



قسمت پایانی

# کاربرد VSP چهار بعدی در EOR

حمید پورحسین - مدیریت طرح‌های اکتشافی شرکت نفت فلات قاره ایران

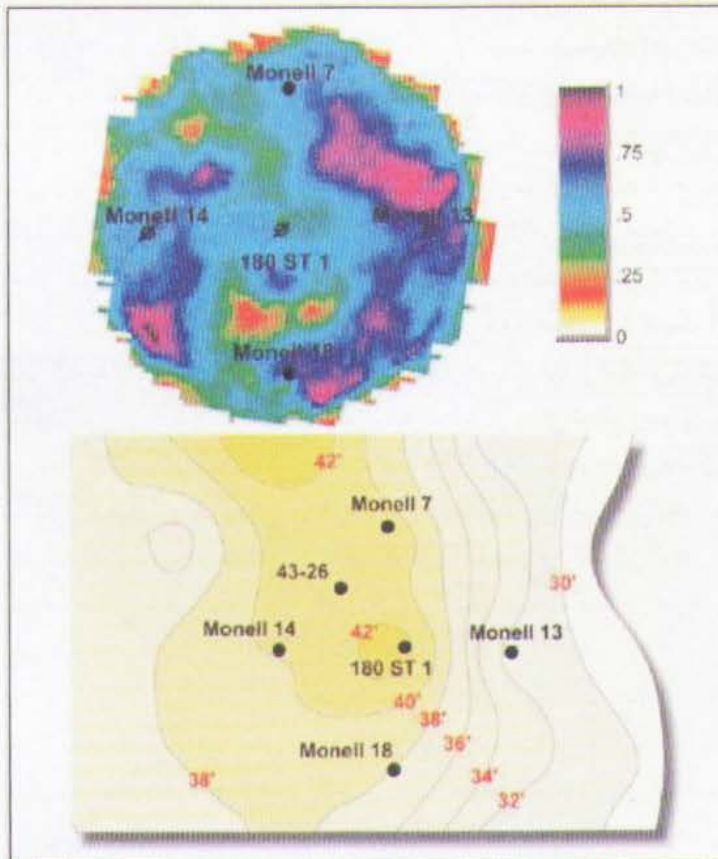
محاسبه اختلاف دامنه‌ها، این سطح به‌طور واضح در شکل ۷ قابل مشاهده است.

تزریق گاز  $CO_2$  در مخزن باعث کاهش سرعت می‌گردد. لایه‌های زیرین چندان تحت تاثیر تزریق گاز واقع نشده‌اند. کاهش سرعت محاسبه شده بعد از تزریق گاز در مخزن ۱۴ تا ۱۹ درصد و از مقدار پیش‌بینی شده با استفاده از روابط Biot-Gassmann بیشتر است. این اختلاف ممکن است به دلیل عدم قطعیت در خواص سیالات درون حفره‌ای و با نارسایی تئوری سیالات چندفازی باشد.

شکل ۸ نقشه‌های دامنه rms تراف در بالای (Top) مخزن Almond UA-5 بالایی را در برداشت‌های مینا و مونیتور براساس یک پنجره ۴۰ فوتی نشان می‌دهد. دورتر از

بررسی دامنه rms امواج انعکاسی در قسمت فوقانی (Top) مخزن Almond UA-5 بالایی نشان می‌دهد که با کاهش ضخامت ماسه‌سنگ، دامنه امواج (تراف) افزایش می‌یابد (شکل ۶). با این‌که ضخامت ماسه‌سنگ نقش کنترلی اساسی در دامنه امواج دارد، تاثیر تغییرات مجموعه ماسه، شیل و زغال‌سنگ‌های زیرین را نیز بایستی در نظر گرفت. اما چون این تاثیرات در برداشت‌های مینا و مونیتور مشترک هست، انتظار نداریم که این تاثیرات در مطالعات چهاربعدی موثر باشند. نقشه ضخامت براساس داده‌های شش چاه نشان داده شده در شکل ۶، تهیه گردیده است. بررسی و مقایسه داده‌های برداشت‌های 3DVSP مینا و مونیتور نشان می‌دهد که این داده‌ها دارای شباهت و یکنواختی بالا در قسمت‌های

