ارزیابی کیفیت مخزنی سازند کنگان در یکی از چاه‌های میدان گازی کیش با استفاده از نرم‌افزار ژئولاگ

حدیث وفایی [۱*] و مریم پیروی [۲]

[۱] کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات فارس؛ گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، شیراز، ایران.
[۲] دانشیار، گروه مهندسی نفت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرودشت، مرودشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۱/ ۰۶/ ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: ۰۶/ ۰۴/ ۱۳۹۴

چکیده

میدان گازی کیش یکی از بزرگ‌ترین میادین گازی جهان و شامل دو سنگ مخزن گازی، سازند کنگان (تریاس پیشین) و دالان (پرمین پسین) در حوضه رسوبی زاگرس است. در این مطالعه سازند کنگان مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این پژوهش افزون بر مطالعه با استفاده از داده‌های خام حاصل از چاه‌نگاری یک حلقه چاه حفاری شده از کل گستره میدان و با استفاده از روش ارزیابی پتروفیزیک احتمالی (Probabilistic) ویژگی‌های پتروفیزیکی سازند کنگان (حجم شیل، نوع سنگ‌شناسی، تخلخل و اشباع آب)، مورد ارزیابی قرار گرفته است و از روش آمار و احتمالات برای تفسیر نمودارها به کمک مدل چند کانیایی ماژول مولتی مین نرم‌افزار (Multimin) بهره‌گیری شده است. بر پایه نتایج این ارزیابی و استفاده از کراس پلات‌های تعیین کننده سنگ‌شناسی و چارت‌های استاندارد شلومبرژره، سنگ‌شناسی چیره چاه مورد مطالعه کلسیت، دولومیت، مقادیری انیدریت و مقدار کمی شیل، تشخیص داده شده است. هدف نهایی از ارزیابی پتروفیزیکی در مطالعات هیدروکربوری میدان گازی کیش تهیه ورودی مناسب به مدل استاتیک مخزن است. برای مطالعه دقیق‌تر، این سازند به دو بخش K1 و K2 تقسیم شد. در مجموع حجم شیل محاسبه شده در این چاه پایین و در K2 کمتر است. این موضوع را می‌توان دلیل بر برابر بودن تخلخل مؤثر در بیشتر نقاط چاه دانست.

کلیدواژه‌ها: سازند کنگان، پتروفیزیک، کیفیت مخزنی، میدان گازی کیش.

***نویسنده مسئول:** حدیث وفایی

E- mail: hvafaei.86@gmail.com

۱- پیش‌نوشتار

خاورمیانه به دلیل در برداشتن مخازن سترگ نفت و گاز از دیرباز مورد توجه زمین‌شناسان نفتی بوده است. وجود ظرفیت‌های هیدروکربوری شامل سنگ‌های منشأ، مخزن و پوشش مناسب و گسترده در افق‌های زمانی مناسب، موجب اهمیت بسیار زیاد منطقه شده است (Alsharhan & Nairn, 1997). هیدروکربورهای این منطقه در کربنات‌های ژوراسیک، کرتاسه و میوسن زیرین تجمع یافته‌اند. هدف از این نوشتار مطالعه زمین‌شناسی و ارزیابی پتروفیزیکی سازند کنگان و بررسی ویژگی‌های مخزنی آن شامل تخلخل، حجم شیل، سنگ‌شناسی و اشباع آب در میدان گازی کیش در جزیره کیش در ناحیه خلیج فارس ایران است. سازندهای کنگان و دالان به سن تریاس زیرین و پرمین بالایی، مخازن اصلی ذخایر گازی حوضه خلیج فارس به‌ویژه ایران را تشکیل می‌دهند. قاعده این سازند (کنگان) شامل لایه‌های سنگ‌آهک خاکستری دانه‌ریز استیلولیتی است؛ حال آنکه در دیگر میادین از شیل و آهک به شدت رسی تشکیل شده است که می‌توان روی نمودارهای پتروفیزیکی آن را تشخیص داد. بخش‌های بالایی این سازند بیشتر از دولومیت به همراه لایه‌هایی از شیل و میان‌لایه‌هایی از انیدریت تشکیل شده است. حد پایینی این سازند با سازند دالان همراه با دگرشیبی است که در واقع مرز میان پرمین بالایی و تریاس زیرین است. (آقانباتی، ۱۳۸۳). حد بالایی این سازند با سازند تبخیری دشتک، بخش شیلی آغار به‌صورت همساز است (مطیعی، ۱۳۷۲). ساختمان کیش از دید تقسیمات زمین‌شناسی در پیشانی کمربند زاگرس در خاور کمان قطر قرار دارد. در این منطقه سری هرمز گسترش قابل ملاحظه‌ای دارد. این نهشته‌ها در زمان پرکامبرین پسین- کامبرین زیرین ته نشست شده‌اند و شامل تناوبی از نمک، سنگ‌آهک، رسوبات آذرآواری و سنگ‌های آذرین و ماسه‌سنگ هستند. این مطالعه به دلیل اینکه روی میدان گازی کیش که بزرگ‌ترین میدان گازی خاورمیانه است انجام شده و سازند کنگان پس از آسماری بزرگ‌ترین مخزن هیدروکربوری و اکنون در حال توسعه است، اهمیت بسزایی دارد؛ همچنین این پژوهش تا به حال با نرم‌افزار ژئولاگ انجام نشده که به ضرورت مطالعه آن افزوده است. در این مطالعه به ارزیابی پتروفیزیکی و تعیین ویژگی‌های مخزنی سازند کنگان بر پایه نگارهای پتروفیزیکی در چاه شماره A پرداخته می‌شود. برای دست‌یابی به این امر به مجموعه‌ای از داده‌های چاه‌پیمایی نیاز است. این اطلاعات به‌صورت رقومی از شرکت ملی حفاری ایران تهیه شده است.

