

На правах рукописи

ЗИЯД НАДЖИБ МУНАСАР

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ
ПРИТОКА НЕФТИ К ЗАБОЮ СКВАЖИН ПУТЕМ КИСЛОТНЫХ
ОБРАБОТОК**

Специальность 25.00.17- Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Уфа 2001

Работа выполнена на кафедре разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений Уфимского государственного нефтяного технического университета

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук, профессор М.А. Токарев

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук, профессор Ф.Л. Сяхов

кандидат технических наук,
В. Г. Щербинин

Ведущее предприятие: ООО Государственное унитарное предприятие "Научно-исследовательский институт по повышению нефтеотдачи пластов" АН РБ.

Защита состоится _____ 2001г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д 212.289.04. в УГНТУ по адресу: 450062, Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УГНТУ.

Автореферат разослан _____ 2001г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук

Ю.Г. Матвеев

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Повышение эффективности разработки нефтяных залежей в карбонатных коллекторах имеет важное народнохозяйственное значение и в последние годы является приоритетной задачей научно-практической деятельности многих коллективов. Научно-исследовательские и опытно-промышленные работы в этом направлении связаны, прежде всего, с разработкой и внедрением новых технологий обработки призабойной и удаленной зоны пласта на залежах в карбонатных коллекторах. Важное значение в концептуальном подходе к методам обработки призабойной зоны скважин в карбонатных коллекторах имеет проблема выбора последовательности применения того или иного физико-химического воздействия на продуктивный пласт.

Под этим понимается стратегия применения технологий кислотного воздействия в скважине, начиная с ввода ее в эксплуатацию и кончая поздней стадией разработки залежи, для поддержания рентабельного уровня добычи и максимально возможного коэффициента нефтеотдачи. Опыт разработки нефтяных месторождений показывает, что на всех стадиях разработки залежей и добычи нефти ухудшается проницаемость пород-коллекторов в призабойной зоне пласта (ПЗП). Основными причинами этого являются: уплотнение пород в ПЗП за счет гидродинамического воздействия в процессе строительства скважин; разбухание глинистого цемента пород-коллекторов, особенно при преобладании в его составе монтмориллонита; увеличение воданасыщенности пород ПЗП и снижение фазовой проницаемости для нефти при смене пластовой минерализованной воды на пресный буровой фильтрат; выпадение солей и асфальтосмолистых веществ на границе раздела пресной фильтрат-минерализованной воды. В результате величина закольматированной вскрытой эффективной толщины пласта составляет до 80% общей толщины продуктивного горизонта.

Для восстановления проницаемости до первоначальной величины применяют ряд методов. Это различные виды кислотных и тепловых обработок, гидроразрыв пласта, закачка ПАВ и других реагентов. Солянокислотные обработки

являются одним из основных методов воздействия на призабойную зону продуктивных карбонатных пластов нефтяных месторождений.

Снижение фильтрационных сопротивлений пород-коллекторов в призабойной зоне пласта после воздействия ведет не только к повышению производительности, но и к снижению энергетических затрат при эксплуатации скважин, что является одним из условий рационального ведения разработки нефтяных месторождений.

Несмотря на многолетний опыт применения и большой объем проведенных исследований, направленных на совершенствование и повышение эффективности метода, значительная часть обработок не дает положительных результатов. По опубликованным в различных источниках данным, успешность проведения солянокислотных обработок (СКО) на многих месторождениях не превышает 30-90%. Такое положение объясняется разными причинами как объективного, так и субъективного характера:

- разработанная технология проведения обработок не учитывает всех особенностей механизма воздействия солянокислотных растворов на карбонатный коллектор;

- работа по выбору объектов (скважин) для воздействия, по разработке и соблюдению технологии обработок в конкретных геолого-физических условиях пластов проводится на промыслах не на должном уровне.

Повышение эффективности проведения солянокислотных обработок связано как с проведением более глубоких лабораторных исследований, так и с обобщением опыта их применения в различных промысловых условиях при различных технологиях.

Цель работы

Совершенствование методов интенсификации притока нефти к забою скважин путем кислотных обработок.

Задачи исследований

1. Изучение влияния геолого-физических параметров пластов и физико-химических свойств насыщающих их флюидов, условий залегания залежей, технологических параметров кислотных обработок на успешность воздействия по различным группам объектов в карбонатных коллекторах.
2. Проведение геолого-статистического моделирования и оценка эффективности солянокислотных обработок скважин с использованием ограниченного объема промысловой информации.
3. Поиск эффективных композиций химреагентов на основе соляной кислоты и замедлителей для условий карбонатных пород.
4. Классификация карбонатных пластов месторождений Республики Башкортостана и Республики Йемен методом главных компонент для выявления общих тенденций и закономерностей с целью повышения эффективности воздействия на ПЗП скважин месторождений Республики Йемен (в условиях ограниченного объема информации)
5. Разработка эффективных технологий обработки призабойной зоны карбонатных пластов.

