



رویکرد جدید در بهبود برداشت از مخازن نفت و گاز به روش انگیزش صوتی

بهاره آقایی¹، صادق صفارزاده²، یلدا منصوری¹

1. دانشجوی کارشناسی مهندسی بهره برداری نفت، دانشگاه کاوش

2. شرکت ملی نفت، مرکز آموزش محمودآباد، sadegh.saffarzadeh@gmail.com

چکیده

دستیابی به حداکثر بازیافت از مخازن نفت و گاز از مهمترین اهداف مهندسين نفت است. به این منظور، روش های افزایش برداشت رایج در طول سال ها به کار گرفته شده است. اما این روش ها دارای معایبی همچون هزینه های بالا و خطرات انسان و محیط زیست می باشند. استفاده از امواج فراصوت برای تمیز کردن دستگاه های صنعتی برای سال ها مورد استفاده قرار می گیرد. کاربرد این امواج به عنوان یک تکنولوژی جدید در بسیاری از صنایع از جمله مهندسی نفت رو به توسعه و گسترش می باشد. این امواج را می توان برای از بین بردن آسیب های نزدیک چاه های تولیدی و همچنین از بین بردن ذرات رسوب شده روی دیواره چاه ها مورد استفاده قرار داد. با توجه به مزایای قابل توجه استفاده از امواج مافوق صوت نسبت به روش های معمول در پاکسازی دیواره چاه، می توان آینده خوبی را برای توسعه این روش در ازدیاد برداشت از مخازن نفت متصور بود. در این مطالعه پس از معرفی امواج صوتی به بررسی تاثیر انگیزش صوتی بر تولید نفت و امکان سنجی استفاده از آن پرداخته خواهد شد.

تولید گردد. رسوباتی مانند موم و آسفالتین، می تواند مانع عبور جریان سیالات از خلل و فرج سنگ و ورود آن به دهانه چاه گردد. در مخازن نفتی حدود 60 درصد نفت در جای اولیه بعد از برداشت اولیه و ثانویه به خاطر فاکتورهای فیزیکی و زمین شناسی به صورت نفت باقیمانده باقی می ماند. باروش های برداشت بهبود یافته (IOR) می توان نفت بیشتری، را به حرکت درآورد. امروزه محققان به دنبال یافتن روش های با بازدهی بالا و هزینه پایین برای افزایش برداشت از مخازن هستند. برای از بین بردن رسوبات موضعی، از روش های متداول متفاوتی از جمله تزریق حلال و اسید و همچنین عملیات ایجاد شکاف و شکستن با فشار بالا استفاده می گردد. اما این روش ها دارای معایبی همچون هزینه بالا، از دست دادن بخشی از تولید و اثرات زیست محیطی مختلف (HSE) می باشند. وجود این مشکلات،

1- مقدمه

یکی از نگرانی های مهم در مدیریت منابع هیدروکربوری بررسی دلایل کاهش تولید از مخازن نفت و گاز است. عامل کاهش تولید در چاه که آسیب سازند نامیده می شود عمدتاً در ناحیه اطراف چاه رخ می دهد. این آسیب می تواند در مراحل حفاری و تکمیل چاه و یا در تولید از چاه اتفاق بیفتد. حفاری چاه همیشه سبب آسیب های مختلف به مخزن می شود بطور مثال سیال حفاری می تواند باعث رسوب ذرات در اطراف چاه گردد. همچنین در بهره برداری از منابع هیدروکربوری مهاجرت ذرات خاک رس، تولید شن، رسوبات سیال مخزن مانند آسفالتین و موم می تواند باعث کاهش

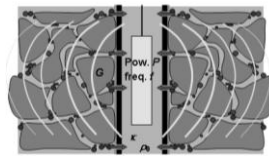
این نوع خدمات چاه، فعالیت داشتند. در بسیاری از موارد، به عنوان یک برنامه کاربردی برای هرچاه این روش زمان زیادی را صرف می‌کند و برای اکثر چاه‌ها عملیات مشبک کاری با استفاده از مواد انفجاری کافی به نظر می‌رسید [1].

