

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
А.Р.БЕРУНИ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОМУ  
ПРОЕКТИРОВАНИЮ**

**по курсу**

**«НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

**НА ТЕМУ**

**«КИСЛОТНАЯ ОБРАБОТКА ПРИЗАБОЙНОЙ  
ЗОНЫ СКВАЖИН»**

Ташкент — 2007

Методические указания к курсовому проектированию на тему: "Кислотная обработка призабойной зоны скважин" разработана для студентов направления 5540300 «Нефтегазовое дело».

Составители: доц.Акрамов Б.Ш.

доц.Хойитов О.Г.

асс. Усмонов Б.

асс.Тураев Б

Кафедра "Нефтегазовое дело"

Утверждено, на заседании методической комиссии факультета нефти и газа    нал    года.

Протокол №

Рецензенты: доц. Хван Г.Д.

доц. Мавланов А.В.

Курсовой проект по курсу "Нефтегазопромысловая геология " выполняется после окончания чтения лекций, сдачи экзаменов и прохождения производственной практики»

Задание на курсовой проект выдается студенту на кафедре перед выездом на производственную практику.

Курсовое проектирование является одной из первых самостоятельных работ студента по профилирующей дисциплине и имеет целью дать студенту навыки применения полученных при изучении специального курса знаний для решения конкретной практической задачи.

Курсовое проектирование позволяет углубить и обобщить знания, полученные студентами на лекциях во время практических и лабораторных занятий.

Работа над курсовым проектом развивает у студента навыки самостоятельного творчества, воспитывает чувство ответственности за полученные результаты и приучает к проведению простейших исследований, построению различных схем и графиков.

В процессе самостоятельной работы над курсовым проектом студенты знакомятся с фактическими геолого-промысловыми данными, со справочной и периодической литературой, научно-исследовательскими материалами, нормативами, каталогами, иностранной литературой и т.д.

Основой для выполнения курсового проектирования являются материалы производственной практики (геолого-промысловые данные), научно-исследовательские работы и другие исходные данные,

При выполнении курсового проекта студент должен изучить, а затем выбрать метод, позволяющий достигнуть наибольшего притока жидкости и газа в призабойную зону скважин рассматриваемого месторождения.

С целью улучшения притока углеводородных флюидов в призабойную зону эксплуатируемых

скважин проводятся различными методами воздействия на продуктивный пласт.

Как правило, в плотных слабопроницаемых коллекторах приток жидкости и газа к скважинам часто очень мал, несмотря на большую депрессию давления. Нагнетательные скважины в таких коллекторах слабо поглощают воду даже при повышенных давлениях, что существенно затрудняет процесс их освоения и эксплуатации. В таких скважинах для облегчения притока или поглощения жидкости прибегают к искусственному воздействию на породы призабойной зоны с целью увеличения их проницаемости. Проницаемость пород призабойной зоны улучшают искусственным увеличением числа и размера дренажных каналов, повышением трещиноватости пород, а также удалением смол и парафина, осевших на стенках поровых каналов. Проницаемости призабойной зоны практически можно увеличить:

- 1) путем создания искусственных каналов растворения карбонатов и глинозема в продуктивном пласте солянокислотной и глинокислотной обработкой порового пространства от илистых и смолистых ма-

териалов;

2) путем создания искусственных или расширения естественных трещин в породах гидравлическим разрывом пласта или взрывами торпед на забое.

Удалить парафин и смолы, осевшие на стенках поровых каналов, а также снизить вязкость нефти можно методами термохимической обработки скважин и теплового воздействия на призабойную

Для улучшения притока нефти и газа применяют также комбинации упомянутых методов (например: торпедирование с солянокислотной и термокислотной обработкой, разрыв пласта соляной кислотой | т.д.).

В последние годы на промыслах проведено большое число успешных опытов по применению новых физико-химических способов воздействия на призабойную зону скважин: закачка в пласт растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ), высоко активной нефти, воздуха и аэрированной жидкости. Обработка призабойных зон ПАВ повышает проницаемость пород для нефти, затрудняет приток воды к забою вследствие гидрофобизации поверхности породы поверхностно-активными ве-

ществами.

