

ارزیابی توان هیدروکربور زایی رسوبات سازندهای گرو-گدوان در منطقه زاگرس

مرتفع در ناحیه کوهستانی شمال فروافتادگی دزفول توسط دستگاه "Rock-Eval"

محمد کسایی نجفی

مرکز مطالعات اکتشاف و تولید، پژوهشگاه صنعت نفت

چکیده

روش پیرولیزواکسیداسیون توسط دستگاه ارزیاب سنگ مادر (Rock Eval) در حال حاضر متداولترین روش ارزیابی توان هیدروکربن زایی رسوبات توسط شرکت های نفتی جهان می باشد. در این مقاله، نتایج حاصل از ارزیابی ژئوشیمیایی رسوبات سازندهای گرو-گدوان در منطقه زاگرس مرتفع در ناحیه کوهستانی شمال فروافتادگی دزفول توسط این روش مورد بررسی قرار گرفته شده است. نتایج آنالیز ۴۹۹ نمونه از سنگهای این سازندها در منطقه مورد مطالعه نشان می دهند که سنگهای سازند گرو در برش های قالی کوه، چمسنگر و قلعه تک نشانگر سنگ مادر هیدروکربوری در حد متوسط تا عالی می باشند. بر اساس نتایج شاخص هیدروژن می توان گفت که مواد آلی موجود در رسوبات برش قالی کوه به طور عمده دارای توان تولید نفت و مقدار کمتری گاز، برش قلعه تک دارای توان تولید نفت و گاز و برش چمسنگر دارای توان تولید گاز می باشند. بر اساس نتایج Tmax و اندکس تولید، نمونه های این سه مقطع نشان دهنده بلوغ مواد آلی در محدوده پنجره نفت زایی می باشند. عوامل ژئوشیمیایی به دست آمده برای نمونه برداشت شده از ۳۰ متر بالای برش ۱۷۰ متری سازند گدوان در ناحیه کوه فهلیان نشان دهنده سنگ مادر خوب می باشند.

Hydrocarbon Source Rock Evaluation by Using the Rock-Eval: Evaluation of the Garu and Gadvan Formations in the High Zagros Area in the North of Dezful Embayment

M. Kassaie

Research Institute of Petroleum Industry

P.O.Box:18745-4163, Tehran, Iran

ABSTRACT

Rock-Eval pyrolysis and oxidation are the most widely used methods by exploration companies for identifying and evaluating potential source rocks in sedimentary basins. In this article, these methods and the parameters resulted from their application are first explained. Then, based on screened data resulted from analyzing 499 outcrop samples by using Rock-Eval pyrolysis and oxidation methods, the hydrocarbon source potentiality of Garau and Gadvan Formations in the high Zagros area in the North Dezful Embayment is discussed and presented as charts. The resulted parameters show that the Garau Formation in the Ghalikuh, Chamsangar and

Galeh Tak Sections is a good to excellent source rock. The Hydrogen Index of the samples indicate that Garau Formation is capable of generating primarily oil and less gas in the Ghalikouh Section, oil and Gas in the Ghaleh Tak Section and primarily gas in the Chamsangar Section. "Tmax" values obtained for the samples from the three aforesaid sections indicate organic matter maturity levels in the range of oil generating zone.

Only a 30 meter interval of the 170 meter thick Kuh-e-Fahliyan geologic section from the Gadvan Formation is indicative of a good hydrocarbon source rock.

مقدمه

این مطالعه به منظور ارزیابی کمی و کیفی توان هیدروکربورزایی سنگ های مادر احتمالی گروه خامی شامل سازند گلدوان یا معادل آن سازند گرو در منطقه زاگرس مرتفع درمنطقه کوهستانی شمال فروافتادگی دزفول با استفاده از روش های پیرولیز واکسیداسیون توسط دستگاه ارزیاب سنگ

نتایج حاصل از آنالیز نمونه ها توسط دستگاه

"Rock-Eval"

نتایج به دست آمده از آنالیز نمونه های برش های چمنسنگر، قالی کوه، قلعه تک و کوه فهلیان به عنوان سنگ های مادر بالقوه قابل بررسی می باشند که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته اند.

مادر "Rock Eval" انجام شده است [۱]. برای این منظور از بیرون زدگی های سازندهای گرو یا گلدوان در برش های چمنسنگر، دالانی (اشترانکوه)، قالی کوه، قلعه تک (کوهرنگ)، کوه فهلیان، ایزه و دوراهان به طور جمع ۴۹۹ نمونه برداشت شد که پس از آماده سازی کلیه آنها توسط دستگاه ارزیاب سنگ مادر آنالیز شدند.

جدول ۱- نتایج ارزیابی نمونه های سازند گرو در برش چمنسنگر توسط دستگاه ارزیاب سنگ مادر.

