

ارزیابی بهتر نواحی تولیدی در میدان گازی خانگیران با استفاده از مقایسه نمودار قطر سنج^۱ و اشعه گامای طبیعی سنگ^۲ برداشت شده در حین حفاری و پس از بهره‌برداری از چاه

حامد قربانپور یامی^۳، ایمان فرزاد، حسین هنرمند، شرکت نفت و گاز شرق

چکیده

نتایج مطالعه بر روی چاه‌های میدان گازی خانگیران نشان می‌دهد در فواصل مخزنی سازند شوربچه و مزدوران در اثر خروج سیال گازی و آب همراه آن، به مرور نمک‌های محلول در آب، عناصر رادیواکتیو و سایر ذرات معلق بر روی دیواره چاه رسوب کرده^۲ و سبب کاهش قطر دیواره چاه و افزایش میزان نمودار گامای طبیعی سنگ می‌گردند. لذا می‌توان با مقایسه نمودار قطر سنج و اشعه گامای طبیعی سنگ برداشت شده در حین حفاری چاه که به همراه نمودارهای کامل ارزیابی مخزن^۴ برداشت می‌گردد، با نمودارهای معادل خود که پس از بهره‌برداری از چاه معمولاً با نمودارهای تولید چاه^۵ برداشت می‌شوند، زون‌های تولیدی کنونی و گذشته و زون‌های آبی شده چاه را بهتر شناسایی نمود. البته تمامی زون‌های تولیدی با توجه به زمان شروع بهره‌برداری از چاه و میزان آب همراه با گاز، لزوماً دارای این دو خصوصیت نمی‌باشند، اما اگر در فاصله‌ای از چاه، میزان نمودار گاما بالاتر رفته و یا قطر دیواره چاه کاهش یافته باشد (به شرط اینکه این کاهش قطر ناشی از تورم یا حرکت زون‌های شیلی و تبخیری نبوده باشد)، قطعاً نشان‌دهنده مشارکت آن زون در تولید کنونی یا گذشته چاه است.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۸/۰۱/۰۸

تاریخ ارسال به داور: ۹۸/۰۲/۱۱

تاریخ پذیرش داور: ۹۸/۰۶/۰۵

واژگان کلیدی:

نمودارهای کامل ارزیابی مخازن، نمودارهای تولید، نمودار گاما، نمودار قطر سنج، رسوبات دیواره چاه، پس از تولید چاه

مقدمه

زون‌های تولیدی قطر چاه کاهش و نمودار گاما افزایش می‌یابد.

۱- میدان و سازند مورد مطالعه

به‌منظور انجام این تحقیق، چاه‌های میدان گازی خانگیران (شکل ۱) که در سازند مزدوران تکمیل شده‌اند و برخی از چاه‌های تولیدی از سازند شوربچه انتخاب شدند. سازند مزدوران سازندی کربناته با سن ژوراسیک فوقانی بوده و در میدان خانگیران حاوی گاز خشک^{۱۲} ترش است که بیش از ۹۰ درصد گاز موجود در آن از نوع متان می‌باشد. دومین سازند تولیدی این میدان شوربچه است. سازند شوربچه به سن زمین‌شناسی کرتاسه زیرین سازندی آواری و حاوی گاز شیرین و مقادیری میعانات گازی^{۱۴} است. سازند شوربچه به ترتیب از قسمت پایین به بالا دارای دو افق تولیدی ماسه سنگی B و D می‌باشد. اکثر چاه‌های تولیدی از بخش D بالاتر از سطح تماس آب و گاز قرار دارند لذا تولید آب سازندی^{۱۵} از این زون گزارش نشده است. اما در برخی از چاه‌های بخش B آب سازندی به همراه گاز تولید می‌گردد. علاوه بر این، بخشی از آب تولیدی از زون‌های B و D این سازند ناشی از آب اشباع^{۱۶} و مقدار ناچیزی آب همزاد^{۱۷} است.

۲- بحث و روش مطالعه

پس از اتمام حفاری یک چاه، به‌منظور ارزیابی کیفیت مخزنی یک سازند زمین‌شناسی، نمودارهای پتروفیزیکی مختلفی در آن برداشت می‌گردد. این

به‌منظور تعیین میزان تخلخل، اشباع آب و سنگ‌شناسی مخزن در تمامی چاه‌هایی که جهت اکتشاف و یا تولید نفت و گاز حفاری می‌شوند، نمودارهای ارزیابی کامل مخزن (Full set) برداشت می‌گردد. سپس چاه به‌صورت حفره باز^۶ یا حفره بسته^۷ تکمیل و در مدار تولید قرار می‌گیرد. در چاه‌های حفره بسته که توسط لوله‌های جداری^۸ یا لوله‌های آستری^۹ پوشانده می‌شود، فواصل مفید بر اساس نمودارهای Full set شناسایی شده و مشبک‌کاری^{۱۰} می‌شوند. در چاه‌های حفره باز کل حفره در مدار تولید قرار می‌گیرد. با کمک نمودارهای Full set می‌توان فواصل متخلخل را مشخص کرد و تا حدود زیادی تخلخل‌های مفید را از غیر مفید تشخیص داد، اما نمی‌توان به‌طور قطع و یقین مشخص کرد چه زون‌هایی و با چه کمیتی در تولید چاه مشارکت خواهند داشت. برای این منظور پس از گذشت مدت‌زمانی از بهره‌برداری چاه، به‌منظور شناسایی درصد مشارکت زون‌ها در تولید، بررسی دما و فشار مخزن، جریان‌های بین‌لایه‌ای^{۱۱} و نیز شناسایی زون‌های آبی، ابزارهای نمودارگیری تولید (PLT) برداشت می‌گردد. دو نمودار مهم که همیشه همراه با ابزار PLT در چاه برداشت می‌گردد، نمودار قطر سنج و اشعه گامای طبیعی^{۱۲} سنگ می‌باشد. از آنجایی که این دو نمودار در زمان حفاری چاه نیز برداشت می‌شوند، مقایسه آنها با هم می‌تواند کمک شایانی به تشخیص تغییرات حاصله پس از بهره‌برداری از چاه و تشخیص بهتر زون‌های مخزنی نماید. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد پس از شروع بهره‌برداری از چاه، دو نمودار فوق می‌توانند نسبت به زمان حفاری، دچار تغییر گردند به‌طوری که در برخی

* نویسنده‌ی عهد‌دار مکاتبات (ghorbanpour_geo@yahoo.com)

تولید در چاه برداشت می‌گردد. همانطور که می‌دانیم رفتار تولیدی هر چاه تابع عوامل مختلفی می‌باشد که از جمله می‌توان به حفره باز یا بسته بودن چاه، کیفیت مشبک کاری در چاه‌های حفره بسته، زاویه چاه، قطر حفره تولیدی، دما و فشار سازند، ترشوندگی، آسیب‌دیدگی احتمالی سازند بر اثر ورود گل حفاری، میزان تخلخل و تراوایی، نوع تخلخل و مقدار آن، درجه اشباع آب، وجود یا عدم وجود شکستگی باز، جنس سنگ، نوع رس، نحوه ارتباط فضاهای متخلخل به هم (مسیر جریان)، نحوه سیمان‌بندی بین دانه‌های سنگ و درنهایت، میزان تفاوت فشار لایه‌های مخزنی یک سازند اشاره نمود. اختلاف فشار لایه‌های تولیدی بعضاً باعث می‌شود بخشی از تولید به‌جای خروج از دهانه چاه، از زون‌های پرفشار وارد زون کم‌فشار مجاور خود شود. لذا پس از تکمیل چاه، به‌منظور بررسی رفتار واقعی تولید، در بازه‌های زمانی متناوب، نمودارهای تولید در چاه برداشت می‌گردد.

