



بررسی ارتباط ناهمگنی خواص پتروفیزیکی سنگ مخزن و کج شدگی سطح تماس نفت - آب سازند سروک میدان سیوند، فلیچ فارس

ماهرغ فرود^۱، ممدرضا کمالی^۲، علی سلگی^۱، پوران نظریان سامانی^۲ و علی صنوبر^{۳*}

۱) گروه زمین شناسی نفت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲) پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

۵) شرکت نفت فلات قاره ایران، تهران، ایران، پست الکترونیک: alisenobar@yahoo.com

(* عهده دار مکاتبات)

دریافت: ۹۲/۹/۶؛ دریافت اصلاح شده: ۹۳/۲/۱۲؛ پذیرش: ۹۳/۲/۳۱؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۴/۸/۳۰

چکیده

تعیین عمق سطح تماس سیالات و عوامل تأثیرگذار در کج شدگی آن در کاهش ریسک حفاری و طرح‌های توسعه ای در میدان از اهمیت بسزایی برخوردار می باشد. در مطالعه حاضر سطح تماس نفت-آب در تمامی چاههای میدان سیوند با استفاده از نمودارهای پتروفیزیکی تعیین و جهت تأیید عمق مذکور از نمودارهای فشار سنجی (RFT) کمک گرفته شد. با ترسیم نقشه‌های هم ارزش سطح تماس و همچنین نقشه‌های تطابقی چاه‌ها در جهات مختلف میدان، تمایل سطح تماس نفت-آب به خوبی نمایش داده شد. میزان این کج شدگی در حدود ۰/۵ درجه و به سمت غرب میدان می باشد. خواص پتروفیزیکی سنگ مخزن سروک (بخش میشریف) از جمله تخلخل و نفوذپذیری به کمک تکنیک‌های زمین آماری در کل حجم مخزن توزیع و مدل گردید. وضعیت بهتر خواص مذکور در بخش غربی میدان باعث کاهش ضخامت زون تدریجی نفت و آب و تعمیق سطح تماس نفت-آب در این ناحیه شده است.

واژه‌های کلیدی: سطح تماس سیالات، نمودارهای پتروفیزیکی، تخلخل، نفوذپذیری، زمین آمار، مدلسازی پتروفیزیکی.

۱- مقدمه

اهمیت می باشد (Lake 2007). بعنوان مثال برای محاسبات تخلخلی

شناسایی عمق سطوح تماس سیالات، سطح تماس گاز-آب (G.W.C) دقیق تر بایستی مخزن بصورت عمودی و براساس نوع سیال تقسیم ، سطح تماس نفت-آب (O.W.C) و سطح تماس گاز-نفت (G.O.C) بندی گردد تا بر این اساس مقدار میانگین اشباع سیالات در فواصل مختلف، متفاوت محاسبه گردد به عبارت دیگر تفاوت در چگالی در محاسبات حجمی مخزن و محاسبات دقیق پتروفیزیکی بسیار حائز

جنوبی است که سبب یک انحراف ۱۲ دقیقه است (قلاوند و همکاران ۱۳۸۴)؛ پیدایش این انحراف ها در سطوح سیالات مخزنی به عوامل مختلفی نسبت داده شده است که مهمترین و محتمل ترین آن عوامل عبارتند از: الف- جریان های هیدرو دینامیکی بخش آبخوان (Stenger et al. 2001; Pelissier et al. 1980 ; Dias et al. (قلی پور ۱۳۶۹؛ مطیعی ۱۳۷۴؛ Bath 1972؛ 2009؛ تغییرات خواص پتروفیزیکی سنگ مخزن، (Dennis et al. 2005 (گرگیان و رضایی ۱۳۷۸؛ ج- تغییرات ساختمانی مخزن به عنوان مثال گسل خوردگی (Estrada & Mantilla 2000)، د- برداشت ناهمگون از بخش های مختلف یک مخزن (Macbeth et al. 2005).

۲- زمین شناسی منطقه

میدان نفتی سیری (C) در ۳۴ کیلومتری شمالغرب تا غرب جزیره سیری در خلیج فارس واقع شده است و حدوداً در ۱۰۰ کیلومتری از خط ساحلی ایران قرار گرفته است (تصویر ۲). ساختمان سیری «سیوند» در سال ۱۹۶۷ طی یکسری عملیات لرزه نگاری توسط شرکت سوپیران شناخته شد و اکتشاف آن در مراحل بعدی تکمیل گردید. این ساختمان بصورت یک طاقدیس گنبدی تصویر می باشد. طول آن حدود ۱۵/۷ کیلومتر و عرض آن ۶ کیلومتر و مساحتی معادل ۹۶ کیلومتر مربع را دارا می باشد. اولین حلقه چاه اکتشافی این میدان، چاه (SIC-1) می باشد که در سال ۱۹۷۳ حفاری و در افق میشریف به نفت برخورد نمود (حاجی کاظمی و همکاران ۱۳۸۲؛ Total 1999). در این میدان بخش فوقانی سازند سروک (بخش میشریف) دارای خصوصیات مخزنی می باشد (Hajikazemi 2003; Gyson 2003; et al. 2012) و تخلخل و تراوایی میانگین این بخش به ترتیب ۳۲ درصد و ۴۰ میلی داری می باشد. میشریف در میدان مورد مطالعه دارای ضخامت متغیری از ۲۸ تا ۵۲ متر است که با کمک نقشه های هم ضخامت می توان روند تغییرات ضخامت آن را تشریح کرد. تصویر ۳ نشان می دهد که در ناحیه شمالی میدان سیری C «سیوند»، میشریف دارای بیشترین ضخامت است و در قسمت جنوب غربی نازک می شود.

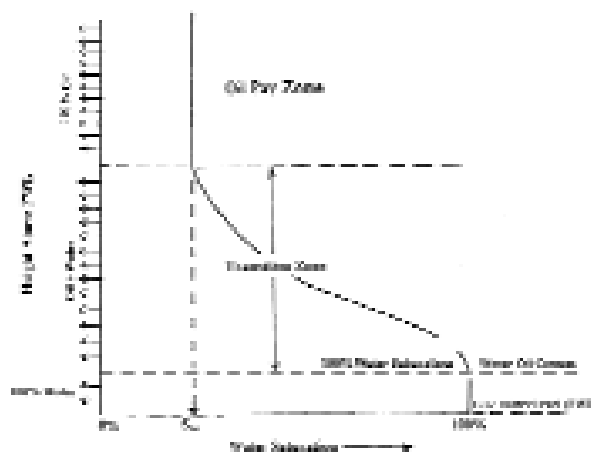
۳- تعیین عمق سطح تماس نفت-آب

با استفاده از نمودارهای پتروفیزیکی مقاومت و تخلخل، میزان اشباع آب (SW) به تفکیک چاه در کل میدان محاسبه گردیده و در هر چاه،

