

Лекция

КИСЛОТНЫЕ ОБРАБОТКИ ПЗП

Призабойная зона скважины – участок пласта, непосредственно прилегающий к забою скважины. Здесь скорость движения жидкости, перепады давления, потери энергии, фильтрационные сопротивления максимальны. Даже небольшое загрязнение ПЗП существенно снижает производительность скважины.

НАЗНАЧЕНИЕ КИСЛОТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

- Обработка призабойной зоны в нефтедобывающих скважинах в период их освоения или ввода в эксплуатацию.
- Обработка призабойной зоны в нефтедобывающих скважинах для повышения (интенсификации) их производительности.
- Очистка фильтра и призабойной зоны скважин от образований, обусловленных процессами добычи нефти.
- Очистка фильтра в призабойной зоне скважин от образований, вызванных процессами ремонта скважин.
- Удаление образований на обсадных колоннах и в подземном оборудовании, обусловленных процессами эксплуатации скважин.
- Инициирование других методов воздействия на призабойную зону пласта.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ КИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК (КО)

- КО проводят только в технически исправных скважинах при условии герметичности эксплуатационной колонны и цементного кольца, подтвержденной исследованиями. В скважинах с межпластовыми перетоками величина перетока может увеличиться в результате проведения СКО.
- Выбор способа ОПЗ и вида КО осуществляют на основе изучения причин низкой продуктивности скважин с учетом физико-химических свойств пород пласта-коллектора и насыщающих их флюидов, а также специальных гидродинамических и геофизических исследований по оценке фильтрационных характеристик ПЗП .
- Технологию и периодичность проведения КО обосновывают геологические и технологические службы нефтегазодобывающего предприятия в соответствии с проектом разработки месторождения, действующими инструкциями по отдельным видам ОПЗ, данным регламентом, с учетом технико-экономической оценки их эффективности.
- Проведение подготовительных работ для всех видов ОПЗ обязательно и включает в своем составе обеспечение необходимым оборудованием и инструментом, а также подготовку ствола скважины, забоя и фильтра к обработке. В скважинах, по которым подземное оборудование не обеспечивает проведения работ по ОПЗ, например оборудованных глубинным насосом, производят подъем подземного оборудования и спуск колонны НКТ (технологической колонны), а также другого необходимого оборудования.
- После проведения КО исследуют скважины методами установившихся и неустановившихся отборов на режимах (при депрессиях), соответствующих режимам исследования скважин перед ОПЗ.

Соляная кислота
(HCl)

практически не реагирует

реагирует

Карбонаты
(кальцит, сидерит,
доломит).

Глинистые минералы

Гидрослюда,
каолинит

при воздействии на известняк



при воздействии на доломит



Глинистые минералы
Хлорит, смешанно-
слойные образования,
монтмориллонит.

РАСЧЕТ ОБЪЕМА КИСЛОТНОГО РАСТВОРА

Существует несколько вариантов подхода к расчету объема в зависимости от того, какие цели мы ставим перед обработкой :

- Если целью обработки является удаление карбонатного материала терригенной породы с целью увеличения проницаемости ПЗП, расчет ведется с учетом количества карбонатного материала в объеме породы, образующей ПЗП.

$$V = a * 5.43 * \pi * (R^2 - r^2) * b$$

Где: **V** – необходимый объем кислотного раствора

a – коэффициент содержания карбонатного материала в породе

5,43 – из уравнения реакции растворения CaCO_3 следует, что для растворения 1тн CaCO_3 требуется $5,43\text{м}^3$ 12% раствора соляной кислоты.

b- плотность породы в тн/м³.

- Если целью обработки является удаление кольматирующего вещества, то основная роль в расчетах отводится глубине кольматации (повреждения) пласта. Объем кислоты должен обеспечить проникновение её на всю глубину поврежденной зоны.

Для увеличения эффективности солянокислотной обработки для расчета необходимо получить сведения о глубине повреждения пласта путем проведения исследований, снятия кривых восстановления давления.

Расчет объема кислотного состава производится по формуле:

$$V_{\text{к.с.}} = \pi H m (R_{\text{об}}^2 - r_{\text{ск}}^2)$$

Где: $V_{\text{к.с.}}$ – потребный объем кислотного состава, м³;

H - толщина обрабатываемого интервала, м;

m - пористость (эффективная) пород.в долях единиц;

$R_{\text{об}}$ - радиус (глубина) обработки, м; определяется по радиусу загрязненной зоны, который в свою очередь определяется по кривым КВД;

$r_{\text{ск}}$ - радиус скважины, м.

