

ОТЗЫВ

официального оппонента Волошина Александра Иосифовича
на диссертационную работу Беркова Дениса Валентиновича
«Влияние состава, структуры и свойств внутренних функциональных
покрытий насосно-компрессорных нефтепромысловых труб на защиту от
неорганических солеотложений» на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение

Актуальность темы

В настоящее время практически нет ни одной значимой нефтяной провинции в мире, где добыча нефти не сопровождалась бы отложением солей. Накапливаясь в скважинах, нефтесборных сетях и водоводах, соли снижают пропускную способность трубопроводов, приводят к отказам глубинно-насосного оборудования это увеличивает затраты на подъем скважинной продукции, перекачку скважинных флюидов и подтоварной воды в системах поддержания пластового давления.

Вовлечение в разработку месторождений, находящихся на поздней стадии разработки, характеризуются высокими значениями обводненности, более того, добываемая вода пересыщена по ряду неорганических солей, таких как карбонаты кальция и железа, сульфаты кальция, стронция, бария, что делает проблему образования солеотложений при нефтедобыче весьма существенной. Поиск эффективных, технологичных и экономичных способов предупреждения и удаления солеотложений остается востребованной и актуальной в нефтедобыче. Среди существующих на сегодняшний день методов борьбы с отложениями солей перспективным является применение внутренних защитных покрытий НКТ. Многофункциональность таких покрытий очевидна и их применение позволяет решать проблему коррозии нефтепромыслового оборудования, снижать отложения нефтяных компонент и отложение солей. В этой связи, диссертационная работа Беркова Дениса Валентиновича «Влияние состава, структуры и свойств внутренних функциональных покрытий насосно-компрессорных нефтепромысловых труб на защиту от неорганических солеотложений» посвященная изучению применения защитных покрытий насосно-компрессорных труб (НКТ) в качестве профилактической меры против такой распространенной проблемы в нефтедобыче, как образование неорганических солеотложений, несомненно, актуальна.

Существующие методы испытаний покрытий направлены на оценку их эксплуатационных характеристик в условиях коррозии (ГОСТ Р 58346-2019), но в отраслевом стандарте отсутствует метод оценки эффективности применения покрытий в качестве профилактической меры для предотвращения образования неорганических солей на внутренней поверхности НКТ. Оценивать эффективность применения покрытий против солеотложений с помощью опытно-промысловых испытаний (ОПИ) долго и дорогостояще, поэтому актуально было разработать метод лабораторной

С отзывом ознакомлен 29.05.2025

Берков

29.05.2025

Вход № *5/н*

оценки с помощью стендовых динамических испытаний. Изучение влияния состава, структуры и свойств защитных покрытий на солеотложение на поверхности покрытия с точки зрения материаловедения является важной работой на пути к поиску и разработке эффективных покрытий.

На основании вышеизложенного можно заключить, что тема диссертационной работы Д.В. Беркова является актуальной, основная цель данной работы состоит в установлении взаимосвязи структуры, состава и свойств внутренних защитных покрытий труб с образованием неорганических солеотложений на поверхности покрытий из движущейся солеобразующей среды на основе разработки и применения соответствующего испытательного лабораторного стенда.

Содержание диссертационной работы

В первой главе представлен аналитический обзор научной и технической литературы, касающейся различных типов солеотложений в процессе нефтедобычи, причин их образования, а также существующих методов их предупреждения и устранения. Рассматривается классификация способов профилактики солеобразования, при этом отдельно выделяется место метода использования внутренних защитных покрытий насосно-компрессорных труб (НКТ) в этой системе. Рассмотрены публикации, в которых исследовались анτισолевые характеристики защитных покрытий НКТ в сравнении с такими параметрами, как смачиваемость, шероховатость поверхности и адгезия солевых отложений к покрытию. Также представлены сведения о наиболее распространённых видах защитных покрытий.

Во второй главе представлены объекты исследования диссертации, которыми являлись цилиндрические образцы с защитным покрытием (9 различных марок покрытия), 7 марок ингибиторов солеотложения. Также в главе описаны примененные методы проведения испытаний.

