



«Обработка ПЗП кислотными составами для интенсификации притока жидкости»

Томск
Дата



- 1 Курение разрешено только в специально отведенных местах
- 2 При ходьбе по лестницам пользуйтесь поручнями
- 3 При пожаре покиньте помещение через ближайший пожарный выход



1. Ознакомление с основами проведения КО в ПЗП
2. Изучение основных кислотных составов, используемых при КО ПЗП
3. Рассмотрение особенностей проведения кислотных обработок ПЗП в терригенных и карбонатных коллекторах
4. Рассмотрение основных реагентов-модификаторов, используемых для регулирования физико-химических и технологических свойств кислотных составов

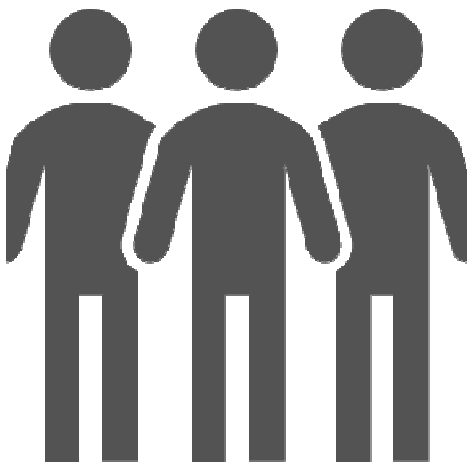
Структура курса



-
1. Причины загрязнения ПЗП
 2. Цели матричных кислотных обработок
 3. КО в терригенных коллекторах
 4. КО в карбонатных коллекторах
 5. Реагенты модификаторы для кислотных составов



- 1 Соблюдать регламент, быть вовремя.
- 2 Отключать мобильный телефон
- 3 Один голос в эфире
- 4 Фиксировать в тетради



Подготовьте мини-презентацию о себе

- Иван Хомяков
- Лаборатория нефтепромысловой химии, ведущий специалист
- Вопросы-ожидания

Формат:

Одна карточка = одно ожидание

Время на подготовку – 5 минут

Введение в обучение

Причины снижения дебита скважины



Стадии загрязнения:

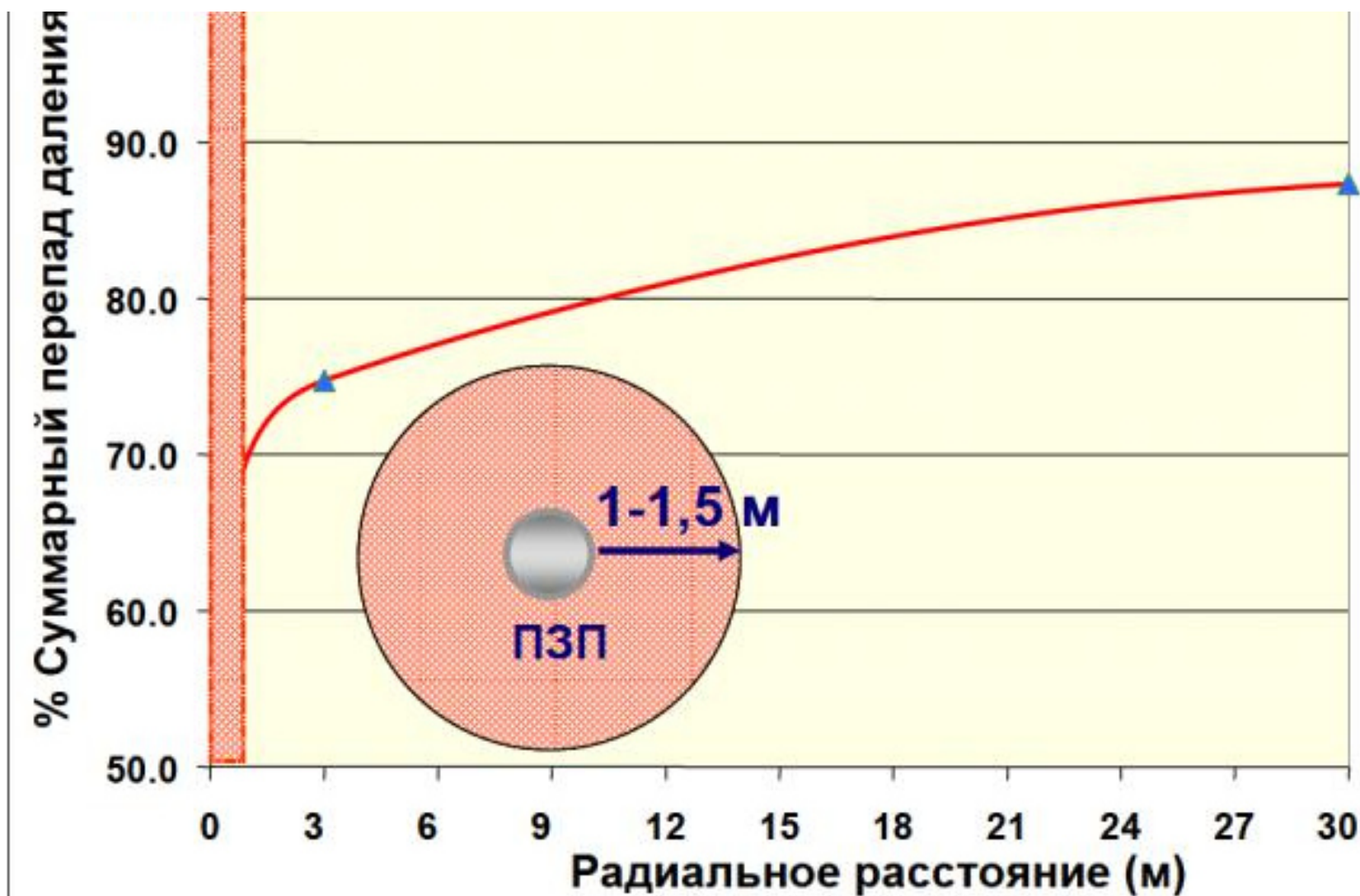
1. Бурение
2. Цементирование
3. Перфорирование
4. Глушение
5. РИР
4. Химическая адсорбция и осадки
5. Образование водонефтяных смесей
6. Изменение смачиваемости породы