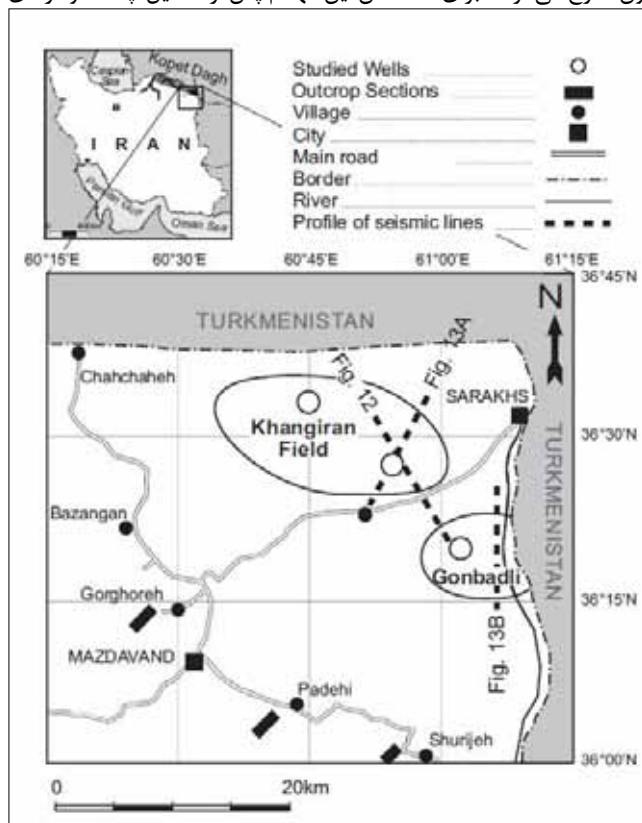
هدف اصلی از برداشت نمودارهای تولید، تعیین دقیق فواصل مشارکت‌کننده در تولید، درصد مشارکت هر زون در تولید، میزان آب تولیدی از هر زون و همچنین، بررسی شرایط فشار و دمای چاه و تشخیص جریان‌های بین‌لایه‌ای احتمالی در چاه می‌باشد. ابزار PLT شامل حس‌گر ثبت دما و فشار، پروانه چرخنده یا اسپینر^{۲۹} که شدت و جهت جریان را ثبت می‌کند، نمودار CCL^{۳۰} که نقاط اتصال لوله‌های جداری را مشخص می‌کند، نمودار قطر سنج یا کالیپر که با ثبت تغییرات قطر دیواره چاه تصحیحات لازم در محاسبه دبی جریان را اعمال می‌کند و نمودار گاما که به‌منظور هم‌عمق‌سازی برداشت می‌گردد، می‌باشد. علاوه بر اینها بعضاً تجهیزات دیگری مانند HPT-SNL^{۳۱} که صدای جریان را رصد می‌کند به‌همراه PLT برداشت می‌گردد که در اینگونه موارد، به اصلاح به کل تجهیزات Super PLT گفته می‌شود. از مجموع موارد فوق دو نمودار گاما و کالیپر مورد بحث اصلی این مقاله می‌باشند.

۱-۲- نمودار قطر سنج (Caliper)

نمودار قطر سنج یا کالیپر به‌منظور بررسی وضعیت دیواره چاه برداشت می‌گردد. همانطور که می‌دانیم در هنگام حفاری چاه، ممکن است دیواره چاه در برخی زون‌های شیلی شسته شود یا ریزش نماید، در زون‌های شکستگی ریزش کند، در زون‌های تبخیری بسته شود و در زون‌های شیلی آب‌دوست تورم یابد. همچنین در زون‌های تراوا و متخلخل، گل حفاری ممکن است وارد مخزن شده و ذرات جامد موجود در گل که به آن سله‌گل یا مادکیک^{۳۲} گفته می‌شود بر روی دیواره چاه رسوب نماید. لذا به‌منظور بررسی کیفیت و قطر دیواره چاه، ابزار کالیپر به‌تنهایی یا همراه با سایر ابزارهای نمودارگیری مانند full set و PLT به درون چاه رانده می‌شود.

کاربرد اصلی کالیپر اعمال تصحیحات محیطی لازم بر روی نمودارهای

نمودارها مبنای تشخیص فواصل مخزنی و کیفیت مخزن می‌باشند. بر اساس نمودارهای معمولی پتروفیزیکی^{۱۸} می‌توان تخلخل کل و مفید، اشباع آب کل و مفید و سنگ‌شناسی سازند مورد مطالعه را تعیین نمود اما نمی‌توان موارد مهمی مانند اندازه تخلخل، تراوایی، نوع و اندازه شکستگی‌ها، درصد دقیق عناصر و ساختارهای رسوبی را تشخیص داد. برای این منظور می‌توان از ابزارهای ویژه نمودارگیری^{۱۹} همچون نمودارهای تشدید مغناطیس هسته‌ای با نام‌های تجاری MRIL^{۲۰} و CMR^{۲۱} نمودارهای صوتی دوقطبی مانند DS^{۲۲}، WSTT^{۲۳} و XMAC^{۲۴}، نمودارهای تصویری مانند FMI^{۲۵} و UBI^{۲۶} و EMI^{۲۷} و نمودار طیف‌سنجی عنصری ECS^{۲۸} بهره جست. در نهایت با کمک همه این لاگ‌ها می‌توان فواصل مخزنی را با دقت بیشتری شناسایی نمود. اما چیزی که همچنان مبهم باقی می‌ماند، تعیین کمیت میزان مشارکت هر بخش مخزن در تولید است. به‌عنوان مثال بر اساس نمودارهای فوق، ما تشخیص خواهیم داد در یک حدفاصل خاص، جنس سنگ دولومیت آهکی با ۳۰ درصد اشباع آب، ۷۰ درصد اشباع گاز و ۱۰ درصد تخلخل مفید می‌باشد. اما با اطمینان کامل نمی‌توانیم بگوییم آیا در نهایت پس از تکمیل و جریان دادن چاه، این زون دولومیتی در تولید مشارکت خواهد کرد یا خیر، چه سهمی از تولید چاه را در بر می‌گیرد و چه حجمی از آب به‌همراه هیدروکربور از این زون خارج می‌گردد. برای دانستن این مهم پس از تکمیل چاه، نمودارهای



شکل ۱ | موقعیت میدان گازی خانگیران در شمال شرق ایران

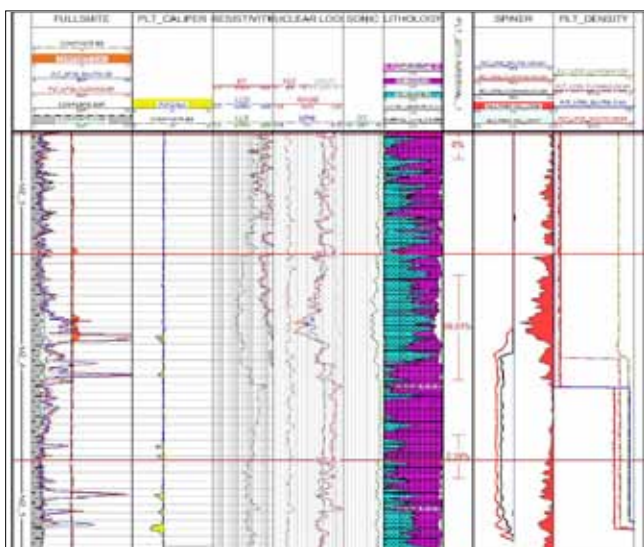
سبب کاهش قطر دیواره چاه می‌گردد. مثال شاخص این پدیده در شکل ۲- نمایش داده شده است (چاه ۷۱).

در هنگام حفاری چاه ۷۱، گل‌گم‌شدگی شدیدی (حدود ۴۵۰ بشکه) طی سه روز در حد فاصل زرد رنگ شکل ۲- داشته‌ایم (گزارش حفاری چاه). بر اساس نمودار کالیپر که پس از ۵ ماه تولید از چاه برداشت شده، دیواره چاه تا ۳ اینچ کاهش قطر یافته است. نمودار چگالی فول‌سویت نشان‌دهنده دو شکستگی در این مکان است و نمودارهای تولید نشان‌دهنده مشارکت ۲۵ درصدی این زون در تولید می‌باشند. شایان ذکر است لزوماً در هر زون تولیدی، کاهش قطر دیواره چاه اتفاق نمی‌افتد بلکه کاهش قطر تابع عوامل مختلفی مانند میزان مواد جامد یا محلول همراه با سیال خروجی از دیواره چاه، حجم آب تولیدی که حل‌کننده و حمل‌کننده اصلی رسوبات است، جنس رسوبات و شرایط دما، فشار و PH سیال می‌باشد [۲]. اما اگر در حد فاصلی قطر دیواره چاه کاهش یافته باشد، به‌شرطی که کاهش قطر ناشی از تورم شیل‌های آب‌دوست و حرکت خمیری کانی‌های تبخیری نظیر نمک در دیواره چاه نبوده باشد، حتماً آن بخش از مخزن در حال حاضر یا در گذشته در تولید مشارکت داشته است. از آنجایی که این رسوبات ممکن است سبب مسدودسازی بخشی از فضای متخلخل سنگ مخزن گردد، پیشنهاد می‌شود در بازه‌های زمانی متناوب، چاه‌ها با اسیدکاری تمیزسازی گردند.