Sample	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI CO2	TPI	TOC
۱	۰.۲	۰.۴۱	۰.۴۱	۴۵۰	۵۷	۵۷	۰.۳۳	۰.۷۲
۲	۰.۳۶	۰.۷	۰.۲۳	۴۶۱	۷۶	۲۵	۰.۳۴	۰.۹۲
۳	۰.۵۹	۲.۰۹	۰.۴۵	۴۶۸	۸۶	۱۹	۰.۲۲	۲.۴۳
۴	۰.۱۲	۰.۳۷	۰.۴۷	۴۵۵	۴۱	۵۲	۰.۲۴	۰.۹
۵	۰.۰۹	۰.۴۶	۱.۱۴	۴۵۸	۲۹	۷۲	۰.۱۶	۱.۵۸
۶	۰.۴۹	۱.۴۴	۰.۲۷	۴۶۵	۹۴	۱۸	۰.۲۵	۱.۵۴
۷	۰.۴۶	۱.۵۵	۰.۲۶	۴۷۱	۱۳۱	۲۲	۰.۲۳	۱.۱۸
۸	۰.۷۲	۲.۶۲	۰.۴۱	۴۶۳	۹۳	۱۵	۰.۲۲	۲.۸۱
۹	۰.۶۷	۲.۵۶	۰.۳۴	۴۶۴	۱۰۰	۱۳	۰.۲۱	۲.۵۶
۱۰	۰.۷۳	۲.۴	۰.۴۵	۴۶۹	۱۳۲	۲۵	۰.۲۳	۱.۸۲
۱۱	۰.۲۷	۰.۸۸	۰.۷۸	۴۵۱	۵۹	۵۲	۰.۲۳	۱.۴۹
۱۲	۰.۱۹	۰.۹۹	۰.۸۷	۴۵۵	۵۶	۴۹	۰.۱۶	۱.۷۶
۱۳	۰.۱۵	۰.۳۴	۱.۳۷	۵۰۰	۲۹	۱۱۸	۰.۳۱	۱.۱۶
۱۴	۰.۲۳	۱.۲	۰.۴۷	۴۶۰	۱۰۹	۴۳	۰.۱۶	۱.۱
۱۵	۰.۳۶	۰.۴۸	۰.۲۱	۴۵۴	۱۲۳	۵۴	۰.۴۳	۰.۳۹
۱۶	۰.۷۶	۱.۷۸	۰.۲۶	۴۶۶	۱۶۶	۲۴	۰.۳	۱.۰۷
۱۷	۰.۶۵	۱.۲۳	۰.۳۱	۴۵۹	۱۳۵	۳۴	۰.۳۵	۰.۹۱
۱۸	۰.۷۹	۲.۶۱	۰.۳۵	۴۵۹	۱۲۸	۱۷	۰.۲۳	۲.۰۴
۱۹	۰.۶۱	۱.۵۳	۰.۱۵	۴۶۰	۱۲۸	۱۲	۰.۲۹	۱.۲
۲۰	۰.۰۷	۰.۳۳	۰.۶۲	۴۵۸	۳۵	۶۶	۰.۱۷	۰.۹۴
۲۱	۰.۳۲	۱.۰۶	۰.۳۹	۴۵۱	۹۲	۳۴	۰.۲۳	۱.۱۵
۲۲	۰.۰۷	۰.۳۳	۰.۷۲	۴۵۵	۳۰	۶۵	۰.۱۷	۱.۱
۲۳	۰.۱۴	۰.۶	۰.۵۶	۴۵۴	۵۴	۵۰	۰.۱۹	۱.۱۱
۲۴	۰.۳	۰.۷۳	۰.۱۴	۴۶۵	۱۲۲	۲۳	۰.۲۹	۰.۶
۲۵	۰.۱۵	۰.۷۸	۰.۷۹	۴۵۲	۴۹	۵۰	۰.۱۶	۱.۵۹
۲۶	۰.۵۷	۱.۱۱	۰.۱۸	۴۵۷	۱۳۴	۲۲	۰.۳۴	۰.۸۳
۲۷	۰.۰۹	۰.۳	۰.۵۴	۴۵۴	۳۹	۷۰	۰.۲۳	۰.۷۷
۲۸	۰.۳۳	۰.۶۴	۰.۱۷	۴۵۵	۱۱۹	۳۱	۰.۳۴	۰.۵۴
۲۹	۰.۱۲	۰.۴۳	۰.۴۵	۴۵۰	۴۹	۵۲	۰.۲۲	۰.۸۷
۳۰	۰.۴۹	۱.۲۹	۰.۲۲	۴۵۹	۱۰۶	۱۸	۰.۲۸	۱.۲۲

۳۱	۰.۱۱	۱.۰۱	۲.۳۷	۴۵۹	۳۲	۷۵	۰.۱	۳.۱۸
۳۲	۰.۵۱	۲.۸۷	۰.۸۳	۴۶۶	۹۸	۲۸	۰.۱۵	۲.۹۴
۳۳	۰.۳۵	۰.۹۱	۰.۱۵	۴۵۸	۷۹	۱۳	۰.۲۸	۱.۱۵
۳۴	۰.۲۳	۱.۵	۰.۸۸	۴۵۴	۵۶	۳۳	۰.۱۳	۲.۶۶
۳۵	۰.۶۴	۱.۸۹	۰.۰۴	۴۶۶	۱۵۴	۳	۰.۳۵	۱.۲۳
۳۶	۰.۱۶	۰.۳۴	۰.۰۹	۴۵۱	۸۷	۲۳	۰.۳۲	۰.۳۹
۳۷	۰.۵۷	۱.۴۱	۰.۰۶	۴۶۰	۱۱۶	۵	۰.۲۹	۱.۲۲
۳۸	۰.۱۴	۰.۹۶	۰.۰۴	۴۵۶	۷۹	۳۳	۰.۱۳	۱.۲۱
۳۹	۰.۲	۱.۱۸	۰.۴۶	۴۵۰	۸۲	۳۲	۰.۱۴	۱.۴۴
۴۰	۰.۶۵	۱.۹۳	۰.۲۷	۴۵۳	۱۳۰	۱۸	۰.۲۵	۱.۴۹
۴۱	۰.۳۶	۰.۸۷	۰.۰۷	۴۴۴	۲۱۲	۱۷	۰.۲۹	۰.۴۱
۴۲	۰.۵۵	۱.۴۶	۰.۰۶	۴۵۲	۲۴۷	۱۰	۰.۲۷	۰.۵۹
۴۳	۰.۰۵	۰.۳۴	۰.۶۴	۴۴۳	۴۲	۷۹	۰.۱۳	۰.۸۱
۴۴	۰.۰۵	۰.۴۵	۰.۸۲	۴۴۵	۴۵	۸۱	۰.۱	۱.۰۱
۴۵	۰.۲	۱.۰۵	۰.۳۸	۴۴۲	۱۰۶	۳۸	۰.۱۶	۰.۹۹
۴۶	۰.۲	۱.۹۵	۰.۵۷	۴۴۶	۱۰۴	۳۰	۰.۰۹	۱.۸۸
۴۷	۰.۴۴	۲.۲۶	۰.۲۹	۴۴۹	۱۹۷	۲۵	۰.۱۶	۱.۱۵
۴۸	۰.۱۳	۰.۵۱	۰.۱۸	۴۴۲	۱۰۶	۳۸	۰.۲	۰.۴۸
۴۹	۰.۴۳	۱	۰.۰۶	۴۵۰	۲۰۴	۱۲	۰.۳	۰.۴۹
۵۰	۰.۰۷	۰.۵۶	۰.۸۱	۴۴۹	۵۰	۷۲	۰.۱۱	۱.۱۳
۵۱	۰.۱۸	۰.۶۲	۰.۲۴	۴۴۴	۱۲۲	۴۷	۰.۲۲	۰.۵۱
۵۲	۰.۱۳	۰.۴۵	۰.۱۵	۴۴۳	۹۸	۳۳	۰.۲۲	۰.۴۶
۵۳	۰.۶۲	۱.۷۷	۰.۰۴	۴۵۳	۲۳۳	۵	۰.۲۶	۰.۷۶
۵۴	۰.۳۵	۲.۱	۰.۱۵	۴۴۸	۱۶۸	۱۲	۰.۱۴	۱.۲۵
۵۵	۰.۲۳	۲.۳۱	۰.۵۴	۴۳۸	۱۳۴	۳۱	۰.۰۹	۱.۷۲
۵۶	۰.۰۸	۰.۶۲	۰.۳۹	۴۵۲	۸۶	۵۴	۰.۱۱	۰.۷۲
۵۷	۰.۲۲	۱.۱۳	۰.۲۶	۴۴۷	۱۳۰	۳۰	۰.۱۶	۰.۸۷
۵۸	۰.۴۷	۲.۵۳	۰.۰۹	۴۵۳	۱۹۵	۷	۰.۱۶	۱.۳
۵۹	۰.۲۴	۱.۷۴	۰.۱۹	۴۵۱	۱۵۴	۱۷	۰.۱۲	۱.۱۳
۶۰	۰.۱۴	۱.۷۴	۰.۲۸	۴۴۸	۱۲۹	۲۱	۰.۰۷	۱.۳۵
۶۱	۰.۴۱	۲.۱۵	۰.۰۶	۴۵۴	۱۸۲	۵	۰.۱۶	۱.۱۸
۶۲	۰.۲۶	۱.۴۱	۰.۱۳	۴۵۰	۲۰۱	۱۹	۰.۱۶	۰.۷
۶۳	۰.۰۷	۱.۳۱	۰.۰۴	۴۴۸	۲۷۹	۹	۰.۳۵	۰.۴۷
۶۴	۰.۱۱	۱.۳۷	۰.۱۳	۴۵۰	۱۶۳	۱۵	۰.۰۷	۰.۸۴
۶۵	۰.۰۷	۰.۷۲	۰.۹۴	۴۴۳	۸۲	۱۰۷	۰.۰۹	۰.۸۸
۶۶	۰.۰۹	۰.۵۸	۰.۲۴	۴۴۰	۱۹۳	۸۰	۰.۱۳	۰.۳
۶۷	۰.۱۸	۰.۶۶	۰.۰۸	۴۴۴	۲۲۰	۲۷	۰.۲۱	۰.۳
۶۸	۰.۱۳	۰.۹۸	۰.۰۵	۴۴۱	۳۱۶	۱۶	۰.۱۲	۰.۳۱
۶۹	۰.۸۹	۴.۷۳	۰.۲۸	۴۵۸	۲۲۳	۱۳	۰.۱۶	۲.۱۲
۷۰	۰.۲	۲.۴۸	۰.۱۹	۴۵۱	۱۹۵	۱۵	۰.۰۷	۱.۲۷
۷۱	۰.۳۵	۳.۲۲	۰.۲۴	۴۵۰	۱۷۴	۱۳	۰.۰۷	۱.۸۵
۷۲	۰.۵۸	۲.۲۱	۰.۲۲	۴۵۰	۱۷۰	۱۷	۰.۲۱	۱.۳

