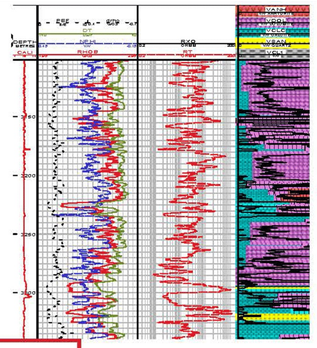
اکتشاف و تولید نفت و گاز

کنترل تولید ناخواسته گاز از مخـــــــــــــزن ـ قسمت اول: بررسی عوامل بروز مشکل

شرکت ملی نفت ایران

عوامل بروز مشکل تولید ناخواسته گاز در چاه‌های نفتی



طبقه‌بندی انواع مشکلات مربوط به تولید ناخواسته گاز

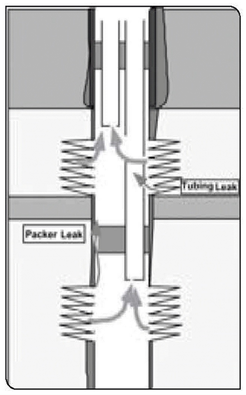
تولید ناخواسته گاز در میادین نفتی یکی از معضلات بزرگ فراروی مهندسان مخزن و بهره‌برداران بوده که هر ساله هزینه‌های بسیاری را به چرخه تولید تحمیل می‌کند. هزینه‌های ناشی از خوردگی ادوات درون‌چاهی و تأسیسات سرچاهی در اثر تماس با گازهای اسیدی، کاهش میزان تولید نفت، هزینه‌های حفاظت از خوردگی، تزریق مواد گران‌قیمت بازدارنده در چاه‌ها، انجام آزمایش‌های مختلف، توپک‌رانی خطوط لوله و ... همگی در اثر مشکل تولید ناخواسته گاز در چاه‌های نفتی ایجاد می‌شوند که باید جهت حل این مشکل با مدیریت صحیح مخزن گامی اساسی برداشته شود. دلایل تولید ناخواسته گاز در چاه‌های نفتی ارتباط مستقیمی با مشکلات مکانیکی یا مخزنی دارد که در قسمت نخست این مطلب به آن اشاره می‌گردد. در قسمت‌های دوم و سوم این عنوان که در شماره‌های آتی نشریه به‌چاپ می‌رسد به‌ترتیب راه‌های تشخیص محل ورود گاز به چاه از طریق آزمایش‌های درون‌چاهی و سرچاهی و همچنین راه‌های عمومی کنترل و مدیریت تولید ناخواسته گاز از مخزن بررسی خواهد شد. به‌طور کلی مشکلات مربوط به تولید ناخواسته گاز را می‌توان به دو گروه مشکلات مجاور دهانه چاه و مشکلات مخزنی دسته‌بندی کرد. برخی از مشکلات را نیز می‌توان در هر دو گروه قرار داد. از مشکلات مجاور دهانه چاه می‌توان به نفوذ گاز از پشت لوله‌های جداری و شکستن موانع (Barriers) اشاره کرد که می‌توان آنها را در هر دو گروه نیز قرار داد. از مشکلات مخزن نیز می‌توان به پدیده مخروطی‌شدن، نفوذ گاز از لایه‌های با نفوذپذیری زیاد و شکاف‌های پراکنده مرتبط در خارج از لایه تولیدی اشاره کرد. محققان به فن‌آوری‌های بسیاری برای تشخیص محل و همچنین جلوگیری از تولید ناخواسته گاز دست‌یافته‌اند. ولی قبل از انجام هر عمل پیشگیرانه باید بـه تشخیص صحیح مشکـل و محل ورود گاز پرداخت. پس از تشخیص مشکل می‌توان نسبت به‌تعریف استراتژی‌های مختلف و انتخاب گزینه صحیح‌تر جهت کنترل مشکل اقدام نمود. گـاز ورودی بـه دهـانه چـاه می‌تواند از دو طریق جریان یابد. در اولین نوع تولید ناخواسته گاز، نسبت گاز به نفت برای گـاز همراه نفت خروجی از چاه زیاد است که بـا تولید این گاز مشکلات عمده‌ای در چرخه تولید بروز می‌کند. این نوع تولید گاز که در چاه‌های نفتی اتفاق می‌افتد و مطلب حاضر به بررسی آن می‌پردازد ممکن است ناشی از تولید کلاهک گازی مخزن، لایه‌های دارای کلاهک ثانویه گاز و در اثر افزایش روند تولید نفت یا افت فشار شدید در لایه (اغلب در مخازن لایه‌ای) اتفاق بیافتد. کنترل تولید گاز در این مخازن حتی با کاهش نرخ تولیدی از طریق کوچک‌تر کردن کاهنده سرچاهی نیز منجر به افزایش تولید نفت و افزایش بازیافت می‌شود. نوع دوم تولید ناخواسته گاز، معمولاً در مدت زمان کوتاهی پس از پروژه تزریق گاز در عملیات بازیافت ثانویه یا ثالثیه رخ می‌دهد. کاهش تولید این نوع گاز، منجر به افزایش تولید نفت خواهد شد.

