

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

حامد قربانپور یامی*، فرشید خیربی، شرکت نفت و گاز شرق

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۴/۱۱/۱۳

تاریخ ارسال به داور: ۹۴/۱۱/۱۳

تاریخ پذیرش داور: ۹۵/۰۳/۲۶

واژگان کلیدی:

نمودار اشعه گاما، اورانیوم، فواصل تولیدی و تزریقی، نمودارهای تولید، نمودارهای پتروفیزیکی

چکیده

نمودار اشعه گاما برداشت شده در چاه‌ها، ناشی از واپاشی سه عنصر اصلی اورانیوم، توریم و پتاسیم می‌باشد. این سه عنصر در سنگ و سیال قرار دارند که در این بین، عنصر توریم و پتاسیم بیشتر در سنگ و اورانیوم در سیال مخزن قرار دارد. نتایج مقایسه نمودار گاما برداشت شده در هنگام حفاری چاه با نمودار گاما برداشت شده در سالیان بعد از بهره‌برداری از چاه نشان می‌دهد که در فواصل مشبک کاری شده^۱ یا حفره باز چاه، در اثر ورود سیال به درون چاه، ذرات اورانیوم در اطراف منافذ خروجی روی دیواره منافذ تجمع می‌یابند و باعث ایجاد یک پیک شلخ نمودار گاما می‌شوند. این پدیده در چاه‌های تزریقی، در فواصلی که بیشترین مشارکت در تزریق را دارا باشند نیز اتفاق می‌افتد. بررسی دقیق نمودار گاما در این فواصل می‌تواند کمک شایانی در شناسایی فواصل تولیدی و تزریقی و نیز تأیید کارایی شبکه‌های ایجاد شده در چاه نماید. همچنین، شدت اشعه گاما در این فواصل شاخص خوبی در تشخیص میزان مشارکت نسبی فواصل مخزنی در فرایند تولید یا تزریق چاه می‌باشد.

مقدمه

ابزار گاما است. ابزارهای گاما ثبت کننده اشعه گامای ساطع شده از سازند بوده و چیزی به سازند ارسال نمی‌کنند. اشعه گامای سازند حاصل از واپاشی هسته عناصر رادیواکتیو بوده که در سنگ‌های رسوبی مخازن، سه عنصر توریم، پتاسیم و اورانیوم اصلی ترین منابع تولید آن می‌باشد. از بین سه عنصر رادیواکتیو فوق، عناصر توریم و پتاسیم اکثراً در رُس‌ها قرار دارند و در نتیجه، شاخص مهمی در تعیین حجم رُس سازند می‌باشند. عنصر اورانیوم علاوه بر وجود در برخی از رُس‌ها، در سنگ دولومیت، سیال سازند، دگرشیمی‌های زمین‌شناسی و مواد آلی نیز یافت می‌شود.

ابزارهای ثبت کننده اشعه گاما به دو دسته کلی تقسیم بندی می‌گردند: در دسته اول که نمودار گاما فقط به منظور هم‌عمق‌سازی برداشت می‌گردد، گامای مجموع سازند ثبت می‌شود؛ مانند نمودارهای گامای برداشت شده همراه با ابزار^۴ PLT یا^۵ CCL. در دسته دوم ابزارها، نمودار گاما علاوه بر هم‌عمق‌سازی به منظور شناسایی کانی‌های رسی و مطالعات زمین‌شناسی برداشت می‌گردد. در این دسته، به تفکیک، میزان طیف گامای حاصل از هر یک از عناصر رادیواکتیو سه گانه‌ی فوق ثبت می‌شود. در این نوع ابزارها دو نمودار اصلی برداشت و ارائه می‌گردد به طوری که مجموع طیف اشعه گامای حاصل از عناصر توریم و پتاسیم تحت عنوان نمودار CGR (استاندارد شرکت نمودارگیری اسلمبرژر) یا