Хороший результат получен при взрывной очистке засорившихся фильтров забоев нефтяных скважин при помощи специальных шнурковых торпед (ТПШ-50). Ударные волны, возникающие при взрыве торпеды, разрушают осадки, закрывшие отверстия фильтра (глинистые частицы, парафин, продукты коррозии и т.д.).

Выбор метода воздействия на призабойную зону скважин определяется пластовыми условиями и причинами, вызвавшими уменьшение притока. Солянокислотные обработки дают хороший результат в слабопроницаемых карбонатных породах. Их успешно применяют также в цементированных песчаниках, в состав которых входят карбонатные включения в карбонатные цементирующие. В песчаниках наилучшие результаты дает обработка их смесью соляной и плавиковой кислот (так называемой грязевой кислотой).

Торпедирование скважин и гидравлический разрыв применяют обычно в пластах сложенных плотными породами, имеющих малую проницаемость и достаточно высокое пластовое давление.

Технологическая схема состоит из двух основ-

ных частей: геологической и технологической.

В геологической части должны быть представлены результаты геологического изучения всего месторождения и отдельных продуктивных горизонтов.

### **Физико-географическая и экономическая характеристика**

Следует дать краткую характеристику административного и географического положения изучаемого месторождения, отметить основные элементы рельефа, населенные пункты, наличие транспортных средств и состояние дорог, **нефти** и газопроводов, климатические условия, состав населения и род его занятий.

### **История исследований месторождения**

На основании фондовых и опубликованных работ нужно описать в хронологическом порядке результаты геологических, геофизических и геохимических исследований. Рекомендуется разделить ис-

торию проведения поисково-разведочных работ на отдельные этапы.

## **Стратиграфия**

Приводится краткая литолого-стратиграфическая характеристика разреза. Она заключается в описании литологического состава, палеонтологической характеристики отдельных стратиграфических подразделений, переходя от более крупных к мелким. Раздел иллюстрируется сводным или нормальным стратиграфическим разрезом с показом геолого-геофизических данных.

## **Тектоника**

Необходимо охарактеризовать положение изучаемого района в общей геотектонической схеме, подробно описать тектоническое строение месторождения. При этом последовательно описать морфологию структур, указать свиты пластов, вовлеченных в складкообразование, тип, форму и взаимное расположение складок. Отдельно охарактеризовать имеющиеся дизъюнктивные наруше-

ния, Определяя их тип нарушения, элементы залегания смесителя, амплитуду смещения. Структурная характеристика должна быть представлена графически структурными картами кровли, подошвы продуктивных пластов.

### **Нефтегазоносность**

Краткое описание промышленных и непромышленных нефтегазопроявлений в разрезе с указанием наиболее важных в промышленном отношении интервалов.

### **Гидрогеология**

Гидродинамическая и гидрохимическая характеристика всего разреза месторождения; прогноз естественного режима продуктивных пластов по гидрогеологическим данным; оценка возможности использования водоносных пластов для нужд разработки, в частности, для организации воздействия на продуктивные пласты.

## **Геолого-промысловая характеристика эксплуатационных объектов**

Это литолого-физическая характеристика и коллекторские свойства пластов, иллюстрируемые картами мощностей, зональными картами, картами коллекторских свойств, позволяющими также оценить различные пласты по их литолого-физической неоднородности; описание морфологического типа залежей нефти, особенностей строения водонефтяных контактов, изменения нефтегазонасыщенных мощностей; определение коэффициентов нефтегазонасыщения и вытеснения, физико-химических свойств пластовых флюидов, начальных пластовых давлений, давлений насыщения нефти газом, газонасыщенности нефти, газоконденсатного фактора, пластовой температуры, данные о динамике забойных и пластовых давлений, полученные при освоении и пробной эксплуатации, обоснование естественного режима работы пластов.

### **Специальная часть**

Среди существующих методов повышения про-

изводительности скважин значительное место занимают физико-химические методы и в частности солянокислотной обработка призабойной зоны пласта. Кислотные обработки основаны на различных кислотах и их смесей растворять породы, слагающие продуктивные породы, а также различные взвеси, шлам, утяжелитель и т.д., отлагающиеся и загрязняющие призабойную зону, снижая ее проницаемость. В процессе воздействия кислотой, проницаемость призабойной зоны восстанавливается и увеличивается, благодаря чему многократно возрастает производительность скважин.