۱- مشکلات مکانیکی

هـرکدام از اجـزای رشته تکمیلی چـاه مثل لوله‌های جـداری/ آستری، لوله مغزی، مسدودکننده‌هـا و ... ممکن است دچـار خوردگی و در نتیجه نشتی شوند. این امـر سبب ایجاد مشکلات پیچیده تولیدی می‌شود که ممکن است منجر به بروز معضلات شدیدتری مثل جـریان داخـلی بین شبکه‌هـا گردد.

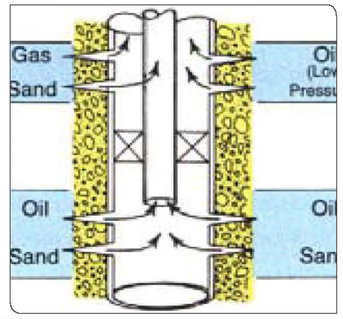
۱-۱- نشت لوله مغزی و تویک

نشتی لـوله‌هـای جداری/آستری ناشی از خـوردگی، ممکن است منجر به خارج‌شدن سیـال تولیدی از چـاه بـه لایه‌ای دیگر شده و سبب کاهش تولید نفت گردد. شکـل زیـر چـاهی را نشان می‌دهـد کـه بـه‌صـورت دوگانه تکمیل شده و گاز از لایـه بالایی و نفت از لایه پایینی تولید می‌شود. هرچند این دو لایه توسط یک رگه شیلی از هم جدا شده‌اند ولی به‌دلیل نشتی لـوله مغزی و تویک، سیـال دو لایه بـا هم مرتبطند.



۱-۲- نشت از محل اتصالات لوله مغزی

بسیاری از مشکلات ورود گاز به چاه‌های نفتی، ارتباط مستقیمی با ساختمان لوله‌هـای جداری دارد. حفره‌ها یا نقاط ایجادشده روی لوله‌های جداری که ممکن است در اثر خوردگی، تنش، نوع یا جنس پوشش لوله جـداری یا تغییر شکل ایجاد شده باشند می‌توانند گذرگاه‌هایی جهت ورود گـاز ناخواسته به درون چاه‌هـا باشند. افزایش تولید ناخواسته گـاز ممکن است در اثر وجود نشتی در لوله‌های جداری اتفاق بیافتد. شکل زیر نشت گاز فضای حلقوی را از محل اتصالات شاخه‌های لوله مغزی (Blast Joint Leak) به‌درون لوله مغزی حاوی نفت در روش تکمیل دوگانه نشان می‌دهد. عمده نشتی‌ها در لوله‌های جداری در محل‌هایی رخ می‌دهد که کیفیت سیمان‌کاری چاه مطلوب نیست. بنابراین وقتی لـولـه‌هـا در نزدیکی دهانه چاه دچـار شکستگی شوند، گاز موجود در فضای حلقوی بین لوله جداری و سازنده به دهانه چاه وارد شده و سبب آلودگی نفت تولیدی می‌شود. علاوه بر این ممکن است گـاز بـه‌مـرور زمـان به درزهای منتهی به شکستگی‌ها یا حفره‌های لوله‌های جداری نفوذ کند. پس از انجام عملیات ترمیم لوله جداری، ضروری است عمـق سیمان‌کـاری و عمق نهایی بررسی شده و عملیات تمیزسازی چاه از گل حفاری و سایر مواد به‌جا مانده انجام گردد. در بعضی مـوارد پس از ترمیم لوله جداری، ضروری است عملیات بهبود نیز روی چاه انجام پذیرد. دانه‌بندی ضعیف لوله‌های جداری بر حفره‌هـایی که در اثر عواملی مثل خوردگی و ساییدگی ناشی از جریان، فشار زیاد تغییر شکل و رانش سازندها در اثر عوامل تکتونیکی و نشت احتمالی این لوله‌هـا ایجاد شده‌اند اثرگذار است. معمولا نشتی‌های لوله‌هـای جداری زمانی اتفاق می‌افتد که سیمان پشت آنها وضعیت مطلوبی نداشته باشد و لوله‌هـا دچار خوردگی تدریجی شده باشند. این شکستگی‌های لوله‌های جداری سبب ورود ناخواسته سیال (گاز) و تولید آن از چاه خواهند شد.

