



## Identification of clay minerals in Cheleken reservoir series in South Caspian and its application for determination of drilling mud type

S. Aslani<sup>1</sup>, R. Moussavi-Harami<sup>2</sup>, H. R. Samim-Bani Hashemi<sup>3</sup>,  
A. Mahboubi<sup>2</sup>, A. Jahanpanah<sup>1</sup>

1- Mines Department, Faculty of Engineering, Tehran University

2- Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad

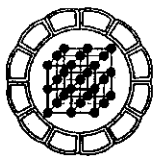
3- Department of Material Engineering, Science and Industry University, Tehran

E-mail: harami@science1.um.ac.ir

(Received: 30/11/2004, received in revised form: 17/6/2005)

**Abstract:** Siliciclastic sediments of the Cheleken Series (Lower to Middle Pliocene) are exposed along the northern flank of Elburz Mountain Range. The goal of this study is to identify the clay mineral type in these siliciclastic sediments in Mazandaran and Golestan regions, because this can help in the prediction of drilling mud type that can be used. 23 samples have been collected from Neka, south of Ghaem Shahr and Alamdeh regions. Petrographic and XRD analysis revealed that sandy siliciclastic sediments with conglomerate interbeds are mainly consists of quartz, calcite and clay minerals. Illite and kaolinite is the major and monmorilonite and chlorite are the minor clay minerals in these sediments. Based on these types of clay minerals in study area, we suggest that the best drilling mud for using in these sediments are salt/polymer water – based mud with a suitable amount of potassium salts. Because these materials are available in Iran and they are relatively less expensive as well as potassium with low ionic diameter has the least problems during cation exchange in clay minerals that present in cheleken series.

**Keywords:** Clay Minerals, Drilling Mud, Cheleken Sediments.



## شناسائی کانی‌های رسی سری مخزنی چلکن در خزر جنوبی و کاربرد آنها در تعیین نوع گل حفاری در منطقه

سهیلا اصلانی<sup>۱</sup>، رضا موسوی حرمی<sup>۲</sup>، حمیدرضا صمیم بنی هاشمی<sup>۳</sup>،  
اسداله محبوبی<sup>۲</sup>، علیرضا جهان پناه<sup>۱</sup>

۱- گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی، دانشگاه تهران

۲- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه علم و صنعت تهران

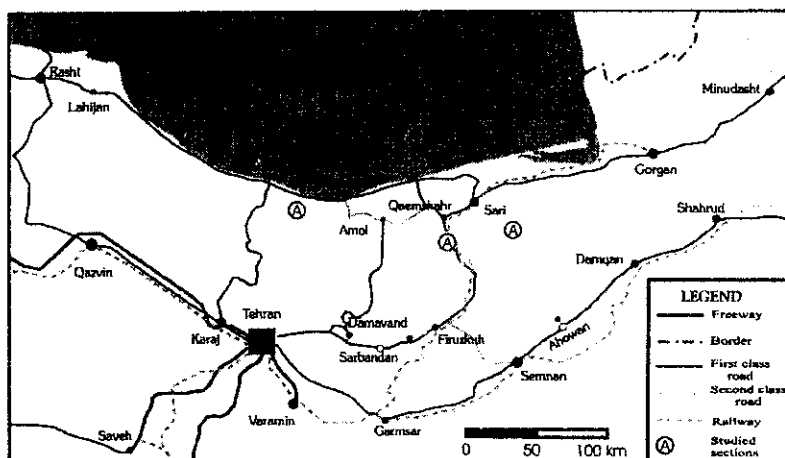
پست الکترونیکی: [harami@science1.um.ac.ir](mailto:harami@science1.um.ac.ir)

(دریافت مقاله ۱۳۸۳/۹/۹، دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۴/۳/۲۷)

چکیده: ته‌نشست‌های سیلیسی آواری سری چلکن (پالوسن زیرین تا میانی) در یال شمالی رشته کوه‌های البرز برونزد دارد. هدف از این بررسی، تشخیص انواع کانی‌های رسی در ته‌نشست‌های سیلیسی آواری ناحیه مازندران و گلستان است زیرا این موضوع می‌تواند در پیش‌بینی نوع گل حفاری مورد استفاده کمک کند. به این منظور تعداد ۲۳ نمونه از سه منطقه نکاء، جنوب قائمشهر، و رویان (علمده) برداشت شده است. نتایج مطالعات سنگ‌شناسی و آنالیز پراش پرتو ایکس نشان داد که ته‌نشست‌های سیلیسی آواری ماسه‌ای با بین لایه‌های کنگلومرایی سری چلکن بیشتر از کوارتز، کلسیت و کانی‌های رسی تشکیل شده است. ایلیت و کایونیت کانی‌های رسی اصلی و مونت مورینیت و کلریت کانی‌های رسی فرعی این ته‌نشست‌ها را تشکیل می‌دهند. بدین ترتیب پیشنهاد می‌شود که بر اساس کانی‌های رسی شناسایی شده در ناحیه مورد مطالعه، گل‌های آب پایه از نوع نمکی/پلیمری که حاوی مقادیر مناسبی از نمک‌های پتاسیم است مناسبترین گل حفاری برای استفاده در عملیات حفاری در این سری از ته‌نشست‌ها هستند، زیرا این مواد ارزان و قابل دسترسند و نیز پتاسیم با دارا بودن شعاع یونی کوچک، در زمان تبادل یونی در کانی‌های رسی موجود، کمترین مشکلات را در زمان حفاری ایجاد می‌کند.