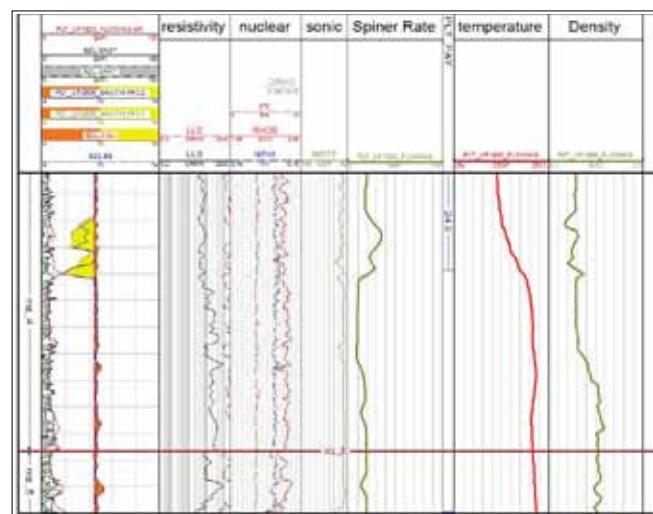
در شکل ۳- تصویری از نمودارهای تولید و پتروفیزیکی چاه (۳۹) نمایش داده شده است. در این شکل میزان کاهش قطر دیواره چاه پس از تولید بر اساس نمودار کالیپر ابزار PLT با رنگ زرد نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد دقیقاً در مقابل زون‌های مذکور نمودار گامای ابزار PLT اختلاف فاحشی با نمودار گامای برداشت شده در زمان حفاری چاه دارد که

پتروفیزیکی و نمودارهای تولید و پس از آن، مطالعات ژئومکانیک، برآورد حجم سیمان موردنیاز در پشت لوله‌های جداری و آستری، آنالیز آنیزوتروپی ابزارهای دایبل سونیک و بررسی میزان خوردگی لوله‌های جداری می‌باشد. ابزارهای کالیپر با توجه به کاربرد آن و شرایط حفاره چاه به انواع مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند و با توجه به هدف عملیات از نوع یک بازویی یا چندین بازویی آن استفاده می‌گردد.

در هنگام نمودارگیری تولید (PLT) که مورد بحث این مقاله است، نمودار کالیپر به‌منظور تصحیح اثر قطر چاه در محاسبات تولید به درون چاه رانده می‌شود. همانطور که می‌دانیم گشادشدگی یا تنگ‌شدگی دیواره چاه بر روی قرائت نمودارهای تولید از جمله نمودار چگالی و اسپینر تاثیر می‌گذارد. کاربرد مهم دیگر این نمودار که در این مقاله به آن پرداخته شده است، تشخیص زون‌های تولیدی است. همانطور که اشاره شد، پس از پایان حفاری چاه، نمودار کالیپر همراه با نمودارهای فول‌سویت به جهت اعمال تصحیح اثر قطر چاه بر روی لاگ‌های پتروفیزیکی برداشت می‌گردد و پس از بهره‌برداری از چاه نیز نمودار کالیپر همراه با نمودارهای تولید به‌منظور کمک به هم‌مرکز نگه داشتن ابزار نمودارگیری و اعمال تصحیحات لازم در محاسبه تولید چاه، برداشت می‌شود. مقایسه دو نمودار کالیپر برداشت شده در دو حالت فوق در چاه‌های میدان خانگیران نشان می‌دهد که در برخی از زون‌های تولیدی به‌دلیل رسوب مواد جامد همراه سیال تولیدی، قطر دیواره چاه کاهش می‌یابد و این کاهش قطر می‌تواند شاخصه مهمی در تشخیص زون‌های تولیدی باشد. همچنین در هنگام حفاری چاه ممکن است گل‌گم‌شدگی شدیدی در زون‌های تولیدی اتفاق بیفتد که پس از تولید از چاه، مواد گل حفاری و مواد استفاده شده جهت کنترل هرزروی از آن قسمت خارج شده و



شکل ۳ | پلات تلفیق داده‌های PLT با نمودارهای Full set در چاه (۳۹)



شکل ۴ | چاه (۷۱) که ۵ ماه پس از تولید از چاه در آن نمودار PLT گرفته شده و گل‌گم‌شدگی شدید نیز داشته است

علت این رویداد می‌توان به آن اشاره کرد، نحوه نصب سنگ‌نمای ساختمان می‌باشد، به‌طوری‌که اگر پشت سنگ‌های نمای ساختمان به‌صورت مصنوعی شیار و تخلخل ایجاد نکنیم، سیمان خوب به آن نمی‌چسبد و بعد از مدتی سنگ‌ها ریزش می‌کند. ثالثاً در فواصل متخلخل چنانچه تراوایی مناسبی وجود داشته باشد، فشار ناشی از تولید گاز سبب کندن شدن مگنست دیواره چاه شده و چاه به قطر اولیه خود یعنی ۸/۵ اینچ برمی‌گردد. همانطور که در شکل-۴ مشاهده می‌شود، مقایسه نمودار کالیبر برداشت شده در سال ۲۰۰۴ با ۲۰۰۹ و ۲۰۱۱ نشان می‌دهد مگنست بخش‌های متخلخل زون ۵ ریزش کرده و به‌جای آن، در قسمت‌های تراوای این زون، رسوبات حاوی مواد رادیواکتیو ایجاد شده است. اختلاف نمودار گامای PLT (نمودار قرمز رنگ) با نمودار گامای برداشت شده در زمان حفاری چاه (نمودار سیاه رنگ) نشان‌دهنده رسوب مواد رادیواکتیو در این فواصل می‌باشد.

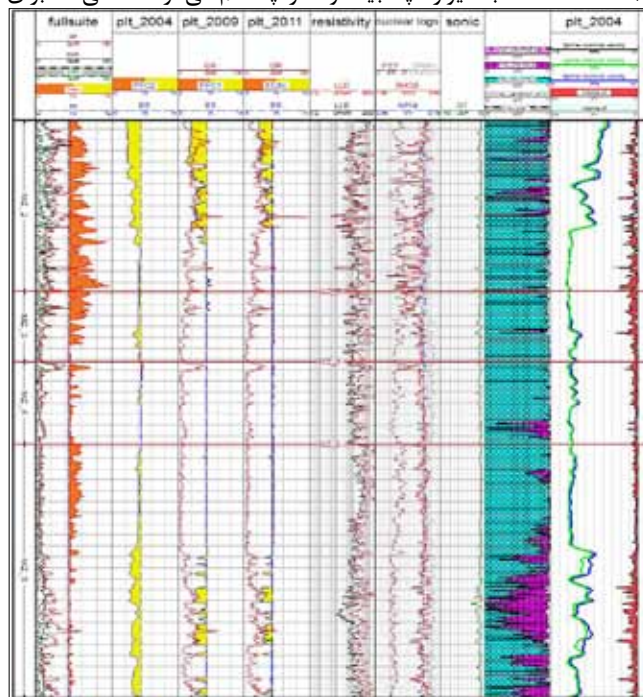
در این میدان به‌جز یک چاه، تمامی چاه‌های تولیدی از سازند شوربیجه به‌صورت حفره بسته تکمیل شده‌اند و چاه‌های تولیدی از مزدوران به‌صورت حفره باز و حفره بسته می‌باشند. از آنجائی‌که در بسیاری از چاه‌های حفره بسته‌ی این میدان نمودار کالیبر برداشت نشده است، بررسی رسوب احتمالی در لوله‌های جداری ممکن نشد. به‌عنوان مثال از مجموع ۹ چاه شوربیجه‌ای که در آن PLT برداشت شده است، تنها در چاه ۵۰ (تولید از شوربیجه B) و چاه ۵۴ (تولید از شوربیجه D) نمودار کالیبر رانده شده که آن هم پس از رسیدن ابزار به بالاترین زون مشبک کاری، ابزار کالیبر گیر کرده و PLT وارد بخش مخزنی نشده است. در این دو چاه از ابزار نمودارگیری شرکت شلمبرگر استفاده شده است. کالیبر این شرکت بر روی اسپینر قرار دارد و بخش جدا نشدنی از ابزار PLT است. اما در بیشتر ابزارهای PLT متعلق به سایر شرکت‌های نمودارگیری فعال در ایران، کالیبر بر روی بدنه ابزار نصب می‌شود و قابل جداسازی است؛ مانند ابزارهای PLT ساخت شرکت ساندکس. لذا در بسیاری از چاه‌های حفره بسته میدان خانگیران که از ابزارهای سایر شرکتها استفاده شده است، معمولاً کالیبر به‌دلیل احتمال گیر، بر روی PLT بسته نشده است.

