

## تأثیر جریان هیدرودینامیک در کج شدگی سطح تماس نفت - آب مخزن آهکی سروک در میدان سیوند، خلیج فارس

ماهرخ فرود<sup>۱</sup>، محمدرضا کمالی<sup>۲</sup>، علی سلگی<sup>۳</sup>، علی صنوبر<sup>۴</sup>، پوران نظریان سامانی<sup>۵</sup>

۱- کارشناس ارشد زمین شناسی نفت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه زمین شناسی، تهران، ایران

۲- دانشیار پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه زمین شناسی، تهران، ایران

۴- کارشناس ارشد مطالعات زمین شناسی، شرکت نفت فلات قاره، تهران، ایران

۵- کارشناس ارشد مطالعات زمین شناسی، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱۱/۲۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۸/۷

### چکیده

تعیین عمق سطح تماس سیالات و عوامل تأثیرگذار در کج شدگی آن در کاهش ریسک حفاری و طرح های توسعه ای در میدان از اهمیت بسزایی برخوردار می باشد. در مطالعه حاضر سطح تماس نفت- آب در تمامی چاه های میدان سیوند با استفاده از نمودارهای پتروفیزیکی تعیین شد و جهت تأیید عمق مذکور از نمودارهای فشارسنجی (RFT) کمک گرفته شد. با ترسیم نقشه های هم ارزش سطح تماس و همچنین نقشه های تطابقی چاه ها در جهات مختلف میدان؛ تمایل سطح تماس نفت- آب به خوبی در میدان نمایش داده شد. میزان این کج شدگی در حدود ۰/۵ درجه و به سمت غرب میدان می باشد. با محاسبه سطح پتانسیومتری در چاه های مورد مطالعه و براساس نقشه های پتانسیومتری و هم شوری تهیه شده، مشخص گردید که وجود جریان هیدرودینامیک در بخش آبد مخزن سروک (بخش میشریف) در میدان سیوند در جهت شرق به غرب یکی از مهمترین دلایل کج شدگی سطح تماس نفت- آب در این مخزن می باشد.

واژگان کلیدی: میدان سیوند، کج شدگی سطح تماس، مخزن سروک، نمودار چاه پیمایی، جریان هیدرودینامیک

### مقدمه

عمودی و براساس نوع سیال تقسیم بندی گردد تا بر این اساس مقدار میانگین اشباع سیالات در فواصل مختلف، متفاوت محاسبه گردد به عبارت دیگر تفاوت در چگالی 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.

شناسایی عمق سطوح تماس سیالات، سطح تماس گاز- آب (G.W.C)، سطح تماس نفت- آب (O.W.C) و سطح تماس گاز- نفت (G.O.C) در محاسبات حجمی مخزن و محاسبات دقیق پتروفیزیکی بسیار حائز اهمیت می باشد [11]. به عنوان مثال برای محاسبات تخلخلی دقیق تر بایستی مخزن به صورت

می باشد. اولین حلقه چاه اکتشافی این میدان، چاه (SIC-1) می باشد که در سال ۱۳۵۲ حفاری و در افق میشریف به نفت برخورد نمود [۴ و ۱۶]. در این میدان بخش فوقانی سازند سروک، ( در ناحیه عربی به عنوان بخش میشریف شناخته می شود) دارای خصوصیات مخزنی می باشد [۱۷]. 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. شکل ۲ نشان می دهد که در ناحیه شمالی میدان سیری C «سیوند»، میشریف دارای بیشترین ضخامت است و در قسمت جنوب غربی نازک می شود.

جدول ۱- ضخامت بخش فوقانی سازند سروک در چاه های

مختلف میدان سیوند

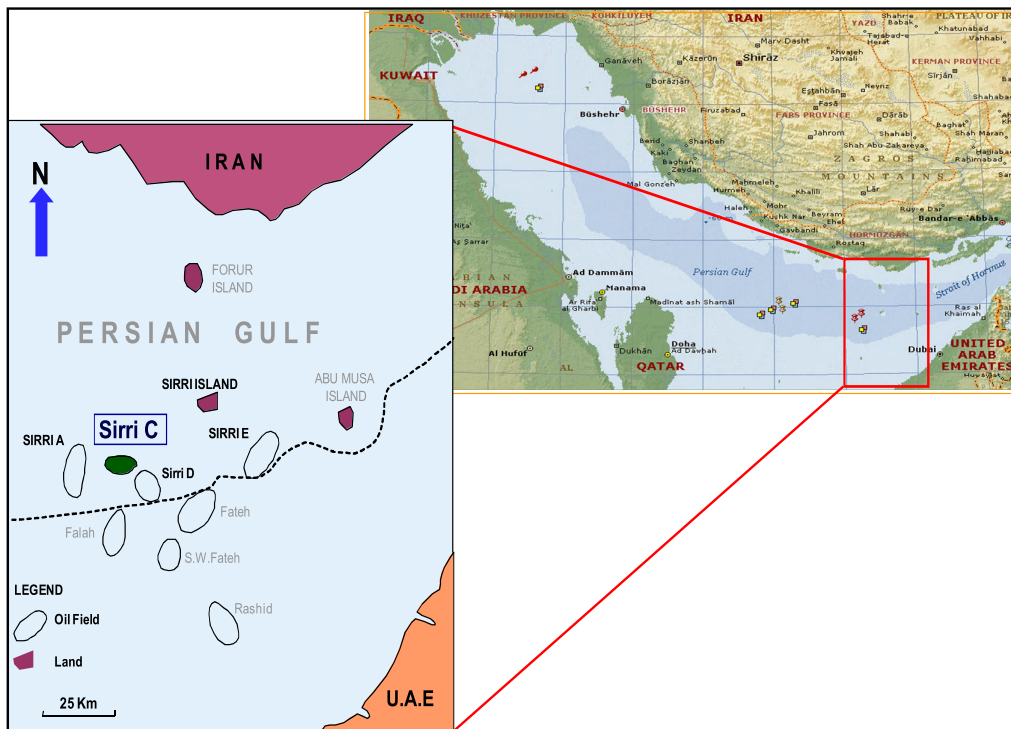
نام چاه	ضخامت سازند سروک (بخش میشریف) (متر)
E10	30.0
E2	31.3
E3	38.1
E4	33.4
E5	35.9
E6	37.6
E7	37.7
E8	33.1
E9	28.3
F1	40.3
F10	52.1
F11	40.5
F12	36.0
F13	43.5
F14	41.9
F2	42.6
F3	40.2
F4	40.2
F5	37.4
F6	34.1
F7	37.1
F8	43.5
F9	42.4
SIC-1	38.7

