

بررسی پختگی و کیفیت ماده آلی در رسوبات اردوئیسین و سیلورین

منطقه بندر عباس از نظر هیدروکربن زایی

مجتبی تولایی، محمد کسایی و نصرا. افتخاری
پژوهشگاه صنعت نفت؛ پژوهشکده اکتشاف و تولید

چکیده

می کند. در حالی که سازند های مذکور در منطقه کوه گهکم دارای میانگین TOC برابر ۰/۱۵ درصد بوده و بیشترین مقدار ماده آلی در آنها ۰/۳۰ درصد می باشد. لذا از بررسی مقدماتی و مطالعه تفصیلی نمونه ها می توان سازند سرچاهان در منطقه کوه فراقان را به عنوان یک سنگ مادر هیدروکربنی متوسط (با توان تولید نفت و گاز) ارزیابی کرد. سازند های سیاهو و سرچاهان در کوه گهکم و سازند سیاهو در منطقه کوه فراقان را نمی توان با توجه به مقدار بسیار کم ماده آلی و پختگی بالا به عنوان سنگ مشتا تلقی نمود. نمونه هایی از پابده و گورپی در کوه گشو و کوه خمیر نیز ارزیابی مقدماتی شد که فاقد شرایط لازم برای سنگ منشاء بود و از این جهت که موضوع بحث این مقاله نیست به آن پرداخته نمی شود.

به منظور بررسی و شناسایی سنگ منشادر منطقه بندر عباس حدود ۳۰ نمونه از رسوبات اردوئیسین - سیلورین مناطق کوه گهکم و کوه فراقان انتخاب شد. نمونه های مذکور به وسیله دستگاه ارزیاب سنگ مادر (راک اول) مورد ارزیابی مقدماتی قرار گرفت. از نمونه های مذکور فقط نمونه های سیلورین (سازند سرچاهان) در منطقه کوه فراقان دارای کیفیت مطلوب و ماده آلی مناسبی است (کروژن از نوع II و III و مقدار ماده آلی به ۴/۸ درصد نیز می رسد). در بررسی های میکروسکوپی کروژن آمورف و وجود آلگها با فلورسانس زایی خوب به رنگ قهوه ای و ماسرالهای لیپتینیته مشاهده می شود و نتایج تجزیه عنصری نیز این موضوع را تایید

Petroleum Source Rock Potential of Ordovician-Silurian Sediments in

N-E Bandar Abbas, SW Iran

M. Tavallae, M. Kassaee and N. Iftekhari
Research Institute of Petroleum Industry
P.O.Box: 18745-4163, Tehran, Iran

ABSTRACT

The petroleum potential of the Seyahou (Ordovician) and Sarchahan (Lower Silurian) formations in northern Bandar Abbas has not been investigated sufficiently. These sediments crop out as thinly laminated shales and are about 100 meters thick. A number of thirty-five selected samples were subjected to Rock-Eval pyrolysis followed by transmitted, reflected and UV light microscopy together with clay mineralogical studies. The Rock-Eval pyrolysis indicates that the samples from Seyahou Formation are poor in organic matter (TOC <0.30%) and are thermally

over mature ($T_{max} > 470$; $TAI > 4$) and microscopically have no fluorescing liptinite macerals. In comparison, the Sarchahan Formation is evaluated as a good and effective hydrocarbon source rock (TOC > 1%; $R_o\% = 1.15-1.20$; $TAI = 3+$). The organic matter is chiefly composed of liptinite group of macerals including lamalginite and telalginite (type II kerogen) which are brown under white light and weakly fluoresces under UV excitation. In addition, the other maturity indicators such as clay minerals and crystallinity of illite are in agreement with organic

petrography suggesting that Sarchahan Formation is thermally mature and is at catagenetic stage of hydrocarbon generation (end of oil generation window and the beginning of gas generation zone). The Seyahou and Sarchahan formations formerly referred as Gahkum Fm. by previous workers (1978) were reported to be overmature and have reached graphitic stage.

