

مطالعه رفتار AVO مخزن ماسه سنگی غار، میدان نفتی ابوذر (اردشیر) در شمال غرب خلیج فارس

قسمت دوم

فرضیات معادله Gassmann عبارتند از:

- ۱- سنگ از نظر ماکروسکوپی هموزن است. به این معنا که طول موج عبوری به اندازه کافی بزرگتر از اندازه دانه‌ها و فضای خالی است که با توجه به فرکانس امواج لرزه‌ای این فرض برقرار می‌باشد.
- ۲- تمام فضاهای خالی به هم متصل بوده و سیالات با هم ارتباط دارند. لازمه برقراری این فرض بالا بودن میزان تخلخل و تراوایی سنگ مخزن است. این شرط به خوبی در مخازن با فشردگی کم، Unconsolidated برقرار است. مخزن غار میدان ابوذر نوع ماسه سنگی این مخازن است.
- ۳- سیال موجود در فضای خالی اصطکاک ندارد. یعنی این که گرانیروی سیال صفر است. قراردادن این شرط به این خاطر است که از شارش بالای سیال در هنگام عبور موج مطمئن شویم.
- ۴- سیستم سیال و سنگ موجود بسته و فاقد زهکشی است. این یعنی در شرایط آزمایشگاهی نمونه باید مهر و موم شود.
- ۵- هیچ گونه واکنش درونی بین سیال و سنگ که باعث نرم یا سخت شدن سنگ مخزنی می‌شود، وجود ندارد.

با فرض این که تمام موارد فوق برقرار است، ثابت‌های مربوط به معادله Gassmann (تخلخل متوسط، اشباع آب، مادول بالک ماتریکس و اسکلت سنگ) که از داده‌های چاه، لیتولوژی و سایر داده‌های مخزنی به دست آمده‌اند، در این معادله وارد و با تغییر اشباع سیال آب و خواص مربوط به هیدروکربن، مقادیر مربوط به سناریوهای مختلف مخزنی پیش‌بینی می‌شوند. این مقادیر سپس وارد معادلات ضرایب بازتابی شده و واکنش منحنی AVO مخزن به ازای حالات مختلف به دست می‌آید.

مطالعه رفتار منحنی های AVO مخزن غار

در این بررسی برای ترسیم منحنی های AVO از ساده سازی Smith&Gidlow استفاده شده است:

معادله (۱۳)

$$R(\theta) = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta \alpha}{\alpha} \right) - 2 \frac{\beta^2}{\alpha^2} \left(2 \frac{\Delta \beta}{\beta} + \frac{\Delta \rho}{\rho} \right) \sin^2(\theta) + \frac{\Delta \alpha}{2\alpha} \tan^2(\theta)$$

با تغییر زاویه فرود موج بین ۷۰- درجه، مقادیر ضرایب بازتابی از معادله Smith&Gidlow برحسب زاویه تعیین و رسم می شود. همان گونه که در شکل ۲ مشاهده می شود معادله Gassmann در محدوده زاویه معمول در برداشت های لزره ای (۳۰- درجه) به خوبی مقادیر داده های حاصل از لاگ حالت آب را پیش بینی می نماید و منحنی به دست آمده تقریباً منحنی واقعی را دنبال می کند.

نتیجه مهمی که از بررسی این منحنی ها به دست می آید، از مقایسه منحنی مخزن گازی با منحنی های موجود مخازن کلاسیک (طبقه بندی Rutherford&Williams) حاصل می شود

معادله ضریب بازتابی را به عنوان تابعی از چگالی متوسط ρ ، سرعت متوسط موج های تراکمی α و برشی β در محیط های فوقانی و زیرین سطح بازتابنده (Top Reservoir) و همچنین زاویه فرودی موج لزره ای θ بیان می کند. از این رو استفاده از این معادله نیازمند داشتن اطلاعاتی از مقادیر فوق می باشد. در این بررسی مقادیر فوق از لاگ های موجود در چاه های منطقه ابوذر برداشت و پس از متوسط گیری در معادله Gidlow&Smith قرار داده شده است. جدول زیر مقادیر متوسط به دست آمده از اطلاعات لاگ ها و همچنین مقادیر پیش بینی شده توسط معادله Gassmann را نشان می دهد:

