**محیط رسوبی، دیاژنز و ارزیابی پتروفیزیکی سازند سروک در چهارچوب چینه نگاری سکانسی در چاه A، در یکی از میادین جنوب غربی ایران**

**ژیلا رحمانی\*، محمد‌حسین آدابی، احسان ده‌یادگاری**

**گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ایران rahmani.jila@yahoo.com**

**چکیده**

برش تحت الارضی مورد نظر در چاه A با ضخامت 455 متر و در ناحیه فروافتادگی دزفول شمالی قرار گرفته است. این سازند در چاه مورد مطالعه به صورت ناپیوستگی فرسایشی در زیر سازند ایلام و احتمالا بر روی شیل‌های سازند کژدمی قرار گرفته است (به دلیل عدم حفاری تا مرز زیرین). سن احتمالی این سازند آلبین- تورونین در نظر گرفته شده است.

بر اساس مطالعات پتروگرافی 2111 مقطع نازک تهیه شده از خرده‌های حفاری، لیتولوژی غالب سنگ آهک و سنگ آهک دولومیتی است. آنالیزهای رخساره‌ای منجر به شناسایی 9 ریز رخساره در 3 کمربند رخساره‌ای لاگون، شول بایوکلستی و دریای باز کم عمق شده است. تغییرات تدریجی ریز رخساره‌ها، نبود توربیدایت‌ها ، ساخت‌های ریزشی (Slump) و ریف‌های سدی گسترش یافته با ضخامت قابل توجه تاییدی بر وجود یک پلتفرم کربناته از نوع رمپ است.

فرآیندهای دیاژنتیکی شاخص شامل میکریتی شدن، نئومورفیسم، فشردگی فیزیکی و شیمیایی، انحلال، تشکیل انواع تخلخل‌ها، دولومیتی شدن، سیمانی شدن و آشفتگی زیستی می‌باشد که این فرآیندها کیفیت مخزنی سازند سروک را دستخوش تغییراتی کرده‌اند. مهم‌ترین تخلخل‌های شناسایی شده شامل تخلخل‌های حفره‌ای مرتبط، بین دانه ای و تخلخل حاصل از شکستگی می‌باشد.

کیفیت مخزنی در چهارچوب چینه‌نگاری سکانسی صورت گرفته و سازند سروک تا عمق حفاری شده به 3 سکانس و 6 سیستم ترکت تقسیم شده است که پتانسیل مخزنی هر سیستم ترکت بر اساس حجم شیل نسبت خالص به ناخالص ، اشباع آب و تخلخل موثر محاسبه گردیده است.

**واژگان کلیدی: محیط رسوبی، ارزیابی پتروفیزیکی، چینه نگاری سکانسی، سازند سروک**

**abstract**

The subsurface section located in well A with a thickness455 m in North-Dezful embayment. The Sarvak Formation is underlain by the Ilam Formation with erosional discontinuity and is overlain probably by the Shale of the Kazhdumi Formation (due to the lacky drilling to the underlying boundary). The probable age of this Formation is Albian- Turonian.

 Based on petrographic studies of 2111 thin section from cutting, the dominant lithology are limestone and dolomitic limestone. Facies analysis has led to the identification of a microfacies in three facies belts of lagoon, shoal bioclast shallow open marine, graded change in microfacies, lack of calciturbidite, slump structure and absent of large reefs structure, confirm the ramp type carbonate platform.

 setting diagenetic process included: micritization, neomorphism, physical and chemical compactions, dissolution, porosity development, dolomitization cement and bioturbation. That These processes have changed the reservoir quality of the Sarvak formation. The most important porosities including, intergranular, vuggy and fracture porosity.

The quality of the reservoir is carried out in the framework of sequence stratigraphy and the Sarvak formation is divided into 3 sequences and 6 tracks, and the reservoir potential of each tracks system is calculated based on the shale volume of net to gross ratio, water saturation and effective porosity.