Типы повреждения ПЗП:

1. Миграция пластовых частиц
2. Набухание глин
3. Проникновение твердой фазы



Призбойная зона пласта





Скин-фактор

Скин-фактор — гидродинамический параметр, характеризующий дополнительное фильтрационное сопротивление течению флюидов в околоскважинной зоне реального пласта, приводящее к снижению добычи (дебита) по сравнению с совершенной (идеальной) скважиной. Причинами скин-фактора являются гидродинамическое несовершенство вскрытия пласта, загрязнение околоскважинной зоны

Расчет для скин-фактора

$$Skin = (k_r/k_d - 1) * \ln(r_d/r_w)$$

k_r - проницаемость пласта

k_d - проницаемость поврежденной (либо стимулированной, например, кислотой) зоны

r_d - радиус поврежденной (либо стимулированной) зоны

r_w - радиус ствола скважины



Типы загрязнений ПЗП

- Миграция частиц
 - Жидкости глушения
 - Осадки
- Набухание глин
- Неорганические осадки
- Органические осадки
 - Парафины
 - Асфальтены
- Смешанные осадки
- Бактерии
- Внесенные частицы
 - Твердые вещества
- Буровые растворы
- Эмульсионная блокада
- Водяная блокада
- Изменение смачиваемости породы



Цель кислотной обработки

Терригенный коллектор:

- Растворение/диспергирование загрязнений
- Восстановление проницаемости (скин-фактор до 0)

Карбонатный коллектор:

- Увеличение проточных каналов и трещин
- Создание высокопроницаемых червоточин
- Диспергирование загрязнений за счет растворения окружающих пород (скин-фактор до минус 2)



Пористость пород-коллекторов

✓ **Пористость** (пустотность) – наличие в горной породе пустот и пор

Коэффициент полной пористости: $m = V_{\text{пор}} / V_{\text{обр}}$, – отношение суммарного объема пор ($V_{\text{пор}}$) в образце к видимому объему образца, измеряется в долях единицы или процентах

По происхождению поры (пустоты) делятся на:

- ✓ Первичные – образующиеся в процессе осадконакопления и формирования породы
- ✓ Вторичные – образующиеся в результате последующих процессов растворения, разломов и возникновения трещин

Коэффициент открытой пористости:

$$m_0 = (\text{Объем сообщающихся (открытых) пор}) / (\text{объем образца})$$

Методы определения пористости:

- метод насыщения
- газовольюметрический метод



Проницаемость пород-коллекторов

- ✓ **Проницаемость** – способность породы фильтровать (пропускать) через поры и поровые каналы жидкость и газ при наличии перепада давления
- ✓ **Абсолютная проницаемость** – проницаемость породы при наличии в ней лишь одного флюида
- ✓ **Фазовая (эффективная) проницаемость** – проницаемость для какого-либо флюида (нефть, газ, вода) при наличии в породе другого флюида
- ✓ **Относительная проницаемость** – отношение фазовой проницаемости к абсолютной проницаемости