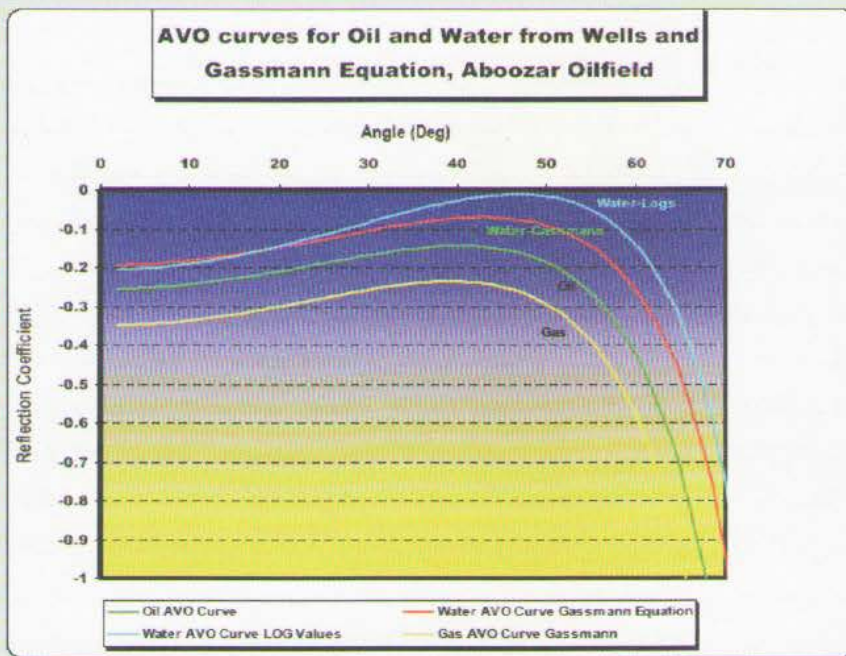
گاز (از معادله Gassmann)	آب (از اندازه گیری های چاه)	آب (از معادله Gassmann)	نفت (از اندازه گیری های چاه)
۰.۲۷	۰.۲۷	۰.۲۷	۰.۲۷
۰.۲۲	۰.۴۳	۰.۳۶	۰.۳۱
۳۴۰۰	۳۴۰۰	۳۴۰۰	۳۴۰۰
۲۰.۲۶	۲۵۰۰	۲۴۳۱	۲۲۰۰
۱۹۰۰	۱۹۰۰	۱۹۰۰	۱۹۰۰
۱۲۱۵	۹۰۰	۱۱۳۳	۱۱۵۰
۲۳۵۰	۲۴۰۰	۲۳۵۰	۲۳۵۰
۱۹۳۲	۲۱۵۰	۲۲۲۲	۲۱۵۰

جدول شماره ۱- مقادیر سرعت ها و موج تراکمی و برشی و همچنین چگالی اندازه گیری شده از چاه و پیش بینی شده از معادله Gassmann. با قرار دادن این مقادیر در معادله Smith & Gidlow، منحنی های مختلف AVO به دست می آیند.

رفتار کلاسیک نوع چهارم این مخزن را به روشنی تایید می نماید. از خصوصیات بارز این نوع مخازن، تولید نقاط روشن، (Bright Spots) در مقاطع انباشته لزره ای است که شواهد آن به خوبی در داده های لزره ای مخزن ابوذر وجود دارد. این گونه مخازن دارای ضرایب بازتابی منفی و قوی است که با افزایش زاویه (یا دورافتادگی) کاهش می یابد و عمدتاً ناشی از قرار گرفتن یک افق با امپدانس صوتی کم در زیر یک افق دارای سرعت موج تراکمی، V_p

باتوجه به این که بهترین داده های لاگ، مربوط به چاه هایی است که اخیراً در قسمت نفت دار مخزن حفر شده اند، ابتدا مقادیر لازم از این چاه ها استخراج و منحنی AVO آن تولید شد، سپس با استفاده از اطلاعات اشباع آب مخزن، تخلخل، درصد متوسط کانی های تشکیل دهنده سنگ مخزن و همچنین اطلاعات PVT انواع سیالات موجود در مخزن و کاربرد معادله Gassmann منحنی های AVO آب و گاز مخزن هم تولید شد.