۱-۱-۲- تشخیص نوع رسوبات

همه این رسوبات الزاماً رادیواکتیو نیستند و شامل انواع کربنات‌ها، سولفات‌ها، رس‌ها و نمک‌ها می‌گردند [۳]. پیشنهاد می‌گردد از رسوبات درون‌چاهی در فواصلی که نمودار گامی تولید افزایش یافته، نمونه تهیه تا ترکیبات عنصری و ایزوتوپ‌های عناصر رادیواکتیو آن شناسایی گردد. از آنجایی‌که در این مطالعه دسترسی به رسوبات درون‌چاهی مقدور نشد، به‌منظور دریافت حداقل اطلاعات، از رسوبات تشکیل شده در درون تأسیسات سطحی میدان خانگیران نمونه تهیه گردید و نمونه‌ها توسط ابزار XRF واحد بازرسی فنی

نشان‌دهنده رادیواکتیو بودن مواد جامد رسوب داده شده بر روی دیواره چاه است. شایان ذکر است زون پتروفیزیکی شماره ۵ قبلاً در تولید مشارکت داشته ولی اکنون آبی شده است. در حال حاضر عمده تولید این چاه از قسمت فوقانی زون ۴ می‌باشد. بخش‌های اصلی تولیدی زون ۵ شامل سه قسمت با پیک بالای گاما می‌باشد. نمودارهای فول سویت، متخلخل بودن این سه قسمت را تأیید می‌کند.

در شکل-۴ مثال دیگری از تشخیص زون‌های تولیدی بر اساس نمودار قطرسنج در سازند مزدوران چاه ۴۰ خانگیران نمایش داده شده است. در این چاه پس از قرار دادن لوله‌های جداری ۹/۶۲۵ اینچ در ابتدای سازند مزدوران و حفاری این سازند با مته ۸/۵ اینچ تا عمق نهایی، به دلایل عملیاتی جداری ۷ اینچ نیز بر روی جداری ۹/۶۲۵ اینچ رانده می‌شود. به‌منظور راندن جداری ۷ اینچ، حفره مزدوران با مگنست پُر شده و سپس پشت آستری ۷ اینچ سیمان می‌گردد. در انتها مگنست درون چاه با مته ۵/۸۷۵ اینچی تمیزسازی و چاه به‌صورت حفره باز تکمیل می‌گردد. نتایج سه نمودار کالیبر برداشت شده با ابزار PLT در سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۱ که حداقل پس از گذشت ۱۰ سال از تولید چاه برداشت شده است نشان می‌دهد که اولاً در زون‌های فاقد تخلخل، مگنست به دیواره چاه نمی‌چسبد و با تمیزسازی صورت گرفته توسط مته ۵/۸۷۵ اینچ، مگنست کنده شده و چاه به قطر اصلی خود یعنی ۸/۵ اینچ برمی‌گردد (اکثر فواصل زون ۳ و ۴ در شکل-۴). ثانیاً در فواصل متخلخل (قسمت زیرین زون ۵) و فواصل ریزشی (قسمت فوقانی زون ۲) مگنست کاملاً به دیواره چسبیده و قطر چاه کم می‌گردد. مثالی که برای

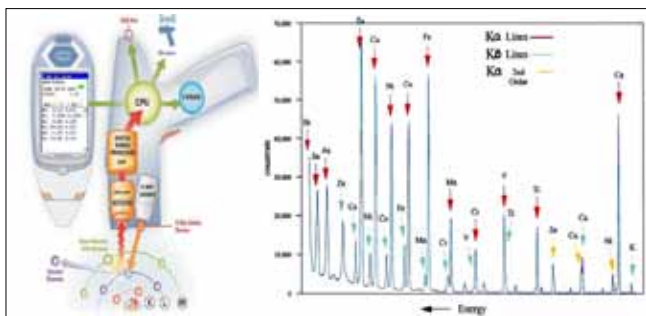


شکل ۴ | پلات تلفیق داده‌های PLT با نمودارهای Full set در چاه (۴۰)

مورد آزمایش در اثر خوردگی لوله‌های درون چاهی ایجاد شده‌اند، اما مشاهده برخی عناصر مانند سرب می‌تواند موید وجود عناصر رادیواکتیو باشد چراکه سرب عنصر مورد استفاده در تأسیسات سرچاهی نیست و از طرفی مطابق شکل-۹ در اثر واپاشی عناصر رادیواکتیو همچون اورانیوم و توریم در نهایت سرب پایدار به‌وجود می‌آید. عنصر زیرکونیم نیز علاوه بر استفاده به‌صورت آلیاژ ضدخوردگی، در طبیعت عمدتاً به‌صورت کانی زیرکون ($ZrSiO_4$) در شیل‌ها و ماسه‌ها یافت می‌شود. این کانی دارای ادخال‌های رادیواکتیو و حاوی عناصر توریم و اورانیوم می‌باشد [۷] و ممکن است در زون ۱ و ۲ مزدوران که دارای شیل و ماسه می‌باشند، یافت گردد [۸]. شایان ذکر است ابزار XRF دارای محدودیت‌هایی در شناسایی عناصر سبک و رادیواکتیو می‌باشد. به‌عنوان مثال پرتوهای گامای ساطع شده از عناصر رادیواکتیو می‌تواند تولید ایکس مشخصه



شکل ۵ | تصویری از رسوبات ایجاد شده در درون لوله منتهی به گودال سوخت چاه ۴



شکل ۶ | تصویر دستگاه XRF قابل حمل و نحوه کارکرد و انرژی پرتو ایکس ساطع شده از عناصر

مورد آنالیز عنصری قرار گرفتند (جدول ۱). ابزار XRF مورد استفاده از نوع تفنگی قابل حمل بوده (المپیوس مدل ۳۴۴) و بیشتر برای تشخیص عناصر فلزی کاربرد دارد [۴]. توسط این ابزار می‌توان عناصر سنگین‌تر از منیزیم و سبک‌تر از اورانیوم را شناسایی کرد [۴]. رسوبات مورد آزمایش به‌ترتیب فاصله گرفتن از منشأ تولید گاز، شامل رسوبات درون رشته تکمیلی حفاری چاه ۳۶، خط لوله گودال سوخت چاه ۴۰، آکمولاتور مرکز جمع‌آوری غربی میدان (شماره D) و مرکز اندازه‌گیری گاز (CMF) می‌باشند. در شکل-۵ تصویری از رسوبات ایجاد شده در خط لوله گودال سوخت چاه شماره ۴۰ خانگیان که از رده خارج شده نمایش داده شده است.

نحوه کارکرد ابزار XRF این‌گونه است که پرتو ایکس با انرژی خاص به ماده تابانده می‌شود. در اثر این تابش یک الکترون از مدارهای الکترونی که به‌ترتیب دور شدن از هسته اتم K, L, M, N, O نام دارد جدا و به خارج از اتم انتقال می‌یابد که در نتیجه یک تهی‌جا ایجاد می‌شود. مثلاً از لایه K جدا می‌شود. در این حالت یک الکترون از لایه با انرژی کمتر مانند L یا M تمایل خواهد داشت این تهی‌جا را پر نماید. اگر پرش الکترون از لایه M به K باشد، در این صورت پرتو ایکس حاصله را $K\beta$ نامند (β نمایش پرش‌های یک در میان است)، ولی اگر پرش الکترون از لایه L به K باشد در این صورت پرتو ایکس حاصله را $K\alpha$ نامند [۵]. این عمل پرش آنقدر ادامه خواهد داشت تا الکترونی از خارج از فضای اتم گیراندازی و یا احتمالاً اتم به‌صورت یون مثبت باقی بماند. با هر یک از پرش‌های فوق، یک فوتون ایکس که به آن ایکس مشخصه گویند، تولید و انرژی آن برابر با اختلاف انرژی دو لایه الکترون دهنده و الکترون گیرنده می‌باشد [۵]. طیف ایکس مشخصه تولید شده از هر عنصر، خاص آن عنصر بوده و انرژی مشخصی دارد. در نتیجه، عناصر موجود در ماده و فراوانی آنها مشخص می‌گردد [۶] (شکل-۶).

رسوبات مورد آزمایش ناشی از فرایند تولید گاز ترش از سازند مزدوران بوده و بر اساس نتایج جدول ۱- عمده آنها شامل گوگرد و آلیاژهای فلزی می‌باشند که در اثر فرایند خوردگی ایجاد شده است. این رسوبات تفاوت بسیار زیادی با رسوبات ایجاد شده در ناحیه تولیدی دیواره چاه دارند. همانطور که در شکل-۳ مشاهده می‌گردد، عمده رسوبات رادیواکتیو در مقابل زون‌های تولیدی ایجاد شده‌اند. در سایر زون‌های حفیره باز چاه مانند زون ۳ هیچگونه رسوبی دیده نمی‌شود و نمودار گامای تولید نیز افزوده نشده است. لذا شاید بتوان اینگونه نتیجه گرفت که اکثر رسوبات رادیواکتیو در هنگام خروج سیال از دیواره چاه در اطراف محل خروج رسوب می‌نمایند و مقدار کمی نیز به‌صورت محلول تا سطح زمین رسیده و در لوله‌ها رسوب می‌کند. سپس در اثر گذر زمان به مرور غلظت آنها افزایش می‌یابد. برخی از مواد رادیواکتیو دیده شده در تأسیسات سطحی نیز می‌تواند ناشی از کنده شدن رسوبات درون چاهی و انتقال به سطح باشد. همانطور که در جدول ۱- مشاهده می‌گردد، اکثر عناصر رسوبی

با $1,46\text{Mev}$ می‌باشد. اورانیوم چندین ایزوتوپ ناپایدار دارد که فراوان‌ترین آن اورانیوم ^{238}U است. در اثر واپاشی آن یک زنجیره ایزوتوپی ایجاد می‌گردد که اولین آن ایزوتوپ ناپایدار توریوم ^{234}Th و آخرین آن سرب پایدار ^{206}Pb است (شکل-۸). فراوان‌ترین پیک انرژی سری واپاشی اورانیوم ^{238}U مربوط به واپاشی بیسموت ^{214}Bi با انرژی $1,12\text{Mev}$ می‌باشد که در نمودارگیری معرف اورانیوم است. توریوم ^{232}Th نیز در نهایت به سرب پایدار ^{208}Pb تبدیل می‌شود. در سری واپاشی توریوم ^{232}Th ، تالیوم ^{208}Tl با انرژی $2,62\text{Mev}$ فراوان‌ترین پیک انرژی و معرف توریوم است.

