

ارزیابی ژئوشیمی آلی نهشته‌های سازند گرو با استفاده از داده‌های حاصل از پیرولیز راک-اول در مناطق باختر خرم‌آباد و شمال باختر کرمانشاه

شکوفه موری^{۱*}، ایرج مغفوری مقدم^۲، بهروز رفیعی^۳ و مصطفی صداقت‌نیا^۴

۱ و ۲- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۳ و ۴- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

نویسنده مسئول: Geologist1232@gmail.com

دریافت: ۹۸/۳/۲۸ پذیرش: ۹۸/۶/۳۰

چکیده

در این پژوهش خصوصیات ژئوشیمی آلی سازند گرو در دو مقطع سطح‌الارضی (باختر خرم‌آباد و شمال باختر کرمانشاه) به روش پیرولیز راک-اول II مورد ارزیابی قرار گرفته است. بر اساس آنالیز داده‌های موجود، اکثر نمونه‌های سازند گرو در مناطق مورد مطالعه دارای کروژن نوع III هستند اما نمونه‌های سازند گرو در شمال باختر کرمانشاه دارای مقادیر کمتری کروژن از نوع I و II نیز می‌باشند. کربن آلی کل نمونه‌های باختر خرم‌آباد و شمال باختر کرمانشاه به ترتیب در حدود 0.24-1.28 و 0.05-1.96 درصد وزنی در تغییر است. مقادیر Tmax نمونه‌ها نیز به ترتیب بین ۴۱۶ - ۴۴۵ و ۴۴۱-۴۸۰ درجه سانتی‌گراد تغییر می‌کند. کروژن نمونه‌های مورد مطالعه در باختر خرم‌آباد در مرحله‌ی نابالغ تا بلوغ حداکثری قرار گرفته‌اند اما کروژن نمونه‌های سازند گرو در شمال باختر کرمانشاه در مرحله‌ی بلوغ حداکثری (پنجره‌ی نفتی) تا مرحله‌ی تولید گاز مرطوب و خشک قرار گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی: سازند گرو، باختر خرم‌آباد، پیرولیز راک-اول، سنگ منشأ، شمال باختر کرمانشاه

پیشگفتار

اندازه‌گیری ضریب انعکاس ویترونیات نمونه‌های سازند گرو در برش کوه سفید (مرز استان‌های لرستان و کرمانشاه) عنوان نمودند که میانگین انعکاس ویترونیات نشان‌دهنده پختگی اواخر پنجره نفت‌زایی است. اسدی مهماندوستی و همکاران (۱۳۹۰) ضمن بررسی سنگ‌های منشأ میدان نفتی مارون عنوان نمودند که سازند گرو با رسیدن به مرحله کاتازن، مسیر بلوغ حرارتی را طی کرده است. هم‌چنین دانشگر (۱۳۹۰) در مطالعه‌ی پالینوفاسیس محیط‌رسوبی و ارزیابی پتانسیل هیدروکربن‌زایی سازند گرو در چاه هلیلان در لرستان، سه نوع پالینوفاسیس در سازند گرو شناسایی کرد، کروژن موجود را نوع III و هیدروکربن احتمالی را گاز دانست. جمالیان و همکاران (۱۳۹۰) ضمن بررسی ژئوشیمی و پتروگرافی سازند گرو در برش الگو عنوان نمودند که این واحد سنگی از کمربند رخساره‌ای بخش عمیق دریا متعلق به یک پلاتفرم کربناته از نوع رمپ تشکیل شده است. یوسفی و نظری بدیع (۱۳۹۴) نیز در مطالعه‌ی ارزیابی خصوصیات ژئوشیمیایی مواد آلی سازند گرو (کرتاسه پیشین) در جنوب لرستان، عنوان نمودند که ۷۵

با توجه به پتانسیل بالای سازند گرو به عنوان سنگ منشأ نفت، بررسی این سازند از لحاظ علمی و اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعات صورت گرفته توسط (علاء و همکاران، ۱۹۸۰؛ بوردانف و باروود، ۱۹۹۰؛ بوردانف و هاک، ۱۹۹۵؛ حسینی و بهرامی، ۲۰۰۵؛ صرفی و همکاران، ۲۰۱۴ و وفایی و همکاران، ۲۰۱۵) اشاره نمود. اشکان (۱۳۸۳) نیز ضمن بررسی جامع ژئوشیمی آلی سنگ‌های منشأ حوضه زاگرس، ۲۳ نمونه از سازند گرو را مورد پیرولیز راک-اول قرار داد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد درصد کربن آلی کل نمونه‌های این واحد سنگی نسبتاً ضعیف و عمدتاً در حدود ۰/۵ - ۱/۵ درصد متغیر است. اختری و قویدل (۱۳۸۵) بر اساس مطالعه پالینومرف‌ها در برش الگو، سن بریاسین تا آبسین را برای این واحد سنگی پیشنهاد نمودند و بر مبنای تغییر رنگ عناصر پالینولوژیکی، عنوان نمودند که مواد آلی سازند گرو دارای درجه پختگی مناسب برای تولید هیدروکربن می‌باشد. تولایی و همکاران (۱۳۸۶) با

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۰ نمونه از سازند گرو واقع در باختر خرم‌آباد و ۱۶ نمونه از سازند گرو در شمال باختر کرمانشاه در آزمایشگاه پژوهشگاه صنعت نفت از لحاظ پتانسیل هیدروکربن‌زایی با استفاده از دستگاه پیرولیز راک-اول مدل II آنالیز شدند. موقعیت این نمونه‌ها بر روی ستون‌های چینه‌شناسی نشان داده شده است (شکل‌های ۴ الف و ب و جدول ۱).

