

На правах рукописи



**ТАБАКАЕВА ЛАРИСА СЕРГЕЕВНА**



**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ОСОБЕННОСТЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
НА НИЗКОПРОНИЦАЕМЫЕ ГЛИНОСОДЕРЖАЩИЕ НЕФТЯНЫЕ  
ПЛАСТЫ РАСТВОРАМИ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ**

Специальность 25.00.17 - «Разработка и эксплуатация нефтяных  
и газовых месторождений»

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва-2007

Работа выполнена в институте проблем нефти и газа Российской Академии Наук (ИПНГ РАН)

**Научный руководитель:** доктор технических наук  
Хавкин А.Я.

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор  
Михайлов Н.Н.  
кондитат технических наук  
Крянев Д.Ю.

**Ведущая организация:** НИИнефтепромхим

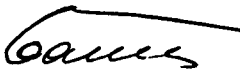
Защита состоится 16 мая 2007 г. в 15-00 на заседании диссертационного совета Д.002.076.01 при Институте проблем нефти и газа РАН.

Адрес Института: 119333, г. Москва, ул. Губкина, д.3

С диссертацией можно ознакомиться у ученого секретаря диссертационного совета.

Автореферат разослан «14» апреля 2007 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
к.т.н.



М.Н. Баганова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность работы.

Повышение добычи нефти из низкопроницаемых коллекторов осложнено наличием глинистых минералов в теле пласта

При заводнении нефтяных пластов низкоминерализованной закачиваемой водой вследствие ионообмена происходит набухание глинистых минералов, а при концентрации солей в минерализованной воде меньше некоторой критической (пороговой) - глинодиспергация (отделение набухших глинистых пластинок) При нарушении равновесия системы вода-глины снижается прочность коллектора, уменьшаются сечения поровых каналов, что приводит к снижению проницаемости коллектора, скорости фильтрации, нефтеотдачи Ранее для предотвращения снижения проницаемости предлагалось закачивать воду с минерализацией аналогичной пластовой Но, даже при закачке воды с общей минерализацией близкой к пластовой, но с разным ионным составом, также может происходить нарушение ионного равновесия с глинистыми минералами Нарушение равновесия может происходить и в результате взаимодействия закачиваемой воды с породой и пластовой водой, что может вызвать образование нерастворимых солей в поровом пространстве

Поэтому воздействие на нефтяные залежи с целью интенсификации добычи нефти, повышения темпов отбора и коэффициента нефтеизвлечения не может быть осуществлено без учета физико-химических особенностей коллекторов Одним из перспективных методов повышения нефтеотдачи низкопроницаемых и глиносодержащих (доля глинистых минералов менее 15%) пластов, получивших развитие в последние десятилетия, является метод регулирования свойств глинистых минералов, называемый глиностабилизацией

Глиностабилизация – это предотвращение или снижение ионообменной активности глинистых минералов в коллекторах под воздействием специальных реагентов, вследствие их физико-химического взаимодействия с поверхностью глинистого коллектора Такие реагенты, называются глиностабилизаторами

Анализ влияния стабилизационных воздействий на фильтрационные характеристики нефтяных пластов изучен недостаточно, особенно в условиях вариации различных закачиваемых химических реагентов, свойств пластовой воды и различных типов глин

Для повышения нефтеотдачи актуальной задачей является поиск реагентов, эффективных в таких коллекторах

### **Цель диссертационной работы.**

Цель диссертационной работы - изучение особенностей разработки низкопроницаемых глиносодержащих коллекторов (ГНПК) и обоснование рекомендаций по совершенствованию технологии стабилизации глин, подборе реагентов-глиностабилизаторов, а также обоснование применения низкоконцентрированных полимерных растворов в нефтяных ГНПК

### **Основные задачи исследований.**

1. Исследование влияния состава глинистого цемента, ионного состава и pH фильтрующейся воды на изменение проницаемости ГНПК
2. Исследование влияния растворов полиэлектролитов на фильтрационные свойства ГНПК
3. Обоснование рекомендаций для применения полиэлектролитов в НПК для повышения нефтеотдачи пластов
4. Обоснование рекомендаций для повышения нефтеотдачи низкоконцентрированными полимерными растворами в ГНПК

### **Методы решения поставленных задач.**

Методами исследования являются

- Анализ научной физико-химической и геолого-промысловой информации по разработке слоисто-неоднородных нефтяных ГНПК
- Экспериментальные исследования особенностей многофазной фильтрации на моделях ГНПК
- Анализ результатов опытно-промысловых работ по применению технологии стабилизации глин