The lower Silurian shales (Sarchahan Fm.) is correlated stratigraphically with Silurian hot shales from Saudi Arabia, where their petroleum source potential have already been approved. This paper supported by new experimental data elucidates and emphasizes the importance of petroleum potential of Paleozoic strata for future hydrocarbon exploration in Iran.

مفصلتری مشاهده نشد. به نظر می رسد مطالبی که گزارش شده فقط بر مبنای

مقدمه

بررسی رسوبات پالئوزوئیک در منطقه شمال بندر عباس از نظر ژئوشیمیایی و شناسایی سنگ منشاء یکی از مسائلی است که روشن شدن آن کمک زیادی به اهداف آتی اکتشاف می نماید. رسوبات پرکامبرین و پالئوزوئیک زیرین در برخی از کشورهای همجوار از جمله سازند قلیبه در عربستان سعودی، سفیق و هاگف در عمان که مورد مطالعه قرار گرفته به عنوان سنگ منشا شناخته شده اند. عبد القادر عقیفی [۱] مقدار نفت تولید شده از هات شیل سیلورین عربستان را حدود یک تریلیون بشکه معادل نفت تخمین زده است. محققین دیگری همچون "پتر" [۲] منشاء هیدروکربورهای پالئوزوئیک عربستان را قصبیه ممبر (سیلورین پیشین) ذکر نموده و این رسوبات را در مناطق مختلف عربستان از نظر پختگی در مرحله نفت زایی یا گاز زایی معرفی می نماید. مجاهد حسینی [۳] معتقد است که واحد های سنگ شناختی از آفریقای شمالی تا خاور میانه در شرایط رسوبگذاری مشابهی نهشته شده است. بنا بر این، اهمیت بررسی رسوبات اردوئیسین سیلورین جنوب ایران از نقطه نظر سنگ منشا روشن می شود. گزارش ژئوشیمیایی از نقطه نظر سنگ منشا به جز اشاره ایی که بوردانوف و همکاران [۴] به بالا بودن نسبی ماده آلی در رسوبات گهکم نموده و این رسوبات را در ردیف سنگ منشا های احتمالی ولی پختگی بیش از حد و مرحله گرافیتی دانسته و چنین مطلبی را ذکر نموده اند، کار ژئوشیمیایی

تعداد معدودی نمونه از منطقه کوه گهکم بوده است که قبلاً به عنوان سازند گهکم شناخته می شده است و این سازند در مطالعه تفصیلی به وسیله قویدل سیوکی [۵] به دو سازند مجزا به نامهای سازند سیاهو (اردوئیسین فوقانی) و سازند سرچاهان (سیلورین زیرین) معرفی شده است. این رسوبات علاوه بر منطقه کوه گهکم در کوه فراغان و تنگ زکین نیز شناسایی و از نظر چینه شناسی به وسیله نامبرده مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. نمونه هایی که به منظور مطالعه ژئوشیمیایی گرد آوری شده از دو منطقه کوه گهکم و تنگ زکین بوده و تفکیک این دو سازند بر مبنای گزارش و تقسیم بندی مشاراً الیه انجام شده است. در این بررسی که با دستگاههای پیشرفته و جدیدی مثل ارز یاب سنگ مادر "راک اول" انجام شد نتایج بررسی ژئوشیمیایی "بوردانوف" و همکاران در مورد سازند گهکم (سیاهو و سرچاهان) در منطقه کوه گهکم تایید ولی این نتایج در مورد سازند سرچاهان (سیلورین زیرین) در منطقه تنگ زکین از نظر میزان پختگی صادق نمی باشد و درجه پختگی مواد آلی در سازند سرچاهان به مراتب کمتر از مواد آلی سازند گهکم در منطقه کوه گهکم می باشد.

بحث

سازند سیاهو

محل مقطع تیپ این سازند براساس گزارش فویدل سیوکی [۵]، در تنگ زکین واقع در شمال غرب روستای سیاهو



نمودار ۱- نقشه جغرافیایی منطقه و ناحیه رخنمون سازند های مورد مطالعه

روشهای مورد استفاده

در این مطالعه از برخی از روشهای معتبر و متداول ژئوشیمیایی [۶، ۷، ۸] و ارزیابی مقدماتی به وسیله دستگاه ارزیاب سنگ (راک اول)؛ بررسی میکروسکوپی مواد آلی (پتروگرافی آلی)، استخراج کروژن و تجزیه عنصری آن؛ استخراج کانیهای رسی و شناسایی آنها با استفاده از روش XRD، استفاده شده است.

