پژوهشهاي چينه نگاري و رسوب شناسي

سال بيستم و پنجم – شماره پياپي ۳۶ – شماره اول – بهار و تابستان ۱۳۸۸

تاريخ وصول: ۱۳۸۷/۱۲/۲۰ تاريخ پذيرش: ۱۳۸۸/۵/۳۱

صص۶۶-۵۳

پالينولوژي و پتانسيل نفتي سازند آب تلخ (كرتاسه: كامپانين زيرين– ماستريختين زيرين) در حوضه رسوبي كپه داغ، شمال شرق ايران

ابراهيم قاسمي نژاد، *دانشيار گروه زمين شناسي دانشگاه تهران* *

زينب رضايي، *كارشناس ارشد چينه و فسيل*

چكيده:

سازندآب تلخ با سن كامپانين – ماستريختين يكي از واحد هاي سنگ چينه‌اي حوضه رسوبي كپه‌داغ به شمار مي‌رود. پالينومورف‌هاي دريايي (داينوفلاژله‌ها) با درجه حفظ شدگي نسبتاً خوب در قسمت زيرين و مياني اين سازند در برش الگو يافت مي‌شوند در حالي كه نيمه بالايي برش حاوي تعداد اندكي پالينومورف مي‌باشد. در اين مطالعه علاوه بر پالينولوژي، تعداد ۷ نمونه مورد پيروليز راك– ايول قرار گرفت. مطالعه اسلايدهاي پالينولوژي نشان مي‌دهد كه سازند آب تلخ در برش الگو در محيط نزديک ساحل تا حاشيه حوضه و تحت شرايط اكسيدان و با انرژي متوسط تا بالا نهشته شده است. نتايج حاصل از پيروليز راک-ايول نشان مي‌دهد كه نمونه‌هاي اين سازند به مرحله كاتاژنز (Tmax بالاتر از ۴۳۵ درجه سانتيگراد) و در نتيجه به مرحله بلوغ نرسيده‌اند. اين نمونه‌ها محتوي كروژن نوع III بوده و به لحاظ پتانسيل توليد هيدروكربور بسيار ضعيف مي‌باشند. نتايج حاصل از مطالعات پيروليز نتايج به دست آمده از مطالعه پالينولوژيكي نمونه ها را تاييد مي‌نمايد.

واژه‌هاي كليدي: سازند آب تلخ، پالينولوژي، پتانسيل هيدروكربورزايي، كپه داغ

---

*نويسنده مسئول: ۰۹۱۲۲۱۰۴۹۵۴

Email: eghasemi@Khayam.ut.ac.ir

مقدمه:

يكي از مهمترين و متداولترين ابزارهاي مورد استفاده در مطالعات ژئوشيميايي و ارزيابي سنگهاي منشأ هيدروكربورها پيروليز راك– ايول (Rock-Eval) است. اين روش در مقياس وسيعي براي اكتشاف نفت و گاز در حوضه‌هاي رسوبي سراسر جهان مورد استفاده قرار مي‌گيرد (Behar et al. 2001). در اين مطالعه به منظور ارزيابي سازند آب تلخ از لحاظ توان توليد هيدروكربور و درجه پختگي، آناليز راك – ايول برروي ۷ نمونه از برش الگو انجام شد. از آنجائيكه اين سازند از شيل‌هاي آهكي تشكيل شده است، مطالعات پالينولوژيكي نيز به منظور ارزيابي چگونگي محيط رسوبي و تطابق آناليزهاي پالينولوژيكي با نتايج حاصل از پيروليز راك- ايول صورت گرفت.

مطالعات قبلي:

مطالعات قبلي كه بر روي سازند آب تلخ صورت گرفته عمدتاً به منظور مطالعه فسيل شناسي و تعيين سن سازند انجام شده است. برخي از جديدترين اين مطالعات شامل موارد زير است:

خدادادي (۱۳۸۲) براساس نانوفسيلهاي آهكي براي بخش فوقاني سازند، سن كامپانين- ماستريختين را معرفي كرده است. نريماني (۱۳۷۹) با مطالعه استراكودهاي برش الگو، سن كونياسين تا ماستريختين را پيشنهاد داده است جنتي جهرمي (۱۳۷۹) براساس نانوفسيلهاي آهكي در برش الگو واقع در گردنه مزدوران سن سانتونين پسين– كامپانين بالايي را براي سازند آب تلخ مشخص كرده است. افسري كهنه شهري (۱۳۸۶) براساس داينوفلاژله‌هاي سازند آب تلخ در برش حمام قلعه سن سانتونين پاياني تا ماستريختين آغازين را براي سازند مشخص كرده است. نطقي مقدم (۱۳۸۱) بر اساس نانوفسيلهاي آهكي، سن سانتونين پسين-كامپانين آغازين-آغاز كامپانين پسين را تعيين كرده است. وحيدي نيا (۱۳۸۶) سن سازند در برش الگو را بر مبناي فرامينيفرا كامپانين زيرين- ماستريختين زيرين تعيين كرده است.