۲- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

جزیره کیش با ۹۰ کیلومتر مربع مساحت در ۳۰۰ کیلومتری بندرعباس جای گرفته است. این جزیره در تقسیم‌بندی اشتوکلین جزو منطقه زاگرس چین‌خورده به شمار می‌رود. ساختمان زمین‌شناختی جزیره کیش یک تاقدیس با محور باختری- جنوب خاوری است که از دید ساختمانی با ساختمان عمومی زاگرس یکسان است. ۷۰ تا ۸۰ درصد مخازن گازی جزیره کیش در ساختمان تاقدیسی آن قرار دارد که چنین ساختاری در زمین، بستر و شرایط اولیه تکوین و به تله افتادن نفت و گاز را سبب شده است. بیرون‌زدگی و رخنمون موجود در این جزیره در حقیقت در اثر نیروهای زمین‌ساختی تحت پدیده گنبدهای نمکی انجام یافته است. وجود لایه‌های نمکی در میان آهک‌های مرجانی جزیره کیش موجب شوری آب‌های زیرزمینی شده است. اگر چه جزیره کیش یکی از تاقدیس‌های کوچک متعلق به بخش زاگرس چین‌خورده است ولی به واسطه قرارگرفتن آن در آب و پیشروی و پسروی مکرر آب، سطح آن پوشیده از رسوبات جوانی است که به دلیل سالم ماندن تاقدیس و نبود فعالیت شدید زمین‌ساختی و یا فرسایش زیاد، نیمرخ طبیعی از تشکیلات آن در منطقه دیده نمی‌شود. سطح جزیره بیشتر پوشیده از مارن‌های حاصل از فرسایش سطحی است که همگی متعلق به دوران چهارم هستند و قدمت زیادی ندارند (رحیمی فرد، ۱۳۸۷). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی میدان گازی کیش در خلیج فارس را نشان می‌دهد (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۵).

۳- مطالعات پیشین

مطالعات فراوانی شامل بررسی‌های گوناگون زمین‌شناسی از دید چینه‌شناسی، رسوب‌شناسی، زمین‌ساخت، بررسی‌های هیدروکربنی و مطالعات ژئوفیزیکی روی میدان کیش در ارتباط با سازندهای دالان و کنگان در ایران و هم‌ارز آن در کشورهای همسایه انجام شده است. قرار گرفتن این میدان به عنوان بخشی از بزرگ‌ترین میدان گازی جهان اهمیت این مطالعات را به خوبی نشان می‌دهد. سازند کنگان توسط پژوهشگران بسیاری مطالعه شده است؛ برای نمونه می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد؛ رخساره‌ها و محیط رسوبی سنگ‌های پرکامبرین بالایی و پالئوزوییک ایران (لاسمی، ۱۳۷۹)؛ محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند کنگان در میدان‌های سلمان و میناب (پیروی، ۱۳۸۵)؛ سنگ‌شناسی کربناتی با نگرشی بر کیفیت مخزنی (رحیم‌پوربناب، ۱۳۸۹)، زمین‌شناسی و ارزیابی پتروفیزیکی (متین، ۱۳۹۱)؛ ارزیابی خواص مخزنی (فعلی خرم‌آبادی، ۱۳۹۲)؛ کیفیت مخزنی با استفاده از آنالیز مغزه (Zamani et al., 2004)؛ کیفیت مخزنی و چینه‌نگاری سکانسی (Peyravi et al., 2010)؛ دولومیتی شدن و انیدریتی شدن کربنات‌های پرمو- تریاس (Rahimpour- Bonab et al., 2010).

۴- روش پژوهش

ارزیابی پتروفیزیکی یک سازند با استفاده از نگارهای پتروفیزیکی می‌تواند نقش مهمی در ارزیابی کمی و کیفی آن سازند داشته باشد؛ چرا که به واسطه این ارزیابی می‌توان سازند را از دید مخزنی و غیر مخزنی پهنه‌بندی کرد و در برنامه‌های آینده توسعه میدان، برای بخش‌هایی از سازند مخزنی که توانایی بهتری در تولید هیدروکربور دارند، آگاهانه‌تر تصمیم گرفت. در این مطالعه از داده‌های خام (Raw data) یک حلقه چاه حفاری شده در سازند کنگان در میدان گازی کیش استفاده شده است. داده‌های خام این چاه شامل نگارهای پرتو گاما (SGR, CGR)، نگارهای مقاومتی کم‌ژرفا، متوسط و ژرف (MSFL, LLS, LLD)، چگالی (RHOB)، نوترون (NPHI)،صوتی (DT) و قطرسنجی (CALIPER) است. جدول ۱ نگارهای موجود در چاه مورد مطالعه در میدان گازی کیش را نشان می‌دهد.

با توجه به عنوان این مطالعه و با در نظر گرفتن داده‌های موجود در دست‌یابی به اهداف موضوع پژوهش، مراحل مطالعاتی زیر به ترتیب صورت گرفت:

۱) گردآوری داده‌های خام و داده‌های مربوط به چاه (log header) و تطبیق ژرفی میان setfullsetها (depth shift).

۲) تبدیل داده‌های رقومی حاصل از چاه‌پیمایی چاه A1 به فرمت مناسب در نرم‌افزار ژئولاگ

۳) تعیین Bad hole با استفاده از داده‌های caliper و drho شامل بخش‌هایی که ریزش دیواره دهانه چاه دیده می‌شود. همچنین تصحیحات مربوط به دیواره چاه نیز صورت گرفت و بر پایه اطلاعات، Top سازند کنگان k1 و k2 به کمک نرم‌افزار ژئولاگ ایجاد شد.

۴) انتخاب روش‌های محاسباتی و ساخت مدل مناسب با توجه به نوع مخزن و کانی‌های سازنده آن؛ در این مطالعه از روش محاسبات احتمالی Multimin برای تفسیر نمودارهای پتروفیزیکی استفاده شده است.

۵) اجرای مدل پیشنهادی بر داده‌های نمودارهای پتروفیزیکی و محاسبه متغیرهای مورد نیاز شامل نوع سنگ‌شناسی، مقدار حجم شیل، میزان اشباع آب، مقدار تخلخل کل، و تعیین حجم هیدروکربن و کانی‌های رسی.

۶) رسم ستون چینه‌شناسی بر پایه اطلاعات به دست آمده از نمودارهای چاه‌نگاری.

۵- چاه مورد مطالعه

سازند کنگان در چاه مورد مطالعه در ژرفای ۳۳۰۳ تا ۳۵۰۷ متر قرار گرفته که ستبرای آن ۲۰۴ متر و سن آن تریاس زیرین است. سنگ‌شناسی آن با ظهور دولومیت به رنگ کرم روشن، خاکستری، قهوه‌ای روشن و خاکستری روشن و نرم و سختی متوسط و مقداری کلسیم می‌باشد، کلیستون به رنگ خاکستری متمایل به سبز و خاکستری و نرم و چسبنده، شیل به‌صورت خاکستری تیره و دارای سختی متوسط و شکافتنی و سنگ‌آهک به رنگ زرد کم رنگ یا کرم، خاکستری و خاکستری روشن مشخص می‌شود.