### **Научная новизна.**

1. Получена зависимость влияния ионного состава фильтрующейся воды и коэффициента активной глинистости на проницаемость коллектора
2. Обосновано применение технологии глиностабилизации с регулируемым pH в низкопроницаемых глиносодержащих пластах
3. Обосновано применение низкоконцентрированных растворов высокомолекулярных полимеров для глиностабилизации и повышения нефтеотдачи в низкопроницаемых глиносодержащих коллекторах

### **Основные защищаемые положения.**

- 1 Экспериментальные зависимости изменения коллекторских свойств низкопроницаемых глиносодержащих пластов при различных минеральных составах, коэффициенте активной глинистости и pH фильтрующейся воды
- 2 Экспериментальное обоснование применения комплексной технологии глиностабилизации на основе регулирования pH в низкопроницаемых глиносодержащих пластах
- 3 Экспериментальное обоснование технологии применения низкоконцентрированных полимерных растворов в низкопроницаемых глиносодержащих пластах для глиностабилизации и повышения нефтеотдачи

### **Практическая значимость.**

Результаты выполненных работ позволяют

- определить возможное изменение проницаемости глиносодержащего коллектора при изменении ионного состава закачиваемой воды и воды, используемой для технологических операций в скважинах,

- снизить или предотвратить набухание глин в глиносодержащих коллекторах, применяя рекомендованные реагенты в качестве глиностабилизаторов ,

- применить низкоконцентрированные растворы полимеров в качестве глиностабилизаторов и агентов повышения охвата в низкопроницаемых коллекторах,

Результаты исследований выполнялись по тематике Миннауки РФ и были использованы при работах на Ромашкинском месторождении, на Северном участке Ижевского месторождения, на Уренгойском месторождении

### **Апробация работы.**

Основные положения диссертационной работы докладывались на

- научно-практической конференции VIII Международной выставки «Нефть, газ, нефтехимия–2001», Казань, 2001г

- Международном технологическом симпозиуме «Повышение нефтеотдачи пластов», Москва, 2002г

- 12-ом Европейского симпозиуме «Повышение нефтеотдачи пластов», Казань, 2003г

- семинаре в ИПНГ РАН, 2006г

### Публикации.

По результатам проведенных работ опубликовано 16 печатных работ, (включая 3 патента), в том числе 6 работ в изданиях, рекомендованных ВАК для защиты кандидатской диссертации

### Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, приложения. Общий объем работы составляет 174 страницы печатного текста, в том числе 43 таблицы, 26 рисунков. Список литературы включает 184 источника

Автор благодарит своего научного руководителя д.т.н. *Хавкина А.Я.* за идеи, которые легли в основу данной работы. Автор признательна коллегам *Г.И. Чернышеву, П.И. Забродину, А.В. Сорокину, В.В. Балакину*, совместно с которыми выполнен и опубликован ряд исследований, приведенных в разделах 3.1 и 3.2

### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы, и основная цель исследований, излагается научная новизна и практическая значимость работы

В первой главе проведен анализ

существующих методов разработки слоисто-неоднородных глиносодержащих пластов, изложены особенности ионообмена в нефтяных глиносодержащих коллекторах при заводнении пластов водой, с минерализацией меньше, чем пластовая, при котором возможно увеличение объема глинистых минералов в несколько раз и уменьшение проницаемости коллектора в десятки раз,

равновесного состояния системы глина-раствор,

механизма набухания,

особенности применения глиностабилизирующих реагентов в низкопроницаемых глиносодержащих коллекторах,

вытеснения нефти водой из глиносодержащих коллекторов,

влияния pH закачиваемого агента на фильтрационные свойства глиносодержащих низкопроницаемых коллекторов

Большой вклад в изучение глинистых минералов, их влияние на нефтеотдачу и взаимодействие с водными растворами электролитов, механизма набухания и влияния изменения pH внесли отечественные и зарубежные ученые *Аббасов М.Т., Арбузова С.К., Брилинг И.А., Бученков Л.И., Гольдберг В.М., Горбенко А.С., Горбунов А.Т., Городнов В.Д., Гребенников В.Т., Гримм Р.Е., Дахнов В.Н.*

Дивисилова В.И., Желтов Ю.В., Жигач К.Ф., Землятченский П.А., Злочевская Р.И., Эхус И.Д., Ильинская Г.Г., Карпова Г.В., Клубова Т.Т., Ковалев А.Г., Коржувеев А.С., Королев В.А., Котельников Д.Д., Красильников К.Г., Круглицкий Н.Н., Кузнецов В.Г., Кульчицкий Л.И., Куприна Г.А., Моу Ф., Муслимов Р.Х., Назаров Н.К., Ничипоренко С.П., Овчаренко Ф.Д., Осипов В.И., Охотин В.В., Пасечник В.А., Петтиджон Р.Д., Приклонский В.А., Рынская Г.О., Саркисян С.Г., Сергеев Е.М., Сидери Д.И., Скворцов Н.П., Скоблинская Н.Н., Танкаева Л.К., Тарасевич Ю.И., Усьяров О.Г., Хавкин А.Я., Цветкова М.А., Шаров В.С., Яров А.Н., Barnes P.M., Bergerson B.M., Bernard J.J., Conley F.R., Dodd C.G., Durund C., Fogler H.S., Grey D.H., Jacquin C., Jones F.O., Khilar K.S., Mungan N., Normsh K., Quirk J.P., Vaidya R.N., и другие

