

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Хузина Рината Альвертовича на тему «Моделирование процесса кислотных обработок карбонатных коллекторов с учетом комплексного строения околоскважинных зон», представленную в диссертационный совет Д ПНИПУ.05.05 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

### **Актуальность темы**

Диссертационная работа Хузина Р.А. посвящена повышению эффективности первичных и повторных кислотных обработок околоскважинных зон пластов, представленных карбонатными коллекторами. Эффективность кислотной обработки в значительной степени зависит от правильного выбора при проектировании обработки параметров, к основным из которых относятся технология стимуляции, стадийность закачки, общие объемы закачки кислоты и потокоотклоняющих агентов, их распределение по стадиям закачки, скорость закачки, композиционные составы применяемых флюидов и т.д.

В условиях значительной неоднородности карбонатных коллекторов, большой мощности вскрываемого разреза, изменения свойств околоскважинной зоны как в плане, так и вдоль интервала стимуляции, решение задачи подбора оптимальных параметров воздействия, позволяющих достичь необходимой глубины обработки вдоль всего интервала стимуляции, возможно путем математического моделирования процесса кислотной обработки.

Применяемые на практике математические модели процесса кислотного воздействия обладают рядом недостатков, ограничивающих их применение. Одним из ключевых недостатков является их низкая предсказательная способность, связанная в том числе с упрощенным (однозональным) описанием околоскважинной зоны пласта.

В этой связи тема диссертационной исследования соискателя, направленная на решение задач повышения эффективности первичных и повторных кислотных обработок путем разработки и применения при их проектировании математической модели процесса кислотной обработки, учитывающей комплексное динамическое строение околоскважинной зоны является весьма актуальной.

### **Общая оценка структуры и содержания работы**

Представленная диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 150 наименований и 2-х приложений. Общий объем работы составляет 144 печатных страницы.

Диссертационная работа оформлена в соответствии с установленными требованиями. Изложение материала грамотное, профессиональное. Выдерживается логика и последовательность в описании выполненных исследований.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, показана степень ее разработанности, сформулированы цель и основные задачи, отражены методы решения поставленных задач, научная новизна, защищаемые положения и практическая ценность результатов работы.

В первой главе автором дано представление об околоскважинной зоне пласта, проанализированы причины ухудшения ее свойств, дан обзор видов кислотных воздействий, рассмотрены физико-химические аспекты взаимодействия кислот с карбонатными коллекторами. Выполнен анализ изменения физических свойств используемых при соляно-кислотных обработках флюидов и продуктов химических реакций в зависимости от температуры и давления. Автором рассмотрены основные факторы, влияющие на эффективность кислотного воздействия, и методы моделирования развития

каналов растворения – червоточин, возникающих при кислотных обработках карбонатных коллекторов.

Во второй главе рассмотрены предложенные диссертантом: способ учета комплексного строения и изменения в процессе обработки околоскважинной зоны пласта; усовершенствованная модель для определения скин-фактора скважины гидродинамически несовершенной по характеру вскрытия с учетом комплексного строения околоскважинной зоны; способ оценки параметров червоточин, образовавшихся в результате предыдущих обработок, и их учета при моделировании повторных кислотных обработок.

Третья глава посвящена разработанной математической модели первичных и повторных кислотных обработок карбонатных коллекторов, учитывающей комплексное строение околоскважинной зоны и ее изменение в процессе обработки. Дано описание созданной программы для ЭВМ «WellStim», реализующей разработанную математическую модель. В главе также приведены результаты расчетов, показывающие важность учета комплексного строения околоскважинной зоны пласта при моделировании кислотных обработок карбонатных коллекторов.

Применению разработанной математической модели при проектировании первичных и повторных кислотных обработок на одном из месторождений Ирака посвящена четвертая глава. Даны краткие сведения о рассматриваемом месторождении, причинах изменения свойств околоскважинных зон пластов. Приведены результаты выполненных лабораторных исследований, направленных на получение необходимых для проектирования кислотных обработок исходных данных. Даны примеры выполненных дизайнов кислотных обработок и их сопоставление с результатами обработок.

В конце главы приведены сравнения фактических и расчетных параметров эффективности 20 первичных и 17 повторных кислотных обработок, на основе

которых сделан вывод о высокой степени достоверности прогноза разработанной автором математической модели процесса кислотной обработки.

В заключении представлены основные выводы по диссертационной работе.

### **Научная новизна результатов работы**

Научная новизна выполненной работы заключается в следующем:

- обоснована необходимость и предложен способ учета комплексного строения околоскважинной зоны при моделировании кислотных обработок карбонатных коллекторов;
- для учета комплексного строения околоскважинной зоны при оценке скин-фактора скважины гидродинамически несовершенной по характеру вскрытия выполнено усовершенствование модели Karacas & Tariq;
- предложен способ оценки параметров червоточин, образовавшихся при предыдущих обработках, и их учета при моделировании повторных кислотных обработок;
- разработана математическая модель, описывающая весь процесс кислотной обработки и учитывающая комплексное строение околоскважинной зоны и ее изменение в процессе стимуляции.

