

بررسی کارآیی مولدهای گازی PGDBK¹ در سازندهای سروک و ایلام (شرق میدان نفتی اهواز) با استفاده از نرم افزار PIPESIM

احسان رحیمی لرکی^۲، شهتا شهیدی^۳، مصطفی شجری^۴

1- کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - مخازن هیدروکربوری

چکیده

تکنولوژی PGDBK به عنوان یک فرآیند انگیزشی اولیه در چاههای نفت و گاز جهت افزایش تراوایی و ضریب بهره‌دهی سازندهای کربناته، ماسه‌سنگی، دولومیتی بکار می‌رود. تکنولوژی PGDBK با استفاده از مواد منفجره‌ی استوانه‌ای شکل جهت ایجاد شکاف در منطقه‌ی نزدیک چاه سبب افزایش دبی چاههای نفتی و گازی می‌شود. در این مقاله به بررسی کارآیی مولدهای پرانرژی گازی در دو چاه A و B واقع در شرق میدان نفتی اهواز جهت ایجاد شکافهای چندگانه به منظور افزایش ضریب بهره‌دهی چاههای موردنظر به کمک نرم‌افزار PIPESIM پرداخته شده است. [1]

واژه‌های کلیدی: تکنولوژی PGDBK، مولد گاز پرانرژی، دبی تولیدی

1- مقدمه

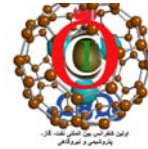
تاریخچه‌ی مولدهای پرانرژی گازی به سال 1970 میلادی بر می‌گردد. مولدهای پرانرژی گازی PGDBK در شرایط زمین‌شناسی مختلف بکار می‌روند بطوری که در حال حاضر از این تکنولوژی در کشورهای نظیر روسیه، اوکراین، ازبکستان، قزاقستان، ترکمنستان، ویتنام، چین و هند جهت انگیزش چاههای نفتی و گازی استفاده می‌شود. مولدهای پرانرژی گازی PGDBK با واکنش‌های شیمیایی، گرمایی و مکانیکی سبب افزایش ضریب بهره‌دهی چاهها شده و با ایجاد شکافهای چندگانه در سنگ‌های مخزن سبب افزایش جریان نفت و گاز از مخزن به چاه خواهند شد. شکافها دارای طول قابل توجهی بوده بطوری که سبب کاهش ضریب پوسته‌ی چاهها و افزایش قابل توجه تراوایی در اطراف چاه می‌شوند. تکنولوژی PGDBK؛ 70٪ سبب افزایش در دبی چاههای نفتی و 90٪ در چاههای گازی خواهد شد. انگیزش چاههای نفتی و گازی توسط تکنولوژی PGDBK بر اساس تأثیر بر پارامترهای مختلف؛ طبق فرمول زیر می‌باشد.

1- Caseless Powder Pressure Generators

2- گروه مهندسی نفت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه، امیدیه، ایران. E.Rahimilarki@gmail.com

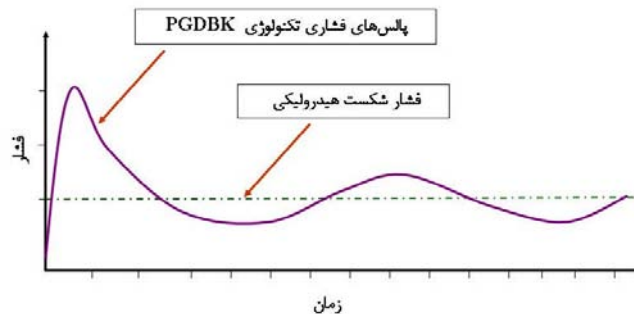
3- شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، Shahidi.s@nisoc.ir

4- شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، Shajari.m@nisoc.ir



$$Q = \frac{0.00708Kh(P_e - P_w)}{\mu B \left[\ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right) + S \right]} \quad (1)$$