**Во второй главе** приводятся результаты исследования влияния ионного состава закачиваемой воды на проницаемость глиносодержащего коллектора

Приводятся результаты экспериментальных исследований следующих задач

- изменение проницаемости моделей с разным глиносодержанием при изменении ионного состава (последовательное снижение общей минерализации при постоянном отношении гидрохимических коэффициентов концентраций ионов, т.е.  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  оставалось постоянным),

- влияние на проницаемость концентраций двухвалентных ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ,

- влияние типа глин на проницаемость коллектора

Полученные экспериментальные результаты (рис 1) означают, что состав глинистого цемента играет существенную роль в изменении коллекторских свойств, а диспергирование каолинистых глин в пористых средах способно привести к весьма значимым фильтрационным эффектам, что ранее приписывалось в основном набухающим глинам

Для расчета проницаемости глиносодержащего коллектора на основании экспериментальных данных (рис 1) обоснована зависимость отношения текущей проницаемости к начальной ( $K/K_0$ ) от отношения текущей минерализации к начальной ( $C/C_0$ )

$$K/K_0 = \frac{C}{C_0} \exp(K_{st}^{ак} A + B), \quad (1)$$

в которой одним из параметров является коэффициент активной глинистости ( $K_{st}^{ак}$ ), а коэффициенты «А» и «В» имеют значения  $A=0,807$ ,  $B=0,14$

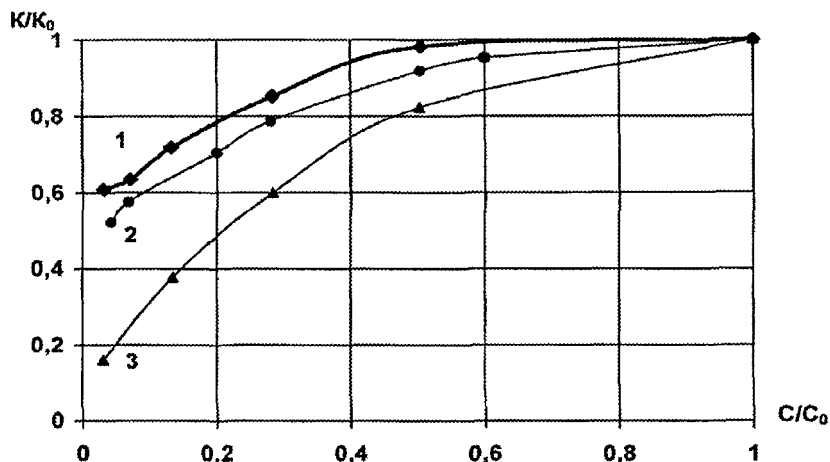


Рис 1 Влияние отношения текущей минерализации к начальной ( $C/C_0$ )

на отношение текущей проницаемости к начальной ( $K/K_0$ ), при  $C_0=300$  г/л

1 - сложный состав минерализованной воды, 10% бентонита,

2 - минерализованная вода - хлорид натрия, 15% каолинита,

3 - минерализованная вода - хлорид натрия, 9% монтмориллонита

Приведены результаты расчета коэффициента активной глинистости для разных типов глин

На основании экспериментальной зависимости (1) проведены расчеты для разных ионных составов закачиваемой и пластовой вод. Если в пластовой воде низкое содержание двухвалентных катионов, то при закачке воды, не содержащей этих ионов, изменение проницаемости менее значительно, чем, при содержании в пластовой воде двухвалентных катионов. Если же пластовая вода содержит двухвалентные ионы  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ , а в закачиваемой воде их содержание мало или таких ионов совсем нет, то падение проницаемости значительно возрастает с ростом глинистости.

Проведены расчеты оценки влияния ионного состава закачиваемой воды на проницаемость продуктивных пластов для Абдрахмановской и некоторых других площадей Ромашкинского месторождения. Даны рекомендации по учету особенностей поведения глин.

Даны также рекомендации по учету особенностей поведения глин на Северном участке Ижевского месторождения и на Уренгойском месторождении.



В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований глиностабилизирующих свойств растворов полиэлектролитов

Приведены экспериментальные данные динамической адсорбции и десорбции раствора полиэлектролита концентрации 0,25% (вода минерализации 40 г/л) Величина адсорбции составила 120 г/м<sup>3</sup> При вымывании водой десорбция составила 94 г/м<sup>3</sup>.

