

کانی های رسی و نقش آن ها در صنعت نفت

کیانا کیارستمی^۱، آرمین تبریزی اول^{۲*}، محمد حسین کدخدائی^۲

^۱ دکترای زمین شناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم و فناوری های همگرا، دانشگاه علوم و تحقیقات، تهران، ایران

^۲ دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی نفت، دانشکده نفت و مهندسی شیمی، دانشگاه علوم و تحقیقات، تهران، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: armintabrizi2000@gmail.com

چکیده: در این مقاله، با بیان ویژگی های شاخص کانی های رسی، به مرور اهمیت نقش ویژه این کانی ها در ارتباط با ارزیابی کیفیت مخازن هیدروکربنی و عملیات حفاری پرداخته شده است. همچنین نحوه تاثیر هریک از پارامترها مانند نوع و میزان کانی های رسی و همچنین الگوی توزیع کانی های رسی بر نگاره های پتروفیزیکی، شیل ها و بر پارامترهای مخزنی از قبیل تخلخل و تراوایی نیز بیان شده است. به دلیل وجود عوامل مکانیکی و شیمیایی کانی های رسی در برخی از سنگ ها باعث ایجاد بسیاری از مشکلات از جمله فشار گل حفاری، تنش حرارتی، ضربه زدن و مکش به دلیل حرارت رشته حفاری یا حرکت پلاستیکی شیل ها در حین عملیات حفاری می باشند. لذا با وجود عوامل مذکور برخی سنگ های حاوی کانی های رسی به حالت ناپایدار در آمده و منجر به بروز مشکلاتی مانند هرزروی گل، افزایش قطر چاه، سیمان کاری ضعیف و تنگ شدن در حین عملیات حفاری می گردد.

واژگان کلیدی: تخلخل و نفوذپذیری، کانی رسی، مخازن هیدروکربنی، نمودارگیری

۱- مقدمه

ساختار شیمیایی کانی های رسی، باعث بروز ویژگی های شیمیایی به خصوصی در آن ها می شود. اندازه کوچک و شکل کریستالی آن ها نیز باعث ظهور ویژگی های فیزیکی به خصوصی در آن ها می شود. این دو ویژگی فیزیکی و شیمیایی کانی های رسی، بر روی واکنش این کانی ها با محیطشان تاثیرگذار است و به همین جهت، آن ها عملگرهای مهمی در محیط بیوسفر هستند. این کانی ها می توانند یون ها و مولکول های مختلفی را وارد ساختار خود نمایند و به همین جهت به عنوان عملگرهای شیمیایی شناخته می شوند (Velde, 1995). اهمیت کانی های رسی در صنعت نفت را می توان در بخش های اکتشاف در ارتباط با تولید ماده آلی (سنگ منشاء) و نگهداری آن (پوش سنگ بیش از ۶۰٪ پوش سنگ های مخازن

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
 دانشگاه هرمزگان

جهان، شیلی است)، حفاری (تهیه گل حفاری، مشکلات حفاری و پایداری در توالی‌های شیلی و غیره) و مهندسی مخزن (تأثیر بر کیفیت مخزن، تأثیر بر چاه، نمودارها و غیره) بیان کرد. (جوزانی کهن و همکاران، ۱۳۹۶).

۲- کانی‌های رسی

محیط‌های زمین‌شناسی برای شکل‌گیری کانی‌های رسی عبارتند از: هوازدگی (Weathering)، رسوب‌گذاری (Sedimentation) یا (Deposition)، دفنی یا دیاژنز (Burial یا Diagenesis) و تغییرات هیدروترمال (Hydrothermal Alteration). محیط‌های مختلف برای تشکیل کانی‌های رسی، بستگی به فضای مورد نیازشان بر روی سطح زمین و یا فاصله‌شان از سطح دارد. هنگامی که دما بیشتر از ۵۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد شود، رس‌ها ناپایدار می‌شوند و شروع به تغییر شکل به دیگر کانی‌ها می‌کنند که این کانی‌ها می‌توانند دیگر کانی‌های کمیاب رسی و یا دیگر کانی‌هایی مثل فلدسپار، میکا و ... باشند (Velde, 1995).