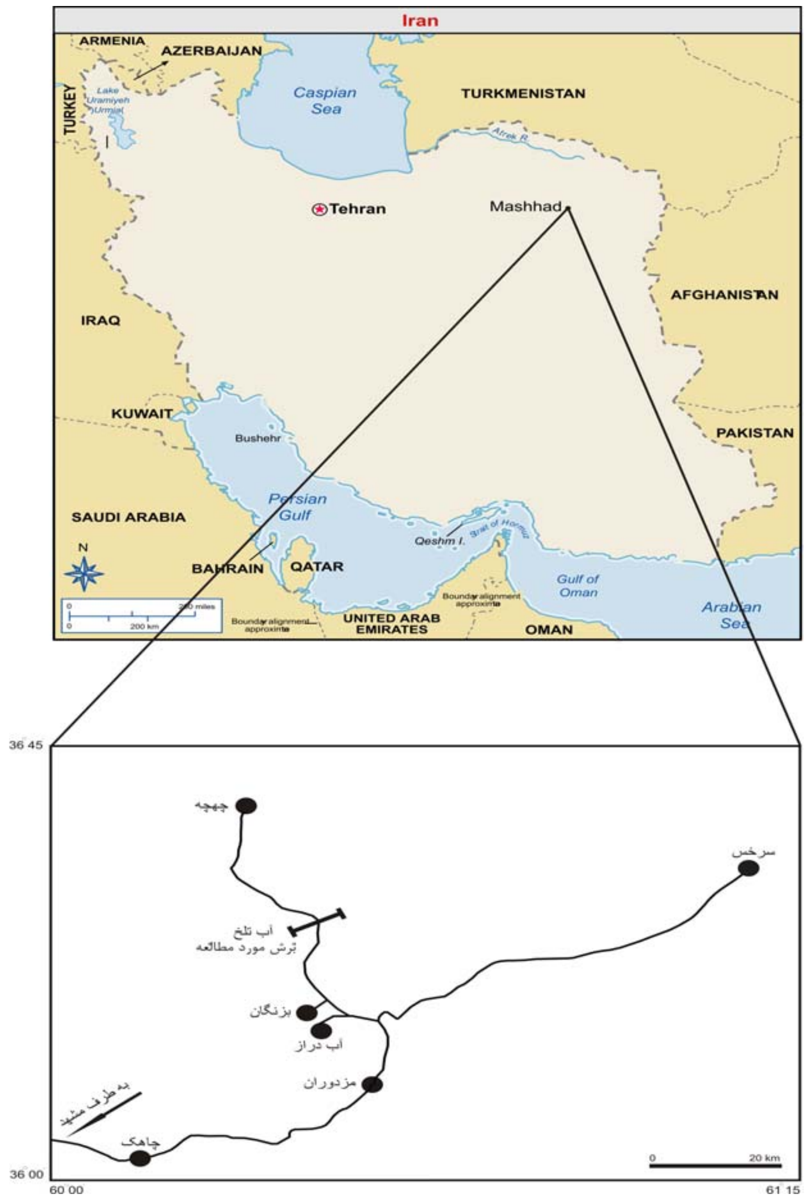
موقعيت جغرافيايي:

برش الگوي سازند آب تلخ پس از گردنه مزدوران در شرق راه اصلي مشهد به سرخس قرار دارد. مختصات قاعده سازند در محل برش الگو ″۱۰، ′۳۳، °۶۰ طول شرقي و ″۵۶ ، ′۱۰، °۳۶ عرض شمالي است (شكل ۱). طبقات اصلي تشكيل دهنده اين سازند شيل هاي خاكستري روشن تا سبز – آبي با ميان لايه‌هاي آهك است. اين سازند با ضخامت ۹۵۰ متر با ناپيوستگي هم شيب بر روي سازند شيلي آب دراز قرار مي‌گيرد و حد فوقاني آن با ماسه سنگ ضخيم و صخره ساز سازند نيزار بر اساس شواهد ليتولوژي و فسيلي به صورت گذري تدريجي، پيوسته و هم شيب است.

روش كار:

پالينوفاسيس: به منظور تهيه اسلايدهاي پالينوژيكي تعداد ۳۹ نمونه شيل آهكي از سازند آب تلخ در برش الگو برداشت شد. نمونه ها به روش (Traverse, 2007) آماده‌سازي شدند. روش كار بدين صورت است كه پس از شستشو و خرد كردن نمونه‌ها به منظور از بين بردن تركيبات كربناته به مدت ۲۴ ساعت دراسيدكلريدريک (HCL) ۳۰ درصد و جهت حذف تركيبات سيليكاته به مدت ۲۴ ساعت در اسيد فلوريدريک (HF) ۳۳ درصد قرار داده شدند. براي جلوگيري از تشكيل ژل سيليكاته نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقيقه با HCl ۱۰% جوشانده شدند. براي جدا كردن پالينومورفها از كانيهاي سنگين و ساير مواد زائد (براساس وزن مخصوص آنها) از محلول كلرور

روي $(ZnCl_2)$ استفاده شد. پس از عبور نمونه ها برروي الك ۲۰ میكـرون از مـواد بـاقي مانـده بـرروي الـك هـا اسلایدهاي پالینولوژیكي تهیه گردید. بـه منظـور مطالعـه آماري عناصر موجود در اسلایدهاي پالینولوژیكي تعـداد ۳۰۰ ذره براي هر نمونه شمارش گردید در نمونـه هـایي كه از نظر محتواي ارگانیكي بسیار فقیر بودند چند اسلاید از آن نمونه شمارش شد تا تعداد ذرات به ۳۰۰ ذره برسد و جدول و نمودارهاي مربوطه ترسیم گردید.



شكل ۱- راه دستیابي به برش مورد مطالعه

پيروليز: روش پيروليز حرارت دادن ماده آلي در غياب اكسيژن جهت توليد و آزاد شدن هيدروكربن از مواد آلي و تعيين پتانسيل هيدروكربن زايي باقي مانده مواد آلي موجود در سنگ است که در آزمايشگاه در درجه حرارت بالا و مدت زمان کوتاه انجام مي شود. دستگاه پيروليز راك- ايول (Rock-Eval pyrolysis) امروزه به طور گسترده در اكتشاف نفت مورد استفاده قرار مي‌گيرد. پيروليز راك- ايول اطلاعات مفيدي را در مورد نوع ماده آلي، پتانسيل باقيمانده نمونه، کل کربن آلي (TOC) و تحول حرارتي ماده آلي مي‌دهد. نمونه مورد مطالعه مي‌تواند به صورت خرده حفاري (Cutting)، مغزه (Core) و يا نمونه‌هاي سطحي باشد.