جدول ۲- نتایج ارزیابی نمونه های سازند گرو در برش قالی کوه توسط دستگاه ارزیاب سنگ مادر

Sample	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI CO2	TPI	TOC
۱	۱.۲	۱۵.۸۹	۰.۲۵	۴۳۲	۵۶۵	۹	۰.۰۷	۲.۸۱
۲	۱.۰۳	۲۷.۲۲	۱.۲۶	۴۳۰	۴۷۷	۲۲	۰.۰۴	۵.۷۱
۳	۱.۱۴	۱۶.۲۳	۰.۲۹	۴۳۲	۵۷۳	۱۰	۰.۰۷	۲.۸۳
۴	۰.۵۱	۱۴.۲۶	۰.۴۵	۴۳۱	۵۴۰	۱۷	۰.۰۳	۲.۶۴
۵	۱	۲۴.۴۴	۰.۳۴	۴۲۸	۵۸۱	۸	۰.۰۴	۴.۲۱
۶	۰.۰۷	۲.۷۶	۰.۵۷	۴۳۱	۳۲۱	۶۶	۰.۰۲	۰.۸۶
۷	۱.۰۹	۱۳.۴۱	۰.۷۱	۴۲۷	۵۴۳	۲۹	۰.۰۸	۲.۴۷

8	-.01	14.24	-.7	F27	088	29	-.3	2.42
9	-.94	18.03	-.82	F22	092	26	-.05	3.2
10	-.71	20	-.87	F24	090	20	-.3	3.04
11	-.88	14.4	-.07	F24	018	24	-.06	2.32
12	-.04	9.84	-.49	F26	082	29	-.05	1.69
13	1.07	22.42	-.68	F20	016	18	-.14	3.8
14	-.72	21.02	-.62	F20	004	17	-.3	3.06
15	1.22	27.42	-.7	F22	006	17	-.05	4.18
16	-.06	2.27	-.22	F29	094	09	-.2	0.48
17	-.05	2.46	-.24	F21	009	00	-.2	0.44
18	-.62	4.94	-.26	F28	074	20	-.11	0.86
19	-.11	4.00	-.42	F29	006	04	-.3	0.8
20	-.22	1.01	-.89	F20	092	02	-.2	2.00
21	-.76	16.90	-.21	F21	009	12	-.14	2.39
22	-.10	20.74	1.27	FF0	292	19	-.1	6.00
23	-.19	2.90	-.20	F20	007	07	-.06	0.52
24	-.2	18.26	1.09	F29	291	22	-.1	4.69
25	-.61	18.07	-.46	FF2	280	10	-.3	4.69
26	1.24	17.88	-.21	FF2	028	7	-.07	4.18
27	-.02	21.80	0.4	FF2	020	10	-.2	4.2
28	-.89	9.61	-.09	F26	014	20	-.8	2.32
29	1.06	12.92	-.17	FF2	026	7	-.07	2.6
30	1.29	9.06	-.14	F20	047	10	-.12	1.4
31	1.04	0.29	-.1	F20	001	11	-.16	0.88
32	-.49	2.86	-.12	F27	020	24	-.10	0.54
33	-.81	21.20	0.4	FF2	007	10	-.14	4.19
34	-.77	11.42	-.40	F24	004	16	-.06	2.82
35	-.2	8.28	-.72	F28	202	26	-.2	2.72
36	-.84	12.81	-.2	F28	090	12	-.06	2.09
37	-.24	6.84	-.68	F26	218	22	-.3	2.10
38	-.82	4.01	-.17	F20	020	22	-.17	0.70
39	1.02	8.81	-.28	F20	090	21	-.1	1.78
40	1.24	6.77	-.2	F28	000	16	-.10	1.22
41	-.41	1.02	-.26	F27	072	17	-.14	2.12
42	-.62	14.21	-.49	FF0	080	17	-.14	2.96
43	1.08	10.61	-.27	FF1	079	11	-.06	3.26
44	-.88	8.46	-.28	F26	081	22	-.9	1.76
45	1.44	10.96	-.22	FF0	077	12	-.12	1.9
46	-.62	10.42	-.82	F26	291	21	-.06	2.67
47	1.12	17.92	-.08	F26	021	19	-.06	4.16
48	-.08	1.6	-.04	F20	222	00	-.05	0.72
49	-.42	9.04	-.27	F29	099	10	-.05	1.81
50	-.20	4.49	-.28	F28	004	21	-.07	0.89
51	-.26	12.29	-.44	F27	094	16	-.2	2.69
52	-.22	6.09	-.27	F28	099	28	-.3	1.22
53	-.08	0.76	-.24	F26	202	80	-.1	0.2
54	-.17	8.28	-.7	FF2	019	20	-.2	2
55	-.29	8.09	-.41	F26	090	20	-.05	1.60
56	-.20	9.2	-.29	F26	079	10	-.3	1.92
57	-.22	9.44	-.24	FF0	024	19	-.2	1.8
58	-.22	18.02	-.00	F20	066	19	-.2	3.87
59	-.21	7.7	-.17	F27	092	12	-.3	1.27
60	-.02	22.27	1.04	FF2	000	21	-.2	4.92
61	-.61	19.7	-.46	F26	001	12	-.3	3.92