نتایج مطالعه بر روی نمودارهای پتروفیزیکی چاه‌های میدان گازی خانگیران (شکل ۱-۱) نشان داد که در فواصل مخزنی برخی از چاه‌ها، نمودار گامای برداشت شده بعد از بهره‌برداری از چاه، تفاوت‌هایی با نمودار گامای برداشت شده در زمان حفاری آن چاه دارد و مقدار آن بیشتر شده است. در ابتدا تصور می‌شد که این آنومالی طبیعی بوده و ممکن است ناشی از تفاوت ابزار نمودارگیری، نحوه نمودارگیری یا شرکت نمودارگیرنده باشد. لیکن تحقیق و بررسی بیشتر نشان داد که پیک‌های بالای نمودار گامای برداشت شده بعد از بهره‌برداری از چاه‌ها (چاه‌های تولیدی^۲ یا تزریقی^۳)، منطبق بر فواصل خوب مخزنی بوده و در اثر ورود گاز و آب به درون دیواره چاه حادث شده است. از طرفی، میزان افزایش نمودار گاما با میزان سیال تولیدی از زون مخزنی تناسب دارد. لذا مقایسه نمودارهای گاما می‌تواند کمک شایانی اولاً در تشخیص فواصل تولیدی، میزان نسبی تولید یا تزریق، تأیید یا عدم تأیید کارایی زون‌های مشبک کاری شده نماید و ثانیاً شناخت ایجاد این پدیده بر روی نمودار گاما، سبب جلوگیری از عدم اشتباه در هم‌عمق‌سازی نمودارهای گاما خواهد شد.

۱- نمودار اشعه گاما و عناصر رادیواکتیو

یکی از ابزارهای نمودارگیری پر کاربرد در صنعت نفت که به منظور سنگ‌شناسی و هم‌عمق‌سازی برداشت می‌گردد،

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (ghorbanpour_geo@yahoo.com)

تفکیک شده برداشت نمی‌گردد، نمی‌توان با قطع و یقین گفت که این پیک گاما تنها ناشی از وجود عنصر اورانیوم است. ولی از آنجایی که در بین سه عنصر رادیواکتیو مذکور فقط عنصر اورانیوم است که در سیال محلول بوده و قابلیت جابه‌جایی دارد، به احتمال بسیار زیاد این تأثیر ناشی از عنصر اورانیوم می‌باشد. در شکل-۲ یکی از چاه‌های میدان مورد مطالعه که به صورت حفره باز تکمیل شده، نمایش داده شده است. این چاه در سال ۱۳۷۶ حفاری و تولیدی شده است و سنگ مخزن آن از نوع کربناته است. در سال ۱۳۹۲ در این چاه نمودار PLT-GR برداشت گردیده و همان‌طور که در شکل مشاهده می‌گردد، در فاصله عمقی بین ۳۵۹۰ تا ۳۶۱۰ متر حفره یک اختلاف فاحش بین نمودار گامای ابزارهای FULLSUITE که پس از اتمام حفاری چاه برداشت شده است با نمودار گامای ابزار PLT که در سال‌های بعد برداشت شده دیده می‌شود. نتایج تفسیر پتروفیزیکی نشان می‌دهد که این قسمت، بهترین زون مخزنی از لحاظ تخلخل بوده و نتایج نمودار PLT نیز نشان می‌دهد که ۹۹/۶ درصد تولید از چاه از همین قسمت صورت می‌گیرد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود پیک‌های نمودار گامای برداشت شده در سال ۱۳۹۲ در زون فوق بسیار بزرگ‌تر از نمودار گامای سال ۱۳۷۶ می‌باشد.

علاوه بر این، بررسی نمودار گامای ابزار PLT در حالتی که چاه بسته بوده است با نمودار گاما در حالت جریان‌ی نشان می‌دهد که نمودار گاما در دو حالت برداشت فوق تفاوت چندانی با هم ندارند. لذا می‌توان چنین نتیجه گرفت که افزایش میزان اشعه گاما در فواصل تولیدی، ناشی از رسوب اورانیوم در این فواصل می‌باشد و برخورد بیشتر ذرات سیال حاوی عناصر رادیواکتیو با ابزار گاما در حالت جریان‌ی تأثیر چندانی بر میزان گامای برداشت شده ندارد.