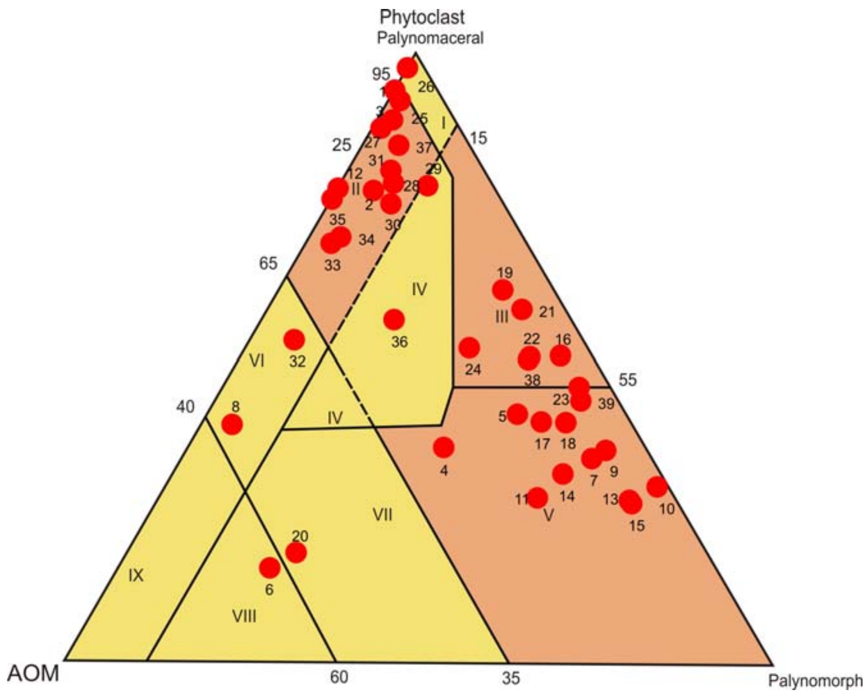
مشاهدات و بحث:

پالينولوژي: تعداد ۴۲ نمونه به صورت سيستماتيک از اين سازند برداشت و در آزمايشگاه پالينولوژي آماده‌سازي شد. براي مطالعه و شناسايي عناصر پالينولوژيکي، اسلايدهاي تهيه شده توسط ميکروسکوپ نوري با لنزهاي ۱۰، ۲۵، ۴۰ و ۱۰۰ مطالعه شده است و از نمونه هاي مورد نظر با دوربين ديجيتال عکس گرفته شده است، همچنين تمامي اسلايدهاي پالينولوژيکي تهيه شده از برش مورد مطالعه، در موزه دانشكده زمين شناسي دانشگاه تهران نگهداري مي شوند. يک مجموعه غني از داينوفلاژله‌ها شناسايي شد که به شرح زير مي‌باشند: (Plate 1)

Achomosphaera ramulifera; Alisogyminium euclaense; Andalusiella Mauthei; Apteodinium sp; *Areoligera Senonenis; Batiacasphaeridium* sp; *Canningia* sp; *Cannosphaeridium utinensis; Cerodinium diebelii; Chatangiella biapetura; C. distissima; Circulodinium distinctum; Cleistosphandium* sp; *Comasphaeridium* sp; *Conosphaeridium abbreviatum; Cordosphaeridium fibrospiosum; Coronifera ocenica; C. striolata; Cribroperidinium orthoceras; C. globatum; Cyclonephelium compactum ; C. distinctum ; Diconodinium vitricornu ; Dinogyminium acuminatum ; D. sibiricum; D. westralium; Eucladinium* sp; *Fibrocysta* sp; *Florentina berran; F. buspina; F. Mangellii; Glaphyrocysta* sp; *G. rcticulosa ; G. assamica; Heteraulacacysta poros; Hystrichodinium pulchrum; Hystrichokolpoma rgudia; Hystrichosphaeridium* sp; *H. bowerbankii; Hytrichosphaeridium echinatum; Hystrichosphaeridium tubiferum; H. arorispinum; Impagidinium cristatum; Isabelidinium Korojonense; Kalyptea* sp; *Kleithriasphaeridium secatum; Lejeunecysta* sp; *L. tricuspis; Microdinium cassiculus; Odontochitina costata; O. diversa ; O. operculata; Oligosphaeridium* *dlbertense; O. asterigerum; O. comlex; O. diluclum; O. pulchrimum ;Operculodinium echigonese; Palaeocystodinium australium; P. bulliforme; P. lidiae ; Palynodinium grallator; Pervosphaeridium monasteriens; Phelodinium magnificum; Ph. tricuspe; Polysphaeridium laminaspinosum; Prolixosphaendium* sp; *Protoelipsodinium* sp; *Pseudoceratium* sp; *Sentusidinium* sp; *Spinidinium clavus; Spiniferites pseudoforcatus; S. ramosus; Surculosphaeridium* sp; *Tanyosphaeridium regulaer; Tenua* sp; *Thalassiphora pelagica; Trichodinium boltenhagenii; Xenascus ceratiuides; X. plotei.*

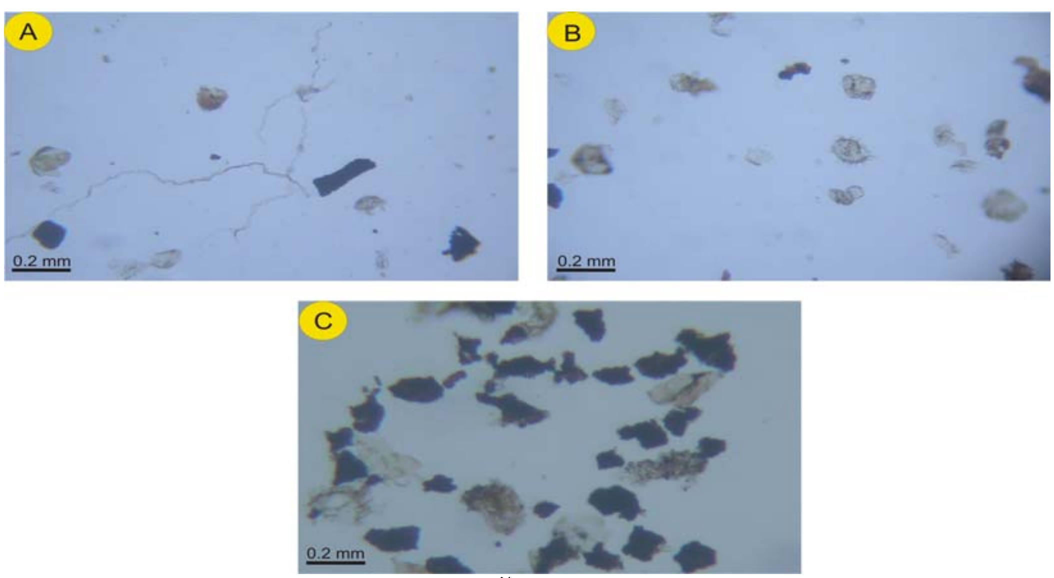
اين مجموعه سن كامپانين زيرين- ماستريختين زيـرين را براي سازند آب تلخ در برش الگو نشان مي‌دهد.

