شکل ۱

جنس مس بوده و برای آن $\lambda_{K_{\alpha 1}} = 1.0405 \text{ \AA}$) بر روی نمونه ای که بصورت پودر بسیار نرم در جای خود استوار است میتابد نمونه حول محوری که از نقطه O میگذرد دوران میکند چنانکه در شکل ۱ مشاهده میشود دایره بمرکز O و شعاع OS (حدود ۱۰ سانتیمتر) رسم شده ثابت میکنند برای هر نقطه غیر مشخص P که در روی دایره واقع است شرط فوکالیزاسیون (۴) وقتی برقرار است که زاویه تابش برای شعاع متوسط نطف زاویه دیفراکسیون Sop باشد. بنا بر این سرعت گونیومتر (۵) را طوری تنظیم میکنند که بازوی $C.G$ (۶) که گیرنده امواج دیفراکته است سرعتش نصف سرعت گردش نمونه باشد.

۱- Facteurs de diffusion atomique - ۲ texture - ۳ Dcbye-Scherrer
۴- focalisation - ۵- Goniometre - ۶- Compteur Geiger

ب - مطالعه یک نمونه :

چون سنگهای رسی دارای دانه های بسیار ریز و چسبیده بهم بوده از طرفی فواصل رتیکولر آنها غالباً از یک انگسترم کمتر نمیشد و اغلب مقدار آنها در نمونه بسیار کم است بنابراین برای آماده نمودن نمونه ها بمنظور مطالعه آن بوسیله اشعه ایکس طرق مختلفی پیشنهاد شده است که ما در ضمن شرح روش کار خود قسمتی از آنرا یادآور میشویم G.

چسبندگی و ریزی دانه های این نوع از نمونه ها گاهی سبب ایجاد خطاهای فراوان در اندازه گیری θ در نتیجه d و I میگردد یعنی مثلاً ممکن است نمونه بصورت پولک درآید و کریستالها بطور اتفاقی قرار نگیرند و امتداد مشخصی از کریستال در مقابل اشعه واقع شود و سبب ایجاد پدیده تکس تور گردد و در نتیجه مقدار θ تغییر کند. یا اینکه در کانیهای رسی چون تغییرات θ در حد معینی میباشد (برای آنتی کاتدس $20^\circ < \theta < 40^\circ$) این اشکال را پدید میآورد که در صورت وجود چند کانی در یک نمونه امکان منطبق شدن خطوط اسپکتر دو بلور بهم موجود بوده و تفکیک خطوط بعلت فشردگی مشکل میگردد. مثلاً اگر در جدول زیر که خطوط اسپکتر کائولینیت و کلریت داده شده است دقت شود ملاحظه میگردد که سه خط پر شدت آنها بسیار بهم نزدیک است و با اندکی بی دقتی امکان اشتباه این دو جسم باهم بسیار میگردد برای جلوگیری از این گونه

	d	I	d	I	d	I	d	I	d	I
کائولینیت	۷۱۸A	۱۰۰	۳۵۸	۱۰۰	۱۴۹	۱۰۰	۴۴۸	۸۰	۲۳۴	۹۰
کلریت	۷۱۴A	۱۰۰	۳۵۹	۹۰	۱۴۲	۲۵	۴۷۷	۵۰		

خطاها طرق مختلفی پیشنهاد شده از جمله در همین مورد نمونه را در ۶۰° درجه سانتیگراد حرارت داده در نتیجه کائولینیت حالت بلوری خود را دست میدهد ولی کلریت فقط مقدار کمی آب از دست داده و $d = ۱۴۲A$ آن بخوبی ظاهر میگردد. همچنین چون در کانیهای رسی مانند مونموریونیت و vermiculite رطوبت فواصل رتیکولرشان را بشدت تغییر میدهد یا بعلت سیمتری کم در ساختمان بلوری آنها نیروی اتصال بین اتمها ضعیف است بنابراین امکان بوجود آمدن یک عیب (۱) در کریستال همیشه موجود است بهر صورت هر یک از دو حال که پیش آید θ تغییر کرده و با نکته ای که در بالا یادآوری شد (نزدیک بودن مقدار d در کانیهها) نتیجه درستی بدست نخواهد آمد.

بطور کلی مطلبی که باید در مطالعه کانیهای رسی بکمک اشعه ایکس یادآوری کرد تا حتی المقدور از اشتباه جلوگیری شود رسم دیاگرام نمونه تا $\theta = 90^\circ$ درجه است و برخلاف آنچه که در کارهای