**Keywords:Sedimentary environment, Petrophysical evaluation, Sequence stratigraphy, Sarvak formation**

**مقدمه:** سازند سروک به علت داشتن پتانسیل مخزنی هیدروکربوری، یکی از واحدهای سنگ چینه‌ای مهم در حوضه زاگرس می‌باشد. برش نمونه این سازند در تنگ سروک واقع در یال جنوبی تاقدیس کوه بنگستان در 4 کیلومتری شمال‌غربی بهبهان در استان خوزستان واقع شده است (Jamed and Wynd, 1965). به منظور شناخت هرچه بهتر سنگ‌های مخزنی سازند سروک، به بررسی پتروگرافی و شناسایی رخساره‌ها جهت تعیین محیط رسوبی، و همچنین تاثیر انواع فرآیندهای دیازنزی بر کربنات‌های این سازند و در نهایت ارزیابی پتروفیزیکی در چهارچوب چینه‌نگاری سکانسی پرداخته شده است.

**روش مطالعه:** به منظور تعیین ریزرخساره‌های رسوبی (میکروفاسیس‌ها) و عوارض دیازنزی تاثیرگذار بر کربنات‌های سازند سروک، مطالعات پتروگرافی بر روی 2111 مقطع نازک تهیه شده از خرده‌های حفاری انجام شده است. درصد فراوانی اجزای تشکیل دهنده با استفاده از چارت‌های مقایسه‌ای Flugel (2016) و برای نام‌گذاری رخساره‌های کربناته از تقسیم‌بندی Dunham (1962) و Embery and Klovan (1971) استفاده شده است. به منظور مقایسه رخساره‌های کربناته از رخساره‌های استاندارد Flugel (2016) استفاده شده است. کیفیت مخزنی توسط نرم افزاز ژئولاگ و سکانس‌ها بر اساس ریزرخساره‌ها، پیک‌های لاگ گاما و بایوزون‌ها به دست آمده است. جهت شناسایی سن سازند سروک از اطلاعات موجود در پالئولاگ ها استفاده گردیده است.

**بحث:** به طور کلی برای تعیین محیط رسوبی کربنات‌ها، شناخت اجزای تشکیل دهنده و رخساره‌های رسوبی الزامی است. بنابراین به بررسی پتروگرافی اجزای تشکیل دهنده و شناسایی رخساره‌ها، جهت تعیین محیط رسوبی سازند سروک در میدان مورد مطالعه پرداخته شده است.

* **توصیف و تفسیر رخساره‌ها:** مطالعات پتروگرافی منجر به شناسایی 9 ریز رخساره در سه زیر محیط لاگون، پشته و دریای باز گردیده است. ریز رخساره‌های شناسایی شده متعلق به کمربندهای رخساره‌ای رمپ داخلی و رمپ میانی هستند و به ترتیب شامل موارد زیر است:

رخساره‌های رمپ داخلی (Inner Ramp)