۶۲	۰.۴۶	۱۵.۰۳	۰.۳	۴۳۸	۵۳۹	۱۱	۰.۰۳	۲.۷۹
۶۳	۱.۰۱	۲۸.۳۶	۰.۵۶	۴۳۵	۴۹۴	۱۰	۰.۰۳	۵.۷۴
۶۴	۰.۷۸	۱۸.۷	۰.۵۶	۴۳۴	۵۱۵	۱۵	۰.۰۴	۳.۶۳

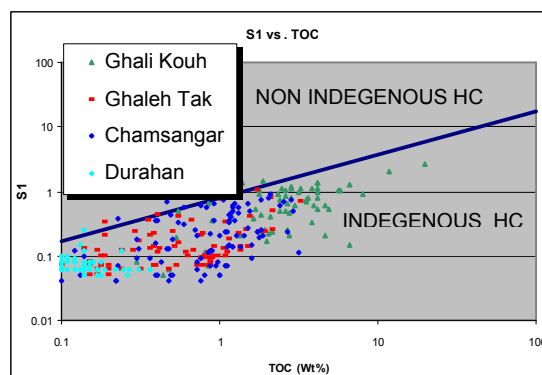
جدول ۳- نتایج ارزیابی نمونه های سازند گرو در برش قلعه تک توسط دستگاه ارزیاب سنگ مادر

Sample	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI CO2	TPI	TOC
۱	۱	۵.۹۱	۰.۴۳	۴۲۳	۵۳۲	۳۹	۰.۱۴	۱.۱۱
۲	۰.۱۴	۲.۵۱	۰.۳۸	۴۲۹	۴۸۳	۷۳	۰.۰۵	۰.۵۲
۳	۰.۱۸	۴.۴۹	۰.۷۲	۴۲۸	۳۸۷	۶۲	۰.۰۴	۱.۱۶
۴	۰.۲۲	۳.۵۲	۰.۴۴	۴۲۸	۴۵۱	۵۶	۰.۰۶	۰.۷۸
۵	۰.۲۴	۲.۷۴	۰	۴۲۶	۵۳۷	۰	۰.۰۸	۰.۵۱
۶	۰.۳۶	۳.۸	۰	۴۲۷	۵۶۷	۰	۰.۰۹	۰.۶۷
۷	۰.۱۳	۱.۹۱	۰	۴۲۹	۴۵۵	۰	۰.۰۶	۰.۴۲
۸	۰.۱۴	۱.۴۲	۰.۲۱	۴۲۲	۳۷۴	۵۵	۰.۰۹	۰.۳۸
۹	۰.۴	۵.۸	۰.۸۴	۴۲۰	۳۷۹	۵۵	۰.۰۶	۱.۵۳
۱۰	۱.۰۴	۱۰.۰۵	۰.۲۳	۴۲۶	۵۷۴	۱۳	۰.۰۹	۱.۷۵
۱۱	۰.۱۱	۱.۹۵	۰.۳۴	۴۲۱	۳۲۰	۵۶	۰.۰۵	۰.۶۱
۱۲	۰.۱۱	۱.۶۱	۰.۱۵	۴۲۵	۳۹۳	۳۷	۰.۰۶	۰.۴۱
۱۳	۰.۱۶	۱.۸۵	۰.۳۹	۴۲۲	۳۴۳	۷۲	۰.۰۸	۰.۵۴
۱۴	۰.۲	۳	۰.۴۹	۴۲۰	۳۹۰	۶۴	۰.۰۶	۰.۷۷
۱۵	۰.۷۹	۱۱.۲۵	۰.۶۳	۴۲۲	۵۴۱	۳۰	۰.۰۷	۲.۰۸
۱۶	۰.۱۴	۳.۴۱	۰.۴۷	۴۲۰	۳۷۱	۵۱	۰.۰۴	۰.۹۲
۱۷	۰.۱	۲.۱۷	۰.۳۸	۴۲۰	۳۴۴	۶۰	۰.۰۴	۰.۶۳
۱۸	۰.۲۶	۸.۱۹	۰.۳۷	۴۲۴	۵۵۳	۲۵	۰.۰۳	۱.۴۸
۱۹	۰.۳۲	۵.۸۴	۰.۳۴	۴۲۵	۵۳۱	۳۱	۰.۰۵	۱.۱
۲۰	۰.۲۵	۷.۱۵	۱.۴۵	۴۲۲	۳۳۶	۶۸	۰.۰۳	۲.۱۳
۲۱	۰.۰۹	۱.۷۶	۰.۷۴	۴۲۶	۲۲۹	۹۶	۰.۰۵	۰.۷۷
۲۲	۰.۴۹	۱۲.۴۴	۰.۶۵	۴۲۲	۵۷۳	۳۰	۰.۰۴	۲.۱۷
۲۳	۰.۱۴	۳.۹۳	۰.۸	۴۲۲	۳۳۶	۶۸	۰.۰۳	۱.۱۷
۲۴	۰.۰۷	۰.۹۶	۰.۳۶	۴۲۷	۲۵۳	۹۵	۰.۰۷	۰.۳۸
۲۵	۰.۲۴	۶.۸۸	۱.۱۵	۴۲۰	۳۸۷	۶۵	۰.۰۳	۱.۷۸
۲۶	۰.۰۹	۲.۲۹	۰.۵۶	۴۲۴	۲۹۴	۷۲	۰.۰۴	۰.۷۸
۲۷	۰.۱	۲.۶۶	۰.۵۷	۴۲۳	۲۹۶	۶۳	۰.۰۴	۰.۹
۲۸	۰.۰۷	۰.۵۵	۰.۷۷	۴۲۴	۱۴۱	۱۹۷	۰.۱۱	۰.۳۹
۲۹	۰.۱۴	۴.۳۳	۰.۸۶	۴۲۹	۳۲۱	۶۴	۰.۰۳	۱.۳۵
۳۰	۰.۱۱	۳.۴	۰.۸۳	۴۲۲	۳۰۴	۷۴	۰.۰۳	۱.۱۲
۳۱	۰.۱۳	۳.۷۸	۰.۵۶	۴۲۸	۳۶۰	۵۳	۰.۰۳	۱.۰۵
۳۲	۰.۱۴	۵	۰.۹۶	۴۲۱	۳۳۳	۶۴	۰.۰۳	۱.۵
۳۳	۰.۲۲	۶.۸۷	۰.۴۲	۴۲۴	۵۲۴	۳۲	۰.۰۳	۱.۳۱
۳۴	۰.۰۹	۲.۱۱	۰.۷۱	۴۲۲	۲۴۵	۸۳	۰.۰۴	۰.۸۶
۳۵	۰.۰۹	۲.۴۵	۰.۸۲	۴۲۰	۲۷۵	۹۲	۰.۰۴	۰.۸۹
۳۶	۰.۰۷	۱.۹۴	۱.۲	۴۲۷	۲۲۰	۱۳۶	۰.۰۳	۰.۸۸
۳۷	۰.۱۲	۲.۹۷	۰.۳۸	۴۲۱	۴۳۷	۵۶	۰.۰۴	۰.۶۸
۳۸	۰.۰۷	۱.۵۴	۰.۶	۴۲۸	۲۱۴	۸۳	۰.۰۴	۰.۷۲
۳۹	۰.۰۷	۱.۵۸	۰.۷۲	۴۲۷	۲۰۰	۹۱	۰.۰۴	۰.۷۹
۴۰	۰.۰۷	۱.۸۶	۰.۶۶	۴۲۶	۲۱۶	۷۷	۰.۰۴	۰.۸۶
۴۱	۰.۰۶	۰.۹۶	۰.۵۶	۴۴۱	۲۰۰	۱۱۷	۰.۰۶	۰.۴۸
۴۲	۰.۲۳	۷.۱۲	۱.۲۶	۴۲۱	۳۶۹	۶۵	۰.۰۳	۱.۹۳
۴۳	۰.۰۷	۰.۹۴	۰.۶۹	۴۴۰	۱۷۷	۱۳۰	۰.۰۷	۰.۵۳
۴۴	۰.۱	۳.۲۱	۰.۸۲	۴۲۵	۲۹۴	۷۵	۰.۰۳	۱.۰۹