همچنین جهت محاسبه اشباع آب بر اساس فشار موینگی، دانستن عمق سطوح نفت - آب و یا گاز - آب به ویژه عمق آب آزاد (Free Water Level) بسیار با اهمیت می باشد [۱۵]. سطح تماس سیالات در نفتگیرها عموماً افقی است؛ اما در برخی از مخازن این سطح مایل است و مقدار انحراف معمولاً از ۵ دقیقه و گاهی تا ۸ درجه و یا بیشتر نسبت به سطح افق نیز افزایش می یابد [۱۰]. به عنوان مثال سطح نفت - آب در یال شمالی میدان نفتی پازنان در مخزن آسماری ۲۵ متر بالاتر از یال جنوبی است که سبب یک انحراف ۱۲ دقیقه است [۱]؛ پیدایش این انحراف ها در سطوح سیالات مخزنی به عوامل مختلفی نسبت داده شده است که مهمترین و محتمل ترین آن عوامل عبارتند از:

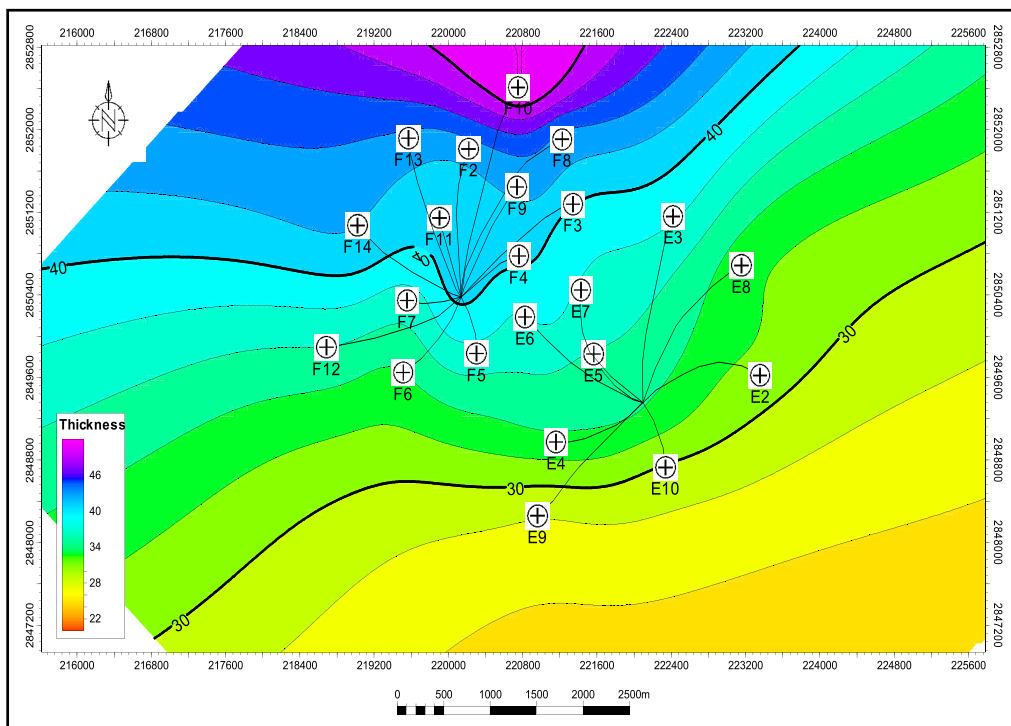
الف- جریان های هیدرودینامیکی بخش آبخوان [۱۴، ۱۲، ۸، ۶، ۲، ۱]، ب- تغییرات خواص پتروفیزیکی سنگ مخزن [۳ و ۷]، ج- تغییرات ساختمانی مخزن به عنوان مثال گسل خوردگی [۹].

### زمین شناسی منطقه

میدان نفتی سیری (C) در ۳۴ کیلومتری شمال غرب تا غرب جزیره سیری در خلیج فارس واقع شده است و حدوداً در ۱۰۰ کیلومتری از خط ساحلی ایران قرار گرفته است (شکل ۱). ساختمان سیری «سیوند» در سال ۱۳۴۶ طی یک سری عملیات لرزه نگاری توسط شرکت سوفیران شناخته شد و اکتشاف آن در مراحل بعدی تکمیل گردید. این ساختمان به شکل یک طاقدیس، طولی در حدود ۱۵/۷ کیلومتر و عرض ۶ کیلومتر و مساحتی معادل ۹۶ کیلومتر مربع را دارا



شکل ۱- موقعیت میدان سیوند (Sirri C) و میادین مجاور در خلیج فارس



شکل ۲- نقشه هم ضخامت سازند سروک (بخش میشریف) در میدان سیوند

### 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، عمقی که در آن مقدار اشباع آب به میزان قابل توجهی افزایش می یابد ( $SW \geq 70\%$ ) به عنوان سطح تماس نفت - آب در نظر گرفته شده است (جدول ۲ و شکل ۳). جهت تأیید عمق سطح تماس نفت - آب از آزمایش های فشار سازند (RFT) در چاه های دارای اطلاعات فشارسنجی نیز کمک گرفته شده است. همانطوریکه در شکل ۴ 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.

