اکتشاف و تولید نفت و گاز

مدیریت کنترل تولید گاز ناخواسته از مـــــــخزن (قسمت دوم: راه های شناسایی محل ورود گاز)

شرکت ملی نفت ایران

دستورالعمل هایی جهت تشخیص مسأله تولید گاز اضافی در چاههای نفتی

تشخیص مسأله تولید گاز در بسیاری از موارد به‌وسیله اطلاعات موجود از چاهها و مخزن قابل حصول می‌باشد. روش‌های تشخیص منبع تولید گاز ناخواسته در مقالات متعددی بحث شده است. براساس مطالعات پایه‌ای مهندسی مخزن و تکمیل و آنالیز تعدادی از موارد عملی، محققان به موارد متعددی از مشکل تولید گاز پی برده و دستورالعمل‌هایی طبق مراحل زیر برای این مهم پیشنهاد دادند:

مرحله اول: در صورتی‌که مشکل تولید گاز ناخواسته وجود داشته باشد، یک تولید ناگهانی یا ناخواسته در افزایش نسبت گاز به نفت تولیدی چاه، کلیدی برای تشخیص وجود مشکل می‌باشد. ترسیم نمودارهای نسبت گاز به نفت تولیدی و دبی چاه براساس زمان و مشاهده تغییرات غیرمعمول می‌تواند نشانه‌ای از زمان تولید گاز ناخواسته باشد.

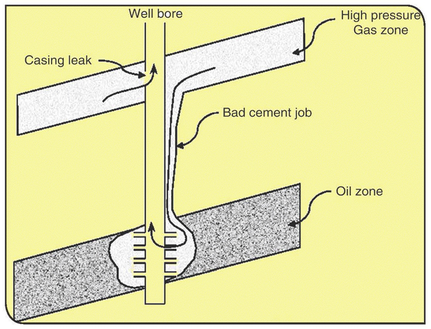
اگر مشکل تولید گاز در مراحل اولیه تولید (آغاز عمر تولید) از چاه مشاهده گردید، در مرحله اول باید پس از تمیزسازی کامل چاه از آب حفاری، موارد مرتبط به تکمیل چاه بررسی گردد. اگر گاز ورودی بعد از مدتی از گذشت عمر چاه به‌وجود آمد، موارد مکانیکی و مخزنی باید مورد بررسی قرار گیرند. همان‌طور که می‌دانیم، بسیاری از مخازن نفتی در زمان تولید پس از کاهش فشار و گذر از فشار اشباع یا در نزدیکی رسیدن به تخلیه کامل دچار تشکیل کلاهک گازی می‌شوند. بنابراین محاسبه و بررسی مقدار نفت کافی باقیمانده در مخزن و انجام محاسبات اقتصادی تولید آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. معمولاً چاههایی که در آخر عمر تولید خود یا آخر عمر عملیات تزریق گاز قرار دارند، برای بررسی و بحث کنترل گاز ناخواسته کاندید نمی‌شوند.

مرحله دوم: مشخص نمودن این است که آیا مشکل تولید گاز به‌واسطه ایجاد نشتی ناشی از خوردگی احتمالی در لوله‌های جداری یا کاناله شدن گاز در پشت لوله‌های جداری به‌وجود آمده است یا خیر، که حل این مسأله نسبتاً آسان می‌باشد. آزمایش معمول جهت تشخیص مشکل نشتی در لوله‌های جداری آزمایش دانه‌بندی مکانیکی است. این آزمایش به‌وسیله نگه‌داشتن فشار بین فضای حلقوی لوله مغزی و جداری و مشاهده روند فشار امکان‌پذیر می‌باشد. برای آزمایش قسمت به قسمت این موارد از نوعی مسدودکننده استفاده می‌شود. نمودارهای مورد استفاده در ارزیابی سیمان‌بندی پشت لوله‌های جداری (CBL/VDL، CAST، USIT و ...) که به‌وسیله ابزار نمودارگیری صوتی حاصل شده‌اند، نیز می‌توانند جهت بررسی وضعیت سیمان‌بندی پشت لوله‌های جداری مورد استفاده قرار گیرند.