Методика исследований

Решение поставленных задач осуществлялось в три этапа. На первом этапе проводились лабораторные исследования в статических и динамических условиях протекания реакции для выбора новых композиций химреагентов на основе соляной кислоты и замедлителей реакции. Исследования проводились на естественных и искусственных образцах горных пород.

Лабораторные эксперименты проводились по специально разработанной экспресс-методике по изучению воздействия композиций химреагентов на основе соляной кислоты и замедлителей реакции кислоты с карбонатными породами. Для этого была специально сконструирована экспериментальная установка. Объектами исследований послужили естественные образцы карбонатных

пород, представляющие продуктивные пласты турнейского яруса Узыбашевского месторождения.

На втором этапе была разработана технология воздействия на призабойную зону низкопродуктивных пластов композициями химреагентов.

Экспериментально были определены оптимальные композиции реагентов и объемы их закачки.

На третьем этапе проведен анализ эффективности кислотных обработок по месторождениям Республики Башкортостан и оценено влияние геолого-физических свойств пласта, физико-химических свойств пластовых флюидов, технических и технологических параметров на эффективность этих обработок.

Проведено группирование объектов залежей нефти в карбонатных коллекторах по месторождениям Республики Башкортостана и Республики Йемен.

Научная новизна

1. Проведено группирование объектов залежей нефти в карбонатных коллекторах по месторождениям Республики Башкортостан и Республики Йемен для научно-обоснованного выбора способов воздействия на призабойную зону пласта и оптимальных технологических параметров при их проведении.

2. Разработаны новые эффективные композиции химреагентов, воздействующие на карбонатные коллектора для повышения продуктивности скважин.

3. Разработана технология кислотных обработок, основанная на закачке в скважину оторочек композиций химреагентов и газа последовательно.

Практическая ценность

Практическая ценность работы заключается в разработке комплексной методики оптимального выбора объектов воздействия, а также в разработке технологии по замедлению реакции соляной кислоты с породой для продавливания кислоты в активном виде вглубь продуктивного пласта.

Апробация работы

Основные положения работы докладывались на 50-й, 51-й и 52-й научно-технических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Уфа, 1999-2001); на III конгрессе нефтегазопромышленников России, секция "Проблемы нефти и газа" Уфа, 2001. Научные труды: Материалы межотраслевой научно-практической конференции "Проблемы совершенствования дополнительного профессионального и социогуманитарного образования специалистов топливно-энергетического комплекса" Уфа, 2001.

Объем и структура работы

Диссертация состоит из введения, трех глав, списка использованной литературы, включающего 75 наименований, и приложения. Текст изложен на 146 страницах, включая 22 рисунка и 22 таблицы.

Работа выполнена на кафедре разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю, профессору М.А. Токареву и всем членам кафедры РНГМ.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы, определены основные цели, задачи исследований, научная новизна и практическая ценность проведенных работ.

В первой главе рассмотрены основные причины ухудшения фильтрационной характеристики призабойной зоны пласта нагнетательных и добывающих скважин и проведен анализ эффективности кислотных обработок в различных геолого-физических условиях их применения.

Рассмотрены факторы, снижающие продуктивность скважин. Эти факторы можно отнести к двум группам: гидромеханические и термохимические.

1. Гидромеханические факторы. Эта группа факторов в наибольшей степе-

ни проявляется в нагнетательных скважинах. Воздействие на ПЗП при этом основано на гидромеханическом загрязнении фильтрующей поверхности призабойной зоны механическими примесями и углеводородными соединениями, содержащимися в закачиваемой в пласт воде.

2.Термохимические факторы. К этой группе следует отнести:

-проникновение бурового раствора в пласт;

-набухание глинистого материала породы;

-образование эмульсий вследствие контакта пластовой нефти с промывочной жидкостью и их интенсивного механического перемешивания и т.д.

При этом может наблюдаться образование неорганических солей, гипса, выпадение кристаллов парафина и возникновение на их основе асфальтосмолопарафиновых отложений. Говоря об осадкообразовании, следует иметь в виду лишь возможность этого процесса при соответствующих неблагоприятных условиях. К последним следует отнести несовместимость по химическому составу пластовых и закачиваемых пресных вод, высокое содержание в добываемых нефтях высокомолекулярных углеводородных соединений, низкую пластовую температуру, темп закачки воды, высокую температуру насыщения нефти парафином.