از آنجایی که نمودار گاما خواص ذاتی سنگ‌ها را ثبت می‌نماید و تابع تخلخل نیست، کاربرد عمومی این نمودار در صنعت نفت و نمودارگیری، هم‌عمق‌سازی بین نمودارها و هم‌عمق‌سازی بین مغزه و نمودارها می‌باشد. لذا نمودار گامای معمولی یا مجموع، به‌همراه تمامی ابزارهای نمودارگیری به‌منظور هم‌عمق‌سازی بین نمودارهای برداشت شده در زمان‌های مختلف برداشت می‌گردد. کاربرد تخصصی این نمودار کمک به مطالعات زمین‌شناسی است. از ابزارهای گامای اسپکترال که به تفکیک طیف گامای هر سه عنصر فوق را ثبت می‌کنند، می‌توان جهت تشخیص نوع کانی رسی، تشخیص زون‌های ناپیوستگی، تشخیص زون‌های غنی از مواد آلی در سنگ‌های منشاء، زون‌های دولومیتی، رصد تغییرات بین زون‌های چاه‌های مختلف یک میدان از جمله تغییر رخساره، تغییرات ضخامت، گسل خوردگی، تشخیص سرسازندها و به‌طور کلی کمک به مطالعه حوضه رسوبی در یک میدان استفاده نمود.

در ابزارهای PLT نمودار گاما صرفاً به‌منظور هم‌عمق‌سازی با نمودار مرجع عمقی و هم‌عمق‌سازی بین مراحل مختلف راندن ابزار PLT، برداشت می‌گردد. نمودار برداشت شده از نوع گامای معمولی می‌باشد. در این مطالعه مشخص شد نمودار گامای برداشت شده با ابزار PLT می‌تواند کاربرد بسیار ارزشمندتری نیز جهت شناسایی زون‌های تولیدی و آبی داشته باشد. بدین‌صورت که مواد رادیواکتیو موجود در سیال مخزن (به‌خصوص موجود در آب سازندی) می‌تواند بر روی دیواره داخلی چاه و فضای اطراف دیواره

کند و سبب تداخل انرژی دریافتی در ابزار XRF گردد. لذا برای تشخیص دقیق عناصر به‌خصوص عناصر رادیواکتیو اولاً لازم است رسوبات از فواصل تولیدی درون چاهی تهیه و ثانیاً توسط ابزارهای دقیق‌تری همچون آنالیز $^{23}\text{ICP MASS}$ یا $^{25}\text{ICP OES}$ مطالعه گردند.

۲-۲- نمودار اشعه گاما (Gamma ray)

در سازندهای رسوبی سه ایزوتوپ ناپایدار عناصر توریوم پتاسیم و اورانیوم عامل اصلی تولید اشعه گامای طبیعی سنگ می‌باشند که توسط گیرنده‌های ابزارهای نمودارگیری گاما ثبت می‌گردد (شکل-۷). سایر عناصر رادیواکتیو در رسوبات بسیار محدود هستند و سطح انرژی آنها در حد کیلو الکترون ولت (KeV) است. در صورتی که سطح انرژی سه عنصر فوق در محدوده مگا الکترون ولت (Mev) می‌باشد. این سه ایزوتوپ شامل توریوم ^{232}Th با درصد وجود $99/88$ درصد در طبیعت و نیمه‌عمر حدود $14/05$ میلیارد سال، پتاسیم ^{40}K با درصد وجود $0/12$ درصد و نیمه‌عمر حدود $1/248$ میلیارد سال که تنها ایزوتوپ ناپایدار این عنصر است و اورانیوم ^{238}U با درصد وجود $99/27$ درصد و نیمه‌عمر $4/468$ میلیارد سال می‌باشند [۹]. شایان ذکر است عددهای کنار هر عنصر معرف عدد جرمی یا جرم اتمی به مفهوم مجموع پروتون‌ها و نوترون‌های آن عنصر است. با توجه به قابلیت ابزار گاما، نمودارهای گاما به‌صورت مجموع تششع سه عنصر فوق مانند نمودار SGR و GR یا به تفکیک هر عنصر و نیز به‌صورت مجموع دو عنصر توریوم و پتاسیم مانند نمودار CGR ثبت می‌شوند. در بین عناصر فوق، دو عنصر توریوم و پتاسیم جزو ساختار سنگ‌ها به‌خصوص در شیل‌ها و ماسه‌سنگ‌ها بوده و عنصر اورانیوم علاوه بر وجود در ساختار اتمی کانی‌ها به‌صورت محلول در آب سازندی نیز وجود دارد و بسیار فرار است. اورانیوم همچنین در دولومیت ثانویه (دیازنی)، ناپیوستگی رسوبی ^{26}U و مواد آلی سنگ منشاء [۱۰] نیز به وفور دیده می‌شود. لذا می‌تواند شاخص خوبی برای تشخیص این موارد باشد. همانطور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود پتاسیم ^{40}K تنها ایزوتوپ ناپایدار این عنصر بوده و پیک اصلی فراوان‌ترین انرژی در واپاشی ایزوتوپ پتاسیم ^{40}K برابر

۱ | آزمایش XRF بر روی رسوبات تأسیسات سطح الارضی میدان خانگیران بهترتیب فاصله گرفتن از منشاء تولید گاز

درصد عناصر فلزی تشخیص داده شده توسط آزمایش XRF													نمونه‌ها
Al	Cr	P	Pb	Mo	V	Ti	Mn	Ni	Zr	Si	S	Fe	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.90	1.92	72.52	23.66	چاه ۳۶
8.38	-	-	-	-	-	1.57	0.33	-	1.17	43.28	20.36	24.91	چاه- ۴۰ نمونه ۱
-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.51	16.82	65.15	12.53	چاه- ۴۰ نمونه ۲
-	-	-	0.37	0.03	0.42	0.78	0.66	-	-	-	-	97.75	آکومولاتور D- نمونه ۱
-	-	0.12	-	-	0.15	0.26	0.35	-	-	3.20	31.96	63.71	آکومولاتور D- نمونه ۲
-	0.06	-	-	-	-	4.56	0.35	0.12	-	0.30	24.78	69.26	هدر cmf

نمودار گامای زمان تولید چاه (نمودار گامای سبز رنگ) در حد فاصل زون مشبک کاری شماره ۵ نسبت به نمودار زمان حفاری چاه (نمودار گامای آبی رنگ) افزایش یافته است. بر اساس نتایج نمودارهای PLT این حدفاصل در حال حاضر به شدت آبی شده و تنها از قسمت فوقانی آن گاز تولید می‌شود. شایان ذکر است در این چاه دو بار نمودار PLT برداشت شده است و نمودار گامای تولید تنها هنگامی که این حدفاصل آبی شده، افزایش یافته است. لازم به ذکر است در برخی از چاه‌های حفره بسته مانند این چاه به دلیل ترس از گیر کردن ابزار نمودارگیری و امکان عدم عبور ابزار از پستانک نارونده^{۳۷} رشته تکمیلی، نمودار کالیپر همراه با ابزارهای PLT برداشت نمی‌شود. لذا تشخیص رسوب‌گذاری در مقابل فاصله مشبک کاری شماره ۵ مقدور نیست. به‌طور کلی شاید بتوان گفت به دلیل سطح صیقلی لوله‌های جداری، احتمال رسوب‌گذاری مواد بر روی آنها نسبت به چاه‌های حفره باز کمتر است، ولی پس از ایجاد خوردگی، رسوبات تشکیل می‌شوند. در چاه‌های حفره بسته، رسوبات رادیواکتیو عمدتاً در فضای پشت لوله‌های جداری مشبک شده