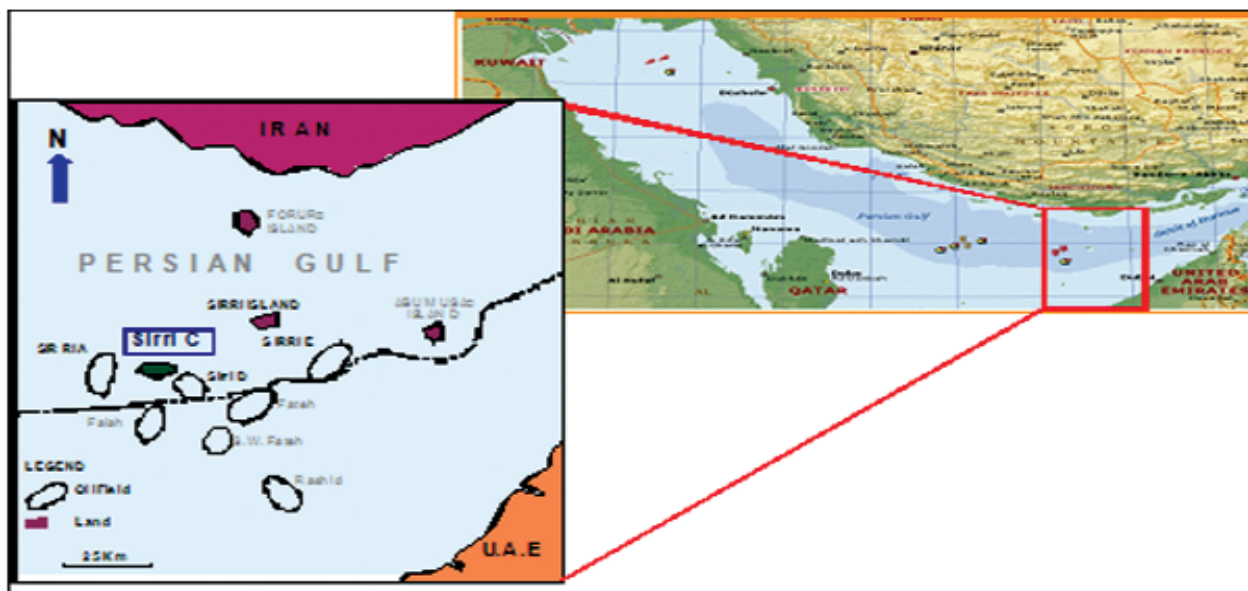
سیالات یا زمان عبور امواج صوتی در فواصل دارای سیالات مختلف باعث تفاوت در مقدار تخلخل محاسبه شده و در نتیجه اشباع آب می گردد. همچنین جهت محاسبه اشباع آب بر اساس فشار موینگی (capillary pressure)، دانستن عمق سطوح نفت-آب و یا گاز-آب بویژه عمق آب آزاد (F.W.L) (free water Level) بسیار با اهمیت می باشد (Tiab & Donaldson 2004). مرز بین نفت-آب ممکن است مشخص یا تدریجی باشد. مرز ناگهانی مشخصه مخازن تراو است مانند مخازن ماسه ای با سیمان شدگی بسیار پایین و مرز تدریجی مشخصه مخازن با تخلخل و تراوای کم و فشار موینگی بالاست مانند مخازن کربناته. مخازن دارای مرز تدریجی را می توان به سه بخش تفکیک نمود: الف- بخش تولید کننده نفت، ب- بخش تدریجی نفت-آب (Transition zone)، ج- بخش تولید کننده آب (تصویر ۱).

مرز بخش نفت آزاد، مرزی است که در آن اشباع شدگی نفت در حدی است که اجازه تولید نفت به صورت ۱۰۰٪ را می دهد و این مرز بر روی بخش تدریجی قرار دارد. در بخش تدریجی، نفت به همراه آب تولید می گردد. مرز نفت-آب مرزی است که پایین تر از آن صرفاً آب تولید می شود و بخش آب آزاد قرار دارد (Lucia 2007).

سطح تماس سیالات در نفتگیرها عموماً مسطح است؛ اما در برخی از مخازن این سطح مایل است و مقدار انحراف معمولاً ۵ دقیقه و گاهی تا ۸ درجه و یا بیشتر نسبت به سطح افق نیز افزایش می یابد (Fabri cius & Rana 2010) بعنوان مثال سطح نفت-آب در یال شمالی میدان نفتی پازنان در مخزن آسماری ۲۵ متر بالاتر از یال



تصویر ۱- مخازن دارای مرز تدریجی سیالات را می توان به سه بخش تفکیک نمود: بخش تولید کننده نفت، بخش تدریجی و بخش تولید کننده آب (Zinsner & Pellerin 2007).



تصویر ۲- موقعیت میدان مورد مطالعه در خلیج فارس.

عمقی که در آن مقدار اشباع آب به میزان قابل توجهی افزایش می یابد (%70 SW) به عنوان سطح تماس نفت-آب در نظر گرفته شده است (جدول ۲ و تصویر ۴). جهت تأیید عمق سطح تماس نفت-آب، از آزمایشات فشار سازند (RFT) در چاه‌های دارای اطلاعات فشار سنجی نیز کمک گرفته شده است. همانطوریکه در تصویر ۵ مشاهده می گردد در چاه SIC-E9 در عمق ۲۳۹۴/۱ متری (۷۸۵۵- فوتی) گرادیان فشار سازندی دچار شکست می گردد که نشان دهنده تغییر نوع سیال در این عمق و تأیید عمق سطح تماس نفت-آب تعیین شده در این چاه با استفاده از نمودارهای پتروفیزیکی می باشد.

۴- تمایل سطح تماس نفت-آب

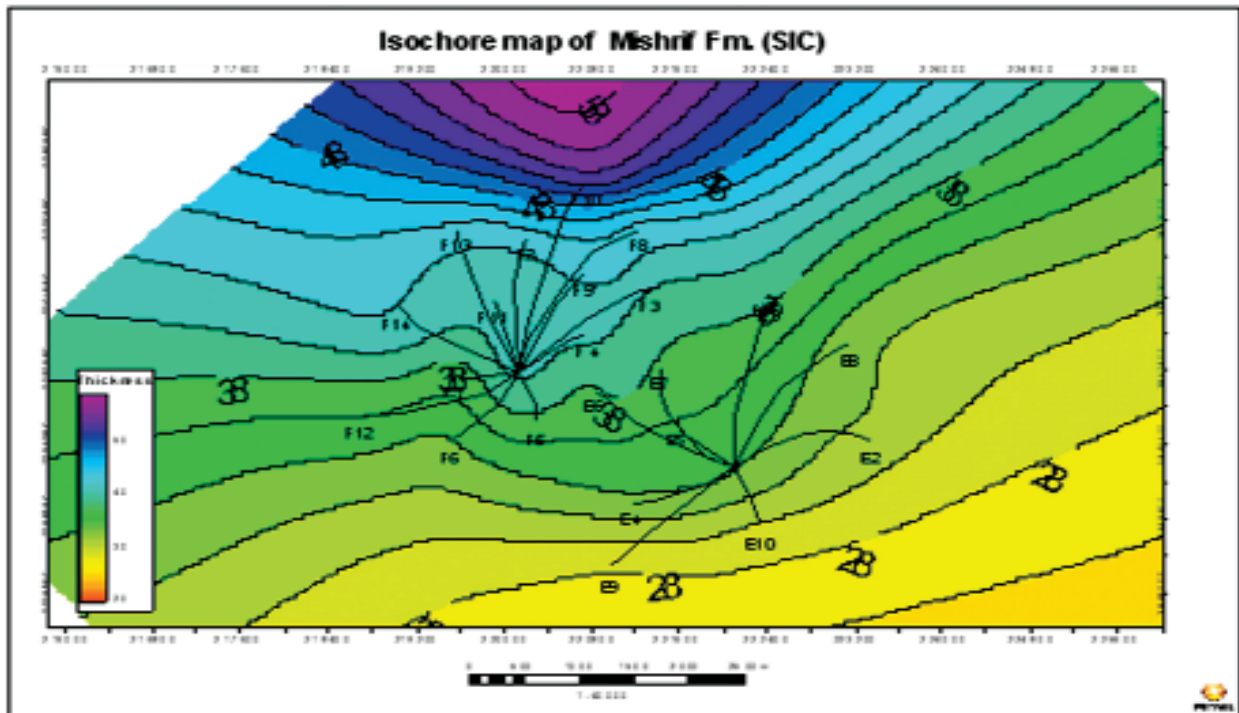
پس از محاسبه عمق سطح تماس نفت-آب در هر یک از چاه‌های میدان مورد مطالعه جهت بررسی روند تغییرات عمق سطح تماس، نقشه هم ارزش سطح تماس نفت-آب بر روی نقشه عمقی رأس میشریف تهیه شد (تصویر ۶). بر این اساس مشخص گردید که تمایل سطح تماس نفت-آب در میدان به سمت غرب میدان می باشد. بدین معنی که عمق سطح تماس نفت-آب در مخزن میشریف از شرق به غرب افزایش می یابد.