برای کنترل میزان دقت روش به کار رفته، مقادیر لازم برای تولید منحنی AVO آب از قسمت پایین OWC چاه های نفت استخراج و منحنی حاصله با منحنی حاصل از مقادیر پیش بینی شده از معادله Gassmann مقایسه شد (شکل ۲). پس از اطمینان از این که پارامترهای قرارداد شده در معادله Gassmann نسبتاً درست عمل می کنند، Fluid Substitution انجام شد و مقادیر مورد نیاز در معادله Smith&Gidlow برای پیش بینی حالت گازی به دست آمد.

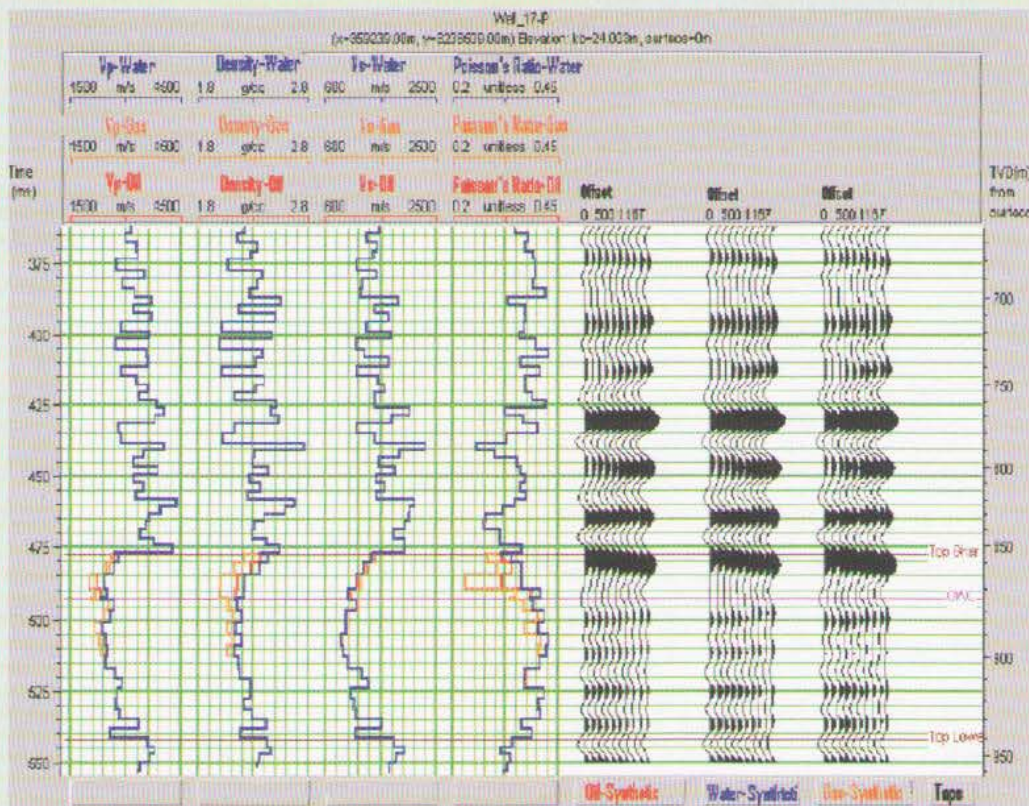


شکل شماره ۲- منحنی به دست آمده از مقادیر اندازه‌گیری شده چاه، معادله Gassmann و استفاده از ساده‌سازی Smith & Gidlow بر معادله Zoeppritz.

یالاست. (مثلاً یک افق کربناته، مانند آسماری در مخزن ابوذر) تفاوت بین ماسه‌سنگ کلاس سوم و چهارم در شیب منحنی AVO مشاهده می‌شود که یکی مثبت و دیگری منفی است. دلیل این تفاوت، در افق پوشاننده مخزن نهفته است.