## مقدمه

امروزه در مطالعات زمین‌شناسی هر میدان نفتی، شناخت کانی‌های رسی آن میدان یک امر اجتناب ناپذیر است. اهمیت حضور این کانی‌ها به حدی است که مطالعه پالئوترمومتری، که روی کانی‌های رسی انجام می‌شود، می‌تواند یک شاخص کلیدی برای تشخیص و تعیین پنجره تولید نفت و گاز باشد [۱ تا ۴]. برخی از کانی‌های رسی بدلیل ساختار و ویژگی‌های ساختاری به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی پیرامون خود قرار می‌گیرند. مثلاً می‌توان به تأثیر شاره حفاری به هنگام عبور چاه از طبقات با کانی‌های رسی اشاره کرد که سبب بروز مشکلات بسیار زیادی نظیر تنگ شدن چاه، ریزش دیواره چاه، گیر افتادن مته، تمیز نشدن ته چاه و بسیاری از مسائل دیگر می‌شود. لذا تشخیص نوع و میزان کانی‌های رسی در هر میدان نفتی تا حدود بسیار زیادی علاوه بر کمک به اکتشاف نفت می‌تواند از بروز مشکلات عدیده در مراحل حفاری جلوگیری نماید. در جنوب دریای خزر، ته نشستهای سری چلکن (پالیوسن زیرین تا میانی) بیشتر از کنگلومرا، ماسه سنگ و به مقدار نسبتاً کمتری سنگ‌های گلی تشکیل شده است. این ته‌نشستها اولین بار در چاه‌های اکتشافی دشت گرگان شناسائی، و به نام سری قهوه‌ای یا قاره-ای نامگذاری شدند که بخش‌هایی از آن معادل طبقات تولیدی در جمهوری آذربایجان است و هم اکنون به عنوان سنگ مخزن نفتی - گازی مورد بهره برداری قرار می‌گیرد [۵]. هدف از انجام این پژوهش، شناسائی دقیق کانی‌های رسی در این ته نشستهاست تا بتوان تأثیر این کانی‌ها را هنگام حفاری پیش‌بینی کرد و براساس نوع کانی رسی، مناسبترین گل حفاری مورد استفاده در هنگام حفاری را در سری ته نشستهای چلکن پیشنهاد کرد. به همین منظور در این پژوهش منطقه‌ای در یال شمالی رشته کوه‌های البرز و در نزدیکی سواحل جنوب دریای خزر مورد مطالعه قرار گرفته است. این منطقه در  $51^{\circ} 15'$  تا  $53^{\circ} 45'$  طول شرقی و  $36^{\circ} 30'$  تا  $36^{\circ} 35'$  عرض شمالی واقع است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت ناحیه مورد مطالعه: محل برش‌های برداشت شده با (A) مشخص شده است.

## روش مطالعه

در این بررسی سه برش از ته نشستهای سیلیسی آواری سری مخزنی چلکن در مناطق نکه، جنوب قائمشهر، و رویان برداشت شدند (شکل ۱). بعلاوه نمونه‌ای از چاه خزر شماره یک که از سوی شرکت ملی نفت ایران در منطقه حفاری شده است نیز برای آنالیز انتخاب شد. نخست مقاطع نازکی از سنگ‌های سیلیسی - آواری ناحیه مورد مطالعه به طور دقیق با میکروسکوپ قطبشی بررسی شدند و کلیه اجزای تشکیل دهنده آن مورد شناسایی قرار گرفت. سپس ریز-دانه‌های آن را برای مطالعه با دستگاه پراش پرتو ایکس با استفاده از روش غربال کردن جدا کرده و تعداد ۲۳ نمونه آماده شد. برای این منظور، از دستگاه پرتو ایکس مدل فیلیپس با طول موج ۱/۵۴۰۵۶ در گروه مهندسی متالورژی دانشگاه تهران استفاده شد. علاوه بر این تعدادی از نمونه‌های رسی با میکروسکوپ الکترونی مورد بررسی قرار گرفتند.

## آماده‌سازی نمونه‌ها برای شناسائی کانی‌های رسی

به منظور مطالعه کانی‌های رسی ته نشستهای سری چلکن، ۷۵ گرم از نمونه غربال شده با ابعاد ۷۵ میکرون انتخاب شدند. به دلیل وجود مواد ناخواسته نظیر کربنات‌ها، مواد آلی، گچ، نمک-های محلول در آب که به دلیل تداخل قله‌ها، شناسائی کانی‌های رسی را با استفاده از پرتو ایکس دشوار می‌کرد، پیش از مراحل اصلی آنالیز حذف شدند. به همین دلیل تمامی نمونه‌ها با استفاده از اسید استیک (۰/۵ نرمال) به مدت ۱۲ ساعت شستشو داده شدند. بعد از خروج کامل آهک، نمونه‌ها را با آب مقطر، چندین بار شستشو دادیم. سپس نمونه‌های کربنات زدائی شده با آب اکسیژنه ( $H_2O_2$ ) ۳۰٪ تیمار شدند. پس از انجام واکنش کامل  $H_2O_2$  با مواد آلی موجود در نمونه‌ها، دوباره نمونه‌ها چندین بار با آب مقطر شستشو داده شدند [۶ تا ۸].