۴۵	۰.۱	۲.۶۷	۰.۷۴	۴۳۶	۲۷۲	۷۶	۰.۰۴	۰.۹۸
۴۶	۰.۱۲	۴.۲	۰.۹۵	۴۳۲	۳۰۷	۶۹	۰.۰۳	۱.۳۷
۴۷	۰.۰۶	۰.۳۵	۰.۶۳	۴۲۸	۱۰۹	۱۹۷	۰.۱۵	۰.۳۲
۴۸	۰.۰۸	۱.۹۴	۰.۷۹	۴۳۶	۲۲۰	۹۰	۰.۰۴	۰.۸۸
۴۹	۰.۱	۲.۲	۰.۷۴	۴۳۳	۲۷۲	۹۱	۰.۰۴	۰.۸۱
۵۰	۰.۱۱	۲.۳۱	۰.۷۶	۴۳۴	۲۷۲	۸۹	۰.۰۵	۰.۸۵
۵۱	۰.۶۹	۱۵.۴۷	۱.۴۶	۴۲۸	۴۷۶	۴۵	۰.۰۴	۳.۲۵
۵۲	۰.۱۳	۱.۲۶	۰.۱۸	۴۲۵	۳۵۰	۵۰	۰.۰۹	۰.۳۶
۵۳	۰.۱۷	۰.۹۴	۰.۱۵	۴۲۹	۳۰۳	۴۸	۰.۱۵	۰.۳۱
۵۴	۰.۷۶	۴.۸۴	۰.۲۹	۴۲۲	۴۷۰	۲۸	۰.۱۴	۱.۰۳
۵۵	۰.۲۱	۱.۵۵	۰.۱۵	۴۲۴	۴۳۱	۴۲	۰.۱۲	۰.۳۶
۵۶	۰.۴۳	۱.۷	۰.۱۴	۴۳۱	۴۱۵	۳۴	۰.۰۲	۰.۴۱
۵۷	۰.۴۱	۲.۲۸	۰.۱۳	۴۳۳	۴۱۵	۲۴	۰.۱۵	۰.۵۵

جدول ۴- نتایج ارزیابی نمونه های سازند گرو در برش کوه فهلیان توسط دستگاه ارزیاب سنگ مادر

Sample	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI CO2	TPI	TOC
۱	۰.۱۳	۶.۷۲	۱.۰۷	۴۳۷	۴۱۰	۶۵	۰.۰۲	۱.۶۴
۲	۰.۴۸	۱۰	۰.۴۴	۴۱۹	۵۵۹	۲۵	۰.۰۵	۱.۷۹
۳	۰.۲۶	۸.۰۳	۰.۷۴	۴۲۸	۴۶۴	۴۳	۰.۰۳	۱.۷۳
۴	۰.۰۵	۰.۶۵	۰.۵۲	۴۴۳	۱۲۵	۱۰۰	۰.۰۷	۰.۵۲
۵	۰.۰۷	۰.۹۹	۰.۰۶	۴۴۵	۱۸۰	۱۰۹	۰.۰۷	۰.۵۵
۶	۰.۱	۲.۹۴	۰.۶۵	۴۲۸	۲۸۵	۶۳	۰.۰۳	۱.۰۳



نمودار ۲- داده های "S₁" درمقابل "TOC" برای کلیه نمونه های آنالیز شده از سازند گرو در برش چمسنگر. این نمودار بر اساس ارتباط بین "C₁₅"، هیدروکربن های قابل جداسازی (extractable hydrocarbons)، و کربن آلی کل بنا شده است. خط رسم شده، خط جدا کننده بین نمونه های دارای هیدروکربن در جازا و غیر در جازا می باشد [۲]

برش های قالی کوه، چمسنگر و قلعه تک ارتباط دارد. براساس محاسبات "S₁/TOC"، نمودارهای S₁ در مقابل درصد "TOC" (نمودار ۲) و نتایج "TPI" و نمودار "TPI" درمقابل ضخامت (ارتفاع)، هیدروکربن های آزاد اندازه گیری شده (S₁) برای کلیه برش ها در حد مجاز است.