نفت و گاز در این میدان دارای مقادیر تقریباً یکسان شیب (Gradient) ولی مقادیر متفاوت عرض از مبدا (Intercept) هستند. این مشاهده به طور خام‌گویای این مطلب است که احتمالاً اتریوت (Intercept) برای به نقشه در آوردن محل سیالات مختلف موجود بسیار مناسب است. در هنگام کاربرد معادله Gassmann تصور بر این بود که باید ابتدا مخزن (فاصله Top Ghar تا OWC) را که حاوی نفت است، تخلیه و آن را با آب

افق شیلی، سرعت موج برشی کمتر از ماسه‌سنگ زیرین دارد در حالی که سرعت موج برشی یک افق کربناته، بالاتر از افق ماسه‌سنگ است. همان‌گونه که از شکل منحنی‌های موجود برمی‌آید، مخازن حاوی آب،



شکل شماره ۳- نمایش اثر تغییر سیال مخزنی بر خواص پتروفیزیکی مخزن و تاثیر آن بر پاسخ لرزه‌ای لایه‌های مختلف. در Top Ghar به کاهش دامنه با افزایش دورافتادگی در هر یک از لرزه‌نگاشت‌های مصنوعی و افزایش دامنه با کاهش چگالی سیال مخزنی توجه کنید.

شماره ۲۴ - مرداد ۱۳۸۴

نرمال (Normal Move Out) بر داده‌ها اعمال نشده است. برای تولید لرزه‌نگاشت‌های مصنوعی که از هر جهت مشابه داده‌های واقعی لرزه‌ای باشند حداکثر دور افتادگی به همان اندازه‌ای قرار گرفته که در مخزن ابوذر در افق غار وجود داشته است (1500 = Offset متر).

شکل ۴ نمایش گر موجکی است که برای تولید لرزه‌نگاشت‌های مصنوعی از مقادیر ضرایب بازتابی استفاده شده است. این موجک از سایر مطالعات موجود در این منطقه اخذ شده است.

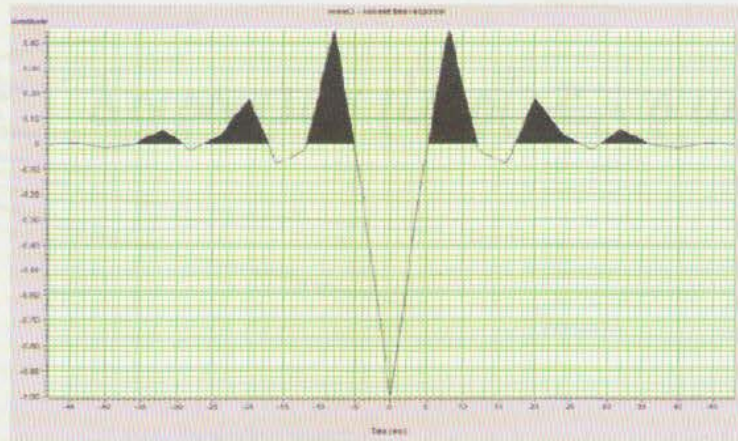
شکل ۵ نمایش دهنده حالتی مصنوعی از داده‌های لرزه‌ای CDP Gathers این میدان است که برای مطالعه اتریوت‌های مختلف AVO توسط نرم‌افزار تهیه شده است. در این شکل لرزه‌نگاشت‌های مصنوعی تهیه شده در قسمت قبل به تعداد مورد نظر کاربر تکرار می‌گردد تا بعد از آن برای تهیه مقاطع انباشته از اتریوت‌های AVO استفاده شود. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، مقادیر دامنه در مخزن غار مثبت بوده و با افزایش دور افتادگی، کاهش می‌یابد. این تغییر علامت دامنه بازتاب نسبت به ضرایب بازتابی، به خاطر استفاده از موجکی است که 180 درجه تاخیر فاز دارد. کانولوشن این موجک با $RC < O$ در سر (TOP) مخزن غار باعث تولید دامنه‌های مثبت می‌شود. در تولید این لرزه‌نگاشت‌های مصنوعی، قرار بر این است که مقادیر Peak نشان دهنده افزایش در AI باشند. همچنین میزان متوسط دامنه‌های لرزه‌ای با کاهش چگالی سیال موجود در مخزن، افزایش یافته است. این به این معنی است که مخزن غار ایجادکننده نقاط روشن در مقاطع انباشته لرزه‌ای واقعی خواهد بود.