## جداسازی کانی‌های رسی

پس از انجام مراحل حذف مواد ناخواسته، نمونه‌های شسته شده، خشک و توزین شدند و در یک استوانه مدرج ریخته و سپس ۲۱/۶۴ گرم در لیتر پلی فسفات سدیم ( $Na_{12}P_4O_{31}$ ) که از چسبندگی ذرات رسی جلوگیری می‌کند، به نمونه‌های آماده اضافه شد. حجم نمونه را با آب مقطر به یک لیتر افزایش دادیم و پس از مخلوط کردن کامل آن با یک همزن، نمونه‌ها به مدت هفت ساعت در دمای  $22^{\circ}C$  به حالت ساکن قرار گرفتند. پس از گذشت زمان لازم، محلول موجود در ظرف را که در سه سانتی‌متری بالای مواد درشت‌دانه ته‌نشین شده معلق بودند، با یک سیفون جدا کرده و ذرات ریز محلول حاصل با استفاده از یک دستگاه مرکز گریز ته‌نشین شدند. نمونه‌های ریزتر از ۲ میکرون، خشک و پس از توزین به منظور شناسایی کانی‌های رسی با XRD مورد بررسی قرار گرفتند. پس از تهیه نمودار، تمامی نمونه‌ها در حمام اتیلن گلیکول به مدت ۱۶ ساعت و در دمای  $60^{\circ}C$  گرما داده شدند و دوباره مورد آزمایش پراش پرتو ایکس قرار گرفتند.

در مرحله بعد، همین نمونه‌ها یکبار در دمای  $300^{\circ}\text{C}$  و بار دیگر در دمای  $550^{\circ}\text{C}$  هر بار به مدت ۲ ساعت گرما داده شدند و پس از هر مرحله مورد آزمایش پراش پرتو ایکس قرار گرفتند. نسبت حضور هر کانی به کانی دیگر در نمونه‌ها، از مقایسه سطح زیر قله‌های اصلی آنها نسبت به یکدیگر بصورت تقریبی تعیین شد.

### شناسائی کانی‌ها در ته‌نشستهای سری چلکن

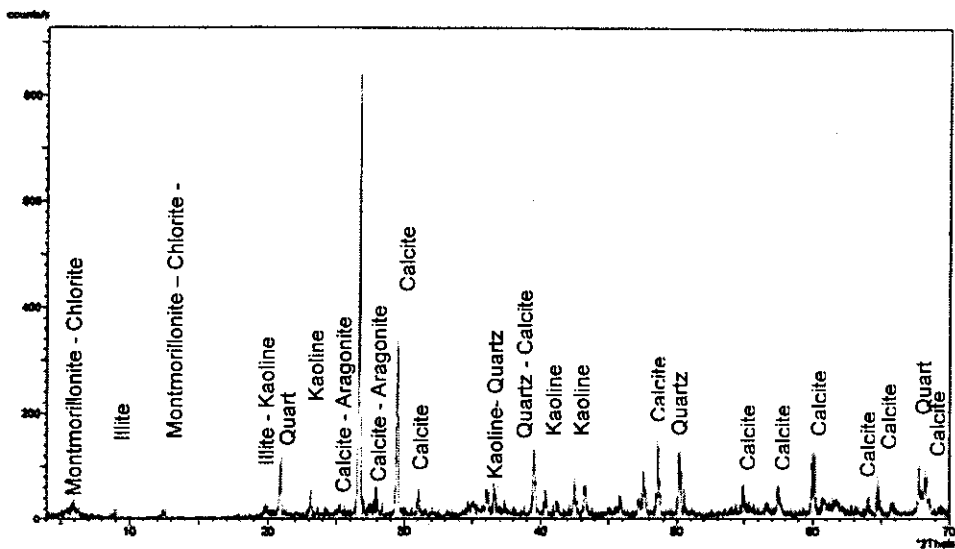
بررسی سنگ‌شناسی نشان داده است که ته‌نشستهای سیلیسی آواری بیشتر از کانی‌های کوارتز، کلسیت، پلاژیوکلاز (آلبیت، آنورتیت) و به مقدار کمی کانی‌های کدر تشکیل شده است. ایلیت تنها کانی رسی قابل تشخیصی است که به سختی بر اساس ظاهر سوزنی در بعضی از مقاطع میکروسکوپی مشاهده می‌شود ولی وجود کانی‌های دیگر چون کلریت، مونت موریلورنیت و کائولینیت به این روش امکان پذیر نبوده و به روش‌های دیگر نیازمند است.