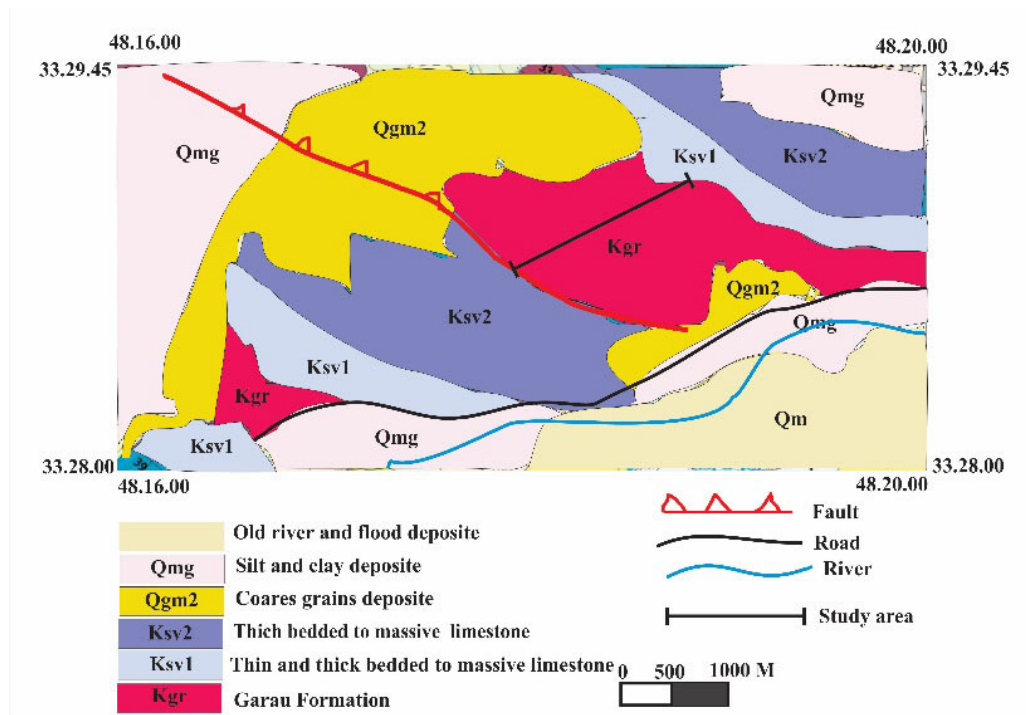
بحث

برای تعیین نوع کروژن از نمودار شاخص هیدروژن در برابر مقادیر Tmax استفاده شده است (هانت، ۱۹۹۶). شکل ۵ نشان می‌دهد که تمام نمونه‌های سازند گرو در مناطق مورد مطالعه دارای کروژن نوع III هستند اما نمونه‌های سازند گرو در شمال باختر کرمانشاه دارای مقادیر کمتری کروژن از نوع I و II نیز می‌باشند. کروژن نوع III نسبت به کروژن‌های نوع I و II نفت کمتری تولید می‌کند و اساساً منجر به تولید گاز می‌شود. از نظر منشأ کروژن نوع III، بیش‌تر از بقایای گیاهان آلی خشک‌زی تشکیل شده است، مقادیر قابل توجهی مواد مومی دارد و در مراحل دیاژنز و کاتائز، توانایی تولید گاز متان را دارد (اسپیتلی و همکاران، ۱۹۸۵).