В настоящее время кислотные обработки широко применяются в карбонатных и в терригенных коллекторах. Общий объем кислотных обработок по Союзу достигает свыше 3 тыс. в год. Эффективность их достаточно высока чаще всего при проведении первых двух-трех обработок.

Кислотные обработки имеют следующие назначения:

1. Обработка забоя, призабойной зоны и удаленных частей пласта нефтяных и газовых скважин на месторождениях с карбонатными и терригенными

ми коллекторами для увеличения их дебетов.

2.Обработка забоя, призабойной зоны и удаленной части пласта нагнетательных скважин с целью их основания или увеличения поглотительной способности, а также выравнивания профиля их приемистости.

3.Обработка труб подъемной колонны, забоя скважины (фильтра) а призабойной зоны их с целью растворения отложений, выделяющихся из пластовых вод солей, препятствующих фильтрации нефти из пласта в ствол скважины и поступление ее в подъемную колонну.

4,Обработка забойной пробки с целью уменьшения плотности и облегчения ремонтных работ.

5.Обработка поверхности забоя для удаления глинистой корки, остатков цементной корки, отложений продуктов коррозии и т.д.

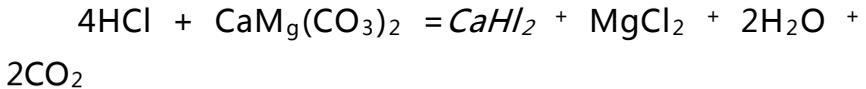
6.Обработка забоя и призабойной зоны скважин термокислотным методом с целью удаления парафино-смолистых отложений.

При соляно кислотной обработке происходит следующая реакция:

для известных пор:



для доломитов:



Продукты реакции - хлористый кальция и хлористый магний хорошо растворяются в воде и могут быть легко удалены из скважины. Углекислота также легко удаляется из скважины.

В настоящее время применяются следующие виды кислотных обработок:

1. Кислотные ванны
2. Общечисловые кислотные обработки
3. Обработка под давлением
4. Термокилотные обработки
5. Кислотные обработки через гидромониторные насадки
6. Серийные обработки
7. Ступенчатые и поинтервальные обработки

Кислотные ванны проводятся для всех скважин открытым забоем и предназначены для очистки поверхности забоя от загрязненных материалов - остатков цементной и глинистой корки, кальцитовых выделе-

ний из пластовых вод и т.д.

До производства кислотных ванн в таких скважинах кислотная обработка с надавливанием кислоты не допустима.

Объем кислотного раствора должен быть равен объему скважин от забоя до кровли обрабатываемого интервала продуктивного горизонта. Время выдерживания на реагирование 16-24 ч.

Простые кислотные обработки являются наиболее распространенным видом и проводятся с обязательным надавливанием кислотного раствора в призабойную зону.

Подготовка скважин заключается прежде всего в тщательной очистке ее от забойкой пробки.

Объем кислотного раствора для простых обработок, в расчете на 1 м мощности пласта рекомендуется следующее: (в М<sup>3</sup>):

малопроницаемые, тонкозернистые - 0,4 - 0,6

высоко проницаемость - 0,6 -- 10

Для вторичных обработок пористых пород:

малопроницаемых тонкозернистых - 0,6 - 1,0

высокопроницаемых - 1,0 - 1,5

Для первичных обработок трещиноватых пород - 0,6 - 0,8

Для вторичных обработок трещиноватых пород 1,0 - 1,5

Основная концентрация HCl - 15%

Продувочной жидкостью обычно служит нефть того же месторождения. При обработках газовых скважин лучше применять для надавливания воду или газ. При обработках нагнетательных скважин воду,

желательно с добавкой ПАВ типа ОН-ТО в верше ее порции.

Уровень кислоты в затрубном пространстве в период закачки и продавливания ее в пласт должен находиться только в пределах интервала ствола скважины, выбранного для данной обработки.

Ориентировочные сроки выдерживания:

- при оставлении кислоты в открытом стволе скважины - 8-12  
иногда  
до 24 ч.

