

ارزیابی ژئوشیمی آلی نهشته‌های سازند گرو با بهره‌گیری از داده‌های پیرولیز راک-اول در باختر خرم‌آباد و شمال باختری 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 ویژگی‌های ژئوشیمی آلی سازند گرو در دو برش سطحی در باختر خرم‌آباد و شمال باختری کرمانشاه به روش پیرولیز راک-اول II مورد ارزیابی قرار گرفت. بر پایه واکاوی داده‌های موجود، اکثر نمونه‌های سازند گرو در مناطق مورد بررسی دارای کروژن نوع III هستند، اما نمونه‌های سازند گرو در شمال باختری کرمانشاه دارای مقدار کمتری کروژن از نوع I و II نیز می‌باشند. کربن آلی کل نمونه‌های باختر خرم‌آباد و شمال باختری کرمانشاه به ترتیب $0.24-1.28$ و $0.05-1.96$ درصد وزنی در تغییر است. مقدار T_{max} نمونه‌ها نیز به ترتیب $416 - 445$ تا $441-480$ درجه سانتی‌گراد تغییر می‌کند. کروژن نمونه‌های مورد بررسی در باختر خرم‌آباد در مرحله‌ی نارس تا رسیده حداکثری قرار گرفته‌اند، اما کروژن نمونه‌های سازند گرو در شمال باختری کرمانشاه در مرحله‌ی رسیده حداکثری (پنجره‌ی نفتی) تا مرحله‌ی تولید گاز تر و خشک قرار گرفته‌اند.

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

پیشگفتار

ویترینایت نمونه‌های سازند گرو در برش کوه سفید (مرز استان‌های لرستان و کرمانشاه) عنوان نمودند که میانگین انعکاس ویترینایت 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 کاتائز، مسیر رسیده 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 ژرف دریا متعلق به یک پلاتفرم کربناته از نوع رمپ تشکیل شده است. یوسفی و نظری بدیع (۱۳۹۴) نیز در مطالعه‌ی ارزیابی ویژگی‌های ژئوشیمیایی مواد آلی سازند گرو (کرتاسه پیشین) در جنوب لرستان، عنوان نمودند که ۷۵ درصد نمونه‌ها دارای کروژن نوع III

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 پژوهش‌ها می‌توان به کارهای انجام 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. یافته‌های این پژوهش نشان داد درصد کربن آلی کل نمونه‌های این واحد سنگی نسبتاً ضعیف و عمدتاً در حدود $0/5 - 1/5$ درصد متغیر است. اختری و قویدل (۱۳۸۵) بر پایه 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 اندازه‌گیری ضریب انعکاس

مواد و روش‌ها

شمار 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 بهره‌گیری از دستگاه پیرولیز راک-اول مدل II واکاوی شدند. جایگاه این نمونه‌ها بر روی ستون‌های چینه‌شناسی نشان داده شده است (شکل‌های ۴ الف و ب و جدول ۱).