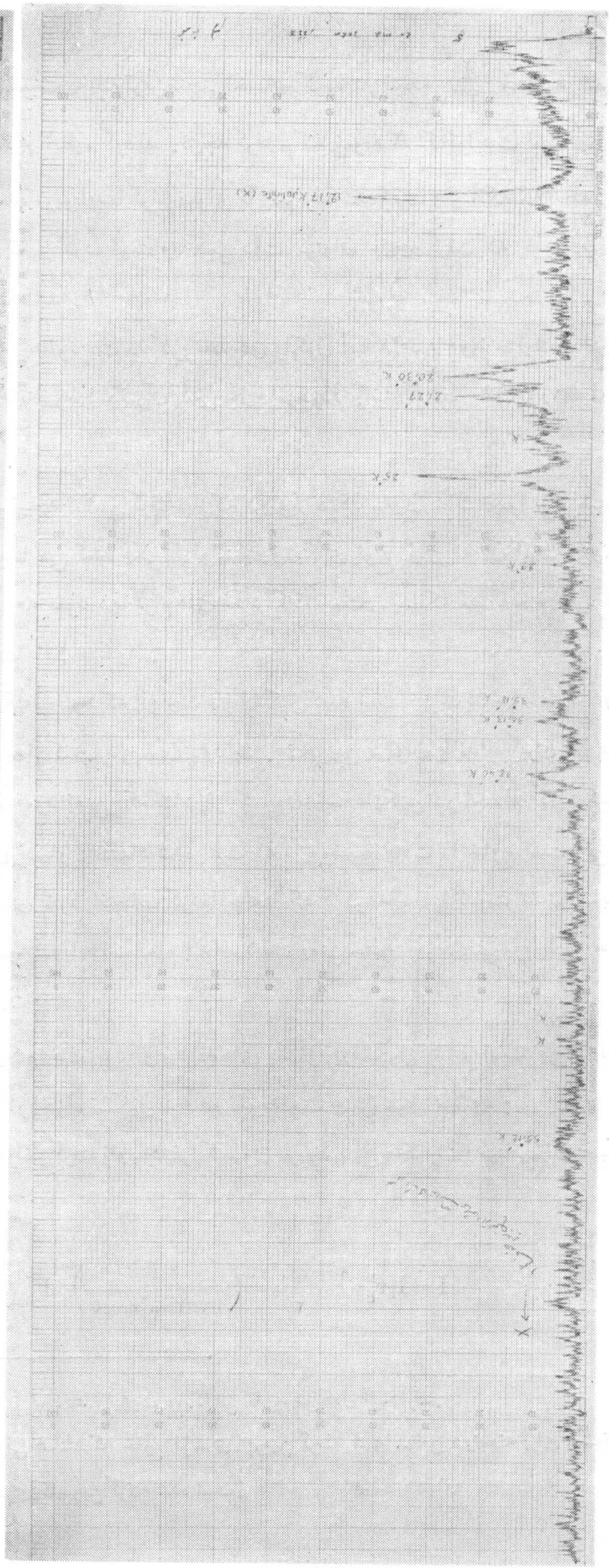
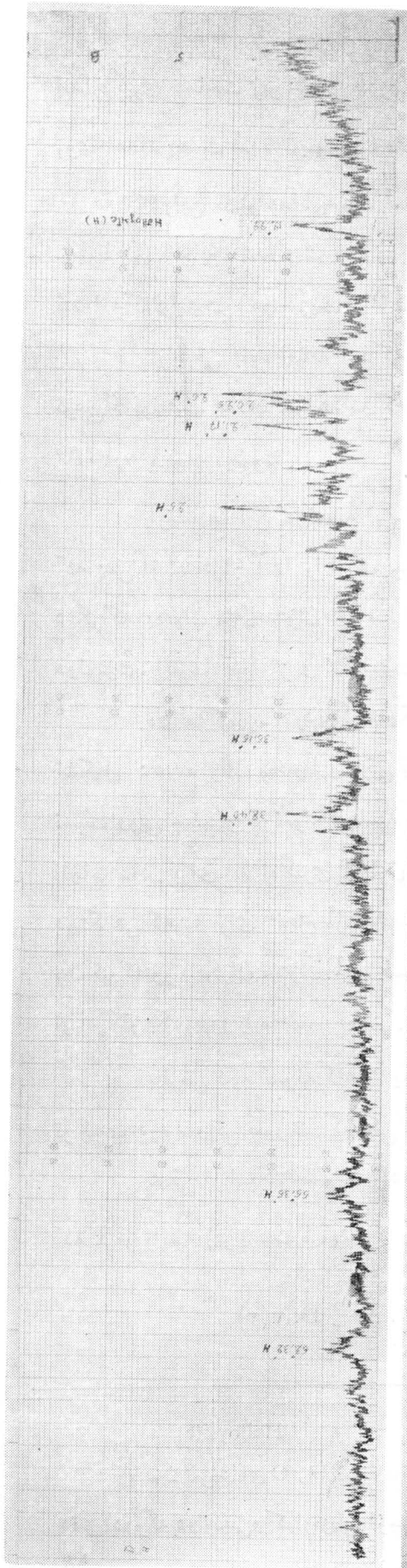
برخی از محققین مشاهده میشود نباید فقط بچند خط اصلی که اغلب در یک ناحیه کوچک یافت میگردد اکتفا نمود چون برای خطوط بازوایی دیفراکسیون بزرگتر از α_1 و α_2 ظاهر شده بنابراین دقت اندازه گیری بیشتر میشود و امکان وجود این خطوط در یک ناحیه نسبتاً وسیع بتنهائی بیشتر است .
مطالعه کیفی - از مطالعه یک دیاگرام میتوان باختصار نتایج زیر را بدست آورد :

۱ - وضعیت و محل خطوط که بر حسب 2θ بدست میآید و چنانکه گفته شد بکمک آن d محاسبه میشود

۲ - شدت خطوط که با اندازه گیری سطح زیر منحنی^(۲) مربوط بیک زاویه دیفراکسیون محاسبه میگردد و از طرفی با درست داشتن d و ساختمان بلوری جسم میتوان اندیسههای میلر را حساب نمود. با سه عامل فوق جدولی چون تابلوهای ضمیمه تهیه نمود و بالاخره نوع کریستال را تشخیص داد بعنوان مثال نمونه A و B که از رگه خاک نسوز کوه بی بی شهر بانو برداشته شده میتوان نام برد .

بکمک دیاگرامهای مربوط بنمونه A زاویه θ را اندازه گرفته از روی آن d را محاسبه نمودیم با

Kaolinite			Halloysite				
d	K	hkl	I	d	K	nkl	I
۷۱۵		۰۰۱	۱۰۰	۷۲۰		۰۰۱	۸۰
۴۴۵	↘	۰۲۰	۴۰	۴۴۲۲	۰۲۱۱		۱۰۰
۴۳۵	↗	۱۱۰	۶۰				
۴۱۷		۱۱۱	۶۰				
۳۵۶۶		۰۰۲	۱۰۰	۳۵۷۸		۰۰۲	۸۰
۲۵۵۳	}	۲۰۱	۸۰	→	۲۵۵۹	۱۳۲۰	۷۰
		۱۳۰					
		۱۳۰					
۲۴۸۶		۱۱۲ ۱۳۱	۹۰	↗			
		۲۰۰					
۲۳۷۴		۰۰۳	۷۰	۲۴۰۲		۰۰۳	۲۰
۲۳۳۱		۲۰۲	۱۰۰	۲۳۳۰			۴۰
۲۲۸۴		۱۱۳ ۱۳۱	۹۰				
۱۹۸۵		۲۰۳	۷۰				
۱۷۷۸		۰۰۴	۵۰	۱۸۰۰		۰۰۴	۹۰
۱۶۵۹		۲۰۴	۸۰	۱۶۷۸		۱۵۲۴	۵۰
۱۴۸۶		۳۳۱	۹۰	→	۱۴۸۱	۰۶۳۳	۸۰



دیاگرام A (درپائین) و B (در بالا) دوزمونه‌ای است که از معدن استخراج خاک نسوز گرفته شده است

اندازه گیری مساحت زیر منحنی I را نسبت به بلندترین منحنی حساب کرده در نتیجه $\frac{I}{I_0}$ محاسبه شد. از روی اعداد بدست آمده تابلوی صفحه ۸ تنظیم گردید. نتیجه گرفتیم که نمونه A کائولینیت است.

