

آنالیز امواج لرزه ای Passive به عنوان نشانگرهای ذخایر هیدروکربنی در جنوب غرب ایران

حوریه کاتبی^۱، سید کیوان حسینی^۱، حسین صادقی^۱، سید حمید سیدین^۲، محمد رضا سکوتی^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد - مرکز تحقیقات زمینلرزه شناسی، Hkatebi@gmail.com

^۱استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد - مرکز تحقیقات زمینلرزه شناسی، K-hosseini@um.ac.ir

^۱دانشیار، دانشگاه فردوسی مشهد - مرکز تحقیقات زمینلرزه شناسی، Sadeghi@ferdowsi.um.ac.ir

^۲کارشناس ارشد، مدیریت اکتشاف نفت-تهران، h_seidin@yahoo.com

^۲کارشناس ارشد، مدیریت اکتشاف نفت-تهران، Rsokooti@gmail.com

چکیده

آزمایشات امواج لرزه ای Passive نشان میدهند که انرژی سیگنالهای با فرکانس پایین ۶-۱ هرتز در بالای مخزن هیدروکربن افزایش و به سمت لبه های آن کاهش می یابند و ما میتوانیم به عنوان مشخصه ی لرزه ای در اکتشاف هیدروکربنها از آنها استفاده نماییم. از اینرو ما این بررسی را بر روی امواج لرزه ای Passive در یک میدان نفتی در جنوب غرب ایران انجام داده ایم. داده ها توسط یک شبکه لرزه نگاری شامل ۵ ایستگاه به مدت ۱۶ ماه رکورد شده اند. طیف مولفه های قائم و افقی و مشخصه SA-IZ کلیه رکوردها در ۵ ایستگاه محاسبه و بررسی شده است. نتایج وجود ناهنجاری طیفی در فرکانس ۴-۲ هرتز را در بالای مخزن (ایستگاه ۵) نشان میدهند. همچنین نسبت طیف مولفه قائم به افقی را در هر ایستگاه محاسبه کرده ایم. مقایسه مقدار این مشخصه در ایستگاهها تفاوت قابل توجه V/H را در بالای مخزن نسبت به موقعیت های اطراف آن نشان نمی دهد.

واژه های کلیدی: لرزه نگاری passive، فرکانس پایین، نشانگر، هیدروکربن.

An investigation on low-frequency passive seismic waves as a hydrocarbon indicator in SW-Iran

Hoorieh Katebi¹, Sayyed Keivan Hosseini¹, Hossein Sadeghi¹, Sayyed Hamid Seyyedini²

¹ Earthquake Research Center, Ferdowsi University Of Mashhad

² National Iranian Oil Company.

Abstract

We investigated on low-frequency passive seismic observations over a hydrocarbon reservoir, in SW of Iran. Since the low frequency (1-6 Hz) seismic energy increases in hydrocarbon reservoirs and diminishes towards its rims, we may apply it as a seismic attribute in hydrocarbon explorations. Such kind of increasing may not be found beyond the reservoir area. We used a period of 16 months recording of five seismic stations. We analyzed spectrum amplitude (SA) of vertical and horizontal components and SA-IZ attributes for all stations and found a clear spectral anomaly above the reservoir (station No.5) at 2-4 Hz. The energy of this anomaly decreases at other stations. Also the vertical to horizontal spectral ratio calculated for stations and compared to each other, however we couldn't find any significant differences among stations. Our results show that we may use the SA anomaly as an alternative tool for detecting oil reservoirs.