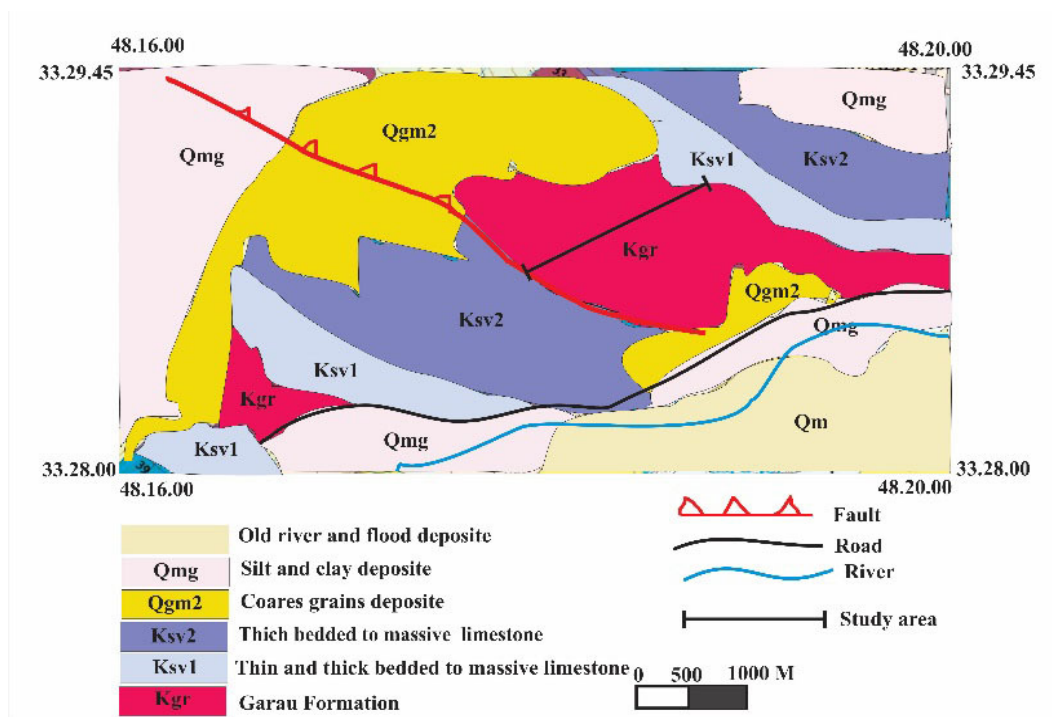
گفتگو

برای تعیین نوع کروژن از نمودار شاخص هیدروژن در برابر مقادیر T_{max} بهره‌گیری 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 پایه‌ها 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).

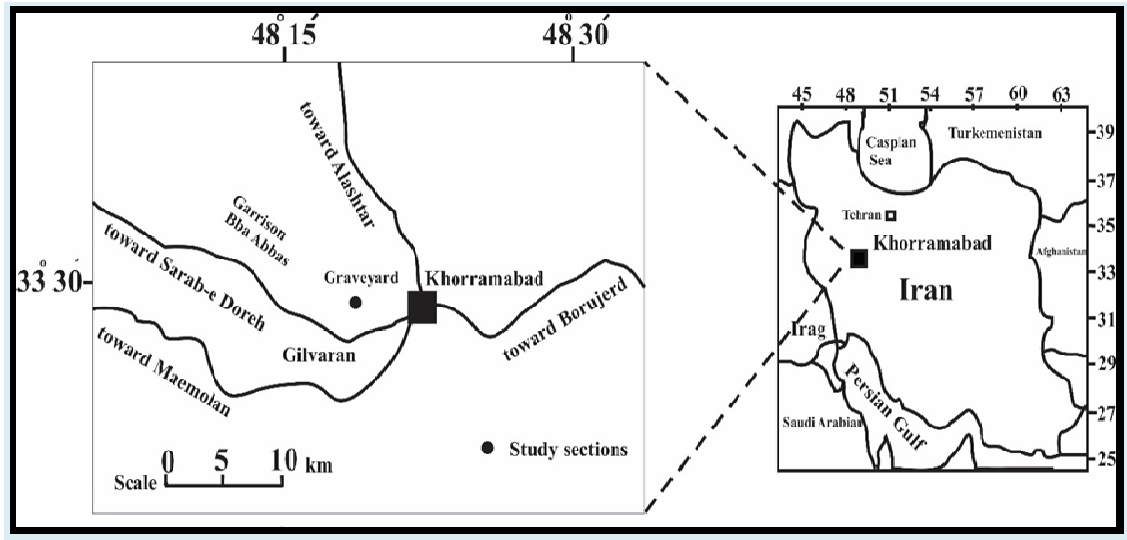
هستند و توانایی تولید گاز را دارند و ۲۵ درصد از نمونه‌ها دارای کروژن نوع II می‌باشند و افزون بر تولید گاز، پتانسیل زایش نفت را نیز دارند. در این پژوهش وضعیت سنگ منشأ احتمالی گرو از نظر نوع کروژن، میزان پختگی (رسیده) ماده آلی، میزان پتانسیل هیدروکربن‌زایی، رخساره‌های آلی و شرایط محیط رسوب‌گذاری در دو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