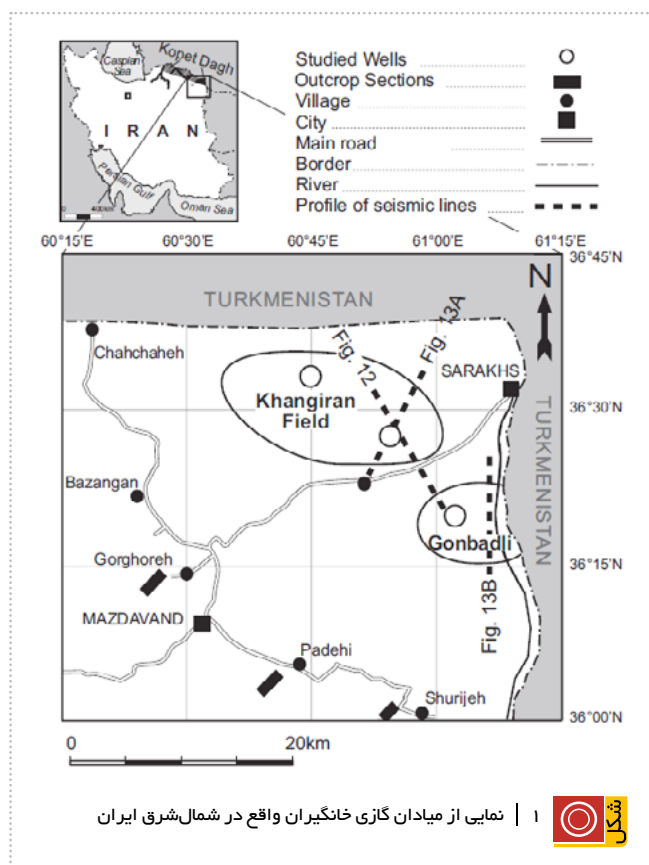
در این چاه علاوه بر فاصله فوق، یک فاصله ۲ متری در حداصل عمقی ۳۶۲۲/۵ تا ۳۶۲۴/۵ متری وجود دارد که دارای پیک گامای بالایی نسبت به گامای اولیه چاه می‌باشد. نتایج تفسیر PLT نشان می‌دهد که ۰/۳۹ درصد تولید چاه نیز ناشی از این قسمت است. همان‌طور که در شکل-۲ مشاهده می‌گردد، سایر فواصل متخلخل این چاه (فاصله عمقی ۳۵۲۰ تا ۳۵۸۵ متری) که بر اساس تفسیر پتروفیزیکی متخلخل و حاوی گاز تشخیص داده شده با وجود تکمیل چاه به صورت حفره باز بنا به دلایل مختلف در تولید، مشارکتی نداشته و نمودار PLT نیز این مطلب را تأیید می‌کند. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این فواصل نمودار گاما تغییری نکرده است. در نتیجه می‌توان گفت که عدم تفاوت نمودار گامای برداشت شده پس از بهره‌برداری از چاه با نمودار گامای اولیه می‌تواند یکی از شاخص‌های مهم در

GRKT (استاندارد هالیبرتون) و نمودار گامای حاصل از مجموع عناصر توریم، پتاسیم و اورانیوم تحت عنوان نمودار SGR (استاندارد اشلمبرگر) یا GKUT (استاندارد هالیبرتون) شناخته می‌شوند.

۲- نتایج مقایسه نمودار گاما در قبل و بعد از تولید از چاه

تحقیقات صورت گرفته توسط نگارنده بر روی تعدادی از چاه‌های تولیدی میدان خانگیران اعم از حفره باز^۶ یا حفره بسته^۷ نشان می‌دهد چنانچه نمودار گاما در این چاه‌ها برداشت گردد، مقابل فواصل تولیدی چاه، پیک‌های شاخص گاما ثبت می‌گردد که با نمودار گامای برداشت شده در هنگام حفاری چاه بسیار متفاوت است. در ابتدا فرض می‌شد که این تفاوت، ناشی از تفاوت ابزار ثبت کننده گاما، نحوه نمودارگیری، شرکت نمودارگیرنده و یا سیال درون چاهی باشد ولی تحقیقات بیشتر مشخص نمود که در فواصل تولیدی به دلیل جریان سیال از سازند به درون چاه و وجود عنصر اورانیوم در سیال، این عنصر در منافذ خروجی دیواره به مرور زمان رسوب نموده و اجتماع آن باعث می‌گردد که ابزار گاما یک پیک شاخص بالا را ثبت نماید. هر قدر این پیک بزرگتر باشد، نشان‌دهنده تراوایی و تولید بیشتر از آن قسمت از سازند می‌باشد.