روش شیمیایی: اسیدکاری یکی از روش‌های تحریک چاه‌ها است که ابتدا قبل از سال 1900 آغاز شده و از سال 1932 در دسترس تجاری قرار گرفت. گرچه اسیدزدایی تنها در طول دهه گذشته به عنوان یک علم مهندسی توسعه یافته است، اما پیش از آن پیشنهادات استفاده از اسید به طور عمده بر اساس سازگاری و تجربه در یک منطقه خاص بوده است. با وجودی که نتایج استفاده از آن خوب بود، تکنولوژی حاضر نشان می‌دهد که استفاده انحصاری از اسید در بسیاری از راه حل‌ها ناکارآمد است. پیشرفت تکنولوژی به پاکسازی و جلوگیری از رسوب ذرات درون چاه کمک زیادی نموده است.

روش مکانیکی و شیمیایی: شکافت با استفاده از اسید به طور معمول برای تحریک بسیاری از سازندهای کربناته حاوی هیدروکربور استفاده می‌شود. ما باید راه حل‌های بهینه سازی همزمان با افزایش تولید را طراحی نموده و پیش بینی پاسخ‌های خوب به رفتار مخزن و چاه را داشته باشیم. فرایند شکافت با استفاده از اسید دشوار و برای شبیه سازی پیچیده است، زیرا علاوه بر مدل سازی رشد شکاف هیدرولیکی، میزان واکنش شیمیایی باید پیش بینی شود [2].

مهندسان نفت را به دنبال روش‌های جدید برای غلبه بر مشکلات ترغیب می‌کند. آن‌ها با بررسی ژئوفیزیکی و مشاهدات مختلف کشف کردند که امواج لرزه‌ای تولید شده از زمین لرزه‌ها و همچنین لرزه‌های بوجود آمده توسط فعالیت‌های بشر می‌تواند تولید آب و نفت را تغییر دهد. این اتفاق کلید روش جدیدی برای افزایش راندمان نفت و حذف آسیب‌های ته چاه با استفاده از موج الاستیک، به نام "تحریک صوتی" است.

تحریک صوتی به انگیزش با استفاده از انرژی صوتی می‌گویند. انرژی صوتی در محدوده شنوایی انسان (فرکانس 20 تا 20000 هرتز)، بالاتر از فرکانس شنوایی (فرکانس 20000 هرتز به بالا) و در زیر محدوده شنوایی، (فرکانس 1 تا 20 هرتز) است. روش جدید "تحریک صوتی" به عنوان یک ابزار جالب و جایگزین برای افزایش بهره‌وری به خصوص در شیوه حذف آسیب و اثر سطحی به منظور افزایش نفوذ پذیری در اطراف چاه‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کند. در این روش می‌توان با کمک انرژی امواج صوتی ذرات سستی که منافذ اطراف چاه را مسدود کرده اند تحت تاثیر قرار داد و این ذرات با جریان سیال حمل شده و به بیرون از سازند منتقل گردند (شکل 1).



شکل 1: استفاده از امواج صوتی برای حرکت ذرات به درون چاه.