سازند گرو

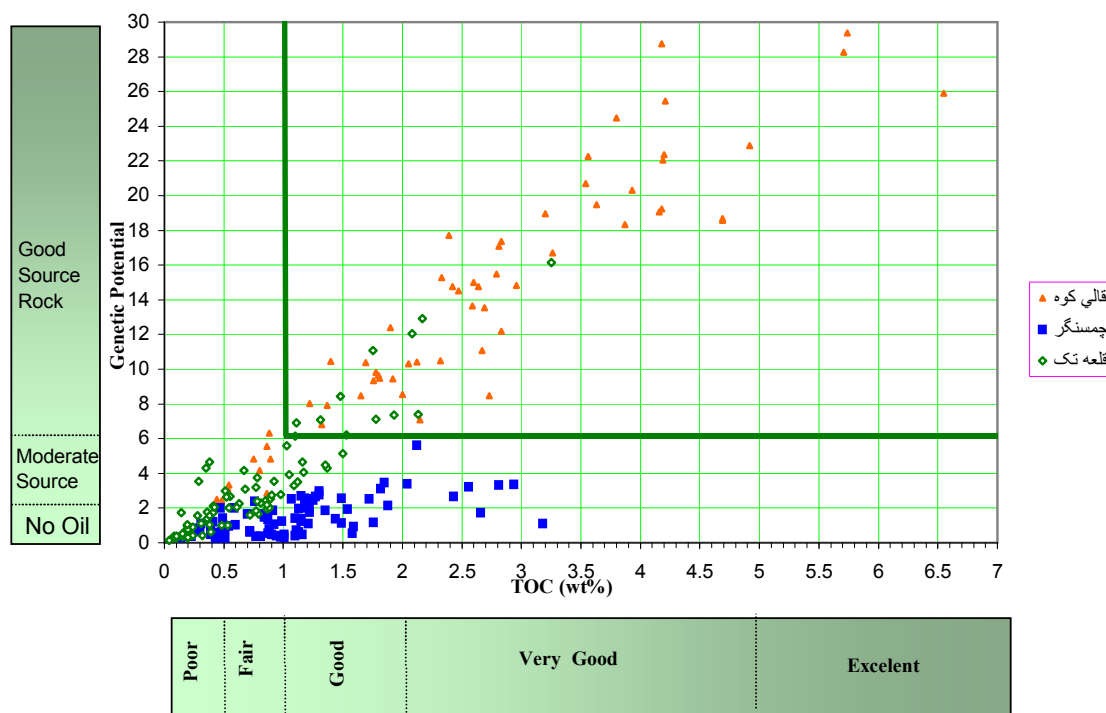
نتایج به دست آمده از آنالیز نمونه های سازند گرو در برش های چمسنگر، قالی کوه، قلعه تک و دوراهان نشان می دهند که بالاترین مقادیر هیدروکربن تولید شده از مواد آلی سازند گرو در برش های مورد مطالعه به ترتیب از بیشتر به کمتر به

از نظر اندکس هیدروژن نیز نمونه های برش قالی کوه بالاترین ارزش (۲۲۲ تا ۷۰۹) را دارند، نمونه های برش های قلعه تک (۱۰۰ تا ۶۰۰) و چمسنگر (۵ تا ۳۱۶) به ترتیب در رده های بعدی قرار می گیرند. این امر نشان می دهد که رسوبات سازند گرو در برش قالی کوه به طور عمده دارای توان تولید نفت و مقادیر کمتری گاز اند. در برش قلعه تک رسوبات سازند گرو دارای توان تولید نفت و گاز و در برش چمسنگر به طور عمده دارای توان تولید گاز می باشند.

با توجه به نتایج به دست آمده برای اندکس هیدروژن و همچنین نمودارهای اندکس هیدروژن در برابر "Tmax" (نمودار ۴) و اندکس هیدروژن در برابر اندکس اکسیژن (نمودار ۵) می توان دید که کروژن مواد آلی سازند گرو در برش های قالی کوه و قلعه تک نوع II و در برش

بر اساس نتایج "S2"، کربن آلی کل و اندکس ژنتیکی محاسبه شده و همچنین نمودار های اندکس ژنتیکی در برابر درصد "TOC" می توان نتیجه گرفت [۳] که از بین برش های مورد مطالعه، از نظر کمی بهترین توان نفت زایی را رسوبات غنی از مواد آلی سازند گرو در برش قالی کوه دارا هستند (نمودار ۳).

برخی از نمونه های این برش در حقیقت نشان دهنده یک سنگ مادر عالی و استثنائی اند. در مرتبه بعدی نمونه های برش قلعه تک قرار دارند. از نظر توان نفت زایی رسوبات غنی از مواد آلی سازند گرو در برش قلعه تک نشان دهنده یک سنگ مادر هیدروکربنی متوسط تا خوب هستند. نمونه های آنالیز شده از سازند گرو در برش چمسنگر نشان دهنده یک سنگ مادر با توان نفت زایی متوسط اند.



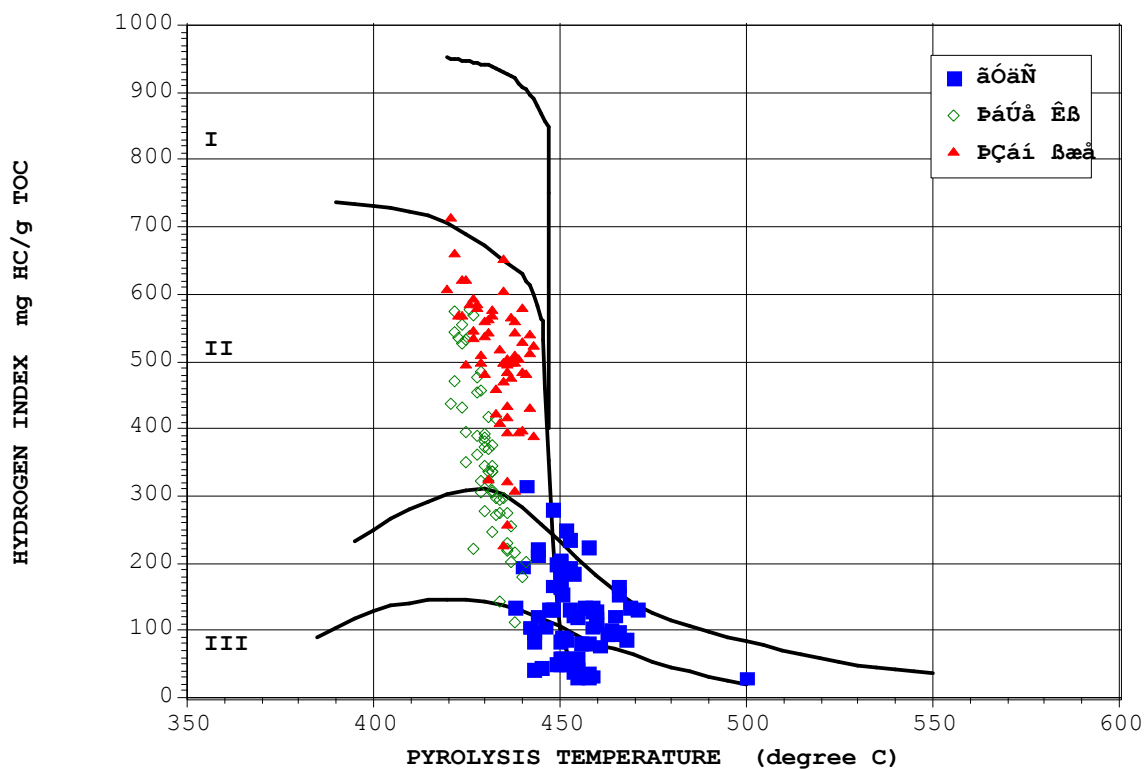
نمودار ۳- کیفیت رسوبات سازند گرو در برش های قالی کوه، قلعه تک و چمسنگر از نظر توان هیدروکربن زایی نشان داده شده است [۳]

۰/۲۳) تقریباً برابر است. با توجه به این که در برش قالی کوه مقادیر دست آمده برای "S₂" بسیار بالاتر از این مقادیر برای برش قلعه تک است، TPI کمتر برای قالی کوه و بیشتر برای قلعه تک دور از انتظار نیست.