Закон Дарси

Генри Дарси исследовал течение воды через пористую среду для питьевых фонтанов г. Дижона. В 1856 году сформулировал закон: «Расход воды прямо пропорционален площади и градиенту давления и обратно пропорционален длине участка»

$$Q = \frac{K}{\mu} \cdot \frac{\Delta P}{L} \cdot F$$

Q – расход жидкости, м³/с

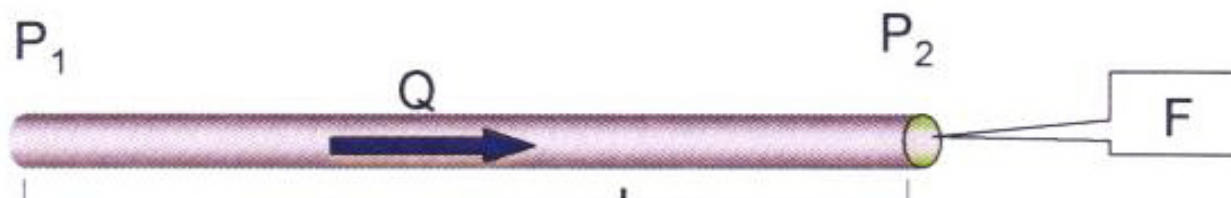
k – проницаемость, м²

μ – динамическая вязкость, Па·с

F – площадь сечения, перпендикулярного потоку, м²

L – длина участка, м

$\Delta P = P_1 - P_2$ – изменение напора по длине участка L , Па



Основные химические реакции при обработке ПЗП

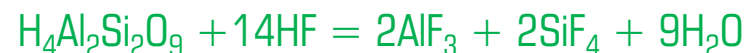


Терригенный коллектор:

1. Взаимодействие с кварцем:



2. Взаимодействие с алюмосиликатами



Карбонатный коллектор:

1. Взаимодействие с кальцитом:



2. Взаимодействие с доломитом:





Особенности кислотных обработок ПЗП

Терригенный коллектор:

- Растворима только небольшая часть пласта
- Множество реакций осадкообразования

Карбонатный коллектор:

- Значительная часть пласта растворима (50 % и более)
- Возможно дренирование всей зоны обработки

Смешанный коллектор:

- Содержание карбонатной породы менее 3 % - обработка ПЗП производится как для чисто терригенного коллектора (не проводится предварительная обработка солянокислотным составом)
- Содержание карбонатной породы от 3 до 20 % - обработка ПЗП производится в смешанном режиме (проводится предварительная обработка солянокислотным составом)
- Содержание карбонатной породы более 20 % - обработка ПЗП производится как для чисто карбонатного коллектора (использование плавиковой кислоты запрещено)

Кислотная обработка в терригенном коллекторе



Кислотная система закачивается в пласт при давлении, не превышающем давления разрыва для удаления загрязнений пласта