پالينوفاسـيس: در ايـن بررسـي، مطالعـه اسـلايدهاي پالينولوژي به منظور تفكيك رخساره‌هاي پالينولوژيكي بر اسـاس كارهـاي (Tyson 1987, 1989, 1993, 1995; Batten 1996; Batten & Stead 2005) منجـر بـه شناسايي سه رخساره و تعيين محيط ديرينـه و تـشخيص قابليـت توليـد هيـدروكربور سـازند مـورد نظـر گرديـد (شكل۲ و۳). در اين رابطـه بـراي تعيـين رخـساره‌هـاي پالينولوژيكي و محيط رسوبي سازند مذكوراز پارامترهاي متفـاوتي اسـتفاده شـد (جـدول۱، شـكل۴) كـه ازجملـه مي‌توان به پارامترهايي نظير جور شـدگي ماسـرال‌هـا بـر مبناي نسبت فرمهاي هم بعد به فرم‌هـاي تيغـه‌اي، حفـظ شدگي برمبناي نـسبت ماسـرال‌هـاي قهـوه‌اي بـه سـياه، تغييرات نسبت سـه گـروه اصـلي مـواد ارگـانيكي يعنـي AOM, MP, P اشاره كـرد. همچنـين بـه عنـوان فـاكتور پشتيبان تغيير فراواني آستر داخلـي پوسـته‌ي فرامينفـر در طي انبايش سازند مورد بررسي قرار گرفت (تغييرات اين فـاكتور تنـاوب شـرايط هـوازي– غيـر هـوازي را نـشان مي‌دهد) بر اين اساس نمونه‌هاي ,28 ,27 ,25 ,3,12 ,2 ,1 37 ,35 ,34 ,33 ,31 ,30 ,29 در فاسيس II قرار گرفتـه و محيط حاشيه حوضه را نـشان مـي‌دهنـد. ايـن نمونـه‌هـا نشان‌دهنده حفظ شدگي پائين و ميزان AOM/BP متغيـر بوده شـرايط ايـن پالينوفاسـيس نيمـه هـوازي بـا انـرژي متوسط مي باشد. از طرفي نيز نمونـه هـاي ,21 ,19 ,16 38 ,24 ,22 در فاسيس III قرار گرفتـه و محـيط نزديـك ساحل را نشان مي‌دهند. در اين نمونه‌ها حفظ شدگي بالا و ميزان AOM/BP تقريباً پائين است. شرايط نيمه هوازي و انرژي كم از ويژگي‌هاي اين فاسيس مي‌باشـد. تمركـز بالاي پالينو مورف‌هاي دريايي بـا حفـظ‌شـدگي خـوب، تنوع و فراواني بالاي آنها و همچنين شرايط (درياي بـاز) احتمالاً حداكثر پيشروي دريا را نشان مي‌دهد. عـلاوه بـر اينها، نمونه‌هاي ,23 ,18 ,17 ,15 ,14 ,13 ,11 ,10 ,9 ,7 ,5 39 در فاسيس V (دور از ساحل) قرار مي‌گيرند. مطالعـه اين نمونه‌ها ميزان بـالاي پـالينومورف‌هـاي دريـايي مثـل داينوفلاژله و آستر داخلي فرامينيفر و افزايش ماسـرالهاي اپك با كناره‌هاي گرد شده را نشان مي‌دهد كه نشانه‌اي از شرايط آشفته در محيط است.