Для частичного или полного устранения нарушений гидравлической связи пласта со скважиной существует много способов. Наиболее распространены в практике нефтедобычи физико-химические методы обработки призабойной зоны пласта, такие как обработка водными растворами поверхностно-активных веществ, кислотные обработки.

Значительное количество предложенных к настоящему времени в России и за рубежом технологий воздействия на призабойную зону с использованием соляной кислоты говорит о широком разнообразии продуктивных пластов по условиям залегания, геолого-физическим и физико-химическим свойствам пород-коллекторов и насыщающих их флюидов, различии в технологии разработки. Это необходимо учитывать при проведении воздействия на ПЗП для повышения его эффективности.

Проведение солянокислотных обработок освещено в литературе различными исследователями и учёными, такими как Мещенков И.С., Путипов М.В., Капашнев В.В., Лебедева М.И., Мухаметшин Р.З., Кандаурова Г.Ф., Мигович О.П. Опыт показывает, что в разных геолого-промысловых условиях этот способ воздействия на ПЗП имеет различную эффективность и величина его определяется влиянием самых разнообразных факторов, среди которых основными являются:

- 1) вид СКО (пенокислотная, термокислотная, обычная СКО и т. д.);
- 2) геологические особенности пластов (пористость, проницаемость, трещиноватость и т.д.);
- 3) технологические параметры СКО (объем кислоты, давление закачки, концентрация кислоты и т. д.);
- 4) технологические показатели работы скважин и залежей (текущее пластовое давление, обводненность продукции, кратность проведения СКО и т. д.).

Эффективность обработок оценивается по-разному: по изменению коэффициента продуктивности и дебита скважин до и после обработки; по относительному приросту дебита; по общей дополнительной добыче нефти; по изменению профилей притока; по успешности обработок (отношение количества эффективных операции к общему числу обработок).

Наряду с интенсификацией добычи нефти в отдельных случаях имеет место и изменение нефтеотдачи. Так, например, в работе Аширова К.Б., Выжгина Г.Б. отмечается, что в условиях Яблоневского месторождения (при разработке его на режиме растворенного газа) радиус зоны карбонатного пласта, подвергшийся активному воздействию соляной кислотой, превышает нескольких десятков метров. При этом активная соляная кислота гораздо глубже проникает в пласт по отдельным наиболее крупным трещинам. Вертикальные послойные макротрещины имеют небольшую удельную поверхность, и поэтому концентрированная кислота с большой скоростью продвигается по ним на большие расстояния, которые соизмеримы с расстояниями между скважинами.

Сравнение эффективности различных видов солянокислотных обработок, проведенных в разных геолого-промысловых условиях показывает, что в целом пенокислотные обработки характеризуются большей эффективностью по сравнению с обычными СКО и обработками под давлением. Причем эффект выше по дополнительной добыче нефти, по проценту успешных обработок и имеет место в тех случаях, где до проведения ПСКО эффекта от проведения других видов обработок получено не было. Это объясняется тем, что кислотная пена многократно замедляет скорость растворения карбонатов за счет уменьшения поверхности контакта пены с породой из-за включения пузырьков воздуха (газа) и значительного ограничения диффузии свежих порций кислоты к местам ее контакта с породой вследствие стабильности системы.

Рассмотрены геолого-физические и технологические факторы, оказывающие преобладающее влияние на эффективность обработок. Последующая формализация процесса на основе моделирования позволяет осуществить научно обоснованный выбор скважин и подобрать оптимальную технологию воздействия с целью повышения эффективности солянокислотных обработок.

Во второй главе обобщены промысловые результаты и оценен технологический эффект от солянокислотных обработок. Доля добычи нефти от проведения солянокислотных обработок значительная. Простые солянокислотные обработки по объему внедрения, дополнительной добыче нефти и технологической эффективности занимают третье место по всем химическим методам воздействия на ПЗП.

Для повышения эффективности кислотных обработок и увеличения процента успешности их проведения необходимо тщательно подходить к выбору скважин с учетом термодинамических условий и состояния ПЗП, состава пород и свойства жидкостей, технологии проведения соляной обработки и т.д. С этой целью собран промысловый материал по скважинам, подвергшимся солянокислотному воздействию за последние 10 лет, и проведена предварительная обработка данных. Исходный промысловый материал представлен Узыбашев-

ским, Сергеевским, Арланским, Игровским, Четырманским, Бураевским, Кузбаевским месторождениями по добывающим скважинам.