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАГЕНТЫ, ДОБАВЛЯЕМЫЕ В КИСЛОТУ ПРИ ПРОСТОЙ СОЛЯНОКИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКЕ

Ингибиторы – вещества, снижающие коррозионное воздействие кислоты на оборудование, с помощью которого кислоту транспортируют, перекачивают и хранят. Обычно ингибиторы добавляются в количестве не более 1% от объема кислоты.

На практике в кислотные композиции добавляют Додикор (0,5%) – импортный ингибитор коррозии снижает скорость коррозии до 300 раз.

Азол (1%) – водорастворимый ингибитор снижает скорость коррозии до 50 раз.

Интенсификаторы – поверхностно-активные вещества, снижающие в 3-5 раз поверхностное натяжение.

С целью понижения поверхностного натяжения продуктов реакции кислоты с породой, повышения эффективности действия кислотного раствора, облегчения обратного оттока отработанной кислоты после обработки, в кислоту при ее подготовке добавляют вещества, которые носят название интенсификаторов и представляют собой поверхностно-активные вещества (ПАВ).

Наличие ПАВ облегчает проникновение кислотного раствора в микроскопические поры породы. Это необходимо при обработке плотных пород, а также при очистке забоя скважины от оставшихся частиц цемента или твердых отложений: ПАВ облегчают отделение от породы воды и проникновение кислоты через нефтяные пленки, покрывающие поверхность породы и выстилающие поверхность пор, и таким образом дают возможность кислоте вступить в контакт с породой, растворяя ее.

На практике при обработке нагнетательных скважин в начальной стадии разработки месторождения и при переводе скважин под нагнетание используются следующие неионогенные гидрофилизующие ПАВ:

- Неонол СНО 3Б (1-2%)
- Превоцел, (1-2%)
- Нефтенол (1-2%)
- Сульфанол.(0,5%)

На заключительных стадиях разработки месторождений в качестве ПАВ следует использовать гидрофобизирующие материалы:

- Синол КАМ (1,5%) ограничен по температуре применения (80° С)
- ИВВ-1 (1%)
- Нефтенол ГФ. (0,5%)

Гидрофобизаторы облегчают фильтрацию кислоты в нефтенасыщенных пропластках, снижают проникновение ее в водонасыщенную часть пласта, что сдерживает интенсивную проработку водонасыщенных каналов и ускорение проникновения по ним воды к нефтяным скважинам.

Стабилизаторы – вещества, необходимые для удержания в растворенном состоянии некоторых продуктов реакции и соединений железа, присутствующих в соляной кислоте.

Соляная кислота, получаемая с заводов, часто содержит повышенное количество железа (до 0,03% и более). В дальнейшем содержание хлорного железа может значительно повыситься (3000-15 000 мг/л) в процессе транспортировки, хранения и прокачки кислоты через насосно-компрессорные трубы к концу кислотной обработки продуктивного пласта хлорное железо гидрализуется с образованием нерастворимых в воде соединений, например гидрата окиси железа $Fe(OH)_3$, которые уменьшают исходную проницаемость призабойной зоны пласта в 1,5-3 раза.

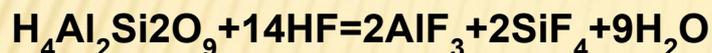
В качестве стабилизаторов используют уксусную кислоту (1-3%). Возможно использование лимонной, винной кислоты или специальных композиций.

Стабилизаторы существенно снижают скорость взаимодействия соляной кислоты с карбонатной составляющей породы, благодаря чему увеличивают проникновение кислотных растворов в пласт.

ГЛИНОКИСЛОТНАЯ ОБРАБОТКА (ГКО)

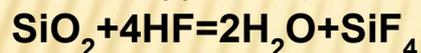
Глино кислотой называется смесь соляной и плавиковой кислот.

Особенностью глино кислотной обработки является быстрая реакция плавиковой кислоты с алюмосиликатным материалом цемента породы, обусловленная в значительной степени огромной площадью поверхности контактирующих материалов.



Образовавшийся фтористый кремний, реагируя с водой образует по мере снижения кислотности раствора студнеобразный гель.

Реакция плавиковой кислоты с кварцем, из которого состоят зерна песчаника, протекает настолько медленно, что не представляет практического интереса.