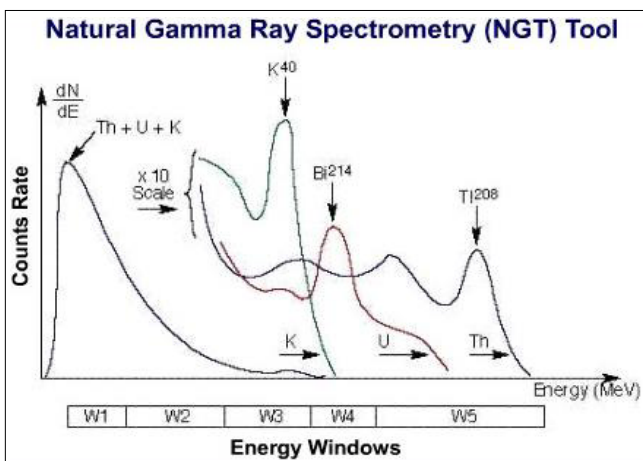
رسوب نماید. در این حالت میزان نمودار گاما برداشت شده پس از تولید چاه نسبت به نمودار گامای برداشت شده زمان حفاری چاه افزایش محسوسی می‌نماید که تابع حجم آب تولیدی، حجم و نوع مواد رادیواکتیو موجود در سیال مخزن، میزان مشارکت آن زون در تولید و مدت‌زمان بهره‌برداری از چاه می‌باشد (شکل ۱۰، ۲، ۳ و ۱۱).

در بین سه ایزوتوپ فوق عنصر اورانیوم بسیار فرار بوده و به راحتی در آب سازندی حل و جابه‌جا می‌شود. تجربه کار بر روی چاه‌های میدان خانگیران نشان می‌دهد در چاه‌هایی که حجم آب تولیدی افزایش یافته است، نمودار گاما نیز افزایش محسوسی می‌یابد. لذا شاید بتوان گفت اورانیوم موجود در آب سازندی و ایزوتوپ‌های ناشی از واپاشی آن، عامل اصلی افزایش نمودار گامای برداشت شده پس از تولید چاه می‌باشد. این ایزوتوپ‌ها احتمالاً به صورت نمک‌های رادیواکتیو بر روی دیواره داخلی چاه و فضای اطراف دیواره رسوب می‌نمایند. در شکل ۸- مراحل واپاشی ایزوتوپ اورانیوم ۲۳۸ نمایش داده شده است. این عنصر در طی واپاشی در نهایت به سرب پایدار ۲۰۶ تبدیل می‌گردد.

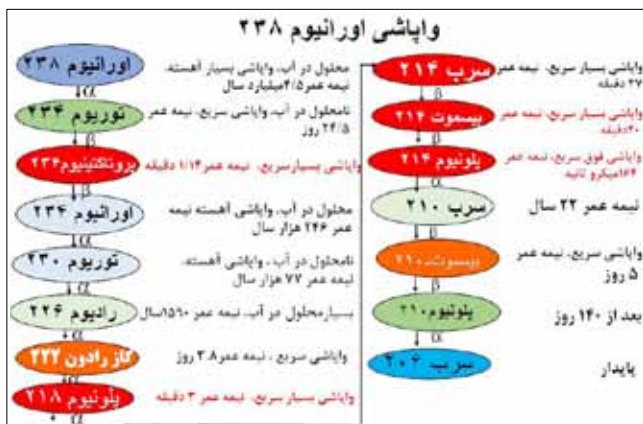
عنصر دوم اصلی رادیواکتیو رسوبات ایزوتوپ پتاسیم ۴۰ است. پتاسیم در اثر واپاشی به کلسیم ۴۰ و گاز بی اثر آرگون ۴۰ که هر دو عنصری پایدار می‌باشند، تبدیل می‌گردد. پتاسیم در ساختار کانی‌ها وجود دارد اما در سیال مخزن وجود ندارد. لذا قاعدتاً نمی‌تواند عامل افزایش گامای تولید باشد. عنصر مهم رادیواکتیو سوم در رسوبات توریم است. ایزوتوپ توریم ۲۳۲ موجود در ساختار کانی‌ها نیز مطابق شکل ۹- در اثر واپاشی نهایتاً دو عنصر رادیواکتیو رادیوم و گاز رادون تولید می‌نمایند [۱۱] که در سیال مخزن تجمع می‌یابند. رادون گازی فرار بوده و در فاز گاز مخزن تجمع می‌یابد (شکل ۹-). رادون چون جزو گروه گازهای بی اثر است، با عناصر دیگر واکنش نمی‌دهد ولی در اثر تبدیل به عناصر دیگر مانند پلونیوم و سرب رسوب رادیواکتیو تشکیل می‌دهد [۱۱]. رادیوم در فاز مایع مخزن تجمع می‌یابد (شکل ۹-). و می‌تواند خود یا عناصر منتج از آن در رسوبات دیواره وجود داشته باشد. لذا پیشنهاد می‌گردد برای اینکه مشخص شود چه عناصری سبب افزایش نمودار گامای تولید می‌شوند، اولاً در برخی از چاه‌ها به همراه ابزار PLT از ابزار گامای اسپکترال استفاده گردد. ثانیاً از رسوبات رادیواکتیو دیواره چاه نمونه‌هایی جهت آنالیز ایزوتوپی تهیه گردد. به عنوان مثال اگر در آنالیز ایزوتوپی مشخص شود سرب تشخیصی در آکومولاتور D (جدول ۱) از نوع ۲۰۸ است، می‌توان گفت از توریم ۲۳۲ منتج شده، ولی اگر سرب ۲۰۶ باشد، از اورانیوم ۲۳۸ تولید گردیده است.

۲-۱- تغییرات نمودار اشعه گاما در چاه‌های با تولید آب سازندی

در شکل ۱۰- مثالی از یک چاه حفره بسته (cased hole) آورده شده است که



شکل ۷ | طیف اشعه گامای طبیعی ساتع شده در رسوبات زمین‌ناشی از سه ایزوتوپ ناپایدار توریم، پتاسیم و اورانیوم (شلمبرژر)



شکل ۸ | مراحل واپاشی ایزوتوپ اورانیوم ۲۳۸ به سرب ۲۰۶

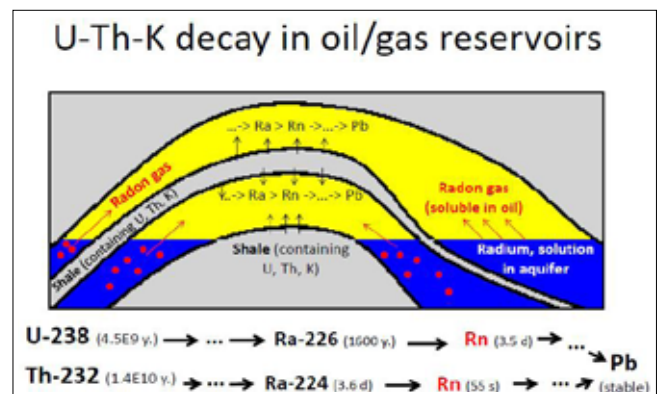
در این سال دچار اشکال شد و تنها نمودار گاما برداشت گردید. همچنین همانطور که در تصویر مشاهده می‌گردد، در ابتدای زون ۴ پتروفیزیکی که بر اساس نمودارهای فول سویت به‌طور متوسط ۷ درصد تخلخل داریم، نمودار گامای تولید (نمودار قرمز رنگ) اندکی افزایش یافته ولی در حدفاصل زیرین این زون که به‌طور متوسط ۱۵ درصد تخلخل داریم، نمودار گاما به‌شدت افزایش پیدا کرده است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که نمودار گامای تولید می‌تواند شاخص کیفی خوبی برای تشخیص میزان مشارکت زون‌ها در تولید باشد، البته به‌شرط اینکه درصد آب موجود در آنها متناسب هم باشد چراکه آب سیال اصلی حل‌کننده و حمل‌کننده نمک‌های رادیواکتیو میدان خانگیران می‌باشد و افزایش گاما بسیار وابسته به حجم آب تولیدی است.