خارج از محدوده مخزن می‌باشند که حاکی از قابلیت تکرارپذیری (Repeatability) برداشت‌ها و نیز وجود نشانگرها و تاثیرات گذشت زمان در مقاطع لرزه‌ای می‌باشد (شکل ۷). اختلاف بین دو برداشت مینا و مونیتور را با کم کردن «حجم مهاجرت کرده عمقی» (Depth-Migrated Volume) برداشت مونیتور از «حجم مهاجرت کرده عمقی» برداشت مینا، می‌توان ارزیابی و بررسی کرد. دورتر از چاه تزریقی، دو برداشت مینا و مونیتور اختلاف چندانی با هم ندارند و اختلاف دامنه کمتری دارند. اما در اطراف و نزدیک چاه، اختلاف بیشتری دیده می‌شود و یک تراف با دامنه زیاد در بالای Almond UA-5 بالایی مشاهده می‌شود. در همین شکل، سطح زیرین (Base) مخزن Almond UA-5 به صورت یک Peak قوی ظاهر شده است. این سطح در برداشت‌های مینا و مونیتور به دلیل ارتباط با توالی ذغال‌سنگی در زیر مخزن قابل تشخیص نبود. اما بعد از سیلاب‌زنی  $CO_2$



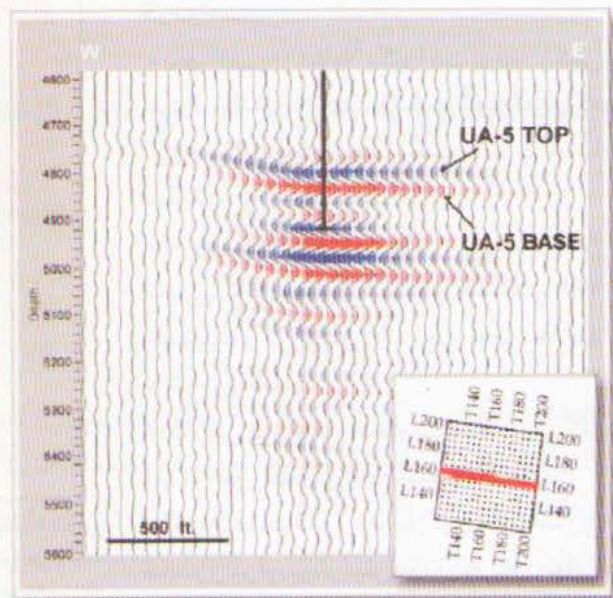
شکل ۶- دامنه rms امواج در بالای Almond UA-5 بالایی در برداشت 3DVSP مینا (بالا). دامنه‌های کم در پیرامون نقشه، تاثیرات لبه (Edge) می‌باشد. با کاهش ضخامت ماسه‌سنگ، دامنه امواج بیشتر می‌شود.



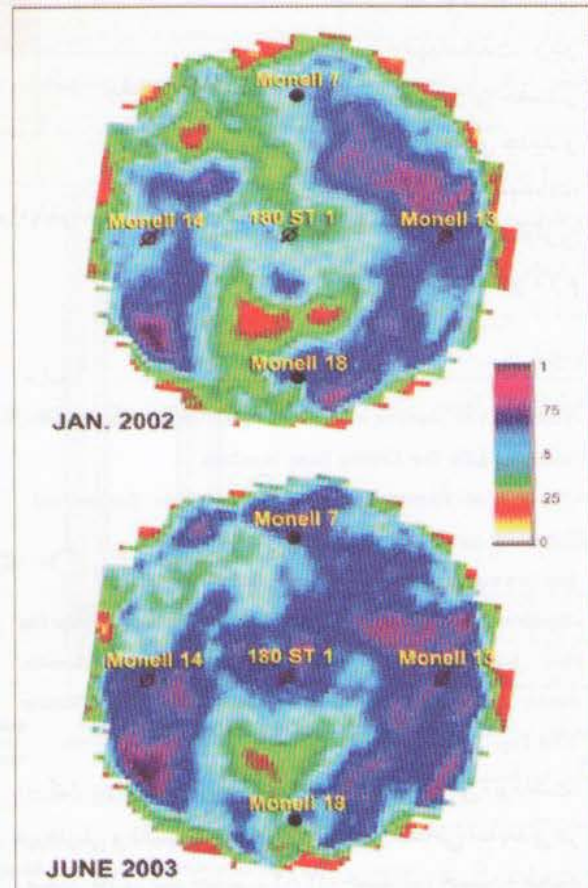
چاه Monell 180 ST1 یک تشابه نزدیک در توزیع دامنه در هر دو برداشت مشاهده می‌گردد. اما در اطراف همان چاه (چاه تزریق گاز) در براشت مونیتور افزایش دامنه نسبت به برداشت مینا دیده می‌شود.