جایگاه جغرافیایی

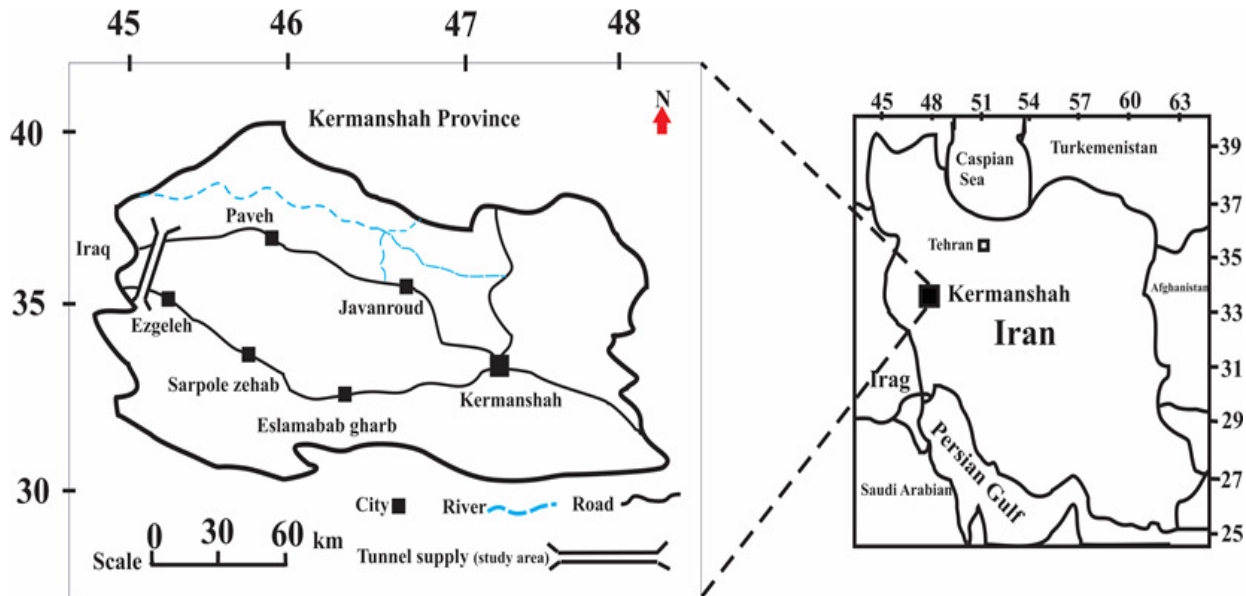
بخشی از سازند گرو با ستبرای ۱۳۷/۵ متر در حوالی خرم‌آباد مورد بررسی ژئوشیمی آلی قرار گرفته است. برش مورد مطالعه از سازند گرو شامل مختصات $33^{\circ}29'45''N$ ، $48^{\circ}20'00''E$ می‌باشد (شکل ۱). این برش در فاصله‌ی ۵ کیلومتری باختر شهرستان خرم‌آباد واقع شده است (شکل ۲). برش دیگر با ستبرای ۵۰۰ متر در 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 $45^{\circ}52'49''$ است (شکل ۳).



شکل ۱. بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰ خرم‌آباد (سازمان زمین‌شناسی کشور، جعفریان، ۲۰۱۱)