مرحله سوم: مرحله بعدی، مشخص نمودن نوع جریان اطراف دهانه چاه می‌باشد. راههای زیادی برای مشخص نمودن نوع جریان اطراف دهانه چاه موجود است و این‌که آیا جریان اطراف دهانه چاه خطی یا شعاعی است. جریان خطی، بیش‌تر به حرکت درون شکاف‌ها و جریان شعاعی، بیش‌تر به جریان در مخازن غیرشکافدار مرتبط است. احتمال وجود جریان داخلی بین لایه‌های مخزن از طریق شکاف‌ها (Cross Flow) نیز می‌تواند نشانه‌ای از وجود سیستم شکاف و همچنین تولید گاز ناخواسته از طریق آن‌ها باشد. راههایی برای تشخیص وجود جریان متقاطع بین لایه‌ها وجود دارد که از این راهها می‌توان به آزمایش فشار بین لایه‌ها، استفاده از نمودارگیری جهت اندازه‌گیری میزان شعاع، نفوذپذیری، تحلخل، لیتولوژی، پروفایل تولید یا تزریق، شبیه‌سازی و روش‌های لرزه‌نگاری و سپس انجام محاسبات و بررسی‌های لازم اشاره نمود. معمول‌ترین روش، آزمایش اختلاف فشار بین لایه‌ها می‌باشد که به‌طور معمول یک مسدودکننده بین دو لایه قرار داده و به دیگر لایه‌ها اجازه خیز فشار (Build up) داده می‌شود. اگر اختلاف فشار بین دو طرف مسدودکننده مشاهده گردید و سپس تعادل فشاری نسبی حاصل شد، بین دو لایه ارتباط وجود دارد. در زمانی‌که اختلاف فشار بین لایه‌ها بالا باشد، جریان‌های متقاطع به‌وجود می‌آیند. در زیر به روش‌های مهمی که با استفاده از آن‌ها می‌توان محل ورود گاز ناخواسته به مخزن را مشخص نمود، اشاره شده است.

اویل ایندا‌ستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

راه‌های شناسایی محل تولید گاز ناخواسته در چاه‌های تولیدی نفت



۱- بررسی های تولید از چاه

در صورتی‌که مشکل تولید گاز ناخواسته وجود داشته باشد، یک تولید ناگهانی یا ناخواسته در افزایش نسبت گاز به نفت تولیدی چاه، کلیدی برای تشخیص وجود مشکل می‌باشد.

همچنین با داشتن سطح تماس گاز ـ نفت در مخزن و تعیین فواصل تولیدی چاهها و با بررسی حد فاصل تولیدی چاه با سطح تماس می‌توان به نزدیک یا دور بودن لایه‌های تولید از سطح تماس و نیز احتمال ایجاد پدیده مخروطی شدن به واسطه عدم تولید بهینه در چاهها (Gas Coning) پی برد.

۱-۱ بررسی سطوح تماس

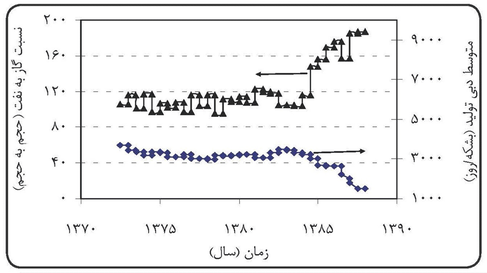
همان طور که گفته شد با داشتن سطح تماس گاز – نفت در مخزن و فواصل تولیدی چاهها می‌توان به نزدیک یا دور بودن لایه‌های تولید از سطح تماس و احتمال بروز پدیده مخروطی شدن در چاهها و گازی شدن چاه پی برد.

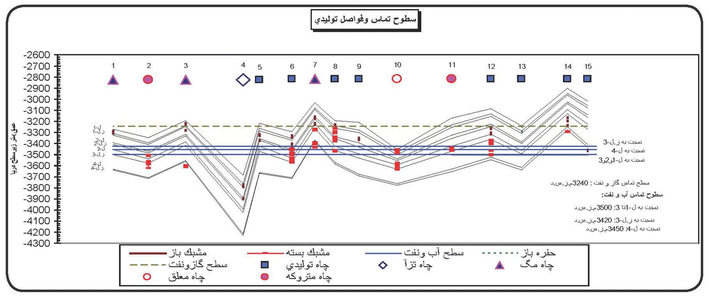
شکل زیر، سطح تماس گاز – نفت و سطوح تماس آب و نفت را در یک مخزن لایه‌ای نشان می‌دهد.