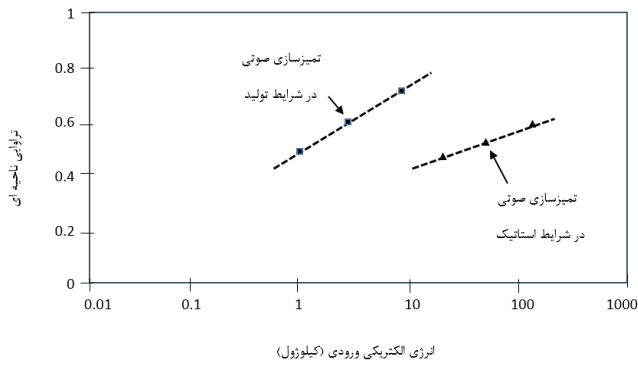
3- انگیزش توسط امواج صوتی

از امواج صوتی و فراصوتی برای حذف آلاینده‌ها و خاک از دستگاه‌های صنعتی در طول سال‌ها استفاده می‌شود. اما در صنعت نفت، امواج صوتی به طور سنتی برای بررسی و ارزیابی در طول فرایند لرزه‌نگاری دو بعدی و سه بعدی و همچنین نمودارگیری استفاده می‌شود. امواج صوتی نیز می‌توانند برای افزایش تولید به خصوص برای مبارزه با آسیب اطراف چاه و افزایش نفوذپذیری مورد استفاده قرار گیرند تا سیال بتواند با استفاده از تمیز کردن نزدیک چاه، جریان یابد. این موضوع در ابتدا توجه پژوهشگران ایالات متحده و اتحاد جماهیر شوروی را در اواخر دهه 1950 جلب کرد. استفاده اولیه از امواج فراصوت برای بهبود بازیافت نفت به دهه 1950 و 1960 برمی‌گردد که آن را در اوایل دهه 1970 در ایالات متحده به اوج خود رسانده بود. در سال 1950، و با مشاهداتی همچون افزایش سطح آب به علت زلزله و یا سایر صداهای محیطی به ویژه راه آهن، تحریک با استفاده از امواج الاستیک وارد صنعت نفت و گاز شد. برای مثال، در شکل 2 تغییرات

2- روش‌های متداول انگیزش چاه

روش‌های سنتی و رایج در انگیزش چاه‌ها استفاده از اسید و نفوذ آن به درون سازند به منظور پاکسازی اطراف چاه می‌باشد. این روش‌ها با اسیدپتیه کردن و شکستن هیدروژن برای مخازن مختلف، استفاده می‌شود. بعضی از روش‌های قابل اجرا به شرح زیر می‌باشند:

روش مکانیکی: در دهه 1980، تعداد کمی از شرکت‌های مرتبط با شکافت مخازن به دلیل هزینه بالای نیاز به پمپاژ فشار بالا و تکنولوژی مورد نیاز در



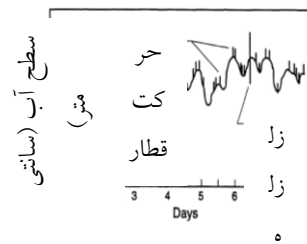
شکل 3: انگیزش صوتی در دو حالت استاتیک و شرایط تولید

یکی دیگر از مزایای استفاده از امواج صوتی این است که می توان ضمن پایش اطلاعات، بهینه سازی انجام عملیات انگیزش چاه را به انجام رسانید. به عبارتی این امکان فراهم است تا بطور انتخابی فواصل لایه‌های انتخابی آسیب دیده فقط مورد تحریک قرار گیرند و یا اینکه یک ناحیه چندین بار تا دست یافتن به نتیجه دلخواه مورد انگیزش قرار گیرد. علاوه بر آن، با توجه به عدم استفاده از مقادیر زیادی سیال خورنده و دستگاه‌های پمپاژ با فشار بالا می تواند به عنوان یک روش ایمن از دیدگاه HSE مورد استفاده قرار گیرد. شکل گیری هیدرات در لوله‌های تولید و انتقال در عملیات دریایی یکی از نگرانی‌های مهم مهندسان بهره برداری است. برای حذف این مشکل روش‌های مختلف مانند استفاده از حلال‌ها انجام می‌شود. اما موج صوتی فرکانس بالا می‌تواند جایگزینی مناسب برای این روش‌ها و از بین بردن اثر منفی آن‌ها بر تولید باشد. از محدودیت‌های استفاده از روش صوتی به منظور تحریک چاه می‌توان به محدودیت استفاده در مخازن با ضخامت کم، تخلخل و تراوایی پایین و گرانشی بالا اشاره کرد. تخلخل حداقل 5 درصد و سیال مخزن با ویسکوزیته کم (کمتر از 0.01) و مقدار گاز بالا (بیش از 10 متر مکعب گاز در متر مکعب کل سیال) قابل استفاده است. [1]. بر اساس مطالعات انجام شده محدوده فرکانس مناسب برای پاکسازی دیواره چاه بین 20 تا 40 کیلو هرتز می باشد و شعاع موثر پاکسازی توسط امواج فراصوت حدود دو برابر شعاع چاه است.