### تمایل سطح تماس نفت - آب

پس از تعیین عمق سطح تماس نفت - آب در هر یک از چاه های 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 (شکل ۵). 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 (شکل ۶).

### جریان هیدرودینامیک

زمانیکه سازند تراوا در ارتفاعات رخنمون داشته و در دشت ها و نقاط پست مخازن نفتی را تشکیل دهند آب ها از رخنمون ها وارد شده و به سوی نقاط پست به جریان می افتد که باعث جریان هیدرودینامیک آبد مخازن می گردد شواهد و دلایلی که وجود جریان های هیدرودینامیکی را تایید می نمایند عبارتند از: انحراف سطوح سیالات، وجود نفتگیرهای هیدرودینامیکی، تخلیه مخازن نفتی، تغییرات و افزایش شوری آب سازند از نواحی ورودی به سمت نواحی عمیق و پست حوضه و تجزیه شیمیایی هیدروکربورها می باشد [۵]. جریان هیدرودینامیک در واقع جریان آب در آبد مخازن نفتی را مورد بحث قرار می دهد که این جریان از نقاط با سطوح پتانسیومتری بالاتر به طرف نقاط با سطوح پتانسیومتری کم صورت می پذیرد. سطوح پتانسیومتری براساس فشارهای اندازه گیری شده در آبد مخزن محاسبه می گردد. لازم به توضیح است، به دلیل آنکه تمامی محاسبات مربوطه، براساس سیستم انگلیسی فوت و پوند می باشد بنابراین اعماق به صورت فوت آورده شده است. به عنوان مثال اگر فشار آب در عمق ۲۷۴۳ متری (۹۰۰۰ فوتی) زیر سطح دریا برابر با ۳۳۰۰ پاند بر اینچ مربع (psi) باشد مقدار سطح پتانسیومتری براساس اینکه گرادیان معدل فشار آب در آبد مخزن برابر با ۰/۳۵۶ پاند بر اینچ مربع بر فوت (psi/ft) در نظر گرفته شود به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$3300 \text{ psi} / 0 / 356 \text{ psi} / \text{ft} = 9270 \text{ ft} \quad (1)$$

$$9270 - 9000 = 270 \text{ ft} = 82 \text{ m}$$

ترسیم گردید (شکل ۹).

### نتیجه گیری

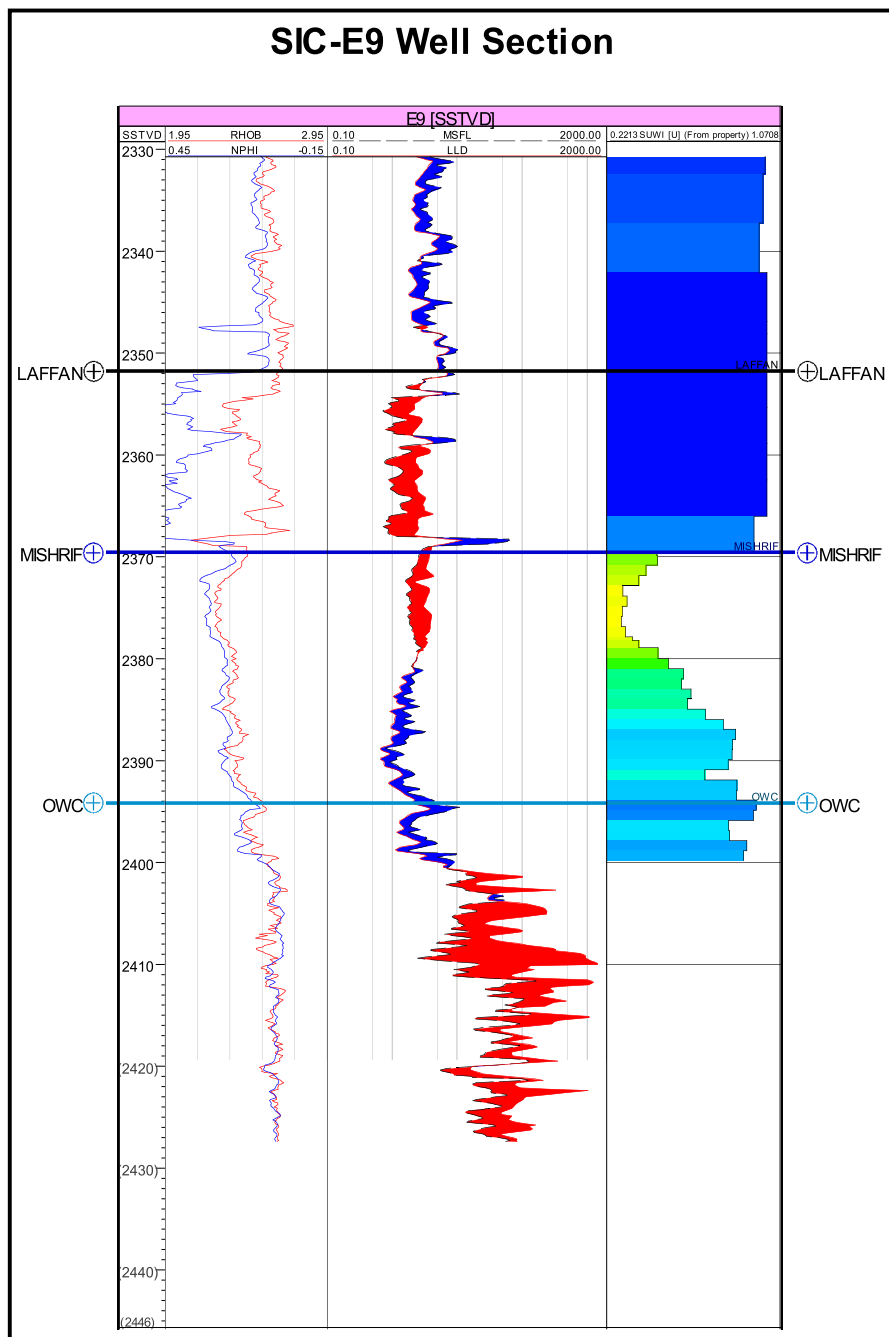
سطح تماس نفت- آب در تمامی چاه های میدان با استفاده از نمودارهای پتروفیزیکی تعیین شد و جهت تأیید عمق مذکور از نمودارهای فشارسنجی (RFT) کمک گرفته شد. با ترسیم نقشه های هم ارزش سطح تماس و همچنین نقشه های تطابقی چاه ها در جهات مختلف میدان؛ تمایل سطح تماس نفت- آب به خوبی در میدان نمایش داده شد. میزان این کج شدگی در حدود ۰/۵ درجه و به سمت غرب میدان می باشد. بدین معنی که عمق سطح تماس نفت- آب در مخزن میشریف از شرق به غرب افزایش می یابد (شکل ۱۰). نقشه پتانسیومتری منطقه ای تهیه شده از بخش آبد مخزن سروک (بخش میشریف) (شکل ۷)، وجود یک جریان هیدرودینامیک را در ناحیه مورد مطالعه تأیید می نماید که این جریان از سمت شرق (سطح پتانسیومتری بالاتر) به سمت غرب (سطح پتانسیومتری پایین تر) خلیج فارس در جریان می باشد. وجود این جریان با نقشه هم شوری تهیه شده از بخش مخزنی سروک (بخش میشریف) تأیید می گردد (شکل ۸). همسوئی جهت جریان هیدرودینامیک و افزایش شوری آب از شرق به غرب منطقه و میدان مورد بررسی می تواند تعمیق و کج شدگی سطح تماس نفت- آب را در این جهت توجیه نماید.