در این تابلو اعداد بدست آمده مربوط به دیاگرام نمونه B نیز برده شده است و چنانکه ملاحظه میشود خطوط کمی جابجا شده و شدت آنها تغییر کرده است و با کمی دقت میتوان نتیجه گرفت که نمونه B نوع نئیدراته کائولینیت (هالوینیت) (۱) میباشد.

از طرفی باید اضافه کرد که هالوینیت مذکور فقط دوسولکول آب دارد (۲) و از حرارت دادن آن نوعی کائولینیت بدست خواهد آمد که خطوط اسپکترو آن کمی جابجا میگردد. مثلاً خط $d = 7.18 \text{ \AA}$ به 7.20 \AA منتقل میشود.

از مطالعه این دو نمونه این نتیجه اساسی گرفته شد که دو نوع سنگ معدن خاک نسوز بی بی شهر بانو که پس از استخراج آنها را از هم جدا می کنند یکی کائولینیت و دیگری نوع نئیدراته آن است. دو نمونه دیگر که بعنوان مثال میتوان آنرا مطالعه نمود دیاگرام های D و C (۳) است. چنانکه مشاهده میشود در آن دولومیت، ایلیت، کوارتز و کائولینیت یافت میشود.

مطالعه کمی - در دیاگرام یک مخلوط که از چند فاز تشکیل شده است نسبت شدت خطوط دو جزء تشکیل دهنده از آن مخلوط بستگی به ترکیب درصد آن دودارد. بنابراین میتوان با اندازه گیری I هر خط نسبت وزنی جسم را در نمونه محاسبه نمود یعنی بکمک دیفراکسیون اشعه ایکس در اجسام آنالیز کمی را انجام داد. برای اندازه گیری I طرق بسیار پیشنهاد شده است که از موضوع بحث ما خارج است ولی چون دستگاهی که ما برای انجام آزمایشهای خود انتخاب کرده ایم چنانکه ذکر شد دیفراکتومتر است بنابراین بکمک کنتور گایگر آن میتوان I را با سرعت و با دقت تمام اندازه گرفت یعنی سطح زیر منحنی مربوط به هر خط از اسپکتروم یک بلور را محاسبه نمود.

بفرض آنکه نمونه کاملاً یکنواخت بوده و از دانه های بسیار زیر تشکیل شده است برای تعیین ترکیب درصد وزنی بلور a که یکی از اجزاء تشکیل دهنده نمونه است چنین عمل میشود:

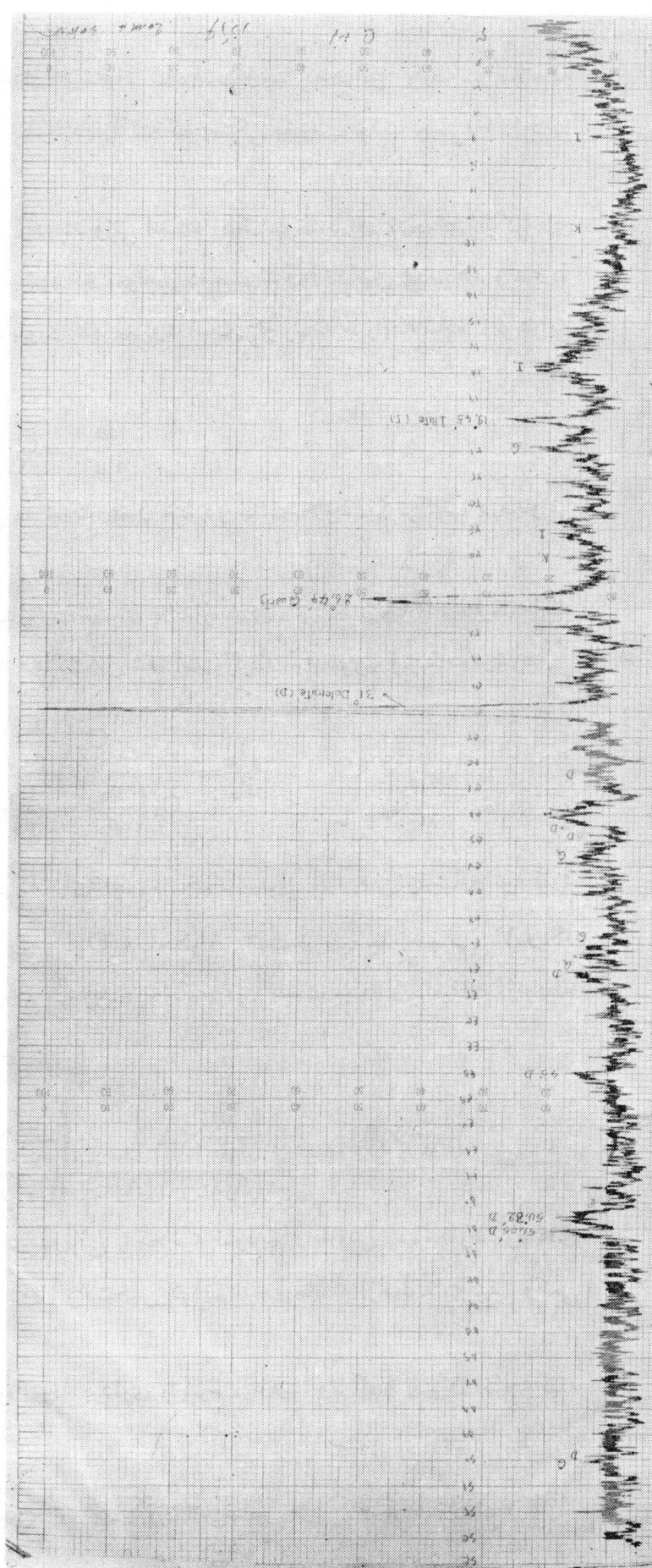
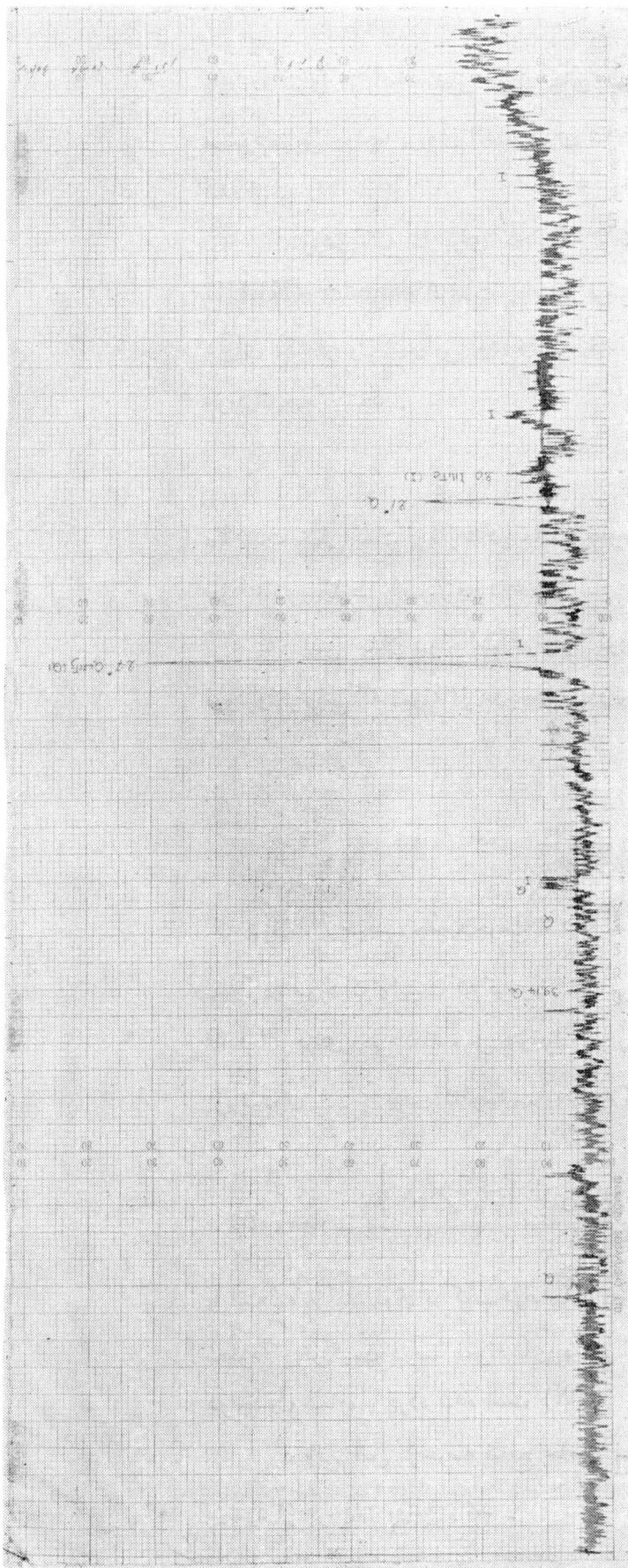
خطی از اسپکتروم جسم a را در نظر گرفته زاویه دیفراکسیون مربوط باین خط را θ_a مینامیم ثابت میکنند که I از رابطه زیر بدست می آید.