با توجه به اینکه عموماً در چاه‌های تولیدی، نمودار گامای



۱ | نمایی از میدان گازی خانگیران واقع در شمال شرق ایران



از تخلخل آن زون باشد.

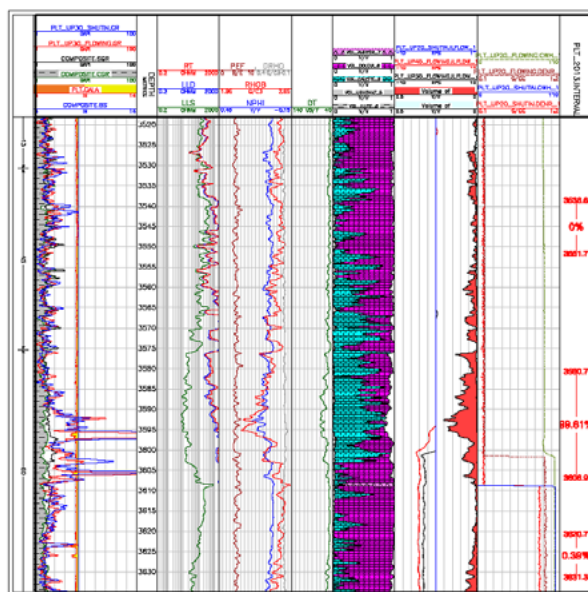
۳- نتایج مقایسه نمودار گاما در قبل بعد از تزریق در چاه

در میدان خانگیران به تازگی پروژه‌ای برای ذخیره‌سازی گاز شروع شده است. بر این اساس، گاز ترش پرفشار سازند کربناته مزدوران (سن ژوراسیک فوقانی) پس از شیرین‌سازی، در فصل گرم سال، در مخزن کم‌فشار سازند تخریبی-آواری شوربیجه (سن انتهای ژوراسیک فوقانی-ابتدای کرتاسه زیرین) تزریق شده و سپس، در فصل سرما مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج بررسی بر روی یکی از چاه‌های تزریقی این میدان نشان می‌دهد که جریان معکوس سیال از چاه به درون سازند نیز می‌تواند سبب رسوب اورانیوم در فواصل تزریقی و در نتیجه، افزایش مقادیر اشعه گامای ثبت شده پس از بهره‌برداری از چاه گردد. در چاه تزریقی مورد مطالعه، به منظور بررسی نحوه توزیع میزان تزریق گاز، نمودار برداشت PLT در شکل ۳- نتایج نمودار PLT به همراه نمودارهای پتروفیزیکی این چاه نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، نمودار گامای برداشت شده در زون‌های شماره ۱، ۲ و ۳ که زون‌های تولیدی و تزریقی سازند ماسه‌سنگی این چاه می‌باشند، مقادیر بالاتری را نسبت به نمودار گامای برداشت شده اولیه مخزن نشان می‌دهد. از طرفی، شدت گامای برداشت شده در زون شماره ۲ که پذیرای بیشترین تزریق می‌باشد نسبت به دو زون دیگر بسیار بالاتر است. لذا با توجه به اینکه برداشت نمودار گامای همراه ابزار PLT در این چاه تنها چند ماه پس از حفاری و تزریق گاز انجام شده و هنوز هیچ تولیدی از چاه صورت نگرفته است، می‌توان نتیجه گرفت که اولاً رسوب اورانیوم بر روی دیواره چاه در اثر تزریق گاز ایجاد شده است و ثانیاً، رسوب این کانی نیاز به زمان طولانی ندارد.