- при надавливании всей кислоты в пласт:

- при температуре забоя 15-30° до 2 ч.

- при температуре забоя 30-60° до 1-1,5 ч.

Кислотные обработки под давлением

Высокопроницаемые прослои перекрываются предварительной закачкой в высокопроницаемые участки буфера эмульсией типа кислота в нефти. Затем под большим давлением осуществляется закачка раствора HCl в мало проницаемые участки.

Давление закачки 200,250 и 300 кг/см<sup>2</sup>, расход 8-15% кислоты на I пог. метр мощности пласта 0,4-1,5м<sup>3</sup>. При повторных обработках объем кислотного раствора увеличивают на 20-40%.

Для скважин с низким Рпл концентрация HCl- 10-12%. Для скважин с высоким Рпл концентрация HCl- 12-15%.

Кислотоструйные обработки. Цели.- очистка стенок забоя скважин от цементной и глинистой корки; для разрушения и удаления плотных забойных пробок струями, направленными вниз: для интенсивного раз-

рушения пород с созданием каналов растворения в заданном интервале пласта для избирательно направленной обработки.

Соответственно эти целям кислотоструйный обработки могут применяться преимущественно в скважинах с открытым стволом в пределах продуктивного горизонта.

Серийные обработки. С целью вывода скважины на максимальную производительность за короткий срок обработкой интервала продуктивного пласта двух-трехкратно за небольшой промежуток времени.

Примеры серийных обработок: "ванна ванна-ванна", "ванна - простая обработка пристволенной части призабойной зоны - простая обработка призабойной зоны", "термокислотная обработка под давлением".

Поинтервальные или ступенчатые обработки. Для охвата всей мощности продуктивных пород воздействием кислоты необходимо принудительно залавливать кислотный раствор в ограниченные по мощности интервалы пласта или в отдельные его пропластки.

Ниже в качестве примера приводится расчет обычной солоно-кислотной обработки.

#### Исходные данные для расчета

Глубина скважины  $H = 3670\text{м}$

Вскрытая эффективная мощность пласта =

5м;

В скважине имеется зумпер глубиной 10м; диаметр скважины  $D = 0,187$  диаметр насосно-компрессорных труб  $a = 0,05\text{м}$ ; требуется опреде-

леть необходимое количество концентрированной кислоты, воды и химреагентов для проведения солянокислотной обработки.

Для заданных условий принимаем концентрацию раствора – 10%.

При средней норме расхода этой кислоты 1,2м<sup>3</sup> на 1м интервала обработки общий объем 10% соляной кислоты составит:

$$1,2 \times 5 = 6\text{м}^3$$

Количество необходимых для приготовления солянокислотного раствора концентрированной 27,5% -ной кислоты и воды можно найти из таблицы №1.

#### Расчет количества химикатов и воды

По таблице находим, что на приготовление 10м<sup>3</sup> 10%-ной кислоты соляной требуется 3890кг 27,5%-ной HCl и 6,60м<sup>3</sup> воды, а на 6м<sup>3</sup> кислоты 10%-ной концентраций необходимо концентрированной кислоты:

$$W = 3890 \times 6 / 10 = 2334\text{кг}$$

и воды:

$$W=6.60*6/10=3.96\text{м}$$

Количество концентрированной товарной соляной кислоты для 10%-ного раствора может быть также найдено по формулам:

$$W_k=A*X*W*(B-Z)/B*(A-X)$$

где: А и В числовые коэффициенты, определяемые из таблицы 2 для 10% концентрации кислоты; х – 10% концентрация солянокислотного раствора; Z= 27,6% - концентрация товарной кислоты; W =6,0м<sup>3</sup> объем кислотного раствора. Следовательно:

$$W_k=214*10*6*(214-27.5)/214*27.5(214-10)$$

Принимаем  $W_k = 2\text{м}^3$ .

Раствор соляной кислоты, применяемой при обработках, корродирует металлическое оборудование скважины. Для предохранения металлооборудования от быстрого износа к кислоте добавляют вещества ингибиторы, уменьшающей коррозии.