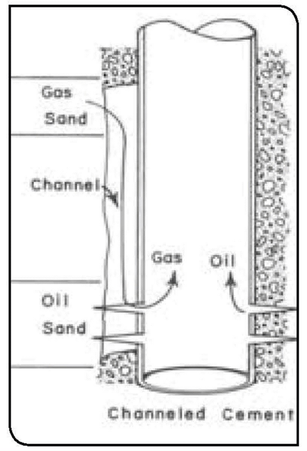


۲- مشکلات مربوط به نوع تکمیل چاه

موارد معمول مربوط به تکمیل چـاه‌ها عبارتند از کانالـه‌شدن گـاز در پشت لوله‌های جداری، تکمیل چاه‌ها در لایه گازی یا نزدیک آن و شکاف‌های گسترش‌یافته در خارج از ناحیه تولیدی

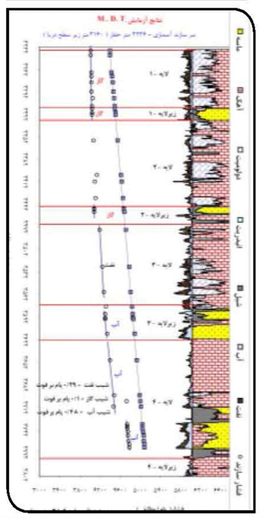
۲-۱- کانالـه شدن گاز در پشت لوله‌های جداری

ممکن است در طول عمر یک چاه، نفوذ و کانالـه‌شدن گـاز در پشت لوله‌هـای جداری بـه‌مرور زمـان اتفاق بیافتد. در بعضی موارد این مشکل بلافـاصله پس از تکمیل چـاه بـروز می‌کند. تولید ناخواسته گاز با گذشت مدت زمانی از تولید، وجـود مشکل یادشده را تأیید می‌کند. ممکن است کانالـه‌شدن گـاز در پشت لوله‌های جداری ناشی از سیمان‌بندی ضعیف سیمان-لوله جداری یا سیمان-سازنده باشد. شکل زیر، کانال ایجاد شده توسط گاز در اثر سیمان‌کاری ضعیف چاه را نشان می‌دهد. وقتی سیمان به‌صورت مطلوبی پشت لوله جداری را نپوشـاند امکان ورود نـاخـواسته سیـالات از طریق کـانال‌هـا (Cement Channeling) بـه داخـل چـاه میسر شده و فرآیند تولید را بـا مشکل روبـه‌رو می‌کند. این شکل، هجـوم گـاز در لایه تولیـدی را پس از انجـام عملیات مشبک‌کـاری نشان می‌دهد.