۲-۲-۲ - تغییرات نمودار اشعه گاما در چاه‌های فاقد آب سازندی

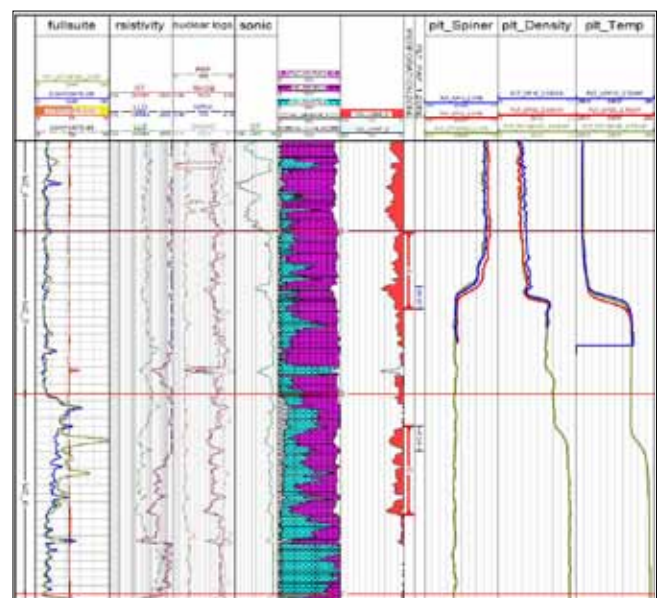
در چاه‌های مزدورانی میدان خانگیران که گاز تولیدی خشک بوده و آب سازندی در آن تولید نمی‌شود، نمودار گامای تولید افزایش بسیار کمی یافته و حجم رسوب ایجاد شده در دیواره چاه ناچیز است؛ مانند چاه‌های شماره ۱۴، ۵۲، ۴۱، ۵۳، ۳۴. در اینگونه چاه‌ها عامل اصلی انتقال رسوب و مواد رادیواکتیو احتمالی، آب اشباع (بخار آب همراه گاز) و آب همزاد (آب محبوس شده در هنگام رسوب گذاری) می‌تواند باشد. میزان حدودی آب همزاد و اشباع تولیدی از سازند مزدوران میدان خانگیران کمتر از دو درصد کل تولید گاز است (گزارش داخلی شرکت نفت).

همانطور که اشاره شد دومین مخزن گازی مهم میدان خانگیران سازند شوریه است که حاوی گاز شیرین می‌باشد. این سازند دارای دو افق ماسه‌سنگی تولیدی B در پایین و D در بالا می‌باشد و تمامی چاه‌های تکمیلی در شوریه به‌صورت حفره بسته می‌باشند. گاز تولیدی از بخش B در برخی از چاه‌ها که سطح تماس آب و گاز بالا آمده است، حاوی آب سازندی می‌باشد اما در بخش D تمامی چاه‌های میدان بالاتر از سطح تماس قرار داشته و فاقد آب سازندی هستند. تاکنون در ۳ چاه تولیدی از مخزن شوریه B نمودار PLT برداشت شده است. از این بین در چاه ۴ که فاقد آب سازندی می‌باشند، نمودار گامای تولید افزایش نیافته و در چاه ۵۰ که تولید آب نیز داریم، نمودار PLT به‌دلیل مشکل عملیاتی وارد مخزن نشده است. لذا در خصوص افزایش گامای تولید در چاه‌های آب زده شوریه B فعلاً نمی‌توان اظهار نظر کرد. اما در بخش D سازند شوریه که فاقد آب سازندی بوده و مقدار آب همزاد و اشباع آن نیز به‌مراتب کمتر از سازند مزدوران است، نمودار گامای تولید در برخی چاه‌ها افزایش یافته است. از سال ۱۳۹۳ هجری شمسی تاکنون از بخش D به‌عنوان مخزن ذخیره‌سازی گاز استفاده می‌گردد، بدین‌صورت که در ماه‌های گرم سال در آن تزریق گاز و در ماه‌های سرد، برداشت صورت می‌پذیرد. در بین ۶ حلقه چاه تولیدی شوریه D که نمودار

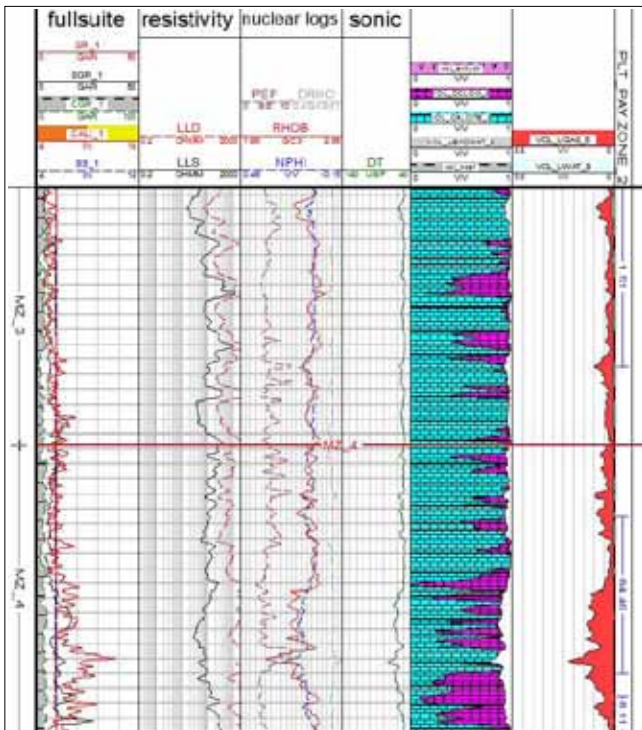
و اطراف فواصل مشبک کاری شده در دیواره داخلی چاه تجمع می‌یابند. پیشنهاد می‌گردد در چاه‌های حفره بسته نیز همواره نمودار کالیپر رانده شود تا علاوه بر اعمال تصحیحات لازم در محاسبه دبی تولید، تغییر شکل احتمالی لوله‌ها و رسوب احتمالی مواد رادیواکتیو بر روی بدنه لوله‌ها رصد شود. در شکل ۱۱- مثالی از یک چاه حفره باز نمایش داده شده است که نمودار گامای تولید آن پس از آبی شدن، به‌شدت افزایش یافته است. همانطور که مشاهده می‌گردد، بر اساس نتایج نمودار PLT برداشت شده در سال ۱۹۹۸ میلادی، در حدود ۹۴ درصد تولید از زون ۴ انجام می‌گردد. نمودار گامای برداشت شده در آن زمان افزایش چشمگیری را نشان نمی‌دهد اما بر اساس نمودار گامای برداشت شده در سال ۲۰۱۷ میلادی پس از افزایش تولید آب چاه، نمودار گاما افزایش چشم‌گیری داشته است. شایان ذکر است ابزار PLT



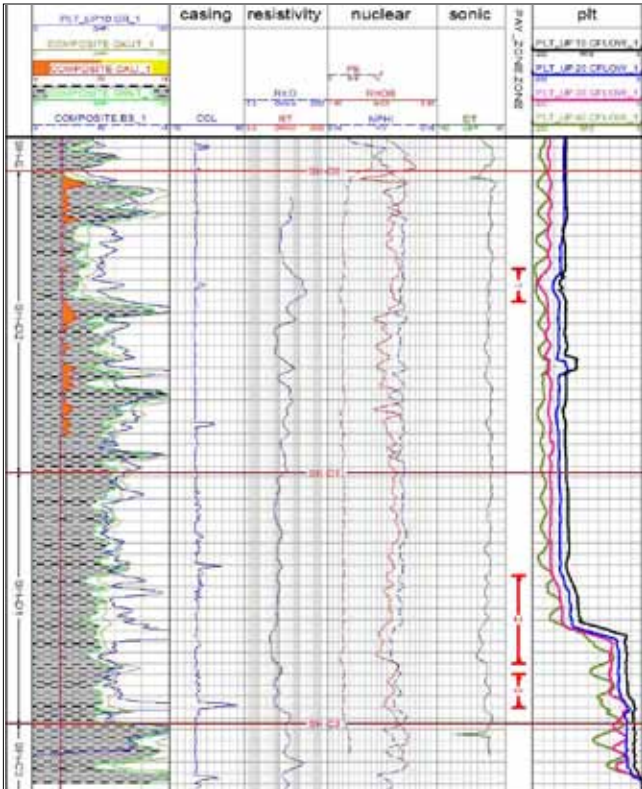
شکل ۹ | مراحل واپاشی ایزوتوپ اورانیوم ۲۳۸ و توریم ۲۳۲ به ایزوتوپ‌های ناپایدار رادیوم، رادون و سرب پایدار



شکل ۱۰ | افزایش نمودار گامای تولید در چاه (۲۱) در حد فاصل زون مشبک‌کاری ۵ به‌دلیل افزایش تولید آب



شکل ۱۱ | افزایش نمودار گاما در اثر افزایش تولید آب در زون تولیدی چاه (۴۴)



شکل ۱۲ | پلات نمودارهای پتروفیزیکی به همراه نتایج PLT در سازند ماسسنگی چاه تزریقی مورد مطالعه