онное действие на металл. Ингибитор не должен образовать осадков с продуктами реакций ( $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ) В качестве ингибитора принимаем уникол У-2. Потребное количество уникола определяется по формуле:

$$Q_y = 74 \cdot v \cdot x \cdot W / A - x;$$

где:  $v$  - процент добавки уникола.

(Для марки У-2 принимаем 5% по объему от количества концентрированной кислоты).

Следовательно:

$$Q_y = 74 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 6 / 214 - 10 = 109.5$$

Против выпадения из солянокислотного раствора содержащихся в нем солей железа добавляем уксусную кислоту в количестве:

$$Q_{y,k} = 1000 \cdot v \cdot W / c;$$

где  $v$  - процент добавки уксусной кислоты к объему раствора:

$$(v = f + 0.8 = 0.7 + 0.8 = 1.5\%)$$

$f$  - содержание в соляной кислоте солей железа, которое принимаем равным 0,7%.  $c$  - концентрация уксусной кислоты (принимаем – 80%)

$$Q_y = 1000 * 1.5 * 6 / 80 = 112,5$$

Для растворения содержащихся в породе кремнистых соединений (силикатов и цементной корки) и предупреждения их выпадения к кремневой кислоте добавляем плавиковую кислоту в количестве:

$$O_{п.к.} = 1000 * v * W / m$$

где  $v$  - процент добавки плавиковой кислоты (принимаем 1%)  $m$  - концентрация товарной плавиковой кислоты (обычно  $m = 60\%$ ) Следовательно:

$$O_{п.л.} = 1000 * 1 * 6 / 60$$

В товарной соляной кислоте 2-го сорта содержится примесь серной кислоты в количестве 0,6% (в пересчете на  $so_3$ ), которая после реакции ее с углекислым кальцием образует гипс, выпадающий в виде кристалликов, закупоривающих поры пласта. Для борьбы с выпадением гипса добавляем к соляной кислоте хлористый барий в количестве:

$$Q_{х.б.} = 21.3 * W (a * x / z - 0.02) / кг$$

где:  $a = 0,6\%$ , содержание  $so_3$  в товарной соляной кислоте.

Следовательно:

$$Q_{x.6.} = 21.3 * 6(0.6 * 10 / 27.5 - 0,02) = 25 \text{ /кг}$$

Для повышения эффективности солянокислотной обработок применяют интенсификаторы ПАВы. В качестве интенсификатора для понижения поверхностного натяжения применяется препарат ДС (детергент советский), который одновременно является ингибитором и наиболее активным понизителем скорости реакции соляной кислоты с породой. Большое снижение (в несколько раз) скорости реакции способствует более глубокому проникновению кислоты в пласт. Потребное количество ДС составляет 1,15% от объема солянокислотного раствора или:

$$6 * 0,01 = 0,06 \text{ м}^3 = 60 \text{ л}$$

Количество воды для приготовления принятого объема солянокислотного раствора:

$$V = W - W_k - \sum Q_g$$

где: объем солянокислотного раствора,  $W_k = 2 \text{ м}^3$  - объем концентрированной кислоты,  $\sum Q_g$  - суммарный

объем всех добавок.

$$\sum Q_g = Q_{yH} + Q_{y.k.} + Q_{п.к.} + Q_{Дс}$$

$$Q = 109,5 + 112,5 + 100 + 6,25 + 60 = 388 \text{ л} = 0,388 \text{ м}^3$$

Следовательно:  $V = 6 - 2 - 0,388 = 3,612 \text{ м}^3$

Для изоляции зумпфа принимается раствор хлористого кальция (бланкет) удельного веса  $1,2 \text{ г/см}^3$  объем 1м скважины диаметром 0,122м составляет  $0,127 \text{ м}^3$ .

Для получения  $1 \text{ м}^3$  раствора хлористого кальция удельного веса  $1,2 \text{ г/см}^3$  требуется 540кг  $\text{CaCl}_2$  и  $0,66 \text{ м}^3$  воды. Для изоляции всего зумпфа надо взять  $\text{CaCl}_2$  в количестве:  $540 * 0,127 = 68,6$  кг и воды:

$$V = 0,66 * 0,127 = 0,084 \text{ м}^3$$

После приготовления солянокислотного раствора ареометром проверяют полученную концентрацию раствора  $\text{HCl}$ , и она не соответствует 10%, добавляют к раствору воду или концентрированную кислоту.