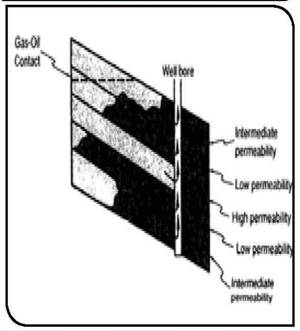
۲-۲- تکمیل چاه در لایه گازی یا در مجاورت آن

تکمیل چـاه‌هـا در نزدیکی سطح تماس گـاز و نفت یـا مشبک‌کاری‌هـای انجـام‌شده در زیـر سطح تماس، ممکن است باعث تولید ناخواسته گاز به‌صورت مخروطی‌شدن گردد. تکمیل چاه‌ها در لایه‌هایی که درجه اشباع گاز آنهـا بیش از درجـه اشباع بحـرانی گـاز است سبب تولید ناخـواسته گـاز می‌شود. در بعضی مواقع سدهای نفوذناپذیر (مانند آبدیرد‌ها و شیل‌ها)، لایه‌های نفتی را از لایه‌های گازی جدا می‌کنند. بنابراین در صورت شکستن و/یـا زمین رفتن این سدهـا، سیـال (گاز) می‌تواند به‌درون چـاه‌هـا جـاری شده و در طول عمر یک چاه ممکن است روش‌هـای مختلف حفاری و تکمیل بر میزان تولید ناخواسته گـاز تأثیر گذار باشند. بنابراین وقتی چـاهی تکمیل شده و تحت عملیات بهبود قـرار می‌گیرد اختیار عمل محدود شده و به‌تبع آن بایـد تدابیر خاصی برای حل این معضل اندیشیده شود. در شکل زیر سدهای نفوذناپذیر شیلی و سنگ مخزن متراکم سبب جدایش لایه‌های نفتی از لایه‌های حاوی گاز و آب شده‌اند.



۲-۳- شکاف‌های گسترش‌یافته در خارج از ناحیه تولیدی

شکـاف‌هـای طبیعی (Natural Fracture) یـا شکـاف‌هـای ایجـاد شـده (Induced Fracture) مـی‌توانند باعث ایجاد کانال بین چاه‌ها و لایه‌های حاوی گاز گـردند. اشتباه در انجـام عملیات شکـاف‌هـای القایی مانند شکاف هیدرولیکی باعث ایجاد اتصال بین دهانه چاه و لایه‌های گازی می‌شود. اگر عملیات ایجاد شکاف در یک چاه تولیدی بـا دقت انجام نشود ممکن است این شکاف‌هـا در لایه گـازی بـاز شوند یـا انجـام عملیات اسیدکـاری باعث بازتر شدن این شکاف‌ها گردد. در چنین مواردی انتقال گاز توسط شکاف‌های مذکور منجر به تولید گاز خواهد شد. بنابراین انجام نادرست عملیات‌هایی مثل اسیدکاری و مشبک‌کاری جهت‌دار نیز می‌تواند سبب ایجاد شبکه و کانال در جهت سطح تماس شده و به‌مرور راه نفوذ گاز به دهانه چاه را هموار کند. همچنین ممکن است این عملیات‌ها سبب شکسته شدن سدهـای موجود در اطراف چاه و تولید گـاز شوند.



۳- مشکلات مربوط به مخزن

عوامل عمده در ورود گاز به مخزن

۱ـ منبع گاز

منشأ گاز تولیدی ممکن است گاز همراه، گاز کلاهک گازی مخزن یا گاز تزریقی باشد. گاز همراه می‌تواند از لایه‌های گازی مجاور لایه‌های تولیدی ناشی شود. تعداد زیادی از مخازن نیز در مجاورت کلاهک گازی مخزن نفتی (نزدیک سطح تماس گاز و نفت) یا کلاهـک ثانویه گـازی تشکیل شده و در برخی از لایه‌ها قرار دارند. گازی کـه در بازیـافت ثانویه جهت فشارافزایی یا تثبیت فشار به مخازن نفتی تزریق می‌شود نیز می‌تواند از منابع تولید گاز بەشمار رود.