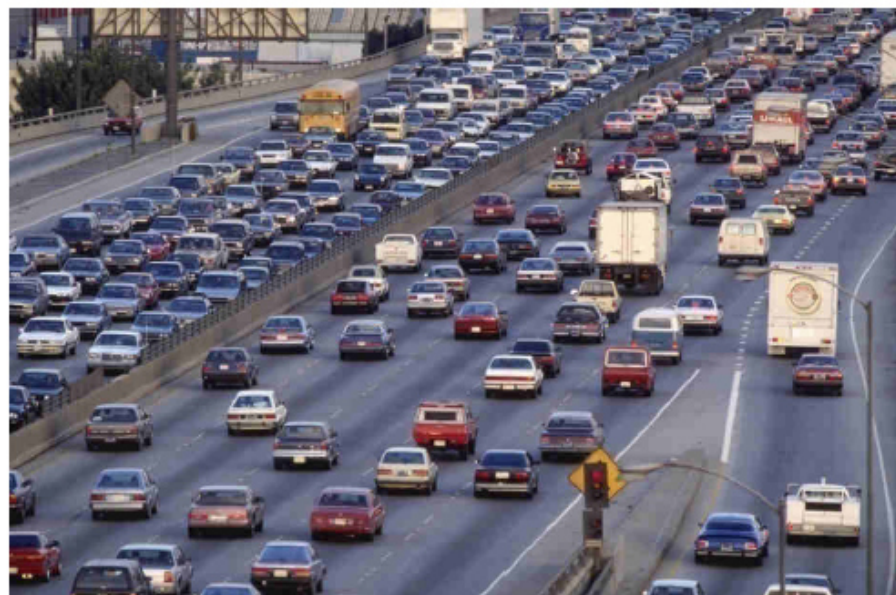
До обработки

Движение ограничено



После обработки

Движение восстановлено



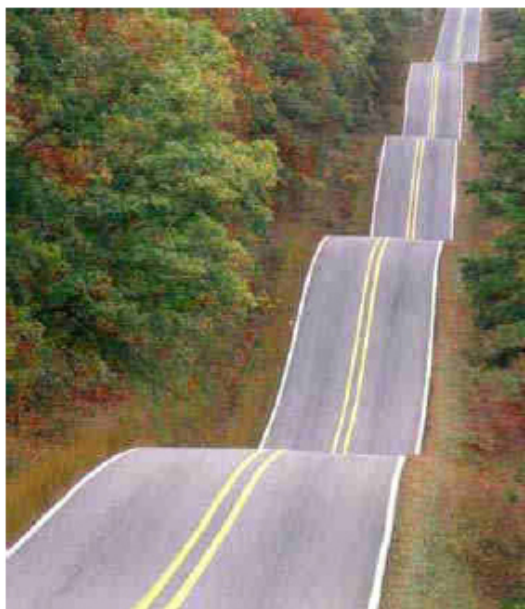
Кислотная обработка в карбонатном коллекторе



Кислотная система закачивается в пласт при давлении , не превышающем давления разрыва для создания червоточин