پس از انجام آزمایش پیرولیزبوسیله دستگاه راک اول و ارزیابی مقدماتی ماده آلی (کروژن) از نمونه ها استخراج شد.

استخراج کروژن

پس از انحلال کربنات ها با اسید کلرید ریک، سیلیکات ها به وسیله اسید فلورید ریک و شنواری کروژن در مایع چگال کروژن استخراج و از آن قرص مقطع ضخیم تهیه و پس از سایش و صیقل با استفاده از میکروسکپ انعکاسی MPV-SP مواد آلی مورد مطالعه قرار گرفت و انعکاس و ویترنیت یا

۸۰ کیلومتری شمال بندر عباس قرار دارد. ضخامت این سازند ۸۰۷ متر است که در قاعده آن ماسه سنگ دانه درشت الوان و کنکومرا دار و برروی آن تناوبی از شیل، سیلتستون و ماسه سنگ قرار گرفته است. در قسمت فوقانی از ۸ متر ماسه سنگ سفید کوارتزیتی و ۱۰ متر ماسه سنگ آهکی که کاملاً متمایز هستند تشکیل شده و سن آن اردویسین میانی و بالایی تعیین شده است.

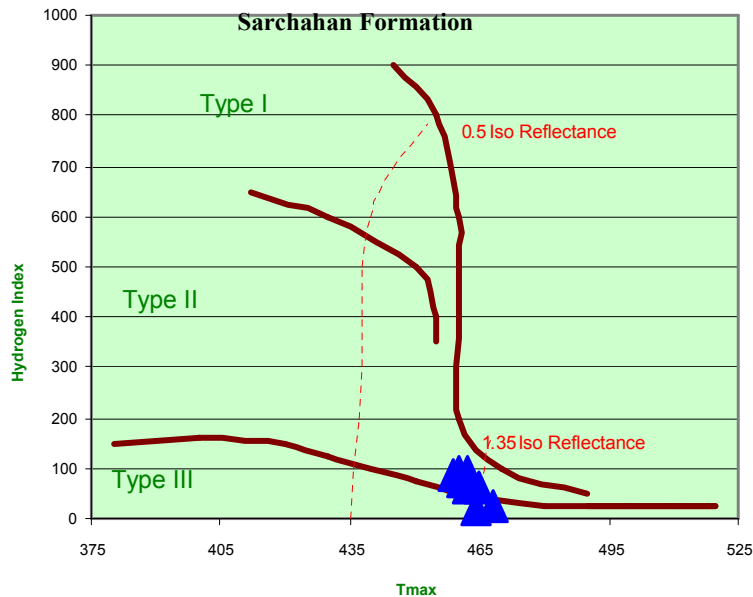
سازند سر چاهان

این سازند که در مقطع تیپ از ۶۶ متر شیل گراپتولیت دار تشکیل شده که به طور هم شیب برروی ماسه سنگ های قهوه ای رنگ سازند سیاهو قرار می گیرد. سازند سیاهو در چاه شماره ۱ زیره، ۱۶۵ متر ضخامت دارد فسیل های زیادی از جمله تریلوبیت، گراپتولیت، بر یوزوآ و کرینوتید در این سازند یافت شده و سن آن سیلورین زیرین می باشد.