* کمربند رخساره‌ای لاگون (Lagoonal Facies Belt)
1. پکستون- وکستون دارای اسپیکول، پلوئید و فرامینیفرهای بنتیک (MF1): عمده ترین اجزای تشکیل دهنده این ریز رخساره اسپیکول اسفنج و فرامینیفرهای بنتیک و اجزای فرعی‌تر اشامل جلبک‌های سبز، قطعات خرد شده بایوکلست‌ها و پلت هستند و قابل مقایسه با رخساره RMF 20 فلوگل (Flugel, 2016) (شکل 1).
2. وکستون دارای فرامینیفرهای بنتیک (MF2): غالب اجزاء تشکیل دهنده فرامینیفرهای بنتیک هستند. تنوع فرامینیفرهای بنتیک در این رخساره بالا است. از اجزای فرعی این ریز رخساره می‌توان به پلوئیدها و دانه‌های اسکلتی مانند گاستروپودا اشاره کرد که در یک زمینه گل کربناته واقع شده‌اند و قابل تطابق با رخساره RMF 20 فلوگل است (شکل 1).
3. مادستون دارای فرامینیفرهای بنتیک (MF3) : این رخساره دارای زمینه‌ای با بیش از90 درصد میکریت است و از جمله موجودات آن می‌توان به فرامینیفرهای بنتیک اشاره کرد. ماهیت دانه‌ریز این رخساره نشان‌دهنده رسوب‌گذاری در محیط کم‌انرژی است (Saber, 2012). این ریز رخساره قابل مقایسه با رخساره RMF 19 فلوگل است (شکل 1) .
4. پکستون حاوی جلبک داسی‌کلاداسه‌آ، اکینوئید، فرامینیفر بنتیک و پلوئید (MF4): اصلی‌ترین اجزاء این ریزرخساره جلبک با فراوانی30 تا40 درصد و پلوئید و خارپوست با فراوانی 25تا 30درصد و قابل مقایسه با RMF 20 فلوگل است (شکل 1).
* کمربند رخساره‌ای پشته‌های ماسه‌ای بایوکلستی (Bioclast shoal)
1. گرینستون پلوئیدی بیوکلاست‌دار(MF5): این ریزرخساره دارای بافت گرینستونی است که عمده‌ترین آلوکم‌های آن فرامینیفرهای بنتیک غالبا میکریتی شده‌ در زمینه اسپاری است و قابل تطابق با RMF 27 فلوگل می‌باشد (شکل 1).
2. گرینستون حاوی پلوئید و رودیست (MF6): خرده‌های اسکلتی شامل قطعات به نسبت جور شده رودیست و کمی خارپوست به همراه پلوئید می‌باشد که در زمینه اسپارایتی قرار گرفته‌اند و قابل مقایسه با RMF26 فلوگل است(شکل 1) .

رخساره های رمپ میانی (Mid Ramp)

* کمربند رخساره‌ای دریای باز کم‌عمق (Shallow Open Marinee Microfacies)
1. رودستون- پکستون رودیست دار (MF7): بخش اعظم این رخساره را قطعات درشت رودیست به همراه مقدار کمی فرامینیفرهای بنتیک و خرده‌های اکینودرم که در زمینه میکریت قرار گرفته‌اند تشکیل می‌دهند و قابل مقایسه با ریزرخساره رمپ RMF 26 فلوگل (Flugel, 2016) است (شکل 1).
2. ریزرخساره پکستون رودیست‌دار (MF8): قطعات ریزدانه و خرد شده رودیست‌ها به صورت فشرده‌ و واریزه‌ای در زمینه میکریتی، جورشدگی ضعیف و قطعات زاویه‌دار هستند و قابل مقایسه با ریز رخساره RMF9 فلوگل است (شکل 1).
3. بایوکلست وکستون تا پکستون (MF9): در این ریز رخساره خرده‌های خارپوست به همراه دوکفه‌ای‌های ریز، گاستروپود و استراکد در یک زمینه میکریتی قرار گرفته‌اند. و قابل مقایسه با RMF7 فلوگل است (شکل 1).
* **مدل رسوبی:** با توجه به مطالعات پیشین در مورد مدل رسوبی سازند سروک (اسدی، 1395)، (محققی،1400)، (غلامی‌زاده، 1386)، اطلاعات دیرینه شناسی و وضعیت تکتونیکی منطقه مورد مطالعه در زمان نهشته شدن سازند سروک (Skeltone et al.,2003)، تعیین ریز رخساره‌ها و مقایسه آن‌ها با ریزرخساره‌های استاندارد فلوگل (Flugel, 2010) می‌توان گفت کربنات‌های سازند سروک در یک پلتفرم کربناته از نوع رمپ هموکلینال نهشته شده است (شکل 1) و در نهایت ستون چینه شناسی به همراه بافت، توزیع عمودی ریز رخساره‌ها و موقعیت آن‌ها در رمپ کربناته ترسیم گردید (شکل 2).