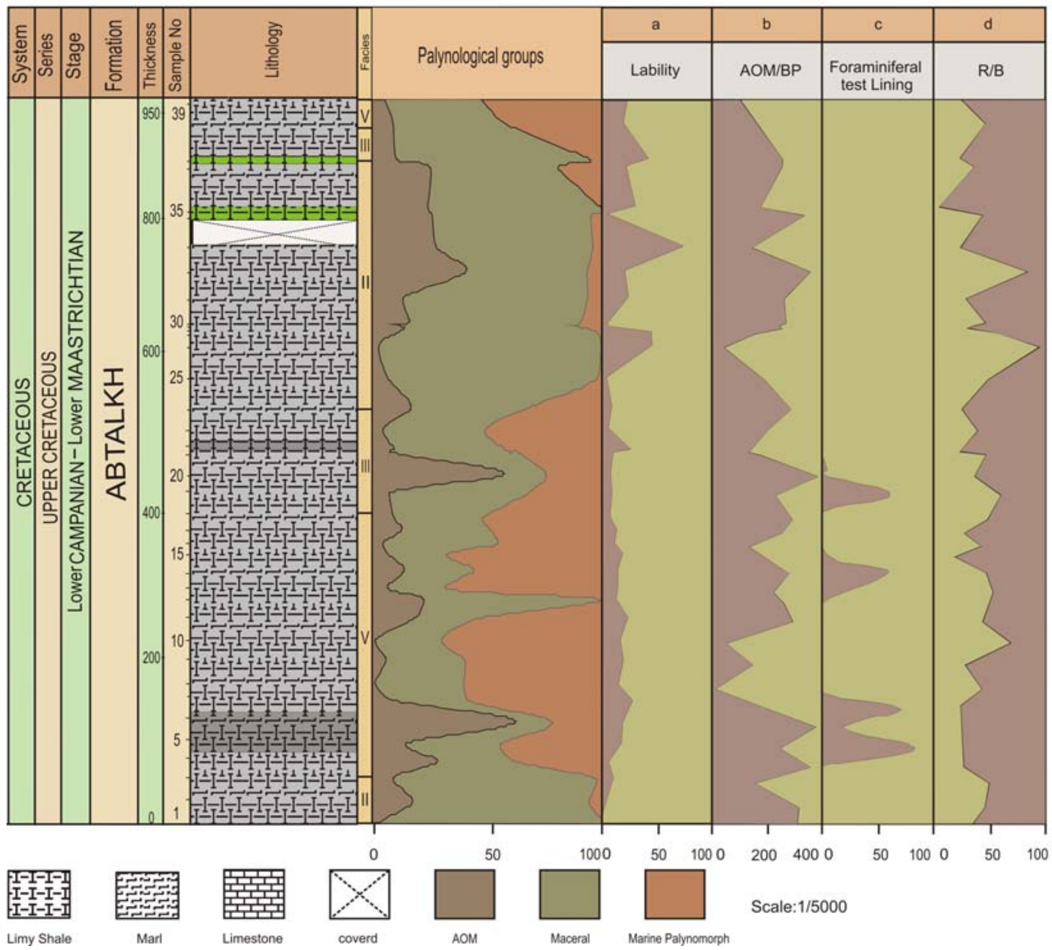


I: High proximal shelf or basin
Π:Marginal dysoxic – anoxic basin
Ш:Heterolithic oxic shelf(proximal shelf)
Iv: Shelf to basin transition
V:Mud – dominated oxic shelf(distal shelf)
VI:Proximal suboxic – anoxic shelf
VΠ:Distal dysoxic – anoxic shelf
VШ :distal anoxic shelf

شکل۲- انواع پالينوفاسيس هاي موجود در برش الگوي سازند آب تلخ با توجه به شماره نمونه ها (Tyson 1993)



شکل۳- نمايش انواع پالينوفاسيسهاي موجود در سازند آب تلخ.(A) پالينوفاسيس نوع **III** ، اسلايد **Ab21b** ; (B) پالينوفاسيس نوع **V**، اسلايد **Ab15c** ; (C) پالينوفاسيس نوع **II** ، اسلايد **Ab2c**



شکل۴- منحني مورد استفاده براي تفسير شرايط محيطي در برش الگوي سازند آب تلخ

Lability: تغييرات نسبت فراواني ماسرال‌هاي قهوه‌اي به اپک

AOM/BP: تغييرات نسبت فراواني مواد ارگانيکي فاقد ساختمان به ماسرال‌هاي قهوه‌اي

Foraminiferal test lining: تغييرات فراواني در آستر داخلي پوسته‌ي فرامينيفرها

R/B: تغييرات نسبت ماسرال ها بر مبناي فرمهاي هم بعد به فرمهاي تيغه‌اي

آناليزهـاي ژئوشـيميايي: بـراي ارزيـابي پتانـسيل هيدروکربورزايي سازند آب تلخ در برش الگـو ۷ نمونـه مـورد آنـاليز راک – ايـول قـرار گرفـت. پارامترهـاي ژئوشيميايي که در اين مطالعه مورد بررسي واقـع شـدند عبارتند از: (S_2) که نشان دهنده پتانسيل باقيمانده‌اي است که در اثر شکستن ماده آلي در دماي ۳۰۰ تـا ۶۵۰ درجـه سـانتيگراد آزاد شـده و واحـد آن ($MgCO_2$/gr rock) مي‌باشد؛ (S_3) ترکيبات اکسيژن داري کـه در دمـاي ۴۰۰ درجه سانتيگراد تجزيه شده و به صـورت گـاز CO_2 آزاد مي‌شوند با واحد ($MgCO_2$/gr rock) و (T_{Max}) يا دمايي که در آن پيك S_2 حداکثر مقدار را نشان مـي‌دهـد و بـه عنوان يك پارامتر خوب در ارزيابي بلوغ حرارتي اسـت؛ شاخص اکسيژن ($OI=S_3.100/TOC$)؛ شاخص هيدروژن ($HI=S_2.100/TOC$)

S.No.	%AOM	%P	%MP	Lability	AOM/BP	FTL	R/B
1	6.43	93.57	0	1.71	80	0	76.52
2	17.63	77.17	5.20	5.28	81.33	0	80.88
3	9.14	88.71	2.15	12.42	45.33	0	82.35
4	28.63	35.24	36.12	8.13	90.91	0	73.47
5	15.44	40.68	43.88	19.44	66.13	258	73.56
6	63.16	15.58	21.26	20.95	95.09	54	72.65
7	8.50	33.43	58.07	29.66	46.15	221	72.29
8	1.01	39.04	59.95	16.77	13.33	3	79.84
9	5.85	34.77	59.38	21.43	44.19	1	73.86
10	1.54	28.79	69.67	18.75	22.22	2	90.11
11	18.93	26.70	54.37	25.53	76.47	0	80.00
12	22.47	77.53	0	15.00	68.97	0	82.35
13	6.59	26.59	66.82	16.24	60.42	2	83.67
14	13.88	30.91	55.21	16.33	73.33	114	81.71
15	6.52	26.06	67.42	20.65	54.76	179	69.86
16	4.55	50.24	45.22	13.33	40.43	34	79.67
17	12.68	39.44	47.89	15.48	67.50	0	73.24
18	9.25	39.31	51.45	9.26	76.19	2	81.63
19	7.41	60.91	31.69	11.11	62.07	1	86.36
20	58.12	18.00	23.87	9.78	97.06	190	77.11
21	7.08	57.71	35.21	12.27	50.00	0	81.07
22	9.44	49.56	41.00	27.98	40.51	15	71.90
23	4.50	45.05	50.45	8.00	55.56	0	78.26
24	16.89	51.47	31.64	11.11	75.00	2	72.62
25	6.50	91.87	1.63	6.19	53.33333	0	82.08
26	2.78	97.22	0	47.06	20.00	0	100.00
27	11.49	87.36	1.15	46.15	45.45	0	85.71
28	14.19	78.38	7.43	9.09	67.74194	0	75.00
29	9.56	77.94	12.5	6.60	65.00	0	76.77
30	16.25	75	8.75	8.94	70.91	0	80.98
31	13.53	80.45	6.02	25.81	69.23	0	73.91
32	41.10	52.76	6.13	22.58	90.54	0	95.83
33	27.97	68.53	3.50	74.65	43.01	0	72.22
34	26.09	69.57	4.35	6.25	85.71429	0	80.00
35	24.24	75.76	0	32.00	50.00	0	64.71
36	25.27	56.04	18.68	23.91	67.65	0	77.14
37	10.35	84.57	5.08	43.86	67.95	0	71.88
38	9.01	50	40.99	21.00	48.78	0	81.01
39	5.36	42.86	51.79	25.00	33.33	0	72.22

جدول۱- فراواني نسبي عناصر پالينولوژيكي در نمونه‌هاي مورد مطالعه.