بررسی‌های کانی‌شناسی با پراش پرتو ایکس در دو مرحله انجام شده است. در آغاز نمونه‌های خام و تیمار نشده آنالیز شده و بررسی نمودارهای خطوط طیفی پرتو ایکس وجود برخی از کانی‌های رسی را نشان می‌دهد که در (جدول ۱) ارائه شده‌اند. همچنین در این نمودارها وجود کانی‌هایی نظیر کوارتز، کلسیت و پلاژیوکلاز (آلبیت، آنورتیت) به طور مشخص دیده می‌شوند (شکل‌های ۲ و ۳). در مرحله دوم، کلیه نمونه‌های حاوی کانی‌های رسی پس از انجام تیمارهای لازم (که در بخش قبلی به آنها اشاره شد) دوباره با پرتو X مورد بررسی قرار گرفتند (شکل‌های ۴ و ۵). باتوجه به نمودارهای به دست آمده اصلی‌ترین کانی‌های رسی در منطقه نکاء ایلیت و کائولینیت و به مقدار کم کلریت است. البته در دو نمونه از این ناحیه به مقدار جزئی مونت موریلورنیت نیز شناسایی شد. نمونه‌های جنوب قائمشهر که رسوبات سری چلکن از رخنمون بسیار خوبی برخوردار است و بیشتر از ایلیت، کائولینیت، کلریت و مونت‌موریلورنیت تشکیل شده است. نمونه‌های منطقه رویان نیز حاوی کانی‌های رسی ایلیت، کائولینیت، کلریت و مونت‌موریلورنیت است. وجود قله‌های تیز و روشن کانی‌های رسی تشکیل دهنده این ته‌نشستها در نمودار، نشان دهنده تبلور نسبتاً خوب این کانی‌هاست.

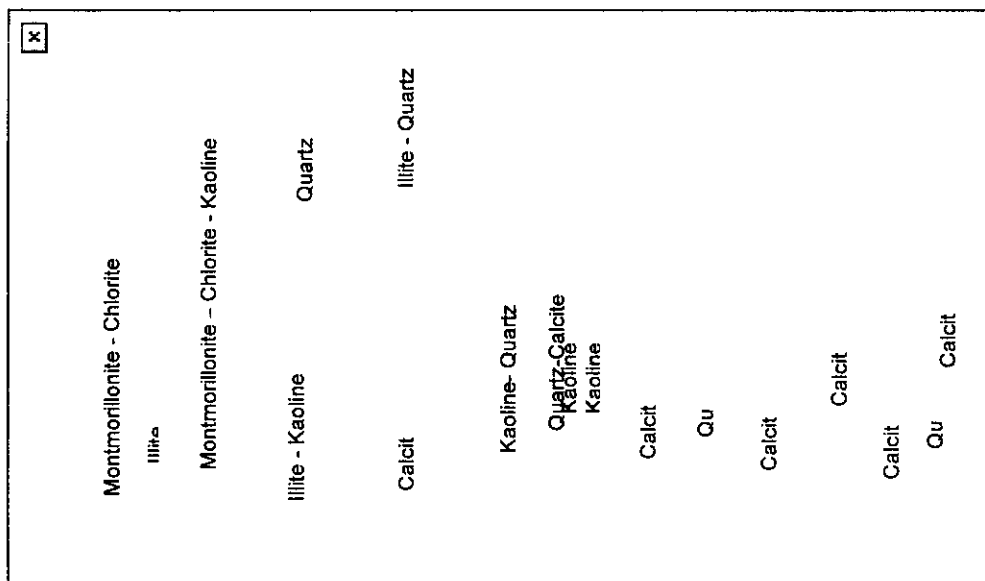
در تمام مناطق مورد بررسی بیشترین کانی‌های رسی ایلیت و کائولینیت است که تقریباً بیش از ۶۰ درصد کل کانی‌های رسی این نمونه‌ها را تشکیل داده‌اند. کائولینیت در این ته‌نشستها دارای بافت کتابی بوده و صفحات به فرم یکنواخت فضا‌های خالی بین ذرات تشکیل دهنده سنگ را پر کرده‌اند (شکل ۴). کلریت و مونت‌موریلورنیت حداکثر تا حدود ۱۰ درصد کانی‌های رسی را شامل می‌شود.

بررسی نمونه مغزه که از عمق ۳۷۲۰ متری چاه خزر شماره یک برداشت شده است نیز به ترتیب فراوانی وجود کانی‌های رسی ایلیت، کائولینیت، کلریت و مقدار کمی استیلبیت را که نوعی زئولیت است نشان می‌دهد. این کانی‌های رسی نیز همانند نمونه‌های رویان از تبلور