۶- ارزیابی پتروفیزیکی درچاه مورد مطالعه

ارزیابی پتروفیزیکی اهمیت ویژه‌ای در بهره‌برداری صنعت نفت دارد؛ زیرا ارزیابی پتروفیزیکی موجب دست‌یابی به ویژگی‌های مخزن و توصیف هر چه بهتر آن می‌شود. با دست‌یابی به این مهم و شناسایی مخزن با همه همگونی و ناهمگونی موجود در آن، چگونگی تولید و برداشت بهینه میسر می‌شود. به این ترتیب در مطالعات اکتشافی و تولیدی بعدی، تمرکز بیشتر روی بخش‌هایی است که پتانسیل بیشتری برای تولید هیدروکربور دارند و از هدرروی هزینه‌های گزاف در لایه‌های غیر مخزنی جلوگیری می‌شود. به منظور ارزیابی دقیق‌تر سازندهای مخزنی در چاه مورد مطالعه عملیات پهنه‌بندی انجام گرفته و بر پایه سنگ‌شناسی و ویژگی‌های مخزنی، سازند کنگان ارزیابی شده در چاه مورد مطالعه به ۲ پهنه (k1, k2) تقسیم شده است. ارزیابی پتروفیزیکی سازند شامل شناخت سنگ‌شناسی، محاسبه تخلخل، اشباع‌شدگی ، نوع کانی‌های رسی و تعیین حجم شیل است.

در ارزیابی پتروفیزیکی چاه مورد مطالعه موارد زیر مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت:

۶- ۱. تشخیص سنگ‌شناسی

در تحلیل کمی نگارها دلایل بسیاری بر ضرورت شناخت سنگ‌شناسی وجود دارد. یکی از این دلایل این است که ابزارهای تخلخل برای محاسبه تخلخل به سنگ‌شناسی سازند نیازمند هستند. روش‌ها و نمودارهای متقاطع بسیاری برای تشخیص سنگ‌شناسی وجود دارند که در این مطالعه به دلیل ماهیت گازی بودن میدان مورد مطالعه و اثر گاز روی نمودار متقاطع، می‌توان از چهار نمودار متقاطع اساسی برای تشخیص سنگ‌شناسی استفاده کرد. برای تعیین سنگ‌شناسی در چاه مورد مطالعه از نمودار متقاطع تعیین سنگ‌شناسی موجود در بخش Parameter Picking استفاده شده است. به‌طور کلی دست کم دو نگار لازم است تا بتوان تشخیص سنگ‌شناسی را انجام داد. نمودارهای متقاطع مختلف شامل نوترون-چگالی، نوترون - سونیک،چگالی- سونیک و چگالی- فتوالکتریک افزون بر تعیین تخلخل، برای سنگ‌شناسی نیز کاربرد دارند. در این مطالعه از نمودارهای متقاطع نوترون- چگالی استفاده شده است.

- تعیین سنگ‌شناسی از راه نمودار متقاطع نوترون – چگالی (RHOB-NPHI) در چاه مورد مطالعه: در این مطالعه پس از انجام تصحیحات محیطی، از نمودارهای نوترون- چگالی که از جمله نگارهای تخلخل به شمار می روند برای تعیین سنگ‌شناسی استفاده شده است. نمودار متقاطع نوترون- چگالی برای محاسبه سنگ‌شناسی و تخلخل استفاده می‌شود. این دو نمودار زمانی که با هم در چاه رانده می‌شوند از جمله دقیق‌ترین ابزارهای غیر مستقیم برای تعیین سنگ‌شناسی به شمار می‌آیند. با استفاده از این نمودار متقاطع هم سنگ‌شناسی و هم تخلخل در ستبرای مورد ارزیابی تعیین می‌شود. البته در زمان حضور گاز خوانش (قرائت) این نمودار متقاطع دارای خطاست. در این نمودار متقاطع سه خط مربوط به ماسه‌سنگ، آهک و دولومیت رسم شده است. برای حل گرافیکی تخلخل با استفاده از این چارت کافی است مقادیر چگالی به دست آمده را در برابر نوترون رسم کرد. با رسم خطوط هم تخلخل که از وصل شدن تخلخل‌های یکسان روی خطوط ماتریکس به دست می‌آید، می‌توان

سه گروه خطوط هم تخلخل را تشخیص داد. وجود هیدروکربن به ویژه گاز در سازند سبب می‌شود که نقاط به سوی شمال باختر نمودار متقاطع انتقال یابند. این انتقال به مسیری خطی که به موازات خطوط هم تخلخل است بستگی دارد؛ بنابراین تأثیر آن بر تخلخل ناچیز است (رضایی و چهرازی، ۱۳۸۵). وجود شیل در سازند سبب انتقال نقاط به جنوب خاوری نمودار متقاطع می‌شود. بنابراین پیش از استفاده از نمودار متقاطع لازم است که هر نمودار از دید شیل تصحیح شود. با انجام تصحیح شیل، تخلخل به دست آمده از نمودار متقاطع برابر تخلخل ماتریکس خواهد بود. رسم نمودار متقاطع نوترون- چگالی در چاه مورد مطالعه بخش K1 از سازند کنگان سنگ‌شناسی سنگ‌آهک، دولومیت، انیدریت و درصدی شیل را نشان می‌دهد. بخش K2 از دید سنگ‌شناسی همانند K1 است؛ تنها در آن شیل دیده نمی‌شود. شکل ۲ نمودار متقاطع نوترون- چگالی را در چاه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

۶- ۲. محاسبه حجم شیل

حجم شیل در یک مخزن نقش مهمی در ویژگی‌های مخزن دارد. شیل ها تغییرات زیادی را در مخازن ایجاد می‌کنند. حجم شیل را می‌توان با استفاده از نمودارهای چاه‌پیمایی به دست آورد که برای این منظور می‌توان از یک نگار به تنهایی یا از ترکیب چند نگار استفاده کرد (Kamel & Mabrouk, 2003). محاسبه حجم شیل به‌طور معمول از راه لاگ‌های SGR، CGR و GR انجام می‌گیرد. مقدار شیل محاسبه شده از SGR بیشتر از CGR است؛ زیرا لاگ SGR، افزون بر K و Th که توسط لاگ CGR ثبت می‌شود، اورانیم کانی‌های غیررسی رادیواکتیودار مانند دولومیت را نیز ثبت می‌کند. برای تعیین حجم در این مطالعه از نمودار GR و رابطه ۱ استفاده شد. در نرم‌افزار ژئولاگ با استفاده از کراس پلات توریم- پتاسیم (Th/k) نوع کانی رسی تعیین شد.

$$V_{sh} = (GR - GR_{min}) / (GR_{max} - GR_{min}) \quad (1$$

که در آن v_{sh}، شاخص حجم شیل محاسبه شده، GR_{min}، مقدار گامای محاسبه شده در سازندهای غیر شیلی، GR_{max}، مقدار گامای خوانش شده در سازندهای ۱۰۰ درصد شیلی و GR، مقدار گامای خوانش شده توسط ابزار در ژرفای مورد نظر است.