Количество добавляемой воды при концентрированности  $\text{HCl} > 10\%$ , определяется по формуле:

$$Q_B = (\rho_2 - \rho) * W / \rho - 1$$

Объем добавляемой кислоты, если концентрация определяется по формуле:

$$Q_k = (\rho - \rho_1) * W / \rho_3 - \rho$$

$\rho$  - плотность раствора заданной концентрации,  
где:  $W$  - объем кислотного раствора 10% концентрации,  $\rho_1$  - плотность приготовленного раствора, пониженной концентрации,  $\rho_2$  - плотность приготовленного раствора повышенной концентрации,  $\rho_3$  - плотность концентрированной соляной кислоты.

Если концентрация не соответствует 10%-ной: при  $HCl > 10\%$  - добавляется вода, при  $HCl < 10\%$  добавляется концентрированная кислота.

Таблица № 1

Объем развед кислоты м <sup>3</sup>	Концентрация разведенной кислоты, %						
	8	9	10	11	12	13	14
1	310	360	390	430	470	510	550
	0,73	0,69	0,66	0,62	0,59	0,55	0,52
2	660	700	780	860	940	1020	1100
	1,46	1,39	1,32	1,24	1,17	1,11	1,04
3	920	1040	1170	1290	1410	1530	1650
	2,19	2,08	1,98	1,87	1,76	1,65	1,56
4	1230	1390	1560	1720	1880	2040	2200
	2,92	2,78	2,64	2,49	2,34	2,21	2,08
5	1530	1740	1940	2150	2360	2570	2780
	3,65	3,47	3,30	3,11	2,98	2,75	2,57
6	1840	2090	2330	2580	2830	3080	3320
	4,38	4,17	3,96	3,73	3,52	3,31	3,40
7	2150	2440	2720	3000	3300	3600	3900
	5,12	4,86	4,62	4,36	4,11	3,86	3,58
8	2460	2780	3110	3440	3770	4080	4400
	5,84	5,56	5,28	4,98	4,68	4,42	4,16
9	2760	3140	3500	3870	4240	4610	4980
	6,57	6,25	5,94	5,60	5,28	4,96	4,65
10	3080	3480	3890	4800	4720	5140	5560
	7,30	6,95	6,60	6,27	5,87	5,50	5,14

В таблице №1 дается количество соляной кислоты и воды для приготовления солянокислого раствора. В числителе указано количество концентрированной кислоты в кг, в знаменателе - количество воды в м<sup>3</sup>.

Значение коэффициента. А и Б.

Таблица № 2

Z X	Б, А
5,15 – 12,19	214
13,19 – 18,11	218
19,06 – 24,78	221,5
25,75 – 29,57	226
29,95 – 31,52	227,5
32,10 – 33,40	229,5

$34,42 - 37,22$	$232$
-----------------	-------

$x$  - концентрация солянокислотного раствора в %;  $z$  - концентрация товарной кислоты в %.

## Список использованной литературы

1. Амелин И.Д. и др. "Эксплуатация и технология разработки нефтяных и газовых месторождений" Изд-во "Недра" , 1978
2. Оркин К.Г., Юрчук А.М. "Расчета в технологии и технике добычи нефти" , изд-во "Недра", 1967
3. Абдулин Ф.С. "Повышение производительности скважин" Изд-во "Недра", 1975
4. "Справочная книга по добыче нефти", под редакцией д.т.н. Ш.К.Гиматулинова, Изд-во "Недра", 1974
5. Б.Г.Логинов "Интенсификация добычи

нефти методом кислотной ' обработки",  
Изд-во "Гостоптехиздат", 1951

6. Ирматов Э., Акрамов Б.Ш., Агзамов А.Х,  
Мовланов А.В. Нефть ва газ кони геоло-  
гияси. Ташкент, 1995й.

7. Хайитов О.Г., Бурлуцкая И.П., Зуфарова  
Ш. Лабораторные исследования горных  
пород и флюидов. Ташкент. 2003г.