

# شناخت و کنترل عملیاتی رسوب آسفالتین

روش‌های شناسایی، پیشگیری و رفع رسوب  
به‌همراه واردات و نیات‌های میدانی و روش‌های تئوری آزمایشگاهی

پروفسور رضا مسیحی بی‌بهانی

استاد دانشگاه صنعت نفت

مهندس حسین عامری

دکتر مهدی زینلی حسونند



آییز

این اثر، مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر، نشر یا پخش کند، مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

|                     |                                                                  |
|---------------------|------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | مسئوبی بهیانی، رضا. ۱۳۳۹-                                        |
| عنوان و نام پدیدآور | شناخت و کنترل عملیاتی رسوب آسفالتین... / رضا مسیوبی بهیانی، حسین |
| مشخصات نشر          | عامری، مهدی زینلی حسنوند.<br>تهران: آبیژ، ۱۳۹۹.                  |
| مشخصات ظاهری        | ۲۸۰ ص.                                                           |
| شابک                | 978-964-970-676-4                                                |
| وضعیت فهرست نویسی   | فبیا                                                             |
| موضوع               | آسفالتین                                                         |
| موضوع               | Asphaltene                                                       |
| موضوع               | رسوب زدایی                                                       |
| موضوع               | Sediment control                                                 |
| موضوع               | نفت -- میدان ها                                                  |
| موضوع               | Oil field                                                        |
| شناسه افزوده        | عامری، حسین، ۱۳۷۲-                                               |
| شناسه افزوده        | سنوند، مهدی، ۱۳۶۶-                                               |
| رده بندی کنگره      | 1. 6 / 4                                                         |
| رده بندی دیویی      | 665 / 4                                                          |
| شماره کتابشناسی ملی | ۶۰۰۲۳                                                            |



### شناخت و کنترل عملیاتی رسوب آسفالتین

|               |                                                                    |
|---------------|--------------------------------------------------------------------|
| تألیف         | پروفسور رضا مسیوبی بهیانی، مهسا حسین عامری، دکتر مهدی زینلی حسنوند |
| ناشر          | آبیژ                                                               |
| قطع           | وزیری                                                              |
| تاریخ چاپ     | ۱۳۹۹                                                               |
| تیراژ         | ۲۰۰                                                                |
| صفحات         | ۲۸۰                                                                |
| شابک          | ۹۷۸-۹۶۴-۹۷۰-۶۷۶-۴                                                  |
| دفتر انتشارات | تهران، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی نژاد غربی، پلاک ۲۱۵        |
| تلفن          | ۶۶۵۶۸۰۹۶-۸                                                         |

مرکز پخش کتابیران: تهران، خیابان لبافی نژاد، بین اردیبهشت و فروردین، پلاک ۲۳۸  
تلفن: ۶۶۴۱۲۴۷۴-۶۶۴۱۴۵۱۵-۶۶۴۱۱۱۷۳-۶۶۴۹۴۴۰۹ WWW.Ketabiran.ir

فروش اینترنتی WWW.Nakketab.com ناک کتاب سایت رسمی فروش کتاب آبیژ، نوپردازان و گهواره کتابیران

## پیشگفتار

آسفالتین یکی از پیچیده ترین ساختارهای مولکولی در نفت خام است که با رسوب کردن آن در هریک از فازهای تولید و فراورش، انتقال، پالایش و ... صنعت نفت و گاز، مشکلات عدیده ای را ایجاد می کند. علی رغم تحقیقات وسیعی که بر روی ساختار آسفالتین و شبیه سازی آن انجام شده است، همچنان به عنوان یک ساختار ناشناخته با عملکرد غیر قابل پیشبینی معرفی می شود. محققین زیادی در سراسر دنیا، برای رفع این مشکل پیشنهاداتی داده و به صورت عملیاتی برای رفع آن اقدام کرده اند. تمامی این پژوهش ها چه در بحث شبیه سازی و برنامه نویسی و چه در بخش های آزمایشگاهی، به جهت کاهش آسیب ها و هزینه های ناشی از آن انجام شده است.