در این مطالعه ابزار محاسبه حجم شیل از نگارگاماری (Gamma Ray) پس از تصحیحات استفاده شده است و به‌طور کلی حجم شیل محاسبه شده در چاه مورد مطالعه به ترتیب در K1 برابر با ۰/۰۰۶ و در K2 برابر با صفر است که در مجموع درصد حجم شیل پایین است.

۶- ۳. تعیین نوع کانی‌های رسی

میزان تأثیر رس‌ها بر ویژگی‌های مخزنی و نمودارها، تابع کانی‌های رس موجود در سازند است. تشخیص انواع کانی‌های رسی موجود در ارزیابی سازند و رسوب و مطالعات رسوب‌شناسی و دیاژنز به کار می رود. برای کاربرد یک نمودار در تعیین کانی‌های رسی باید پاسخ نمودار در درجه اول تابع نوع کانی رسی باشد. نمودارهای مرسوم هیچ کدام چنین خاصیتی ندارند. از این رو می‌توان مستقیماً از این نمودارها برای تعیین کانی‌های رسی استفاده کرد. به همین دلیل در این موارد متغیرهای دیگر که وابسته به نوع کانی رسی هستند از نمودار به دست می‌آیند و برای تعیین کانی رسی به کار می‌روند و یا از تلفیقی از نمودارها استفاده می‌شود. برای نمونه می‌توان نمودارهای U، Th، Pe و K را نام برد (Qirein et al., 1982). در این مطالعه از نمودار متقاطع توریم- پتاسیم Th/K استفاده شده است.

- نمودار متقاطع توریم- پتاسیم Th/K: با توجه به این نمودار متقاطع و نقاط جانمایی (پلات) شده در بخش‌های K1 و K2، نوع کانی‌های رسی سازند کنگان بیشتر ایلیت و مونت موریلونیت با درصدهای متفاوت است. شکل ۳ تعیین نوع کانی‌های رسی با استفاده از رسم نمودار توریم- پتاسیم برای سازند کنگان به تفکیک بخش‌های K1 و K2را نشان می‌دهد.

۶- ۴. محاسبه تخلخل

تخلخل کمیت اساسی مورد نیاز برای محاسبات حجمی مخزن و توصیف فابریک سنگ به شمار می‌رود (Lucia, 1999). در این مطالعه برای محاسبه تخلخل با استفاده از نگارهای تخلخل شامل چگالی، نوترون و صوتی و نمودارهای متقاطع تهیه شده از این نگارها به بررسی تخلخل کل پرداخته شده است. روش‌های مختلفی برای محاسبه تخلخل در ارزیابی پتروفیزیکی چاه وجود دارد. روشی که به کار می‌رود بستگی به نوع نگارهای موجود دارد. برای محاسبه تخلخل از نگارهای تخلخل یعنی نوترون، چگالی و سونیک استفاده می‌شود. می‌توان تخلخل را از یک نگار و یا ترکیبی از نگارهای مختلف به دست آورد (Hearst et al., 2000).

به‌طور کلی برای محاسبه تخلخل مراحل زیر باید طی شود:

۱) تصحیحات محیطی؛ ۲) تصحیح هیدروکربن؛ ۳) تصحیح شیل؛ ۴) محاسبه تخلخل.

نتایج محاسبه تخلخل کل به‌صورت گرافیکی در چاه مورد مطالعه در سازند کنگان در شکل ۴ آمده است. بر پایه نتایج عددی به دست آمده از چاه مورد مطالعه، بخش K2 میزان تخلخل بالاتری دارد.

۶- ۵. تعیین میزان اشباع آب

تعیین میزان اشباع‌شدگی آب یکی از متغیرهای بسیار مهم در تعیین میزان اشباع‌شدگی سیال هیدروکربوری در خلل و فرج واحدهای چینه‌شناسی است. در این پژوهش با توجه به اینکه اطلاعات دقیقی از نوع کانی‌های رسی و میزان CEC (ظرفیت تبادل کاتیونی) در دسترس نبود، استفاده از روش Dual water با نتایج غیر منطقی همراه بود و در نتیجه برای به دست آوردن میزان آب اشباع‌شدگی از رابطه موسوم به Indonesia که توسط Poupon & Leveaux (1971) ارائه شده است، استفاده شد. در جدول ۲ میانگین اشباع آب برای هر پهنه نشان داده شده است.

$$\sqrt{CO} = \sqrt{\frac{CW}{F}} + Vsh^{1-\frac{Vsh}{2}}$$

که در آن CO، هدایت الکتریکی هیدروکربور، CW، هدایت الکتریکی آب، F، ضریب سازندی، Vsh، حجم شیل، Csh، هدایت الکتریکی شیل، Ct، هدایت الکتریکی واقعی سازند و Sw، اشباع آب است.

نتایج محاسبه میزان اشباع آب به‌صورت گرافیکی به تفکیک بخش‌های K1 و K2 در شکل ۵ آمده است.

۶- ۶. Run Analysis

پس از طراحی مدل بر پایه نوع سنگ‌شناسی و سیال سازند و متغیرهای مربوط، با اجرای مرحله مولتی مین (Run Analysis) محاسبات همزمان متغیرهای پتروفیزیکی انجام و نتایج به‌صورت گرافیکی (شکل ۶) ارائه شد. در شکل ۶ ستون یک از سمت چپ نوع سنگ‌شناسی تشکیل‌دهنده سازند را نشان می‌دهد که نمودارهای متقاطع رسم شده بیانگر آن است. ستون‌های ۲، ۵، ۶ و ۷ از سمت چپ مربوط به داده‌های چاه‌نگاری به ترتیب طیف‌سنجی گاما، قطرسنج، هسته‌ای و مقاومتی هستند که تصحیحات محیطی روی آنها انجام شده است. ستون ۳ از سمت چپ، ستون ژرف و ستون ۴ تفکیک بخش‌های مربوط به هر یک از سازندها را نشان می‌دهند. ستون ۸ از سمت راست نیز بیانگر نتایج تحلیل پتروفیزیکی است که از ستون هیدروکربور، میزان تخلخل مفید و اشباع آب به دست آمده است.

- پهنه‌بندی پتروفیزیکی مخزن کنگان: پهنه‌بندی در مخازن به منظور شناسایی لایه‌های مخزنی از مهم‌ترین مراحل مطالعات مخزنی است. به این ترتیب در بخش‌هایی که پتانسیل بیشتری برای تولید هیدروکربن دارند مطالعات تولیدی در آنها بیشتر متمرکز و از هدرروی هزینه‌های گزاف در لایه‌های غیر مخزنی جلوگیری می‌شود. بنابراین با شناخت دقیق پهنه‌های مخزنی می‌توان در راستای بهره‌برداری بهینه از مخزن گام برداشت. در این مطالعه پس از تفسیر پایانی چاه و تعیین ویژگی‌های مخزنی، با استفاده از نگارهای مقاومت، نوترون، چگالی و گاما و بر پایه میزان گسترش ویژگی‌های

مخزنی از جمله تخلخل، اشباع آب، حجم شیل و نوع سنگ‌شناسی، فاصله ژرفی ارزیابی شده در چاه مورد مطالعه به ۲ پهنه (K1, K2) تقسیم شد.