### **Практическая значимость**

Результаты диссертационной работы имеют выраженную практическую направленность. Выполненные исследования позволили оценить основные параметры околоскважинных зон пласта рассматриваемого месторождения, эффективность применяемого потокоотклоняющего агента, влияние концентрации соляной кислоты на эффективность кислотной обработки. Также на основе лабораторных исследований обоснована оптимальная скорость закачки раствора 15%-ной соляной кислоты при проведении кислотных обработок на рассматриваемом месторождении.

Разработанная математическая модель, реализованная в виде программы для ЭВМ «WellStim», позволяет проводить многовариантные расчеты параметров кислотной обработки в процессе ее проектирования, успешно применяется при проектировании кислотных обработок в дочернем обществе компании ПАО «Газпром нефть», что подтверждено актом внедрения.

### **Соответствие опубликованных трудов и автореферата содержанию диссертации**

Результаты диссертационной работы докладывались Хузиным Р.А. на ряде Российских и иностранных научно-практических конференциях.

По теме диссертационной работы автором опубликованы 9 научных работ, в том числе 4 работы в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий и приравненных к ним, получено свидетельство РФ о государственной регистрации ПЭВМ «WellStim». Тематика публикаций соответствует теме диссертации и достаточно полно отражает ее содержание. Текст автореферата полностью отражает содержание диссертации.

### **Замечания к диссертационной работе**

Принципиальных замечаний по диссертационной работе нет, но хотелось бы отметить:

- в диссертационной работе имеется ряд опечаток. Примерами таких опечаток являются:
  - на рис. 4.5.9б среднее относительное отклонение прироста дебита нефти при вторичных обработках указано 13.1%, хотя в тексте упоминается 12,6%;
  - рис. 1.5.3 не закончено описание в подрисуночной подписи «Перемещение кислоты на поверхность минерала за счет...»
  - в табл. 1.6.1 упоминается модель на основе числа Пеклет, хотя в тексте написано число Пекле;

- рис. 1.5.16 (стр. 44) отсутствует легенда по приведенным на рисунке точкам и цветовой раскраске приведенных зависимостей;
- рис. 3.2.3 отсутствует легенда, поясняющая цветовую раскраску приведенных на рисунке параметров.
- к представленным в диссертационной работе материалам имеется ряд вопросов, требующих уточнения, таких как:
  - практическое внедрение созданной автором математической модели кислотной обработки выполнено на примере карбонатного месторождения Персидского залива. Является ли данное программное обеспечение универсальным или требует дополнительной доработки при проектировании кислотных обработок на карбонатных месторождениях других регионов, например, Пермского края?
  - на стр. 77-79 приведен перечень исходной информации для проведения расчетов в разработанной автором программе для ЭВМ «WellStim». Минералогический состав карбонатных пород не включен в перечень исходной информации для данного программного продукта. Как учитываются минералогический состав пород при проведении расчетов в программе для ЭВМ «WellStim»?
  - В процессе закачки кислотных составов в карбонатные отложения в качестве продуктов реакции выделяется углекислый газ. Углекислота относится к кислотным оксидам, то есть при вторичной реакции с пластовой и связанной водой образует угольную кислоту, воздействующую на карбонатный коллектор. Как учитывается данный процесс в разработанной программе для ЭВМ «WellStim»?
  - На рис. 4.5.9. (стр. 121) приведено сравнение расчетных (с использованием программы для ЭВМ «WellStim») и фактических результатов первичных и вторичных кислотных обработок. Какое значение коэффициента корреляции для представленных

зависимостей? Недоучет каких факторов повлиял на отклонения прогнозных значений от фактических?

Указанные замечания не снижают ценности диссертационной работы.

### Заключение

Диссертационная работа Хузина Р.А. на тему «Моделирование процесса кислотных обработок карбонатных коллекторов с учетом комплексного строения околоскважинных зон» является завершенным самостоятельным научным исследованием и соответствует требованиям п.п. 9-12 «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ», а ее автор, Хузин Ринат Альвертович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.17 - Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

### Официальный оппонент:

Начальник управления проектирования и мониторинга разработки месторождений с применением третичных методов увеличения нефтеотдачи, Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в г. Перми, кандидат технических наук по специальности 25.00.17 - Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

Бондаренко Алексей  
Валентинович



Согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Контактные данные:

Почтовый адрес организации – места работы:

614015, г. Пермь, ул. Пермская 3а

Телефон: +7 (342) 233-67-08

E-mail: [permnipineft@pnn.lukoil.com](mailto:permnipineft@pnn.lukoil.com)

Подпись Бондаренко Алексея Валентиновича заверяю:

  


« 30 » октября 2020