AOM%: درصد مواد ارگانيكي فاقد ساختمان

P%:درصد ماسرال‌ها

MP%: درصد پالينومورف‌هاي دريايي

Lability: تغييرات نسبت فراواني ماسرال‌هاي قهوه‌اي به اپک

AOM/BP: تغييرات نسبت فراواني مواد ارگانيكي فاقد ساختمان به ماسرال‌هاي قهوه‌اي

Foraminiferal test lining: تغييرات فراواني در آستر داخلي پوسته‌ي فرامينيفر

R/B: تغييرات نسبت فراواني ماسرال‌ها بر مبناي نسبت فرم‌هاي هم بعد به فرمهاي تيغه‌اي

و شاخص توليد ($PI=S_2/S_3$)، علاوه بر اين سه فاكتورها كه به ترتيب جهت ارزيابي پتانسيل هيدروكربورزايي، نوع هيدروكربور توليدي و ميزان بلوغ حرارتي در سازند نامبرده استفاده شدند ساير فاكتورها عبارتند از: نمودار تغييرات (S_1+S_2) در برابر TOC؛ تغييرات HI در برابر S_2/S_3 و تغييرات PI در برابر T_{max} (Peters & Cassa 1994). اطلاعات پارامترهاي اندازه‌گيري شده در جدول ۲ و مقدار ميانگين فاكتورهاي TOC، S_1، S_2 و T_{max} براي نمونه‌هاي مورد مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است. مقادير استاندارد كه بيانگر كيفيت و كميت سنگ منشا و پارامترهاي بلوغ هستند نيز در جدول۴ نشان داده شده است. مقايسه مقادير عددي S_1، S_2، T_{max} و TOC براي نمونه هاي مورد مطالعه (جدول ۲) با نمونه هاي استاندارد نشان داده شده در جدول ۴ (Peters & Cassa 1994) نشان مي‌دهد كه سازند آب تلخ در برش الگو داراي پتانسيل توليد ضعيفي بوده و قادر به توليد هيدروكربن در مقياس تجاري نيست. بنابراين بر مبناي نمونه هاي مورد مطالعه اين واحد سنگي وارد پنجره نفت زايي نشده و نابالغ مي‌باشد. از طرفي نيز در اين مطالعه تشخيص انواع كروژن به كمك ميكروسكوپ نوري و آناليزهاي ژئوشيميايي (HI /OI) و با استفاده از نمودارهاي استانداردانجام شده و در اشكال ۵ تا ۷ نشان داده شده است.

جدول ۲ – اطلاعات حاصل از پيروليز راک- ايول براي نمونه‌هاي مورد مطالعه

Sample	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	TPI	TOC
2	0.08	0.05	0.67		40	558		0.12
8	0.39	1.07	0.54	417	345	174	0.27	0.31
15	0.12	0.35	0.41	428	106	124	0.26	0.33
20	0.12	0.28	0.18	434	97	62	0.3	0.29
27	0.11	0.07	0.29		58	242		0.12
32	0.08	0	0.39		0	780		0.05
36	0.07	0.01	0.33		20	660		0.05

جدول ۳– محدوده و ميانگين پارامترهاي اندازه‌گيري شده بر اساس پيروليز راک – ايول براي نمونه‌هاي مورد مطالعه

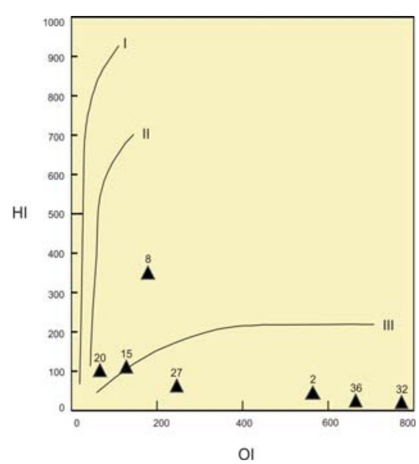
Parameter	S_1	S_2	TOC	T_{max}
Rang	0.07-0.39	0-1.07	0.05-0.33	417-434
Average	0.13	0.26	0.18	413

جدول ٤– مقادير استاندارد پيروليزي بيانگر كيفيت و كميت سنگ منشاء و پارامترهاي بلوغ

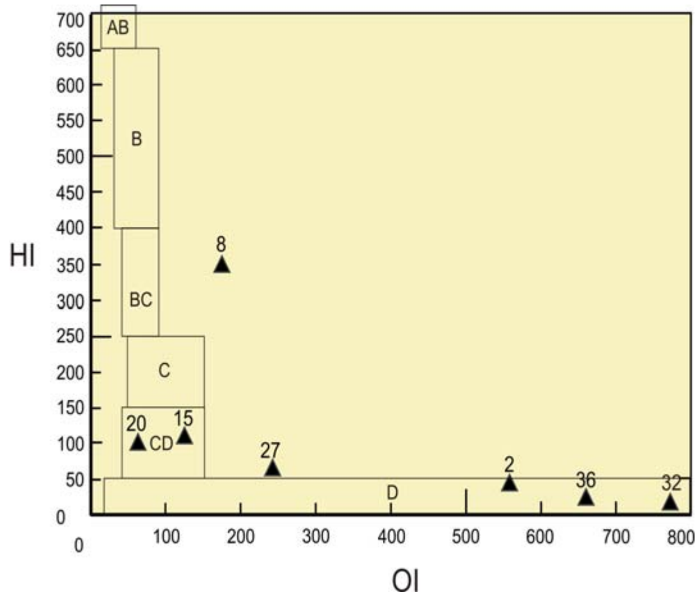
.(Peters & Cassa, 1994)