این محاسبه نشان می دهد اگر چاهی در آبد مخزن این مخزن قرار گرفته باشد را باز کنیم، آب تا ارتفاع ۸۲ متر بالای سطح دریا بالا خواهد آمد. اما برای بدست آوردن گرادیان معدل فشار آبد مخزن بایستی فشار اندازه گیری شده آبد مخزن در نقاط مختلف ناحیه مورد بررسی را در مقابل عمق اندازه گیری در یک نگاره دو بعدی فشار در مقابل عمق ترسیم گردد. و سپس از طریق محاسبه ضریب رگرسیون، بهترین خط گذرا از نقاط را ترسیم نماییم؛ ضریب زاویه این خط همان گرادیان معدل فشار است. در شکل ۷ فشار سازندهای مخزنی کرتاسه میانی در ناحیه مورد مطالعه در مقابل عمق ترسیم و گرادیان فشار معادل ۰/۳۵۶ psi/ft جهت این مطالعه تعیین گردید. پس از آن سطوح پتانسیومتری در سطح مبنای ۸۰۰۰ فوت در چاه های انتخاب شده از میداین اسفند (سیری E)، دنا (سیری D)، سیوند (سیری C) و الوند (سیری A) محاسبه (جدول ۳) و نقشه پتانسیومتری منطقه تهیه شد (شکل ۸).

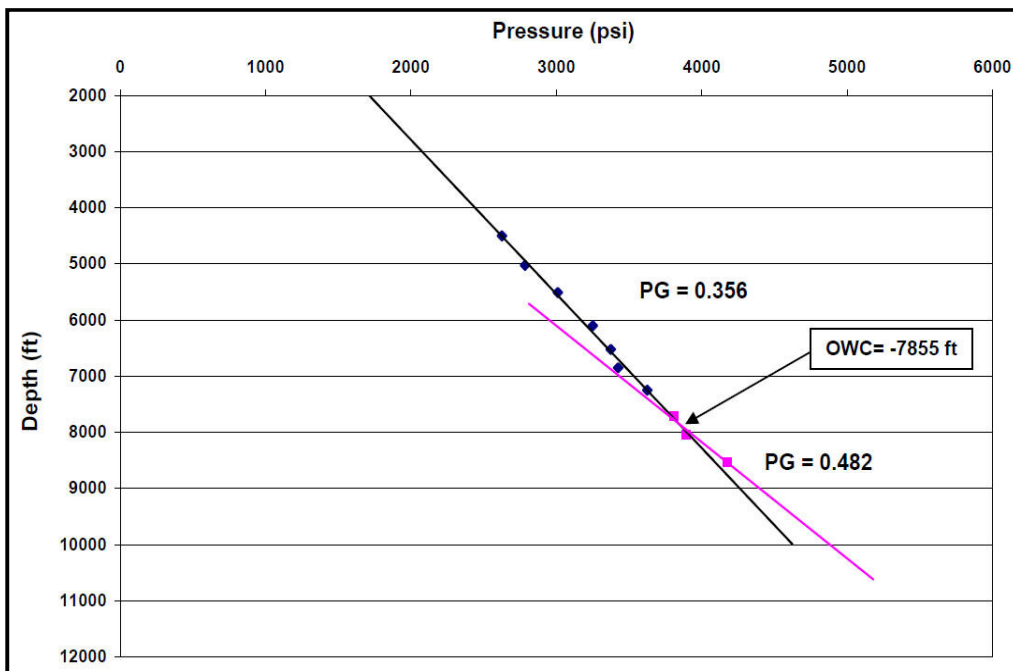
چنانچه در بحث جریانات هیدرودینامیک مطرح است معمولاً بر شوری آب های همزاد به نسبت دوری از رخنمون ها (محل نفوذ آب های جوی با شوری بسیار پایین) و همچنین به نسبت عمیق شدن افزوده می شود. همسوئی جهت جریان هیدرودینامیک و افزایش شوری آب های همزاد، آنها را لازم و ملزوم نشان می دهد و معمولاً وجود هر یک، دلیل وجود دیگری به حساب می آید. در مطالعه حاضر براساس داده های شوری در چاه های انتخاب شده در میداین سیری E، D، C و A (جدول ۴)، نقشه هم شوری بخش آبد مخزن میشریف در منطقه مورد بررسی