۷- تغییرات خواص پتروفیزیکی سنگ مخزن

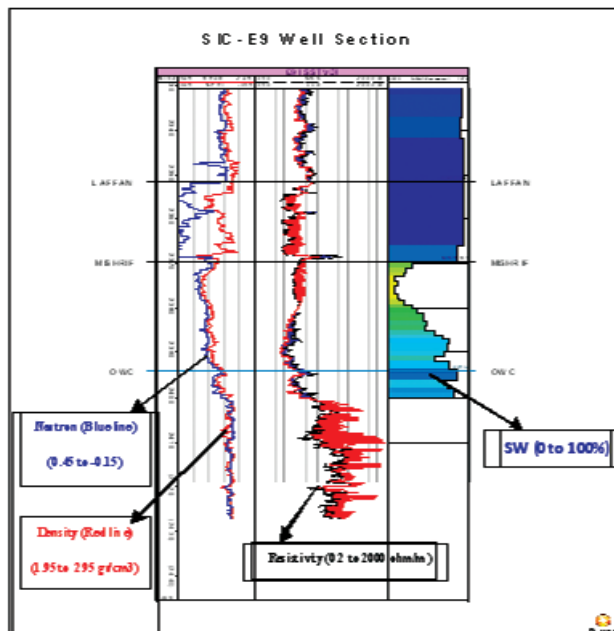
چنین سطح تماس مایلی که ناشی از تغییرات جانبی تراوایی و تخلخل

جدول ۱- ضخامت بخش میشریف در چاه‌های مختلف میدان سیوند (Gyson 2003).

Well name	Mishrif Thickness(m.)
E1	34.17
E10	30.01
E2	31.35
E3	38.12
E4	33.36
E5	35.90
E6	37.64
E7	37.66
E8	33.09
E9	28.31
F1	40.30
F10	52.09
F11	40.46
F12	36.00
F13	43.50
F14	41.91
F2	42.64
F3	40.25
F4	40.25
F5	37.42
F6	34.07
F7	37.08
F8	43.50
F9	42.42
SIC-1	38.69



تصویر ۳ - نقشه هم ضخامت سازند سروک (بخش میشریف) در میدان مورد مطالعه.



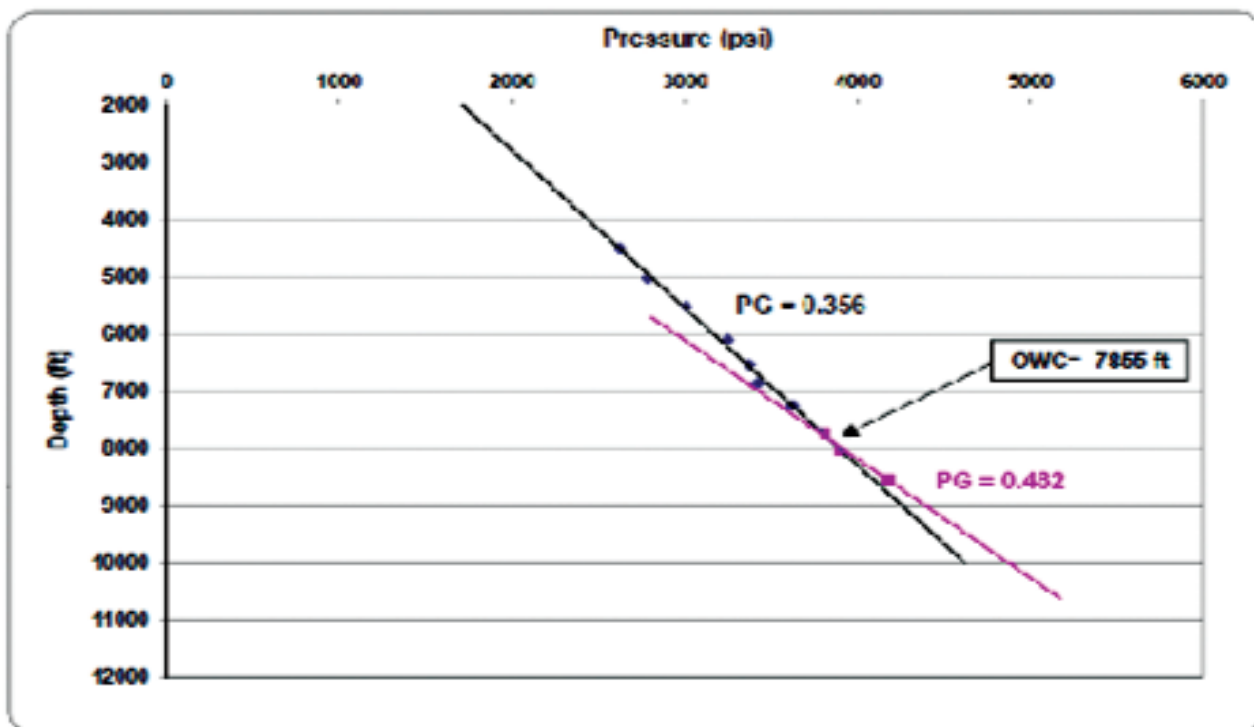
تصویر ۴ - تعیین عمق سطح تماس نفت-آب در چاه E9 میدان سیوند بر اساس نمودارهای پتروفیزیکی.