Показана эффективность использования глиностабилизаторов при двух разных вариантах обработки насыпной модели

- 1) до снижения минерализации закачиваемой воды, для оценки возможности предотвращения или снижения набухания,
- 2) после падения проницаемости в модели вследствие снижения минерализации - для исследования возможности восстановления проницаемости коллекторов глиностабилизаторами

На рис 2 представлены зависимости изменения проницаемости от объема прокачки при обработке глиностабилизаторами №1 и №2 перед закачкой воды менее минерализованной, чем начальная (связанная) вода Обработка глиностабилизаторами до снижения минерализации приводит к значительному увеличению проницаемости (на 80-90%)

Исследования возможности увеличения проницаемости после ее падения приведены на рис 3 Обработка глиностабилизатором №1 при падении начальной проницаемости в 2 раза (с 0,033 мкм<sup>2</sup> до 0,017 мкм<sup>2</sup>) увеличивает ее до 0,028 мкм<sup>2</sup> (т.е. на 85%) Глиностабилизатор №2 при падении начальной проницаемости в 1,5 раза (с 0,057 мкм<sup>2</sup> до 0,039 мкм<sup>2</sup>) увеличивает ее практически до первоначальной

Эксперименты показали, что применение глиностабилизатора эффективно и при высоких значениях минерализации пластовой и закачиваемой вод (рис 4)

После обработки пористой среды глиностабилизатором и фильтрации воды с минерализацией 125г/л, увеличение проницаемости составило 1,24 раза, то есть 93,75% от первоначального значения

Приведены результаты исследования влияния концентрации реагентов на эффективность глиностабилизации для определения минимальной концентрации полиэлектролита, которая была бы достаточна для сохранения эффекта стабилизации

Из результатов экспериментальных исследований процесса вытеснения нефти в моделях водами с разными значениями рН (3,5, 6,5, 8,5) после обработки моделей растворами стабилизирующих реагентов следует, что для процессов

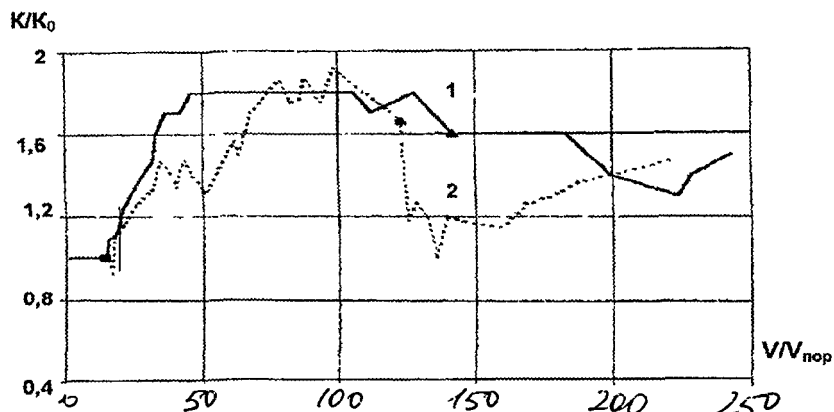


Рис 2 Зависимость относительного изменения проницаемости модели коллектора ( $K/K_0$ ) с минерализацией связанной воды 40 г/л от объема прокачки минерализованной воды ( $V/V_{пор}$ ) при обработке глиностабилизаторами №1 (1) и №2 (2) до снижения минерализации

■ – обработка глиностабилизаторами с последующей закачкой воды минерализации 20 г/л,

▲ – начало закачки воды минерализации 10 г/л

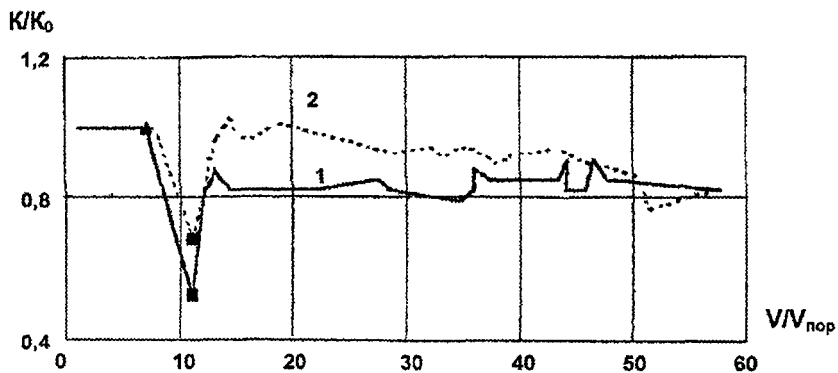


Рис 3 Зависимость изменения проницаемости коллектора ( $K/K_0$ ) с минерализацией связанной воды 40 г/л от объема прокачки воды ( $V/V_{пор}$ ) при обработке глиностабилизаторами №1 (1) и №2 (2) после снижения минерализации

