

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования «Российский государственный университет нефти и газа  
(национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»**

**(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)**

119991, г. Москва, Ленинский просп., д. 65, корп. 1, телефон: (499) 507-88-88 (многоканальный)  
ОКПО 02066612; ОГРН 1027739073845; ИНН/КПП 7736093127/773601001  
E-mail: [com@gubkin.ru](mailto:com@gubkin.ru); <http://www.gubkin.ru>



**ВЕРЖДАЮ**

директор по научной работе  
н., доцент

*П. К. Калашников* П. К. Калашников

*3» марта 2015* 2015 г.

**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

на диссертационную работу «Исследование характеристик  
околоскважинного пространства для прогнозирования селективной  
обработки призабойной зоны нефтяных пластов башкирских отложений  
Пермского края» Казанцева Андрея Сергеевича, представленную на  
соискание степени кандидата технических наук, по специальности  
2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

**Актуальность темы**

Диссертационная работа посвящена актуальной проблеме повышения  
добычи нефти из башкирских карбонатных отложений месторождений  
Пермского края, характеризующихся значительными остаточными запасами  
нефти при относительно низкой текущей выработке.

Башкирский ярус среднего карбона на территории Пермского края  
характеризуется сложной геологической структурой с послойной и  
латеральной неоднородностью, что затрудняет добычу нефти. Для  
повышения эффективности добычи применяются различные геолого-  
технологические мероприятия (ГТМ), включая кислотные обработки,  
гидравлический разрыв пласта и радиальное бурение. Однако с ростом

обводнённости возможность применения этих технологий сокращается, что определяет необходимость разработки и совершенствования новых методов селективного воздействия на пласт.

В целом, диссертация представляет актуальное исследование, которое имеет практическое значение для нефтегазовой промышленности.

### **Основные научные результаты**

В диссертации сформулирована научная новизна исследования:

1. Обоснованы значения радиуса измененных околоскважинных зон пропластков за счет формирования червоточин в рассматриваемых условиях.

2. С использованием распространенной промысловой информации впервые получено распределение значений скин-фактора пропластков вскрытого разреза.

3. Впервые установлен комплекс геологических параметров, определяющих разные режимы растворения, проницаемость и начальная нефтенасыщенность обуславливают режим компактного растворения, пористость определяет режим формирования червоточин.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

1. Обоснован выбор оптимальных отклоняющих систем технологии селективного кислотного воздействия для условий послойно-неоднородного разреза башкирских отложений месторождений Пермского края, позволяющих временно блокировать высокопроницаемые, в том числе обводненные, пропластки, тем самым обеспечивая направление кислотного состава на низкопроницаемую часть разреза, что повышает технологическую и экономическую эффективность кислотных обработок для рассматриваемых условий.

2. На основании лабораторных исследований установлено, что наиболее эффективная область применения самоотклоняющихся кислотных систем ограничивается проницаемостью менее 200 мД.

3. Обоснованное использование дифференцированной оценки скин-фактора по пропласткам позволяет повысить уровень настройки ГДМ на

историю как отдельных скважин, так и объекта в целом, что обеспечивает более точный прогноз технологической эффективности КО с отклонителем.

4. На башкирских отложения проведено 167 КО с отклонителем на основе инвертной эмульсии, средний прирост нефти составил 4,2 т/сут. При этом средний прирост КО без отклоняющих систем составил 3,7 т/сут. На 38 скважинах с гидродинамическими исследованиями (ГДИ) до и после проведения КО с отклонителем отмечен прирост пластового давления в среднем на 17%. Приведённые показатели подтверждают эффективность предложенных решений.

#### **Обоснованность и достоверность научных положений и выводов**

На основании изучения диссертации, автореферата и публикаций автора по теме диссертации считаем, что научные положения и выводы в достаточной степени обоснованы, базируются на анализе значительного количества литературных источников, промысловые и аналитические исследования выполнены в достаточном объеме. Методы решения поставленных задач основываются на анализе промысловых данных, а также данных, полученных в результате лабораторных экспериментов и теоретических исследований.

Область исследований диссертационной работы полностью соответствует пункту 3 паспорта специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений:

- п. 3. Научные основы технологии воздействия на межскважинное и околоскважинное пространство и управление притоком пластовых флюидов к скважинам различных конструкций с целью повышения степени извлечения из недр и интенсификации добычи жидких и газообразных углеводородов.

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных конференциях и семинарах.

## **Структура и содержание диссертации**

Диссертация Казанцева А.С. состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 135 наименований. Общий объем работы составляет 119 страниц, содержит 41 рисунок и 21 таблицу.