PLT در آن برداشت شده است (چاه های ۵۵، ۵۴، ۳۲، ۱۶، ۶۶) تنها در سه حلقه چاه، گامای تولید افزایش یافته است. در این سه چاه نمودار گاما پس از عملیات تزریق گاز (۱۳۹۳ ه.ش) برداشت شده است. در شکل-۱۲ مثالی از افزایش نمودار گاما در یکی از چاه‌های تولیدی/تزریقی در سازند شورپیچ نمایش داده شده است [۱]. همانطور که مشاهده می‌گردد، نمودار گامای تولید در زون D چاه (د) با وجودی که میزان آب تولیدی این زون بسیار ناچیز است، در سه بخش مشبک کاری شده‌ی شماره ۱، ۲ و ۳ افزایش یافته است. لذا می‌توان این چنین نتیجه گرفت که علاوه بر آب سازندی مقدار کمی از ایزوتوپ‌های ناپایدار می‌توانند همراه گاز تولیدی یا تزریقی و به‌طور خاص همراه گاز میعانی حمل و در اطراف دیواره چاه رسوب داده شود. البته نوع رسوبات رادیواکتیو در سازند شورپیچ و مزدوران نیز به احتمال زیاد با هم متفاوت است و تصور بر این است که منشاء رادیواکتیو بخش D مخزن شورپیچ، گاز رادون باشد [۱]. رادون در فاز گاز مخزن تجمع می‌یابد و با توجه به نیمه‌عمر کوتاه می‌تواند به عناصر رادیواکتیو دیگری همچون رادیوم، پلونیوم، سرب و بیسموت تبدیل [۸] و آنها توسط گاز میعانی، آب اشباع و آب همزاد حمل و در دیواره چاه رسوب گذاری گردند. شایان ذکر است عمده گاز تزریقی به مخزن D شورپیچ میدان خانگیران از کشور ترکمنستان تأمین می‌شود و براساس برخی مطالعات، میزان گاز رادون موجود در قسمت‌های غربی این کشور بالا می‌باشد [۱۲] [۱۳]. لذا پیشنهاد می‌گردد میزان گاز رادون و سایر عناصر رادیواکتیو محتمل موجود در گاز تزریقی بررسی گردد.

نتیجه‌گیری

- ۱- در فواصل تولیدی معمولاً قطر دیواره کاهش و نمودار گامای تولید افزایش می‌یابد.
- ۲- هرچه قطر دیواره چاه بیشتر کاهش یافته باشد، حجم تولید گاز و آب از آن زون بیشتر است.
- ۳- افزایش نمودار گامای تولید در سازند مزدوران رابطه مستقیم با حجم تولید و به‌خصوص حجم آب سازندی دارد.
- ۴- افزایش نمودار گامای تولید در بخش D سازند شورپیچ می‌تواند به دلیل وجود گاز رادون در این سازند و رسوب عناصر رادیواکتیو مانند رادیوم در دیواره چاه باشد.
- ۵- در بخش B سازند شورپیچ با توجه به نمودارهای PLT برداشت شده، نمودار گامای تولید افزایش نیافته است.
- ۶- در چاه‌هایی که به دلایل عملیاتی با مگنست پرد شده و سپس با مته ساین کوچک‌تر حفاری شده‌اند، فواصل غیرمخزنی فاقد بندش مگنست بوده و قطر اصلی چاه دیده می‌شود، اما در فواصل متخلخل و ریزشی، مگنست

گامای سانع شده از عناصر رادیواکتیو می‌تواند سبب بروز خطاء در نتایج گردد.

۱۱- جهت تشخیص اینکه کدام عنصر رادیواکتیو توریم، پتاسیم یا اورانیوم مهمترین تأثیر را در افزایش نمودار گامای تولید داشته است، پیشنهاد می‌شود در یکی از چاه‌ها، نمودار گامای اسپکترال همراه با ابزار PLT برداشت شود.

۱۲- از رسوبات رادیواکتیو درون چاهی نمونه، تهیه و توسط آزمایش ICP MASS یا ICP OES آنالیز عنصری گردند.

۳- همواره در چاه‌های حفر بسته نیز همراه با ابزار PLT نمودار کالیبر برداشت شود چراکه رسوب احتمالی مواد و کاهش قطر چاه می‌تواند سبب ایجاد خطاء در محاسبات تولید گردد.

۴- در چاه‌هایی که حجم رسوب دیواره چاه افزایش یافته است، به‌منظور بهبود شرایط تولید چاه‌ها اسیدکاری شوند.

۵- میزان گاز رادون و عناصر رادیواکتیو احتمالی موجود در گاز دریافتی از کشور ترکمنستان محاسبه گردد. ■

به‌خوبی به دیواره چسبیده و قطر دیواره چاه، قطر مته به‌کار رفته جهت تمیزسازی مگنست می‌باشد. در فواصل تراوا نیز مگنستی که مابین فواصل متخلخل قرار می‌گیرد، در اثر فشار تولید گاز ریزش کرده و قطر چاه، قطر اولیه قبل از عملیات مگنست کاری می‌باشد.

۷- گاز میعانی، آب اشباع و آب همزاد، عامل مهم انتقال و رسوب مواد رادیواکتیو در بخش D سازند شوربجه می‌باشد.

۸- اگر درفاصله‌ای نمودار گامای تولید افزایش یافته باشد ولی در تولید مشارکت نکند، حتماً آن فاصله در گذشته تولیدی بوده و اکنون آب‌زده شده و یا فضای متخلخل آن در اثر رسوب جامدات همراه گاز بسته شده است.

۹- نمودار قطر سنج و اشعه گامای تولید تناسب بسیار خوبی با تخلخل مخزن دارد و به‌طور خاص با روند نمودار چگالی مطابقت می‌نماید.

۱۰- با استفاده از ابزار XRF قابل حمل می‌توان عناصر سنگین‌تر از منیزیم و سبک‌تر از اورانیوم موجود در رسوبات سرچاهی را شناسایی نمود. اما پرتوی

پانویس‌ها

1. Caliper
2. Gamma Ray
3. Scale Formation
4. Full set
5. Production logging tools
6. Open Hole
7. Cased Hole
8. Casing
9. Liner
10. Perforation
11. Cross flow
12. X-ray Fluorescence
13. Dry Gas
14. Condensate Gas
15. Formation water
16. Saturated Vapor Water
17. Connate Water
18. Conventional Logs
19. Special Logs
20. Magnetic Resonance Image logging
21. Combinable Magnetic Resonance Tool
22. Dipole Sonic Imager
23. Wave Sonic Tool
24. Cross Multiple Acoustilog
25. Full bore Formation Micro Imager
26. Ultrasonic Borehole Imager
27. Electrical Micro Imaging
28. Elemental Capture Spectroscopy Sonde
29. Spinner
30. Casing Collar Locator
31. Spectral Noise Logging- High Precision temperature
32. Mud Cake
33. Central Metering Facilities
34. Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
35. Inductively Coupled Plasma optical Emission Spectrometry
36. Disconformity
37. No Go

منابع

- [1] قربانپور، ح.، ۱۳۹۵. تعیین فواصل تولیدی تزریقی چاه‌های گازی بر اساس مقایسه تغییرات نمودار اشعه گامای برداشت شده در زمان حفاری با نمودار گاما پس از بهره‌برداری از چاه. ماهنامه اکتشاف و تولید، شماره ۱۴۱، صص ۵۸-۶۱.
- [2] www.halliburton.com
- [3] فتح آبادی، ه.، ۱۳۹۲. معرفی مواد رادیواکتیو طبیعی در صنایع نفت و گاز، ماهنامه اکتشاف و تولید، شماره ۱۰۰، صص ۴۶-۵۳.
- [4] www.olympus-ims.com
- [5] غیائی نژاد، م.، کاتوزی، م.، ۱۳۸۲. درس عمومی حفاظت در برابر اشعه، ویژه آموزش دوره های مقدماتی - کتاب، صص ۱۴-۱۵.
- [6] WWW.superiorxraytube.com
- [7] https://fa.m.wikipedia.org
- [8] www.gsi.ir
- [9] https://en.m.wikipedia.org
- [۱۰] زینل‌زاده، ا.، ۱۳۸۷. استفاده از پرتوی گامای اورانیوم در مطالعه سنگ منشاء، ماهنامه اکتشاف و تولید شرکت ملی نفت، شماره ۵۲، صص ۵۲-۵۵.
- [۱۱] پیروزفر، پ.، ۱۳۸۸. توریم و بیماری‌های ناشی از آن، فصل نامه علوم زمین و معدن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شماره ۴۰، صص ۲۱-۲۳.
- [12].Ishankuliev, J & Tretyakova, S. p. 1991. Radon measurements Using SSNTD in the region of oil and gas deposite of West Turkmenistan. International Jorنال of Radiation Application and Instrumentation. Part D.Nuclear Tracks and Radiation Measurements, Volume19, Issues14-15, pages 329-332.
- [13].Furlan, G & Tommasion, L. 1991. Workshop on Radon Monitoring in Radioprotection Environmental and/or Erth Sciences, book, pp. 337-338.