Для оценки конечного результата воздействия на ПЗП использовался прирост коэффициента продуктивности (K_2/K_1) скважин от обработок за предыдущий (K_1) и последующий (K_2) месяцы. Это связано с тем, что в последнее время гидродинамические исследования проводятся нерегулярно.

В качестве факторов, влияющих на эффективность СКО, рассмотрены:

1) геолого-физические факторы: эффективная толщина пласта ($h_{эф}$), коэффициент пористости (m), коэффициент проницаемости (k), вязкость нефти (μ_n), количество обрабатываемых пропластков ($N_{пр}$), глубина залегания пласта (H) и другие;

2) эксплуатационные факторы: дебит скважины по нефти до обработки (q_n), дебит скважины по жидкости до обработки ($q_{ж}$), обводненность добываемой продукции ($nв$) и другие;

3) технологические факторы: кратность обработки (N), удельный расход кислоты на метр продуктивной толщины пласта (V_k), концентрация закачиваемого раствора кислоты (C_k) и другие.

Предварительный выбор исходных параметров определялся путем статистической обработки данных, построения графических зависимостей влияния каждого параметра на изменение технологического эффекта и выявления (или отсутствия) качественной закономерности их взаимодействия.

Качественный анализ результатов показывает, что, как и следовало ожидать, к росту эффективности СКО приводит: увеличение эффективной толщины пласта, повышение удельного расхода раствора кислоты на метр продуктивной толщины пласта, концентрация закачиваемого раствора кислоты, число обрабатываемых пропластков и уменьшение плотности и вязкости нефти, кратность обработок, содержание серы, парафинов, асфальтено-смолистых веществ, проницаемость и пористость пласта.

Некоторые зависимости носят сложный характер: например, резкое снижение эффективности СКО наблюдается при обводненности добываемой продук-

ции из-за образования в ПЗП стойких водонефтяных эмульсий как следствие увеличения вязкости жидкости. Однако по результатам этого анализа нельзя количественно определить степень влияния каждого из вышеперечисленных факторов ввиду наложения на результаты действия других параметров.

Для предложенных выше параметров необходимо выбрать наиболее влиятельные и получить математические выражения, связывающие эти факторы с основным показателем СКО - технологическим эффектом от обработки ПЗП. Для определения степени влияния факторов на показатели процесса воспользовались множественным регрессионным анализом. Он проводился с использованием пакета статистических программ "STATGRAPHICS PLUS".

При выборе скважин для воздействия на призабойную зону и определения технологических параметров обработок необходимо оценить эффективность не только на качественном уровне, но желательно и на количественном. Причем знание характера и степени влияния, определяющих эффективность обработок параметров, позволяет принять правильное решение при проведении операции по воздействию на призабойную зону пласта.

С целью решения этих важных вопросов было проведено статистическое моделирование эффективности солянокислотной обработки (СКО), отражаемой с помощью различных показателей, с использованием многомерного регрессионного анализа.

Целью моделирования эффективности (СКО) является установление статистической взаимосвязи между факторами, характеризующими состояние объектов разработки и скважин:

1) геологические параметры: глубина залегания пласта (H), эффективная толщина пласта (h), число обрабатываемых пропластков (N), коэффициент проницаемости (K), пористость (m), температура пласта (T);

2) физические параметры: плотность нефти (ρ), вязкость нефти (μ), содержание серы (S), содержание парафина (P), асфальтино-смола ($A+S$);

3) технологические параметры до обработки: добыча нефти (Q_n), добыча жидкости (Q_j), кратность обработки (N), обводненность (n_v), объем закачки реагента (V) и показатели их эффективности;

4) показатели эффективности: добыча нефти после обработки (Q_n), добыча жидкости после обработки, обводненность, дополнительная добыча нефти (ΔQ), технологический эффект ΔQ .

Были приняты: X_i - факторы, характеризующие состояние объектов разработки и скважины (как независимые и переменные); Y_i - показатели эффективности (как выходные параметры).

Взаимосвязь между выходными параметрами (Y_i) и независимыми переменными (X_i) может быть описана уравнением множественной линейной регрессии

$$Y_i = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_i X_i, \quad (1)$$

где b_0, b_i – оценки коэффициентов уравнения множественной линейной регрессии.

Проведение исследования и полученные геолого-статистические модели позволяют выбирать скважины и оценивать эффективность проведения солянокислотных обработок при различных технологиях по различным показателям: как по полному комплексу имеющейся геолого-промысловой информации, так и по ограниченному ее объему. Однако в отдельных случаях существенные погрешности полученных моделей указывают на необходимость более глубокого изучения физико-химических процессов, происходящих в призабойной зоне пласта в результате взаимодействия соляной кислоты с карбонатной породой, на микроуровне.