اواخر نفت زایی را نشان می دهند. درحالی که نمونه های سازند های سیاهو، پابده و گورپی در کوه خمیر فاقد شرایط سنگ منشا می باشند بدین معنی که سازند سیاهو از نظر مقدار ماده آلی فقیر و از نظر پختگی فرا پخته (Overmature)، و نمونه های پابده و گورپی از نظر مقدار ماده آلی فقیر و از نظر پختگی نیز در حد مناسبی نمی باشند. با ترسیم نتایج راک اول بر روی نمودار مربوطه وضعیت کلی کروژن سازند سرچاهان و محدوده پختگی آن را می توان مشاهده نمود (نمودار ۲).
قرص های مقطع سنگ نمونه ها در نور ماوراء بنفش نیز مورد بررسی قرار گرفت. در برخی از نمونه ها جلبک های "تل آلجینیت" و "لم آلجینیت" با فلئورسانس زایی قهوه ای قابل تشخیص می باشند. متوسط انعکاس ویترنیت و (گراپتولیت) در محدوده ۱/۱ الی ۱/۲ درصد (میانگین انعکاس تصادفی

گراپتولیت) که طبق گزارشهای متعدد می تواند مشابه ویترنیت استفاده شود) اندازه گیری شد. فلورسانس زایی نمونه هانیز مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، از کروژن استخراج شده برای بررسی نوع کروژن و تعیین شاخص تحول حرارتی (TAI) اسلاید تهیه شد و در نور گذرا و با مقایسه استاندارد رنگ استاپلین مورد مطالعه شده است. بخشی از کروژن نیز در بخش آنالیز دستگاهی پژوهشگاه صنعت نفت مورد آزمایش واقع شده و درصد عناصر کربن، هیدروژن، اکسیژن و گوگرد آن مشخص شد. نسبتهای اتمی H/C, O/C تعدادی از نمونه ها محاسبه و روی نمودار "ون کرولن" ترسیم شده است.

همان طور که از نتایج دستگاه ارز یاب سنگ مندرج در جدول ۱ مشاهده می شود نمونه های سازند سرچاهان از نظر مقدار ماده آلی متوسط تا خوب و از نظر پختگی (Tmax)



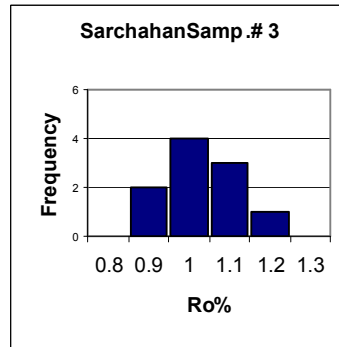
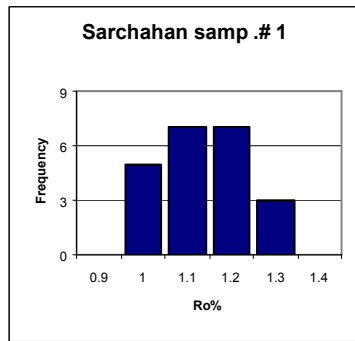
نمودار ۲- تغییرات اندکس هیدروژن (HI mgHC/gTOC) در مقابل Tmax C° دستگاه ارز باب سنگ

جدول ۱ - نتایج پیرولیز "راک اول" نمونه های سازند سرچاهان (کوه فراقان - شمال بندر عباس)