جدول ۲ عمق سطح تماس نفت-آب در چاه های میدان سیوند

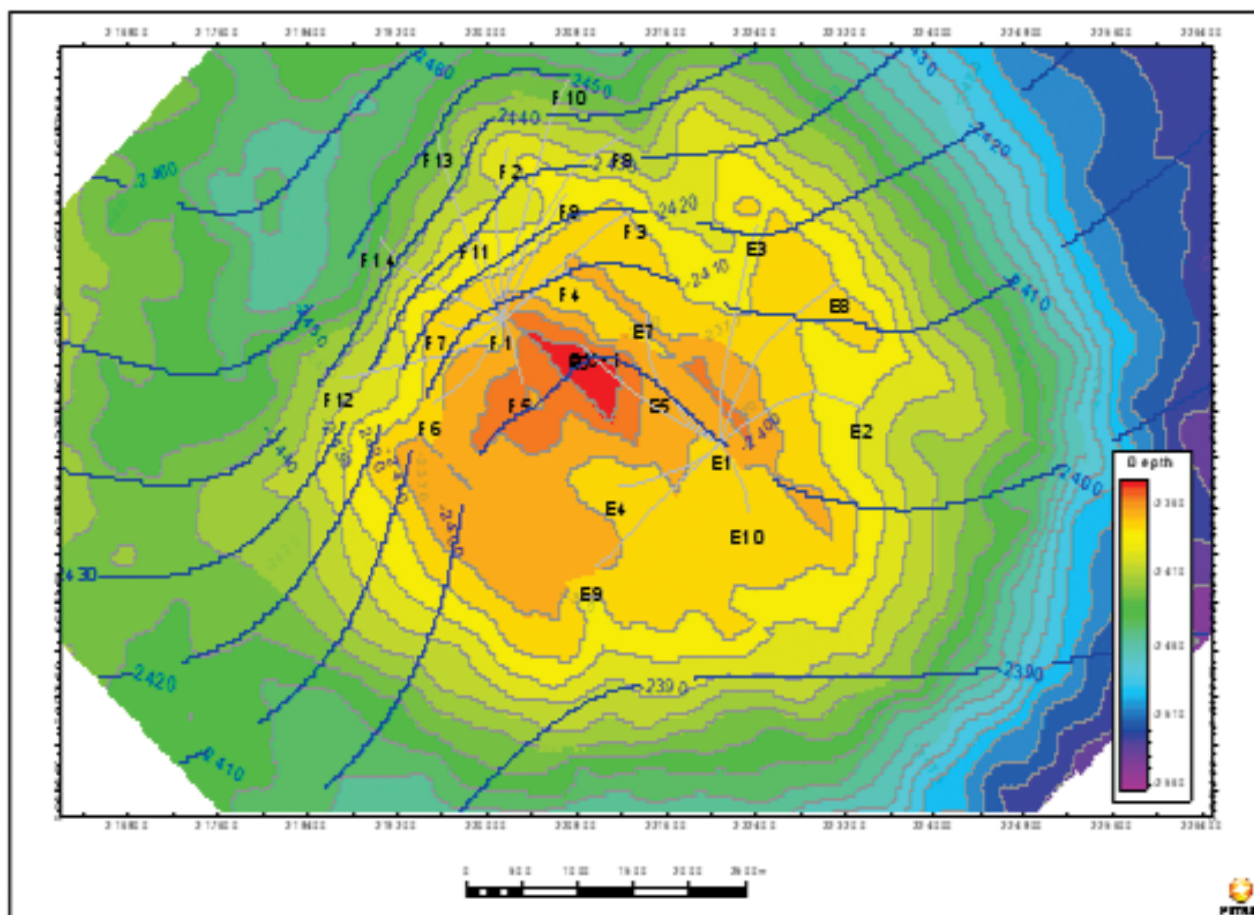
Well Name	OWC MD [m]	OWC TVDSS [m]	Sw @ OWC [%]
SIC-1	2418	-2405	70
E1	2428	-2404	90
E2	2816	-2409	100
E3	3191	-2421	90
E4	2674	-2402	80
E5	2547	-2397	90
E6	2917	-2387	95
E7	2851	-2404	90
E8	3056	-2409	90
E9	2939	-2394.1	95
E10	2536	-2409.2	100
F1	2437	-2416	80
F2	2913	-2432	80
F3	2921	-2419	70
F4	2560	-2410	70
F5	2491	-2390	80
F6	2658	-2408	85
F7	2528	-2418	75
F8	3237	-2445	100
F9	2797	-2425	75
F10	3393	-2458	100
F11	2606	-2431	100
F12	2968	-2437	100
F13	3049	-2449	100
F14	2847	-2446	85

است، خصوصیات فشار مؤینگی سازند و ارتفاع زون تدریجی را متأثر می سازد. هنگامی که تراوایی و تخلخل پایین باشند، زون تدریجی ضخیم خواهد بود، زیرا فشار مؤینگی بالا خواهد رفت؛ در نتیجه آب تا ارتفاع بیشتر در مخزن بالا آمده و عمق سطح تماس نفت - آب کمتر خواهد بود (Lucia 2007).

در این مطالعه با استفاده از مدل شبیه سازی زمین آماری، هتروژنیته



تصویر ۵- نمودار فشارسنجی مخزن میشریف در چاه E9 میدان سیوند، ایجاد شکست در گرادیان فشاری در عمق ۷۸۵۵ فوتی زیر سطح دریا نشان دهنده تغییر نوع سیال و عمق سطح تماس در چاه می باشد.



تصویر ۶- نقشه هم ارزش سطح تماس نفت - آب ترسیم شده بر روی نقشه UGC مخزن میشریف میدان سیوند.

و توزیع فضائی پارامترهای پتروفیزیکی در مخزن به طور دقیق به تصویر کشیده شد. مهمترین خاصیت شبیه سازی زمین آماری این است که بجای «بهترین تخمین» مجموعه ای از مدلها را تولید می کند که دامنه ای از حالت های ممکن را شامل می شوند. این تکنیک می تواند تعداد بسیار زیادی از نقشه های توزیع هر پارامتر پتروفیزیکی را در مخزن نفتی تولید کند که همگی شباهت معینی داشته باشند. آن شباهت معین به زبان آماری همان هیستوگرام و واریوگرام یکسان (مشابه) است (Rossi et al. 1992).