با توجه به تأثیراتی که این فرآیند بر روی خصوصیات سنگ و سیال می گذارد؛ دبی جریان نفت و گاز افزایش می یابد. در چاه های نفتی و گازی، مواد منفجره ای استوانه ای شکل قرار گرفته بر روی ابزار موجود؛ فوراً می سوزد و باعث ایجاد فشار و دمای زیادی در چاه می شود. بطوری که در نتیجه ی این فرآیند، گازهای موجود با ایجاد بار اضافی بر روی سنگ مخزن سبب ایجاد شکاف های بزرگی با جهت های مختلف در اطراف چاه می گردند. شکاف های عمودی ایجاد شده بوسیله ی نیروهای جانبی^۵ به میزان کمی تحت تأثیر فشار طبقات فوقانی قرار می گیرند بطوری که این شکاف ها تمایل به بزرگتر شدن دارند. شکل 1، اختلاف پالس های فشاری را بین فشار شکست هیدرولیکی^۶ و پالس های فشاری PGDBK نشان می دهد. [1]



شکل 1- مقایسه ی بین فشار شکست هیدرولیکی و پالس های فشاری PGDBK

شکاف های ایجاد شده به صورت یک فرآیند تغییر شکل برگشتناپذیر؛ طبق رابطه ی زیر تعریف می شوند:

$$\frac{P_w - P_f}{P_i} \gg \frac{\frac{E_1}{E_2}}{\left(\frac{E_2}{E_1}\right) - 1} \quad (2)$$

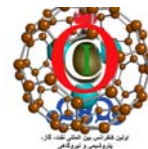
P_w : فشار چاه

P_f : فشار سازند

P_i : فشار جانبی سنگ

E_1 : مدول یانگ در حالتی که فشار بر سنگ اعمال شود

E_2 : مدول یانگ در حالتی که فشار از روی سنگ برداشته شود.



دیواره‌های خرد شده^۷ و به حالت پلاستیکی در آمده^۸ سطوح شکاف از مزیت‌های تکنولوژی PGDBK نسبت به سایر روش‌های انگیزش معمولی می‌باشد. در روش شکست هیدرولیکی برای باز نگهداشتن سطوح شکاف باید از موادی مانند پروپانت استفاده شود در حالی که در روش PGDBK با به حالت پلاستیک رسیدن دیواره‌های شکاف نیازی به پروپانت نخواهد بود. در روش PGDBK مقدار گاز تولید شده با دانستن گرادیان شکست و میزان انتقال‌پذیری سازند نسبت به محصولات گازی تعیین می‌شود. فرآیند موجود سبب کاهش ضریب پوسته و افزایش تراوایی سازند می‌شود. از مزیت‌های دیگر روش PGDBK می‌توان به مقدار گرمای زیاد تولید شده توسط این روش اشاره کرد (930°F - 1300°F). در این روش با کاهش گرانش سیال در اطراف چاه، رسوبات ناشی از پارافین، آسفالتین، رزین و سایر هیدروکربن‌های سنگین از بین می‌رود. عامل شیمیایی موجود بدلیل کاهش کشش سطحی بین فازهای آب و نفت، سبب افزایش تراوایی نسبی نفت می‌شود.

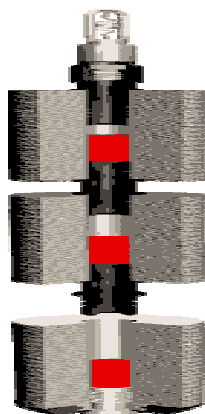
از مدل‌های ریاضی در صورت وجود داده‌های مخزن و چاه، جهت تعیین موارد زیر استفاده می‌شود:

- تعداد مطلوب مولدهای پراثری گازی مورد نیاز

- طراحی آرایش ابزار موجود

- پیش‌بینی نتیجه‌ی هر فرآیند انگیزشی

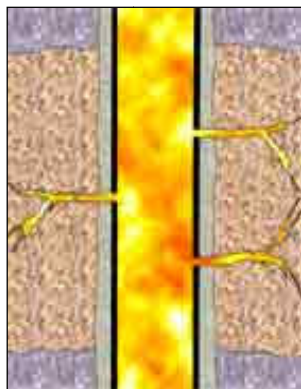
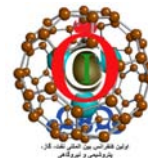
مولدهای پراثری PGDBK بر روی ابزار چاه‌پیمایی و از درون لوله مغزی به پایین چاه رانده می‌شوند (شکل 2 و 3). از لوله مغزی سیار جهت راندن این ابزار در چاه‌های افقی نیز استفاده می‌شود. انواع مولدهای پراثری بکار رفته در هر انگیزش بستگی به شرایط زمین‌شناسی و مخزن مربوطه دارد. تعداد مولدهای پراثری مورد نیاز در تکنولوژی PGDBK بستگی به تعداد و ضخامت ناحیه‌ی تولیدی دارد. ابزارهای مورد استفاده قابلیت تحمل دمای 400°F و فشار 14500Psi را دارند بطوری که این ابزارها در اعماق بین 2000 تا 22000 فوتی کارایی مناسبی دارند. تکنولوژی PGDBK تنها مختص انگیزش چاه‌های نفتی و گازی نمی‌باشد لذا از این تکنولوژی جهت کاهش متان در لایه‌های زغال‌سنگی چاه‌ها در روسیه استفاده می‌شود. تاکنون این تکنولوژی، حدوداً در 30000 چاه بصورت موفقیت‌آمیزی مورد استفاده قرار گرفته است. [1]



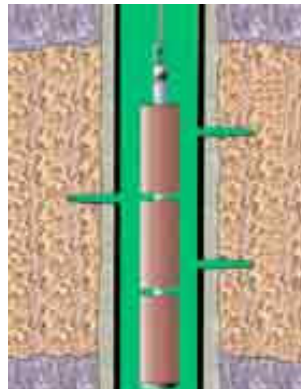
شکل 2- مولد پراثری گازی PGDBK

7- Eroded

8- Plasticized



وضعیت سنگ مخزن بعد از انجام عملیات



وضعیت سنگ مخزن قبل از انجام عملیات

انگیزشی توسط مولدهای پرانرژی گازی PGDBK انگیزشی توسط مولدهای پرانرژی گازی PGDBK

شکل 3- مکانیسم عملکرد تکنولوژی PGDBK

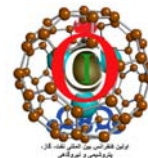
1-1- مزیت های تکنولوژی PGDBK

- استفاده از این تکنولوژی آسان است
- ابزارهای موجود در این نوع تکنولوژی براحتی قابل حمل می باشند
- با انواع روش های انگیزشی سازگار بوده و به عنوان مکمل آن ها استفاده می شود
- در شرایط زمین شناسی مختلف استفاده می شود
- به عنوان یک فرآیند انگیزشی اولیه سبب افزایش ضریب بهره دهی چاه ها می شود
- از این تکنولوژی در چاه هایی که شامل لایه های نازک یا لایه هایی که نزدیک به سطوح نفت و گاز هستند، استفاده می شود
- در مخازن حساس به سیالات خارجی استفاده می شود
- سبب افزایش بازیافت چاه های نفت و گاز می شود
- سبب احیاء چاه های از کار افتاده می شود

تکنولوژی PGDBK بطور همزمان عامل های شیمیایی، گرمایی و مکانیکی را جهت تأثیر بر خواص سنگ و سیال سازند بکار می گیرد.

نتایج استفاده از تکنولوژی PGDBK عبارتند از:

- تولید شکاف هایی با جهت های مختلف با عمق 60 تا 120 فوتی چاه جهت افزایش تراوایی ناحیه ی اطراف چاه
- خرد شدگی و به حالت پلاستیکی در آوردن دیواره ی شکافها در حین عملیات انگیزش (PGDBK سبب باز نگهداشتن دهانه ی شکافها برای مدت زمان طولانی خواهد شد)
- گرانروی سیالات اطراف چاه به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد بطوری که در نتیجه ی کاهش گرانروی، قابلیت حرکت سیالات ورودی به چاه افزایش خواهد یافت
- کشش سطحی بین فازهای آب و نفت کاهش می یابد بطوری که در نتیجه ی کاهش کشش سطحی، قابلیت حرکت سیالات ورودی به چاه افزایش خواهد یافت [1] و [3]