S. No.	Formation	S1 (mg HC/g rock)	S2 (mg HC/g rock)	Tmax (C°)	OPI (mg HC/g TOC)	TPI (mg HC/g TOC)	TOC%	HI (mgHC/gTOC)
۱	Sarchahan(Kuh-e-Fraghan)	۰.۶	۲.۴۵	۴۶۰	۰.۲	۰.۲	۲.۶۸	۹۱
۲		۰.۱۲	۰.۴۵	۴۶۵	۰.۲۱	۰.۲۱	۰.۷۴	۶۰
۳		۰.۲۷	۰.۶۳	۴۶۲	۰.۳	۰.۳	۰.۸۱	۷۷
۴		۰.۰۵	۰.۱۵	۴۶۴	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۷۶	۱۹
۵		۰.۰۲	۰.۰۹	۴۶۸	۰.۲	۰.۲	۰.۳۶	۲۵
۶		۰.۰۵	۰.۱۹	۴۶۲	۰.۲۱	۰.۲۱	۰.۳۲	۵۹
۷		۰.۸	۴.۳۴	۴۶۲	۰.۱۶	۰.۱۶	۴.۷۹	۹۰
۸		۰.۴	۳.۳۱	۴۶۱	۰.۱۱	۰.۱۱	۴.۴۷	۷۴
۹		۰.۵۲	۳.۵۶	۴۵۹	۰.۱۳	۰.۱۳	۳.۹۶	۸۹
۱۰		۰.۰۱	۰.۰۴	۳۸۶	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۳	۱۳
۱۱		۰.۰۱	xxx	xxx	xxx	xxx	۰.۱۴	۰
۱۲		۰.۰۱	xxx	xxx	xxx	xxx	۰.۰۲	۰
۱۳		۰.۰۱	xxx	xxx	xxx	xxx	۰.۱	۰
۱۴		۰	xxx	xxx	xxx	xxx	۰.۱۲	۰
۱۵	Sarchahan (Kuh-e-Gahkum)	۰.۰۱	۰	xxx	xxx	xxx	۰.۲۸	۰
۱۶		۰.۰۱	۰.۰۱	۳۷۱	۰.۵	۰.۵	۰.۱۳	۷
۱۷		۰.۰۲	۰.۰۱	۳۲۲	۱	۱	۰.۲۱	۴
۱۸		۰.۰۱	۰	xxx	xxx	xxx	۰.۰۹	۰
۱۹		۰.۰۴	۰	xxx	۰	۱	۰.۰۸	۰
۲۰		۰.۰۱	۰	xxx	xxx	xxx	۰.۱۲	۰
۲۱		۰.۰۲	۰	xxx	۱	۱	۰.۲۶	۰
۲۲		۰.۰۱	۰	xxx	xxx	xxx	۰.۱۸	۰
۲۳		۰.۰۱	۰	xxx	xxx	xxx	۰.۱۲	۰
۲۴		۰.۰۲	۰	xxx	۱	۱	۰.۱۲	۰
۲۵	Syaho (Kuh-Fraghan)	۰.۰۱	۰.۰۱	۳۰۰	۰.۵	۰.۵	۰.۰۷	۱۴
۲۶		۰.۰۲	۰.۰۲	۳۴۸	۰.۵	۰.۵	۰.۳۴	۵
۲۷		۰.۰۱	۰.۰۱	۳۰۰	۰.۵	۰.۵	۰.۱۵	۶
۲۸		۰.۰۲	۰.۰۲	۴۰۷	۰.۵	۰.۵	۰.۱۲	۱۶
۲۹		۰.۰۲	۰.۰۲	۳۸۶	۰.۵	۰.۵	۰.۲۲	۹
۳۰		۰.۰۲	۰.۰۴	۴۴۵	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۱	۴

۳۱	Pabdeh (Kuh-e-khamir)	۰	۰	xxx	xxx	xxx	۰.۲۴	۰
۳۲		۰.۰۲	۰	xxx	۰	۱	۰.۰۹	۰
۳۳		۰.۰۲	۰	xxx	۱	۱	۰.۱۱	۰
۳۴		۰.۰۲	۰.۰۶	۴۴۷	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.۴۵	۱۳
۳۵		۰	۰	xxx	xxx	xxx	۰.۱۵	۰
۳۶	۰.۰۵	۱.۱۳	۴۳۹	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۵۹	۱۹۱	
۳۷	Gurpi (Kuh-e-khamir)	۰.۰۲	۰.۲۵	۴۳۸	۰.۰۸	۰.۰۸	۰.۳۰	۸۳
۳۸		۰	۰.۰۳	۴۴۴	۰	۰	۰.۱۰	۳۰
۳۹		۰	۰	xxx	xxx	xxx	۰.۰۶	۰
۴۰		۰.۰۲	۰.۰۳	۴۳۷	۰	۰.۵۰	۰.۱۲	۲۵

ویترینیت = Mean Random Vitrinite Reflectance) قرار
 هیدروژن، اکسیژن، گوگرد و تعیین نسبت‌های H/C و O/C از
 دارد (به عنوان نمونه هیستوگرام های نمودار ۲).
 تجزیه عنصری کروژن تخلیص شده و در صد عناصر کربن،
 روشهای دیگری بوده است که در این بررسی از آن استفاده
 شده است (جدول ۲).

