

روش های بهبود تولید در مخازن نفتی

سمیرا جباری، مهدی رضوی فر، علیرضا روزبهانی، محمدحسین سجادیان



World Petroleum Council
I.R. IRAN National Committee

انتشارات زرنوشت

تهران - ۱۳۹۹

سرشناسه	:	حیدری، سمیرا، ۱۳۶۴-
عنوان و نام پدیدآور	:	روش‌های بهبود تولید در مخازن نفتی / مؤلفان: سمیرا حیدری، مهدی رضوی‌فر، علیرضاروزبهانی، محمد حسین سجادیان
مشخصات نشر	:	زرنوشت، ۱۳۹۹
مصادرات ماهری	:	ص. ۳۱۶
شابک	:	۹۷۸ - ۶۲۲ - ۷۲۷۹ - ۹۰ - ۰
وسمیت فهرست‌نویس	:	فیبا
شناسه روده	:	رضوی‌فر، مهدی، ۱۳۷۱-
شناسه افزودن	:	روزبهانی، علیرضا، ۱۳۷۰-
شناسه افزوده	:	سجادیان، محمدحسین، ۱۳۶۷-



انتشارات زرنوشت

تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی،

کوچه مهدی‌زاده، شماره ۲۲، واحد ۱۹

تلفن: ۰۹۰۲۴۸۶۸۹۵۶ - ۶۶۴۷۹۶۱۵ - ۶۶۴۳۵۶۳۷

www.zarnevsh.com

روش‌های بهبود تولید در مخازن نفتی

مؤلفان: سمیرا حیدری، مهدی رضوی‌فر، علیرضاروزبهانی،

محمد حسین سجادیان

• چاپ اول: ۱۳۹۹ • شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه • ناشر: زرنوشت

شابک: ۹۷۸ - ۶۲۲ - ۷۲۷۹ - ۹۰ - ۰

قیمت: ۶۰,۰۰۰ تومان

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب برای مؤلفان محفوظ است.

پیشگفتار

علی‌رغم رشد صادرات محصولات غیر نفتی، نفت هنوز عمده‌ترین منبع درآمد ارزی و تأمین‌کننده بیش از ۹۰ درصد انرژی اولیه مورد نیاز کشور است. با این حال این بخش از نظر امکان تداوم تولید در بلند مدت با مشکلات و محدودیت‌هایی روبه‌رو است؛ که لازم است با توجه به رشد جمعیت و نیازهای توسعه اقتصاد کشور طی سال‌های آینده، در جهت رفع این محدودیت‌ها از هم‌اکنون اقدام‌های جدی در خصوص افزایش توان تولید و بهینه‌سازی مصرف داخلی، صورت گیرد. این اقدامات با توجه به افزایش تقاضای جهانی نفت و در درآینده می‌تواند جایگاه جمهوری اسلامی ایران را در بین کشورهای عضو اوپک و جهان حفظ نماید.

بر اساس اطلاعات و آمار موجود، مد از مرحله اول تولید نفت به روش طبیعی (Production Natural) مقدار زیادی از نفت اولیه در مخزن باقی می‌ماند. این مقدار از نفت بسیار با ارزش بوده و سرمایه‌گذاری جهت تولید آن دارای اهمیت بسزایی است. یک مخزن (بویژه مخزن نفت سنگین) بعد از تولید مقداری نفت اولیه دچار افت تولید می‌شود. با توجه به اینکه اقتصاد کشورمان در حد زیادی به نفت وابسته است؛ ضرورت مشخصاً بیشتر این ماده و تبدیل آن به محصولات با ارزش افزوده بالا احساس می‌شود. بنابراین وجود روش‌هایی که بتوان با آن تولید را افزایش داد و یا مقداری از نفت باقیمانده در مخزن را به صورت اقتصاد تولید نمود، حائز اهمیت فراوان است. برای حفظ و افزایش فشار مخزن ممکن است سیالات مختلفی به آن تزریق شود. این کار بازیابی ثانویه نام دارد. معمولاً در این حالت از تزریق آب یا تزریق گاز غیر محلول استفاده می‌شود.