Quantity	**TOC (wt.%)**	**S1 (mg HC/g rock)**	**S2 (mg HC/g rock)**
Poor	0-0.05	0-0.5	0-2.5
Fair	0.5-1	0.5-1	2.5-5
Good	1-2	1-2	5-10
Very good	2-4	2-4	10-20
Excellent	>4	>4	>20
Quality	HI(mg HC/g TOC)	S2/S3	Kerogen type
None	<50	<1	IV
Gas	50-200	1-5	III
Gas and oil	200-300	5-10	II/ III
Oil	300-600	10-15	II
Oil	>600	>15	I
Maturation	R_o (%)	T_{max}(^{0}C)	TAI
Immature	0.2-0.6	<435	1.5-2.6
Early	0.6-0.65	435-445	2.6-2.7
Peak	0.65-0.9	445-450	2.7-2.9
Late	0.9-1.35	450-470	2.9-3.3
Postmature	>1.35	>470	>3.3

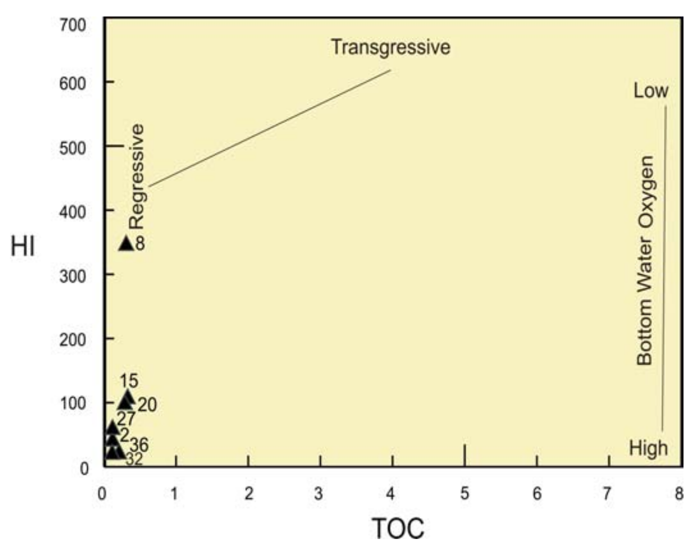
بر مبناي اين اطلاعات تنها يک نمونه (نمونه شماره ۸) HI بيشتر از ۲۰۰ نشان داده و ساير نمونه‌ها پراكندگي بين ۰ تا ۱۰۶ را نشان مي‌دهند. نتيجه اينكه اكثر نمونه‌ها نشان دهنده كروژن نوع III بوده و داراي منشا قاره‌اي مي‌باشند. اين نوع كروژن در هر سه پالينوفاسيس تفكيک شده براي سازند مشاهده مي‌شود. از طرفي نيز مقادير پايين HI در نمونه هاي آناليز شده در هر سه پالينوفاسيس مشخص شده با افزايش عناصر خشكي و فيتوكلاست‌ها مطابقت دارد. رسم نمودار شاخص هيدروژن در برابر مقادير شاخص اكسيژن (نمودار ون – كرولن) نيز نتايج به دست آمده توسط مطالعات پالينوفاسيسي را تاييد مي‌كند (شكل۵). رخساره‌هاي آلي سازند مورد نظر بر اساس نمودار (Jones 1987) انجام شد (شكل۶). در اين نمودار بر اساس تغييرات مقادير HI در برابر OI، محدوده رخساره‌اي سازند مورد اشاره تعيين شده است. بر اين اساس اكثر نمونه‌ها در محدوده CD تا D قرار مي‌گيرند. محدوده‌هاي فوق شاخص محيط‌هاي دريايي تا قاره‌اي نسبتاً اكسيدان بوده و پراكندگي آنها حاكي از تلفيق ماده آلي دريايي با قاره‌اي است. توزيع اطلاعات بر روي نمودار Dean) et al. 1985) نيز نتيجه مشابهي نشان مي‌دهد (شكل ۷). بر مبناي اين دياگرام سازند آب تلخ به طور كلي يک سري پسرونده بوده و يكي از عوامل اصلي پايين بودن مقدار TOC در اين سازند شرايط نسبتاً اكسيدان حاكم در زمان رسوبگذاري است كه اين خود تائيد كننده نتايج حاصل از مطالعات پالينولوژيكي است. نتايج حاصل از مطالعات اسپور و پولن نيز نشان مي‌دهند كه اكثر نمونه‌ها داراي اسپور و پولن‌هايي به رنگ زرد – زرد تيره مي باشند (نابالغ) بنابراين توان توليد هيدروكربور نداشته و كروژن آن از نوع III مي‌باشد. نمونه‌هاي 8, 15, 20 داراي اسپور و پولن‌هايي به رنگ زرد تيره – نارنجي مي‌باشند كه در واقع در مرز بين مرحله بالغ و نابالغ قرار مي‌گيرند. برخي از نمونه‌ها احتمالاً به علت حفظ شدگي پائين فاقد اسپور و پولن مي‌باشند.



شكل۵- نمودار شاخص هيدروژن در برابر شاخص اكسيژن براي تعيين نوع كروژن **(Van Krevelen 1993)**



شكل ۶- نمودار تعيين رخساره آلي با استفاده از نسبت تغييرات **HI** در برابر **OI**. ويژگيهاي محدوده هاي مشخص شده عبارتند از: **AB**= محيطهاي احيايي دريايي پيشرونده، **B**= محيطهاي دريايي يا درياچه اي نسبتاً احيايي، **BC** = محيطهاي داراي مواد آلي دريايي و قارهاي و رسوبگذاري سريع در شرايط نسبتاً اكسيدان، **C**= محيطهاي با سرعت رسوبگذاري متوسط تا در شرايط احيايي، **CD**= محيطهاي عميق در مجاورت نقاط كوهزايي، **D**= محيطهاي قارهاي شديداً اكسيدان (**Jones 1987**)



شكل۷- نمودار ميزان كل كربن آلي (**TOC**) در برابر شاخص هيدروژن (**HI**) در نمونه هاي مورد نظر به منظور شناسايي شرايط محيط رسوبگذاري آنها (**Dean et al. 1986**)

نتايج :