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

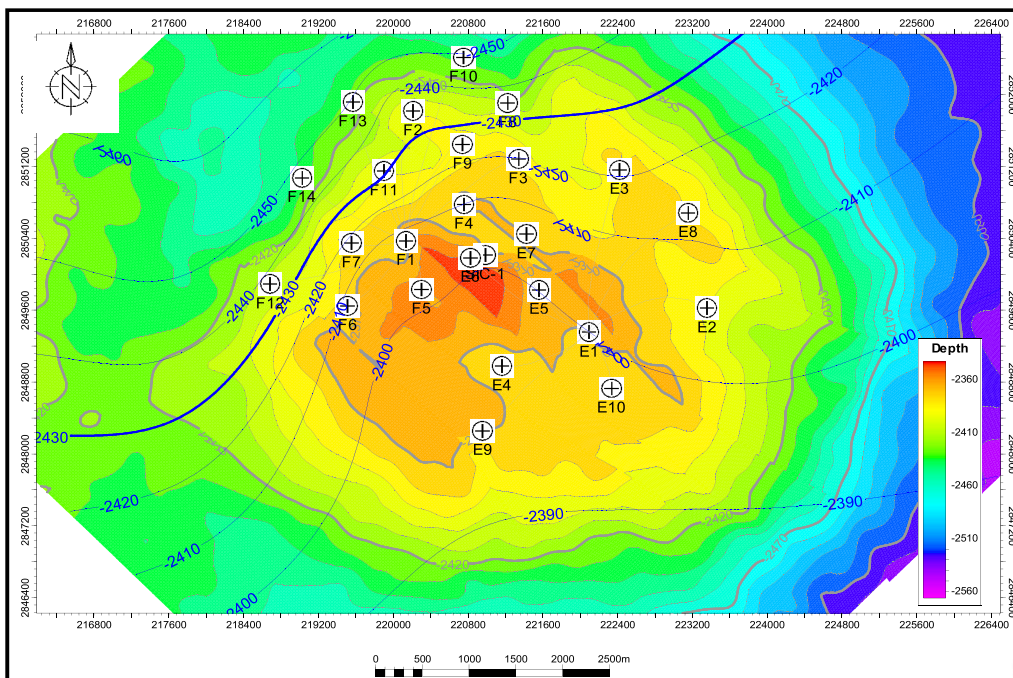
نام چاه	سطح تماس نفت - آب (متر به عمق حفاری)	سطح تماس نفت - آب (متر زیر سطح دریا)	درصد اشباع آب در سطح تماس
<b>SIC-1</b>	2418	-2405	70
<b>E1</b>	2428	-2404	90
<b>E2</b>	2816	-2409	100
<b>E3</b>	3191	-2421	90
<b>E4</b>	2674	-2402	80
<b>E5</b>	2547	-2397	90
<b>E6</b>	2917	-2387	95
<b>E7</b>	2851	-2404	90
<b>E8</b>	3056	-2409	90
<b>E9</b>	2939	-2394.1	95
<b>E10</b>	2536	-2409.2	100
<b>F1</b>	2437	-2416	80
<b>F2</b>	2913	-2432	80
<b>F3</b>	2921	-2419	70
<b>F4</b>	2560	-2410	70
<b>F5</b>	2491	-2390	80
<b>F6</b>	2658	-2408	85
<b>F7</b>	2528	-2418	75
<b>F8</b>	3237	-2445	100
<b>F9</b>	2797	-2425	75
<b>F10</b>	3393	-2458	100
<b>F11</b>	2606	-2431	100
<b>F12</b>	2968	-2437	100
<b>F13</b>	3049	-2449	100
<b>F14</b>	2847	-2446	85



شکل ۳- تعیین عمق سطح تماس نفت-آب در چاه E9 میدان سیوند بر اساس نمودارهای پتروفیزیکی

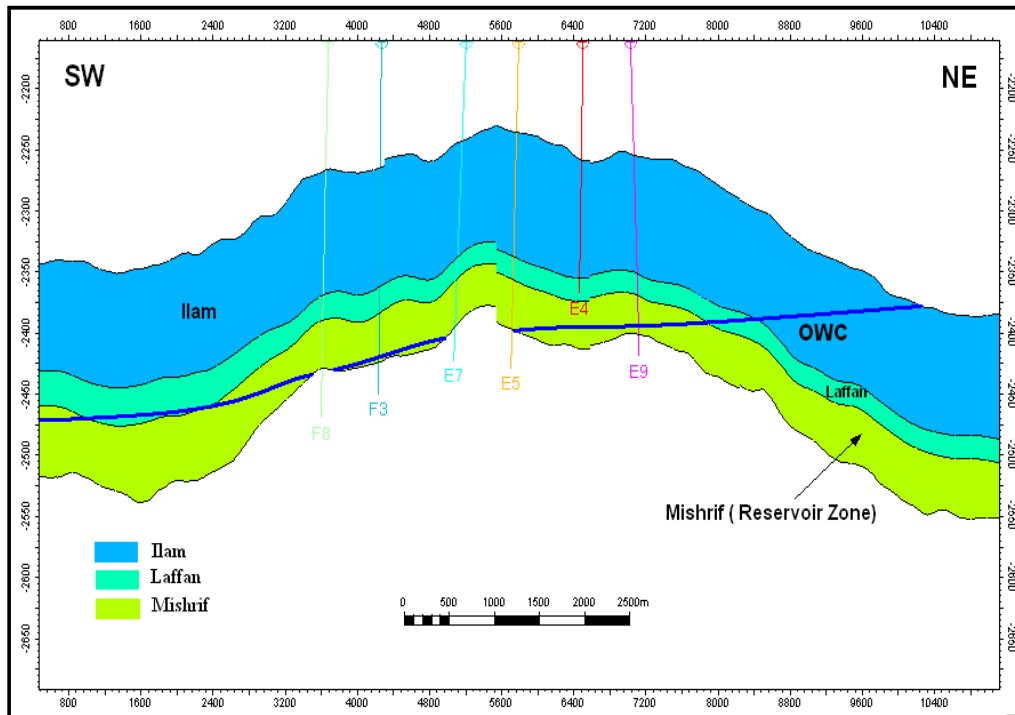


شکل ۴- نمودار فشارسنجی مخزن میشریف در چاه E9 میدان سیوند، ایجاد شکست در گرادیان فشاری در عمق ۲۳۹۴ متر (۷۸۵۵ فوت) زیر سطح دریا نشان دهنده تغییر نوع سیال و عمق سطح تماس در چاه می باشد