لازم به ذکر است که سیال تزریقی نمی‌تواند تمام نفت را جابجا کند؛ زیرا مقدار قابل ملاحظه‌ای از نفت در منافذ سنگ‌ها به دام می‌افتد. بازده کلی عملیات مرحله دوم به تعداد و محل تزریق‌کننده‌ها، مشخصات مخزن، مشخصات نفت و عوامل دیگری بستگی دارد. در صورتی که ادامه عملیات تولید نفت توسط بازیابی ثانویه توجیه اقتصادی نداشته باشد، از روش بازیابی مرحله سوم

استفاده می‌شود. روش‌های بازیابی مرحله سوم را روش‌های ازدیاد برداشت نفت می‌نامند.

ازدیاد برداشت نفت به وسیله روش‌های مختلفی از جمله کاهش گرانشی نفت (روش‌های گرمایی) یا به وسیله کاهش نیروهای موئینگی یا تنش سطحی (سیلاب‌های شیمیایی) صورت می‌گیرد. متوسط درصد بازیابی نفت از عملیات مرحله اول تولید طبیعی حدود ۱۹ درصد، عملیات مرحله دوم ۳۲ درصد (۳۲ درصد نفت باقی مانده از مرحله اول) و عملیات مرحله سوم ۱۳ درصد (۱۳ درصد نفت باقی مانده از مرحله اول و دوم) می‌باشد. به کارگیری روش‌های ازدیاد برداشت نفت در جهان رو به گسترش بوده و از این طریقه میانگین بازدهی مخازن نفتی به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. اگرچه عملاً استحصال تمام نفت کشف شده از ذخائر ممکن نیست، اما پتانسیل موجود برای افزایش درصد بازیافت بسیار بالا می‌باشد. لازم به ذکر است ایران ۹ درصد مخازن نفت و ۱۵ درصد مخازن گاز دنیا را دارد.

به منظور بسترسازی برای استفاده در چندین کشور از روش‌های بهبود و افزایش تولید نفت در ایران، نگارش و تالیف این کتاب انجام شده و سعی شده روش‌های متنوع و مختلف موثر در افزایش تولید نفت به تفصیل و جامع معرفی و توضیح داده شود. شاید ذکر است؛ که کتاب پیش رو حاصل تلاش و تجارب نویسندگان می‌باشد و مطالب ارائه شده حاصل از ابداع نیست. در صورت هر گونه انتقاد یا پیشنهاد می‌توانید با نویسندگان از طریق آدرس‌های ایمیل موجود تماس باشید.

با تشکر

تم نویسندگان

۱. سمیرا حیدری - سرپرست گروه تحقیق و توسعه شرکت پتروپارس قدرت - Samira.heidari.b@gmail.com

مهدی رضوی‌فر - دانشجوی دکتری مهندسی نفت دانشگاه شیراز - مدیرعامل شرکت آموزشی ویرا - مسئول تیم‌های تحقیقاتی و پژوهش

کمیته جهانی نفت WPC در ایران - Mahdi.razavifar@gmail.com

علیرضا روزبهانی - کارشناسی ارشد مهندسی مخازن دانشگاه تربیت مدرس - مهندس بهره‌بردار در شناور فرآوری کوروش، لایه نفتی پارس

جنوبی - هماهنگ کننده تیم ازدیاد برداشت کمیته جهانی نفت WPC در ایران - Roozbahaniaalireza@yahoo.com

محمد حسین سجادیان - کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - گرایش فرآوری و انتقال گاز - اپراتور اتاق کنترل برد کمپرسورخانه آمونیاک