**Во введении** автором обоснованы актуальность темы исследования, сформулированы цель, задачи исследований, научная новизна и практическая значимость.

**В первой главе** автором анализируется эффективность кислотных обработок слоисто-неоднородных карбонатных отложений, показано, что применение отклоняющих систем может повысить эффективность кислотных обработок.

**Во второй главе** автором представлено экспериментальное обоснование оптимальной технологии кислотного воздействия на околоскважинную зону с применением отклоняющих систем.

**В третьей главе** представлен предложенный Казанцевым А.С. способ определения радиуса измененной зоны и значений скин-фактора пропластков в околоскважинной зоне послойно неоднородных карбонатных пластов.

**В четвертой главе** автором проведено исследование влияния геологических параметров, определяющих формирование режимов компактного растворения и червоточин при кислотном воздействии.

**В пятой главе** представлена предложенная Казанцевым А.С. методика прогнозирования режима работы скважин после обработки призабойной зоны комплексными кислотными системами с отклонителями.

**Текст работы** отличается целостностью изложения и логически выстроена. Каждая глава завершается выводами. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают основное содержание диссертации.

### **Замечания к диссертационной работе**

1. При перечислении решаемых задач под номером один определена задача - «Провести анализ применяемых отклоняющих систем при

селективном воздействии кислотными составами». При этом в работе рассматриваются только самоотклоняющиеся составы и инвертные эмульсии, иные виды отклоняющих кислотных составов (на полимерной основе, в том числе с добавлением механических компонентов) в работе не были рассмотрены. Неясно, почему эти технологии сразу были отвергнуты, т.к. снижение проницаемости возможно при использовании различных технологий кислотной обработки. Выбор технологий обоснован одной таблицей (табл.7), принципы её заполнения не описаны. Если выбор был основан на масштабности проведения КО в исследуемых условиях, возможно, стоило сузить поставленную задачу.

2. Кислотные обработки являются наиболее распространёнными видами интенсификации добычи в карбонатных коллекторах. Однако неоднократно отмечались случаи, когда после кислотных обработок продуктивность скважины не увеличивалась, а снижалась. Обычно это связывали с вторичным выпадением растворённого карбонатного материала во внутривпоровом пространстве. Соответственно, технологии кислотного воздействия требуют наиболее точного определения времени взаимодействия кислоты с породой. Следует подчеркнуть, что и временной фактор является определяющим при формировании червоточин. Эти вопросы требуют взаимоувязки для обоснования эффективных технологий кислотной обработки.

3. При расчёте СКИН фактора автор опирается на формулу М.Ф. Hawkins (глава 3, формула 1), которая определяет СКИН фактор через два параметра: отношение проницаемостей пласта и околоскважинной зоны и соотношения радиусов загрязнённой зоны и скважины. Эта формула выведена в предположении фильтрации однородной жидкости в несжимаемом пласте при условии, что имеется радиальная околоскважинная зона постоянного радиуса и постоянной проницаемости. Исследования околоскважинных зон продуктивных пластов показало, что проницаемость в этой области непостоянна и изменяется по радиусу, что делает формулу М.Ф.

Hawkins неприменимой. Следует подчеркнуть, что при образовании червоточин проницаемость также будет меняться в радиальном направлении, что требует специально учёта.

4. СКИН фактор – это интегральный параметр, обусловленный действием множества механизмов поражения пласта. Изменение проницаемости происходит не только в результате воздействия на околоскважинную зону, но и под действием геомеханических процессов. Как показали недавние исследования, в результате кислотного воздействия меняется целый набор геомеханических и фильтрационных свойств. В результате этого при неизменной депрессии на пласт может ухудшаться проницаемость за счёт механико-химических эффектов (Попов С.Н., Михайлов Н.Н. Механико-химические эффекты при разработке месторождений нефти и газа: учебное пособие – Москва: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2023. 300 с.).

5. Комплексный механизм поражения пласта обуславливает нетрадиционный вид выражения для СКИН фактора (Зайцев М.В., Михайлов Н.Н. Неаддитивный скин-фактор при комплексном поражении пласта. – Нефтепромысловое дело, научно-технический журнал. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ». – 2019 г., № 1, с. 36-38.), что требует специального учёта на основе адекватных выражений для СКИН фактора.