شکل 1: مدل رسوبی سازند سروک

شکل 2:تلفیق ستون چینه شناسی با داده‌های رسوب‌شناسی

* **دیاژنز:** طبق مطالعات میکروسکوپی انجام شده فرآیندهای دیاژنزی زیر شناسایی شده‌اند: این فرآیندها از نوع شیمیایی و بیوشیمیایی و شامل انحلال، سیمانی شدن (از نوع کلسیت، هماتیت و تبخیری‌ها)، نئومورفیسم، آشفتگی زیستی، میکریتی شدن، استیلولیتی شدن و جانشینی(دولومیتی شدن، هماتیتی شدن، پیریتی شدن و سیلیسی شدن)، یا فیزیکی (فشردگی و شکستگی) هستند(شکل 3) و در نهایت با توجه به مطالعات صورت گرفته، فراوانی تخلخل‌های موجود و توالی پاراژنتیکی در چاه مورد مطالعه ترسیم گردید (شکل 4و 5).



شکل 3: A: میکریت، B: تراکم فیزیکی، C: استیلولیت، D، تراکم، E : سیمان بلوکی، F: سیمان دروزی، G: سیمان هم بعد، H: سیمان رورشدی، I: سیمان پر کننده رگه، J: سیمان پویکیلوتوپیک، K: سیلیسی شدن، L: پیریتی شدن، M: هماتیتی شدن، N: پیریت دانه تمشکی، O: دولومیت نوع دوم، P: دولومیت نوع سوم، Q: دولومیت نوع سوم دارای هسته ادخال دار، R: دولومیت نوع چهارم، S: تخلخل بین دانه‌ای، T:تخلخل درون دانه‌ای، U: تخلخل بین بلوری، V: تخلخل بین بلوری دولومیت، W: آشفتگی زیستی، X: تخاخل حفره‌ای، Y: تخلخل شکستگی.





شکل 4:درصد فراوانی انواع تخلخل‌ها در چاه A

شکل 5:توالی پاراژنتکی سازند سروک در چاه A

* **ارزیابی پتروفیزیکی:** ارزیابی پتروفیزیکی عبارتست از چگونگی ایجاد یک مدل پتروفیزیکی براساس نمودارهای در دسترس از هر چاه، معمولا این ارزیابی توسط نرم‌افزارهای مختلفی انجام می‌گیرد که در این مطالعه از نرم افزار Geolog7 استفاده شده است. آنالیز نمودارها بر اساس تخلخل، محتوای کانی، و اشباع شدگی به وسیله مدل احتمالی Multimin در نرم افزار انجام گرفته است.

نگارهای مورد استفاده در ارزیابی پتروفیزیکی سازند سروک در چاه‌های مورد مطالعه شامل نگار گاما (GR)، نگار چگالی (RHOB)، نگار نوترون (NPHI)، نگار صوتی (DT)، نگار های مقاومتی (LLD, LLS, MSFL)، نگار قطر سنجی می باشد. لازم به ذکر است که زون‌بندی مخزن در چارچوب چینه‌نگاری سکانسی انجام شده است و پارامترهای مخزنی بر اساس محدوده های در نظر گرفته شده برای هر سیستم ترکت محاسبه گردیده است (شکل 6 و 7) .





شکل 6:تلفیق ارزیابی پتروفیزیکی با داده‌های پتروگرافی

شکل 7: کاتاف تعریف شده و محاسبه پتانسیل مخزنی هر سیستم تراکت بر اساس آن

**نتیجه‌گیری:** سازند سروک در چاه A دارای ضخامت 455 متر و لیتولوژی آن سنگ آهک، سنگ آهک‌های چرتی، سنگ آهک دولومیتی و اندکی شیل است. سن احتمالی این سازند آلبین- تورونین است و با ناپیوستگی فرسایشی در زیر سازند ایلام و احتمالا بر روی سازند کژدمی قرار گرفته است.