پنروشی شیراز - M.hossein.sajjadian@gmail.com

فهرست مطالب

پیشگفتار..... ۳

فصل اول: اطلاعات عمومی در مورد نفت..... ۱۳

۱-۱- تشکیل نفت..... ۱۳

۱-۲- ترکیب نفت..... ۱۴

۱-۳- خواص فیزیکی نفت و نحوه محاسبه آنها..... ۱۴

۱-۴- وزن مولکولی..... ۱۵

فصل دوم: کاربرد روشهای اورداس داشت در مخازن نفتی کشور..... ۱۹

۲-۱- تزریق گاز و آب به میادین نفتی..... ۲۰

فصل سوم: تعاریف و مفاهیم اولیه..... ۲۷

۳-۱- انواع سنگ مخزن..... ۲۷

۳-۲- درجه تخلخل..... ۲۸

۳-۳- نفوذ پذیری..... ۲۹

۳-۴- رابطه بین نفوذ پذیری و درجه تخلخل..... ۳۰

۳-۵- ضریب مقاومت الکتریکی مخازن..... ۳۰

۳-۶- ضریب حجمی..... ۳۱

۳-۷- درجه پیچش..... ۳۱

۳-۸- قانون دارسی..... ۳۲

۳-۹- تحرک و نسبت تحرک ها..... ۳۳

۳-۱۰- درجه سیر شدن..... ۳۴

۳-۱۱- شرایط مخازن - تغییرات فشار و دما..... ۳۵

۳-۱۲- تعریف انواع مخازن..... ۳۷

- ۳-۱۳- ازدیاد برداشت نفت ۳۹
- ۳-۱۴- ارزیابی و تحلیل انواع آسیبهای مخازن نفتی ۴۰

فصل چهارم: روشهای اولیه تولید از مخزن ۵۱

- ۴-۱- مکانیزمهای طبیعی ۵۱
- ۴-۲- مکانیزمهای حفظ فشار مخزن ۵۸
- ۴-۳- کنترل توان ماسه در مخازن ۶۰
- ۴-۴- کنترل ماسه از طریق کاهش نیروهای حرکتی ۶۳
- ۴-۵- کنترل ماسه از طریق ساخت کدن مصنوعی سازند ۶۳
- ۴-۶- کنترل مکانیکی تولید ماسه ۶۴
- ۴-۷- پارامترهای اجرایی ۶۸
- ۴-۸- پارامترهای غیر قابل کنترل ۶۹
- ۴-۹- پارامترهای عملیاتی ۷۰

فصل پنجم: معادلات دیفرانسیل برای جریان شعاعی در محیطهای متخلخل ۷۱

- ۵-۱- معادلات حاکم بر جریان سیالات در حالت‌های پایا و گذرا ۷۲
- ۵-۲- ساخت فشار در اثر بسته شدن چاه در حالت پایا ۷۹
- ۵-۳- حل معادله سیال در جریان شعاعی برای حالت نیمه پایا ۸۱
- ۵-۴- تأثیر بخار آب روی شاخص بهره‌دهی ۸۵
- ۵-۵- جریان شعاعی گازها در حالت پایا ۸۷

فصل ششم: ازدیاد برداشت نفت با تزریق آب ۸۹

- ۶-۱- مکانیسم رانش نفت بوسیله آب تزریقی ۹۰
- ۶-۲- فرآیند جابجایی بوکلی- لورت ۹۳
- ۶-۳- الگوی قرارگیری چاههای تزریقی آب ۹۵
- ۶-۴- راندمان جارویی ۹۶
- ۶-۵- عملیات روی آب تزریقی ۹۹
- ۶-۶- پمپهای تزریق آب ۱۰۰
- ۶-۷- الگوی تزریق آب ۱۰۰

۶-۸- محدودیت‌های تزریق آب ۱۰۱

فصل هفتم: ازدیاد برداشت با استفاده از تحریک چاه ۱۰۳

۷-۱- ایجاد شکاف هیدرولیکی در چاه ۱۰۳

۷-۲- انگیزش چاه با اسیدکاری ۱۱۶

فصل هشتم: تزریق آب کم‌شوره به مخازن نفتی ۱۲۷

۸-۱- تزریق آب کم‌شوره به مخزن ۱۲۷

۸-۲- مکانیزم‌های اثر آب کم‌شور ۱۲۹

۸-۳- آیا تغییر ترشوندگی مکانیزم اصلی است یا خیر؟ ۱۳۹

۸-۴- موارد میدانی تزریق آب کم‌شور به مخزن ۱۴۰

۸-۵- اثر گرانیروی بر میزان رده‌مان ازیافت نفت در تزریق آب به مخزن ۱۴۱

فصل نهم: تزریق آب هوشمند در مخازن نفتی ۱۴۵

۹-۱- تزریق آب هوشمند ۱۴۵

۹-۲- ارزیابی و تحلیل پیشینه تحقیق ۱۴۶

۹-۳- تأثیر یونهای دو ظرفیتی در بازده تولید نفت با تزریق آب درشت ۱۴۹

۹-۴- تأثیر دما بر بازده تزریق آب هوشمند در مخازن کربناته ۱۵۱

۹-۶- تأثیر غلظت یونهای $NaCl-So_4^{2-}$ موجود در آب دریا بر بازده تولید نفت ۱۵۲

۹-۶- تأثیر تزریق آب هوشمند بر کشش بین سطحی آب و نفت ۱۵۵

۹-۷- تأثیر انحلال Co_2 بر بازده تزریق آب هوشمند در مخازن کربناته ۱۵۶

۹-۸- تأثیر تزریق آب هوشمند در ترشوندگی مخازن کربناته ۱۶۰

۹-۸- مکانیسم جدید افزایش بازده تولید نفت از سنگهای کربناته در تزریق آب هوشمند ۱۶۲