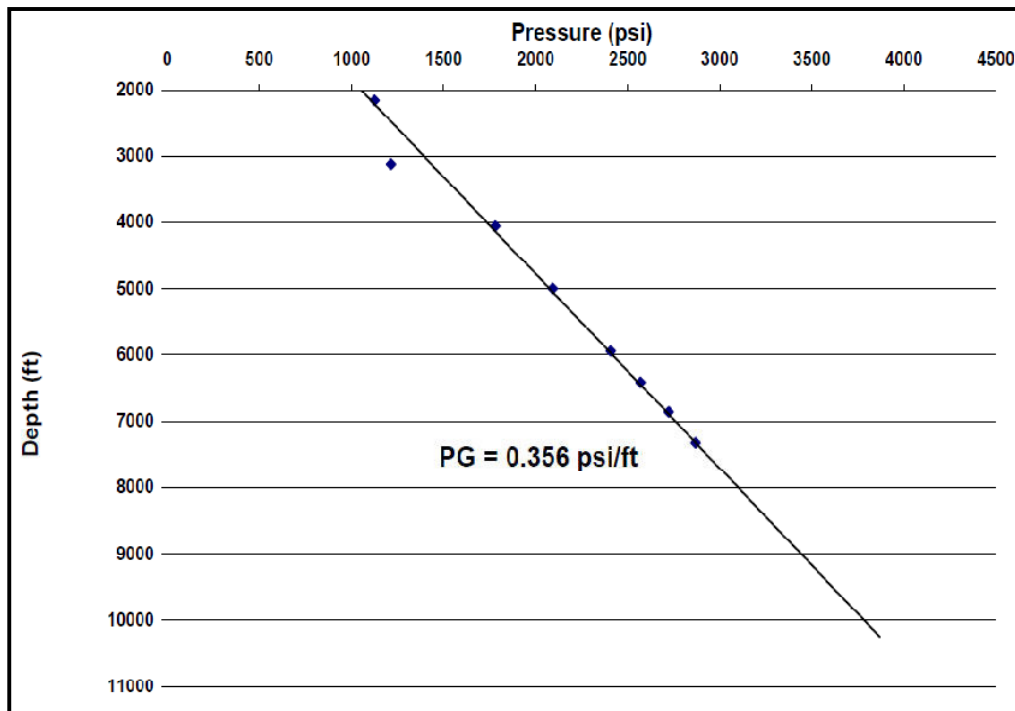


شکل ۵- نقشه هم ارزش سطح تماس نفت - آب ترسیم شده بر روی نقشه تراز زیر سطحی ( UGC ) مخزن سروک (بخش میشریف) میدان سیوند