با استفاده از سرسازندها و فواصل تولیدی، می‌توان فاصله تولیدی چاهها را از سطح تماس گاز اندازه گرفت و پیش‌بینی کرد که کدام چاه زودتر گازی خواهد شد. همچنین با استفاده از این شکل، می‌توان عمق ورود به مخزن را برای موقعیت‌های جدید طوری ارائه داد که فاصله کافی از سطح تماس گاز و نفت (و نیز سطح تماس آب و نفت) داشته باشند و مشکل تولید گاز اضافی (یا آب اضافی) را به تعویق انداخت.

۱-۲ بررسی تغییرات میزان GOR تولیدی

نحوه تغییر در میزان نسبت گاز به نفت تولیدی و مقایسه آن با دبی، می‌تواند بررسی بهتری از موضوع را ارائه دهد. با بررسی دقیق این مورد و در صورت صحت کامل اطلاعات اندازه‌گیری دبی، با تعیین نسبت گاز به نفت تولیدی، می‌توان دبی‌ای را که در آن میزان گاز تولیدی غیرطبیعی است، شناسایی کرد.





۲- نمودارگیری

۲-۱ مجموعه نمودارهای تولید

این نمودار، در حقیقت با توجه به نتایج نمودارهای دیگری که جزء مجموعه آن می‌باشد، تهیه می‌گردد. در مشخص کردن محل تولیدی چاه، درصد تولید لایه‌ها و محل تولید گاز و آب همراه با نفت، مورد استفاده دارد.

ابزارآلاتی که تهیه نمودارهای مختلف را سبب می‌شوند، عبارتند از: جریان‌سنج (Flowmeter)، قطرسنج (Caliper)، دماسنج (Thermometer)، فشارسنج (Manometer) و چگالی‌سنج، برای اندازه‌گیری چگالی سیالات درون چاه توسط اندازه‌گیری اختلاف فشار (Gradiomanometer) یا اندازه‌گیری تضعیف انرژی گاما.

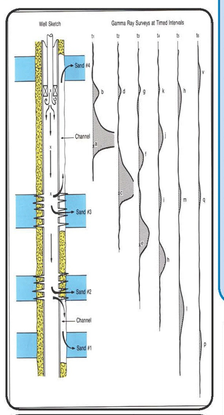
پس‌ماند آب توسط اندازه‌گیری ضریب دی‌الکتریک سیال یا مقاومت الکتریکی ویژه آن و پس‌ماند گاز توسط اندازه‌گیری شاخص شکست نور انجام می‌شود.

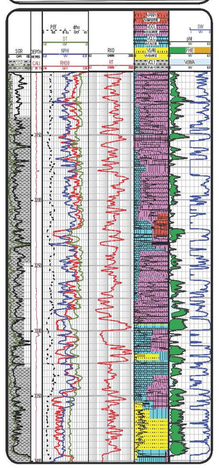
تعدادی ابزار کمکی وجود دارند که می‌توانند در آنالیز نمودارهای اصلی مفید واقع شوند. این ابزار عبارتند از: نمودار جریان آب (Water Flow Log (WFL، ابزار قطرسنج مکانیکی، ابزارهای نمونه‌گیری سیال، نمودارهای نویز (Noise)، نمودارهای ردیاب رادیواکتیو (Radioactive Tracer)، نمودار اشعه گاما و محل‌یاب اتصال لوله‌های جداری (CCL).

توسط این مجموعه نمودارها در حقیقت نوع سیال تولیدی، دمای داخل چاه، محل لایه‌های تولیدکننده و درصد تولید لایه‌ها و همچنین اطلاعاتی از وضع داخلی چاه کسب می‌شود.

۲-۲ نمودار ردیاب رادیواکتیو

این نوع نمودارگیری، اطلاعات دقیقی از مسیر و میزان جریان سیال در دهانه چاه را نشان می‌دهد. توقایی‌های این دستگاه شامل مشخص نمودن میزان هرزروی، سالم بودن پلاگ‌ها و پکرها، کاناله شدن گاز در پشت لوله‌های جداری و مشخص نمودن پروفایل جریان در عملیات تزریق یا بهره‌برداری می‌باشد (شکل زیر).