مخزنی پرنمود و مقادیر لازم را به دست آورد. سپس نوبت مقادیر گازی می‌باشد که با خالی کردن آب مخزنی (در فاصله Top Ghar تا OWC) و قرار دادن گاز به جای آن محاسبه می‌شود. در اینجا لاگ به دست آمده به دلیل قرار دادن گاز بر روی آب با واقعیت مخزن ابوذر تطابق ندارد که برای حل این مشکل و به‌طور مصنوعی، حدفاصل OWC تا عمق 900 متری را با نفت مخزنی پرمی کنیم. در واقع این قسمت مخزن حاوی آب است ولی در این جا نیاز به تولید لاگ‌های یک GOC مصنوعی بود که به کمک آن بتوان اثر این پدیده را بر روی لرزه‌نگاشت مصنوعی تولید شده مشاهده کرد. شکل ۳ لاگ‌های به دست آمده را برای حالات مختلف مخزن ابوذر نمایش می‌دهد. همان‌گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، اطلاعات لاگ یک چاه، شامل سرعت موج‌های صوتی تراکمی و برشی و همچنین چگالی برای تولید لرزه‌نگاشت‌های مصنوعی به ازای مقادیر مختلف حاصل از اندازه‌گیری‌های چاه و معادله Gassmann استفاده شده است. این چاه در قسمت نفت دار مخزن ابوذر حفر و در عمق 855 متری به نفت برخورد نموده و عمق سطح تماس نفت و آب 875 متر است. مخزن آبدار تا سرفارس زیرین ادامه می‌یابد. لاگ قرمز رنگ مربوط به اندازه‌گیری در این چاه نفتی است که مینای جابه‌جایی سیال در این مخزن قرار گرفته است. لاگ‌های آبی و زرد رنگ هم به ازای قرار دادن به ترتیب آب و سپس گاز به جای نفت در مخزن به دست آمده‌اند. از آنجایی که جابه‌جایی سیال تنها در سنگ مخزن انجام می‌گیرد بدیهی است که در خارج از مخزن، این لاگ‌ها همپوشانی داشته باشند. همان‌طور که قبلاً هم عنوان شد، برای تولید اثر AVO سطح تماس گاز با نفت در این چاه، به‌طور مصنوعی از OWC تا عمق 900 متری با نفت مخزنی جایگزین شده که به رنگ زرد ادامه لاگ گازی امتداد می‌یابد.