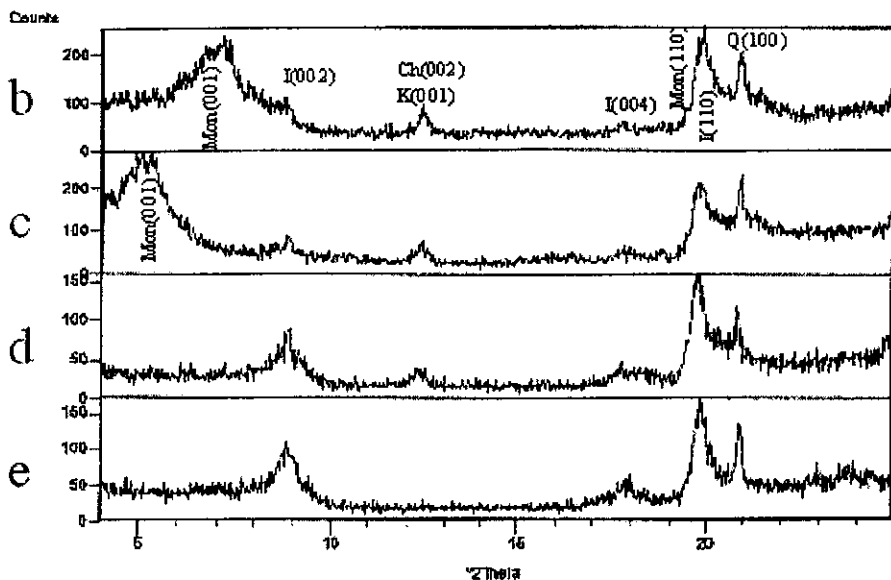
خوبی برخوردارند. تبلور خوب کانی‌های رسی به ویژه ایلیت وابسته به دمای، عمق و شرایط زمینی‌ساختی بوده [۹] و لذا می‌توان چنین نتیجه گرفت که احتمالاً ته نشستهای منطقه رویان تا اعماق بیشتری مدفون شده است. و شرایط فعلی به تغییرات بعدی زمینی‌ساختی ارتباط دارد.



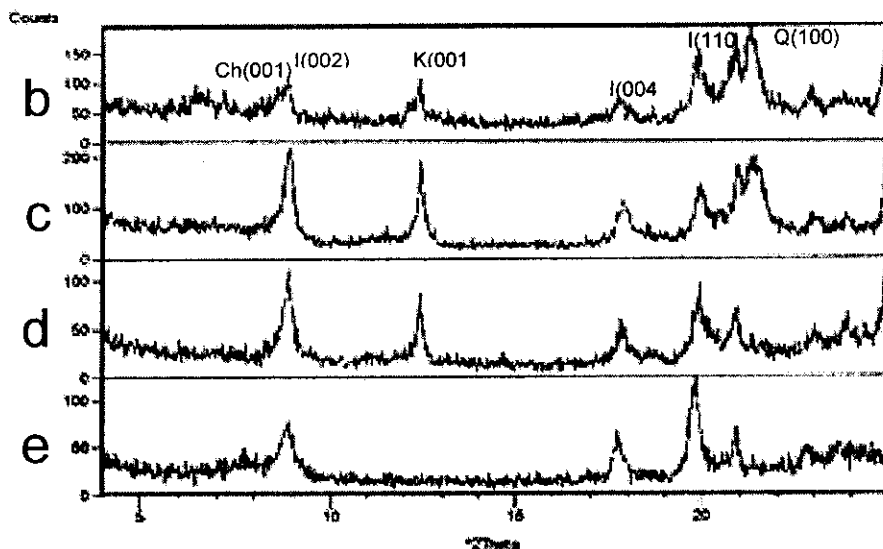
شکل ۲ خطوط طیفی XRD از نمونه تیمار نشده Tu-3.



شکل ۳ خطوط طیفی XRD از نمونه تیمار نشده A1-2



شکل ۴ خطوط طیفی پرتو XRD از نمونه Tu-3 تیمار شده، b: اسید شویی شده با پلی فسفات سدیم، c: اشباع شده در حمام اتیلن گلیکول، d: گرما داده تا  $300^{\circ}\text{C}$ ، e: گرما داده تا  $550^{\circ}\text{C}$ .



شکل ۵ طرح‌های پراش پرتو X از نمونه A1-2 تیمار شده، b: اسیدشویی شده توسط پلی فسفات سدیم، c: اشباع شده در حمام اتیلن گلیکول، d: گرما داده تا  $300^{\circ}\text{C}$ ، e: گرما داده تا  $550^{\circ}\text{C}$ .

جدول ۱ نتایج شناسائی نمونه‌های رس قبل و بعد از تیمارشدن.