Таким образом, для основных объектов разработки месторождений Республики Башкортостан установлена степень влияния входных геолого-физических и технологических параметров на показатели эффективности по группам объектов. Пользуясь полученными геолого-статистическими моделями, можно решать задачи по выбору объекта для воздействия на призабойную

зону пласта с целью увеличения проницаемости, что приводит к увеличению дебита скважин.

В третьей главе приведены результаты лабораторных исследований воздействия по выбору новых композиций химреагентов на основе соляной кислоты и замедлителей реакции с карбонатной породой.

К композициям химреагентов были предъявлены следующие основные требования:

- 1) состав должен максимально глубоко проникать в призабойную зону пласта;
- 2) состав должен обладать способностью обрабатывать низкопроницаемые нефтенасыщенные интервалы;
- 3) состав не должен вызывать повторного выпадения осадков после реакции кислоты с горной породой;
- 4) компоненты состава должны быть доступны; иметь невысокую стоимость, производиться на отечественных заводах.

В качестве базового раствора использовался раствор соляной кислоты с концентрацией 15% масс. с добавкой CH_3COOH (1% объемн.) и ингибитора коррозии катапин-А (0,2% объемн.) (композиция № 1).

Для проведения лабораторных исследований были составлены следующие композиционные составы:

- 1) базовый раствор HCl с добавкой лигносульфонат (ЛС от 0,5% до 5% объемн.) (композиция № 2) или СКМД (смесь кислотная медленного действия);
- 2) базовый раствор HCl с добавкой феррохромлигносульфонат (ФХЛС 0,5% объемн.) (композиция № 3).

Как отмечалась выше эффективность обработок скважин соляной кислотой во многом зависит от скорости взаимодействия СКМД (смесь кислотная медленного действия) с карбонатами. Чем меньше скорость взаимодействия, тем больше условий для проникновения активной кислоты вглубь пласта, что приводит к значительному повышению эффективности обработок.

Скорость реакции в статических условиях определялась путем погружения образца породы в базовые растворы HCL (композиция №1) и СКМД (композиция №2).

Ввиду того, что керновый материал карбонатных пород по минералогическому составу не является однородным, в опытах был использован мрамор, содержащий 93% CaCO_3 . Образцы мрамора прямоугольной формы выдерживали как в базовом растворе HCL, так и в СКМД в течение 2-30 минут. После этого образцы промывали дистиллированной водой. Скорость реакции определялась как отношение потери веса мрамора к единице ее поверхности и времени ее контакта с СКМД или с базовой кислотой.

В условиях эксперимента образцы породы (пластины мрамора) полностью растворялись в базовом составе за 10 минут (рис.1).

При взаимодействии карбонатного образца с СКМД, включающей ФХЛС, скорость реагирования снизилась в 1,7 раз по сравнению с базовым раствором