مباحث مربوط به رسوب آسفالتین و رفع آن، یکی از بخش های اساسی رشته های مهندسی نفت، مهندسی گاز و مهندسی شیمی در سطوح مختلف را شامل می شود. همچنین در صنعت نفت و گاز کشور، یکی از رایج ترین مشکلات در مخازن پدیده کرنی، ستون چاه، تجهیزات سرچاهی، خطوط توزیع و انتقال و پالایشگاه ها ناشی از رسوب آسفالتین می باشد. لذا در کتاب حاضر تلاش شده که برای دانشجویان رشته های تحصیلی نام برده و مهندسين و محققين حاضر در صنعت، مازوم و دانش های مطالعه رسوب آسفالتین به صورت جامع مطرح شود و با اتکا بر راهکارهای علمی و صنعتی گذشته، نیاز لازم در مسیر مطالعه، یادگیری و پژوهش به هدف رفع مشکل مذکور، انجام گیرد. کتاب حاضر، حاصل زحمات تحقیقات فراوان اینجانبان در حوزه تئوری و عملیاتی صنعت نفت می باشد. تمرکز این کتاب بر روی ساختار، مکانیسم، روش های تئوری و عملیاتی رسوب آسفالتین به عنوان یکی از معضله های اساسی صنعت نفت بوده و تلاش شده تا با ذکر مثال ها و شبیه سازی های آزمایشگاهی، طریقه انجام آزمایش ها و شبیه سازی ها برای پژوهشگران و دانشجویان سرافه مند، شرح داده شود. با پژوهش های گسترده ای که طی چندین سال انجام شده است، بانک اطلاعاتی وسیعی از تحقیقات و پروژه های علمی گذشته چه در حوزه صنعت و چه دانشگاهی جمع آوری شده، تا بتوان با مروری بر روی راهکارهای دانشمندان مسیری هموار برای علاقه مندان در این حوزه روشن ساخت. کمتر کتابی در حوزه بین المللی تحقیقات رسوب آسفالتین می توان یافت، که با ذکر مثال ها و شبیه سازی های تئوری و آزمایشگاهی، در کنار بیان و جمع آوری ادبیات ملیتی داخلی و خارجی که آسفالتین را به عنوان یک مشکل در حوزه نفت و گاز می دانند، مجموعه ای از اطلاعات کاربردی را پیش روی خواننده گذاشته باشد. مثال های بیان شده به صورت واقعی در صنعت و آزمایشگاه های دانشگاهی از نام سده است و لذا برای محققینی که در حوزه رسوب آسفالتین مطالعه و پژوهش می کنند، این کتاب می تواند بسیار مفید باشد. مرحله به مرحله در تمام زمینه های تحقیق و عملیات، راهنمای مناسبی باشد.

از تمامی عزیزانی که ما را در این مسیر به جهت نگارش این کتاب در مراحل تحقیق، پژوهش و آزمایشگاهی یاری نمودند صمیمانه سپاسگزاریم. همچنین از جناب آقای مهندس محمدعلی احمدی که در فاز مطالعات عملیاتی کمک فراوانی کرده اند، کمال تشکر و سپاسگزاری را داریم.

هر چند تلاش فراوان شده تا اثر حاضر، عاری از لغزش و اشتباه باشد، اما بی گمان چنین نیست و لذا نظرات و پیشنهادهای شما خوانندگان و سروران گرامی، در مورد خطاها و لغزش های احتمالی و از قلم افتادگی ها موجب امتنان خواهد بود.