$$I = I_0 r_e^2 \frac{1 + \cos^2 2\theta}{2} \left(\frac{1}{16 \pi r \sin^2 \theta \cos \theta} \right)^2 F_{hkl}^2 \cdot n \frac{1}{V_e^2} D dv(\nu)$$

۱ - Halloysite
۲ - هالوینیت ها کاهی تا ϵ مولکول آب دارند.

۳ - نمونه های C, D نمونه هایی هستند که خارج از سری پرمین گرفته شده اند این دو نمونه برای تشخیص

دقیق دورگه دولومیتی و کوارتزی از سری کامبرین گرفته شده است.



بانتیجه گیری از رابطه فوق روش های متعددی پیشنهاد شده است و چنانکه در این رابطه نیز سلاخظه میشود اساس روشها بر روی اندازه گیری شدت خطوط دیفراکته که بستگی بضریب جذب جرمی^(۱) دارد بنا شده است .

روشی که ما برای محاسبه ترکیب درصد وزنی اجسام انتخاب نموده ایم نتیجه ای از کارهای Alexander - KLUG است . ابتدا فرض میشود که نمونه از دو جسم a و b تشکیل شده باشد و a و b دارای یک فرمول شیمیائی بوده ولی ساختمان بلوری آنها متفاوت است . از رابطه ۳ ساده زیر در این مورد نتیجه میشود .

$$\frac{i_a}{i'_a} = \frac{C_a}{C'_a}$$

i'_a شدت خطی است از فاز a در حالت خلوص i_a شدت همان خط در حالت مخلوط C'_a ترکیب درصد وزنی فاز a در مخلوط $C'_a = 100\%$.

پس مثلاً در حالت کوارتز و کریستالولیت میتوان با اندازه گیری i'_a و i_a و C_a را مستقیماً محاسبه نمود ولی وقتی که نمونه از دو جسم متفاوت a و b تشکیل شده است رابطه ۳ بصورت زیر ساده میشود .

$$\frac{i_a}{i'_a} = \frac{C_a \left(\frac{u_a}{\rho_a} \right)}{C_a \left(\frac{u_a}{\rho_a} - \frac{u_b}{\rho_b} \right) + \frac{u_b}{\rho_b}}$$

که در آن $\frac{u}{\rho}$ ضریب جذب جرمی a و b است که برای اجسام مختلف میتوان آنرا بدین ترتیب محاسبه نمود مثلاً در مورد کائولینیت که فرمول شیمیائی آن $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ است ضریب جذب جرمی Al و Si و O و H برای آنتی کاتد مس بترتیب برابر ۶-۴۸۶-۶۶-۱۱۵-۱۳۵-۴۳۵ ر. بدست میآید و با استفاده از رابطه زیر میتوان $\frac{u}{\rho}$ را برای کائولینیت محاسبه نمود :

$$\frac{u}{\rho} = \frac{\left[\frac{u}{\rho} \times A \right]_{AL} + \left[\frac{u}{\rho} \times A \right]_{Si} + \left[\frac{u}{\rho} \times A \right]_O + \left[\frac{u}{\rho} \times A \right]_H}{2[A]_{AL} + 2[A]_{Si} + 5[A]_O + 4[A]_H} = 2.49 \quad (2)$$

با استفاده از متد فوق ترکیب درصد مخلوط های دوتائی را محاسبه نمودیم و با روش رسم مخلوط نمونه های معلوم^(۳) ترکیب درصد نمونه های بیشتر از دو فاز را مشخص کردیم نتیجه حاصله از مطالعات کیفی و کمی در جدول شماره ۱ برده شده است (N).

ولی قبل از عرضه نتایج حاصل نحوه نمونه برداری را شرح میدهم و تا آنچه بعنوان نتیجه گفته میشود از هر جهت روشن باشد .