نمونه	تشکیل دهنده دانه های کوچکتر از ۲ میکرون تیمار نشده	تشکیل دهنده دانه های کوچکتر از ۲ میکرون تیمار شده
1-j	ایلیت - کائولینیت - مونت موریلونیت	ایلیت-کائولینیت-کلریت-مونت موریلونیت
2-j	کائولینیت - مونت موریلونیت	ایلیت-کائولینیت-کلریت-مونت موریلونیت
3-j	ایلیت - مونت موریلونیت	ایلیت-کائولینیت-کلریت-مونت موریلونیت
J2-1	ایلیت - کائولینیت - مونت موریلونیت	ایلیت-کائولینیت-کلریت-مونت موریلونیت
4-jzp	ایلیت - کائولینیت	ایلیت-کلریت-کائولینیت
Pk-1	ایلیت - کائولینیت (؟)	ایلیت-کائولینیت
Pk-2	ایلیت - کائولینیت (؟)	ایلیت-کائولینیت-کلریت
Pk-3	ایلیت - کائولینیت - مونت موریلونیت	کلریت-ایلیت-مونت موریلونیت
Pk-4	ایلیت - کائولینیت	کلریت-ایلیت
Pk2-1	ایلیت - کائولینیت	مونت موریلونیت-ایلیت
Pk2-2	ایلیت - کائولینیت - مونت موریلونیت	مونت موریلونیت-ایلیت - کائولینیت
Pk2-3	ایلیت - کائولینیت - کلریت	کلریت-ایلیت-مونت موریلونیت
Pk2-4	ایلیت - مونت موریلونیت - کلریت	ایلیت-کائولینیت - کلریت
Ps-1	ایلیت - کائولینیت - مونت موریلونیت	ایلیت-کائولینیت - کلریت
Ps-2	ایلیت - کائولینیت - مونت موریلونیت	ایلیت-کائولینیت-مونت موریلونیت
Tu-1	ایلیت - مونت موریلونیت - کلریت	مونت موریلونیت-ایلیت - کائولینیت - کلریت
Tu-2	ایلیت - مونت موریلونیت - کلریت	مونت موریلونیت-کائولینیت - ایلیت - کلریت
Tu-3	ایلیت - کائولینیت - مونت موریلونیت	مونت موریلونیت-کائولینیت - ایلیت - کلریت
Tu-4	ایلیت - کائولینیت - مونت موریلونیت	مونت موریلونیت-ایلیت - کائولینیت - کلریت
Al-1	ایلیت - کائولینیت - مونت موریلونیت - کلریت	کائولینیت-ایلیت - مونت موریلونیت - کلریت
Al-2	ایلیت - کائولینیت - مونت موریلونیت - کلریت	ایلیت-کائولینیت - کلریت
Al-3	ایلیت - کائولینیت - کلریت	ایلیت-کائولینیت - مونت موریلونیت - کلریت
Kh-1	ایلیت - کائولینیت - مونت موریلونیت	ایلیت-کائولینیت-کلریت-استیلیت

#### اثر کانی‌های رسی در حفاری

هنگام حفاری و عبور چاه از طبقات حاوی کانی‌های رسی (نظیر سازندهای شیلی)، شاره حفاری باعث آبگیری و تورم برخی از کانی‌های رسی شده و سبب بروز مشکلات بسیار زیادی می‌شود. از جمله این مشکلات می‌توان به تنگ شدن قطر چاه، ریزش دیواره چاه، گیر کردن مته، تمیز نشدن ته چاه، توبه شدن مته، افزایش کشش برای رفع گیر مته، بریدن لوله حفاری،



تحمیل عملیات مانده یابی، عدم موفقیت در سیمانکاری، و بسیاری از مسائل دیگر اشاره کرد. تورم در برخی از کانی‌های رسی معمولاً در سه مرحله زیر صورت می‌گیرد [۱۰]:

الف- جذب کاتیون محیط به وسیله کانی سیلیکاته رسی، ب- عبور آب از فضای ایجاد شده بین سطوح سیلیکاته مجاور، ج- جذب آب و واکنش آن با کاتیون جذب شده و نیز ایجاد یک پیوند هیدروژنی با اکسیژن‌های سطح سیلیکاته و بالاخره تورم کانی رسی.

جذب کاتیون‌ها به وسیله تهنشستهای حاوی کانی‌های رسی به دو عامل مهم شعاع یونی کاتیون و ظرفیت تبادل کاتیونی کانی رسی وابسته است. هرچه شعاع یونی کاتیونی که جذب کانی‌های رسی می‌شود کوچکتر باشد، بازشدگی صفحات کانی کمتر بوده و صفحات به یکدیگر نزدیکترند مانند کاتیون‌های پتاسیم و سدیم که شعاع یونی به مراتب کوچکتری نسبت به کاتیون‌های منیزیم و کلسیم برخوردارند. از سوی دیگر ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) کانی-های رسی نیز در جذب کاتیون‌ها نقش موثری ایفا می‌کند به طوری که در کانی‌های رسی با ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر نظیر مونت موریلونیت جذب آب و هیدراته شدن نیز بیشتر می‌شود. جدول ۲ مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی برخی از کانی‌های رسی را نشان می‌دهد [۱۱].

#### انواع گل‌های حفاری

با توجه به لزوم حفاری در تهنشستهای مختلف از جمله تهنشستهای ریز دانه و حاوی کانی-های رسی، انتخاب مناسب ترین نوع گل حفاری که کمترین مشکلات را هنگام حفاری به همراه داشته باشد اجتناب ناپذیر است. انواع گل حفاری پایه آبی که برای حفاری در سازندهای حساس به آب، نظیر تهنشستهای رس دار سری چلکن مناسب است شامل الف : گل‌های پایه سیلیکاتی، ب: گل‌های پایه آلومینایی، ج: گل‌های پلیمری، د: گل‌های نمکی / پلیمری.