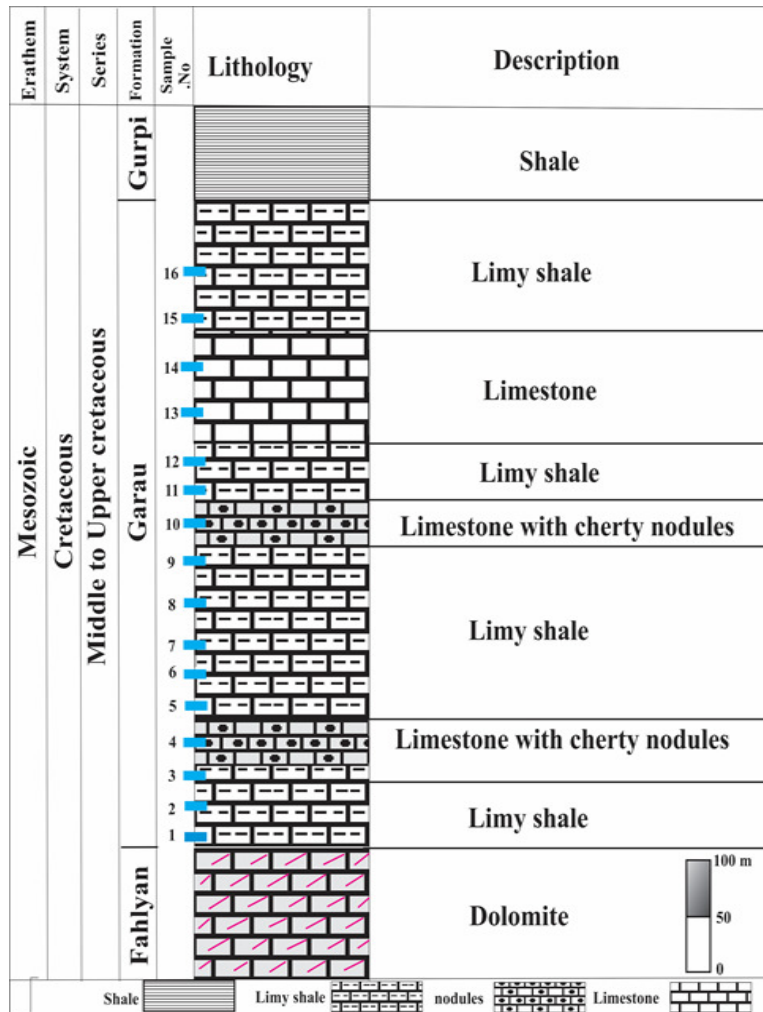
شکل ۲. نقشه راه‌های دسترسی به سازند گرو در باختر خرم‌آباد



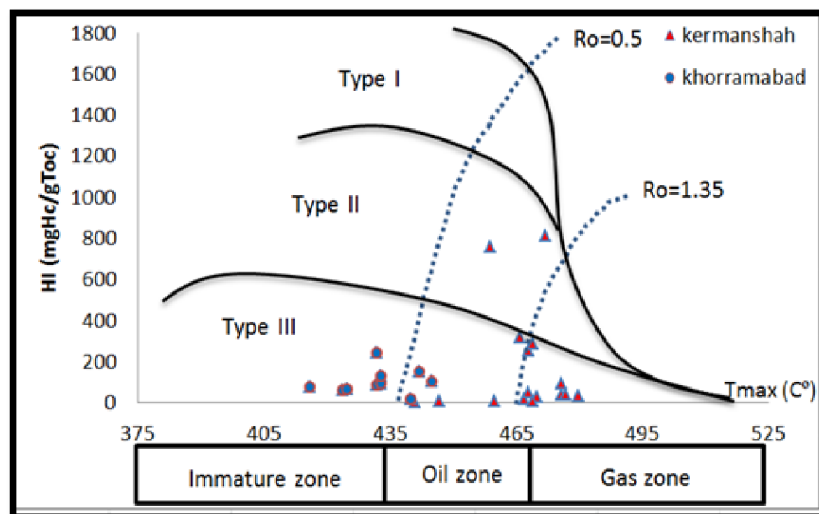
شکل ۳. جایگاه جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش مورد بررسی (منطقه شمال باختر کرمانشاه)

باختر خرم‌آباد در مرحله‌ی نارس تا رسیده حداکثری قرار گرفته‌اند اما نمونه‌های سازند گرو در شمال باختر کرمانشاه در مرحله‌ی رسیده حداکثری (پنجره‌ی نفتی) تا مرحله‌ی تولید گاز تر و خشک قرار گرفته‌اند. نمونه‌های سازند گرو در شمال باختر کرمانشاه دارای T_{max} بالا می‌باشند این نمونه‌ها قبلاً به رسیدگی گرمایی 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 پایه معیارهای بررسی کیفیت، کمیت و رسیدگی سنگ منشأ، برپایه 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 واکاوی قرار گرفته نشان می‌دهد که نمونه‌های مورد مطالعه در



شکل ۴. ستون چینه‌شناسی شماتیک برش‌های مورد بررسی به همراه جایگاه 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 دوتایی HI در مقابل Tmax برای شناسایی میزان رسیدگی و نوع کروژن نمونه‌ها (هانت، ۱۹۹۶)