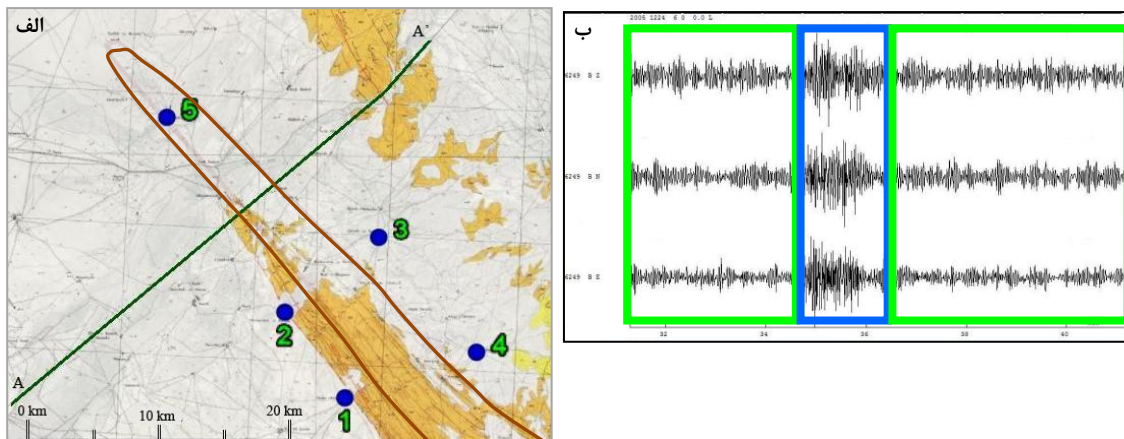
Key words: Passive seismic, Low-frequency, Indicator, Hydrocarbon.

۱ مقدمه

در چند سال اخیر باند باریکی از سیگنالهای با فرکانس پایین (۴-۱ هرتز) در بالای شماری از مخازن هیدروکربنی مشاهده و گزارش شده اند. آزمایشات امواج لرزه‌ای Passive متعددی در میدانهای نفتی و گازی در نقاط مختلف دنیا به منظور تایید حضور این سیگنالها و تشخیص منبع آنها انجام شده است. مشاهدات نشان می‌دهند که این ناهنجاری طیفی در لبه‌های مخزن کاهش می‌یابند و در موقعیتهای دور از مخزن ناپدید می‌شوند. (دانگل و همکاران، ۲۰۰۳؛ هلزنر و همکاران، ۲۰۰۵؛ لامبرت و همکاران، ۲۰۰۷؛ سنجر و همکاران، ۲۰۰۹؛ علی و همکاران، ۲۰۰۹). امواج منتشر شده در زمین در عبور از مخازن هیدروکربنی باعث تحریک آنها شده و سیگنالهای با فرکانس پایین توسط یک رفتار غیر خطی بین هیدروکربنهای مایع، آب و محیط‌های متخلخل در مخزن ایجاد می‌شوند و طیف لرزه ای نوسانات طبیعی زمین را تغییر می‌دهند. اغلب آزمایشات انجام شده حضور این ناهنجاری را در مولفه قائم در بالای مخازن هیدروکربنی تایید میکنند. با محاسبه طیف مولفه قائم و افقی امواج لرزه ای و نسبت آنها (V/H) در بازه فرکانسی ۱۰-۱ هرتز حضور ناهنجاری مرتبط با میکروترموهای هیدروکربنی قابل بررسی می‌باشد. جهت ارزیابی ناهنجاری طیفی و مقایسه آن در موقعیت های بالای مخزن و دور از آن مشخصه انتگرالی (SA-IZ) محاسبه میشود. تحقیقات میکروترموهای فرکانس پایین با هدف تعیین موقعیت مخازن هیدروکربنی، یک تکنولوژی نوین در حال بررسی و رو به رشد است که بر تکنیک آنالیز داده های Passive متمرکز میباشد. آنالیز این امواج به عنوان نشانگرهای مستقیم هیدروکربنها می‌تواند در تعیین موقعیت مخزن، بهینه‌سازی موقیت چاه در طول اکتشاف، کاهش محدوده مطالعات به روشهای مرسوم (لرزه نگاری، گرانی سنجی، مغناطیس سنجی و MT) و در نتیجه کاهش ریسک و هزینه مطالعات به کار برده شود. در این مقاله نتایج آزمایشات لرزه ای Passive در جنوب غرب ایران ارائه میگردد.

۲ شبکه لرزه نگاری

در این مطالعه ۵ سائزومتر باند پهن سه مولفه ای برای ثبت امواج لرزه‌ای passive نصب شده اند. ایستگاههای ۳ و ۴ در شمال شرقی مخزن بر روی یال شرقی ساختمان تاق‌دیس قرار گرفته اند. ایستگاه ۵ در انتهای شمالی مخزن در بالای آن و ایستگاههای ۱ و ۲ در غرب مخزن در فاصله ۱ کیلومتری از تاق‌دیس و حدود ۳۰۰ متری از گسل قرار گرفته اند. ثبت داده ها از دسامبر ۲۰۰۵ آغاز گردید و تا آپریل ۲۰۰۷ ادامه یافت. در مجموع ۶۷۰۰ رویداد در ۵ ایستگاه در مدت ۱۶ ماه رکورد شده است. شکل (۱ الف) نقشه زمین شناسی منطقه، محدوده متوسط مخزن (خط قهوه ای رنگ) و موقعیت ایستگاهها را بر روی آن نشان می‌دهد.