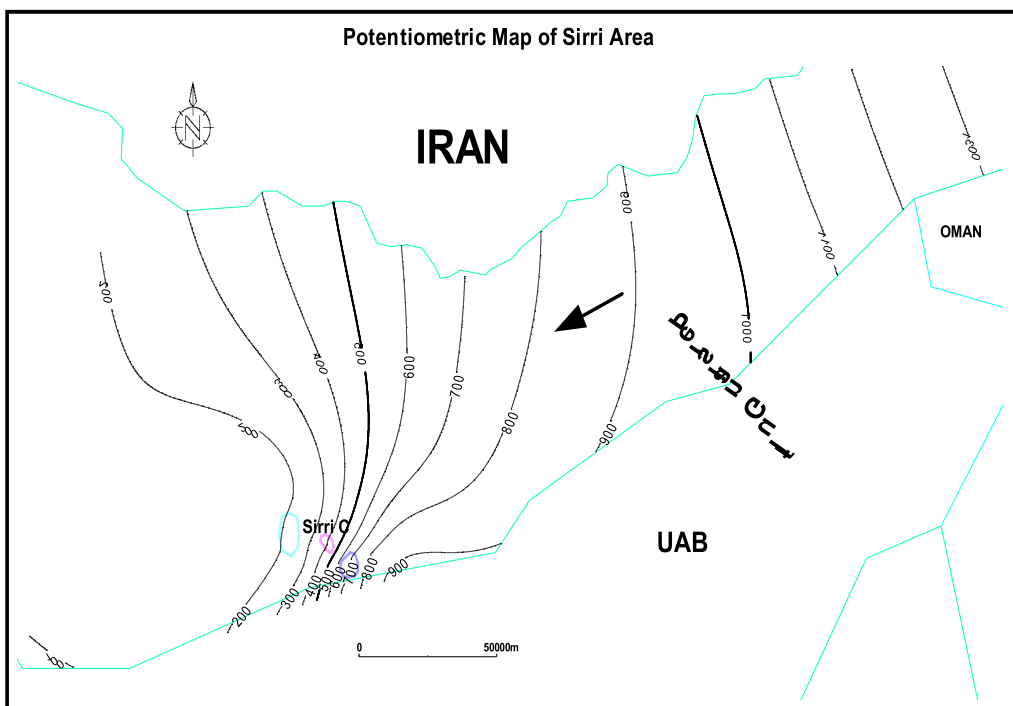




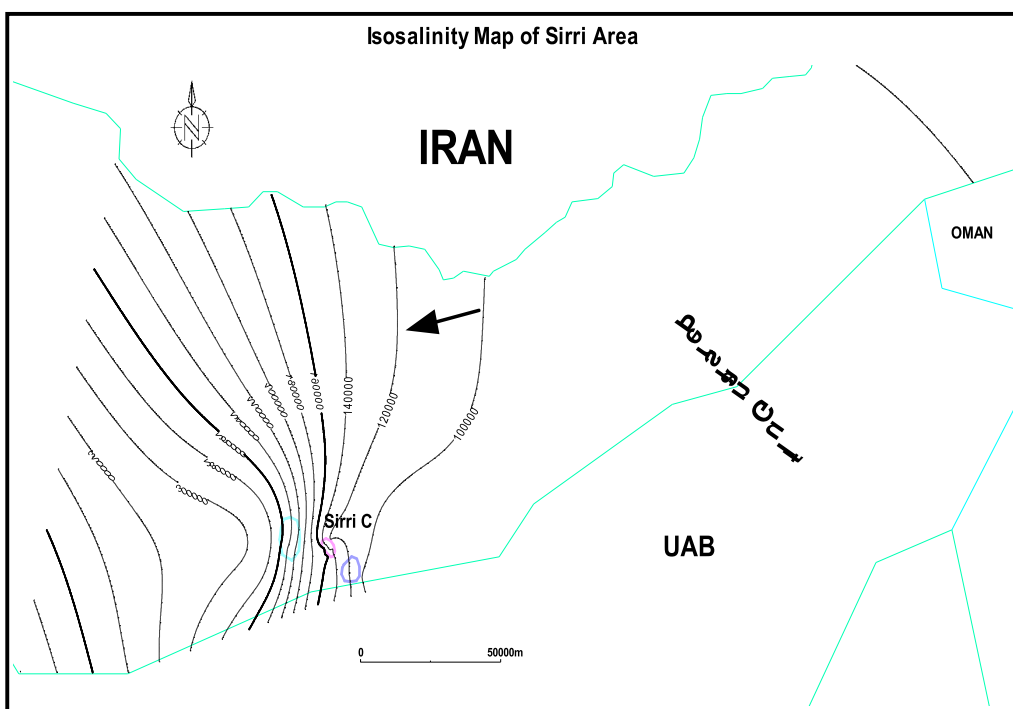
شکل ۶- مقطع عرضی میدان سیوند بر روی مخزن سروك (بخش میشریف) همراه با نمایش كج شدگی سطح تماس نفت - آب در آن



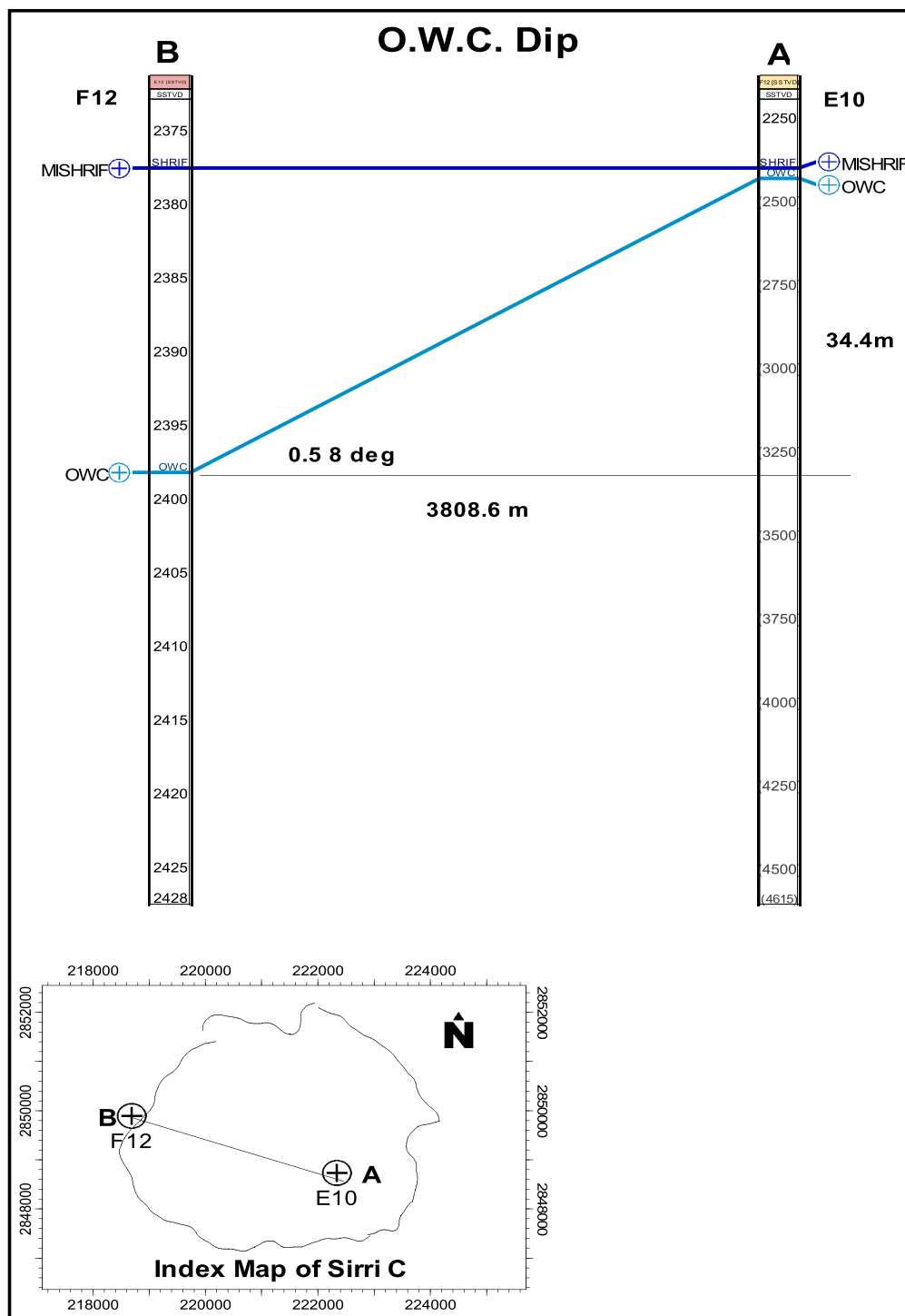
شکل ۷- فشار مخزن سروك در ناحیه مورد مطالعه، گرادیان فشاری معادل ۰/۳۵۶ psi/ft می باشد