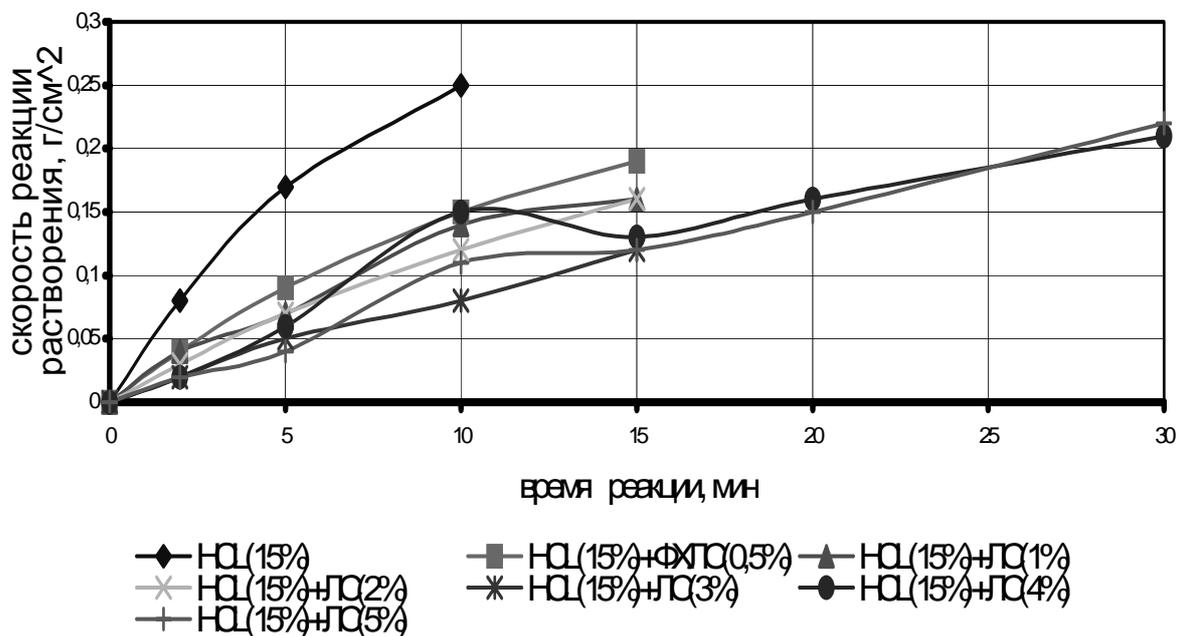


Рис.1 Зависимость скорости растворения мрамора в соляной кислоте и в СКМД

кислоты. Однако дальнейшее исследование проводилось на композициях, включающих добавку ЛС, т.к. в результате опытов с добавкой ФХЛС наблюдалось выпадение нерастворимого осадка.

Как видно из рис.1, в СКМД с добавкой ЛС (1% объемн.) скорость растворения мрамора снижается в 1,8 раз, для состав с концентрацией ЛС (3-5% объемн.) - до 5 раз. Поэтому выбрали СКМД на базе HCL и ЛС, как композицию для закачивания в ПЗП с целью замедления реакции композиции с породой и сохранением большей доли ее активности. Замедляющее действие такой композиции является хорошим дополнением к тормозящему действию повышенного давления на скорость реагирования кислоты с породой.

На рис.1 приведены результаты экспериментальных исследований, полученных для образцов горных пород (пластина мрамора) с определенными свойствами. В дальнейшем вместо времени реакции, использовался параметр "остаточная кислотность".

Кривая изменения остаточной кислотности при этом описывается уравнением

$$C_i = C_0 * e^{-at}, \quad (2)$$

где C_i - текущая концентрация;

t - время реакции в минутах;

C_0 - исходная концентрация соляной кислоты, %.

Математической обработкой результатов измерений установлена эмпирическая зависимость между временем нейтрализации кислоты и ее текущей концентрацией в виде

$$C_i = 15e^{-0,45 t}. \quad (3)$$

Для дальнейшего обоснования эффективности композиции химреагента и выбора самой эффективной композиции было исследовано изменение остаточной кислотности композиции в зависимости от времени реакции при динамических условиях.

Процесс взаимодействия СКМД с карбонатной породой в динамических условиях изучали на искусственных кернах, где содержание карбонатов в об-

разце (известняк) достигал 90% и более. Размеры 2,8*2,5 мм были выбраны условиями проведения лабораторных экспериментов, чтобы закономерности, полученные на модели, отражали процессы, происходящие в естественных условиях.

Основной реакцией, определяющей полезный эффект от кислотной обработки, является реакция растворения карбонатных пород, известняка и доломита соляной кислотой. В нашем случае



Исследования взаимодействия СКМД с карбонатной породой в динамических условиях были проведены таким образом, чтобы соблюдалось приближенное моделирование. При этом учитывались критические константы для углекислоты (критическое давление $P_{кр}=7,29$ МПа, критическая температура $T_{кр}= 31,3$ °С). Лабораторные исследования проводились под давлением 3-7 МПа и при температуре 20-30 °С (по справочным данным известно, что при температуре взаимодействия 20° С реакция происходит без выделения газообразного CO_2 , если давление превышает 5,65 МПа). Так как стандартной аппаратуры для исследования кинетики растворения карбонатов в пластовых условиях промышленностью не выпускается, то при постановке опытов пришлось использовать установку экспресс-исследований. Суть методики проведения эксперимента заключалась в следующем: прокачивали через искусственный керн композицию разной концентрации; определяли остаточную кислотность композиции; строили график зависимости времени реакции и уменьшения концентрации соляной кислоты в процентах от начальной остаточной кислотности (рис.3).

Как видно из графика, наиболее эффективной оказалась композиция СКМД, которая и была рекомендована для внедрения.