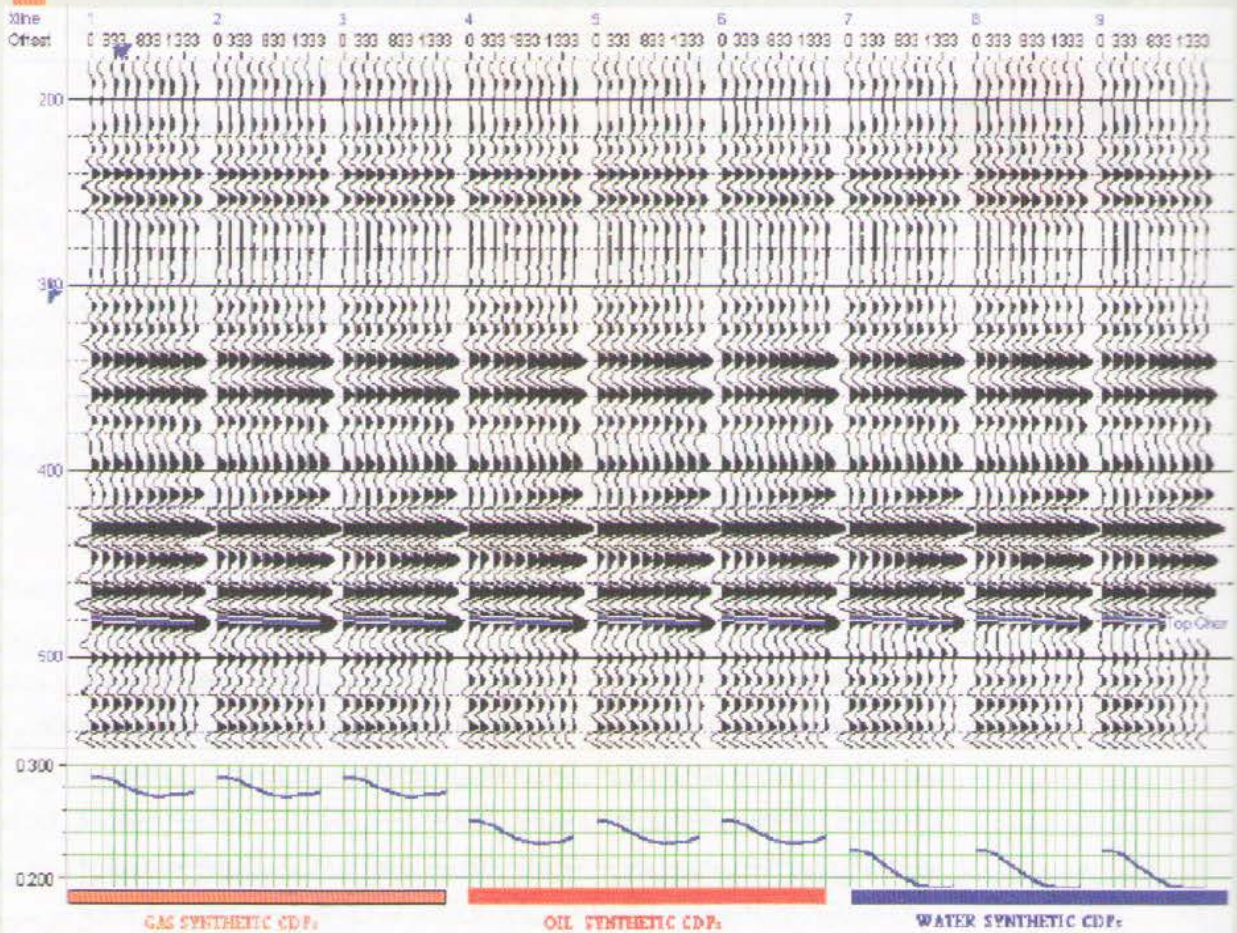
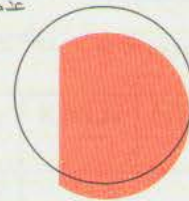
همانند شکل ۳ با جایگزینی آب به جای نفت در مخزن، مقدار سرعت موج تراکمی و همچنین چگالی سنگ مخزنی افزایش می‌یابد (منحنی آبی رنگ). کاهش ناچیز در سرعت موج برشی ناشی از اثر افزایش چگالی مخزن بوده است. جایگزینی گاز به جای آب باعث کاهش شدید چگالی و سرعت موج تراکمی مخزن می‌شود، در حالی که سرعت موج برشی اندکی افزایش می‌یابد.

با داشتن مقادیر لاگ‌های هر سه حالت مخازن گازی، نفتی و آبدار با استفاده از معادله Zoeppritz مقادیر ضرایب بازتابی توسط نرم‌افزار محاسبه می‌شود. برای تمام نواحی دور از زون مخزنی، معادله ضریب بازتابی صفر درجه استفاده می‌شود تا در زمان اجرای ساختن لرزه‌نگاشت مصنوعی صرفه‌جویی شود. برای محاسبه زوایای موج فرودی در هر لایه مجزا از Ray Tracing استفاده شده و تنها رویدادهای اولیه محاسبه می‌شوند. Ray Tracing به این معناست که به ازای یک محل مشخص برای منبع انرژی و گیرنده موج بازتابی، مسیرهای موج در لایه‌های زیر زمین به نحوی محاسبه می‌شود که قوانین اسنل صدق نمایند. همچنین هیچ‌گونه تصحیحی به جزء بروتراند

Exploration



شکل شماره ۴- موجک به کار رفته در محاسبه لرزهنگاشت‌های مصنوعی مخزن غار. به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات موردنیاز لرزه‌ای امکان استخراج مستقیم موجک وجود نداشت.



شکل شماره ۵- لرزهنگاشت‌های مصنوعی محاسبه شده برای سیالات مختلف مخزنی و منحنی‌های تغییرات دامنه بر حسب دورافادگی. از بر انبارش این CDP Gathers مصنوعی یک مقطع Stack مصنوعی به دست می‌آید.

ادامه دارد

شماره ۲۴ - مرداد ۱۳۸۴