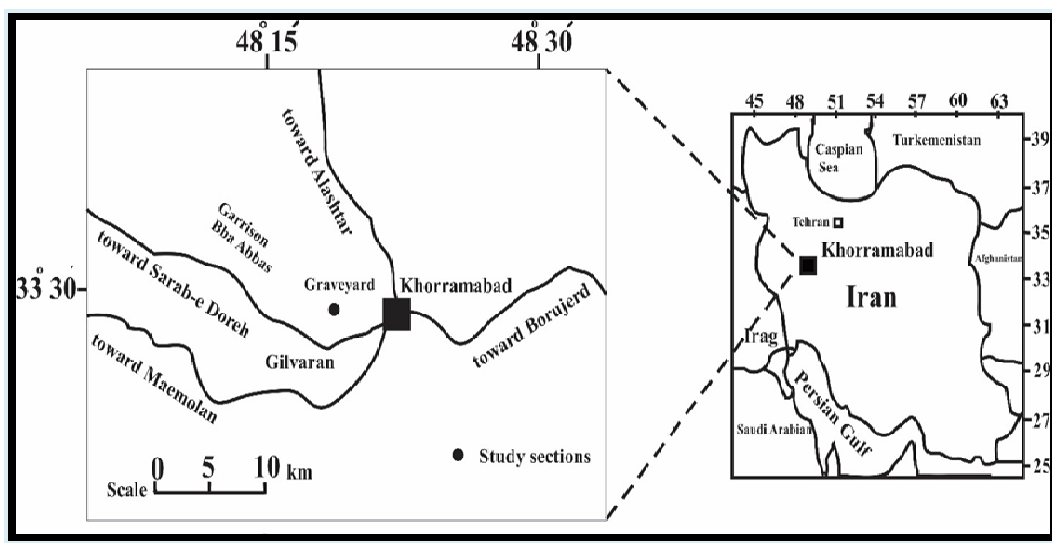
درصد نمونه‌ها دارای کروژن نوع III هستند و توانایی تولید گاز را دارند و ۲۵ درصد از نمونه‌ها دارای کروژن نوع II می‌باشند و علاوه بر تولید گاز، پتانسیل زایش نفت را نیز دارند. در این پژوهش وضعیت سنگ منشأ احتمالی گرو از نظر نوع کروژن، میزان پختگی (بلوغ) ماده آلی، میزان پتانسیل هیدروکربن‌زایی، رخساره‌های آلی و شرایط محیط رسوب‌گذاری در دو مقطع سطح‌الارضی تحلیل و بررسی شد.

موقعیت جغرافیایی

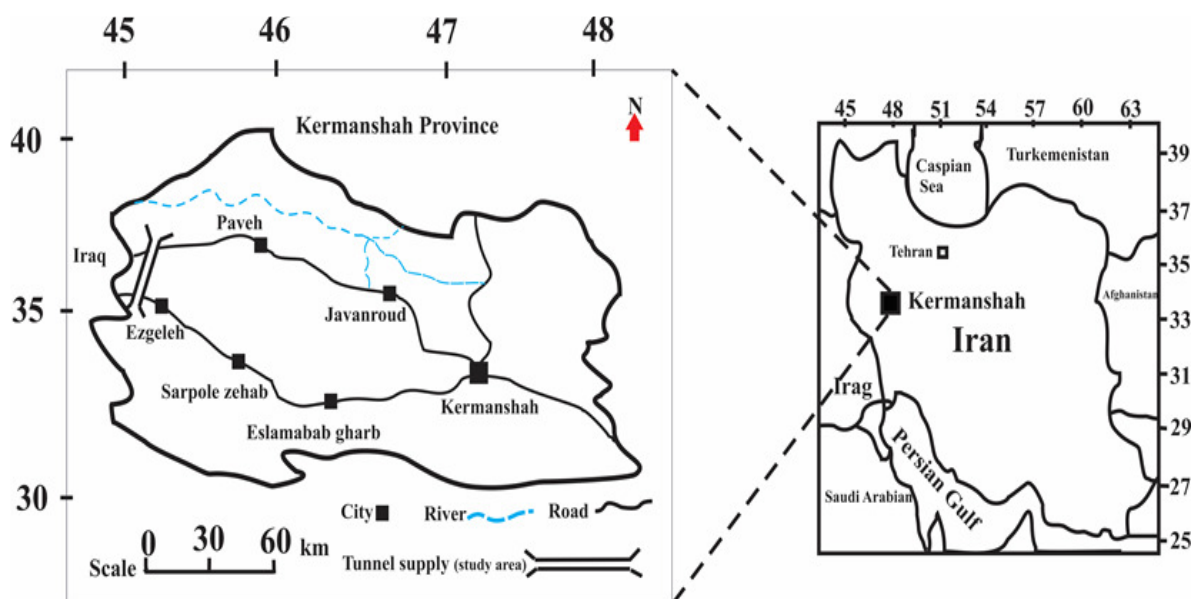
بخشی از سازند گرو با ضخامت ۱۳۷/۵ متر در حوالی خرم‌آباد مورد بررسی ژئوشیمی آلی قرار گرفته است. برش مورد مطالعه از سازند گرو شامل مختصات $33^{\circ}29'45''N$ ، $48^{\circ}20'00''E$ می‌باشد (شکل ۱). این برش در فاصله‌ی ۵ کیلومتری باختر شهرستان خرم‌آباد واقع شده است (شکل ۲). برش دیگر با ضخامت ۵۰۰ متر در محدوده شهرستان ازگله، (شمال باختر کرمانشاه) در راستای تونل انتقال آب نوسود می‌باشد که مختصات جغرافیایی ابتدای آن طول خاوری $51^{\circ}11'34''$ درجه و عرض شمالی $49^{\circ}52'45''$ است (شکل ۳).