جدول ۱. یافته‌های واکاوی راک- اول نمونه‌های سازند گرو در باختر خرم‌آباد و شمال باختری کرمانشاه

No	Formation	Area	S ₁ (mgHc/g Rock)	S ₂ (mgHc/g Rock)	S ₃ (mgCO ₂ /g Rock)	T _{max} (°C)	HI (mgHc/g Rock)	OI (mgCO ₂ /g Rock)	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

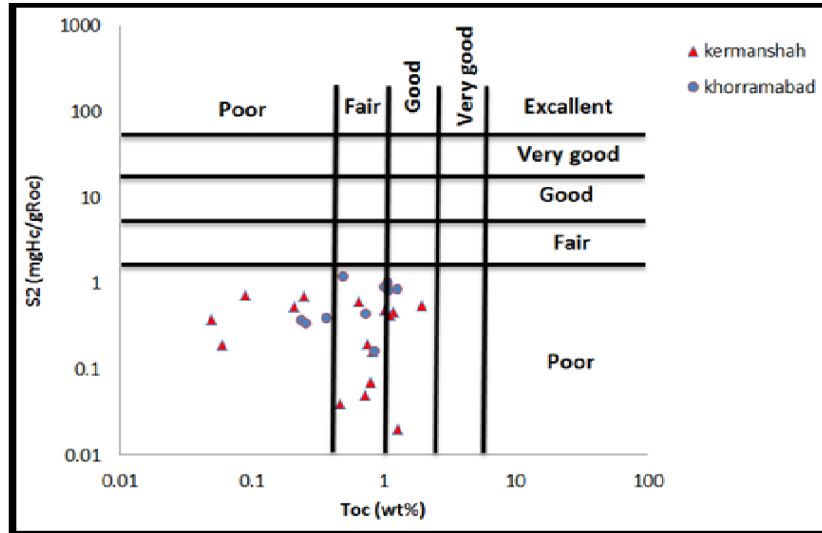
ترتیب سنگ منشاهای متوسط و ضعیف می‌باشند (اسپیتلی و همکاران، ۱۹۸۵). بنابراین شکل ۶ نشان دهنده‌ی این است که نمونه‌های سازند گرو در باختر خرم‌آباد و شمال باختر کرمانشاه پتانسیل ضعیفی برای تولید هیدروکربن دارند.

برای تعیین رخساره‌ی آلی سازند گرو از نمودار جونز (۱۹۸۷) بهره‌گیری شده است. بنابراین، با پلات کردن نمونه‌های سازند گرو در نمودار جونز (۱۹۸۷) نمونه‌های 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:

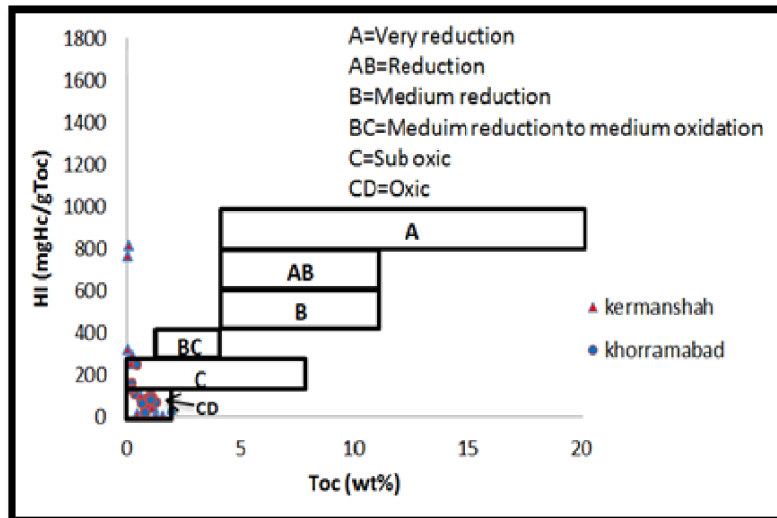
برای تعیین پتانسیل هیدروکربن‌زایی نمونه‌ها از نمودار S_2/TOC بهره‌گیری شد (پیترز، ۱۹۸۶). هیچ کدام از نمونه‌های سازند گرو در باختر خرم‌آباد و شمال باختر کرمانشاه دارای TOC بالای ۲ درصد وزنی نمی‌باشند. سنگ منشاهای دارای S_2 بین ۵ تا ۱۰ و بیش‌تر از ۱۰ $mgHc/gRock$ به ترتیب سنگ منشاهای خوب و عالی می‌باشند (پیترز، ۱۹۸۶) و سنگ منشاهایی که دارای S_2 بین ۲/۵ تا ۵ $mgHc/gRock$ و کمتر از ۲/۵ باشند به مورد بررسی دارای محدوده رخساره‌ی C, CD و به مقدار کمتر در محدوده‌های رخساره‌ی BC (نمونه شماره ۱۰)، AB (نمونه شماره ۳) می‌باشند. همچنین یک نمونه (نمونه شماره ۱۲) بین محدوده‌های رخساره‌ی AB و A قرار دارد. رخساره‌های آلی سازند گرو با داشتن