۳- اهمیت رس‌ها در مخازن هیدروکربنی

اهمیت کانی‌های رسی در صنعت نفت را می‌توان در بخش‌های اکتشاف در ارتباط با تولید ماده آلی (سنگ منشاء) و نگهداری آن (پوش‌سنگ بیش از ۶۰٪ پوش‌سنگ‌های مخازن جهان شیلی است)، حفاری (تهیه گل حفاری، مشکلات حفاری و پایداری در توالی‌های شیلی و غیره) و مهندسی مخزن (تأثیر بر کیفیت مخزن، تأثیر بر چاه نمودارها و غیره) بیان کرد. تأثیر کانی‌های رسی به حدی است که در مهندسی مخزن، سازندهای ماسه‌سنگی برحسب میزان کانی‌های رسی به سه گروه، تمیز ($< 10\%$ رس)، ماسه شیلی ($10\% < \text{رس} < 33\%$) و کاملاً شیلی ($> 33\%$ رس) طبقه‌بندی می‌شوند. در جدول ۱، خواص پتروفیزیکی انواع معمول کانی‌های رسی آورده شده است. کانی‌های رسی مقادیر متغیری پتاسیم، توریم و اورانیوم از طریق جذب سطحی دارند. از این لحاظ در اغلب شیل‌ها مقدار این عناصر در مقایسه با ماسه‌سنگ‌ها اغلب بالاتر است. البته میزان متوسط اورانیوم شیل‌ها، در مقایسه با مقدار متوسط پتاسیم و توریم آن‌ها، کمتر است (جدول ۲).

پارامتر پتروفیزیکی	کائولینیت	ایلیت	اسمکتیت	کلریت
پرتو گاما (API)	۱۰۴	۱۶۰	۱۶۸	۵۶
چگالی (g/cc)	۲/۶۲	۲/۷۸	۲/۶۳	۳/۴۲
$\phi_N(T)$ (خمیره آهکی %)	۴۵/۱	۲۴/۷	۲۱/۸	$> 48/2$
$\phi_N(E)$ (خمیره آهکی %)	۴۳/۳	۱۷/۶	۱۷/۸	۶۱/۰
PEF (بارنز/الکترون)	۲/۰۵	۴/۰۱	۲/۸۹	۸/۰۶
$\Delta t (C)$ (میکروثانیه/متر)	۶۹۴/۶			
$\Delta t (S)$ (میکروثانیه/متر)	۱۰۷۵/۲			
پتاسیم (%)	۰/۴۲	۴/۵	۰/۱۶	

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
 دانشگاه هرمزگان

توریم (ppm)	۱/۵ - ۳/۰	۱/۵	۲/۰ - ۵/۰	
اورانیوم (ppm)	۶-۱۹	<۲/۰	۱۴-۲۴	
اندیس هیدروژن	۰/۳۶	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۳۴
ظرفیت تبادل کاتیونی (meg/100g)	۳-۱۵	۱۰-۴۰	۸۰-۱۵۰	۱۰-۴۰
جدول ۱ - خواص پتروفیزیکی انواع معمول کانی‌های رسی (جوزانی کهن و همکاران، ۱۳۹۶)				

پارامتر پتروفیزیکی	ماسه سنگ	شیل
پتاسیم (%)	۰/۷ - ۳/۸	۱/۶ - ۴/۲
	میانگین: ۱/۱	میانگین: ۲/۷
توریم (ppm)	۰/۷ - ۲/۰	۸-۱۸
	میانگین: ۱/۷	میانگین: ۱۲
اورانیوم (ppm)	۰/۲ - ۰/۶	۱/۵ - ۵/۵
	میانگین: ۰/۵	میانگین: ۳/۷
جدول ۲ - مقایسه میزان پتاسیم، توریم و اورانیوم در ماسه سنگ و شیل (جوزانی کهن و همکاران، ۱۳۹۶)		