۲ـ اختلاف فشار (Pressure Gradient)

تولید نفت و گاز از مخزن با ایجاد افت فشار بین دهانه چاه و سازند امکان‌پذیر می‌شود. در صورت زیاد بودن این اختلاف فشار، گـاز از نواحی دوردست یـا حتی پایین‌دست از طریق شکاف‌های مویین (Microfracture) بـه دهـانه چاه تولیدی نفت راه می‌یابد. در بعضی از لایه‌هـای تولیدی، در صورت برداشت زیاد نفت از لایه‌ای که بین رگـه‌هـای شیلی و متراکم سنگ مخزن قرار گرفته و ارتباطی با سایر لایه‌ها ندارد، ممکن است افت فشار شدید در لایه رخ داده و کلاهک گازی ثانویه تشکیل شود. گرادیان فشار به‌شدت بر نرخ تولیدی چاه‌ها تأثیر گذاشته و در نهایت منجر به تولید گاز خواهد شد.

۳ـ نفوذپذیری نسبی گاز

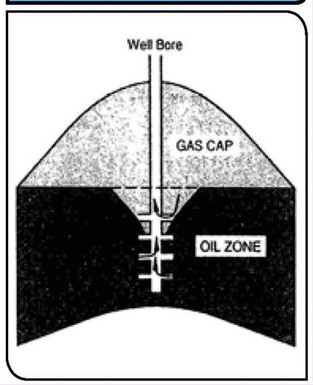
برای تولید گاز از یک لایه، باید اشباع گاز در آن لایه بیش از اشباع بحرانی گاز باشد. با افزایش درجه اشباع گاز از حد اشباع بحرانی، نفوذپذیری نسبت به گاز افـزایش یافته و بـه تبع آن نفوذپذیری نسبت بـه نفت کاهش می‌یابد. گـاز، نفت و آب معمولاً تمایل دارند بدون هیـچ‌گونه مقاومتی از لایه‌هـایی با نفوذپذیری زیاد به دهانه چـاه راه یابند. اگـر نفوذپذیری لایه‌های یک مخزن همگن باشد (نفوذپذیری افقی و عمودی) و مخزن هندسه مشخص و واحدی داشته باشد در شرایط تغییر نفوذپذیری (ناهمگنی) در یک مخزن، جریان سیالات الزاماً به‌صورت خطی ساده نبوده و سیال راهی آسان‌تر را جهت جریان تا دهانه چاه انتخاب خواهد کرد (یعنی همان مسیرهای با نفوذپذیری بیشتر). در مخازنی که کلاهک گازی عظیم دارند و مخازنی که تولید آنها از طریق عملیات تزریق گاز انجام می‌شود، سازند توسط گاز جاروب شده و نفت به‌طرف دهانه چاه رانده می‌شود. بخشی از ناهمگنی مخازن ناشی از کانالـه‌شدن گاز است که می‌توان به شکاف‌ها، گسل‌ها، لایه‌های نایوسته و لایه‌ای‌شدن اشاره کرد. شکاف‌های معمولی، بسته به اندازه، بازشدگی و شدت توزیع می‌توانند بر جریان سیال تأثیرگذار باشند. شکاف‌های معمولی اغلب به‌وسیله حرکات تکتونیکی گسترش می‌یابند. بعضی مخازن از لایه‌هایی تشکیل شده‌اند که در آنها لایه‌های نفوذپذیری زیاد را جاروب می‌کند. نفوذپذیری گاز در لایه‌های نفوذپذیر نسبت به سایر لایه‌ها افزایش می‌یابد که در این صورت پدیده پیشروی گاز می‌تواند ناشی از تفاوت گرانروی گاز در مقایسه با نفت در زمان انجام عملیات تزریق گاز نیز باشد.