شکل ۱. الف) محدوده متوسط مخزن (خط قهوه ای رنگ) و موقعیت ایستگاهها بر روی نقشه زمین شناسی منطقه. ب) سری زمانی مولفه های قائم و افقی سرعت، بازه زمانی با آشفتگی کمتر برای آنالیزهای بیشتر انتخاب شد (رنگ سبز).

۳ پردازش داده ها

داده های خام شامل نوسانات قوی مثل زلزله ها، خرد لرزه ها، نویزها و آشفتگی هایی می باشند که در برگزیده اغلب فرکانس ها با انرژی نسبتا بالا میباشد و میتوانند سیگنال های مورد نظر در محدوده ۱-۶ هرتز را بپوشانند، بنابراین لازم است قبل از محاسبه و بررسی مشخصه های لرزه ای، پنجره هایی که عاری از تداخل های مصنوعی و نوسانات

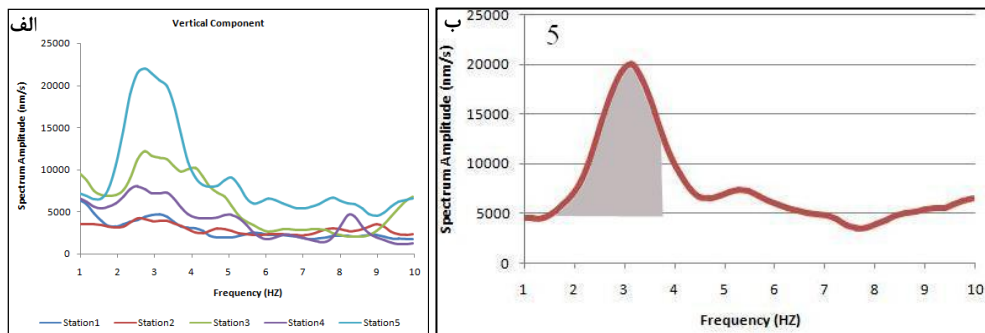
مذکور میباشند جهت پردازش انتخاب شوند. این مرحله ، اولین و مهمترین گام در پردازش داده ها می باشد که در دقت نتایج تاثیر بسزایی دارد. شکل (۱ ب) نمونه ای را نشان می دهد که داده مربوط به نوسانات قوی (پنجره آبی رنگ) در پردازش در نظر گرفته نشده است.

۴ دامنه طیف (SA)

پس از انتخاب پنجره های مناسب برای پردازش، طیف مولفه های قائم و افقی در بازه فرکانسی ۱ تا ۱۰ هرتز محاسبه شده است. روش استاندارد برای تعیین SA در بازه های زمانی ۳ ثانیه و سپس محاسبه ی میانگین حسابی آن برای همه ی اندازه گیری ها استفاده شده است. شکل (۳ الف) طیف داده های مولفه قائم را در هشتم اکتبر ۲۰۰۶ برای پنج ایستگاه ۱-۴ در اطراف مخزن و ۵ در بالای مخزن نشان میدهد. امواج با فرکانس ۲-۴ هرتز مقادیر SA بالایی را در ایستگاه ۵ دارا هستند. این ناهنجاری در ایستگاههای ۳ و ۴ کاهش می یابد و در ایستگاههای ۱ و ۲ تقریباً ناپدید می شود.