جدول ۲ مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) در کانی‌های رسی ناحیه مورد مطالعه [ ۶ ]

نوع کانی رسی	میلی اکی والان کاتیون جذب شده
مونت موریلونیت	۷۰-۱۳۰
ایلیت	۱۰-۲۰
کلریت	۱۰-۲۰
کائولینیت	۳-۱۵

(الف) گل‌های پایه سیلیکاتی: از این نوع گل با به کارگیری سیلیکات‌های حل شونده، برای کنترل شیل‌های شدیداً ریزشی، استفاده می‌شود. هنگام استفاده از این نوع گل حفاری، به دلیل حضور کاتیون‌های  $Ca^{2+}$  و  $Mg^{2+}$  در آب، سیلیکات به صورت لایه‌ای نازک رسوب می-

کند. این سیلیکات‌های ژله‌ای یا رسوب شده، با ایجاد یک پل فیزیکی باعث جلوگیری از گسترش پالایش و انتقال فشار شده و منجر به پایداری آنها می‌شود [۱۲].

(ب) **گل‌های پایه آلومینایی:** وجود یون  $Al^{3+}$  در این گل‌ها سبب جلوگیری از پالایش گل حفاری شده و در نتیجه از آبدار شدن، تورم و ریزش شیل‌ها جلوگیری می‌کند. اگر چه استفاده از این نوع گل حفاری در عملیات حفر شیل‌های مشکل ساز با موفقیت زیادی همراه بوده است ولی به لحاظ هزینه زیاد مواد شیمیایی مصرفی در ساخت آنها و نیز عدم دسترسی کافی برای استفاده در عملیات حفاری مناسب نیستند [۱۲].

(ج) **گل‌های پلیمری:** امروزه انواع پلیمرها با قابلیت‌ها و مزایای بسیار زیادی که به همراه داشته‌اند به طور گسترده‌ای در ساخت گل‌های حفاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. پلیمرها با قرار گرفتن در بین صفحات کانی‌های رسی از نفوذ آب در بین این صفحات جلوگیری می‌کند و علاوه بر آن باعث بالا رفتن چسبندگی (وشکسانی) فاز مایع گل شده و نفوذ آب در بین صفحات کانی‌های رسی را محدود می‌کند [۱۱]. همچنین با استفاده از پلیمرهای کاتیونی، هیچ کاتیونی نمی‌تواند جانشین پلیمرهای کاتیونی جذب شده بشود زیرا این پلیمرها، صفحات کانی‌های رسی را به شدت به یکدیگر نزدیک می‌کنند. لازم به ذکر است که گل‌های پلیمری نیز از جمله پر هزینه‌ترین انواع گل‌های حفاری هستند که علیرغم امکان دسترسی نسبتاً آسان در شرایط کنونی مقرون به صرفه نیستند.

(د) **گل‌های حفاری پتاسیم نمکی/پلیمری:** امروزه براساس پیشرفت فناوری و ساخت پلیمرهای متعدد و مختلف، نوعی گل حفاری نمکی/پلیمری ساخته شده است که از خواص زمانی شناختی به ویژه پالایش بسیار خوبی برخوردارند. براساس تجربیات بیشمار و ارزشمندی که از کاربرد موفقیت آمیز این گل‌ها در حفاری شیل‌های مختلف در دنیا به دست آمده است، می‌توان گفت که سیستم‌های گل حفاری پتاسیم/پلیمر، یکی از بهترین انواع گل حفاری در حفر سازندهای شیلی هستند [۱۳]. این گل‌ها در برخورد با لایه‌های رسی از جمله شیل‌ها دو رفتار زیر را از خود نشان می‌دهند:

- ۱- کاتیون‌های موجود در گل با جانشینی موجب نزدیک شدن هر چه بیشتر صفحات کانی‌های رسی تشکیل دهنده شیل و افزایش مقاومت شیل در برابر پالایش و سپس آبدار شدن می‌شوند.
- ۲- پلیمرهای موجود در گل، علاوه بر افزایش چسبندگی (وشکسانی) گل، و کاهش میزان پالایش آب موجود در گل حفاری می‌شود.

از انواع گل‌های حفاری نمکی می‌توان از  $KCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $NaCl$  نام برد. یون سدیم به لحاظ شعاع یونی، نسبت به یون‌های دیگر نظیر کلسیم و منیزیم کوچکتر و مناسبتر است. اما مشکل بزرگ و بسیار مهمی که سبب می‌شود امروزه در حفر شیل‌ها، مخصوصاً با قابلیت آبدار شدن بالا از این یون استفاده نشود آن است که این کاتیون، سبب افزایش شدید فاصله بین صفحات کانی‌های رسی و در نتیجه تورم و متلاشی شدن آنها می‌شود.