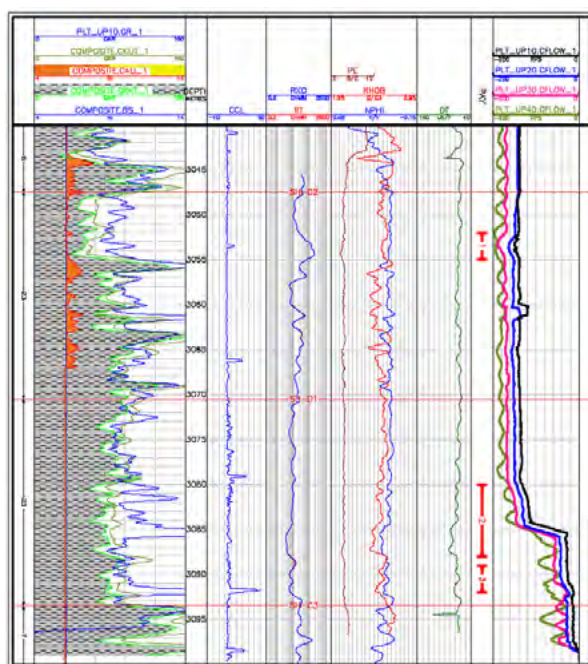
نتیجه‌گیری

۱. در چاه‌های تولیدی و تزریقی، مقایسه نمودار گامای اولیه چاه با گامای کنونی، شاخص خوبی برای تشخیص فواصل مشارکت‌کننده در تولید یا تزریق چاه است.
۲. چنانچه در یک چاه دو حد فاصل تزریقی یا تولیدی داشته باشیم، در حد فاصلی که پیک گاما بالاتر است، تزریق یا تولید بیشتری در آن زون انجام می‌شود.
۳. در یک چاه تولیدی حفره بسته، چنانچه در بخشی از یک فاصله مخزنی خوب، نمودار گامای بالایی داشته باشیم، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در آن بخش، مشبک‌کاری خوبی انجام شده است.
۴. چنانچه در یک چاه تولیدی حفره باز تغییرات نمودار گاما در فواصل خوب مخزنی محسوس نباشد، ممکن است خلل و فرج

تشخیص فواصل تولیدی از غیرتولیدی چاه باشد. در مورد دلایل تولیدی نشدن فاصله عمقی ۳۵۲۰ تا ۳۵۸۵ متری می‌توان گفت که ممکن است خلل و فرج این فاصله توسط سیال حفاری یا هر چیز دیگری مثل مگنست که در این حفره استفاده شده بسته شده باشد یا اینکه این موضوع می‌تواند ناشی از تراوایی کم سازند در این بخش بوده و یا ناشی از تفسیر پتروفیزیکی نادرست



شکل ۲ | پلات تقسیم پتروفیزیکی به همراه نتایج PLT در سازند کربناته چاه تولیدی مورد مطالعه



شکل ۳ | پلات نمودارهای پتروفیزیکی به همراه نتایج PLT در سازند ماسه‌سنگی چاه تزریقی مورد مطالعه

با برخورد بیشتر ذرات گاز به گیرنده‌های ابزار گاما در حالت جریانی ندارد.

۷. در برخی از چاه‌ها به دلیل پارگی لوله‌های درون چاهی، مکان‌های مناسبی برای رسوب کانی‌هایی مانند رُس‌ها که ممکن است همراه جریان سیال حرکت کنند، فراهم می‌گردد. لذا با توجه به پیک بالای نمودار گاما در رُس‌ها، دقت شود که این فواصل با فواصل تولیدی یا تزریقی اشتباه نگردد. استفاده از نمودار قطر سنج در این فواصل راهگشا خواهد بود.

۸. به منظور تعیین دقیق نوع عنصر رادیواکتیو رسوب نموده در فواصل تولیدی و تزریقی، پیشنهاد می‌گردد در یکی از چاه‌های تولیدی، نمودار گامای تفکیک شده برداشت گردد.

آن فاصله، توسط سیال حفاری یا هر چیز دیگری مثل مگنست و سیمان بسته شده باشد. البته این موضوع می‌تواند ناشی از تراوایی کم سازند یا تفسیر پتروفیزیکی نادرست از تخلخل آن زون نیز باشد.