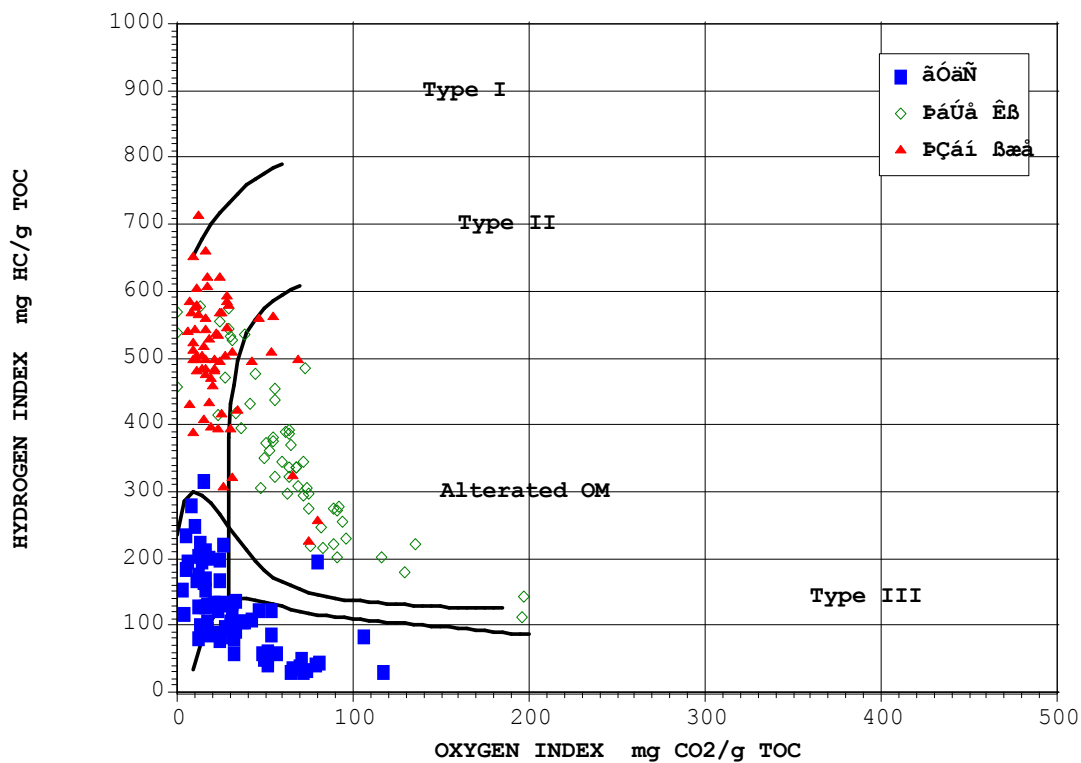
عامل های کمی به دست آمده برای نمونه های برش دوراهان نشان می دهند که رسوبات این برش فاقد کمیت ها و کیفیت های مناسب برای تولید هیدروکربن هستند. ارزش های به دست آمده برای "S₁" نشان می دهند که هیدروکربن تولید شده در این رسوبات بسیار ناچیز می باشد. میزان "S₂" اندازه گیری شده در این نمونه ها نیز نشان دهنده عدم وجود توان نفت زایی در این نمونه هاست.

چمسنگر کروژن های نوع II، آلتزه شده و یا نوع III می باشد (نمودار ۴).

با توجه به عوامل بلوغ (Tmax و اندکس تولید کل TPI) بالاترین درجه پختگی در برش چمسنگر (Tmax بین ۴۴۰ تا ۴۷۰ و TPI بین ۰/۰۱ تا ۰/۳۵) دیده می شود. نمونه های سازند گرو در قاعده این برش نشان می دهند که مواد آلی در اواخر مرحله نفت زایی قرار دارند. درجه پختگی مواد آلی در برش های قالی کوه (Tmax بین ۴۲۰ تا ۴۴۳ و TPI بین ۰/۱ تا ۰/۱۷) و قلعه تک (Tmax بین ۴۲۱ تا ۴۴۵ و TPI بین ۰/۸ تا

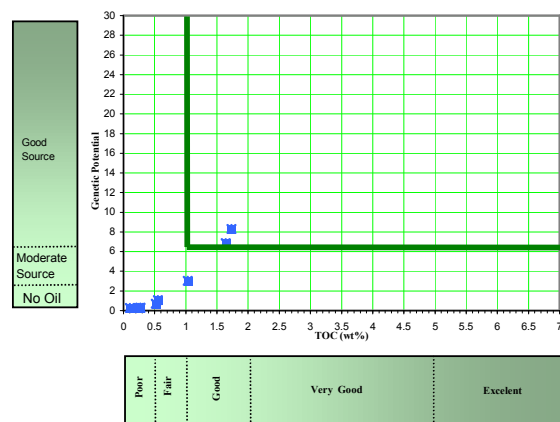


نمودار ۴-۶ در مقابل "Tmax" برای نمونه های سازند گرو در برش های قالی کوه، قلعه تک و چمسنگر

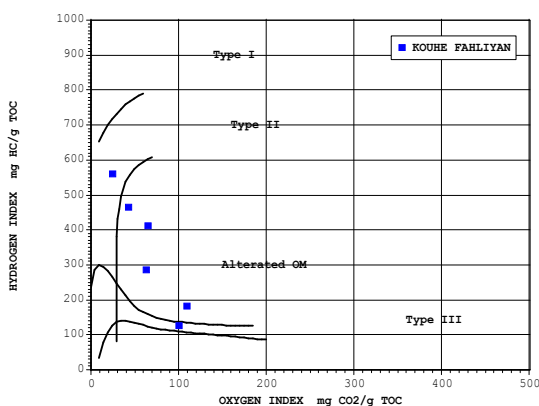


نمودار ۵- "HI" در مقابل "OI" برای نمونه های سازند گرو در برش های قالی کوه، قلعه تک و چمسنگر