یون پتاسیم دارای شعاع یونی کوچک و نیز انرژی آبدگیری پایینی است، به همین دلیل آبدار نمی‌شود و در نتیجه با سطح آنیونی کانی رسی، واکنش قوی تری نسبت به کاتیون‌های آبدار شده ایجاد می‌کند. زیرا کاتیون‌هایی که خیلی سریع آبدار می‌شوند، به وسیله سلول‌های آب احاطه شده و نمی‌توانند با سطوح کانی رسی واکنش دهند. تثبیت یون‌های پتاسیم در بین صفحات رسی باعث می‌شود که این یون‌ها با قطر یونی  $۲/۶۶$  آنگستریم درون فضاهای خالی بین صفحات را که معمولاً  $۲/۸$  آنگستریم است پر کرده و باعث نزدیک شدن این صفحات به یکدیگر شوند و آنها را محکم در کنار یکدیگر نگه دارند. ساختار جدید کانی رسی که به این طریق پدید می‌آید ساختاری مقاوم در مقابل جذب آب و جان‌شینی کاتیون‌های دیگر خواهد بود [۱۳].

بنابراین از آنجایی که بخش ریزتر از دو میکرون ته نشست‌های سری چلکن بیشتر از کانی‌های رسی ایلیت، کائولینیت، کلریت (با ظرفیت تبادل کاتیونی کمتر) و مقدار کمتری مونت موریلونیت (با ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر) تشکیل شده‌است. از این رو می‌توان از آن برای حفاری این ته نشست‌ها از گل حفاری دارای پایه نمکی و یون پتاسیم استفاده کرد. با بکارگیری این نوع گل ضمن کاهش مشکلات حفاری، به دلیل وجود منابع غنی از پتاسیم در داخل کشور در هزینه حفاری نیز موجب صرفه جویی شود.

#### برداشت

بررسی‌های کانی‌شناسی رس‌ها در نمونه‌های سطحی عمیق زمینی، ته نشست‌های سری چلکن در ناحیه خزر جنوبی نشان داده‌است که این ته‌نشست‌ها بیشتر از کانی‌های رسی ایلیت، کائولینیت، مونت موریلونیت و کلریت تشکیل شده‌است. با توجه به نوع کانی‌های رسی می‌توان نتیجه گرفت که گل حفاری مناسب در حفاری نهشته‌های سری چلکن، گل‌های آب پایه از نوع نمکی/پلیمری با یون پتاسیم است. زیرا از یک سو پتاسیم به دلیل داشتن شعاع کاتیونی کوچک، هنگام حفاری مشکلات کمتری ایجاد می‌کند و از سوی دیگر به دلیل وجود منابع غنی از پتاسیم در داخل کشور، استفاده از این نوع گل از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه است.

#### مراجع

- [1] Selley R. C., "Elements of Petroleum Geology (2<sup>ed</sup> Ed.)", Academic Press, London (1998) 470.
- [2] Changchun P., Jianhui F., Yuning T., Linping Y., Xiaoping L., Guoying S., Tiamo F., "Interaction of oil components and clay minerals in reservoir sandstones", Organic Geochemistry 36 (2005) 633-654.
- [3] Chilingarian G. V., Vorabutr P., "Water-base muds", In: G. V. Chilingarian and P. Vorabutr (eds.), "Drilling and Drilling Fluids", Developments in Petroleum Science 11, Elsevier (1981) 295-344.

[4] Teichmueller M., Teichmueller R., Weber K., "Coalification and illite crystallinity, comparative investigation of the Mesozoic and Paleozoic of Westphalia, Fortschr", Geol. Rheinld. U. Westf. 27 (1979) 201-276.

[۵] موسوی روحبخش م.، زمین شناسی دریای خزر، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۸۰) صفحه ۲۵۴.

[۶] Fuchtbauer H., Mueller G., "Sediments and sedimentary rocks; Sedimentary Petrology", Part II, Schwizerbart'sche Verlag. Stuttgart (1970) 726.

[7] Velde B., "Introduction to Clay Minerals: Chemistry, Origin, Uses and Environmental Significance", Chapman & Hall, London (1992) 198.

[8] Moore D. M., Reynolds Jr. R. C., "X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals", Oxford University Press, Oxford (1989) 332.

[9] Ricke H. H., Chilingarian G. V., Vorabutr P., "Clays. In: G.V. Chilingarian and P. Vorabutr (eds.), Drilling and Drilling Fluids", Developments in Petroleum Science 11, Elsevier (1981) 169-238.

[۱۰] اسدی ب.، مهندسی گل و کاربرد آن در حفاری های نفت، انتشارات بخش شیمی، اداره کل مناطق نفت خیز جنوب، اهواز (۱۳۷۰).

[11] Chilingarian G. V., "Compactional diagenesis", In Parker A. (ed.), Sediment Diagenesis, Elsevier (1983).

[12] Davison J. M., Jones M., Shuchart C. E., Gerard C., "Oil-based muds for reservoir drilling: their performance and cleanup characteristics", SPE International Symposium on Formation Damage Control, Lafayette, Feb 23-24 (2000).

[13] Steiger R. P., "Fundamentals and Use of Potassium/Polymer Drilling Fluids to Minimize Drilling And Completion Problems Associated With Hydratable Clays", SPE, Exxon Production Research Co. (1981).