В статических условиях растворения карбоната при давлении реакции ниже критической для углекислоты (<7,3 МПа) добавка ЛС (СКМД) вызывает равномерное торможение процесса растворения независимо от времени реакции. С повышением давления одноименные кривые пересекаются в некоторой

точке, а затем происходит резкое замедление реакции при добавках ЛС (композиция №2) по сравнению с композицией № 1(без ЛС), не содержащей этих добавок (рис.2,3). Точки пересечения смещаются по оси времени в зависимости от концентрации и активности ЛС, а также условий реакции. Такое положение кривых говорит о разной природе механизма торможения реакции в присутствии ЛС. В диффузионно-кинетической стадии реакции (при давлениях до 7,3 МПа) эффект торможения проявляется более четко, чем в диффузионной.

Кроме того, по всему керновому материалу проводились петрографические исследования шлифов с целью определения эффективности обработок. Изучение шлифов образцов пород после проведения экспериментов показало, что после воздействия композиции №1 реакция не охватывала весь керн по сравнению с композицией №2. Это говорит о том что, композиция №2 более эффективна за счет добавленных замедлителей.

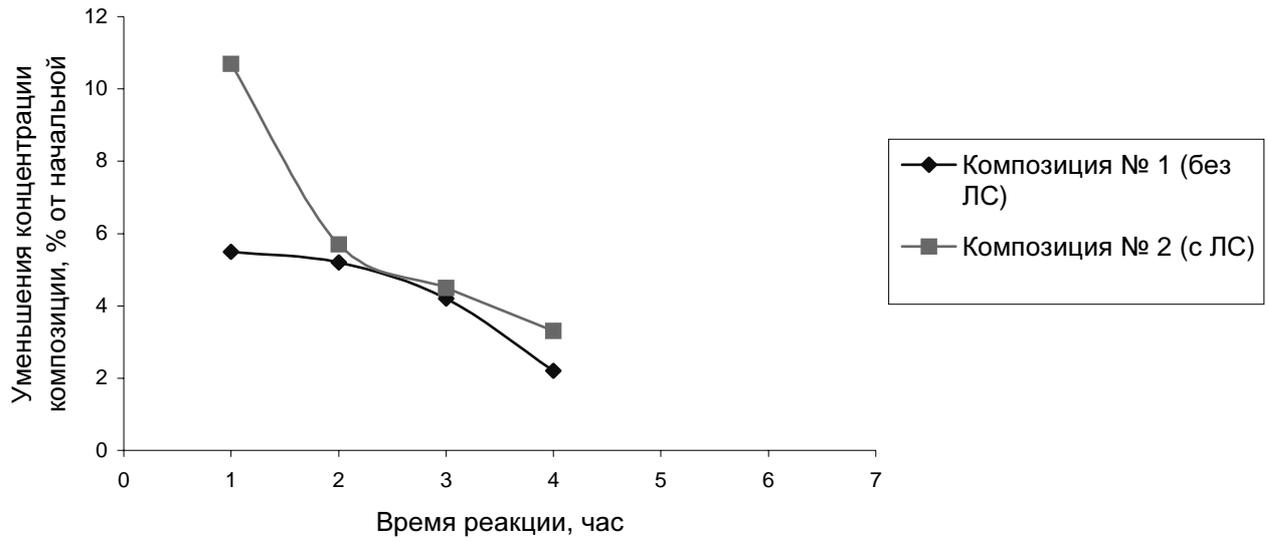


Рис 2. Изменение остаточной кислотности от времени реакции при растворении карбонатов ($P=3$ МПа, $T=20$ °С)