۵. در چاه‌های تولیدی یا تزریقی در هنگام هم‌عمق‌سازی باید دقت شود که پیک بالای اشعه گامای ناشی از تولید یا تزریق با پیک‌های بالای اشعه گامای ناشی از سازند اشتباه نگردد.

۶. نتایج نمودارهای گاما برداشت شده در حالت بسته و جریانی چاه در عملیات نمودارگیری PLT نشان می‌دهد نمودارهای گاما تفاوت چندانی با هم ندارند. لذا بالا رفتن میزان نمودار گاما در فواصل تولیدی، ناشی از رسوب عنصر رادیواکتیو بوده و ارتباطی

پانویس‌ها

- | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|---------------|
| 1. cased hole (perforated) wells | 4. Production logging tools | 7. Cased hole |
| 2. production | 5. Casing collar Locator | |
| 3. injection | 6. open hole | |

منابع

- [1]. غیاسی نژاد، م، کاتوزی، م، (۱۳۸۷) "حفاظت در برابر اشعه ویژه آموزش دوره های مقدماتی کتاب (۱)" چاپ پنجم، شرکت دریند
- [2]. نفتکاو، (۱۳۸۳) "مطالعه جامع شبیه سازی میدان های گازی خانگیران و گنبدلی، گزارش فاز دوم، جلد چهارم"
- [3]. Russell, W.L. 1944. The total gamma ray activity of sedimentary rocks as indicated by Geiger counter determinations.
- [4]. Bigelow, E.L. 1992. Introduction to Wireline Log Analysis. Houston, Texas: Western Atlas International.
- [5]. Katahara, K. 1995. Gamma Ray Log Response in Shaly Sands.
- [6]. Georgi, D.T., Bergren, P.A., and Devier, C.A. 1997. Plug gamma ray: Key to formation evaluation. Poster presentation at the 1997 SCA International Symposium, Calgary, 8-10 September. SCA-9732.
- [7]. Wahl, J.S. 1983. Gamma-ray logging
- [8]. Gadeken, L.L. et al. 1991. The Interpretation of Radioactive Tracer Logs Using Gamma Ray Spectroscopy Measurements.
- [9]. Polaris-Production Optimization Log and Reservoir Information Solutions. 1999. Houston: Baker-Hughes Brochure.
- [10]. Hupp, D. and Schnorr, D.R. 1999. Evaluating High-Angle Wells with Advanced Production-Logging Technology. Presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, Texas, 3-6 October 1999. SPE-57690-MS.
- [11]. Cotter, W.H. 1962. Twenty-Three Years of Gas Injection into a Highly Under saturated Crude Reservoir. J Pet Technol 14 (4): 361-365. SPE-82-PA.
- [12]. Shehabi, J.A.N. 1979. Effective Displacement of Oil by Gas Injection in a Preferentially Oil-Wet, Low-Dip Reservoir. J Pet Technol 31 (12): 1605-1613. SPE-7652-PA.
- [13]. Kuehm, H.G. 1977. Hawkins Inert Gas Plant: Design and Early Operation. Presented at the SPE Annual Fall Technical Conference and Exhibition, Denver, Colorado, 9-12 October 1977. SPE-6793-MS.
- [14]. Saidi, A.M. 1996. Twenty Years of Gas Injection History into Well-Fractured Haft Kel Field (Iran). Presented at the International Petroleum Conference and Exhibition of Mexico, Villahermosa, Mexico, 5-7 March. SPE 35309.
- [15]. Carlson, L.O. 1988. Performance of Hawkins Field Unit under Gas Drive-Pressure Maintenance Operations and Development of an Enhanced Oil Recovery Project. Presented at the SPE Enhanced Oil Recovery Symposium, Tulsa, Oklahoma, 16-21 April. SPE-17324-MS.
- [16]. Langenberg, M.A., Henry, D.M., and Chlebana, M.R. 1995. Performance and Expansion Plans for the Double-Displacement Process in the Hawkins Field Unit. SPE Res Eng 10 (4): 301-308. SPE-28603-PA.
- [17]. www.slb.com
- [18]. www.halliburton.com
- [19]. www.spe.org-SPE Reservoir Evaluation & Engineering-Reservoir Engineering
- [20]. www.onepetro.org