نمونه برداری :

قبل از شرح چگونگی نمونه برداری بهتر است مختصری راجع بموقعیت جغرافیائی و زمین شناسی ناحیه

بحث شود .

الف - موقعیت جغرافیائی و زمین شناسی :

کوه بی بی شهربانو در قسمت جنوبی چین خوردگی های آنتی البرز^(۱) (یعنی کوههای مسکراهادوسه پایه و قصر فیروزه) و در جنوب جاده خراسان و شرق کارخانه سیمان ری واقع شده است . از نظر تکنونیک^(۲) کوههای بی بی شهربانو دنباله چین خوردگی رشته جبال البرز میباشد این برجستگی منفرد پهلو شمالی تاقدیسی است که محور آن شرقی - غربی و تقریباً از پای دامنه جنوبی آن میگردد . پهلو جنوبی این تاقدیس در زیر رسوبات دوران چهارم دشت ری پنهان شده است (احتمالاً بعلت گسلی^(۳) که در امتداد و محل محور چین اتفاق افتاده است) . در رخنمون^(۴) طبقات آن تقریباً از قدیمترین طبقات زمین شناسی یعنی پرکامبرین^(۵) (در جنوب دامنه) تا سریهای ائوسن دوران سوم (کنگلوامرای کنار جاده خراسان) دیده میشود . سری پرمین مورد بحث در شیب دامنه جنوبی واقع بوده و امتداد آن از محل بقعه بی بی شهربانو میگردد . آنچه که اینجا بنام سری پرمین نامیده شده است عبارت از رسوباتی است بضخامت حداکثر تقریباً ۲ متر که از اواخر کربونیفر شروع و قسمتی از تریاس را نیز شامل میشود . این رسوبات مربوط بیک دوره پسروری و خروج این ناحیه از آب میباشد . راجع به طرز تشکیل یا ژنزاین سری بین شناسان اختلاف نظر وجود دارد . عده ای آنرا مربوط به دگرسانی برجای یک سنگ آذرین وعده ای دیگر منشاء آنرا رسوبی میدانند .

ب - نمونه برداری :

ابتدا در نظر بود در دو مقطع زمین شناسی^(۶) از این لایه نمونه برداری شود و پس از مطالعه کیفی و کمی، کانیهای مشکل آنها بطور دقیق مشخص شود ، بعد از روی اطلاعات حاصل از این مطالعه مطالب زیر استخراج گردد :

- ۱ - تعیین طرز تشکیل این لایه رسی که راجع بان چنانکه ذکر شد اختلاف نظر است .
 - ۲ - تعیین شرایط محیط رسوب و جستجوی توضیحات پالئوژئوگرافی .
 - ۳ - سعی در ایجاد همزمانی و ارتباط بین لایه های فرعی این سری .
- ولی چون در حال حاضر فقط مطالعه یک مقطع یعنی شماره ۱ انجام شده است فعلاً بنتایج حاصل از یک مقطع اکتفا میشود . علیهذا نتیجه سوم یعنی برقراری ارتباط فعلاً در اینجا مطرح نخواهد شد .
- نمونه برداری مقطع شماره ۱ مورد مطالعه در نزدیکی بقعه بی بی شهربانو انجام گردید . در این

۳ - Faille

۲ - Tectonique

۱ - Anti-Alborz

۶ - Coupe géologique

۵ - Pré-cambrien

۴ - Affleurement

ناحیه که تقریباً در ۳۰ متری شرق بقعه واقع است سری پرمین رخنمون بسیار خوب وضخامت قابل توجه دارد. نمونه برداری طبق معمول بترتیب از قاعده سری (یعنی از همبری^(۱) کربونيفر - پرمین) و بفواصل یک متر تا بالای سری (همبری پرمین - تریاس) انجام شد. در نمودارها و جدولها نیز این ترتیب همواره رعایت شده است.

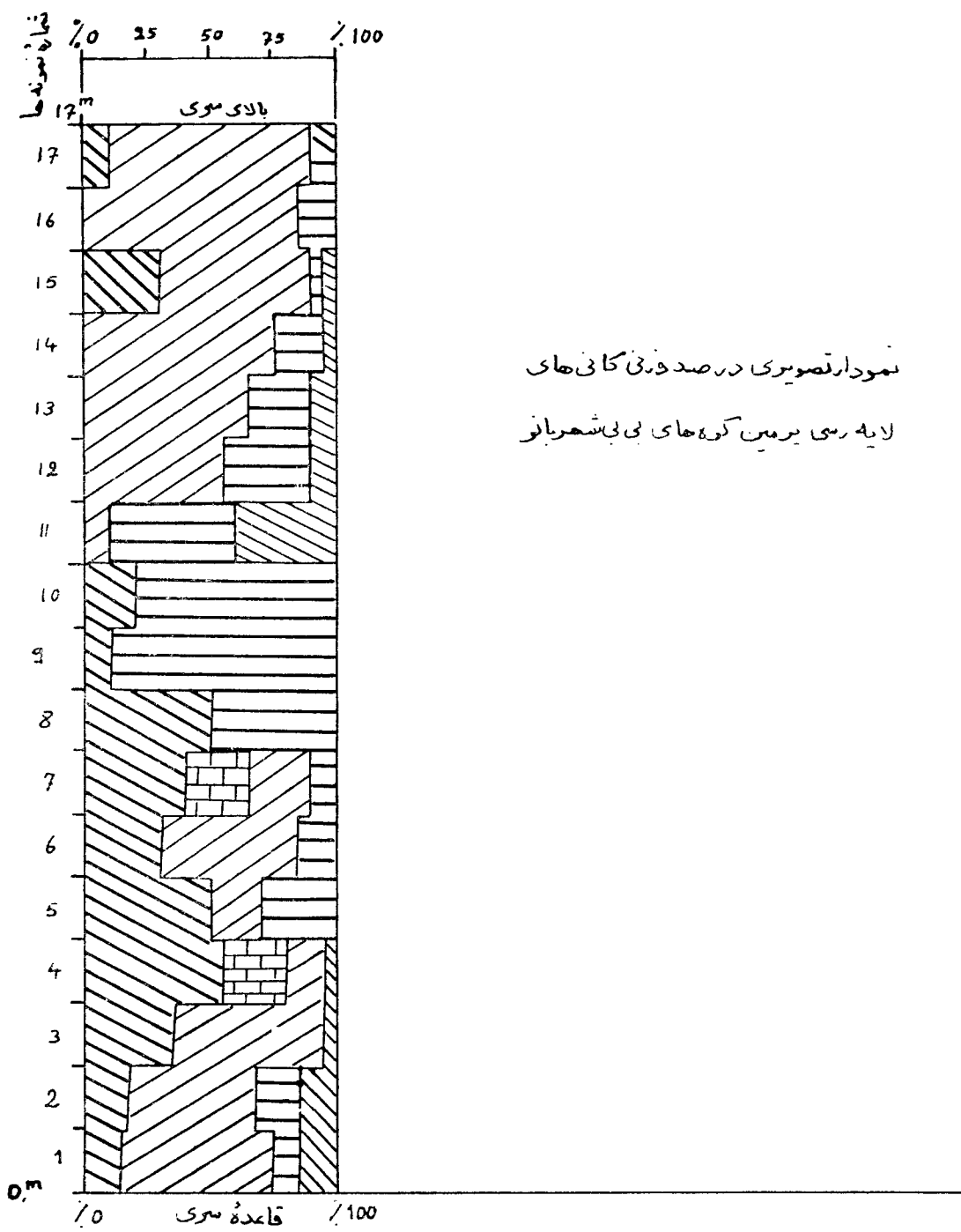
نمونه	Kaolinite	Halloysite	Illite	Quartz	Calcite	
بالای سری						
۱۷	۱۰	—	۸۰	۱۰	—	
۱۶	—	—	۸۵	۱۵	—	
۱۵	۳۰	—	۶۰	۵	۵	
۱۴	—	—	۷۵	۲۰	۵	
۱۳	—	—	۷۰	۲۰	۱۰	
۱۲	—	—	۵۵	۳۵	۱۰	
۱۱	—	—	۱۰	۵۰	۴۰	
۱۰	۲۰	—	—	۸۰	—	
۹	۱۰	—	—	۹۰	—	
۸	۵۰	—	—	۵۰	—	
۷	۴۰	۲۵	۲۵	۱۰	—	
۶	۳۰	—	۵۵	۱۵	—	
۵	۵۰	—	۲۰	۳۰	—	
۴	۵۵	۲۵	۱۵	—	۵	
۳	۳۵	—	۶۰	—	۵	
۲	۲۰	—	۵۰	۱۰	۲۰	
پائین سری						
۱	۱۵	—	۵۵ [?]	۱۰	۲۰	
	۳۷۰/۱۷	۵۰/۱۷	۷۱۵/۱۷	۴۵۰/۱۷	۱۲۰/۱۷	جمع
	۲۱۵	۳	۴۲	۲۶۵	۷	متوسط