عملیات انگیزشی توسط PGDBK بسیار سریع می باشد بطوری که مدت زمان لازم جهت انگیزش یک چاه 7000 تا 8000 فوتی، 1 تا 2 ساعت می باشد. مدت زمان لازم جهت انتقال و جابجایی مولد پرانرژی PGDBK و پرسنل موجود 1 الی 7 روز است. عملیات انگیزشی توسط مولدهای پرانرژی PGDBK در چاههایی که دارای لوله مغزی می باشند نیز انجام می گیرد. نوع مواد منفجره ی PGDBK استفاده شده در این گونه چاهها بستگی به اندازه ی لوله مغزی دارد؛ بطوری که عملیات موردنظر در لوله های مغزی با اندازه های "2 7/8" یا بزرگتر صورت می گیرد. عملیات انگیزشی توسط مولدهای پرانرژی PGDBK به نحوی سبب افزایش تولید چاهها می شوند. بطوری که بعضی از چاهها برای مدت زمان 2 تا 5 سال به تولید خود ادامه داده ولی بعضی دیگر پس از مدت 6 تا 12 ماه نیاز به عملیات انگیزشی مجدد خواهند داشت.

فشار اعمالی بر روی سازند توسط تکنولوژی سوخت جامد^۹ در حدود 116Psi/msec (800 GPa/sec) بوده در حالی که این مقدار در تکنولوژی PGDBK کمتر از 14 Psi/msec یا کمتر از 0/2 Psi/msec می باشد. بنابراین فشار اعمالی توسط تکنولوژی سوخت جامد 10 تا 100 برابر بیشتر از تکنولوژی PGDBK می باشد. در حالی که شکافهای ایجاد شده توسط تکنولوژی PGDBK 3 تا 6 برابر بزرگتر از تکنولوژی های دیگر است. مولدهای PGDBK مواد قابل مصرف بدون پوششی بوده که بدون آسیب رساندن به لوله ها و ابزارهای ته چاهی عملیات انگیزشی موردنظر را انجام می دهند. مولدهای PGDBK با تولید مواد شیمیایی و ایجاد دمای بالا در سازندهای موردنظر، انگیزش سازندهای موجود را به آسانی انجام داده و پس از انجام عملیات انگیزشی براحتی از چاه بیرون آورده می شوند. تکنولوژی PGDBK برای انگیزش در محدوده های 3500 تا 20000 فوتی طراحی شده در حالی که در عمق های کمتر؛ از مولدهای پرانرژی PGDBK کوچکتر استفاده می شود. عملیات انگیزشی توسط مولدهای پرانرژی PGDBK پس از بررسی های متوالی صورت می گیرد، موارد بررسی شده شامل بررسی اختلاف سطوح تماس نفت - گاز و آب - نفت با شبکه های تولیدی که بایستی تحت انگیزش قرار گیرند، می باشد. در این حالت تعداد و انواع مواد منفجره، سیالات درون چاه نیز بایستی مورد بررسی قرار گیرند. بنابراین در حالتی که اختلاف بین سطوح تماس نفت - گاز یا نفت - آب با شبکه های تولیدی حدود 10 فوت باشد؛ عملیات انگیزشی براحتی صورت می گیرد. از نمودار نگار بندش سیمان^{۱۰} جهت مشخص کردن شرایط چاه تحت انگیزش استفاده می شود. بهترین مخازن جهت انگیزش توسط تکنولوژی مذکور مخازنی با فشار بالا، تراوایی کم و سازندهای ماسه سنگی، کربناته و نیز چاههایی با ضریب پوسته ی زیاد می باشند. از این تکنولوژی جهت انگیزش چاههای تزریقی آب و گاز نیز استفاده می شود بطوری که در این گونه چاهها درصد افزایش تزریق پذیری نسبت به درصد افزایش ضریب بهره دهی در چاههای تولیدی بالاتر است. [1] و [3]

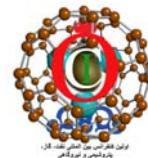
1-2- ابزار مشبک کاری مجهز به سوخت جامد^{۱۱}

ابزار موجود شامل تفنگ مشبک کاری سوخت جامد بوده که جهت تجزیه و شکستن شبکه های تولیدی بکار می رود. سوخت جامد موجود با تولید گازهایی با فشار بالا سبب ایجاد شکست در سنگ های مخزن شده و گاز موجود با استفاده از فرآیند انفجار و بدون متلاشی کردن و از بین بردن سنگ، فشار لازم را جهت شکست سازند فراهم می کند. مدت زمان فشار ایجاد شده توسط ابزار بر حسب میلی ثانیه و مقدار آن 2 تا 3 برابر فشار اولیه ی سازند می باشد. حجم گاز تولید شده 2 تا 6 شکاف در سنگ مخزن موردنظر ایجاد می کند. [2]

9- Propellant

10- Cement Bond Log(CBL)

11- Propellant-Assisted Perforating



2- مطالعه‌ی موردی چاه‌های نفتی A و B- میدان اهواز

در این چاه‌ها، با انتخاب مدل جریان مناسب، تأثیر ایجاد شکاف بر میزان دبی تولیدی و محدوده‌ی تراوایی‌های مختلف سازندهای موردنظر؛ جهت کارآیی مؤثر ابزار PGDBK مورد بررسی قرار می‌گیرد.