رضا مسیبی بهبهانی  
حسین عامری  
مهدی زینلی حسنوند

## فهرست

|                |       |
|----------------|-------|
| پیشگفتار ..... | پنج   |
| چکیده .....    | یازده |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| بخش اول : شناخت مولکول آسفالتین و تأثیر آن بر سازند، ستون چاه و تأسیسات سطحی ..... | ۱۰ |
| مشتقات غیر هیدروکربنی نفت .....                                                    | ۳  |
| آسفالتین و ساختار مولکولی آن .....                                                 | ۵  |
| توصیف ساختار مولکولی آسفالتین با استفاده از پراش پرتو ایکس .....                   | ۱۱ |
| آسفالتین و رفتار ترمودینامیکی آن .....                                             | ۲۲ |
| مشکلات ناشی از ایجاد رسوب در ستون چاه .....                                        | ۲۸ |
| مشکلات ناشی از ایجاد رسوب در خطوط انتقال و واحدهای فرآورش .....                    | ۲۸ |
| بخش دوم : آزمایش های مرتبه جهت پیش بینی رفتار رسوب آسفالتین .....                  | ۳۵ |
| آزمایش های مختلف تعیین ترکیب و ویژگی های نفت خام .....                             | ۳۶ |
| ۱. آزمایش های شناسایی ترکیبات نفت خام .....                                        | ۳۷ |
| ۲. آزمایش های مربوط به تعیین خواص نفت خام .....                                    | ۴۱ |
| آزمایش های مختلف تعیین خواص آسفالتین .....                                         | ۴۶ |
| ۱. آزمایش مربوط به دمای تشکیل رسوب و انس .....                                     | ۴۶ |
| ۲. تعیین آسفالتین موجود در نفت (IP-143) .....                                      | ۴۷ |
| ۳. تست تعیین فشار بالایی تشکیل رسوب توسط ابزار میچ نوری به زیر قرمز .....          | ۴۹ |
| ۴. تعیین فشار آغازین تشکیل آسفالتین با روش توری .....                              | ۵۰ |
| ۵. آزمایش فیلتر کردن در دما و فشار بالا .....                                      | ۵۲ |
| ۶. آزمایش ذره نگاری در فشار بالا .....                                             | ۵۳ |
| ۷. آزمایش داینامیک تشکیل رسوب آسفالتین در خطوط لوله و ستون چاه .....               | ۵۵ |
| ۸. آزمایش داینامیک تشکیل رسوب آسفالتین در محیط متخلخل .....                        | ۵۶ |

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| بخش سوم: انواع روش های مدلسازی آسفالتین معرفی شده توسط محققین مختلف و شبیه سازی نقطه تشکیل و مقدار رسوب آسفالتین در نرم افزارهای مرتبط ..... | ۵۹ |
| مدل حالت متناظر یا مدل بدون بعد .....                                                                                                        | ۶۰ |
| مدل انحلال مولکولی .....                                                                                                                     | ۶۵ |
| مدل معادلات حالت درجه سه .....                                                                                                               | ۶۷ |
| مدل سازی ترمودینامیکی نقطه شروع تجمع آسفالتین .....                                                                                          | ۷۰ |

|     |                                                             |
|-----|-------------------------------------------------------------|
| ۷۹  | مدل‌های کلاسیک رسوب آسفالتین                                |
| ۸۷  | مدل‌های مولکولی براساس ترمودینامیک آماری (مدل PC-SAFT)      |
| ۱۰۲ | شبیه‌سازی فرایند رسوب در نرم‌افزارهای تجاری                 |
| ۱۰۲ | مدل‌سازی رسوب آسفالتین در نرم‌افزار WinProp                 |
| ۱۱۰ | نرم‌افزار CMG                                               |
| ۱۲۰ | نرم‌افزار Eclipse                                           |
| ۱۲۴ | مدل‌سازی حرکت دوفازی نفت در ستون چاه                        |
| ۱۲۶ | مدل‌سازی انتقال جرم آسفالتین در ستون چاه                    |
| ۱۲۷ | مطالعات صورت گرفته با موضوع تشکیل رسوب آسفالتین در ستون چاه |
| ۱۲۴ | بخش چهارم: روش‌های پیشگیری از ایجاد و رفع رسوب آسفالتین     |
| ۱۳۱ | رفع مشکل رسوب آلی از طریق اصلاح فرایند تولید (باز مهندسی)   |
| ۱۳۴ | رفع مشکل رسوب آلی از طریق استفاده از مواد شیمیایی           |
| ۱۳۷ | رفع مشکل رسوب آلی از طریق فناوری‌های نیروی میدان خارجی      |
| ۱۳۸ | رفع مشکل رسوب آلی از طریق روش‌های مکانیکی                   |
| ۱۳۹ | رفع مشکل رسوب آلی از طریق روش‌های گرمایی                    |
| ۱۴۰ | رفع مشکل رسوب آلی از طریق روش‌های فناوری                    |