۷-۱- مدل شبیه سازی تفلخل

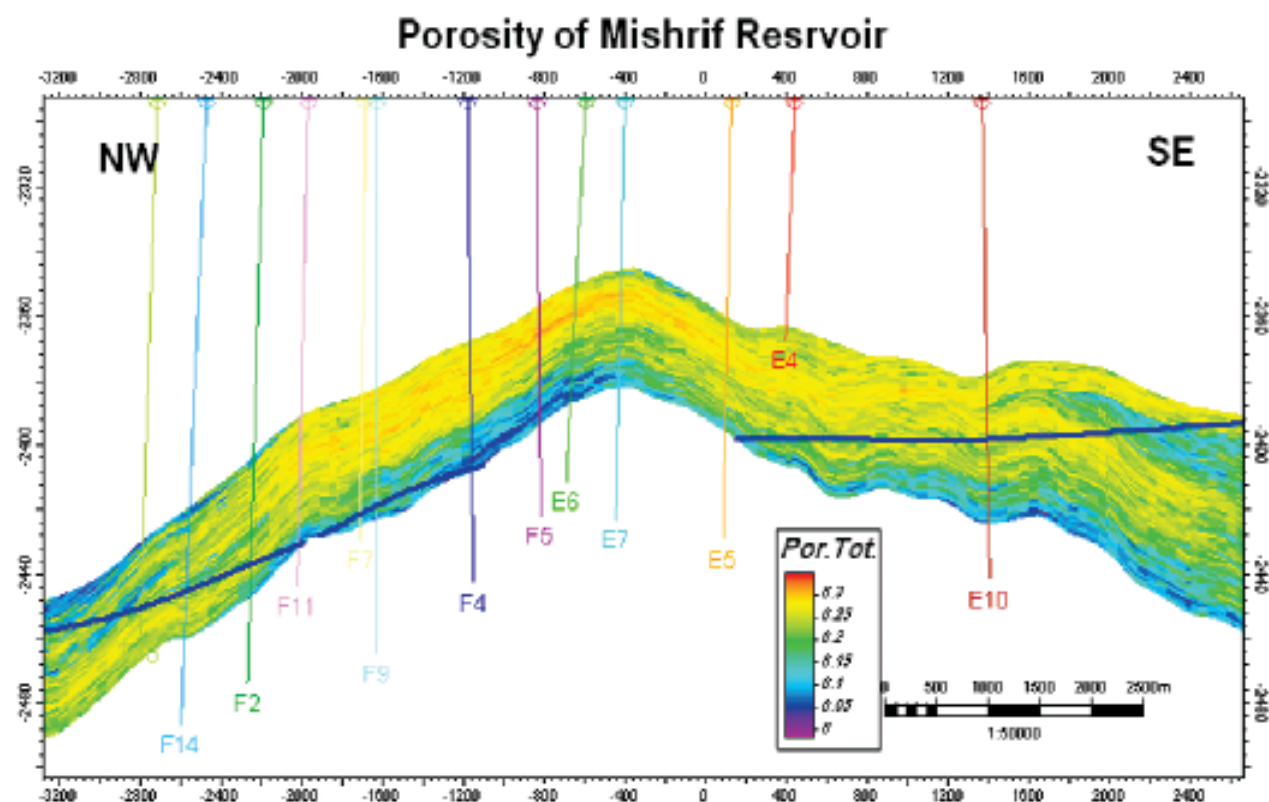
داده های تفلخل حاصل از تفسیر پتروفیزیکی لاگ های هر چاه، پس از درشت نمایی در داخل گریدها و نرمال سازی، مورد آنالیز واریوگرافی قرار گرفته اند و پارامترهای آنالیز واریوگرام (دامنه، جهت و اثر قطعه ای) بعنوان پارامترهای پایه ای جهت ساخت مدل شبیه سازی مورد استفاده قرار گرفت. در مطالعه حاضر از متد شبیه سازی SGS جهت مدلسازی پارامتر تفلخل در زون مشیرف استفاده گردید (تصاویر ۷ و ۸). جهت کنترل توزیع تفلخل در مدل ساخته

شده می توان هیستوگرام مقادیر تفلخل لاگ های درشت نمایی شده را با مقادیر آن در مدل ساخته شده با یکدیگر مقایسه نمود (تصویر ۹).

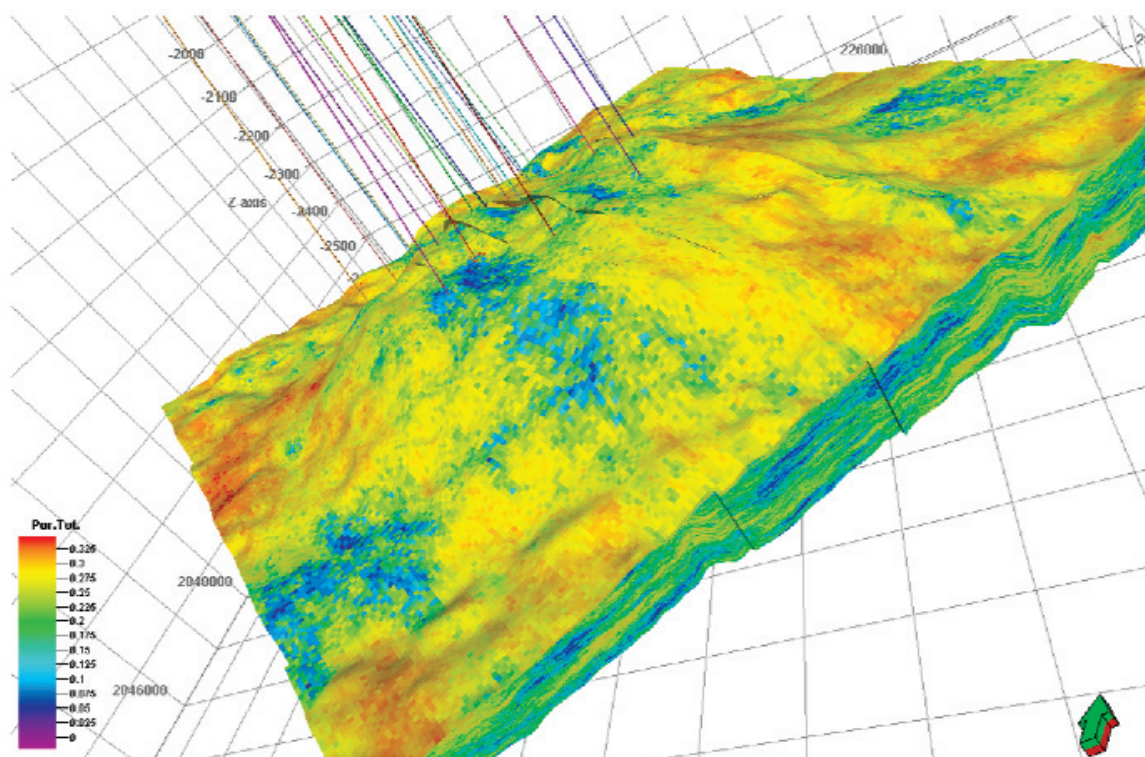
۷-۲- مدل سازی نفوذپذیری

تراوایی، پارامتر مهمی در توصیف مخازن می باشد و فاکتورهای بسیاری از جمله فاصله بهینه بین چاه ها و تکنیک های ازدیاد برداشت در توسعه مخازن به تراوایی بستگی دارد. در این مطالعه براساس داده های تفلخل و نفوذپذیری بدست آمده از آنالیز مغزه های سه چاه میدان سیوند، گراف این دو پارامتر در مقابل هم ترسیم گردید و رابطه بین آنها محاسبه شد (تصویر ۱۰).