شکل ۱. قسمتی از نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰ خرم‌آباد (سازمان زمین‌شناسی کشور، جعفریان، ۲۰۱)



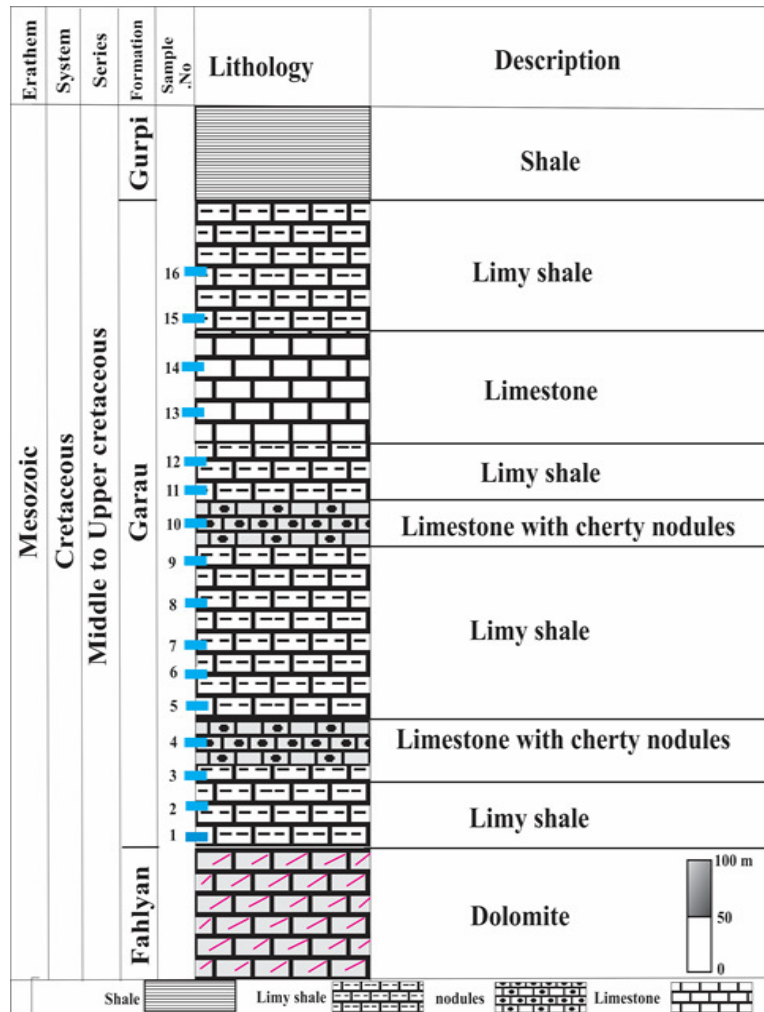
شکل ۲. نقشه راه‌های دسترسی به سازند گرو در باختر خرم‌آباد



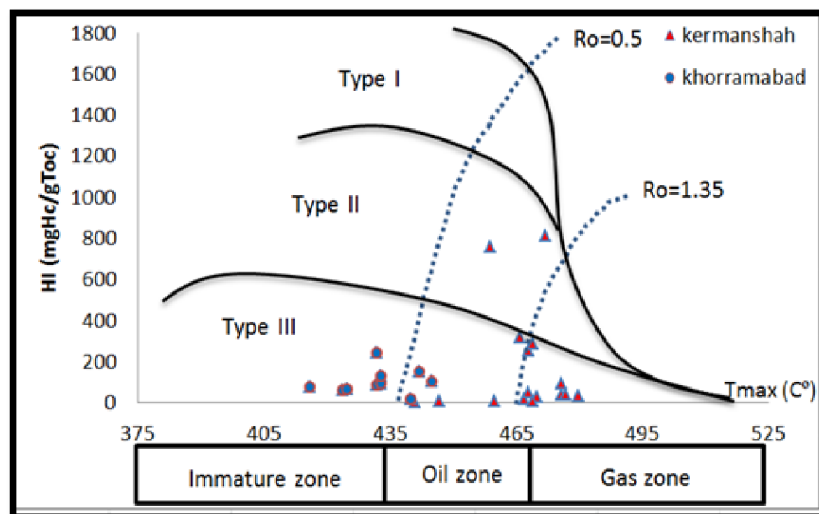
شکل ۳. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش مورد مطالعه (منطقه شمال باختر کرمانشاه)

باختر خرم‌آباد در مرحله‌ی نابالغ تا بلوغ حداکثری قرار گرفته‌اند اما نمونه‌های سازند گرو در شمال باختر کرمانشاه در مرحله‌ی بلوغ حداکثری (پنجره‌ی نفتی) تا مرحله‌ی تولید گاز مرطوب و خشک قرار گرفته‌اند. نمونه‌های سازند گرو در شمال باختر کرمانشاه دارای T_{max} بالا می‌باشند این نمونه‌ها قبلاً به بلوغ حرارتی لازم برای شکستن گروه‌های کربوکسیل خود رسیده‌اند و همین موضوع سبب شده تا مقادیر شاخص اکسیژن این نمونه‌ها صفر باشد (هانت، ۱۹۹۶) (شکل ۵).