شکل ۸- نقشه پتانسیومتری آبد مخزن میشریف در ناحیه مورد مطالعه، پیکان جهت جریان هیدرودینامیکی را نشان می دهد



شکل ۹- نقشه هم شوری بخش آبد مخزن میشریف در ناحیه مورد مطالعه، پیکان جهت افزایش شوری که می تواند دلیلی بر وجود جریان هیدرودینامیکی در منطقه باشد را نشان می دهد



شکل ۱۰- میزان انحراف سطح تماس نفت - آب در مخزن سروك (بخش ميشريف) ميدان سيوند در راستای شرق- غرب

### تشکر و قدردانی

بدینوسیله از حمایت های واحد پژوهش و فناوری شرکت نفت فلات قاره ایران، تشکر و قدردانی می گردد.

### منابع

۱- قلاوند، ه، شایسته، م، سراج، م، صنوبر لیماکشی، ع، (۱۳۸۴) مطالعه هیدرودینامیک و هیدروشیمی سازند آسماری در فروافتادگی دزفول، شرکت ملی نفت خیز جنوب، شماره گزارش پژوهشی R-6، ۱۱۲ ص.

۲- قلی پور، ع، (۱۳۶۹)، مطالعه وضعیت هیدرودینامیک در سازند آسماری در فروافتادگی دزفول، گزارش شماره پ-۴۲۲۰، ۳۷ ص.

۳- گرگیان، م، رضایی م ر، (۱۳۷۸)، کاربرد داده های فشار مؤبینه در تعیین سطح تماس سیالات مخازن هیدروکربوری با مثالی از جنوب ایران؛ مجموعه مقالات سومین همایش انجمن زمین شناسی ایران، شیراز.

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

۵- مطیعی، ه، (۱۳۷۴)، زمین شناسی نفت زاگرس (جلد ۲) سازمان زمین شناسی کشور، ۱۰۰۹ ص.

6- Bath, P., (1972), Aquifer Pressure in the Area; NISOC Report No. p- 2047, 102 p.  
7- Dennis H., Berymo P., Holt T., (2005), Tilted oil- water contact: Modeling the effects of aquifer heterogeneity, Petroleum Geology conference series, Geological Society, London, Vol. 6, pp 145- 158.

8-Dias Troy A, Tett David, Croasdaile Michelle, (2009), Evidence for a Hydrodynamic Aquifer in Lower Miocene sands of the Mod Doy field, Gulf of Mexico, BHP Billiton Petroleum, pp 237-251.

9- ESTRADA Carlos, Mantilla Cesar, (2000), Tilted oil water contact in the Cretaceous formation, Puerto colon field, Putumayo Basin, Colombia; SPE 59429.

10- Fabricius I.L, Rana M.A, (2010), Tilting oil - water contact in the chalk of Tyra field as -

جدول ۳- مقادیر سطح پتانسیومتری در عمق مبنای ۲۴۳۸ متری

(۸۰۰۰ فوتی) در چاه های ناحیه مورد مطالعه

نام چاه	فشار در عمق مبنای (۸۰۰۰ فوتی) (PSI)	سطح پتانسیومتری (m)
SID-B2	3722.0	750
SID-B8	3660.0	695
SID-C1	3639.4	677
SID-D5	3645.0	682
SIC-F1	3175.0	280
SIC-F2	3277.0	367
SIC-F8	3312.0	397
SIC-E9	3133.0	244
SIC-E3	3336.0	417
DPH-2	3093.0	210
DPG-2	3128.0	240
DPG-5	3110.0	225

جدول ۴- مقادیر شوری آب در چاه های ناحیه

مورد مطالعه [16]

نام چاه	شوری آب (mgr/lit)
SIC-F1	156000.00
SIC-F2	136000.00
SIC-F3	128000.00
SIC-F11	153300.00
SIC-E4	146300.00
SIC-E1	144500.00
SIC-E3	134200.00
SIC-E2	135300.00
SIC-E8	139300.00
SIC-E9	156500.00
SID-B2	109000.00
SID-B8	110000.00
SID-A2	117500.00
SID-A4	119820.00
SID-D5	122000.00
SID-C5	126100.00
SID-C1	127200.00
SIA-2	178000.00
SIA-1	183000.00
SIA-4	237000.00

interpreted from capillary Pressure data; petroleum Geology Conference Series, Geological Society, London, Vol. 7, pp 463- 472.

11-Lake, Larry w; (2007), Petroleum Engineering Hand book, SPE, pp 450-457.

12-Pelissier jean, Hedayati Ali Akbar, Abgrall Edouard, Plique Jacques, (1980), Study of Hydrodynamic Activity in The Mishrif Field of f shore, Iran, journal of PETROLEUM Technology, pp 1043-1052.

13-Rossi, R. E., Mulla, D. J., Journel, A. G., and Franz, E. H., (1992), Geostistical tools for modeling and interpreting ecological spatial depece, Ecol Monoger, Vol.62,pp 277-314.

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

15- Tiab, D., Donaldson E., (2004), Petro physics Theory and Practice of Measuring Reservoir Rock and fluid Transport Properties, 2nd Edition, Elsevier, 889p.

16- Sirri C & D oil fields development plan, (1999), TOTAL, 136p.

17- Sirri C Field 3D Geological Model, (2003), GYSON, 115p.