Третья глава описывает аналитический обзор существующего оборудования, которое потенциально можно было бы применить для проведения стендовых динамических испытаний покрытий по определению их эффективности в защите от солевых отложений. Описаны недостатки и достоинства технических решений существующего оборудования, на основании которых был разработан «Стенд оценки стойкости покрытий к неорганическим солеотложениям» (Патент на изобретение RU 2 825 169 C1) на основе исследования солеотложения в динамических условиях относительного движения вращающихся цилиндрических образцов с покрытиями в неподвижной солеобразующей среде, при котором линейная скорость движения покрытий равна линейной продольной скорости движения солеобразующей среды в НКТ.

В четвёртой главе изложен процесс разработки метода моделирования солеобразующей среды, предназначенного для проведения стендовых динамических испытаний защитных покрытий. Рассмотрены основные принципы, которыми руководствовался автор при создании данной среды, с

акцентом на важность обеспечения условий гетерогенной нуклеации на вертикальных поверхностях.

Пятая глава описывает изучение микроструктуры, состава, а также свойств внутренних защитных покрытий НКТ (шероховатость, смачиваемость, адгезия между покрытием и солеотложением) в статических условиях отсутствия солеобразующей среды или неподвижного покрытия в неподвижной солеобразующей среде. Сопоставление состава, структуры и свойств, определенных в статических условиях, с результатами стендовых динамических испытаний (описанных в Главах 6 и 7) показало, что по отдельности данные характеристики покрытия не могут однозначно характеризовать стойкость поверхности покрытия к неорганическим солеотложениям из движущейся солеобразующей среды.

В шестой главе представлены результаты лабораторных исследований, проведённых с использованием разработанного автором испытательного стенда. Эксперименты показали, что на всех цилиндрических образцах с нанесёнными защитными покрытиями масса солеотложений оказалась ниже, чем на образце из стали без покрытия. При этом автор отмечает, что ни одно из протестированных покрытий не обеспечивает полной защиты от образования солей на своей поверхности.

В седьмой главе изложены результаты стендовых динамических испытаний, направленных на оценку эффективности комплексного применения защитных покрытий и ингибиторов солеотложения. Для подбора оптимального сочетания «покрытие — ингибитор» было проведено последовательное тестирование 9 видов покрытий с 7 видами ингибиторов по принципу «каждый с каждым». В главе представлены различные эффекты от комплексного использования этих средств, обеспечивающие положительный результат: А) на поверхности покрытий формировалось меньшее количество центров кристаллизации неорганических солей по сравнению с незащищённой стальной поверхностью; Б) в ходе испытаний происходило срывание сформировавшихся солеотложений с поверхности образцов с защитным покрытием

В восьмой главе рассматриваются стендовые испытания, проведённые с целью оценки эффективности совместного применения защитных покрытий и дозированного добавления пресной воды в скважинную продукцию. Представленные результаты показали, что на нефтедобывающих объектах, подверженных образованию гипсовых отложений, дозированная подача пресной воды в скважину может вызывать противоположный эффект — увеличение количества осаждённых солей.

Полнота изложения основных результатов работы в научных публикациях

Результаты диссертации опубликованы в 9 работах, в том числе 2 статьях в рецензируемом журнале «Нефтегазовое дело», входящем в базу данных RSCI и в 1-ю категорию K1 Перечня изданий, рекомендованных ВАК РФ для защиты диссертаций по специальности 2.6.17. Материаловедение

(технические науки), в 1 статье журнала, рецензируемого в международной базе Scopus, а также в 1 патенте РФ на изобретение.

Уровень апробации основных положений работы, выносимых на защиту

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на шести научно-технических конференциях по направлениям материаловедения и нефтегазовой отрасли, в том числе трёх международных, одной всероссийской и одной отраслевой.

Научная новизна и практическая значимость исследования

В диссертации Д.В. Беркова представлены результаты, обладающие научной новизной и имеющие практическую значимость:

1) Для ряда внутренних защитных покрытий НКТ проведены сравнительные исследования связи их состава, структуры и свойств с эффективностью предупреждения образования неорганических солеотложений на образцах с защитным покрытием в статических и динамических условиях. Определено, что поверхностные свойства гладких покрытий, определенные в статических условиях, не отражают их практической эффективности в снижении солеотложений на поверхности покрытия в динамических условиях.