کائولینیت (کانی رسی بدون پتاسیم) در این زمینه یک استثنای برجسته است. کائولینیت‌های تازه تشکیل شده نسبتاً پایدار هستند و امکان استفاده از آب شور و حتی آب تازه در عملیات سیلاب‌زنی را فراهم می‌کنند. در مطالعات نفتی، حجم رس را با استفاده از نگار پرتوژیایی تخمین می‌زنند. چون اورانیوم در نفت محلول است، استفاده از عناصر پرتوزا به شناسایی منابع نفتی در مطالعات رسوب‌شناسی کمک شایانی می‌کنند. وجود اورانیوم بیش از 20ppm، اغلب نشانگر وجود فواصل با تراوایی خیلی بالا، شقاق و سیستم‌های شکستگی طبیعی، مناطق گسلی و ... است. در کربنات‌ها، طیف‌سنجی پرتو گامای طبیعی در توصیف انواع سنگ‌ها، تعیین همبستگی جزئی زون‌ها و تخمین میزان شیلی بودن مفید واقع می‌شود و بعضاً با شناسایی زون‌های شکسته به تولید بیشتر یا با مشخص کردن مناطق مناسب برای اسیدکاری و شیه‌سازی چاه نیز کمک می‌کند. هنگامی که کانی‌های رسی در مخازن هیدروکربنی ظاهر می‌شوند، با کاهش تخلخل و تراوایی سبب افت کیفیت مخزنی می‌شوند. علاوه بر آن، کانی‌های رسی اصلی‌ترین دلیل ایجاد فشارهای غیر طبیعی در مخازن و بالا بردن درجه اشباع آب کاهش‌ناپذیر (SW_{irr}) هستند. وجود کانی‌های رسی در مخازن هیدروکربنی، تأثیر عمده‌ای بر پاسخ اکثر نگارهای پتروفیزیکی و بر شکل روابط پتروفیزیکی استخراج پارامترهای مختلف مخزنی و متعاقباً بر برآورد ذخیره و توان تولید دارد. حساسیت بالای نگار نوترون به وجود سیمان‌هایی از جنس کلریت، کارایی این نگار در تخمین تخلخل را در حضور این کانی به شدت کاهش می‌دهد. سطح ویژه رس‌ها بیشترین تأثیر را بر مقاومت ویژه می‌گذارد و موجب کاهش قرائت‌های انواع نگارهای مقاومت ویژه می‌شوند. کائولینیت اغلب به صورت دسته‌هایی با اشکال کتابی با اتصالات بسیار ضعیفی به دانه‌های ماسه متصل است. در صورت وجود جریان قوی سیال این دسته‌ها جدا می‌شوند و علاوه بر ایجاد مشکل مهاجرت ذرات ریز، گلوگاه منافذ را مسدود

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

می کنند و در نتیجه آسیبی دائمی و غیر قابل جبران به مخازن وارد می سازند. ایلیت با داشتن سطح ویژه بزرگ به صورت پل زنده بین منافذ در بخش های خالی، سبب ایجاد حجم بزرگی از ریزتخلخل ها در مخزن می شود که نهایتاً منجر به بالا رفتن درجه اشباع آب می شود. در چنین حالتی، هر چند کاهش تخلخل اندک خواهد بود، ولی قطعاً اثر مهمی بر کاهش تراوایی خواهد داشت. بدون داشتن اطلاعات کافی از نوع کانی های رسی، امکان ایجاد آسیب های جبران ناپذیر به تراوایی سازند با به کار بردن گل های حفاری نامناسب وجود دارد (جوزانی کهن و همکاران، ۱۳۹۶).