۹-۱۰- جمع‌بندی ۱۶۵

فصل دهم: روش‌های گرمایی ازدیاد برداشت نفت ۱۶۷

۱۰-۱- تزریق سیالات گرم ۱۶۷

۱۰-۲- تزریق متناوب بخار آب ۱۷۰

۱۷۲	۱۰-۳- تزریق پیوسته بخار آب
۱۷۴	۱۰-۴- روش‌های احتراقی
۱۷۶	۱۰-۵- ریزش ثقلی به کمک بخار
۱۷۷	۱۰-۶- مشخصات عملیات ریزش ثقلی
۱۷۷	۱۰-۷- مشکلات فرآیند ریزش ثقلی
۱۷۸	۱۰-۸- گرم کردن مخزن به روش الکتریکی
۱۷۸	۱۰-۹- گرم کردن مخزن به روش الکترومغناطیسی
۱۷۹	۱۰-۱۰- متیسه، سبای حرارتی
۱۸۰	۱۰-۱۱- مقالات و گزارشات ارائه شده در خصوص تزریق بخار
۱۸۱	۱۰-۱۲- نتیجه گیری
۱۸۳	۱۰-۱۳- نمونه‌های موفق خارج روس‌های حرارتی

فصل یازدهم: کاربرد تزریق امولسیون در مخازن نفتی به منظور ازدیاد برداشت

۱۸۹	نفت
۱۸۹	۱۱-۱- مقدمه
۱۹۰	۱۱-۲- امولسیون
۱۹۲	۱۱-۳- عوامل موثر روی پایداری امولسیون آب-نفت
۱۹۳	۱۱-۴- نانو امولسیون
۱۹۴	۱۱-۵- نقش امولسیون در جلوگیری از تشکیل رسوب در خطوط انتقال
۱۹۵	۱۱-۶- روش‌های جداسازی امولسیون
۱۹۶	۱۱-۷- فرآیند نمک زدایی
۱۹۶	۱۱-۸- نتیجه گیری

فصل دوازدهم: ازدیاد برداشت نفت با تزریق گاز

۱۹۷	۱۲-۱- تزریق گاز به روش امتزاجی
۲۰۴	۱۲-۲- نامنظمی تخلخل و تراوایی
۲۰۷	۱۲-۳- شیب ساختمانی
۲۰۸	۱۲-۴- طبیعت نفت مخزن
۲۰۸	۱۲-۵- شرایط دما و فشار مخزن

۶-۱۲- سیالات اشباع در سنگ مخزن.....	۲۰۹
۷-۱۲- پراکندگی.....	۲۰۹
۸-۱۲- نفوذ.....	۲۰۹
۹-۱۲- تزریق نیتروژن و گازهای تولیدی.....	۲۱۰
۱۰-۱۲- مکانیزم ها.....	۲۱۱
۱۱-۱۲- محدودیت ها و مشکلات.....	۲۱۲
۱۲-۱۲- تزریق گاز هیدروکربنی.....	۲۱۲
۱۳-۱۲- مکانیزم ها.....	۲۱۲
۱۴-۱۲- تزریق گاز غنی شده.....	۲۱۳
۱۵-۱۲- تزریق گاز رقیق.....	۲۱۳
۱۶-۱۲- تزریق گاز فشار.....	۲۱۳
۱۷-۱۲- تزریق LPG.....	۲۱۴
۱۸-۱۲- محدودیتها و مشکلات.....	۲۱۴
۱۹-۱۲- تزریق گاز دی اکسید کربن.....	۲۱۵
۲۰-۱۲- تزریق گاز به صورت غیر امتزاجی.....	۲۱۸
۲۱-۱۲- تزریق امتزاجی گاز با فعال نمودن فرایند روش غازی (GAIGI).....	۲۱۹
۲۲-۱۲- عوامل مؤثر در راندمان تزریق گاز :.....	۲۱۹
۲۳-۱۲- تزریق VAPEX در مخازن نفت سنگین.....	۲۲۰
۲۴-۱۲- تأثیر پارامتر حلال و انتخاب بهینه آن.....	۲۲۳
۲۵-۱۲- تأثیر نحوه قرارگیری چاهها در فرآیند VAPEX.....	۲۲۵
۲۶-۱۲- تأثیر پارامتر دبی تزریق.....	۲۲۷
۲۷-۱۲- اثر دما در فرآیند VAPEX.....	۲۲۸