۳-۱- جریان ترجیحی گاز از لایه‌هایی با نفوذپذیری بالا

جریان ترجیحی گاز از لایه‌هایی که عبوردهی زیادی دارند و اغلب به‌عنوان نواحی هرزرو شناخته می‌شوند، طیفی رایج برای تولید زیاد و ناخواسته گاز در چاه‌های نفتی است. در بیشتر موارد با مخازنی مواجهیم که در ساختار خود ناهمگونی دارند. بـه‌عبارت دیگر، لایـه‌هـای بخش‌هـایی از مخـزن، نفوذپذیری بـیشتری برای سیالات تزریقی دارند. ایـن امـر سبب تمایل بیشتر سیال تزریقی بـه حـرکت درون لایه‌هـایی بـا نفوذپذیری زیاد می‌شود. این لایه‌ها اغلب به‌صورت کانالی برای سیال تزریقی عمل می‌کنند به‌گونه‌ای که سیالات تزریقی تمایل کـمتـری بـه حـرکت درون لایه‌هـایی با نفوذپذیری کـم از خـود نشان می‌دهند. در نتیجه در این لایه‌ها، نفت کمتری توسط سیالات جابه‌جا شده و لذا بخش نفت این قسمت‌های مخزن بیشتر خواهد بود (شکل زیـر). در این شرایط از طریق مسدودسازی لایه‌هـایی کـه نفـوذپذیری زیادی دارند سعی می‌شود بازده جاروبی مخزن افزایش یابد. گـاز در لایه‌هایی که نفوذپذیری زیادی دارند نفـوذ کرده و سریع‌تر از نفت سایر لایه‌ها خود را به دهانه چاه می‌رساند که این پدیده در اصطلاح به میان‌شکنی زودهنگام گاز در لایه‌های با نفوذپذیری بیشتر و شکاف‌ها معروف است. این موارد بیشتر در حالت‌هایی اتفاق می‌افتند که مکانیسم تولید از مخزن، رانش کلاهک گازی یا تزریق گاز در مخزن به‌منظور فشارافزایی یا تثبیت فشار است. کانالـه‌شدن گـاز در ایـن حـالت عمدتاً در اثر ناهمگنی نفوذپذیـری لایه‌هاست. همچنین گرگسل‌ها یا شکاف‌هـایی که چاه‌های افقی یا انحرافی را قطع می‌کنند بـه لایه گازی راه داشته باشند، این امر سبب پیشروی گـاز در این چاه‌ها خواهد شد.

۳-۲- مخروطی شدن گاز (Gas Coning)

مخروطی‌شدن در چاه‌هـای عمودی در اثر افت فشار در اطراف دهانه چاه اتفاق می‌افتد. این افت فشار سبب نفوذ گاز از اعماق یا فواصل دور مخزن به دهانه چـاه و پیشروی آن از طـریق مشبک‌هـا یـا فواصل حفرهـاز شده و گاز جای تمام یا بخشی از لایه‌های نفتی را اشغال خواهد کرد یا انجام پیشروی، تولید سریـع و فراوان گاز آغاز خواهد شد. شکل زیر پدیده مخروطی‌شدن گاز در چـاه را نشان می‌دهد.



۳-۳- شکسته‌شدن موانع (Barriers)

موانع یا لایه‌های طبیعی، شبیه به لایه‌های نفوذناپذیر شیلی هستند که می‌توانند لایه‌های مختلف مخـزن را از هم جدا کرده و نقش یک سیمان‌کاری خوب را ایفا کنند. در اثر تولید از لایه‌ها، اختلاف فشار در طول این لایه‌ها باعث شکستگی آنها و در نتیجه حرکت سیال به درون چـاه خواهد شد. در اغلب موارد این نوع شکستگی‌ها در هنگام انجـام عملیات بهبود چـاه اتفاق می‌افتد. برای مثال در عملیات ایجاد شکاف هیدرولیکی یا مشبک‌کاری، در صورت عدم‌دقت در کنترل عملیات، شکاف‌هـا در سدها و لایه‌هـای غیـرقـابـل‌نفـوذ گسترش یافته و بـاعث ورود ناخـواسته سیال (گاز) بـه چـاه می‌شـوند. انجـام عملیـاتی مـانند اسیدکـاری چـاه نیـز ممـکن است سبب بازتر شدن کانال‌ها در سدها شود که در اثر آن، ارتباط بیشتری با لایه‌های گازی حاصل می‌گردد.

اویل ایندستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

تهیه و تنظیم: محمد رضا عادل‌زاده، شرکت نفت و گاز پارس

آدرس: تهران- تقاطع خیابان طالقانی و حافظ- خیابان رودسر- مرکزی سوم طبقه اول- اتاق ۱۱۴ - دبیرخانه ماهنامه اکتشاف و تولید
تلفن ونمـابـر: ۸۸۹۴۳۶۷۹ پست الکترونیکی: ekteshaftolid@nioc.ir ekteshaftolid@yahoo.com