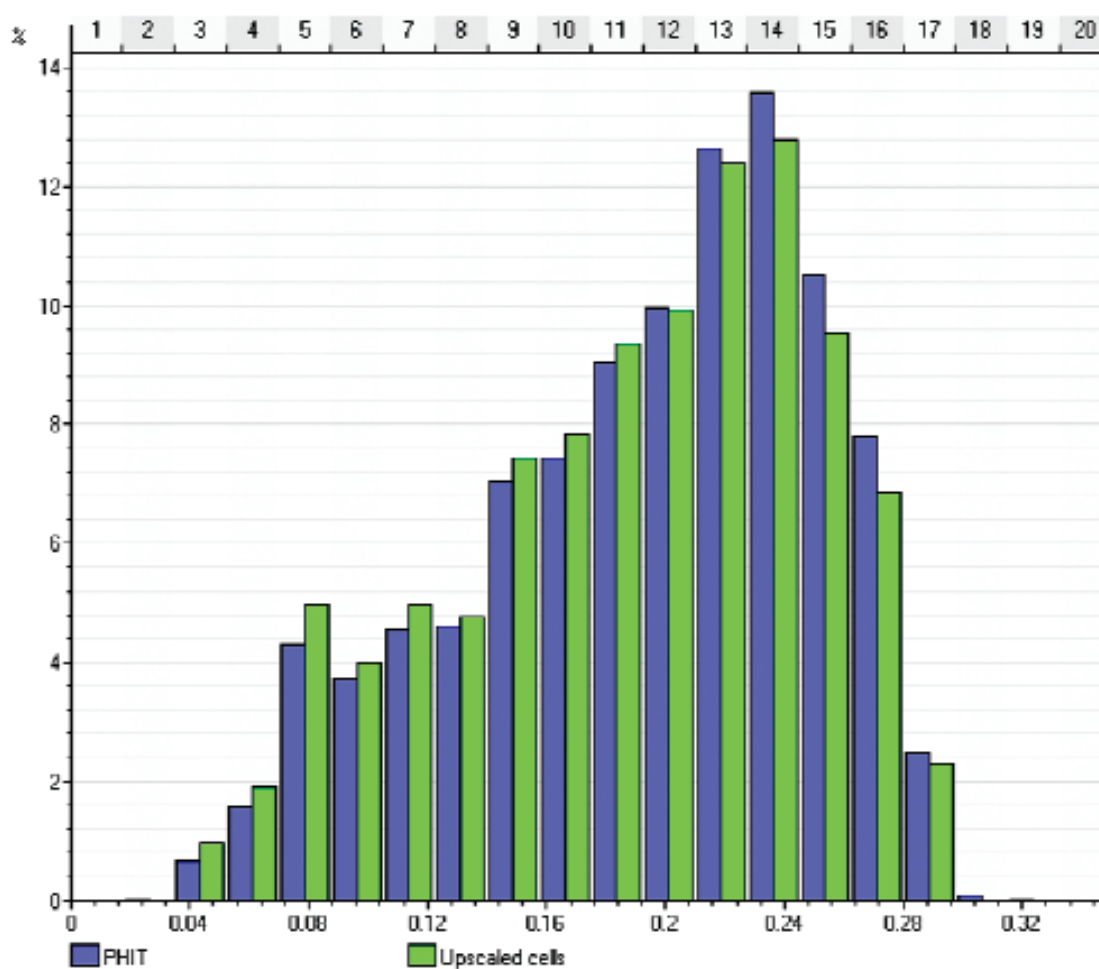
در مرحله بعدی از روی محاسبه گر (Calculator) نرم افزار PETREL، فرمول بدست آمده بر روی مدل تفلخل ساخته شده در کل میدان اعمال گردید تا مدل نفوذپذیری میدان ساخته شود (تصاویر ۱۱ و ۱۲). در مجموع مدل سه بعدی ساخته شده از زون مشیرف، روند تغییرات خواص پتروفیزیکی سنگ مخزن را بهتر آشکار می سازد که در شناخت علل کج شدگی سطح تماس بسیار با ارزش است (تصویر ۱۳).



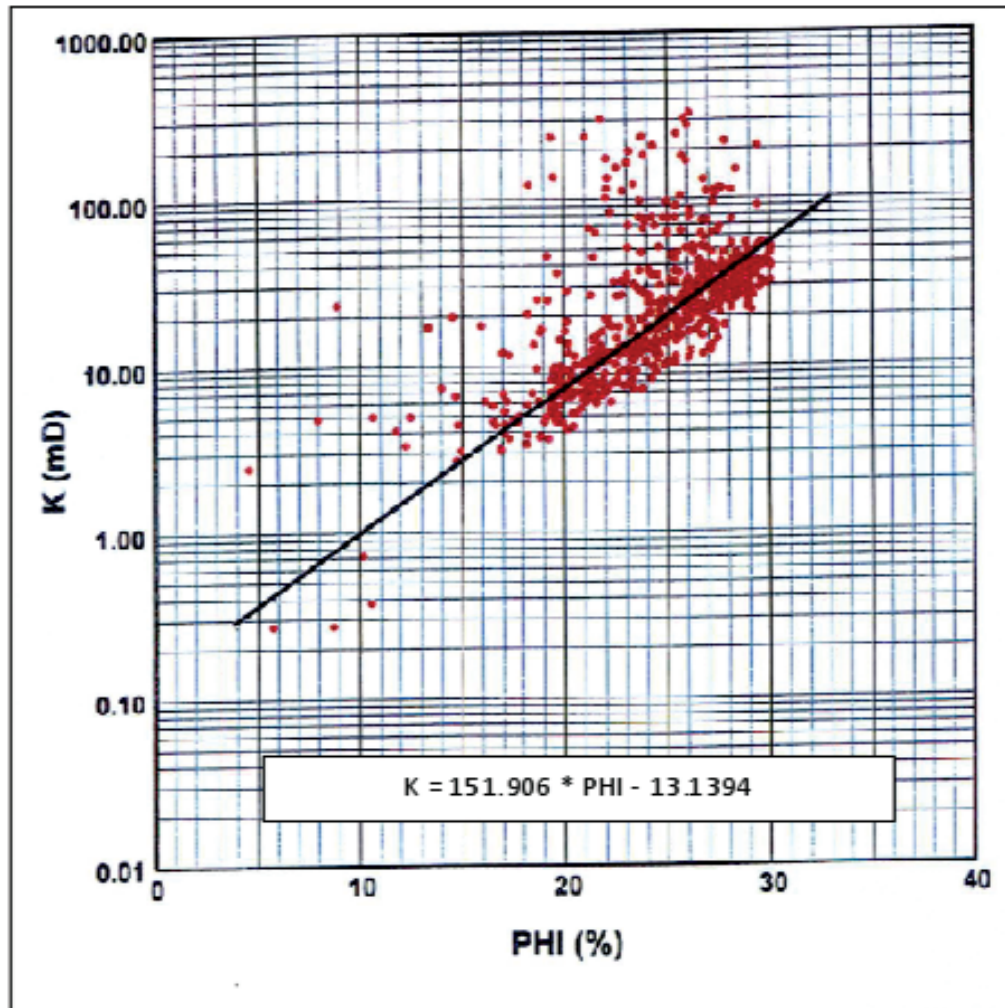
تصویر ۷- مدل شبیه سازی شده ی توزیع تفلخل در زون مشیرف در مقطع جنوب شرق - شمال غرب .



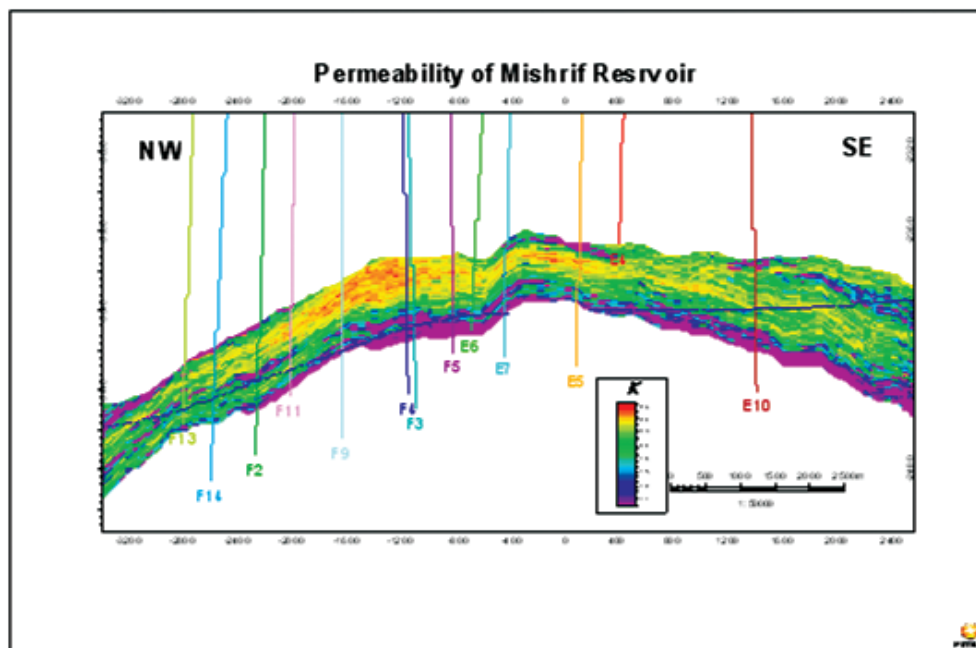
تصویر ۸- مدل سه بعدی شبیه سازی شده ی توزیع تخلخل در زون میشریف.