6. Для расчета возможного радиуса проникновения кислоты при компактном растворении автор использует известную формулу:

$$R = \sqrt{\frac{V_k}{\pi \cdot h \cdot K_n}}, \quad (2), \quad \text{где } V_k \text{ – объем кислоты; } h \text{ – толщина пропластка; } K_n \text{ –}$$

пористость пропластка. Эта формула предполагает поршневой характер вытеснения, что не соответствует реальности. Кроме того, пористость пропластка должна учитывать объёмы, занятые остаточной водой и неподвижной остаточной нефтью. Учёт непоршневого характера вытеснения и динамической пористости может привести к другим оценкам радиуса проникновения кислоты и другим выводам на основе этих оценок.

7. Анализ рисунка 28 (Сопоставление фактических и модельных значений скин-фактора), позволяет предположить, что широкое распределение значений скин-фактора от -1 до -3 (2,0 единицы) модель заменяет на более узкий интервал значений от -1,8 до -2,6 (0,8 единиц); широкое распределение значений скин-фактора от -4,3 до -5,7 (1,4 единицы) модель заменяет на более узкий интервал значений от -4,8 до -5,3 (0,5 единицы). Насколько это упрощение справедливо, следует оценить.

8. Небрежное обращение с единицами измерения проницаемости по тексту диссертации и автореферата. В тексте присутствуют опечатки.

9. Заметно, что апробация результатов работы проходила преимущественно в г. Пермь, возможно, стоило расширить географию площадок для апробации.

10. Полученные в работе регрессионные уравнения для  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S^M$  обладают низкими значениями коэффициентов детерминации 0,348, 0,48 и 0,508 соответственно, что в свою очередь указывает на низкую степень соответствия полученных моделей реальным данным и невозможность прогнозирования на основе линейной регрессии.

11. Первый пункт научной новизны имеет смысл рассматривать как практическую значимость работы применительно к месторождениям Пермского края, т.к. сформулированное соискателем положение в части обоснования глубины проникновения червоточин является стандартной задачей проектирования дизайна кислотной обработки пласта. В формулировке научной новизны отсутствует формулировка отличий от существующих методик и моделей.

12. Проверить положения третьего пункта научной новизны ввиду сделанных статистических расчетов затруднительно, он вызывает сомнения, т.к. широко известно, что, скорость нагнетания кислотного раствора и состав кислотной композиции позволяют получить разную картину растворения. Также, кроме упомянутых автором, на конечный результат оказывают

влияние состав минералов, структура порового пространства, флюиды, находящиеся в порах.

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования.

### **Заключение**

Диссертационная работа Казанцева Андрея Сергеевича на тему «Исследование характеристик околоскважинного пространства для прогнозирования селективной обработки призабойной зоны нефтяных пластов башкирских отложений Пермского края» является законченной научно-квалификационной работой. На основании установления геологических параметров, определяющих формирование режимов компактного растворения и червоточин при кислотном воздействии автором изложены новые научно обоснованные технологические решения по повышению эффективности применения технологии воздействия кислотными системами с отклонителями на околоскважинную зону послойно неоднородных карбонатных пластов, имеющие важное значение для развития нефтегазовой отрасли России.

Диссертационная работа Казанцева Андрея Сергеевича «Исследование характеристик околоскважинного пространства для прогнозирования селективной обработки призабойной зоны нефтяных пластов башкирских отложений Пермского края» является законченной и отвечает требованиям, установленным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 «О порядке присуждения ученых степеней» (п.9-14), соответствует требованиям раздела 2 «Порядка присуждения ученых степеней» в ПНИПУ федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», утвержденного приказом ректора от 28.05.2024 № 27-О, предъявляемым к диссертациям на соискание ученых степеней, а ее автор Казанцев Андрей Сергеевич заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности  
2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Диссертационная работа «Исследование характеристик околоскважинного пространства для прогнозирования селективной обработки призабойной зоны нефтяных пластов башкирских отложений Пермского края» Казанцева Андрея Сергеевича, автореферат и отзыв были рассмотрены, обсуждены и одобрены на заседании кафедры разработки и эксплуатации нефтяных месторождений. Протокол № 07 от «11» марта 2025 года.

Заведующий кафедрой разработки и эксплуатации  
нефтяных месторождений,  
кандидат технических наук  
(25.00.17 – Разработка и эксплуатация  
нефтяных и газовых месторождений),  
доцент



Пятибратов Петр Вадимович

11.03.2025

Рабочий телефон: +7 (499) 507-82-97; внутр.: 1839

e-mail: pyatibratov.p@gubkin.ru

Подпись Пятибратова Петра Вадимовича заверяю: /

Начальник отдела кадров

Ю.Е. Ширяев