جدول شماره ۱ درصد کانیهای مختلف در هر نمونه






قسمت سوم - نتایج تحقیق و تعبیر آنها

۱ - نتیجه کانی شناسی

این قسمت بلافاصله و مستقیماً از بررسی کیفی و کمی توسط دیفراکسیون اشعه ایکس حاصل شده است که در جدول فوق مشاهده میشود. برای اینکه تغییرات کانی شناسی و درصد آنها در نمونه ها

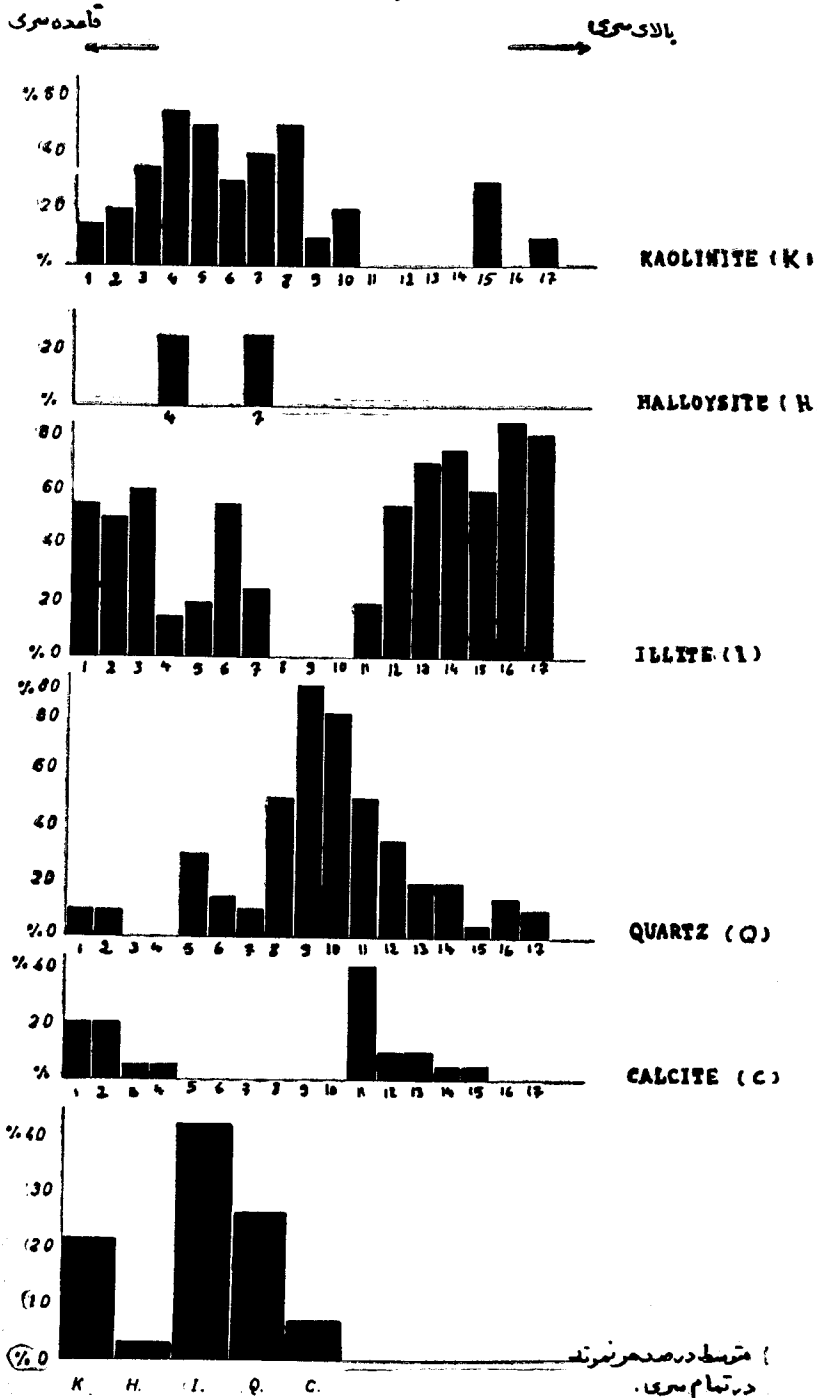


نمودار تصویری درصد ذرات کانی های
لایه رسی یرمین کوه های بی بی شهریانو

- 
 Kaolinite
- 
 Halloysite
- 
 Illite
- 
 Quartz
- 
 Calcite

شکل ۲

نمودار تغییرات کانی‌های شکل لایه روی پریمین کوه‌های فیلی شمیرا با فزودر ۱۲ نمونه



شکل ۳

بهرتر مجسم و مشخص شود آنرا بصورت ترسیمی شکل شماره ۲ نمایش داده ایم. بایک نظر باین شکل نوع و درصد کانیها معلوم میگردد مثلاً دیده میشود که برتری کلی باکانی ایلیت و بعد با کوارتزاست و مقدار هالوزیت بسیار کم است.

برای آنکه این نتایج گویاتر باشند تا بتوان آنها را تعبیر و تفسیر نمود و اطلاعات زمین شناسی از آنها استخراج کرد، سعی شده است این نتایج بصورت نمودارهای آماری مجسم شوند (شکل ۳) در این نمودارها تغییرات درصد کانی (ستون عمودی) در نمونه های مختلف (ستون افقی) نشان داده شده است. نمودار M از شکل ۳ مربوط است بمقدار متوسط درصد کانی در ۱۷ نمونه.

۲ - طرز تشکیل این سری یا ژن آن

بدلایل زیر که از نمودارهای شکل شماره ۳ نتیجه میشود منشاء رسوبی این سری آشکار میگردد قبل از ذکر این دلایل لازم میدانند یادآوری نماید که راجع به ژنزاین سری در افواه زمین شناسان نظرهای مختلفی وجود دارد. عدهای منشاء این سری را رسوبی میدانند، عدهای دیگر منشاء آنرا دگرسانی برجای سنگهای آذرین فرض میکنند ولی تاکنون نوشته ای در مورد ژنزاین سری که متکی بمطالعه سیستماتیک و علمی باشد ارائه نشده است. شاید این بررسی بتواند این مسئله را روشن نموده و نمونه ای برای شروع کارهای تحقیقاتی در زمینه بررسی سربهای رسی ایران باشد.

الف - چنانکه از نمودار M شکل ۳ مستفاد میشود مقدار کوارتز بطور متوسط در تمام سری بعد از ایلیت قرار دارد. از برخی از نمونه هائیکه کوارتز آنها زیاد بود پلاک تهیه شد و مرفوسکوپی^(۱) دانه های کوارتز مورد مطالعه واقع شد این دانه ها از نظر شکل بدانه های آواری کوارتز شبیه بودند.

ب - شکل نمودار تغییرات درصد کوارتز (شکل Q۳) دلیل دیگری است بر منشاء آواری دانه های کوارتز. پوش این نمودار تقریباً شکل یک منحنی گوس^(۲) است و نشان میدهد که ورود دانه های کوارتز از یک حد اقل شروع شده و بعد به حداکثر خود رسیده و دوبرتبه بعد اقل تنزل پیدا میکنند در صورتیکه در یک توده آذرین که بر جاد گرسان میشود معمولاً توزیع مقدار دانه ها باین شکل نبوده و باید حالت تقریباً یکنواختی را داشته باشد.