4- امکان سنجی

استفاده از انرژی مافوق صوت برای بالا بردن میزان برداشت از مخازن نفتی از دهه های گذشته مورد توجه واقع شده است. با مقایسه بین روش

شدید در سطح آب در یک چاه 52 متری در فلوریدا به دلیل عبور قطار و وقوع زلزله نشان داده می شود [3]. (شرنبرون 1954) توصیه می‌کند که تحریک موج صوتی یا فراصوت در یک رسوب نفتی در طی جریان مایع یا محرک گاز برای افزایش بهره‌وری استخراج توصیه می‌شود [4]. در اتحاد جماهیر شوروی، اولین آزمایش‌های صنعتی از روش صوتی برای تحریک مخزن در سال 1975 آغاز شد [5]. این روش در تعدادی از چاه‌های تولیدی با میزان موفقیت کلی حدود 52 درصد استفاده شده است. در سال‌های اخیر تحقیقات مدون بسیاری در زمینه تاثیر و مکانیسم‌های امواج صوتی در کاهش آسیب اطراف چاه انجام گرفته است. مولاکاو و همکاران با آزمایش تحریک چاه توسط امواج مافوق صوت نشان داد که این روش می تواند تاثیر قابل قبولی روی انگیزش چاه داشته باشد [6].



روز

شکل 2: تغییرات سطح آب در یک چاه 52 متری در فلوریدا به علت عبور قطار و وقوع زلزله [3].

یکی از مزایای اصلی تحریک صوتی در مقایسه با روش‌های متعارف این است که هزینه‌ها را کاهش می دهد. این کاهش هزینه شامل ارزان تر بودن استفاده از دستگاه‌ها و مواد مصرفی، جلوگیری از خوردگی ابزارهای درون چاهی به دلیل عدم استفاده از اسیدها و سیالات خورنده و همچنین عدم نیاز به توقف تولید نفت از چاه می‌باشد. این روش را می توان تحت شرایط استاتیک استفاده نمود، اما نیاز به مقدار بیشتری از اعمال انرژی دارد (شکل 3) [7].

برای دستیابی به حداکثر بازیافت از مخازن نفت و گاز استفاده از روش انگیزش صوتی می توان به عنوان روش جایگزین و یا همراه با دیگر روش های مرسوم مورد استفاده قرار گیرد. در این مقاله ضمن بیان روش های انگیزش چاه به معرفی روش تحریک صوتی پرداخته شد. از محدودیت های پیش رو در استفاده از انگیزش توسط امواج صوتی می توان به نیاز به طراحی ابزار حفاری خاص و پرتو افکنی با شدت و بسامد بالا اشاره نمود اما با توجه به مزایای زیادی که این روش دارد می تواند در آینده بعنوان روش های متداول در انگیزش چاه ها مورد استفاده قرار گیرد. به طور خلاصه مزایای تحریک صوتی را می توان در موارد زیر بیان نمود:

- امکان انجام انگیزش در شرایط زیر تعادلی که در آن نیازی به تعطیلی چاه نیست (انگیزش در طول تولید) و همچنین امکان استفاده در لایه های منتخب برای انجام انگیزش چاه در اعماق مختلف
- عدم نیاز به طراحی تزریق سیالات پیچیده و جلوگیری از کار با سیالات خطرناک، ساینده و خورنده
- هزینه های عملیاتی ارزان تر با کارایی قابل قبول
- سازگار با محیط زیست مطابق قوانین HSE و یک روش ایمن برای انسان