۴- نقش کانی های رسی در عملیات حفاری

سازندهای پایده و گورپی حاوی شیل های آهکی می باشند. مشکلات عمده حفاری در این سازندها جذب آب توسط شیل ها، تنگ شدگی چاه و گیر کردن لوله های حفاری است. سازند کژدمی متشکل از شیل های آهکی است که از دیدگاه حفاری گاهی حاوی فشارهای غیرعادی زیاد و گاهی با ایجاد تند شدگی چاه همراه خواهد بود. سازند گرو نیز از شیل های آهکی سیاه رنگ تشکیل شده که به علت تورق شیل ها، معمولاً دیواره چاه در مجاورت این سازند بسیار ناپایدار می باشد. سازندهای بورگان و برخی بخش های سازند دشتک نیز به دلیل وجود شیل، دارای مشکل گیر کردن لوله های حفاری می باشند. می توان با افزودن برخی مواد به گل حفاری پایه آبی به منظور رفع مشکلات شیل ها، ادامه حفاری را در این سازندها اقتصادی کرد. بنتونایت یک کانی رسی است که اساساً از کانی های گروه اسمکتیت تشکیل شده است. تورم و دارا بودن کاتیون های موجود در بنتونایت سبب جذب روی دیواره چاه و به دنبال آن ایجاد کردن پوشش محافظ روی دیواره چاه و در نتیجه پایداری آن می شود. کلراید پتاسیم برای کاهش میزان هیدرات رس درون چاه مورد استفاده قرار می گیرد. این کانی رسی یکی از بهترین پایدارکننده های شیل می باشد که توانایی بسیاری در کاهش تورم کانی های رسی مخصوصاً اسمکتیت دارد اما در برابر ایلیت و بدتر از آن کائولینیت خاصیت بازدارندگی کمی از خود نشان می دهد. برای افزایش فیلتره سیال حفاری از افزودن نمک هایی چون پتاسیم کلراید و سدیم کلراید استفاده می شود. یکی از راه حل های مناسب برای جلوگیری از ورود سیال حفاری به درون بافت شیل و در نتیجه متورم شدن آن، مسدود کردن همین گذرگاه های فضای متخلخل می باشد. یکی از روش های شیمیایی برای دست یافتن به این منظور، استفاده از پلی گلایکول ها می باشد. سیال گلایکولی، سیال بهینه سازی شده ای است که نسبت به سیال پایه روغنی سازگاری بیشتری با محیط دارد و عملکرد آن در کاهش تورم شیل نزدیک به سیال پایه روغنی است. یکی از پلیمرهایی که به تازگی وارد صنعت حفاری شده است، پلی اکریل آمید آب کافت شده جزئی می باشد. این نوع سیال تا به امروز به عنوان یکی از موثرترین نوع از سیالات بازدارنده ریزش شیل شناخته شده است. پلیمر PHPA همچنین می تواند به همراه افزودنی های دیگری مانند KCl و NaCl مورد استفاده قرار گیرد. نانوتکنولوژی نیز با تولید موادی با اندازه نانو، که دارای خواص بسیاری هستند به کم کردن مشکلات حفاری کمک می کنند. این مواد می توانند نقش مهمی در بهتر کردن کیفیت کیک گل، کاهش اصطکاک، کم کردن پتانسیل گیر کردن لوله های حفاری، ثبات و پایداری دیواره چاه ایفا کنند. نانوتکنولوژی با ایجاد موادی با اندازه هایی در حد نانو، می تواند باعث بستن خلل و فرج شیل و در نهایت، مانع از ورود آب به درون سازند شود (مهدی پور، ۱۳۹۷).

۵- تاثیر نوع و میزان رس ها بر خواص فیزیکی و شیمیایی محیط متخلخل

به منظور مطالعه تاثیر کانی های رسی بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی محیط متخلخل، ۶ سری نمونه مصنوعی با محتوای کانی های کائولینیت، ایلیت و بنتونایت با مقدار بین ۵ تا ۱۰ درصد آماده گردید. اندازه ذرات ماسه در نمونه ها بین ۰.۱ تا ۰.۸ میلی متر می باشند. همچنین از سیمان