2-1- مطالعه‌ی موردی چاه نفتی A- میدان اهواز

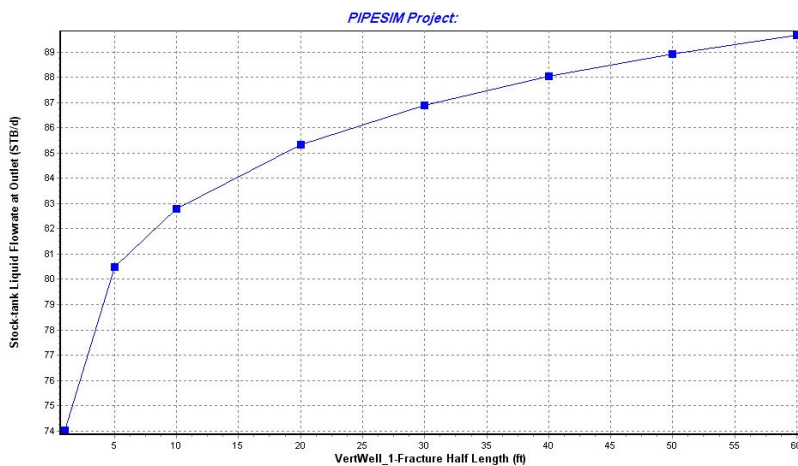
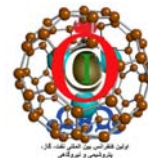
چاه A براساس مدل شکاف هیدرولیکی^{۱۲} مطابق جدول زیر تکمیل شده است.

جدول 1- مشخصات مخزنی چاه نفتی A- میدان اهواز

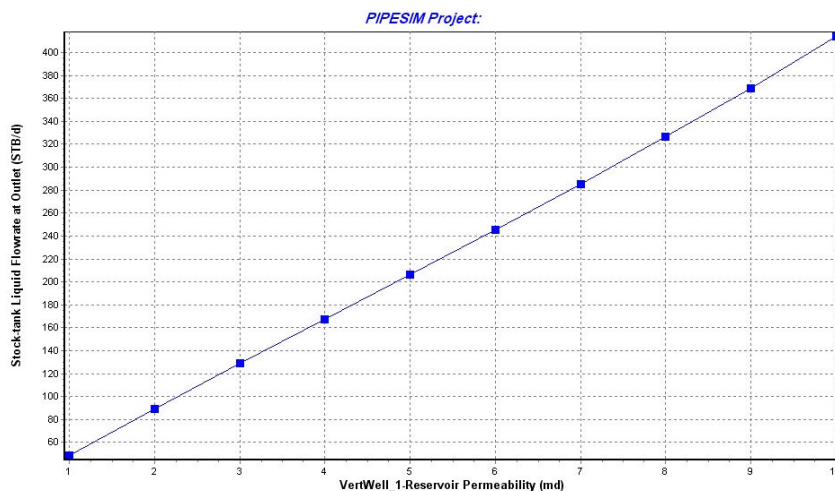
سروک	سازند تولیدی
6188 Psi	فشار ایستا(Psi)
255 °F	دمای مخزن(°F)
2 md	تراوایی متوسط مخزن(md)
29 m	ضخامت مخزن(m)
325 m	شعاع ریزش مخزن(m)
0/156 m	قطر چاه (m)
60ft	نصف طول شکاف (ft)
54000 md	تراوایی شکاف (md)
0/001"	عرض شکاف (inch)
60 °F	دمای سر چاه (°F)
3925 m	متر حفار؛MD(m)
3925 m	عمق عمودی چاه؛TVD(m)

تأثیر شکاف‌های تولیدی با طول‌های مختلف توسط مولدهای پارانرژی گازی PGDBK بر دبی تولیدی چاه A در فشار سرچاهی 550 Psi مورد بررسی قرار گرفته شد (شکل 4) و محدوده‌ی تراوایی‌های مؤثر در عملکرد ابزار مذکور در سازند سروک - میدان اهواز ارزیابی گردید (شکل 5).

ولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



شکل 4- تأثیر شکاف‌های ایجاد شده بر دبی تولیدی چاه A- میدان اهواز



شکل 5- محدوده‌ی تراوایی‌های مختلف سازند سروک جهت کارایی مؤثر ابزار PGDBK در چاه A- میدان اهواز

2-2- مطالعه‌ی موردی چاه نفتی B- میدان اهواز

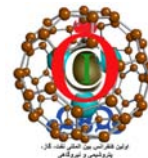
چاه B براساس مدل شکاف هیدرولیکی مطابق جدول زیر تکمیل شده است.

جدول 2- مشخصات مخزنی چاه نفتی B- میدان اهواز

سازند تولیدی	ایلام
فشار ایستا (Psi)	5188 Psi
دمای مخزن (°F)	230 °F
تراوایی متوسط مخزن (md)	1/25 md
ضخامت مخزن (m)	76 m
شعاع ریزش مخزن (m)	325 m
قطر چاه (m)	0/156 m

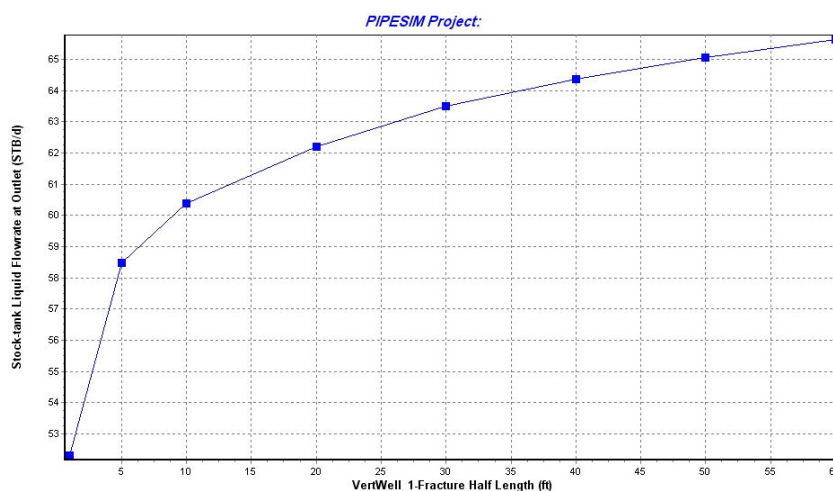
ولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران

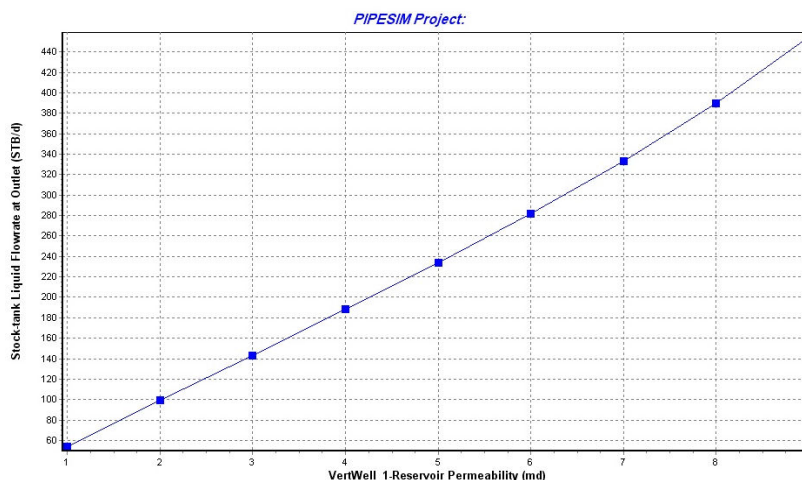


60ft	نصف طول شکاف (ft)
54000 md	تراوایی شکاف (md)
0,001"	عرض شکاف (inch)
60 °F	دمای سر چاه (°F)
3327 m	متر حفار؛ MD (m)
3327 m	عمق عمودی چاه؛ TVD (m)

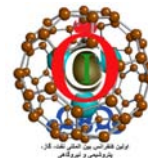
تأثیر شکاف‌های تولیدی با طول‌های مختلف توسط مولدهای پرانرژی گازی PGDBK بر دبی تولیدی چاه B در فشار سرچاهی 550 Psi مورد بررسی قرار گرفته شد (شکل 6) و محدوده‌ی تراوایی‌های مؤثر در عملکرد ابزار مذکور در سازند ایلام - میدان اهواز ارزیابی گردید (شکل 7).