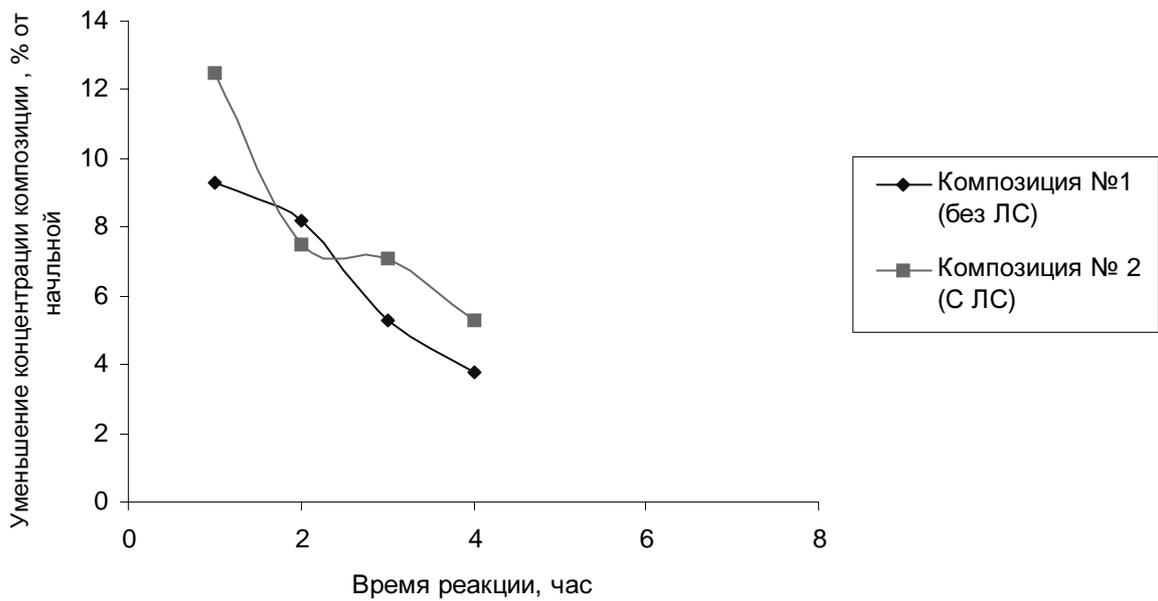


Рис 3. Изменение остаточной кислотности от времени реакции при растворении карбонатов ($P=7$ МПа, $T=30$ °С)

Основные выводы

1. На основе обобщения результатов проведения солянокислотных обработок в различных геолого-промысловых условиях установлены факторы, влияющие на успешность их проведения.

2. Проведены лабораторные исследования по выбору новых композиций с целью максимального продавливания соляной кислоты вглубь пласта в активном виде. Предложено в композициях использовать замедлители реакции.

3. Установлен характер влияния геолого-физических параметров пластов и физико-химических свойств насыщающих их флюидов, условий залегания залежей, технологических параметров кислотных обработок на успешность воздействия по различным группам объектов разработки для условий карбонатных коллекторов.

4. На основе геолого-статистического моделирования оценена эффективность солянокислотных обработок скважин в условиях органического объема информации.

5. В многомерном пространстве геолого-физических параметров с помощью метода главных компонент проведена совместная классификация объектов разработки в карбонатных коллекторах по месторождениям Республики Башкортостан и Республики Йемен. Проведенная классификация позволяет идентифицировать объекты разработки рассматриваемых регионов с целью облегчения выбора способов воздействия на призабойную зону пласта.

6. Разработана технология обработки ПЗП с целью увеличения коэффициента продуктивности скважин, основанная на последовательной закачке композиций химреагентов и оторочек газа.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих печатных работах:

1. Зияд Н.М., Токарев М.А. Влияние температуры на скорость реакции СКМД (смесь кислотная замедленного действия) с карбонатными породами в нормальных условиях реакции. // Проблемы совершенствования профессионального дополнительного и социогуманитарного образования специалистов топ-

тивно-энергетического комплекса: Материалы межотраслевой научно-практической конференции.- Уфа, 2001.- Т.2.- С.137-138.

2. Зияд Н.М., Токарев М.А. Геолого-статистическое моделирование и оценка эффективности солянокислотной обработки скважин с использованием ограниченного объема информации.//Проблемы совершенствования дополнительного профессионального и социогуманитарного образования специалистов топливно-энергетического комплекса: Материалы межотраслевой научно-практической конференции.- Уфа, 2001.- Т.2.- С.138

3. Зияд Н.М., Токарев М.А. Новая технология воздействия на призабойную зону скважин.//Геология палеозоя и верхнего протерозоя доработка и нефтеотдача месторождений Башкортостана: Науч. тр.- Уфа, 2001.- Вып.108.-С.169-172.

4. Зияд Н.М., Токарев М.А. Исследование процесса взаимодействия соляной кислоты с замедлителем (ЛС) и без замедлителя с карбонатной породой в динамических условиях с учетом уменьшения их концентрации.//III конгресса нефтегазопромышленников России. Секция «Проблемы нефти и газа»: Тез. докл.- Уфа, 2001.-С.125-126.

5. Зияд Н.М., Токарев М.А. Классификация карбонатных коллекторов по месторождениям Республики Башкортостана и Республики Йемен методами распознавания образов//III конгресс нефтегазопромышленников России. Секция «Проблемы нефти и газа»: Тез. докл.–Уфа, 2001 .-С.129-130.

6. Зияд Н.М., Вахитова А.Г., Галлямов Р.И. Усовершенствование технологии обработки призабойной зоны пласта на основе соляной кислоты.//Геология палеозоя и верхнего протерозоя, доработка и нефтеотдача месторождений Башкортостана: Науч. тр.- Уфа, 2001.- Вып.108.-С.164-168.

Соискатель

Зияд Н.М