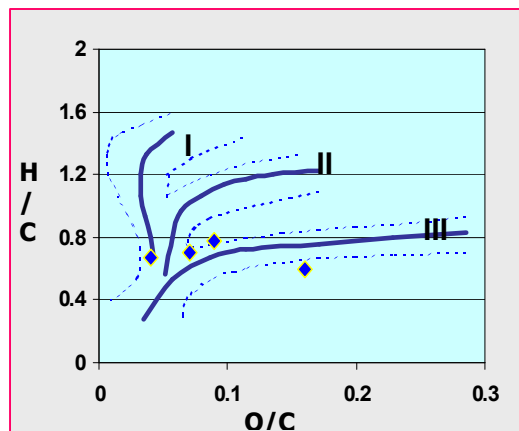


نمودار ۲- نمودار میله ای (هیستوگرام) مربوط به نتایج انعکاس ویترینیت (Ro%) دو نمونه از سازند سرچاهان

جدول ۲- نتایج تجزیه عنصری کروژن و نسبت‌های O/C و H/C نمونه های سازند سرچاهان

Sample No.	C %	H %	O %	S %	H/C	O/C
1	82.87	4.83	7.87	4.41	0.70	0.07
2	85.47	4.84	5.08	4.60	0.67	0.04
3	80.03	5.23	10.65	4.04	0.78	0.09
4	78.87	3.94	17.18	*	0.60	0.16

*بعلت کم بودن مقدار کروژن، گوگرد اندازه گیری نشده است.



نمودار ۳- وضعیت H/C,O/C نمونه های سرچاهان روی نمودار "ون کروتن" کروتن نوع II و III

بررسی اسلاید های تهیه شده از کروتن استخراج شده همچون تبلور کانی رسی ایلیت اندازه گیری شده است. نمونه ها رنگگ کروتن قهوه ای تیره می باشد که معادل TAI=۳ در مقیاس استاپلین است که مؤید بررسی های فوق الذکر می باشد.

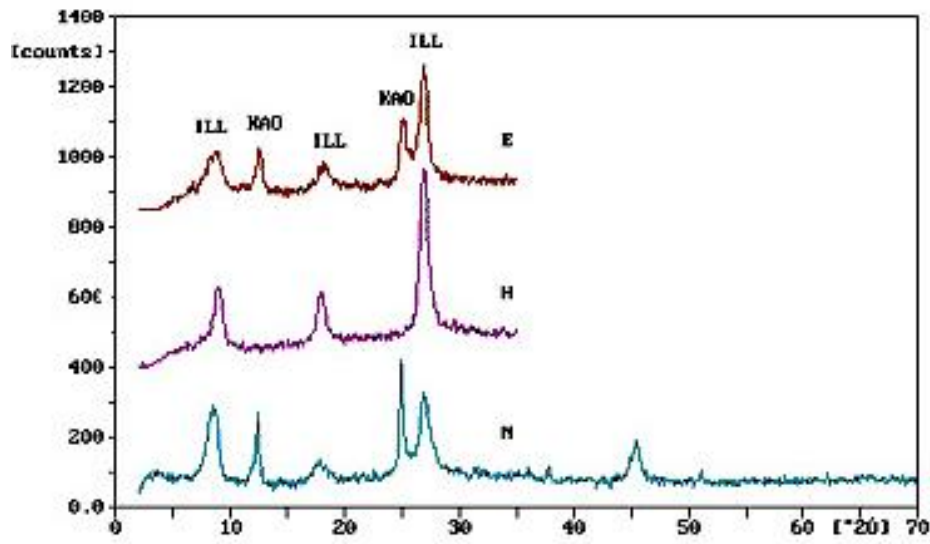
در نمودار ۴ XRD نمونه ای از سازند سرچاهان که کانیهای رسی آن استخراج و پس از تهیه لام نرمال (N)، حرارتی (H) و تیمار شده به وسیله اتیلن گلیکول (E) و به وسیله دستگاه پراش اشعه ایکس به دست آمده نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می شود تیزی منحنی ایلیت در زاویه ۱۰ آنگستروم زیاد نبوده و "عرض میان پیک" حدود ۳/۵ می باشد که طبق اندیس کوبلر "پختگی اواخر نفت زایی را تایید می کند.