فصل سیزدهم: روشهای دیگر ازدیاد برداشت ۲۳۳

۱-۱۳- تزریق آب و گاز.....	۲۳۳
۲-۱۳- روشهای شیمیایی.....	۲۳۴
۳-۱۳- تأثیر محلول آب هوشمند و سورفکتانت بر ازدیاد برداشت نفت.....	۲۴۱

فصل چهاردهم: ازدیاد برداشت نفت با استفاده از روش فراصوت ۲۴۳

۲۴۴	۱-۱۴- بررسی پیشینه تحقیقاتی و کاربرد امواج فراصوت در صنعت نفت.....
۲۴۴	۲-۱۴- تاثیر امواج فراصوت بر روی آسفالتین نفت خام.....
۲۴۶	۳-۱۴- کاهش گرانشی نفت خام با استفاده از امواج فراصوت.....
۲۴۷	۴-۱۴- حذف پلاگها و رسوبات پارافینی نزدیک چاه تولیدی.....
۲۴۸	۵-۱۴- جلوگیری از رسوب نمکها.....
۲۴۹	۶-۱۴- نمکگیری از نفت خام.....
۲۵۰	۷-۱۴- امولسیون‌زدایی و آبیگری نفت خام به وسیله امواج فراصوت.....
۲۵۱	۸-۱۴- پاک‌سازی امحای افقی.....
۲۵۲	۹-۱۴- تاثیر اراج فراصوت در نفوذپذیری و تراوایی نسبی نفت خام.....
۲۵۳	۱۰-۱۴- کاربرد امواج فراصوت در برقیق آب به منظور ازدیاد برداشت.....
۲۵۴	۱۱-۱۴- کاربرد امواج فراصوت در اتصال نفت خام از لجن نفتی.....
۲۵۴	۱۲-۱۴- استفاده عملیاتی و مبرای امواج فراصوت به منظور تحریک چاه.....
۲۵۵	۱۳-۱۴- سیلابزنی CO ₂ به کمک امواج فراصوت.....
۲۵۷	۱۴-۱۴- سیلابزنی آب به کمک امواج فراصوت.....
۲۵۹	۱۵-۱۴- سیلابزنی سورفکتانت به کمک امواج فراصوت.....
۲۶۱	۱۶-۱۴- احتراق درجا به کمک امواج فراصوت.....
۲۶۲	۱۷-۱۴- کاتالیزورها به کمک امواج فراصوت.....
۲۶۴	۱۸-۱۴- تزریق مواد شیمیایی به کمک امواج فراصوت برای تحرک چاه.....
۲۶۵	۱۹-۱۴- نتیجه‌گیری.....

فصل پانزدهم: کاربرد امواج مغناطیسی در بهبود تولید از مخازن نفت..... ۲۶۹

۲۶۹	۱-۱۵- مقدمه.....
۲۷۰	۲-۱۵- کاربرد امواج مغناطیسی در صنعت نفت.....
۲۷۲	۴-۱۵- تاثیر میدان مغناطیسی در میکروآرگانیسمهای آب.....
۲۷۳	۵-۱۵- تاثیر میدان مغناطیسی بر کشش سطحی آب.....
۲۷۴	۶-۱۵- تاثیر میدان مغناطیس بر ترشوندگی سنگ.....
۲۷۴	۷-۱۵- تاثیر میدان مغناطیسی بر سیلاب زنی آب.....
۲۷۵	۸-۱۵- تاثیر میدان مغناطیسی بر رسانایی الکتریکی آب.....
۲۷۵	۹-۱۵- تاثیر میدان مغناطیسی بر اسیدکاری.....