▲ – начало закачки воды минерализации 10 г/л,

■ – обработка глиностабилизаторами

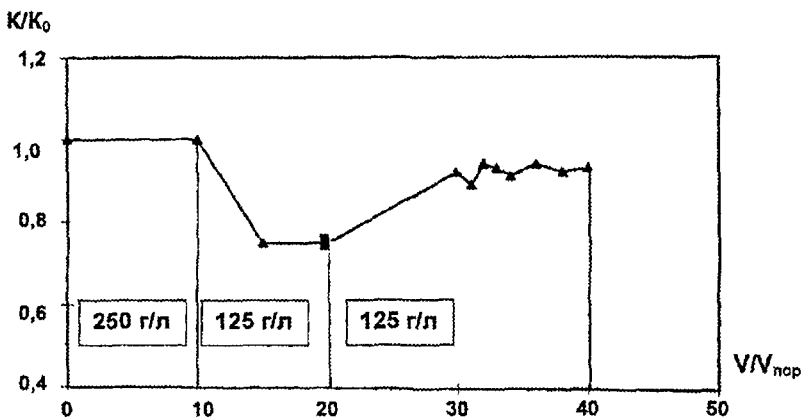


Рис 4 Зависимость относительного изменения проницаемости модели коллектора ( $K/K_0$ ) от объема прокачки минерализованной воды ( $V/V_{пор}$ ) при фильтрации через образец вод различной минерализации до и после обработки глиностабилизатором №2

■ обработка глиностабилизатором

нефтевытеснения слабощелочной водой ( $pH = 8,5$ ) в моделях с бентонитом коэффициент нефтевытеснения ( $K_B=0,8$ ) больше, чем в моделях без обработки (где  $K_B=0,6-0,7$ ) и в моделях, где нефтевытеснение проводили слабокислой или нейтральной минерализованной водой (где  $K_B=0,6$ )

Кроме того, после прокачки нефти, проницаемость в моделях, обработанных глиностабилизатором, в 3-6 раз превышает проницаемость в моделях без обработки

Приведены результаты опытно-промысловых работ по применению технологии глиностабилизации на Азнакаевской площади Ромашкинского месторождения. В ходе проведенных испытаний технологии глиностабилизации успешность работ составила 85%, а увеличение коэффициента приемистости — от 7% до 48%, при среднем значении 27%

В четвертой главе обосновано экспериментальное применение полиэлектролитов с низким молекулярным весом в НПК и даны рекомендации по применению полиэлектролитов в комплексе с другими реагентами для повышения нефтеотдачи пластов

Такая технология может быть использована для стабилизации привнесенных глин, которые заносятся в пласт при проводке ствола в нефтенасыщенных горизонтах. Поэтому объектами для внедрения такой технологии могут быть выбраны нагнетательные или добывающие скважины, производительность которых значительно снижена по сравнению с первоначальной, либо их производительность ниже по сравнению с параметрами работы аналогичных скважин, расположенных в данной части месторождения.

Такая технология может применяться также при освоении скважин в виде профилактических работ, а также на скважинах, переводимых в систему ППД.

Адсорбционные свойства составов, регулирующих набухание глины, а также условие повышения вытеснения нефти (ее отмыва с поверхности породы) увеличиваются с повышением значений водородного показателя этих составов (показателя pH). Поэтому для улучшения адсорбции регулятора набухания глин (глинстабилизатора) и нейтрализации остаточной кислотности (использование кислотных микроэмульсий, кислотных системы с ПАВ для повышения гидрофильности), необходимо изменить значение водородного показателя путем закачки щелочного состава с регулятором набухания глин.

Таким образом, необходимо повысить гидрофильность поверхности породы и отмыть углеводороды (нефть) с поверхности этой породы. При этом частично разрушают глинистые минералы (осуществляют разглинизацию) за счет предварительной закачки очищающего кислотного состава, обладающего низким межфазным натяжением (поверхностным натяжением), например, кислотной микроэмульсии, содержащей, например, композиционное поверхностно-активное вещество (ПАВ), детергент и водный раствор минеральной кислоты, или кислотной системой с ПАВ.

Кислотный состав обеспечивает снижение межфазного натяжения на границе нефть - пластовая вода, в результате чего увеличивается очищающая способность состава. Связанность кислоты в составе увеличивает время реакции кислоты с горной породой. Эти свойства позволяют повысить охват продуктивных пластов залежи по толщине и увеличить зону эффективной обработки пласта залежи. Это обеспечивает значительную приемистость рабочего агента при его нагнетании в продуктивные пласты залежи и стимуляцию притока нефти в добывающих скважинах. При использовании очищающего кислотного состава нет необходимости разделять пропластки на высоко и низко проницаемые. Он является средством выравнивания проницаемости залежи по ее толщине. Такой

подход обеспечивает реализацию приема выравнивания проницаемости залежи и увеличение ее охвата по толщине при нагнетании рабочего агента

Кислотный состав закачивают в призабойную зону пласта и выдерживают его в течение нескольких часов перед последующей закачкой щелочного состава с регулятором набухания глин. Это способствует повышению гидрофильности породы и отмыву с ее поверхности углеводородов (нефти).