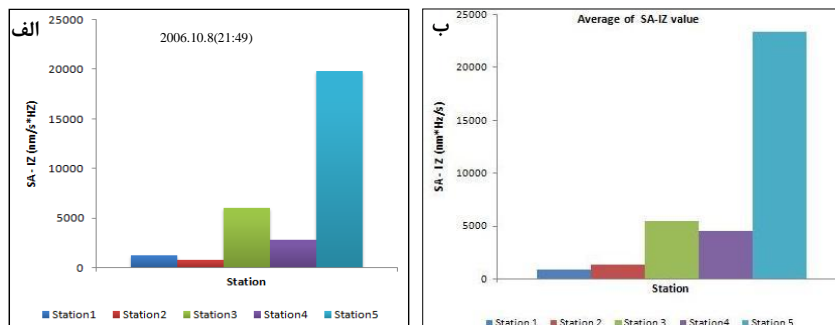
۵ SA-IZ

SA-IZ (Spectrum Amplitude-Integration Of Z-Component) یک مشخصه ی انتگرالی است که می تواند برای به تصویر کشیدن ناهنجاری های انرژی ریز نوسانات هیدروکربنی در داده های مولفه ی قائم به کار برده شود (سنجر و همکاران، ۲۰۰۹). در طیف داده ی مولفه ی قائم هر ایستگاه، مقدار SA-IZ با انتگرال گیری در بازه ی فرکانسی مرتبط با ناهنجاریهای مایکروترموهای هیدروکربنی (۳/۷-۱/۷ هرتز) ، تعیین شده است. به عبارت دیگر مقدار این مشخصه برابر است با مساحت سطح زیر منحنی طیف که در شکل (۳ ب) نشان داده شده است.



شکل ۳. الف) نمودار طیف مولفه ی قائم سرعت در ایستگاه های ۱ تا ۵ در بازه ی فرکانسی ۱-۱۰ هرتز ، ناهنجاری طیفی در فرکانس ۲-۴ هرتز از ایستگاه ۵ به ۱ کاهش می یابد. ب) نمودار طیف مولفه ی قائم سرعت در ایستگاه ۵ در بازه ی فرکانسی ۱-۱۰ هرتز ، ناحیه رنگی فرکانس ۳/۷-۱/۷ هرتز معرف مقدار SA-IZ می باشد.

شکل (۴ الف) مقدار SA-IZ محاسبه شده در هشتم اکتبر ۲۰۰۶ را در ۵ ایستگاه نشان می دهد. پس از محاسبه این مشخصه در کلیه رویدادها ، مقدار میانگین آن محاسبه و در شکل (۴ ب) ارائه شده است. مقدار میانگین SA-IZ در ایستگاه شماره ۵ نسبت به ایستگاههای دیگر قابل توجه می باشد.

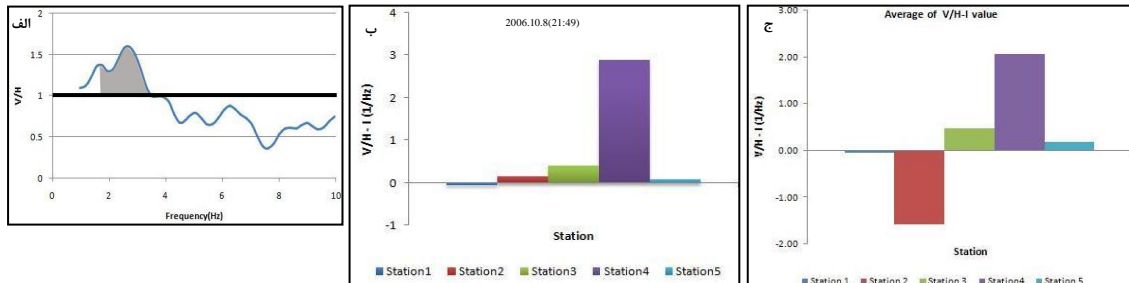


شکل ۴. الف) مقدار SA-IZ در ایستگاههای ۱ تا ۵ برای رویداد هشتم اکتبر ۲۰۰۶. ب) مقدار میانگین این مشخصه برای کل رویدادها

۶ نسبت مولفه قائم به افقی (V/H)

براساس گزارش لامبرت در سال ۲۰۰۷ نسبت مولفه قائم به افقی (V/H) در محدوده ی فرکانس های پایین ۱-۶

هرتز به حضور هیدروکربن ها مرتبط است و در موقعیت های بالای مخزن میزان آن در بازه فرکانسی مذکور بیش از یک می باشد. در این مطالعه نسبت طیف مولفه قائم به افقی برای ۵ ایستگاه ترسیم و سپس جهت به تصویر کشیدن میزان این مشخصه مساحت سطح زیرمنحنی (V/H-I) برای مقادیر V/H بزرگتر از یک در بازه $3/7 - 1/7$ هرتز محاسبه شده است. شکل (۵ الف). شکل (۵ ب) مقدار سطح زیر منحنی محاسبه شده در رویداد هشتم اکتبر ۲۰۰۶ و شکل (۵ ج) مقدار میانگین آن برای کلیه رویدادها را نشان میدهد. نتایج نشان دهنده مقادیر بالای V/H در بالای مخزن نمی باشند. به عبارت دیگر این مشخصه نسبت به موقعیت مخزن حساس نمیباشد و تغییرات آن در بالای مخزن و یا دور از آن از قانون معینی تبعیت نمی کند.