– **ویژگی‌های پتروفیزیکی پهنه K1 در سازند کنگان بر پایه پردازش و تفسیر نگارهای چاه‌پیمایی:** این پهنه فاصله ژرفی ۳۳۲۳ تا ۳۴۱۰ متر را شامل می‌شود و ستبرای آن ۸۷ متر است. سنگ‌شناسی چیره آن دولومیت وآهک با مقادیری انیدریت و چند میان‌لایه نازک شیلی است (شکل ۶). این پهنه به‌طور میانگین دارای تخلخل میانگین ۰/۰۴، اشباع آب ۰/۳۹۲، پهنه خالص ۰/۴ متر و نسبت پهنه خالص به ناخالص (Net/Gross) ۰/۰۰۵ است. هر چه میزان پهنه خالص به ناخالص به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، نشانگر بهتر بودن کیفیت مخزنی است.

– **ویژگی‌های پتروفیزیکی پهنه K2 در سازند کنگان بر پایه پردازش و تفسیر نگارهای چاه‌پیمایی:** این پهنه فاصله ژرفی ۳۴۱۰ تا ۳۴۹۵ متر را شامل می‌شود و ستبرای آن ۸۵ متر است (شکل ۶). سنگ‌شناسی چیره این پهنه آهک و دولومیت با میان‌لایه‌های شیل در بخش بالایی و انیدریت است. این پهنه به‌طور میانگین دارای تخلخل ۰/۰۶۵ و اشباع آب ۰/۳۷۰ و پهنه خالص ۲۱/۱ متر است. نسبت پهنه خالص به ناخالص (Net/Gross) ۰/۲۴۸ با توجه به ویژگی‌های پتروفیزیکی به دست آمده برای این پهنه و مقایسه آن با پهنه k1 بیانگر این نکته است که این پهنه پتانسیل مخزنی بهتری دارد. به عبارت دیگر دارای میزان تخلخل مفید به نسبت خوب، میزان اشباع آب پایین، حجم شیل کم و ستون هیدروکربون زیادی است.

– **به دست آوردن میانگین متغیرهای پتروفیزیکی درهر پهنه:** برای به دست آوردن میانگین متغیرهای پتروفیزیکی مانند حجم شیل، تخلخل مؤثر، اشباع آب در هر پهنه می‌توان از ماژول Pay Summary در منوی پتروفیزیک در نرم‌افزار تخصصی ژئولاگ استفاده کرد. برای انجام این کار نیاز به وارد کردن متغیرهای حدود برش است. حدود برش برای تعیین لایه‌هایی با کمترین ارزش اقتصادی استفاده می‌شود. جدول ۲ میانگین متغیرهای پتروفیزیکی به دست آمده در پهنه‌های مخزن کنگان در چاه مورد مطالعه A را نشان می‌دهد. در این مطالعه برای ارزیابی متغیرهای مؤثر بر کیفیت مخزنی سازند کنگان (Cut off) برای تخلخل، بیشتر Porosity>0.03 درصد و اشباع آب کمتر از Water Saturation<0.5 درصد استفاده شده است. در مخازن گازی از cut off#1 استفاده می‌شود.

۷– نتیجه‌گیری

ارزیابی پتروفیزیکی سازند کنگان بر پایه پردازش و تفسیر داده‌های چاه‌نگاری در چاه مورد مطالعه در میدان کیش به نتایج زیر انجامید.

بر پایه کراس‌پلات‌های رسم شده، سنگ‌شناسی چیره سازند کنگان در چاه مورد مطالعه شامل دولومیت، آهک و به مقدار کم انیدریت و شیل است؛ میزان آهک از دولومیت بیشتر است.

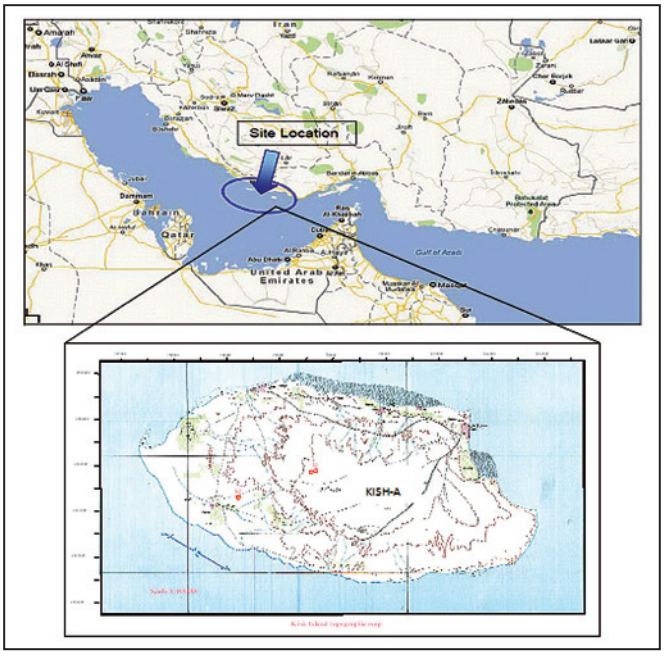
کانی‌های رسی بر پایه کراس‌پلات توریم– پتاسیم مخلوطی از ایلیت، مونت‌موریلونیت و کائولنیت است.

حجم شیل به دست آمده به ترتیب در K1 برابر است با ۰/۰۰۶ و در K2 برابر با صفر درصد است که در مجموع درصد حجم شیل پایینی را نشان می‌دهد.