Для предупреждения образования в поровом пространстве пласта геля кремниевой кислоты плавиковая кислота применяется только в смеси с соляной. При этом концентрация соляной кислоты выдерживается в интервале 8-10%, концентрация плавиковой - не выше 3%.

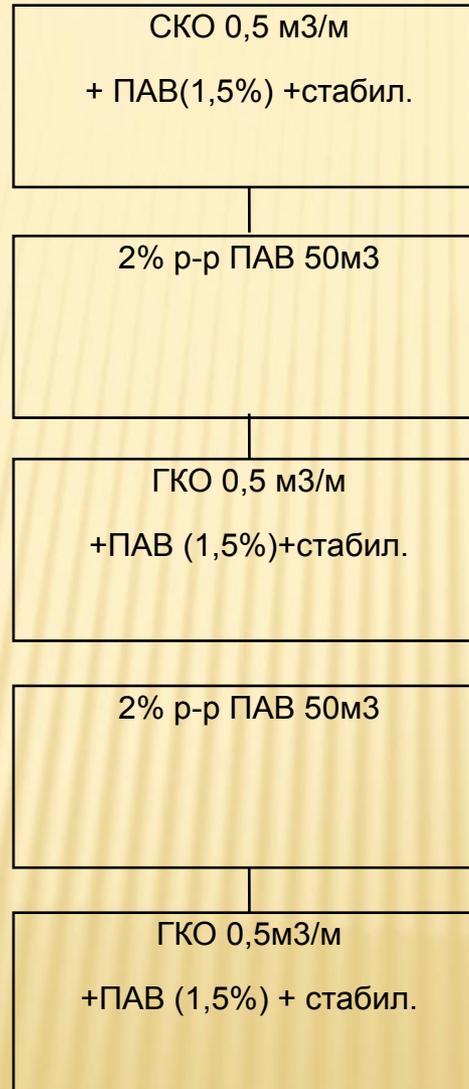
При взаимодействии плавиковой кислоты с карбонатами происходит образование нерастворимого осадка фтористого кальция.

При глино кислотных обработках существуют требования к жидкости, находящейся в скважине. Недопустимы глино кислотные обработки в скважинах, заглушенных хлористым кальцием или хлористым натрием. Плавиковая кислота вступает в реакцию с указанными реагентами с образованием нерастворимого осадка, способного ухудшить проницаемость призабойной зоны. Обработка возможна только в водной среде, нефтяной среде или в растворе хлористого аммония.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОПЗ ГЛИНОКИСЛОТОЙ

1. Перед проведением глинокислотной обработки провести предварительное удаление карбонатного материала породы небольшим ($0,5\text{м}^3/\text{м}$) объемом соляной кислоты.
2. Произвести продавку глинокислоты с максимально возможной скоростью с целью увеличить глубину проникновения раствора (кислота быстро теряет свою активность). Этот факт дополнительно объясняет необходимость предварительного увеличения приемистости скважины соляной кислотой.

ЦИКЛИЧЕСКАЯ ОПЗ



ПЕНОКИСЛОТНАЯ ОБРАБОТКА

Для наиболее глубокого проникновения соляной кислоты в пласт применяют пенокислотные обработки. При этом в скважину закачивают аэрированный раствор поверхностно активных веществ в виде пены.

Применение кислотных пен имеет следующие преимущества перед обычной кислотной обработкой:

- замедляется растворение карбонатного материала в кислотной пене, что способствует более глубокому проникновению активной кислоты в пласт – в результате приобщаются к дренированию удаленные от скважины участки пласта, ранее не охваченные процессом фильтрации.
- Малая плотность кислотных пен (около 400 кг/м^3) и их повышенная вязкость позволяют существенно увеличить охват воздействием кислоты всей вскрытой продуктивной мощности пласта.
- Улучшаются условия очистки ПЗП пласта от продуктов реакции: присутствие поверхностно-активных веществ снижает поверхностное натяжение как активной, так и отработавшей соляной кислоты на границе с нефтью, а наличие сжатого воздуха в отреагировавшем растворе, расширяющегося во много раз при освоении скважин (при снижении забойного давления), улучшает условия и качество освоения.

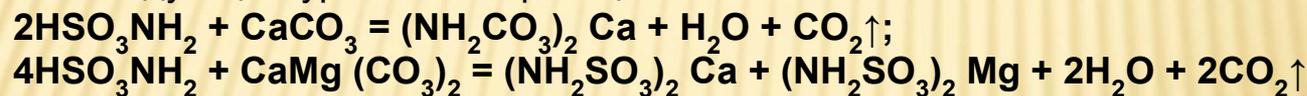
Аэратор – устройство, которым происходит активное перемешивание раствора кислоты с воздухом (азотом) и образование пены.