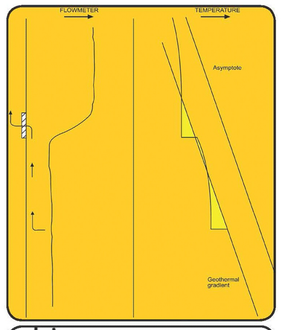


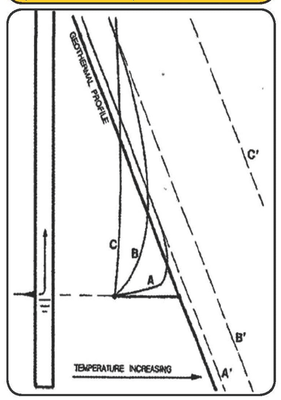


۲-۳ نمودار دما

برای راندن یک نمودار اندازه‌گیری دما از یک ابزار ثبت‌کننده دما استفاده نموده که توسط واحدهای خدمات فنی قابل انجام است. نمودار اختلاف دما، دمای درون چاه را در حالت بسته یا در حالت باز جریانی اندازه می‌گیرد. نمودارهای دمایی در زمان تزریق گاز با دبی مشخص و ثابت، دارای نتایج بهتر است. این نمودار در مقابل تغییرات دمای جریان سیال در جداری و در فضای حلقوی حساس بوده و برای مشخص نمودن محل ورود یا خروج گاز بسیار مؤثر می‌باشند. به‌عنوان مثال در نمودارهای ترسیم شده دما بر حسب عمق در چاه‌های نفتی، در عمق ورود گاز ناخواسته به مخزن، تغییرات مشهودی به‌دلیل تغییر دمای ناشی از ورود نفت یا گاز نمایان می‌شود. نمودار گرادیان دما یک تغییر پیوسته‌ای از دمای مطلق درون چاه را نشان می‌دهد.

شکلهای زیر، به ترتیب رفتار نمودار دما در محل ورود سیال گاز برای سازندهای دارای نفوذپذیری متفاوت و تولید گاز از مشبک‌ها و از پشت لوله پوششی را نشان می دهند.

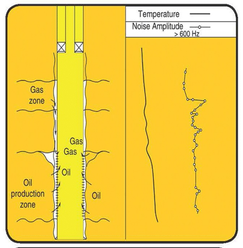


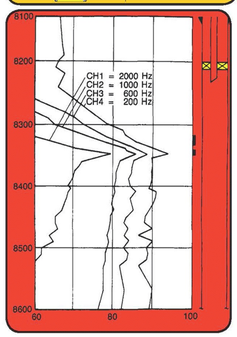


۲-۴ نمودار دما و نویز

نمودارهای نویز و دما که در شکل زیر نشان داده شده‌اند، از یک چاه نفتی با نسبت بالای گاز به نفت به‌دست آمده‌اند. هر دو نمودار به‌خوبی نشان می‌دهند که گاز از یک لایه گازی بالاتر، تولید شده و تا شبکه‌های ردیف بالایی واقع در ناحیه نفتی کانال زده است. هر دو نمودار به انبساط گاز داخل موانع و محدودیت‌ها پاسخ می‌دهند. نمودار دما ناهنجاری‌های سرد را که توسط تأثیر سردشدن ژول ـ تامسون در محل‌های انبساط گاز ایجاد می‌شود، نشان می‌دهد در حالی‌که نمودار نویز، میزان افزایش دامنه نویز را در محل‌های مشابه اندازه می‌گیرد. لذا هر دو نمودار، به جریان گاز در لایه گازی، در یک مانع در کانال پشت لوله جداری و در محل ورود گاز به داخل چاه پاسخ می‌دهند.

عملیات بهبود معمول به‌کار برده شده برای حذف کانال، مسدودکردن جریان و در نتیجه از بین بردن تولید گاز اضافی، انجام عملیات تزریق سیمان (Cement Squeeze) در کانال ایجاد شده می‌باشد. برای طراحی این عملیات، محل کانال و ترجیحاً همه مسیرهای مرتبط به منبع تولید ناخواسته باید مشخص شوند. این‌کار را می‌توان با سوراخ کردن جداری در نزدیک لایه گازی (Punch) و گردش سیمان از طریق کانال به‌خوبی انجام داد.





۲-۵ نمودار مقاومت سازند در چاه لوله پوش

(Cased Hole Formation Resistivity) CHFR

به وسیله دستگاه‌های نمودارگیری و اندازه‌گیری مقاومت سازند در پشت لوله‌های جداری، می‌توان میزان اشباع سیال پشت لوله‌ها و همچنین سیال دور از دهانه چاه را با استفاده از نتایج حاصل از راندن نمودار و تعدادی از روابط نمودارگیری به‌دست آورد. امروزه پیشرفت این دستگاه‌ها باعث دقیق‌تر بودن اطلاعات و داده‌ها، حتی داده‌های پشت لوله‌های جداری شده است.