Щелочной состав с регулятором набухания глин выдерживают в призабойной зоне также в течение нескольких часов. Важным показателем характеристики щелочного состава является то, что концентрация щелочи превышает эквивалентную концентрацию кислоты в кислотном составе до 30%

В пятой главе изложены особенности применения низкоконцентрированных полимерных растворов в нефтяных пластах, даны рекомендации по применению низкоконцентрированных полимерных растворов для повышения нефтеотдачи

Применение глиностабилизаторов снижает значение критической концентрации соли в воде, ниже которой начинается расслоение глинистых частиц, приводящее к дестабилизации глин и иногда к коагуляции. При вторичной добыче нефти в ГНПК применение низкоконцентрированных полимерных растворов позволяет обеспечить прирост нефтеотдачи. Низкоконцентрированные полимерные растворы можно применять в качестве глиностабилизирующих, за счет адсорбции полимера на породе, а низкая концентрация позволяет закачать раствор в ГНПК.

Взаимодействие неионогенных полимеров с глинистыми минералами слабее, чем аналогичное взаимодействие с катионогенными полимерами. Высокомолекулярные полимеры адсорбируются на поверхности несколькими участками молекулы. За счет этого десорбция затруднена, поэтому эффект глиностабилизации должен сохраняться длительное время. Поскольку речь идет о низкопроницаемых пластах, концентрация высокомолекулярных полимеров в растворе должна быть мала, 0,001-0,01%

Эффективность полимерного воздействия сильно зависит от проницаемости коллектора, и неправильная оценка концентрации закачиваемого в пласт полимерного раствора может привести либо к полной, либо к зональной остановке течения. Для выявления специфики влияния на нефтеотдачу закачки полимерных растворов в низкопроницаемых пластах были проведены исследования на насыпных моделях с проницаемостями 0,03 мкм<sup>2</sup> и, для сравнения, 0,3 мкм<sup>2</sup>. Глиносодержание моделировалось по поверхностной плотности заряда, соответствующую

щей месторождениям Томской области, через коэффициент активной глинистости

Результаты экспериментов по вытеснению нефти полимерными растворами разной концентрации представлены на рис 5 и 6

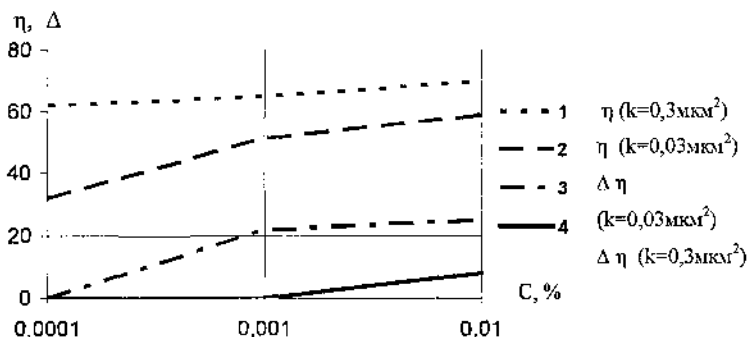


Рис 5 Зависимость коэффициента нефтewытеснения  $\eta$  и прироста нефтewытеснения  $\Delta\eta$  от концентрации полимерного раствора  $C$  при вытеснении нефти из моделей коллектора

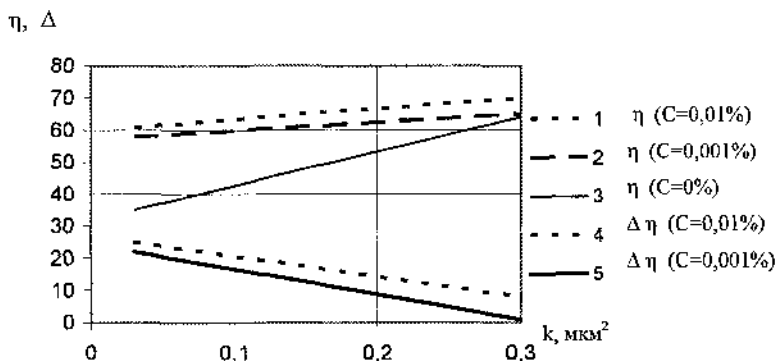


Рис 6 Зависимость коэффициента вытеснения нефти  $\eta$  (1-3), его прироста  $\Delta\eta$  (4, 5) от проницаемости  $k$  при вытеснении нефти из моделей коллекторов минерализованной водой (3) и полимерным раствором концентрации 0,01% (1, 4) и 0,001% (2, 5)