СОСТАВЫ НА ОСНОВЕ СУЛЬФАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ

HSO_3NH_2

Положительным свойством сульфаминовой кислоты является ее слабая коррозионная активность по отношению к черным и цветным металлам по сравнению с другими минеральными кислотами. Коррозионная активность сульфаминовой кислоты в отношении стали в 4,2 раза меньше, чем активность соляной кислоты.

Воздействие водных растворов сульфаминовой кислоты на карбонатные породы (известняки и доломиты) аналогично соляной кислоте. Растворение кальцита и доломита в HSO_3NH_2 идет согласно следующим уравнениям реакции:



Кальциевые и магниевые соли, образующиеся в продуктах реакции сульфаминовой кислоты, хорошо растворимы в воде даже в большей степени, чем кристаллы самой кислоты. Не происходит вторичного закупоривания этими солями образующихся фильтрационных каналов.

Скорость растворения карбонатных пород в сульфаминовой кислоте примерно в 5 раз ниже, чем в соответствующих растворах соляной кислоты. С этим связана возможность более глубокого проникновения в пласт в активном состоянии и вследствие этого – увеличение радиуса обрабатываемой зоны

Одним из отрицательных свойств сульфаминовой кислоты является ее склонность к гидролизу при повышении температуры окружающей среды. Водные растворы сульфаминовой кислоты устойчивы в условиях комнатной температуры, а при повышении ее, начиная с +40°C, возникает гидролиз:



В процессе гидролиза, как это следует из течения реакции, из раствора HSO_3NH_2 выпадает белый рыхлый **нерастворимый** осадок и снижается растворимость карбонатной составляющей породы.

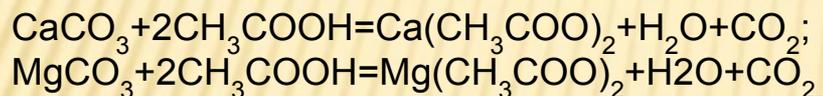
Лабораторные исследования показывают, что нарастание гидролиза происходит прямо пропорционально времени выдержки раствора сульфаминовой кислоты в условиях повышенной (по отношению к пороговому значению) температуры, а также по мере нарастания последней. Так, полный (100 %) гидролиз HSO_3NH_2 происходит после 8-9 часовой выдержки кислоты при температуре 75-80 °С.

Исходя из этого, невозможно применение сульфаминовой кислоты для кислотных ванн. При закачке же в пласт время реагирования кислоты значительно меньше времени ее гидролиза.

УКСУСНАЯ КИСЛОТА CH_3COOH

Уксусная кислота применяется как реагент замедляющий взаимодействие соляной кислоты с карбонатной составляющей породы, и как стабилизатор кислотных растворов, предупреждающий выпадение в поровом пространстве пласта объемистого осадка гидрата окиси железа.

С карбонатами уксусная кислота взаимодействует по нижеприведенным уравнениям реакций, образуя хорошо растворимые в воде соединения:



Введение 4-5 % от общего количества кислотной смеси уксусной кислоты в 4-4,5 раза замедляет скорость нейтрализации основной части кислотного раствора карбонатной породы пласта.

Дозировка уксусной кислоты для стабилизации кислотного раствора от выпадения железистых осадков определяется содержанием железа в рабочем кислотном растворе и составляет:

- при 0.01 - 0,1% железа - 1,0% CH_3COOH ;
- при 0.1 - 0,3% железа - 1,5% CH_3COOH ;
- при 0.3 - 0,5% железа - 2,0-3,0% CH_3COOH .

При проведении работ по кислотному воздействию подготавливаются и используются следующие виды документов:

Акт на приемку скважины в работу включает:

- Название месторождения, номер куста, номер скважины
- Дата примеки скважины
- Описание состояния арматуры и задвижек
- Описание состояния территории вокруг скважины
- Результаты замера приемистости или текущие показатели работы скважины перед проведением кислотной обработки

Акт на сдачу скважины включает кроме описанного, показатели работы скважины после обработки

План работ включает:

- Название месторождения, номер куста, номер скважины
- Название производимых работ
- Геолого-техническую характеристику скважины
- Цель работ
- Описание объемов химреагентов для завоза на скважину
- Описание подготовительных работ и работ по приготовлению составов
- Описание технологического процесса
- Меры по технике безопасности