ج - Millot دانشمند فرانسوی متخصص رسها میگوید: «اطلاعات عمومی در مورد تشکیل کائولینیت و همچنین آنچه که در این مورد تدریس میشود اشتباه محض است^(۳) و باید بنحو زیر اصلاح شود:

۱ - Morphosphie

۲ - Gauss

۳ - چون اغلب زمین شناسان فرض میکنند که کائولینیت مستقیماً از دگرسانی فلد سپاتها حاصل میشوند.

اولین تغییری که در نتیجه دگرسانی در فلدسپاتها ظاهر میشود هیدرولیز آنها است که در نتیجه آن عناصر بلورها بصورت محلول یونی آزاد میشوند .

۶ - در شرایط آب و هوایی دوره ما قسمت عمده این عناصر آزاد شده توسط هیدرولیز از محیط خارج میشود و یک سنگ دگرسان شده بنام arène برجا میگذارند . تشکیل کائولینیت یک پدیده ثانویه این دگرسانی است و آن عبارت از تشکیل بعدی کائولینیت از یونهای آزاد شده است که این پدیده در مناطق ما کمیاب ولی در مناطق حاره فراوان است . با اتکاء باین نکته مهم که نتیجه سالها تجربه و تحقیق در این رشته است میتوان قبول کرد که ، وجود کائولینیت در سری (نمودار K شکل ۳) رسوبی بودن آن را نمایان میسازد . دلایل دیگری نیز در مورد ژنز رسوبی این سری میتوان ارائه داد که از نظر اختصار فقط بذکر آنها اکتفا میکنیم . این دلایل بیشتر مربوط بمشاهدات و بررسی در روی زمین است .

— وجود یک رگه آهک ائولیتی^(۱) که در قسمت دوم نمودار C در ناحیه شماره ۱۱ ظاهر شده است

— وجود رگه ماسه سنگی که در آن لایه بندی متقاطع^(۲) که از مشخصات رسوبی است دیده میشود .

— وجود آثار گیاهی .

— این سری در شمشک بیشتر ماسه سنگی شده بخوبی آثار چینه بندی رسوبات در آن مشهود است .

— هیچگونه دگرگونی در سریهای درون گیر این طبقه دیده نمیشود .

۳ - شرایط محیط تشکیل این رسوبات

با اتکاء بانچه در صفحه ۳ بیان شده میتوان نتیجه گرفت چون حداکثر مقدار ظهور کائولینیت در قسمت قاعده سری است بدین جهت این قسمت از محیط با احتمال قوی باید اسیدی باشد (نمودار K از شکل ۳) از طرف دیگر وقتی مقدار کائولینیت به صفر میرسد درست در همانجا قسمت دوم ایلیت ظاهر میشود و بتدریج هر مقدار آن افزوده میگردد تا بعداً کثرت خود میرسد . اگر تغییرات کلسیت را با تغییرات ایلیت مقایسه کنیم ملاحظه میشود که ظهور آن در بالای سری درست منطبق بر ناحیه ظهور ایلیت است با توجه باینکه محیط رسوب شیمیائی کربنات کلسیم نیز بازی است با کمی احتیاط میتوان گفت در قسمت بالای سری محیط بازی میگردد . علت ذکر کلمه احتیاط در این است که ایلیت برخلاف کائولینیت میتواند مستقیماً از هیدرولیز میکا یا فلدسپاتها حاصل گردد . بدین جهت ممکن است ایلیت این قسمت یک نوع ایلیت آواری باشد که فعلاً با اطلاعات موجود نفی کلی منشاء آواری آن مقدور نیست .