شاخص هیدروژن نمونه‌های سازند گرو در غرب خرم‌آباد بین ۲۵۰-۵۰ mgHc/gRock است، بر اساس معیارهای بررسی کیفیت، کمیت و بلوغ سنگ منشأ، براساس تقسیم‌بندی (پیترز و کسا، ۱۹۹۴) به نظر می‌رسد توان و پتانسیل سازند گرو در این نمونه‌ها بیش‌تر معطوف به تولید هیدروکربن‌های سبک (گازی) باشد. مقادیر T_{max} نمونه‌های سازند گرو در باختر خرم‌آباد و شمال باختر کرمانشاه به ترتیب بین ۴۱۶ - ۴۴۵ و ۴۴۱ - ۴۸۰ درجه سانتی‌گراد تغییر می‌کند. بررسی نمونه‌های مورد آنالیز قرار گرفته نشان می‌دهد که نمونه‌های مورد مطالعه در



شکل ۴. ستون چینه‌شناسی شماتیک برش‌های مورد مطالعه به همراه موقعیت نمونه‌های برداشته شده که با خطوط آبی رنگ نمایش داده شده‌اند الف: سازند گرو به سن کرتاسه میانی-کرتاسه بالایی (مطبیعی ۱۳۷۲) در منطقه کرمانشاه ب: سازند گرو به سن کرتاسه زیرین (جیمز و وایند، ۱۹۶۵) در منطقه خرم‌آباد



شکل ۵. نمودار HI در مقابل Tmax جهت تعیین میزان بلوغ و نوع کروژن نمونه‌ها (هانت، ۱۹۹۶)

جدول ۱. نتایج آنالیز راک - اول نمونه‌های سازند گرو در باختر خرم‌آباد و شمال باختر کرمانشاه

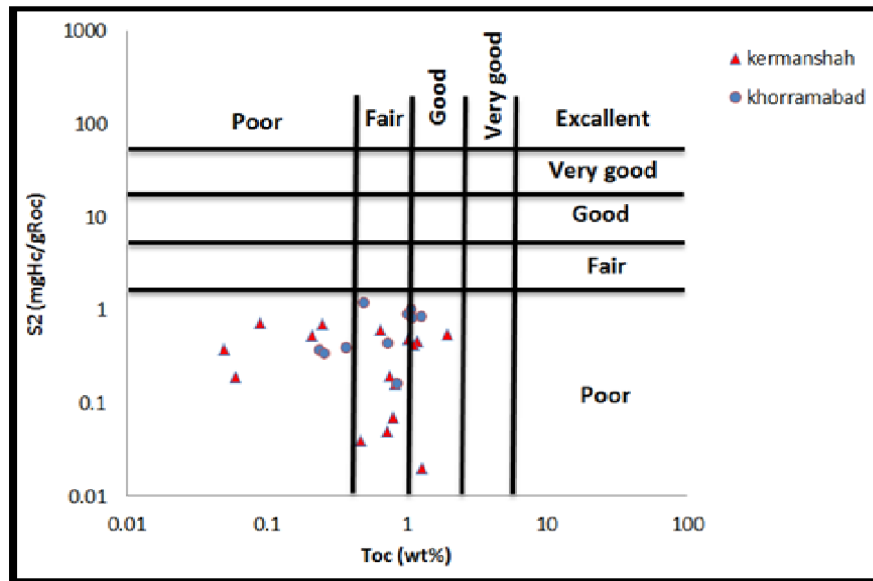
No	Formation	Area	S ₁ (mgHc/gRock)	S ₂ (mgHc/gRock)	S ₃ (mgCO ₂ /gRock)	T _{max} (°C)	HI (mgHc/gRock)	OI (mgCO ₂ /gRock)	TOC (Wt%)
1	Garau	Kermanshah	1.23	0.46	00	476	38.6	00	1.19
2	Garau	Kermanshah	0.92	0.55	00	480	32.5	00	1.96
3	Garau	Kermanshah	1.19	0.38	00	459	760	00	0.05
4	Garau	Kermanshah	0.78	0.62	00	476	95.3	00	0.65
5	Garau	Kermanshah	0.35	0.16	00	467	19.5	00	0.82
6	Garau	Kermanshah	0.49	0.20	00	470	26.6	00	0.75
7	Garau	Kermanshah	0.84	0.49	00	468	48	00	1.02
8	Garau	Kermanshah	0.94	0.53	00	468	252.3	00	0.21
9	Garau	Kermanshah	0.80	0.04	00	460	8.5	00	0.47
10	Garau	Kermanshah	0.68	0.19	00	466	316.6	00	0.06
11	Garau	Kermanshah	0.52	0.02	00	441	1.5	00	1.28
12	Garau	Kermanshah	1.08	0.73	00	472	811	00	0.09
13	Garau	Kermanshah	0.24	0.05	00	469	7.00	00	0.72
14	Garau	Kermanshah	0.64	0.43	00	477	38.5	00	1.12
15	Garau	Kermanshah	0.92	0.72	00	469	288	00	0.25
16	Garau	Kermanshah	0.31	0.07	00	447	5.8	00	0.80
GA-6	Garau	Khorramabad	0.2	0.44	1.02	424	60.2	139	0.73
GA-10	Garau	Khorramabad	1.02	0.39	0.98	445	105	265	0.37
GA-11	Garau	Khorramabad	1.3	0.16	0.16	440	18.6	186	0.86
GA-14	Garau	Khorramabad	0.69	0.89	1.83	432	88	181	1.01
GA-20	Garau	Khorramabad	0.25	0.37	0.73	442	154	304	0.24
GA-25	Garau	Khorramabad	0.28	1.2	1.02	432	244	208	0.49
GA-27	Garau	Khorramabad	1.91	0.85	0.89	425	66	69	1.28
GA-30	Garau	Khorramabad	0.62	1.01	1.02	433	93.5	94	1.08
GA-33	Garau	Khorramabad	1.1	0.83	1.92	416	76.1	176	1.09
GA-40	Garau	Khorramabad	0.16	0.34	0.94	433	130	361	0.26