اکسیدان، *C*: محیط‌های با سرعت رسوب‌گذاری متوسط در شرایط احیایی، *CD*: محیط‌های ژرف در مجاورت نقاط کوهزایی (جونز، ۱۹۸۷)

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



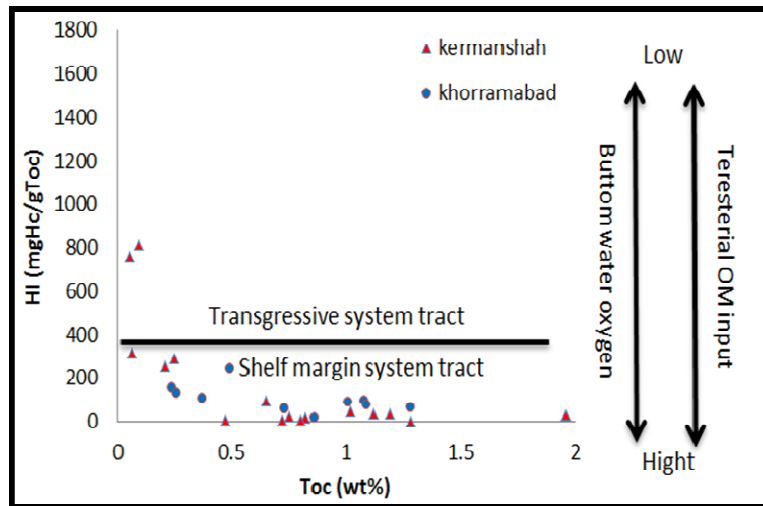
شکل ۶. نمودار دوتایی SZ/TOC برای شناسایی پتانسیل هیدروکربن‌زایی نمونه‌های مورد بررسی (پیترز، ۱۹۸۶)



شکل ۷. نمودار دوتایی HI در برابر TOC برای شناسایی 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).

برای شناسایی شرایط محیط رسوب‌گذاری می‌توان از نمودار HI/TOC بهره‌گیری 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. نمودار دوتایی HI در برابر TOC (پاسلی و همکاران، ۱۹۹۱)

نتیجه‌گیری

بررسی‌های انجام گرفته و تفسیر نتایج پیرولیز راک- اول بر روی نمونه‌های سازند گرو نشان می‌دهد که نمونه‌های سازند گرو در مناطق مورد بررسی دارای کروژن چیره 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 باختری کرمانشاه در مرحله‌ی رسیده حداکثری تا مرحله‌ی تولید گاز تر و خشک می‌باشند اما نمونه‌های سازند گرو در باختر خرم‌آباد در مرحله‌ی نارس تا رسیده حداکثری قرار دارند. شاخص هیدروژن نمونه‌های سازند گرو در غرب خرم‌آباد بین ۲۵۰-۵۰ mgHg/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 بررسی 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 اما شماری 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، ۱۶۵-۱۷۲.

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 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، ص ۳۵۵.

تولایی، م. افتخاری، ن و کسائی، 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 هیدروکربورزایی سازند گرو در چاه هلیلان در لرستان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده زمین‌شناسی دانشگاه تهران، ۸۸ ص.

- Sarfī, M., Ghasemi-Nejad., E., Mahanipour, A., Yazdi-Moghadam, M., Sharifī, 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.
- 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, Reve 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 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.