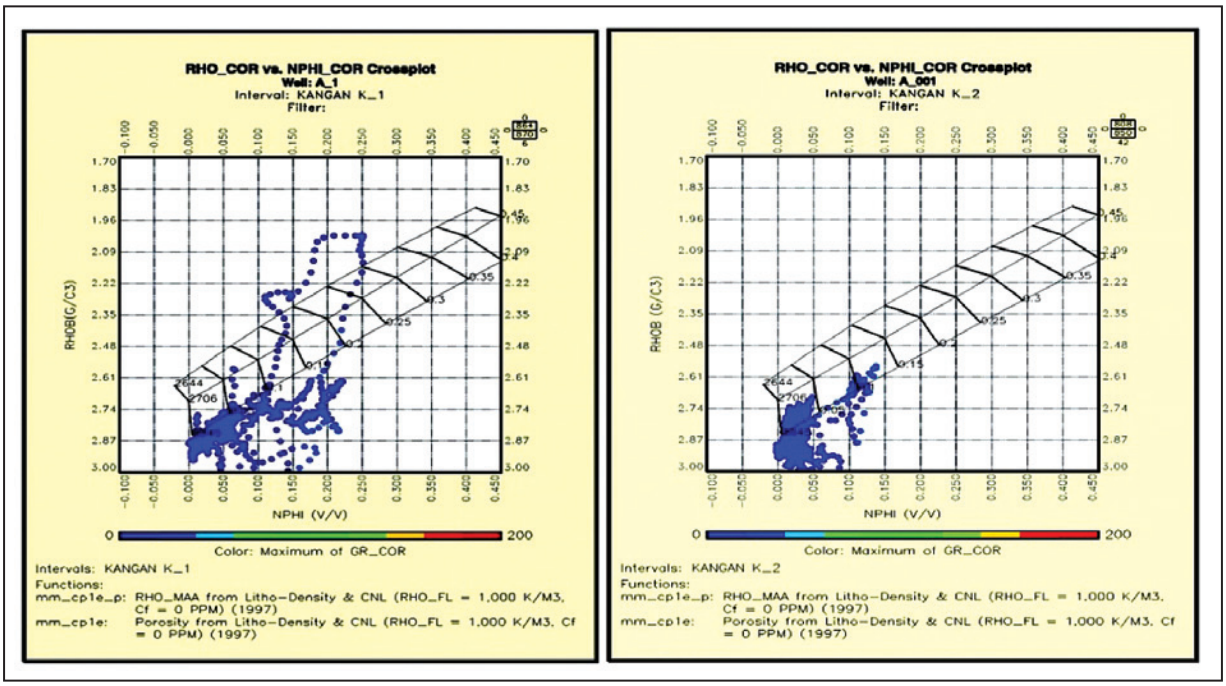
بررسی متغیرهای اشباع آب نشان می‌دهد که سازند کنگان در چاه مورد مطالعه دارای اشباع آب بالایی است و K1 ستون هیدروکربن مناسبی ندارد.

سپاسگزاری

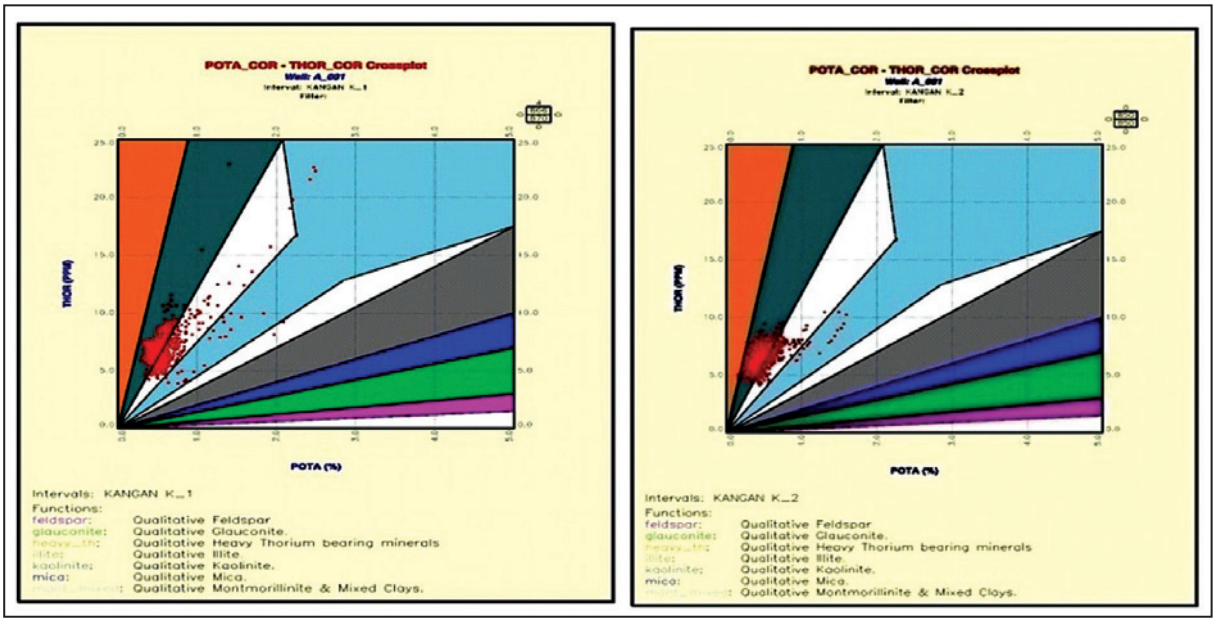
از مدیریت محترم اداره زمین‌شناسی شرکت ملی حفاری ایران که در نگارش این مقاله همکاری‌های لازم را داشته‌اند سپاسگزاری می‌شود.



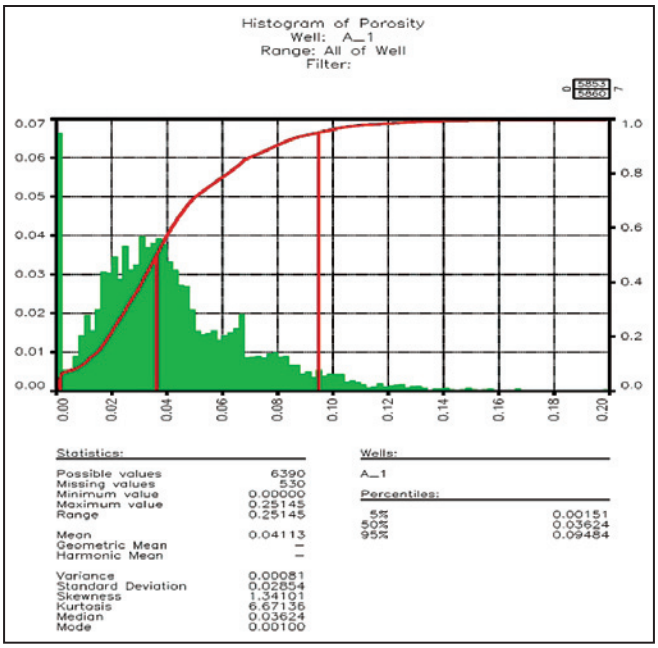
شکل ۱– موقعیت جغرافیایی جزیره کیش در خلیج فارس (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۵).