#### پیوست اول: موارد عملیاتی رفع رسوب در میدان‌های تحت نظارت شرکت نفت و گاز اروندگان

|     |                                                                 |
|-----|-----------------------------------------------------------------|
| ۱۴۵ | و سایر نقاط جهان                                                |
| ۱۴۵ | عملیات اصلاح فرایند تولید (باز مهندسی) از چاه شماره ۱۰ سال ۲۰۱۱ |
| ۱۴۶ | تعیین نمودار ترمودینامیکی نفت خام و رسوب آسفالتین میدان دارخیز  |
| ۱۴۹ | تعیین تغییرات ترمودینامیکی سیال در ستون عمودی چاه               |
| ۱۵۲ | بحث و تحلیل                                                     |
| ۱۵۴ | عملیات تزریق مواد شیمیایی به چاه‌های جنوب شرقی مکزیک            |
| ۱۵۴ | نمونه ۱                                                         |
| ۱۵۵ | نمونه ۲                                                         |

#### پیوست دوم: نتایج انواع مدل‌سازی بر روی دو نوع نفت آزمایشگاهی سبک و سنگین

|     |                                                          |
|-----|----------------------------------------------------------|
| ۱۶۱ | (۱) مدل‌سازی ترمودینامیکی                                |
| ۱۶۱ | مدل‌سازی رسوب آسفالتین با استفاده از معادله حالت         |
| ۱۶۴ | برنامه‌نویسی تعادل سه‌فازی و مقایسه با نرم‌افزار WinProp |

|     |                                                                          |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|
| ۱۷۲ | مدل سازی بر مبنای مدل حالت متناظر                                        |
| ۱۷۵ | مدل سازی بر مبنای مدل انحلال مولکولی                                     |
| ۱۷۸ | مدل سازی بر مبنای مدل PC-SAFT                                            |
| ۱۸۳ | جمع بندی مدل سازی ترمودینامیکی                                           |
| ۱۸۴ | (۲) مدل سازی پدیده های انتقال                                            |
| ۱۸۵ | مدل سازی افت فشار در ستون چاه                                            |
| ۱۹۶ | مدل سازی افت دما در ستون چاه                                             |
| ۱۹۹ | مدل سازی انتقال جرم آسفالتین در ستون چاه                                 |
| ۲۰۶ | جمع بندی مدل سازی پدیده های انتقال                                       |
| ۲۰۶ | (۳) مدل سازی فرایند تولید آسفالتین با استفاده از اطلاعات میدانی          |
| ۲۰۷ | ساختار چاه                                                               |
| ۲۱۰ | تاریخچه تولید چاه                                                        |
| ۲۱۰ | شبیه سازی فرایند تولید                                                   |
| ۲۲۹ | آنالیز حساسیت و تعیین عوامل مؤثر بر تشکیل رسوب آسفالتین                  |
| ۲۴۵ | جمع بندی مدل سازی فرایند تولید آسفالتین با استفاده از اطلاعات ساختار چاه |
| ۲۴۷ | مراجع                                                                    |
| ۲۵۷ | نمایه                                                                    |