2) Показано, что такие, определенные в статических условиях, свойства поверхностей покрытий как шероховатость, адгезионная прочность «солеотложение-покрытие», угол смачивания сухой поверхности дистиллированной водой в отдельности не отражают однозначно и в полной мере способность покрытий препятствовать образованию неорганических солеотложений на своей поверхности в динамических условиях, моделирующих поток жидкости в трубе.

3) Разработан «Стенд оценки стойкости покрытий к неорганическим солеотложениям» на который получен патент на изобретение RU 2 825 169 C1.

4) Сформирована методика оценки эффективности защитных покрытий в задачах предупреждения образования неорганических солеотложений, применяемая в ООО «Научно-производственный центр «Самара» и ООО «Иркутская нефтяная компания».

5) По средствам стендовых испытаний проведена оценка возможности комплексного применения защитных покрытий НКТ и ингибиторов солеотложения.

Соответствие работы заявленной научной специальности

Диссертация Д.В. Беркова соответствует паспорту научной специальности 2.6.17. Материаловедение по направлениям исследований: 6) Разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры, испытание и определение физико-механических и эксплуатационных свойств металлических, неметаллических и композиционных материалов и функциональных покрытий; 12)

Установление закономерностей влияния состава, структуры, технологии, а также эксплуатационных и других факторов на свойства функциональных покрытий.

Автореферат соответствует содержанию диссертации

Достоверность научных положений и выводов

Исследование, проведенное Д.В. Берковым, выполнено на высоком методическом уровне, лабораторные исследования выполнены на современном оборудовании по аттестованным методикам. Описанные аргументы, а также представление результатов работы на международных и всероссийских конференциях позволяют заключить об оригинальности и достоверности выполненной работы.

Замечания к работе

1. К сожалению, в работе отсутствуют гипотеза о влиянии свойств покрытия (смачиваемость, шероховатость) на интенсивность отложения солей. В работе не рассматриваются свойства (в частности электрофизические и другие свойства) поликристаллических форм соли (сульфата кальция) и их возможная связь с интенсивностью отложений при взаимодействии в системе пересыщенный раствор – поверхность покрытия.

2. При интерпретации ИК-спектр покрытия использовалась база спектров ИК-Фурье спектрометра. Иллюстрации, приведенные в диссертационной работе, не позволяют провести анализ результатов интерпретации спектров вследствие чрезмерной насыщенности рисунков.

3. Иллюстрации, показывающие отложения в разрезе без и с ингибитором при различных скоростях вращения поверхности демонстрирует высокую неоднородность формирующихся отложений. К сожалению, в работе нет объяснений этого интересного явления.

4. Все основные результаты получены для одной соли, в этой связи не ясно, сохраняются ли найденные закономерности для, например, кальцита или арагонита.

Однако отмеченные недостатки не снижают существенно ценность полученных результатов и работы в целом.

Вывод

Диссертация Д.В. Беркова является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи, имеющей важное значение для развития материаловедения в нефтегазовой отрасли, по установлению влияния структуры, состава и свойств внутренних защитных покрытий насосно-компрессорных труб на образование неорганических солеотложений на поверхности покрытий из движущейся солеобразующей среды и подбору эффективных функциональных покрытий на основе разработки и применения соответствующего лабораторного испытательного стенда. Представленная к

защите диссертация соответствует критериям, установленным для кандидатских диссертаций пунктом 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор, Берков Денис Валентинович, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Беркова Дениса Валентиновича

Официальный оппонент,
доктор химических наук
по специальности
02.00.04 – «Физическая химия»,
старший эксперт
ООО «РН-БашНИПИнефть»
450103, Республика
Башкортостан, г. Уфа, ул.
Сочинская, д.12
раб. тел. +7(347)2925434
e-mail: voloshinai@bnipt.rosneft.ru



Волошин Александр Иосифович

«23» мая 2025г.

Подпись А.И. Волошина удостоверяю

Н. Д. Башникова *полномочный представитель*
персоналом