شکل 6- تأثیر شکاف‌های ایجاد شده بر دبی تولیدی چاه B- میدان اهواز



شکل 7- محدوده‌ی تراوایی‌های مختلف سازند ایلام جهت کارآیی مؤثر ابزار PGDBK در چاه B- میدان اهواز



3- نتیجه گیری

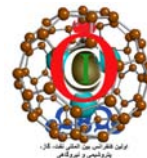
1- با توجه به شکل های 4، 5، 6 و 7 می توان نتیجه گرفت که ایجاد شکاف هایی با طول 120 فوت توسط مولدهای پراثرژی گازی PGDBK در سازندهای سروک و ایلام در شرق میدان اهواز به ترتیب سبب افزایش 90 و 66 بشکه ای در تولید می شوند؛ در حالی که میزان حداقل افزایش دبی تولیدی قابل محاسبه در شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب در حدود 250 بشکه در روز می باشد. بنابراین تولید شکاف توسط تکنولوژی PGDBK در سازندهای سروک و ایلام در شرق میدان اهواز جهت افزایش دبی تولیدی و ضریب بهره دمی در چاه هایی که تراوایی متوسط سنگ مخزن آنها به ترتیب بیش از 6 و 5 میلی داری می باشد کار آیی مناسبی دارد. البته لازم به ذکر است که محاسبات فوق بر اساس فشار سرچاهی 550Psi^{13} انجام شده است.

2- در چاه های A و B؛ شکاف های هیدرولیکی با طول 240 فوت نیز نمی توانند دبی تولیدی را بیش از 100 بشکه در روز افزایش دهند.

3- دلیل عدم توانایی تولید سازندهای سروک و ایلام در شرق میدان اهواز تراوایی بسیار ناچیز سنگ مخزن بوده که امکان تولید مناسب با لایه شکافی نیز در آن سازندها میسر نمی باشد.

مراجع

- [1] A.O. Banahene, SPE, and D.C. Pepe, SPE and W.R. Lueck, GEOTEC Thermal Generators Inc. (2001), "Stimulating Oil and Gas Wells With PGDBK Gas Generators" paper SPE 71075, Journal of Petroleum Technology.
- [2] K.K. Miller, SPE, and R.J. Prosceno, SPE, Marathon Oil Co.; R.A. Woodroof, Jr., SPE, ProTechnics; and R.L. Haney, HTH Technical Services, Inc. (1998), "Permian Basin Field Tests Of Propellant-Assisted Perforating" paper SPE 39779, Journal of Petroleum Technology.
- [3] Richard A. Schmidt, Norman R. Warpinal and Paul N. Cooper, Sandle National Laboratories. (1980), "IN SITU EVALUATION OF SEVERAL TAILORED-PULSE WELL-SHOOTING CONCEPTS" paper SPE/DOE 8934, Journal of Petroleum Technology.



Evaluation of PGDBK gas generator technology applications in Sarvak and Ilam formation of Ahvaz oil field by Pipesim Software

Ehsan Rahimi Larki, Shahta Shahidi

1- Department of Petroleum Engineering, Omidiyeh Branch, Islamic Azad University, Omidiyeh, Iran
E.Rahimilarki@gmail.com

2- National Iranian South Oil Company, *Shahidi.s@nisoc.ir*

Abstract

PGDBK gas generator technology is a primary stimulation process in oil and gas wells to improve productivity in carbonate and sandstone reservoirs.

This paper evaluates productivity of the two candidate wells in Ahvaz oil field which are not produce naturally and are going to be fractured by PGDBK then optimize well situations to find the characteristic of good candidate for this technology in filed.

Keywords: PGDBK Technology, Gas Generators, Production Rate