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
 دانشگاه هرمزگان

پورتلند نوع II با دانسیته 3.11 gr/cm^3 به منظور منسجم کردن ذرات استفاده گردید. جدول ۳ نتایج اسکن اسپکترومتری اشعه فلورسنس ایکس (XRF) را نشان می‌دهد. جدول ۴ نیز ترکیب کانی‌ها در نمونه‌ها، ضریب انبساط آزاد (Free Swelling Index یا FSI) و سطح مقطع هر کدام را نشان می‌دهد. نمونه‌ها در حالت اولیه خود به صورت تر هستند و برای آماده‌سازی، ابتدا باید آن‌ها را درون یک اجاق مخصوص به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۲ درجه سانتیگراد قرار داد. سپس نمونه‌ها را باید به مدت ۲۸ روز درون محلول‌های کلسیت قرار داد. این محلول‌ها باعث می‌شوند تا فرایند سیمان‌شدگی بین دانه‌ها به خوبی انجام شود و همچنین فضای متخلخل به صورت به هم پیوسته (interconnected) برقرار شود. لازم به ذکر است که اضافه نمودن برخی نمک‌ها به این محلول‌ها باعث می‌شود تا عمل متورم شدن رس‌ها متوقف گردد. برخی از نمک‌های مناسب برای همین منظور عبارتند از: NaCl , CaCl_2 , KCl و Na_2SO_4 . در این تحقیق، نمک KCl به محلول اضافه گردید تا نمونه‌های مصنوعی آماده گردند (یعنی در واقع همان شرایط زمین شناسی را شبیه‌سازی می‌کنیم و با افزودن نمک سعی می‌کنیم تا خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها را مطالعه نماییم). تراوایی و تخلخل نمونه‌های خشک شده توسط دستگاه‌هایی به نام‌های پرمیتر گازی (Gas Permeameter) و پوروسیمتر (Porosimeter) اندازه‌گیری شد. جدول ۵ و شکل‌های ۱ و ۲ این خواص فیزیکی را نشان می‌دهند. همانطور که در جدول می‌بینیم، افزایش محتوای رسی منجر به تغییر زیاد در تراوایی و تغییر کمی در تخلخل می‌شود. مقایسه داده‌های این مقاله با مطالعات دیگر را نشان می‌دهد که نمونه‌ها بسیار به نمونه‌های واقعی ماسه‌سنگی نزدیک هستند (Iranfar et.al, 2023).

Chemical Composition	SiO_2	Al_2O_3	BaO	CaO	Fe_2O_3	K_2O	MgO	MnO	Na_2O	P_2O_5	SO_3	TiO_2	LOI
Cement	۲۰/۵۳	۴/۲۷	۰/۰۵	۶۳/۴۳	۳/۲۱	۰/۷۱	۲/۸۵	۰/۱۶	۰/۳۵	۰/۰۵	۲/۵۱	۰/۳۱	۱/۵۷
Sand	۷۹/۸۶	۷/۴۴	۰/۰۸	۳/۹۶	۰/۴۴	۲/۹۳	۰/۲۵	۰/۱۴	۱/۷۸	–	۱/۳۲	۰/۰۶	۱/۴۹
Kaolinite	۵۹/۸۶	۱۹/۲۱	–	۱/۵۴	۵/۲۸	۲/۲۶	۲/۵۳	۰/۰۷	۱/۱۶	۰/۱۲	–	۱/۱۴	۶/۸۳
Illite	۶۱/۴۸	۱۷/۸۴	–	۱/۷۳	۵/۳۱	۵/۶۵	۲/۷۴	–	۰/۳۱	–	۰/۲۲	–	۴/۷۲
Bentonite	۶۶/۲۵	۱۶/۷۳	–	۲/۵۶	۴/۲۲	۲/۳۸	۱/۶۶	۰/۱۵	۱/۴۴	۰/۱۴	–	۰/۷۲	۳/۷۵

جدول ۳ – آنالیز XRF محتوای سیمان، دانه‌های سیمان و کانی‌های رسی برای آماده سازی نمونه‌ها (Iranfar et. Al, 2023)

Sample Code	Water (wt%)	Cement (wt%)	Sand (wt%)	Clay (wt%)	Type of clay	FSI (%)	Specific Surface Area (m^2/g)
K5	۱۲	۱۱	۷۲	۵	Kaolinite	۳۵	۲۰
K10	۱۲	۱۱	۶۷	۱۰	Kaolinite	۳۵	۲۰
I5	۱۲	۱۱	۷۲	۵	Illite	۳۴۰	۷۲
I10	۱۲	۱۱	۶۷	۱۰	Illite	۳۴۰	۷۲