ترتیب سنگ منشاهای متوسط و ضعیف می‌باشند (اسپیتلی و همکاران، ۱۹۸۵). بنابراین شکل ۶ نشان دهنده‌ی این است که نمونه‌های سازند گرو در باختر خرم‌آباد و شمال باختر کرمانشاه پتانسیل ضعیفی جهت تولید هیدروکربن دارند. برای تعیین رخساره‌ی آلی سازند گرو از نمودار جونز (۱۹۸۷) استفاده شده است. بنابراین با پلات کردن نمونه‌های سازند گرو در نمودار جونز (۱۹۸۷) نمونه‌های

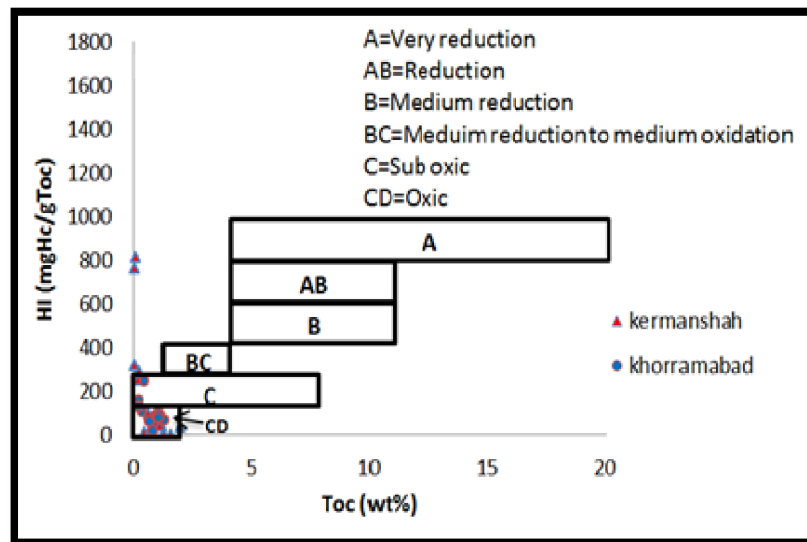
برای تعیین پتانسیل هیدروکربن‌زایی نمونه‌ها از نمودار S₂/TOC استفاده شده است (پیترز، ۱۹۸۶). هیچ کدام از نمونه‌های سازند گرو در باختر خرم‌آباد و شمال باختر کرمانشاه دارای TOC بالای ۲ درصد وزنی نمی‌باشند. سنگ منشاهای دارای S₂ بین ۵ تا ۱۰ و بیش‌تر از ۱۰ mghHc/gRock به ترتیب سنگ منشاهای خوب و عالی می‌باشند (پیترز، ۱۹۸۶) و سنگ منشاهایی که دارای S₂ بین ۲/۵ تا ۵ mghHc/gRock و کمتر از ۲/۵ باشند به

A: محیط دریاچه‌ای شدیداً احیایی، AB: محیط‌های دریایی پیشرونده احیایی، B: محیط‌های دریایی یا دریاچه‌ای نسبتاً احیایی، BC: محیط‌های دارای مواد آلی دریایی و قاره‌ای و رسوب‌گذاری سریع در شرایط نسبتاً اکسیدان، C: محیط‌های با سرعت رسوب‌گذاری متوسط در شرایط احیایی، CD: محیط‌های عمیق در مجاورت نقاط کوهزایی (جونز، ۱۹۸۷)

مورد مطالعه دارای محدوده رخساره‌ای C,CD و به مقدار کمتر در محدوده‌های رخساره‌ای BC (نمونه شماره ۱۰)، AB (نمونه شماره ۳) می‌باشند. همچنین یک نمونه (نمونه شماره ۱۲) بین محدوده‌های رخساره‌ای A و AB قرار دارد. رخساره‌های آلی سازند گرو با داشتن محدوده‌های متغیر دلیلی بر تلفیق ماده‌ی آلی دریایی با خشکی بوده که نشان‌دهنده شرایط محیطی با پیشروی‌ها و پسروی‌های متعدد است (شکل ۷). ویژگی‌های محدوده‌های مشخص شده عبارتند از:



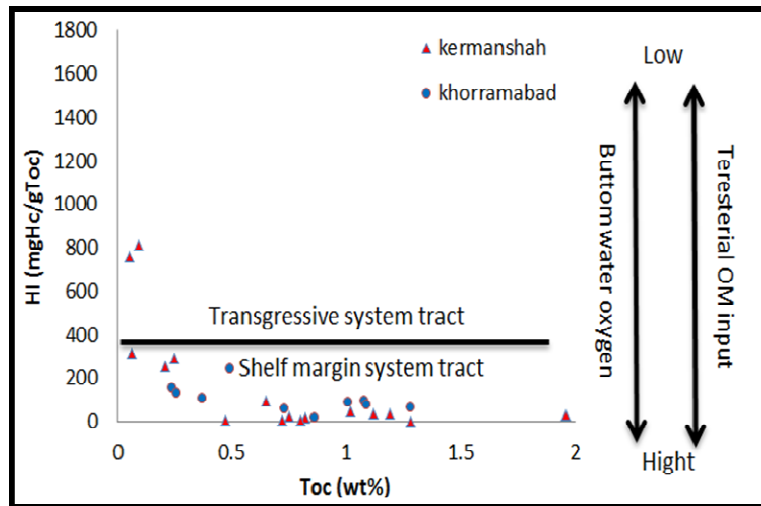
شکل ۶. نمودار S_2/TOC جهت تعیین پتانسیل هیدروکربن‌زایی نمونه‌های مورد مطالعه (پیترز، ۱۹۸۶)



شکل ۷. نمودار مقادیر HI در مقابل TOC جهت تعیین رخساره آلی (جونز، ۱۹۸۷)

اما تعدادی از نمونه‌های سازند گرو در شمال باختر کرمانشاه (نمونه‌های شماره ۳ و ۱۲) در مرحله سطح بالای آب بر جای گذاشته شده‌اند. بنابراین به نظر می‌رسد علت این امر متغیر بودن شرایط محیطی (پیشروی و پسروی دریا) در زمان نهشته شدن رسوبات سازند گرو می‌باشد (شکل ۸).

جهت شناسایی شرایط محیط رسوب‌گذاری می‌توان از نمودار HI/TOC استفاده کرد (پاسلی و همکاران، ۱۹۹۱). اکثر نمونه‌های سازند گرو در مناطق مورد مطالعه در مرحله سطح پایین آب، پیشروی‌ها و پسروی‌هایی را متحمل شده‌اند و همین امر سبب اکسید شدن نمونه‌ها و کاهش TOC آن‌ها شده و در نتیجه باعث کاهش پتانسیل هیدروکربن‌زایی سنگ منشأ شده است



شکل ۸. رسم مقادیر HI در مقابل TOC (پاسلی و همکاران، ۱۹۹۱)

کاهش TOC آن‌ها شده و در نتیجه باعث کاهش پتانسیل هیدروکربن‌زایی سنگ منشأ شده است اما تعدادی از نمونه‌های سازند گرو در شمال باختر کرمانشاه در مرحله سطح بالای آب بر جای گذاشته شده‌اند. بنابراین به نظر می‌رسد علت این امر متغیر بودن شرایط محیطی (پیشروی و پسروی دریا) در زمان نهشته شدن رسوبات سازند گرو می‌باشد.

منابع

اختری، م و قویدل‌سیوکی، م (۱۳۸۵) بررسی پتانسیل هیدروکربوری سازند گرو به عنوان سنگ منشأ نفت خام بر اساس ترمال مچوریتی پالینومرف‌ها، دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۷۲-۱۶۵.

اسدی‌مهماندوستی، الف. علیزاده، ب و آدابی، م. ح (۱۳۹۰) ارزیابی ژئوشیمیایی سنگ‌های منشأ و نفت خام میدان نفتی مارون با استفاده از دستگاه پیرولیز راک-اول و کروماتوگرافی گازی، فصل‌نامه علوم‌زمین، سازمان

نتیجه‌گیری

بررسی‌های صورت گرفته و تفسیر نتایج پیرولیز راک- اول بر روی نمونه‌های سازند گرو نشان می‌دهد که نمونه‌های سازند گرو در مناطق مورد مطالعه دارای کروژن غالب تیپ III بوده اما نمونه‌های سازند گرو در شمال باختر کرمانشاه از نظر منشأ مواد آلی دارای کروژن نوع دیگری (I و II) نیز می‌باشند اما مقدار آن‌ها کم است. نمونه‌های سازند گرو در شمال باختر کرمانشاه در مرحله‌ی بلوغ حداکثری تا مرحله‌ی تولید گاز مرطوب و خشک می‌باشند اما نمونه‌های سازند گرو در باختر خرم‌آباد در مرحله‌ی نابالغ تا بلوغ حداکثری قرار دارند. شاخص هیدروژن نمونه‌های سازند گرو در غرب خرم‌آباد بین ۲۵۰-۵۰ mgHc/gRock است، بنابراین به نظر می‌رسد توان و پتانسیل سازند گرو در این نمونه‌ها بیش‌تر معطوف به تولید هیدروکربن‌های سبک (گازی) باشد. اکثر نمونه‌های سازند گرو در مناطق مورد مطالعه در مرحله سطح پایین آب، پیشروی‌ها و پسروی‌هایی را متحمل شده‌اند و همین امر سبب اکسید شدن نمونه‌ها و