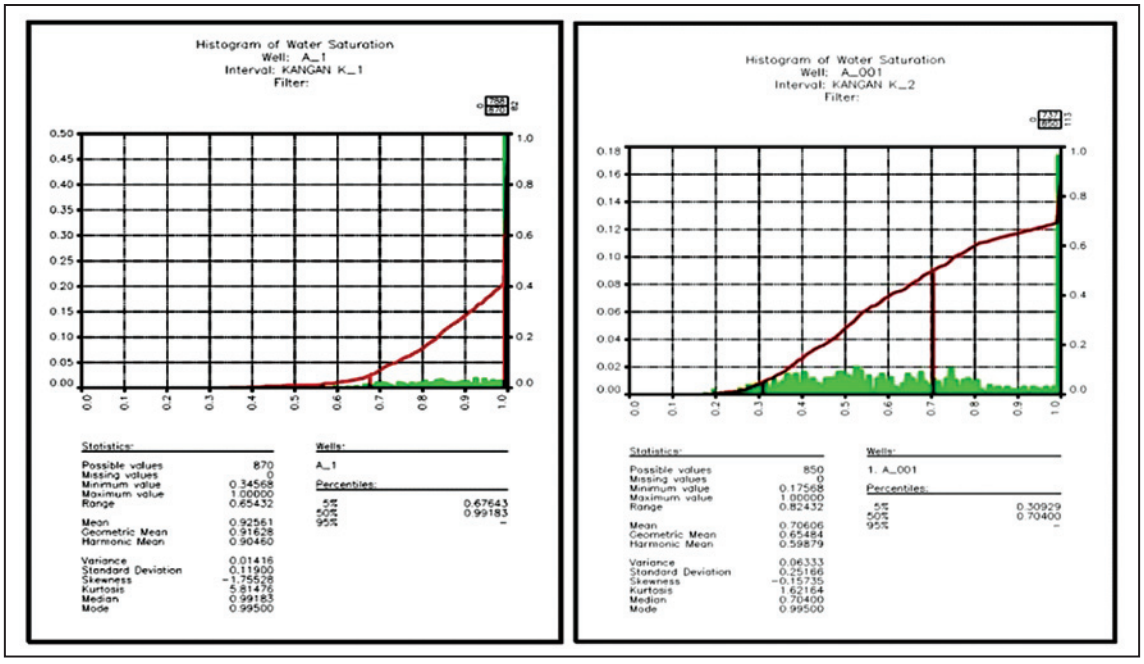
شکل ۲ - نمودار متقاطع پلات نوترون- چگالی در سازند کنگان به تفکیک بخش‌های K1 و K2 برای تعیین سنگ‌شناسی چیره.



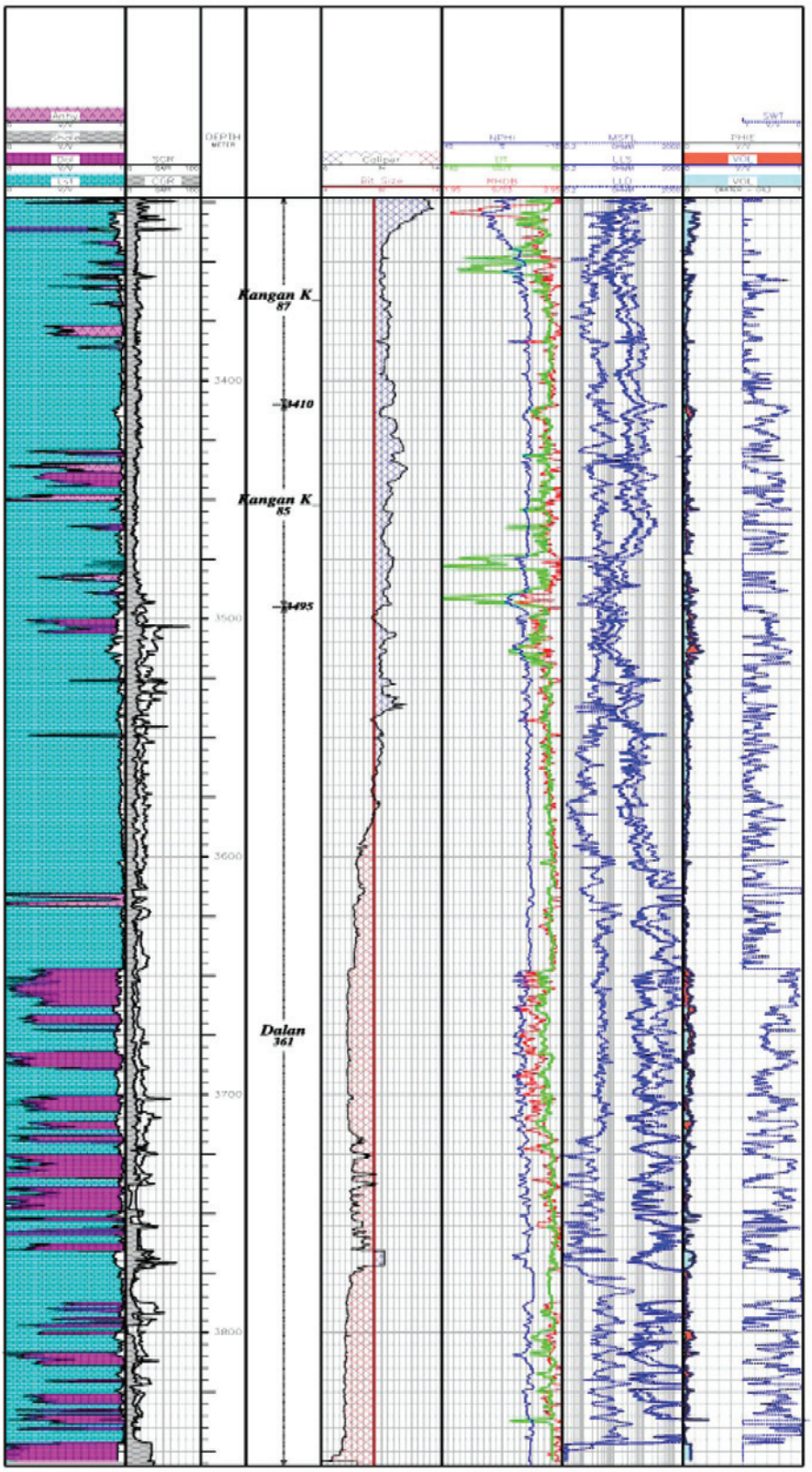
شکل ۳- نمودار تعیین نوع کانی‌های رسی با استفاده از رسم نمودار توریم- پتاسیم برای سازند کنگان به تفکیک بخش‌های K1 و K2.



شکل ۴- نمودار ستونی(هیستوگرام) بررسی روند تغییرات میزان تخلخل کل (PHIT) در سازند کنگان در چاه مورد مطالعه.



شکل ۵- نمودارهای ستونی روند تغییرات آماری اشباع آب (SWE) در سازند کنگان به تفکیک بخش‌های K1 و K2.