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

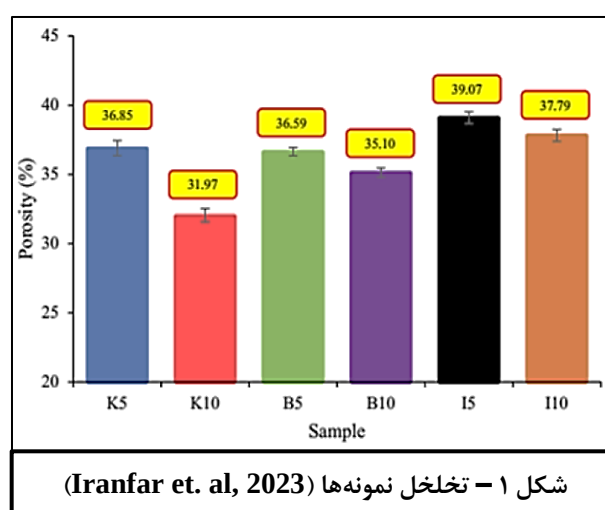
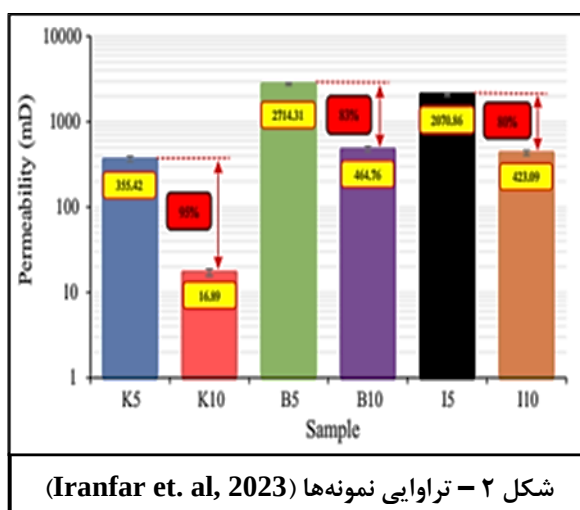
۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

B5	۱۲	۱۱	۷۲	۵	Bentonite	۱۵۴	۴۴۸
B10	۱۲	۱۱	۶۷	۱۰	Bentonite	۱۵۴	۴۴۸

جدول ۴ - ترکیب کانی ها در نمونه ها (Iranfar et. al, 2023)

Sample	Clay Type	Diameter (cm)	Length (cm)	Clay Content (wt%)
K5	Kaolinite	۳/۷۰	۷/۴۶	۵
B5	Bentonite	۳/۷۰	۷/۳۵	۵
I5	Illite	۳/۷۰	۷/۴۰	۵
K10	Kaolinite	۳/۷۱	۷/۴۳	۱۰
B10	Bentonite	۳/۷۰	۷/۳۲	۱۰
I10	Illite	۳/۷۱	۷/۴۱	۱۰

جدول ۵ - اطلاعات مربوط به هر نمونه (Iranfar et. al, 2023)



هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological
Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