- samples of stratigraphic columns of Kabir-Kuh, Tang-e-Haft, Khorram Abad (North West) and Khorram Abad (South East). Paleontological report, 642p.
- Hunt, J. M (1996) Petroleum geochemistry and geology. W.H. Freeman and Company, New York, 743p.
- Jafarian, MB., Abdolahi, M, T., Goodarzi, G. H., Allahyari, M., Pirhadi, G. h., Partoazar, H (2011) KhorramAbad geological map 1:25000, Geological survey & Mineral Exploration of Iran, 56561p.
- James, G. A., and J. G. Wynd (1965) Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 49: 2182-2245.
- Jones, R. W (1987) Organic Facies. American Association of Petroleum Geologists London, 2: 1-90.
- Pasley, M. A., Gregory, W. A., Hart, G. F (1991) Organic matter variations in transgressive and regressive shale. Organic Geochemistry, 17 (4): 483-509.
- Peters, K. E., Cassa, M. R (1994) Applied source rock geochemistry. The petroleum system-From source to trap: American Association of Petroleum Geologists Memoir, 60: 93-120.
- Peters, K. E (1986) Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis. American Association of Petroleum Bulletin, 70: 318-329.
- Sarfi, M., Ghasemi-Nejad, E., Mahanipour, A., Yazdi-Moghadam, M., Sharifi, M (2014) Integrated biostratigraphy and geochemistry of the lower Cretaceous Radiolarian Flood Zone of the base of the Garau Formation, northwest of Zagros Mountains, Iran. Arabian Journal of Geosciences, 8: 7245-7255.
- Vafaie, A., Habibnia, B., Moallemi, S. A (2015) Experimental investigation of the pore structure characteristic of the garau gas shale formation in the Lurestan Basin, Iran. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 1-11
- زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شماره ۸۲، سال بیست و یکم، ۳۸-۳۱.
- اشکان، م (۱۳۸۳) اصول مطالعات ژئوشیمیایی سنگ‌های منشأ هیدروکربوری و نفت‌ها، انتشارات مدیریت اکتشاف تهران، ۳۵۵ ص.
- تولایی، م. افتخاری، ن و کسایی، م (۱۳۸۶) مطالعه و ارزیابی سازند گرو در مقطع کوه سفید مرز لرستان-کرمانشاه از نظر سنگ منشأ، مجله پژوهش نفت، شماره ۲-۵۶، سال هفدهم، ۱۲۹-۱۲۱.
- جمالیان، م، آدابی، م. ح، موسوی، م. ر و صادقی ع (۱۳۹۰) ژئوشیمی و پتروگرافی سازند گرو (نئوکومین-آپسین) در برش نمونه (کبیرکوه، استان ایلام)، فصلنامه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۲، سال بیست و هفتم، ۲۶-۱.
- دانشگر، ی (۱۳۹۰) پالینوفاسیس، محیط‌رسوبی و ارزیابی پتانسیل هیدروکربورزائی سازند گرو در چاه هلیلان در لرستان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده زمین‌شناسی دانشگاه تهران، ۸۸ ص.
- مطیعی، ه (۱۳۷۲) زمین‌شناسی ایران، چینه‌شناسی زاگرس، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۳۶ ص.
- یوسفی، م و نظری بدیع، ا (۱۳۹۴) ارزیابی خصوصیات ژئوشیمیایی مواد آلی سازند گرو (کرتاسه پیشین) در جنوب لرستان، دوفصل‌نامه رسوب‌شناسی کاربردی، شماره ۵، دوره ۳، ۱۱-۱.
- Ala, M. A., Kinghorn, R. R. F., Rahman, M (1980) Organic geochemistry and source rock characteristics of the Zagros petroleum province, southwest Iran. Journal of Petroleum Geology, 3: 61-69.
- Bordenave, M. L., Burwood, R (1990) Source rock distribution and maturation in the Zagros Orogenic Belt: Provenance of Asmari and Bangestan reservoir oil accumulations. Organic Geochemistry, 16: 366-387.
- Bordenave, M. L., Huc, A. Y (1995) The Cretaceous source rock in the Zagros Foothills of Iran, Revue De Institut Francais Du Petrol, 50: 727-754.
- Espitalie J, Deroo G, Marquis F (1985) La pyrolysis Rock-Eval at ses applications. Oil & Gas Science and Technology, 40 (6): 755-784.
- Hosseini, S. A, and Bahrami, S. H (2005) Micropaleontological studies on the surface