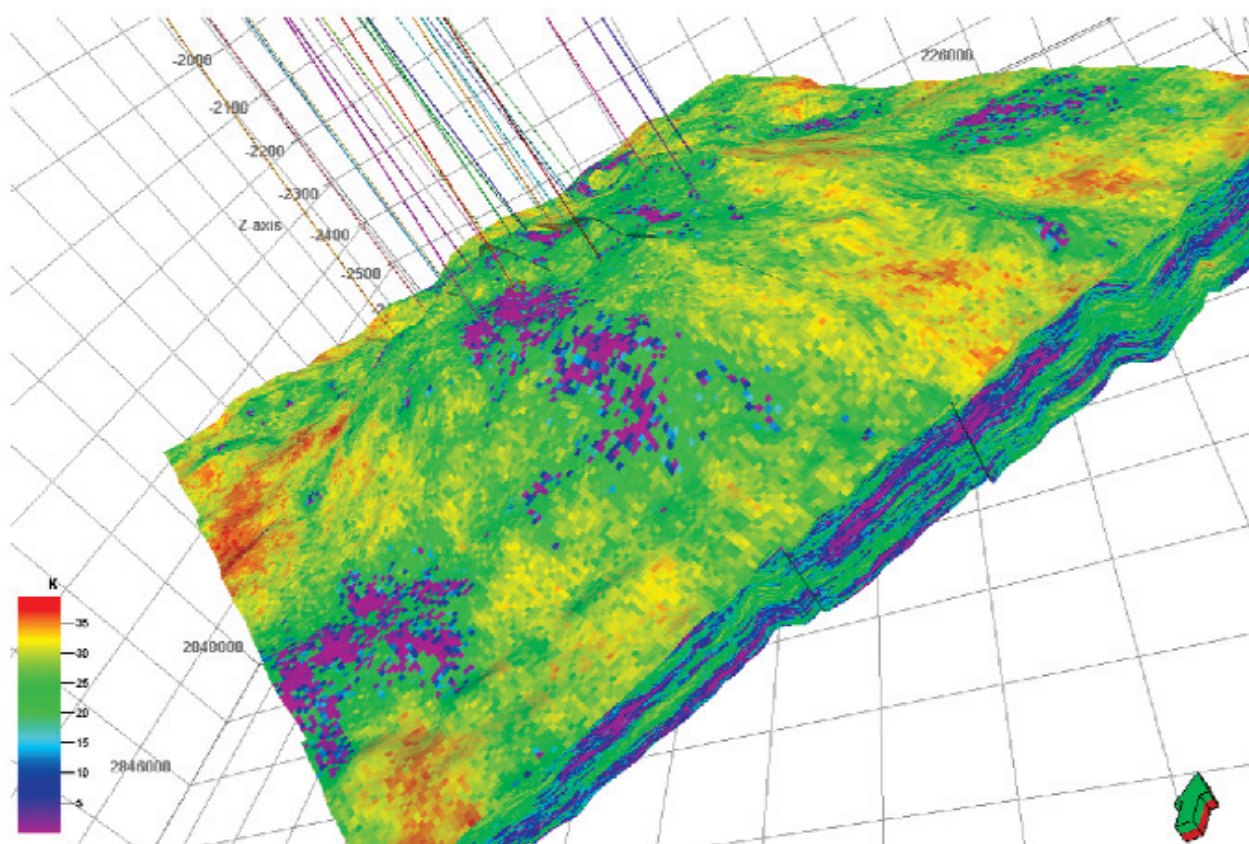
تصویر ۹- مقایسه ی بین هیستوگرام داده های تخلخل درشت نمایی شده (Upscaling) و مدل ساخته شده جهت کنترل کیفی مرحله مدلسازی تخلخل.



تصویر ۱۰- نمودار نفوذپذیری در مقابل تخلخل در مخزن میشریف که از آنالیز مغزه سه چاه میدان سیوند بدست آمده است.

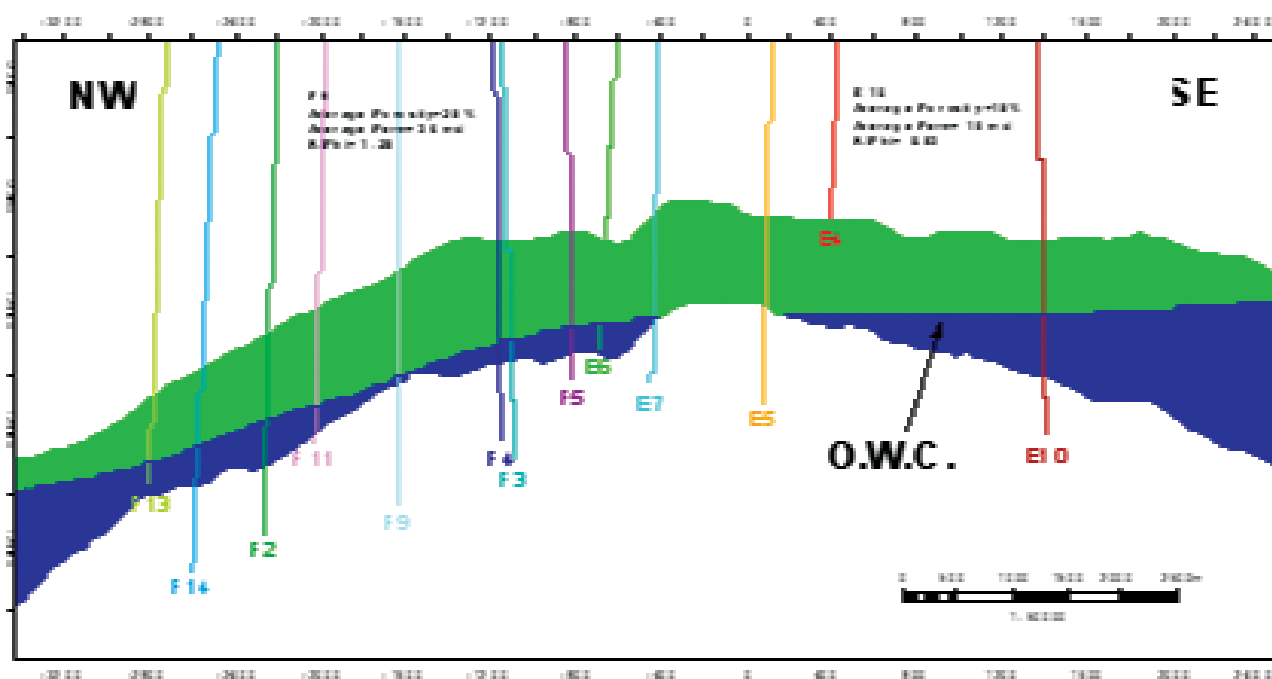


تصویر ۱۱ مدل شبیه سازی شده ی توزیع نفوذپذیری در زون میشریف در مقطع جنوب شرق - شمال غرب.