استخراج کانی های رسی

کانی های رسی تعدادی از نمونه های سازند سرچاهان دانشگاه استراسبورگ فرانسه [۹] استخراج و از آنها اسلاید حرارتی واتیلن گلیکول تهیه شده است. منحنی های به دست آمده مورد بررسی شد و با استفاده از روش XRD انواع کانی های موجود شناسایی شده است (جدول ۳).

جدول ۳- کانیهای رسی موجود در نمونه های سازند سرچاهان (شمال بندر عباس)

شماره نمونه	روش آزمایش	نوع ترکیب کانی های رسی
۱	XRD	ایلیت- کلریت - کائولینیت- کوارتز
۲	XRD	ایلیت- کائولینیت- کوارتز
۳	XRD	ایلیت- کلریت - کائولینیت- کوارتز
۴	XRD	ایلیت- کائولینیت- مخلوط لایه- کوارتز



نمودار ۴- نمودار کانی رسی مربوط به نمونه سرچاهان (به ترتیب نرمال، حرارتی و تیمار شده)

نتیجه

فلورسانس زایی که طبق نظر محققین ژئوشیمیست تا مرحله پایانی نفت زایی قابل مشاهده است و در این نمونه هالم الجینیت ها با رنگ فلئورسانسی قهوه ای به خوبی دیده می شوند، نوع کانی های رسی موجود و درجه تبلور ایلیت در این سازند نیز پختگی مرحله پایانی نفت زایی و اوایل گاززایی را تأیید می کند لذا سازند سرچاهان می تواند سنگ منشأ هیدروکربنی نسبتاً خوبی باشد. مطالعات قبلی که در مورد سازند گهکم انجام شده، در مورد رسوبات کوه گهکم صادق است و نمی توان این مطلب را در مورد رسوبات سیلورین کل مناطق زاگرس و بندرعباس از جمله سازند سرچاهان در منطقه کوه فراقان تعمیم داد.

از مجموع آزمایشها و بررسی های فوق الذکر نتایج زیر استنباط می شود:

۱- نمونه های سازند سیاهو در مناطق کوه گهکم و کوه فراقان از نظر مقدار ماده آلی بسیار فقیر و از نظر پختگی نیز در مرحله بالا و در نتیجه فاقد توان نفت زایی است.

۲- نمونه های سازند سرچاهان (سیلورین زیرین) با توجه به مقدار ماده آلی نسبتاً خوب (میانگین مقدار ماده آلی $(TOC > 1\%)$ جدول ۱، کروژن نوع II و III (نمودار های راک اول، و ون کروژن) و پختگی مناسب یعنی انعکاس ویترنیت معادل $1/10$ درصد آلی $1/20$ درصد $(R_o\%)$ یا $GR_o\%$ درجه تحول حرارتی ۳ آلی $TAI = 3+$ و وجود

منابع

- [1] Afifi Abdulghadir et. Al, GeoArabia Vol.5 No.1 pp.12, 2000.
- [2] Peter J. et. al. , GeoArabia Vol.5 No.1 pp119, 2000.
- [3] Moujahed Al Hussein, AAPG Vol.75 No.1, pp 108-20, 1991.
- [4] Bordenave M.L. and Burwood R., Organic Geochemistry Vol.16 Nos. 1-3 pp369-381, 1990.
- [5] Ghavidel Syuki Mohammad, Geosciences (Scientific Quarterly Journal of GSI), Vol.4 No.14, 1995.
- [6] Hunt Jhon M., Petroleum Geology and Geochemistry , 1995.
- [7] Bordenave M.L., Applied Petroleum Geochemistry pp.107, 1993.
- [8] Tissot B. and Welte D. in " Petroleum Formation and Occurance", Spring Verlag, 1984.
- [9] Dunoyer De Seconzac J. Kubler: Cristallinite De L Illite, Sedimentology 10, P(137-143), 1968.