مهم‌ترین هدف در راندن این دسته از نمودارها، مشاهده حرکت سیالات در مخزن است. در طول عمر یک مخزن، داده‌های مقاومت سازند پشت لوله‌های جداری می‌تواند به جریان سیال و همچنین فرآیند بازیافت و تولید کمک نماید. محاسبه و اندازه‌گیری مقاومت سازند از میان لوله جداری، می‌تواند تعیین اشباع هیدروکربن باقیمانده در مخزن را در فواصل دورتری از چاه در مقایسه با نمودارگیری در حفره‌ساز، نتیجه دهد. در فواصل با دو لوله جداری CHFR فقط مقاومت سیمان بین دو لوله را اندازه‌گیری می‌نماید.

۳- نمودارهای ارزیابی مخزن

۳-۱ نمودار جبران شده یا اصلاح نوترونی

شاخص هیدروژنی هیدروکربن‌های مایع بسیار نزدیک به آب است ولی گازها معمولاً غلظت هیدروژنی کم‌تری داشته و با درجه حرارت و فشار تغییر می‌نمایند. بنابراین مواقعی‌که گاز باقی‌مانده در ناحیه شسته شده وجود داشته باشد، روی بازتاب دستگاه تأثیر گذاشته و تخلخل کم‌تری را قرائت می‌نماید. از این خصوصیت برای تشخیص زون‌های گازدار و سطح تماس مایع و گاز اینه همراه نمودار LDT) استفاده می‌گردد. در شکل، اثر گاز را در کاهش منحنی تخلخل نوترون و منحنی جرم مخصوص می‌توان مشاهده نمود.

۳-۲ نمودار جرم مخصوص (جگالی) سنگ

از این نمودار، برای اندازه‌گیری چگالی الکترونی لایه‌ها که برابر تعداد الکترون‌ها در هر سانتی‌متر مکعب از سنگ است، استفاده می‌گردد. برای اندازه‌گیری درصد تخلخل لایه‌ها و تعیین سطح تماس گاز در طبقات نیز به کار می‌رود. در شناخت نوع سنگ مخزن، بررسی محل گاز، چگالی هیدروکربن‌ها، وجود پلمسنگ در لایه‌ها و نیز بارهای مواد دیگر نیز مورد استفاده دارد. این نمودار، معمولاً به همراه نمودار نوترون در چاه رانده می‌شود.

در لایه‌های ماسه‌سنگی، نمودار چگالی (دانسیته) سمت چپ نمودار نوترونی یا تخلخل ظاهر می‌شود که در اصطلاح، گفته می‌شود نمودار تخلخل (برای مثال، CNT) بالاتر از چگالی (مثلاً LDT) قرار گرفته است. اگر جدایش بین این دو نمودار به‌صورت آینه‌ای (mirror)، معمولاً بیش از ۴ تا ۵ واحد از مقیاس سازگار با سنگ آهک (Limestone Compatible) باشد، نشانه وجود گاز در آن لایه می‌باشد. در مقیاس سازگار با سنگ آهک، درجه‌بندی تخلخل از ۰/۱۵ تا ۰/۴۵ از راست به چپ و درجه‌بندی دانسیته از ۱/۹۵ تا ۲/۹۵ از چپ به راست می‌باشد. هر دو مقیاس، ۲۰ واحدی انتخاب می‌شوند.

۳-۳ نمودارهای اندازه گیری مقاومت

می‌دانیم که مواد جامد و سیالات، در مقابل عبور جریان الکتریسیته، دارای مقاومت‌های مختلف می‌باشند. مثلاً بعضی از فلزات، جریان الکتریسیته را به‌راحتی از خود عبور می‌دهند و بعضی دیگر کم‌تر یا هیچ. با این‌که مخازن زیر زمینی نفت و گاز، در مقایسه با مخازن آبی، دارای مقاومت بیش‌تری هستند چون هیدروکربن مقاومت بیش‌تری را نسبت به آب در مقابل الکتریسیته از خود نشان می‌دهد. هم‌چنین، هرچه درصد اشباع نمک‌های محلول در آب بیش‌تر باشد، دارای مقاومت کم‌تری است و جریان الکتریسیته را بهتر از خود عبور می‌دهد. به‌طور کلی، وجود نفت و گاز در خلل و فرج سنگ‌ها، مقاومت آن‌ها را تغییر می‌دهد و مقاومت مخصوص لایه، تابعی از نسبت هیدروکربور و آب موجود در آن و درصد خلل و فرج می‌باشد. لذا در عملیات حفاری می‌توان از این خاصیت برای شناخت سیالاتی که داخل خلل و فرج سازند هستند، استفاده کرد.