۶- نمودارگیری

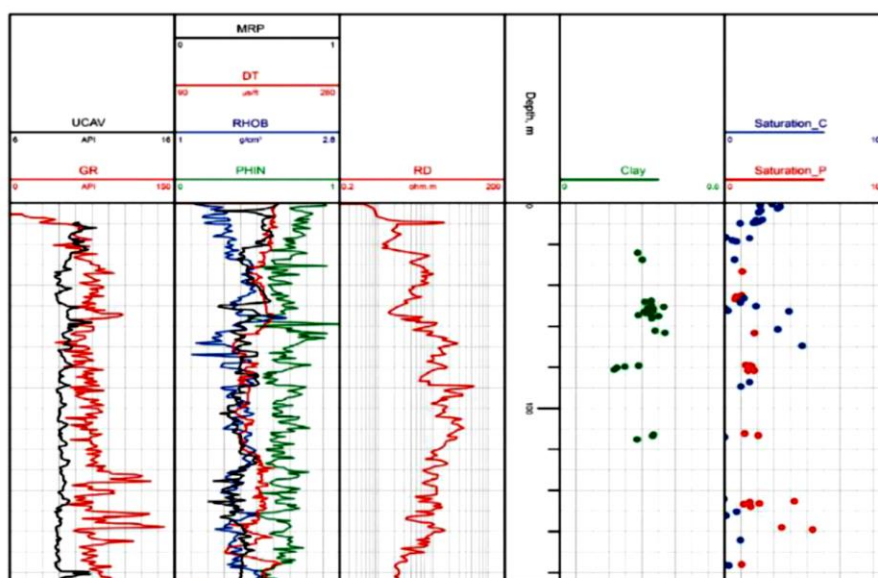
همان گونه که می دانید، مخازن هیدراته با تمامی مخازن دیگر تفاوت دارند. در چنین مخازنی، مدل های کلاسیک نمودارگیری که برای مخازن دیاژنتیکی تعریف شده اند، چندان قابل اطمینان نیستند. برای تعیین میزان محتوای رسی، روشی بر مبنای بهینه سازی معکوس (Optimization Inversion) وجود دارد که نسبت به روش های دیگر قابل استنادتر است. مخازن رسوبی دانه درشت عمدتاً محتوای رسی بالایی را برخوردار هستند. به همین دلیل، تاثیر رس ها بر نمودارهای پتروفیزیکی بدست آمده بایستی هنگام محاسبه تخلخل مدنظر قرار بگیرند. لازم به ذکر است که ترکیب لاگ دانسیته با لاگ نوترون می تواند منجر به نتایج خوبی برای محاسبه تخلخل گردد. یکی از راه های موثر برای نمودارگیری، شناسایی لایه های هیدراته بر اساس لاگ مقاومت می باشد. در برنامه ارزیابی از مخزن توسط نمودارگیری، محتوای رسی، مخصوصاً زمانی که با مخازن دانه درشت سروکار داریم، بایستی مورد توجه ویژه ای قرار گیرند. همچنین توجه داریم که کانی های رسی به صورت رادیواکتیو هستند و در نتیجه در برابر لاگ گاما نیز نمایان می شوند. دانسیته آن ها نسبت به کوارتز کمتر بوده و در نتیجه در برابر لاگ دانسیته هنگامی که مقادیر بالای رس داشته باشیم، منجر به یک روند کاهشی می شوند. روش های تعیین میزان محتوای رسی برای مخازن درشت دانه دیاژنتیکی عبارتند از: روش های آماری، مقدار نسبی منحنی های لاگ ها، نمودارهای متقاطع، روش های مقاومتی و روش های ارزیابی مبتنی بر یادگیری ماشین (Machine Learning). از آنجایی که داده های مربوط به مخازن هیدراته کافی نیست، به همین جهت روش های مبتنی بر یادگیری ماشین چندان کارآمد نخواهند بود. عمدتاً از روش های آماری به منظور مشخص نمودن ارتباط بین منحنی های لاگ ها و محتوای رسی استفاده می شود. روش مقدار نسبی منحنی های لاگ ها یکی از متداول ترین روش ها است. به طور کلی ترکیب لاگ های SP، گامای طبیعی و اسپکتروسکوپی گامای طبیعی با این روش منجر به محاسبه میزان محتوای رسی می گردد. شکل ۳ نتایج بدست آمده از لاگ ها را برای چاهی واقع در منطقه QDN در چین نشان می دهد. طبق شکل، UCAV لاگ کالیپر، GR لاگ گامای طبیعی، PHIN لاگ تخلخل نوترونی، RHOB لاگ دانسیته، DT لاگ صوتی، MRP لاگ تخلخلی NMR و RD لاگ مقاومتی می باشند. با ترکیب روابط و همچنین روش های آماری و بهینه سازی، می توان با استفاده از نرم افزار Ciflog تفسیر داده ها را انجام داد. شکل ۴ نیز به کارگیری کلیه این روش ها در تعیین میزان محتوای رسی را به نمایش گذاشته است. با توجه به شکل، از ۴ روش در تعیین میزان محتوای رسی استفاده شده است. توجه داریم که محتوای رسی در میزان هیدراته شدن سازند موثر است. این بدین معناست که اگر محتوای رسی کم باشد، این موضوع منجر به تغییر بزرگی در هیدراته شدن سازند می شود. به همین دلیل محاسبه دقیق میزان محتوای رسی حتماً باید مورد توجه ویژه ای واقع شود. به طور کلی میزان محتوای رسی در مخازن ماسه سنگی و کربناته فراتر از ۳۰٪ نیست در حالی که نقطه مقابل آن، یعنی مخازن شیل، میزان محتوای رسی بالایی دارند. در نتیجه مخازن هیدراته با ویژگی های رسوب گذاری دریایی عمیق، اغلب دارای مقادیر بالای رس های دانه درشت هستند و تقریباً شبیه مخازن شیل هستند. لازم به ذکر است که در اغلب مخازن شیل از روش بهینه سازی معکوس برای تعیین میزان محتوای رسی استفاده می شود (Zhu et.al, 2023).