منابع

- [1] Beresnev, I.A. and Johnson, P.A.: "Seismic Stimulation of Oil Reservoirs: A Review of Theory and Methods", Geophysics 59 No. 6 (1000), 1993.
- [2] Economides M.J., Reservoir Stimulation, Prentice Hall, New Jersey, 1989.
- [3] Parker, G. G., and Stringfield, V. T., Effects of earthquakes, trains, tides, winds, and atmospheric pressure changes on water in the geologic formations of Southern Florida: Econ. Geol., 45, 1950.
- [4] Sherbome, J. E., Recovery of hydrocarbons: USA Patent, 1954.
- [5] Simkin, E. M., and Lopukhov, G. P., Vibro-wave and vibro-seismic methods of oil reservoirs stimulation (a review), Ser. Oil Industry (Neftianaya Promyshlennost'), no.15: AllUnion Research Institute of Organization, Management and Economics of Oil and Gas Industry (VNIOENG) (in Russian), 1989.
- [6] Mullakaev, M. S., Abramov, V. O., Abramova, A. V., Development of ultrasonic equipment and technology for well stimulation and enhanced oil recovery, Journal of Petroleum Science and Engineering, 125, 201-208, 2015.
- [7] Sau-Wai Wong, Fred van der Bas, Jeroen Groenenboom, Pedro Zuiderwijk, Near Wellbore Stimulation by Acoustic Waves, SPE 82198, Netherlands 13-14 May 2003.

های مرسوم در بازیابی نفت به این نکته می توان پی برد که بازیابی نفت توسط روش امواج مافوق صوت دارای شایستگی های بیشتری نسبت به بقیه روش هاست. البته حوزه استفاده از این روش بیشتر به این دلایل مورد توجه قرار گرفت که دارای مزایای خاصی نسبت به دیگر روش ها بود و این مزایا مواقعی به کمک مهندسی می آید که مشکلاتی از قبیل موارد زیر بوجود آید:

- هنگامی که چاه توسط گل حفاری که به مدت زیادی جریان داشته و به خاطر مصرف بیش از حد گل دچار آسیب شده باشد.
- چاه هایی که تزریق آب و اسید در آن ها بی فایده بوده و تاثیری در ازدیاد برداشت نداشته باشند.
- چاه هایی که دارای پتانسیل بالا برای تولید و بهره دهی هستند اما قدرت تولیدی آنها کم است.
- چاه های دارای نفت سنگین و پارافین.
- چاه های آسیب دیده توسط نمک و رسوبات.

به منظور تصور پتانسیل واقعی از فراسوت در تحریک چاه نفت، لازم است که پدیده موج، خواص آن، پارامترهای تعیین کننده رفتار آن و عکس العمل محیطی که در آن نفوذ می کند بررسی شود. در این تحریک مهمترین عوامل، تداخل فازها و هندسه هستند. اثرات پارامترهای فراسوت بر روی محیط های متخلخل به خوبی شناخته نشده است. قدرت امواج به عوامل مختلفی همچون روش های تکمیل (باز، چاه جدا، دار)، هندسه شعاعی از انتشار موج، محیط الاستیک (ماتریس) بستگی دارد. تنها راه افزایش بهره وری در ناحیه های کم نفوذ ناپایدار ایجاد کانال های شیاردار یا شکستگی طولانی است که در آن سیال می تواند به راحتی به چاه نفوذ کند؛ به وضوح تحریک با استفاده از امواج فراسوت نمی تواند با ایجاد کانال نفوذپذیری را به همان اندازه که روش های متداول افزایش میدهد؛ بنابراین، برای مخازن بدون شکستگی توصیه نمی شود.

از امواج فراسوت می تواند برای گرم کردن یا شکستن امولسیون در چاه هایی با سیالات با گرانروی بالا مانند روغن سنگین و یا امولسیون روغن استفاده شود، اما سایر تکنیک های گرمایش و تعلیق شکنی در این زمینه کارایی بیشتری دارند.

5- نتیجه گیری