مجموعه نسبتاً متنوعي از داينوفلاژله‌هـا بـا درجـه حفـظ شدگي نسبتاً خوب در قسمت زيرين و مياني سـازند آب تلخ در برش الگو ثبت گرديد. در حالي کـه نيمـه بـالايي بـرش حـاوي تعـداد انـدکي پـالينومورف مـي‌باشـد. داينوفلاژله‌هـا در مقايـسه بـا اسـپور و پـولن‌هـا، اسـپور قارچ‌ها، اکريتارک و آسـتر داخلـي پوسـته‌ي فرامينيفرهـا تنوع و فراواني بسيار بيشتري دارند. با توجه بـه مقايـسه نتايج پيروليز راك – ايول و تعيين محيط رسوبي براساس پالينوفاسيس و تعيين ميزان بلوغ حرارتي با توجه به رنگ اسپور و پولن، سازند آب تلخ در برش الگو از نظر تـوان هيدروکربن زايي داراي پتانسيل توليد ضعيف مي‌باشـد و کروژن غالباً از نوع III است. پيروليز نمونه‌ها نيـز نـشان مي‌دهد که نمونه‌ها بـه مرحلـه کاتـاژنز (T_{Max} بـالاتر از ۴۳۵ درجه سـانتيگراد) نرسـيده و لـذا بـه مرحلـه بلـوغ نرسيده‌اند (برخي از نمونه‌ها در مرز بين بالغ و نابالغ قرار مي‌گيرند) بنابراين مطالعات پـالينولوژيکي بـا اسـتفاده از ميکروسکوپ‌هاي نوري معمولي نتايج حاصل از پيروليـز نمونه‌ها توسط دسـتگاه راک-ايـول را تاييـد مـي‌نماينـد. محيط رسوبي سازند آب تلخ از نزديک ساحل تا حاشـيه حوضه و داراي انرژي متوسط تا بالا و تکرار چرخه‌هـاي هوازي – غير هوازي مي‌باشد

منابع:

١- افسري کهنه شهري س.،١٣٨٦: پالينواستراتيگرافي سازند آب تلخ در حوضه رسوبي کپه داغ (برش حمـام قلعـه)، رساله کارشناسي ارشددانشگاه آزاد اسلامي واحد مشهد.

٢- جنتي جهرمـي م.، ١٣٧٩: بايواسـتراتيگرافي سـازند آب تلخ بر اساس نانوفسيلهاي آهکي در مقطع تيپ واقـع در گردنه مزدوران، رساله کارشناسي ارشد دانشگاه فردوسي مشهد.

٣- خدادادي ل.، ١٣٨٢: بايواسـتراتيگرافي و پـالئواکولوژي سازند آب تلـخ بـر اسـاس نانوفـسيلهاي آهکـي (جـاده مشهد-کلات)، رساله کارشناسي ارشد دانشگاه فردوسـي مشهد.

٤- نريماني ح.، ١٣٧٩: چينه نگاري زيستي سازند آب تلـخ بر مبناي آسـتراکودهاي موجـود در بـرش الگـو، رسـاله کارشناسي ارشد دانشگاه فردوسي مشهد.

٥- نطقي مقدم م.،١٣٨١: بايواسـتراتيگرافي و پـالئواکولوژي قسمت فوقاني سازند آب دراز و بخـش فوقـاني سـازند آب تلخ بر مبنـاي نانوفـسيلهاي آهکـي (جـاده مـشهد-کلات)، رساله کارشناسي ارشد دانشگاه فردوسي مشهد.

٦- وحيــدي نيــا م.،١٣٨٦: ميکرواســتراتيگرافي رســوبات سنونين در محدوده شرق حوضه کپه داغ در شمال شرق کشور، رساله دکتري دانشگاه شهيد بهشتي تهران.

7- Batten D.J. 1996: Palynofacies and petroleum potential. 26B. palynology: principles and application, AASP Foundation. 3: 1065-1084.

8- Batten D.J., Stead D.T. 2005: Palynofacies analysis and its stratigraphic application. In: Koutsoukos, E.A.M.(Ed.), Applied Stratigraphy. Springer, Dordrecht, pp. 203-226.

9- Behar F., Beaumont V., De B. Penteado H.L .2001: Rock-Eval 6 technology: performances and developments. Oil & Gas Science and Technology-Rev. IFP, Vol. 56, No.2, pp.111-134.

10- Dean W. E ., Arthur M. A., Claypool G. E. 1986: Depletion of ^{13}C in Cretaceous marine organic matter: Source, diagenetic, or envirmental signal, Marine Geology, V. 70, pp. 119-157 .

11- Jones R.W. 1987: Organic Facies. In : Brooks, J., Welte, D. (Eds), Advances in Petroleum Geochemistry. Academic Press, New York, pp.1-99.

12- Peters k.E., Cassa M. R. 1994: Applied source rock geochemistry. In: Magoon, L. B., Dow, W.G. (Eds.), The Petroleum System – from Source to Trap. AAPG Memoir, vol. 60, pp. 93-120.

13- Schioler P. 2002: Palynofacies and Sea- level changes in the middle Coniacian- Late Campanian (Late Cretaceous) of the East coast Basin, New Zealand. Palaeogeography, Palaeoclimatology & Palaeocology 188: 101-125.

14- Traverse A. 2007: Paleopalynology, Second Edition, Springer. Pp.816.

15- Tyson R.V.1987: The genesis and palynofacies characteristic of marine petroleum source rocks. In: Brooks, J., Fleet, A. J.(Eds.), Marine Petroleum Source Rocks. In: Brooks, J., Fleet, A.J. (Eds.), Marine Petroleum Source Rocks.Geological Society, London, Special Publication, vol. 26, pp. 47-67.

16- Tyson R.V. 1989: Late Jurassic palynofacies trends, Piper and Kimmeridge Caly Formations. UK onshore and Northern North Sea. In: Batten, D. J., Keen, M. C. (Eds.), Northwest European Micropalaeontology and Palynology. Ellis Horwood Publishers, Chichester, pp. 135-172.

17- Tyson R.V.1993: Palynofacies analysis. Applied Micropalaeontology. pp. 153-191.

18- Tyson R.V.1995: sedimentary Organic Matter. Organic Facies and Palynofacies. Chapman and Hall, London, 615 pp.

19- Van Kervelen, D.W.1993:Coal: Typology – Physics – Chemistry – Constitution, third ed. Elsevier Science, Amsterdam, 979 pp.