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران

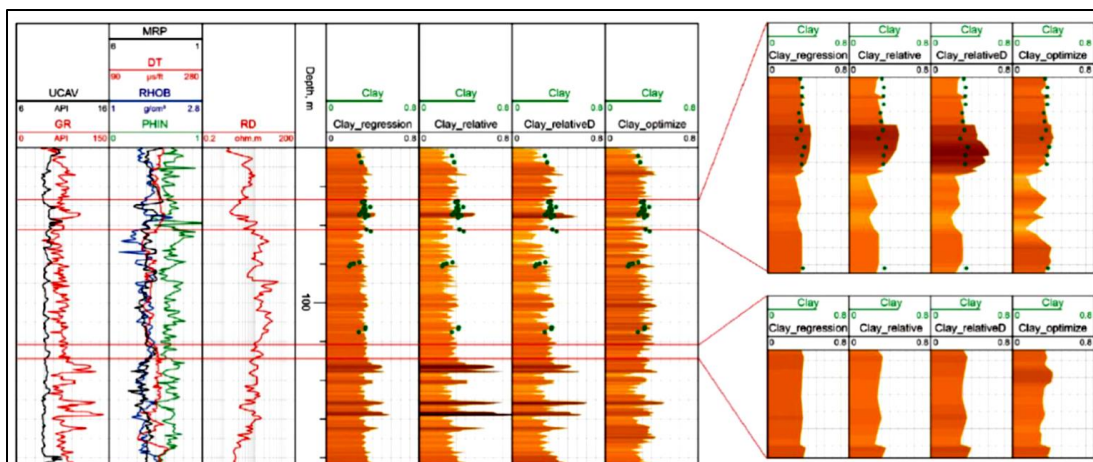


8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان



شکل ۳ - نتایج بدست آمده از انواع لاگ های انجام شده (Zhu et.al, 2023)



شکل ۴ - به کارگیری کلیه روش های موجود در تعیین میزان محتوای رسی (Zhu et.al, 2023)

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological
Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

مراجع

گلناز جوزانی کهن، ۱۳۹۶، اهمیت کانی‌های رسی در مخازن هیدروکربنی، نشریه علمی پژوهشی مهندسی معدن دوره دوازدهم شماره ۳۶، صفحات ۳۵ تا ۴۴

ولی مهدی‌پور، ۱۳۹۷، نقش انواع کانی‌های رسی در ایجاد مشکلات حفاری و روش‌های رفع آن، ماهنامه علمی-ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز شماره ۱۵۷، صفحات ۴۸ تا ۵۲

B. Velde, 1995, Origin and Mineralogy of Clays: Clays and the Environment, p. 348

L.Q. Zhu, J. Sun, X.Q. Zhou, Q.P. Li, Q. Fan, S.L. Wu & S.G. Wu, 2023, Well logging evaluation of fine-grained hydrate-bearing sediment reservoirs: Considering the effect of clay content, Petroleum Science, no. 20, p. 879-892

S. Iranfar, M.M Karbala, M. Shakiba & M.H. Shahsavari, 2023, Effects of type and distribution of clay minerals on the physico-chemical and geomechanical properties of engineered porous rocks, Scientific Reports, no. 13, p. 1-16