کلسیت موجود در نمونه های قاعده سری دارای رخساره رسوب شیمیائی کربنات کلسیم است . این رسوب شیمیائی بدو طریق ممکن است حاصل شده باشد :

۱ - Oolites

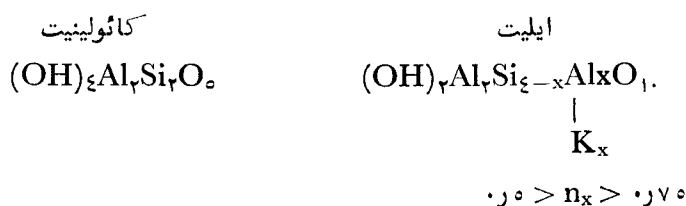
۲ - Stratification entrecroisée (Cross bedding)

- ۱ - رسوب خود حوزه باشد ، یعنی همزمان با رسوبات دیگر حاصل شده باشد .
 - ۲ - رسوب تاخیری حوزه باشد یعنی بعداً در اثر دگرسانی رسوبات حوزه حاصل شده باشد .
- فرض طریق اول با استنتاج قسمت اول یعنی فرض محیط اسیدی برای رسوب کائولینیت مغایرت پیدا میکند ولی فرض منشاء دگرسانی ظاهراً منطقی تر بنظر میرسد بدین جهت میتوان گفت این سری در ناحیه همپری با سری کربناته کربونیفر توسط آبهای زیر زمینی آلوده شده است . این استنتاج باشکل منحنی نیز تطبیق میکند زیرا ظهور حداکثر مقدار کلسیت در این قسمت در ناحیه قاعده سری یعنی در همپری با کربونیفر است و بعداً بتدریج تقلیل پیدا کرده و خیلی زود بصفر میرسد .

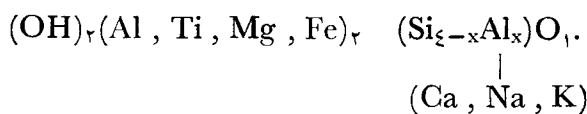
۴ - نتایج پالئوژئوگرافی

الف - منشاء رسوبات یا سنگ مادر :

در ترکیب کانیهای رسوبات این سری چه از نظر کانیهای خودزاوچه از نظر کانیهای آواری عناصر آهن و منیزیم دیده نمیشود (موجود نبودن مونوموریونیت و کلریت) بنابراین اگر سنگ مادر این رسوبات آواری را سنگ آذرین فرض کنیم نباید سنگ آذرین بازی باشد بخصوص با توجه به مقدار زیاد کوارتز .
 با توجه به فرمول کائولینیت و ایلیت که از ترکیبات رسی عمده این سری است ملاحظه میشود که عناصر شیمیائی آنها عبارت است از ، Si ، Al ، O ، OH ، K .



در ایلیت مقداری از K ممکن است توسط Na و Ca و مقداری هم از Al توسط Mg و Fe و Ti جانشین شود بطوریکه فرمول ساخت بلوری ایلیت بطور کلی بشکل زیر درمیآید :



این جانشینی ها مقدارشان نسبت به بقیه عناصر ترکیب کننده بسیار کم و از نظر بحث ما قابل اغماض میباشد بنابراین موجود نبودن Mg و Fe بمقدار قابل توجه و فراوانی کوارتز در این رسوبات منشاء آنها رایک سنگ اسیدی یا لااقل متوسط معرفی مینماید .

ب - اگر پاراکمی از حدود مطالعات آزمایشگاهی فرارتر نهیم و توجهی به برسیهای سرزمین و همچنین زمین شناسی عمومی این سری در سری های رشته جبال البرز مرکزی کنیم دیده میشود :

این سری یک سری خشکی است که منطبق بر پسروری دریائی و خروج زمین های این ناحیه از

آب است . این خروج از آب حرکت تکتونیکی خفیفی است معادل با فاز چین خوردگی مهم هرسینین^(۱) . مواد رسوبی این حوزه احتمالاً از دگرسانی دست دوم رسوبات ماسه سنگهای قرمز کامبرین^۲ حاصل شده است . رسوبات پرمین ناحیه شمشک بقدری با رسوبات ماسه سنگهای قرمز کامبرین شبیه است که در نظر اول با آن اشتباه میشود . شاید مطالعات بعدی روی این سری و مقایسه آنها این موضوع را بیشتر تایید نماید .

منابع مراجع

A / T.ZIAÏ & F.SARABI

Pétrographie P.2 Ed: Université de Téhéran

B / ALEXANIAN, ROUGE & A.VATAN

Progrès récents dans l'étude minéralogique des sédiments à grain fin , Revue de l'Ins.Fr.du Pétrole, Vol.IX 1954

C / A.VATAN

Les grés et leur milieu . PP. 2026-20228 Ed: C. R. Acad. Sci. Fr.

D / S.CAILLÈRE & S.HENIN.

Minéralogie des argiles . PP.48-50 Ed: Masson & Cie. Paris

F / G.MILLOT.

Géologie des argies. PP.120-121 Ed: Masson & Cie. P. 1964

G / E.GRIM.

Clay mineralogy. Ed: Mc GRAW-HILL. 1953

H / W.DU BASTY.

L'échange d'ion sur les argiles. Revue de l'Ins. Fr. du Pétrole 1963 , Ed: Technip

I / BRINDLEY & ROBINSON.

The structure of Kaolinite.

J / CULLITY.

Elements of X Ray diffraction.

K / GUINIER.

Théorie et technique de la Radiocristallographie.

L / CLARK.

Les rayons X et leur application.

M / G.BROWN

Structure of Clay minerals. Ed: London 1961

N / H.P.KLUGA

Anal. Chem. 25 (1953) 704

Hercinien-۱

۲ - این ماسه سنگها را سابقاً بنام ماسه سنگهای قرمز دونین مینامیدند ولی با مطالعات زمین شناسی سازمان زمین شناسی کشور سن آنها را کامبرین تعیین گردید .