شکل ۵. الف) نسبت طیف مولفه قائم به افقی در ایستگاه شماره ۵، ناحیه رنگی معرف (V/H-I) می باشد. ب) مقدار (V/H-I) در ایستگاههای ۱ تا ۵، رویداد هشتم اکتبر ۲۰۰۶. ج) مقدار میانگین این مشخصه برای کل رویدادها

۷ نتیجه گیری

آزمایشهای امواج لرزه‌ای با چشمه‌های طبیعی وجود سیگنالهای با فرکانس پایین حدود ۶-۱ هرتز را در بالای مخازن هیدروکربنی نشان می‌دهند. با مقایسه‌ی طیف داده‌ها، مشخصه‌ی SA-IZ و نسبت مؤلفه‌ی قائم به افقی (V/H) در بالای مخزن، لبه آن و دور از آن مشاهده می‌شود که این ناهنجاریها در ایستگاههایی که در بالای مخازن هیدروکربنی واقع شده اند، افزایش می‌یابد. آزمایشات انجام شده در جنوب غرب ایران حضور سیگنالهای نامبرده را با فرکانس ۴-۲ هرتز در بالای مخزن (ایستگاه شماره ۵) تایید میکند. طیف داده ها حاکی از وجود امواج با انرژی بالایی در فرکانس نامبرده در بالای مخزن میباشد. این امر عامل وجود مقادیر بالای SA-IZ در بالای مخزن میشود. بر اساس نتایج بدست آمده ناهنجاریهای طیفی در ایستگاههای ۱، ۲، ۳ و ۴ که در اطراف مخزن واقع شده اند بسیار کاهش می یابند و در برخی موارد ناپدید می شوند. نتایج نشان داده اند که می توان از دو مشخصه (SA-IZ), (SA) به عنوان نشانگرهای مستقیم مخازن هیدروکربنی استفاده نمود. مقادیر نسبت طیف مولفه قائم به افقی نشان میدهد که این مشخصه از قانون معینی نسبت به موقعیت مخزن هیدروکربنی تبعیت نمی کند. به همین دلیل همانطور که در (سنجر و همکاران، ۲۰۰۹) بحث شده از این مشخصه به عنوان مؤید نتایج حاصل از مقادیر SA-IZ استفاده می شود و تفسیر آن با در نظر گرفتن نتایج حاصل از بررسی مشخصه‌های دیگر صورت می‌گیرد.

منابع

- Ali M.Y., Berteussen K.A., Small J. and Barkat B., 2009, Low frequency, passive seismic experiment over a carbonate reservoir in Abu Dhabi, United Arab Emirates; implications for hydrocarbon detection: Geophysical prospecting, doi: 10.1111/j.1365-2478.2009.00835.x, 1-25.
- Dangel S., Schaepman M. E., Stoll E.P., Carniel R., Barzandji O., Rode E.D. and Singer J.M., 2003, Phenomenology of tremor-like signals observed over hydrocarbon reservoirs: Journal Volca. Geoth. Res., **128**, 135-158.
- Holzner, R., Eschle, P., Zurcher, H., Lambert, M., Graf, R., Dangel, S., and Meier, P.F., 2005, Applying microtremor analysis to identify hydrocarbon reservoirs. First Break, **23**, 41-46.
- Lambert, M., S. M. Schmalholz, Y. Y. Podladchikov, and E. H. Saenger., 2007, Low frequency anomalies in spectral ratios of single station microtremor measurements: Observations across an oil and gas field in Austria: 77th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 1352-1356.
- Saenger E. H., Schmalholz S. M., Lambert M. A., Nguyen T. T., Torres A., Metzger S., Habiger R. B., Müller T., Rentsch S. and Hernández E. F., 2009, A passive seismic survey over a gas field: Analysis of low-frequency anomalies: Geophysics, **74**, NO. 2, 29-40.