٤- اندازه گیری های مکانیکی

۴-۱ تست بین دانه‌های مکانیکی

یک چاه را تا زمانی‌که نشتی در لوله‌های مغزی، جداری یا پکرهای آن مشاهده نشده است، دارای تسلسل مکانیکی می‌گویند که در این حالت هیچ‌گونه جریان سیال غیرمتعارفی به‌وجود نخواهد آمد. این تست می‌تواند به وسیله آزمایش فشار یا نمودارهای بازرسی لوله‌های جداری انجام شود. با انجام تست بین دانه‌ای مکانیکی می‌توان به تسلسل یا ایجاد نشت در لوله‌های جداری پی برد. راندن نمودارهای ارزیابی کیفیت سیمان (CBL/VDL) در چاهها نیز به‌طور دقیق وضعیت سیمان‌بندی پشت جداری را مشخص می‌سازند. با استفاده از داده‌های این نمودارها و همچنین نتایج تست بین دانه‌ای مکانیکی، می‌توان به ارتباط یا عدم ارتباط چاه با سازند و در نهایت محل تولید گاز ناخواسته پی برد.

۴-۲ آزمایش فشار

در مورد چاه‌ها نیز می‌توان از بررسی قسمت به قسمت لوله مغزی در زمان وجود نشتی در لوله مغزی، بهره جست. آزمایش فشار به صورت معمول برای تست مکانیکی دانه‌بندی استفاده می‌شود. در این حالت فشاری بین لوله مغزی و جداری ایجاد و تغییرات فشاری مورد بررسی قرار می‌گیرد. تغییر در فشار مانند افت فشار وجود نشتی در لوله‌ها را تأیید می‌نماید. مهم‌ترین بحث در سوراخ شدن لوله‌های جداری زمانی است که سیمان‌بندی پشت این لوله‌ها ضعیف باشد. در این حالت با نصب و تغییر محل مسدودکننده در مراحل مختلف، به محدوده دچار مشکل دست پیدا می‌کنند.

۴-۳ نمودارهای بازرسی جداری‌ها

روش‌های بازرسی لوله‌های جداری شامل نمودارهای قطرسنج (Caliper)، نمودارهای پتانسیل الکتریکی، ابزار الکترومغناطیسی و نگارنده‌های دهانه می‌باشند. مهم‌ترین اندازه‌گیری این نمودارها در مورد خوردگی لوله‌ها می‌باشد. در حالتی‌که راندن نمودار قطرسنج در جداری مورد نظر باشد، کل رشته تکمیلی باید بیرون کشیده شود. با راندن نمودار قطرسنج درون لوله‌ها، تغییر در اندازه لوله‌ها را به راحتی می‌توان مشاهده کرد.

۴-۴ آزمایش چاه

در صورت معلوم شدن وجود افزایش فشار سرچاهی براساس میزان فشار و کاهش بهره‌دهی نفت چاه و افزایش نسبت گاز به نفت تولیدی سعی می‌شود با تغییر اندازه چوک سرچاهی به سایز کوچک‌تر، دبی گاز تولیدی را کاهش داده و به تولید نفت تا سر حد امکان اجازه داده شود. کاهش اندازه کاهنده را تا جایی ادامه می‌دهند که بتوان دبی گاز تولیدی را کنترل نموده و مانع از مخروطی شدن گاز گردید. پایین آمدن سطح تماس گاز و نفت را در قسمتی از مخزن، مخروطی شدن گاز گویند. این پدیده زمانی اتفاق می‌افتد که یک چاه در نزدیک سطح تماس گاز و نفت تکمیل شود و نفوذپذیری عمودی کافی برای مهاجرت گاز به سمت پایین و به طرف دهانهٔ چاه در هنگام افت فشار اطراف چاه موجود باشد.

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 و نمابر: ۸۸۹۴۳۶۷۹ پست الکترونیکی: ekteshaftolid@nioc.ir ekteshaftolid@yahoo.com