تعداد 9 میکروفاسیس متعلق به چهار زیر محیط لاگون، شول بایوکلستی و دریای باز کم‌عمق شناسایی شده است و فراوانی بیشتر با میکروفاسیس‌های مربوط به محیط لاگون است. با توجه به تبدیل تدریجی رخساره‌ها ،عدم وجود سدهای ریفی بزرگ، ساختارهای ریزشی و کلسی توربیدایت‌ها، محیط رسوبی سازند سروک در چاه‌های A و B از نوع رمپ کربناته است.

از مهم‌ترین فرآیندهای دیاژنزی که موجب کاهش تخلخل در این سازندگردیده، فرآیند سیمانی شدن می‌باشد. فرآیندهای استیلولیتی شدن، انحلال، دولومیتی شدن و شکستگی باعث افزایش تخلخل شده است.

گسترش فرآیندهای دیاژنزی از جمله تخلخل‌های حاصل از شکستگی و تخلخل‌های حفره‌‍ای موجب افزایش کیفیت مخزنی این ریز رخساره‌ها گردیده است. تخلخل غالب در رخساره‌های گرینستونی از نوع بین دانه‌ای و شکستگی و تخلخل غالب در رخساره‌های وکستونی از نوع حفره‌ای غالبا به هم مرتبط است.

مطالعات چینه‌نگاری سکانسی منجر به شناسایی 3 سکانس رسوبی رده سوم شده است و بر اساس نسبت خالص به ناخالص، حجم شیل، تخلخل و اشباع آب سیستم ترکت TST ازسکانس دوم دارای بهترین پتانسیل‌های مخزنی است.

ترسیم ریزرخساره‌ها در کنار سکانس و زون‌های دارای پتانسیل مخزنی نشان از ارتباط مستقیم ریز رخساره‌های گرینستونی مربوط به پشته‌های بایوکلستی و ریز رخساره های وکستونی مربوط به محیط لاگون با زون‌های دارای پتانسیل بالای مخزنی است.

**منابع**

**Adabi, M.H., 2009**. Multistage dolomitization of Upper Jurassic Mozduran Formation, Kopet-Dagh Basin, NE Iran: Carbonates and Evaporites, v. 24, p.16-32.

**Dunham, R.J., 1962**. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: W.E. Ham. (ed.) Classification of carbonate rocks- A symposium. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 1: 108-121.

**Embery, A.F., and Klovan, J.E., 1971**. A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, Northwest territories. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 19 (4): 730-781.

**Flügel, E., 2016.** Microfacies of Carbonate Rocks Analysis, Interpretation and Application. Second edition, 984.

**James, G.A., and Wynd, J.G., 1965**. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium, agreement area. American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, 49: 2182-2245.

**Saber, S.G., 2012**. Depositional framework and sequence stratigraphy of the Cenomanian – turonian rocks on the western side of the Gulf of Suez, Egypt, Cretaceous Research, 37, 300-318.

**Skelton, P., Spicer, R. A., Kelly, S. P., and Gilmour, L., 2003**. The Creataceous World, Cambridge University Press, 360.

**غلامي زاده، پ.، 1387.**  ژئوشيمي، ميكروفاسيس و تعيين خصوصيات مخزني سازند سـروك در بـرش سـطح الارضي كوه سياه (شرق برازجـان) و بـرش تحـت الارضـي چـاه شـماره 8 مونـد (خورمـوج): رسـاله كارشناسـي ارشـد، دانشگاه شهيد بهشتي، تهران، 266ص.

**اسدی، ا.، 1395.** لیتواستراتیگرافی، محیط رسوبی و خصوصیات دیاژنتیکی سازندهای سروک و ایلام در تاقدیس چناره، جنوب لرستان، 195ص.

**محققی، ش.، 1400.** محیط رسوبی، دیاژنز و ارزیابی پتروفیزیکی سازند سروک در چاه‌های A و B در یکی از میادین جنوب غربی ایران، 150 ص.