Видно, что нефтеотдача при вытеснении нефти водой (рис 6, кривая 3) существенно увеличивается с ростом проницаемости. Для хорошо проницаемых пластов весьма эффективны технологии полимерного воздействия с концентрацией 0,03-0,05 %. Вместе с тем применение малоconцентрированных (0,01%) и низкоconцентрированных (0,001%) растворов полимеров имеет свои особенности - нефтеотдача при их применении возрастает в моделях как при проницаемости 0,3, так и 0,03 мкм<sup>2</sup>, однако прирост нефтеотдачи уменьшается с ростом проницаемости с 20-25% до 2-8 %. При этом отличие в приросте нефтеотдачи при проницаемости 0,03 мкм<sup>2</sup> составляет 2-3 %, а при проницаемости 0,3 мкм<sup>2</sup> - 6-8 %.

В хорошо проницаемых пластах лучше применять более концентрированные растворы полимеров, а в низкопроницаемых пластах – низкоconцентрированные растворы. Таким образом, применение полимерного воздействия в низкопроницаемых коллекторах имеет свои особенности и при правильном выборе реагента и технологии его применения позволит разрабатывать трудноизвлекаемые запасы нефти, уменьшить объем закачиваемой воды и обводненность продукции.

### **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ РАБОТЫ.**

1 Экспериментальные исследования позволили количественно оценить влияние на проницаемость глиносодержащих коллекторов концентрации ионов, минерализации, глиносодержания и типа глин. Экспериментально обоснованы коэффициенты зависимости между свойствами породы-коллектора и ионным составом вод разной минерализации в глиносодержащих коллекторах.

2 Показано, что падение проницаемости при наличии каолинита в вещественном составе породы-коллектора может оказаться существенно больше, чем в моделях, содержащих бентонит. Это имеет очень важное значение для добычи нефти - ранее считалось, что наличие ненабухающих глинистых минералов типа каолинита мало влияет на проницаемость. Полученные результаты означают, что диспергирование глин в пористых средах способно привести к весьма значимому влиянию на фильтрацию в глиносодержащих коллекторах.

3 Проведены расчетные и экспериментальные исследования комплексного влияния минерализации и pH на моделях низкопроницаемых глиносодержащих коллекторов. Исследованы процессы нефтьвытеснения в моделях с бентонитом и каолинитом с использованием вытесняющей воды с разным pH. Установлено, что при слабощелочном заводнении и уменьшении минерализации закачиваемой во-

ды коэффициент извлечения нефти выше, чем при закачивании воды без изменения минерализации при нейтральном и слабокислом значении pH

4 Установлено, что при закачке воды с пониженной минерализацией относительно пластовой и слабокислой или нейтральной средой адсорбция уменьшается и применение глиностабилизатора неэффективно. Уменьшение pH до сильнокислой среды изменяет механизм взаимодействия фильтрующейся жидкости с глинистыми частицами пористой среды, происходит частичное растворение глинистых минералов. С увеличением pH и уменьшением минерализации увеличивается адсорбция катионогенного полиэлектролита и, соответственно, его стабилизирующие свойства.

5 Экспериментально установлено, что закачка слабощелочных растворов в сочетании с использованием катионогенного полиэлектролита в качестве глиностабилизатора увеличивает проницаемость при нефтевытеснении, что особенно актуально в низкопроницаемых глиносодержащих коллекторах.

6 Показано, что применение катионогенного полиэлектролита в качестве глиностабилизаторов позволяет использовать как низкую, так и высокую минерализацию закачиваемой воды.

7 Показано, что применение технологии на основе регулирования стабилизационных свойств глинистых материалов с использованием реагентов, которые взаимодействуя с глинистыми минералами и снижают их ионную активность, позволяет интенсифицировать добычу и повысить нефтеотдачу пластов. Обработку глиностабилизаторами можно сочетать с другими методами воздействия на пласт, в частности разглинизацией, т.е. воздействием химическими реагентами, разрушающими и частично растворяющими глины. Технология глиностабилизации может применяться при освоении скважин в виде профилактических работ, а также на скважинах, переводимых в систему ППД из эксплуатационного фонда.

8 В промысловых работах подтверждена эффективность обработки глиностабилизаторами призабойных зон нагнетательных скважин. В среднем увеличение приемистости составило 27%.

#### **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.**

1. Табакаева Л.С. Использование низкоконцентрированных растворов в качестве глиностабилизаторов // Бурение & нефть – 2003 – март - С 16-17

2. Хавкин А.Я., Забродин П.И., Чернышев Г.И., Табакаева Л.С., Руженцева Т.Н., Вихлянцева Н.Б. Экспериментальные исследования особенностей раз-



работки слоистонесодородных глиносодержащих пластов // Экспресс-информация Сер Разработка нефтяных месторождений и методы повышения нефтеотдачи 1992 - Вып 9 – С 2-11.