شکل شماره ۹، نقشه اختلاف دامنه rms (با گذشت زمان) را برای مخزن UA-5 Almond بالایی نشان می‌دهد. در این نقشه اختلاف دامنه‌های rms با یکدیگر نشان داده شده در شکل ۸ است. در این نقشه جبهه و مسیر حرکت گاز تزریقی CO<sub>2</sub> در مخزن با خط بسته سیاه‌رنگ مشخص شده است. از روی داده‌های VSP چهاربعدی معلوم شود که سیلاب زنی CO<sub>2</sub> تا شعاع ۷۰۰ تا ۹۰۰ فوتی پیش رفته و در جهت شمال و شمال غرب که جهت فراشیب (Up-dip) مخزن هم محسوب می‌گردد، گاز CO<sub>2</sub> تزریقی، بیشتر پیشروی کرده است. طبق داده‌های VSP هیچ نشانه‌ای از نفوذ گاز CO<sub>2</sub> از طریق کانال یا شکاف‌های احتمالی و نیز مناطقی که توسط سیلاب گاز CO<sub>2</sub> جاروب نشده باشند، مشاهده نمی‌شود. نتایج VSP با داده‌های چاه‌های تولیدی در طی پروژه پایلوت مطابقت دارند (جدول شماره ۴). طی این مدت ۲ چاه تولیدی، افزایش تولید نفت نشان دادند، که چاه Monell 7 (واقع در شمال) افزایش تولید بیشتری نسبت به چاه Monell 18 (واقع در جنوب) نشان می‌دهد. ضمناً در این چاه‌ها نشت گاز CO<sub>2</sub> مشاهده نشد.

چون داده‌های تولید از چند نقطه (چاه) جدا از هم تهیه می‌شوند، نمی‌توان با استفاده از آنها شکل جبهه گاز تزریق و مقدار پیشروی سیلاب زنی CO<sub>2</sub> را به دست آورد. اما با استفاده از VSP می‌توان این کار را انجام داد. با این روش می‌توان موقعیت جبهه گاز تزریقی،



شکل ۷- یک مقطع گذشت زمان 3D VSP (برداشت مونیتور منهای برداشت مینا) شرقی- غربی که چاه Monell 18 ST1 را هم قطع کرده است.



شکل ۸- نقشه دامنه rms برای سطح بالایی مخزن UA-5 Almond بالایی در برداشت مینا (بالا) و برداشت مونیتور (پایین)



تا شعاع ۷۰۰-۹۰۰ فوتی از چاه تزریقی حرکت کرده است.

- سیلاب CO<sub>2</sub> کاملاً یکنواخت بوده، با کمی نفوذ بیشتر در جهت شمال-شمال غرب که این حالت با داده‌های تولید چاه‌ها مطابقت دارد.

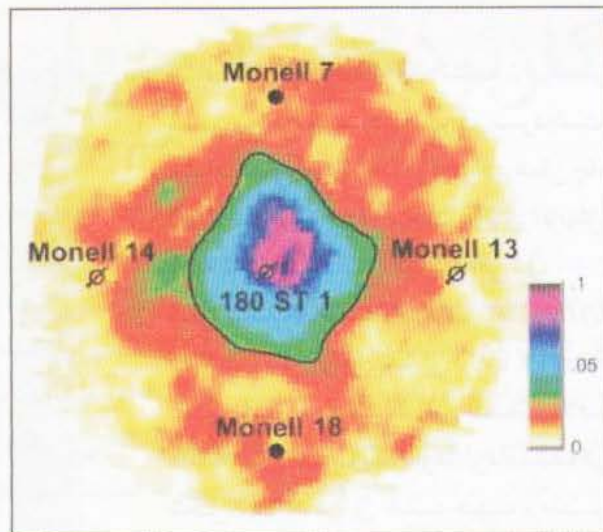
VSP چهاربعدی در ارزیابی و بررسی واکنش مخزن به تزریق گاز کمک شایانی کرد. نقش VSP چهاربعدی در مونیتورینگ مخزن به طور خلاصه به شرح زیر است:

- کارایی و راندمان مطلوب سیلاب‌زنی گاز CO<sub>2</sub> به طور کامل و قاطع اثبات شد.

- اطلاعات مورد نیاز برای شبیه‌سازی مخزن برای پیش‌بینی مقدار بازیافت نهایی نفت را ارائه داد.

- برای سیلاب‌زنی گاز CO<sub>2</sub> در کل میدان،

توجیه و دلایل موثری مهندسی برای حفار چاه‌های جدید و ایجاد تاسیسات، سرمایه‌گذاری زیاد لازم است.



شکل ۹- نقشه اختلاف دامنه rms (باگذشت زمان) مخزن Almond UA-5 بالای که حاصل تفریق دامنه rms برداشت مینا از دامنه rms برداشت مونیتور می باشد. منحنی بسته سیاه رنگ جبهه گاز تزریقی CO<sub>2</sub> را در مخزن نشان می دهد. چاه Monell 180 ST1 در تزریق گاز و نیز برداشت داده‌های 3D-VSP مورد استفاده واقع شده است.

	تولید قبل از سیلاب‌زنی گاز CO <sub>2</sub>	تولید بعد از ۱۸ ماه سیلاب‌زنی گاز CO <sub>2</sub>
چاه Monell 7	۱۰ بشکه در روز	۸۰ بشکه در روز
چاه Monell 18	۱۰ بشکه در روز	۲۵ بشکه در روز

جدول ۴- داده‌های تولید نفت در پروژه پابلوت

شکل آن و حجم جاروب شده را با گذشت زمان تعیین کرد. از این نتایج می‌توان در تطابق تاریخچه (History matching) مدل شبیه‌سازی مخزن برای بالا بردن دقت در سیلاب‌زنی گاز در کل میدان استفاده کرد. با داشتن حجم گاز تزریقی و مقدار نفوذ و گسترش آن در مخزن، مقدار اشباع‌شدگی گاز تزریقی در مخزن محاسبه شده و در نتیجه می‌توان مقدار بازیافت نهایی نفت را مشخص کرد.

### نتیجه‌گیری

- 3DVSP امکان تصویرسازی مخزن Almond بالایی را با داده‌های دارای قدرت تفکیک‌پذیری افقی و عمودی بسیار فرکانس بیش از ۱۲۰ هرتز و نسبت بالای سیگنال به نویز امکان‌پذیر ساخت.

- قابلیت تکرارپذیری عملیات برداشت 3DVSP زیاد بود.

- VSP چهاربعدی به طور موفقیت‌آمیزی سیلاب CO<sub>2</sub> را نمایان کرد و نشان داد که جبهه گاز تزریقی

### منابع:

- Time-laps VSP reservoir monitoring, John O'Brien, Fiona Kilbride, and Frank Lim, The Leading Edge, Nov.2004.
- The Role of Vertical Seismic Profiles (VSP) in Trinidad and Tobago, A.Aming (Trintomar), <http://www.gstt.org/publications/news/newsletter13/vsp's.htm>
- Significance of VSP Data for Surface Seismic Data: South Ghashu Gas Field, SouthIran, Iranian, Mokhtari, Mohammad. and Pourhossein, Hamid, (2003) International Journal of Science, Vol.4, No.2, Autumn 2003, Page 223-240

- کاربرد مقطع لرزه‌نگاری عمودی در طراحی، برداشت، پردازش و تفسیر داده‌های لرزه‌نگاری سطحی سه‌بعدی در میدان گازی گشوجنوبی، ۱۳۸۲، حمید پورحسین و محمد مختاری، یازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، تهران، ص-۱۴۴۱۴۱

۱۴  
شماره ۲۶-مهر  
۱۳۸۴