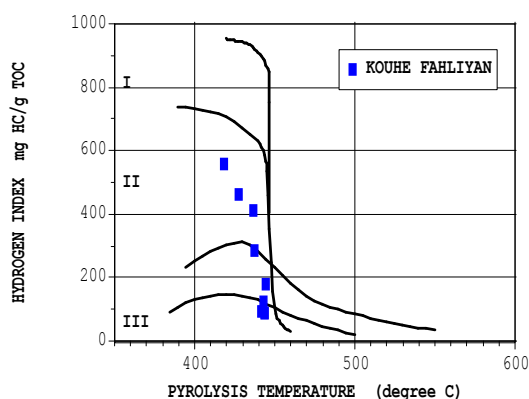
سازند گدوان
 در این مطالعه تنها برش از سازند گدوان که از ان نمونه برداشت شده ومورد مطالعه قرار گرفته است، برش کوه فهلیان می باشد. در این برش، سازند گدوان حدود ۱۷۰ متر بیرون زدگی دارد. نتایج پیرولیز توسط دستگاه ارزیاب سنگ مادر نشان می دهد که تقریبا فقط ۳۰ متر بالای این



نمودار ۶- کیفیت رسوبات سازند گرو در برش کوه فهلیان از نظر توان هیدروکربن زایی نشان داده شده است



نمودار ۸- نمودار "HI" در مقابل "OI" برای نمونه های سازند گدوان درمقطع کوه فهلیان



نمودار ۷- نمودار "HI" در مقابل "Tmax" برای نمونه های سازند گدوان درمقطع کوه فهلیان

نتایج

نتایج به دست آمده از آنالیز نمونه های سازند گرو در برش های چمسنگر، قالی کوه، قلعه تک در بخش های گذشته مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. با توجه به نتایج حاصل و نمودارهای شرح داده شده مربوطه می توان نتیجه گرفت که: بالاترین مقادیر هیدروکربور تولید شده از مواد آلی سازند گرو در برش های مورد مطالعه به ترتیب از بیشتر به کمتر به برش های قالی کوه، چمسنگر و قلعه تک ارتباط دارد. براساس محاسبات "S1/TOC"، نمودارهای S1 در مقابل درصد "TOC" و نتایج "TPI"، هیدروکربن های آزاد اندازه گیری شده (S1) برای کلیه برش ها در حد مجاز است.

براساس نتایج "S2"، کربن آلی کل و اندکس ژنتیکی محاسبه شده همچنین نمودار های اندکس ژنتیکی در برابر درصد "TOC" می توان نتیجه گرفت که از بین برش های مورد مطالعه، از نظر کمی بهترین توان نفت زایی را رسوبات غنی از مواد آلی سازند گرو در برش قالی کوه دارا هستند. در مرتبه بعدی نمونه های برش قلعه تک قرار دارند. از نظر نفت زایی رسوبات غنی از مواد آلی سازند گرو در برش قلعه تک نشان دهنده یک سنگ مادر هیدروکربنی متوسط تا

سازند عوامل ژئوشیمیایی مناسب یک سنگ مادر خوب را دارا می باشند (نمودار ۶). تعدادی اندکی از نمونه های دیگر این برش نیز مقادیر قابل قبولی را دارند.

براساس نمودارهای شاخص هیدروژن در برابر "Tmax" (نمودار ۷) و شاخص هیدروژن در برابر شاخص اکسیژن (نمودار ۸) می توان دید که کروژن مواد آلی سازند گدوان در برش کوه فهلیان از نوع II و احتمالاً از نوع III می باشند. عامل های بلوغ "Tmax" و اندکس تولید کل نشان می دهند که مواد آلی این برش در اوایل مرحله نفت زایی قرار دارند.

نتایج کلیه عامل های کمی و کیفی نشان می دهند که رسوبات این برش که به عنوان رسوبات سازند گدوان تصور شده اند، هیچگونه توان هیدروکربن زایی ندارند. از میان نمونه های آنالیز شده فقط یک نمونه دارای "S2" بیشتر از ۰/۲ است که "Tmax" آن ۴۳۰ است. براین اساس می توان بلوغی در حدود ویا اندکی پیش از اوایل مرحله نفت زایی را برای این برش برآورد کرد.

خوب هستند. نمونه های آنالیز شده از سازند گرو در برش چمسنگر نشان دهنده یک سنگ مادر با توان نفت زایی متوسط اند.

از نظر اندکس هیدروژن نیز نمونه های برش قالی کوه بالاترین ارزش را دارند، نمونه های برش های قلعه تک و چمسنگر به ترتیب در رده های بعدی قرار می گیرند. این امر نشان می دهد که رسوبات سازند گرو در برش قالی کوه به طور عمده دارای توان تولید نفت و مقادیر کمتری گاز اند. در برش قلعه تک رسوبات سازند گرو دارای توان تولید نفت و گاز و در برش چمسنگر به طور عمده دارای توان تولید گاز می باشند.

با توجه به نتایج به دست آمده برای شاخص هیدروژن و همچنین نمودارهای شاخص هیدروژن در برابر "Tmax" و شاخص هیدروژن در برابر شاخص اکسیژن می توان دید که کروژن مواد آلی سازند گرو در برش های قالی کوه و قلعه تک نوع II و در برش چمسنگر کروژن های نوع II، آلتره شده و نوع III می باشد.

با توجه به عوامل بلوغ (Tmax و شاخص تولید کل TPI)

بالاترین درجه پختگی در برش چمسنگر دیده می شود. گرو در قاعده این برش نشان می دهند که مواد آلی در اواخر مرحله نفت زایی قرار دارند. درجه پختگی مواد آلی در برش های قالی کوه و قلعه تک تقریباً برابر است. با توجه به اینکه در برش قالی کوه مقادیر به دست آمده برای "S2" بسیار بالاتر از این مقادیر برای برش قلعه تک است، TPI کمتر برای قالی کوه و بیشتر برای قلعه تک دور از انتظار نیست.

در این مطالعه تنها برش از سازند گدوان که از ان نمونه برداشت شده و مورد مطالعه قرار گرفته است، برش کوه فهلیان می باشد. در این برش، سازند گدوان حدود ۷۵۰ متر بیرون زدگی دارد. نتایج پیرولیز توسط دستگاه ارزیاب سنگ مادر نشان می دهد که تقریباً فقط ۳۰ متر بالای این سازند پارمترهای ژئوشیمیایی مناسب یک سنگ مادر خوب را دارا می باشند.

- [1] Espitalie, J., M. Madec, B. Tissot, J. J. Mennig, and P. Leplat, Source rock characterization method for petroleum exploration: Proceedings of the Ninth Offshore Technology Conference, Houston, p. 439-442, 1977.
- [2] Hunt, J. M., Petroleum Geochemistry and Geology: San Francisco, W. H. Freeman, 617 p., 1979.
- [3] Peters, K. E., Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis: AAPG Bulletin, v. 70, p.329., 1986.