شکل ۶- تصویر داده‌های چاه‌نگاری و نتایج ارزیابی پایانی پتروفیزیکی سازند کنگان به تفکیک بخش‌های K1 و K2.

جدول ۱- نگارهای موجود در چاه مورد مطالعه در میدان گازی کیش.

نام چاه	نگارهای گرفته شده از چاه مورد مطالعه
A	SGR – CGR – BS – CAL – RHOB– NPHI – DT –LLD – LLS– MSFL-PEF

جدول ۲- میانگین متغیرهای پتروفیزیکی محاسبه شده در پهنه‌های مخزن کنگان در چاه مورد مطالعه.

WELL A	Formation	Top	Bottom	Thickness	Φ_{Avg}	PHIE	$S_{w\,Avg}$	Vol Shale	Net (m)	Net to Gross
	Kangan-K1	3323	3410	87 m	0.04	0.040	0.392	0.006	0.4	0.005
	Kangan_K2	3410	3495	85 m	0.065	0.040	0.370	0.000	21.1	0.248

کتابنگاری

آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۵۸۶ ص.

پیروی، م.، ۱۳۸۵- محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند کنگان در میدان‌های نفتی سلمان و میناب، خلیج فارس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۰۸ص.

رحیم‌پوربناب، ح.، ۱۳۸۹- سنگ‌شناسی کربناته با نگرشی بر کیفیت مخزنی، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۷۰ ص.

رحیمی‌فرد، س.، ۱۳۸۷- مطالعه روزن‌داران رسوبات هولوسن سواحل جنوبی جزیره کیش، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۶۸ ص.

رضایی، م. ر. و چهرازی، ع.، ۱۳۸۵- اصول برداشت و تفسیر نگارهای چاه‌پیمایی، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۹۹ ص.

شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۵- گزارش چاه کیش -۲، ۵۶ ص.

فعلی خرم‌آبادی، ص.، ۱۳۹۲- ارزیابی خواص مخزنی سازند کنگان و دالان در یکی از چاه‌های میدان گازی پارس جنوبی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی علوم و تحقیقات فارس، ۱۲۴ ص.

لاسمی، ی.، ۱۳۷۹- رخساره ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی نهشته‌سنگ‌های پرکامبرین بالایی و پالئوزوئیک ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور شماره ۷۸، ۱۸۰ ص.

متین، م.، ۱۳۹۱- زمین‌شناسی و ارزیابی پتروفیزیکی سازندهای کنگان و دالان بالایی واقع در میدان گازی کیش، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۰۵ ص.

مطیعی، ه.، ۱۳۷۲- چینه‌شناسی زاگرس، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۵۳۶ ص.

References

Al Sharhan, A. S. & Narin , A. E. M., 1997- Sedimentary basin and petroleum geology of the Middle East, Amsterdam, The Netherlands, Elsevier Science B. V., 942 P.

Geolog softWare, 2006- Log interpretation principles / Application, Eighth printing Feb.

Hearst, J. R., Nelson, P. H. & Paillet, F. L, 2000- Well Loging for physical properties, John Wiley &Sons Ltd,. Chilchester., 411-439.

Kamel, M. & Mabrouk, W., 2003- Estimation of shale volum using a combination of the three porosity logs, Jornal of petroleum Science and engineering, v.40,p.145-157.

Lucia, F. J., 1999- Carbonat Reservoir Charactrization, New York , Springer – Verlag, 226 p.

Peyravi, M., Kamali, M. R. & Kalani, M., 2010- Depositional enviornments and sequence stratigraphy of the Early Triassic Kangan Formation, in the Northen Part of the Persian Gulf implications for reservoir characteristics: journal of petroleum geology , 33(4),pp.371-386.

Poupon, A. & Leveaux, J., 1971- Evaluation of Water saturation in Shaly Formation, SPWLA 12th Annual Symposium.

Qirein, J. A., Gardner, J. S. & Watson, J. T., 1982- Combined Natural Gamma Ray Spectral/Litho-Density Measurements Applied To Complex Lithologies, SPE 57 Annual Meeting, New Orleans, paper11143.

Rahimpour- Bonab, H., Esrafili- Dizaji, B. & Tavakoli, V., 2010- Dolomitization and anhydrite precipitations in Permo- Triassic carbonates at the South Pars Gas Field, offshore Iran: Controls on Reservoir quality: journal of petroleum Geology, 33(1), pp.34-66.

Zamani, Z., Lotfpour , M. & Moradpour, M., 2004- conventional core analysis and reservoir characterization of the Kangan Formation in the "SPG"field, Persian Gulf , SPG #1 well. unpublished Report, Research in Statute of Petroleum Industry, Iran.

Reservoir quality evaluation of the Kangan Formation in one of the Kish gas-field wells by using geology software

H. Vafaei [1*] **& M. Peyravi** [2]

[1] M.Sc., Department of Geology, Islamic Azad University, Fars Science and Research Branch; Department of Geology, Islamic Azad University, Shiraz Branch, Shiraz, Iran

[2] Associate Professor, Department of Petroleum Engineering, Islamic Azad University Marvdasht branch, Marvdasht, Iran

Received: 2014 September 02 Accepted: 2015 June 27

Abstract

The Kish gas-field is one of the world's largest gas-fields, and consists of two reservoir rocks of Kangan (Lower Triassic) and Dalan (Late Permian) formations in the Zagros sedimentary basin. In this study, the Kangan formation has been examined. In this research, in addition to the use of raw data obtained from logging of a drilled well from the whole extent of the field, probabilistic petrophysics evaluation method was used to assess the petrophysical properties (shale volume, lithology, porosity and water saturation) of the Kangan formation. A method based on statistics and possibilities was also utilized to interpret the graphs (logs) with the help of multi-mineral model, a module of Multimin Software. Based on the results of this assessment and the use of lithology-determining cross-plots, as well as standard charts of Schlumberger, the dominant lithology of the Kangan formation in the studied well was recognized as calcite, dolomite, some anhydrite and small amounts of shale. The ultimate aim of the petrophysical evaluation in hydrocarbon studies of the Kish gas-field is to provide proper inputs to the reservoir static model. In order to make a more detailed study, this formation was divided into two parts, K1 and K2. As a whole, the calculated volume shale in the Kangan formation in this well is low and in K2 part is less. This could be considered as a reason for the equal effective porosity in most of the points along the well.

Keywords: Kangan Formation, Petrophysic, Reservoir Quality, Kish Gas Field.

For Persian Version see pages 29 to 36

*Corresponding author: H. Vafaei; E- mail: hvafaei.86@gmail.com

Created with nitroPDF professional
download the free trial online at nitropdf.com/professional