تصویر ۱۲ مدل سه بعدی شبیه سازی شده ی توزیع نفوذپذیری در زون میشریف.

Mishrif Reservoir Property Change



تصویر ۱۳- انحراف سطح تماس نفت - آب در اثر تغییر خصوصیات پتروفیزیکی سنگ مخزن میشریف در میدان سیوند؛ بخش شمال غربی بدلیل داشتن تخلخل و تراوایی بیشتر دارای فشار مؤینگی کمتر و در نتیجه زون تدریجی کوچک تر بوده و سطح تماس عمیق تر است.

Bath, P., 1972. Aquifer Pressure in the Area. *NISOC Report No. P- 2047.*

Dennis, H., Berymo, P., Holt, T., 2005. Tilted oil- water contact: Modelling the effects of aquifer heterogeneity. Petroleum Geology conference series, *Geological Society, London, Vol. 6, 145- 158.*

Dias, T. A., Tett, D., Croasdaile, M., 2009. Evidence for a Hydrodynamic Aquifer in Lower Miocene sands of the Mod Doy field; Gulf of Mexico. *BHP Billiton Petroleum, Vol. 17, 234- 248.*

Estrada, C., Mantilla, C., 2000. Tilted oil water contact in the Cretaceous formation, Puerto colon field, Putumayo Basin. *Colombia: SPE 59429.*

Fabricius, I.L., Rana, M.A., 2010. Tilting oil - water contact in the chalk of Tyra field as interpreted from capillary Pressure data. *Petroleum Geology Conference Series, Geological Society, London, Vol. 7, 463- 472.*

Green, S., Swarbrick, E., O'Connor, A., 2014. The Importance of Recognizing Hydrodynamics for Understanding Reservoir Volumetrics, Field Development and Well Placement. *oral presentation at AAPG 2014 Annual Convention and Exhibition, Houston, Texas.*

Gyson, 2003. "Sirri C Field 3D Geological Model. *I.O.O.C. Report, 115 pp.*

Hajikazemi, E., Al-Asam, I.S., Coniglio, M., 2012 "Chemostratigraphy of Cenomanian-Turonian Carbonates of the sarvak formation, southern Iran. *Journal of Petroleum Geology, Vol. 35, 187-206.*

Lake, L.w., 2007. Petroleum Engineering Hand book *SPE, 450-457.*

Lucia, F.J., 2007. Carbonate Reservoir Characterization. *Springer, 336 pp.*

Macbeth, C., Stephen, K.D., McInally, A., 2005. The 4D Seismic Signature of oil-water Contact Movement due to natural Production in a Stacked turbidite reservoir. *Geophysical prospecting, Vol. 53, 183- 203.*

Pelissier, j., Hedayati, A., Abgrall, E., Plique, J., 1980. Study of Hydrodynamic Activity in The Mishrif Field of f shore, Iran. *Journal of Petroleum Technology, Vol. 5, 1043- 1052.*

Person, M., Butler, D., Gable, C.W., Villamil, T., Wavrek, D., Schelling, D., 2012. Hydrodynamic stagnation zones: A new play concept for the Llanos Basin, Colombia. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Vol. 96, 23-41.*

Rossi, R. E., Mulla, D. J., Journel, A. G., Franz, E. H., 1992. Geostistical tools for modeling and interpreting geological spatial depended. *Ecol Monoger, Vol. 62, 277-314.*

Stenger, B.A., Pham T.R., AL-Sahhaf, A.A., AL-Muhaish, A.S., 2001. Assessing the oil water Contact in Haradh Arab- D. *SPE 71339.*

Tiab, D., & Donaldson, E., 2004. Petrophysics Theory and Practice of Measuring Reservoir Rock and fluid Transport Properties. *Elsevier, 2nd Edition, 889 pp.*

Total, 1999. Sirri C & D oil fields development plan *I.O.O.C. Report, 136 pp.*

Zinsner, B., Pellerin, F., 2007. A geoscientist's guide to Petrophysics. *Technip, 675 pp.*

۸- نتیجه گیری

توزیع سه بعدی پارامترهای پتروفیزیکی سنگ مخزن با استفاده از روابط زمین آماری و به کمک نرم افزار پترل؛ دید بسیار مناسبی از روند تغییرات ویژگی های مخزنی سازند میشریف در کل میدان را فراهم می سازد.

بر این اساس، میانگین توزیع تخلخل زون میشریف در بخش غرب و شمال غربی میدان وضعیت بهتری را نسبت به بخش شرق و جنوب شرقی میدان دارا می باشد.

بررسی چگونگی توزیع پارامتر نفوذپذیری نیز نشان دهنده ی بهبود میزان میانگین این پارامتر در زون میشریف از شرق به غرب میدان می باشد.

افزایش میزان تخلخل و تراوایی در بخش غرب و شمال غرب میدان باعث کاهش فشار مؤینگی در این بخش و در نتیجه ایجاد زون تدریجی

کوچک تر شده است و بالعکس در بخش شرق و شمال شرق میدان که به لحاظ تراوایی و تخلخل وضعیت نامناسب تری را دارا می باشد؛ زون

تدریجی بزرگتر و سطح تماس در عمق بالاتری قرار دارد؛ بنابراین یکی از مهمترین دلایل سطح تماس کج نفت - آب در زون میشریف میدان

سیوند، تغییر خصوصیات سنگ مخزن می باشد.

تشکر و قدانی

از شرکت نفت فلات قاره ی ایران که داده های این مطالعه را در اختیار قرار داده است، تشکر و قدردانی می گردد.

مراجع

حاجی کاظمی، ا.، یوسف پور، م.، و آرامی، ا.، ۱۳۸۲. مطالعه زمین شناسی سازندهای ایلام، لافان و سروک در میدانی نفتی سیری سیوندو دنا. شرکت نفت فلات قاره ایران، پروژه مطالعات اکتشافی حوضه خلیج فارس، ۱۰۰ص.

قلاوند، ه.، شایسته، م.، سراج، م.، و صنوبر لیماکشی، ع.، ۱۳۸۴. مطالعه هیدرودینامیک و هیدروشیمی سازند آسماری در فرافتادگی دزفول. شرکت ملی نفت خیز جنوب، ش. ۶- R، ۱۲۹ص.

قلی پور، ع.، ۱۳۶۹. مطالعه وضعیت هیدرودینامیک در سازند آسماری در فرافتادگی دزفول. شرکت ملی نفت خیز جنوب، ش. پ-۲۲۰، ۱۰۷ص.

گرگیان، م.، و رضایی، م.، ر.، ۱۳۷۸. کاربرد داده های فشار مؤین در تعیین سطح تماس سیالات مخازن هیدروکربوری با مثالی از جنوب ایران. شیراز- سومین همایش انجمن زمین شناسی ایران.

مطیعی، ه.، ۱۳۷۴. زمین شناسی نفت زاگرس (جلد او ۲). سازمان زمین شناسی کشور، ۱۰۹ص.