3. *Хавкин А.Я., Чернышев Г.И., Табакаева Л.С., Балакин В.В.* Применение глиностабилизирующих реагентов в низкопроницаемых коллекторах // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений 1997 - №1.- С. 35-37

4 *Хавкин А.Я., Балакин В.В., Чернышев Г.И., Табакаева Л.С.* О влиянии проницаемости пластов на выбор технологии полимерного воздействия // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений 1997 - №2. - С 46-47

5 *Хавкин А.Я., Табакаева Л.С.* Влияние состава глинистого цемента на проницаемость пород коллекторов // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений 1998 - №8 - С 27-31.

6 *Хавкин А.Я., Табакаева Л.С.* Влияние гидрохимических коэффициентов на проницаемость глиносодержащих коллекторов // Бурение & нефть – 2003 – февраль – С 26-27

7. *Хавкин А.Я., Сорокин А.В., Табакаева Л.С.* Особенности регулирования свойств глинистых минералов // Повышение нефтеотдачи пластов Освоение трудноизвлекаемых запасов нефти Тр 12-ого Европейского симпозиума «Повышение нефтеотдачи пластов» (Казань, 8-10 сентября 2003г) Казань – 2003 - С 552-557

8 *Khavkin A Ya, Sorokin A V, Tabakaeva L.S* Peculiarities of clay minerals properties regulation // Proceedings 12th European Symposium on Improved Oil Recovery, Kazan, 8-10 September 2003 – EAGE -2003.–CD.- A024 –С 1.

9 *Хавкин А.Я., Петраков А.М., Сорокин А.В., Табакаева Л.С.* Современные технологии регулирования свойств глинистых минералов в призабойной зоне // Международный технологический симпозиум «Повышение нефтеотдачи пластов» – Москва - 2002 - С 215-217.

10 *Хавкин А.Я., Табакаева Л.С., Сорокин А.В.* Влияние pH закачиваемой воды на особенности применения глиностабилизаторов // Естественные и технические науки – 2003 - № 6 - с 136-144

11 *Хусаинов В.М., Хавкин А.Я., Петраков А.М., Сорокин А.В., Табакаева Л.С.* Применение технологии глиностабилизации в НГДУ «Азнакаевнефть» // Тезисы докладов научно-практической конференции VIII Международной выставки «Нефть, газ, нефтехимия-2001» 5–8 сентября 2001г «Новейшие методы увеличе-

ния нефтеотдачи пластов – теория и практика их применения» - Казань - 2001 - С 73-74

12 *Хусаинов В М, Хавкин А Я, Петраков А М, Сорокин А В., Табакаева Л.С.* Применение технологии глиностабилизации для увеличения приемистости скважин в условиях повышенной минерализации пластовых и закачиваемых вод // Труды научно-практической конференции VIII Международной выставки «Нефть, газ, нефтехимия–2001» 5–8 сентября 2001г «Новейшие методы увеличения нефтеотдачи пластов – теория и практика их применения» - Казань - 2001 - т 1 - С 350 -356

13 *Хавкин А Я, Табакаева Л С* Влияние минерализации закачиваемой воды на производительность скважин // *Хавкин А Я* Геолого-физические факторы эффективной разработки месторождений углеводородов М, 2005, С 108-115

14 *Хавкин А.Я, Забродин П.И., Чернышев Г И, Трофимов А.С., Табакаева Л С, Руженцева Т Н, Вихлянцева Н.Б.* Способ разработки нефтяной залежи с неоднородными по проницаемости глиносодержащими пластами // Патент РФ № 2060372 С16 Е 21, БИ № 14, 20 05 1996

15 *Хавкин А Я., Балакин В В., Табакаева Л С* Способ разработки нефтяной залежи с неоднородными по проницаемости глиносодержащими пластами // Патент РФ № 2105141 С 16 Е 21 В 43/22, БИ № 5, 20 02 98

16 *Хавкин А Я, Петраков А М, Сорокин А В., Табакаева Л С* Способ разработки неоднородной по проницаемости нефтяной залежи // Патент РФ № 2209958 С1 Е 21 В 43/22, БИ № 22, 10 08 03

Подписано в печать 06.04.2007 г. Формат 60x90-16.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. п. л. 1  
Тираж 100 экз. Заказ № 357

•

Издательство «Нефть и газ»  
РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина  
119991, г. Москва, Ленинский просп., 65  
Тел. (495) 135-84-06, 930-97-11, Факс: (495) 135-74-16

Отпечатано в типографии издательства