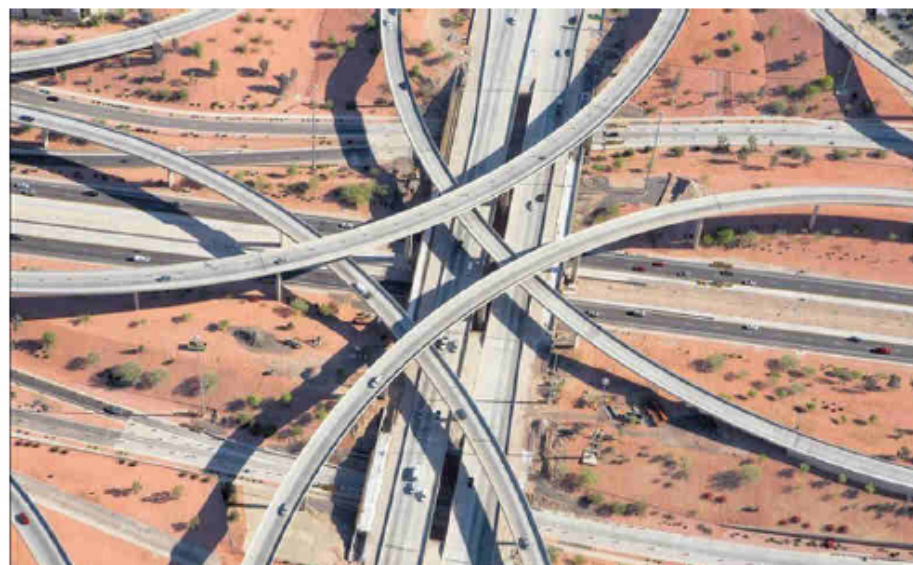
До обработки

Движение ограничено



После обработки

Улучшенная система движения



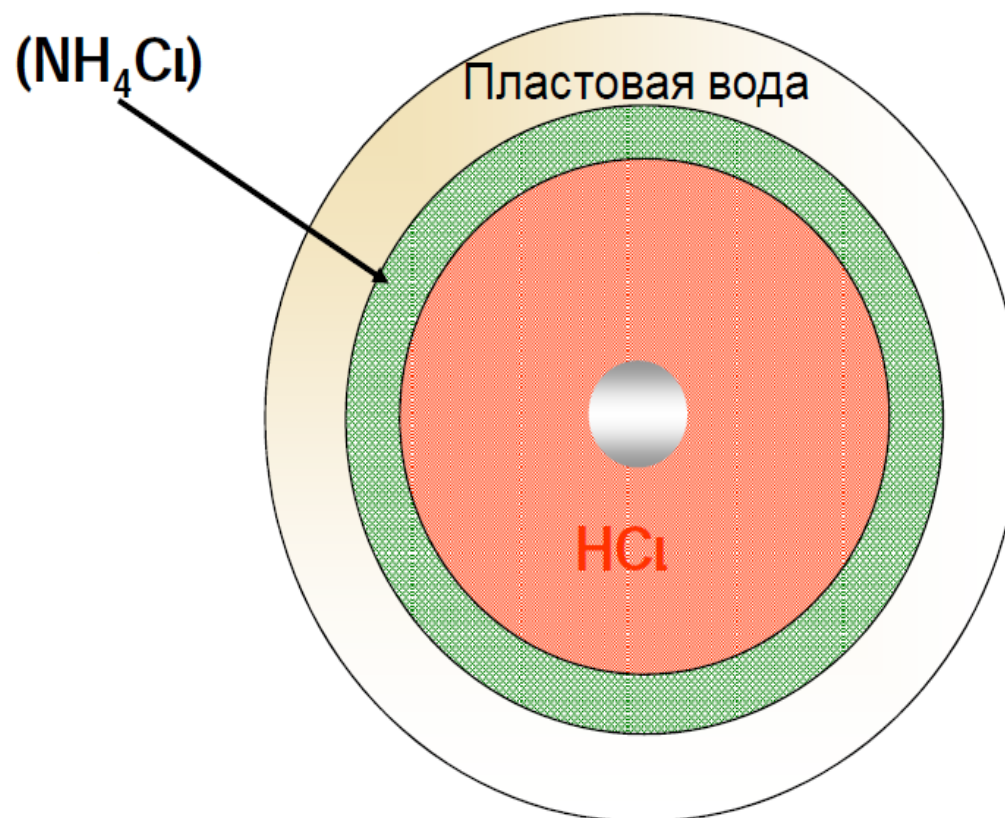
Кислотная обработка терригенного коллектора





Жидкость для предварительной промывки

- Раствор хлорида аммония NH_4Cl
 - 3 % масс. (меньше 5 % глины)
 - 4 % масс. (5 - 10 % глины)
 - 5 % масс. (10 - 15 % глины)
 - 6 % масс. (больше 15 % глины)
- Ксилол / толуол
- Соляная кислота
- Органическая кислота (растворяет карбонаты медленнее, чем соляная кислота)
- Взаимные растворители / спирты



Концентрация соляной кислоты для промывки



	Больше 100 мД	20 – 100 мД	Меньше 20 мД
Меньше 10 % глины и 10 % ила	15 %	10 %	7,5 %
Любые другие варианты содержания глин и ила	10 %	7,5 %	5 %



Кислоты для обработки ПЗП

Грязевая кислота:

- Смесь $\text{HF} + \text{HCl}$

Глинокислота:

- Смесь $\text{HF} + \text{HCl} + \text{H}_3\text{BO}_3$

Органическая грязевая кислота:

- Смесь $\text{HF} +$ органическая кислота (уксусная, лимонная, муравьиная и т.д.)

Глинокислота:

- Смесь $\text{HF} + \text{HCl} +$ органическая кислота (уксусная, лимонная, муравьиная и т.д.)



Назначение глинокислоты

Пласты с большим содержанием глин могут кальматироваться за счет миграции частиц глин

Системы на основе глинокислоты: Смесь $\text{HF} + \text{HCl}$ (либо органическая кислота) + H_3BO_3

- HF реагирует с илами и глинами
- HBF_4 продолжает медленно генерировать HF
- Борсиликаты (продукты реакции) создают липкую пленку, предотвращающую миграцию глин



Самогенерирующие кислоты

Самогенерирующие кислоты образуются постепенно за счет гидролиза солей

➤ Фторид аммония NH_4F

➤ Хлорид аммония NH_4Cl



➤ Смесь сульфокислот + хлорид и фторид аммония

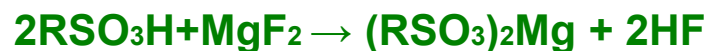
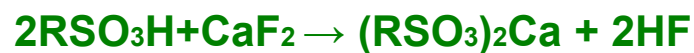


Аммониевые соли сульфокислот подвергаются дальнейшему гидролизу с образованием сульфокислоты, которая способствует поддержанию низкого pH



Самогенерирующиеся кислоты

Сульфокислоты могут растворять фториды:



Преимущества самогенерирующихся кислот:

- Высокая проникающая способность
- Высокая эффективность в низкопроницаемых коллекторах
- Эффективны при повышенных пластовых температурах
- Контроль выпадения осадков и образования нефтешламов



Продавочная жидкость

- Соляная кислота
- Раствор хлорида аммония NH_4Cl
- Взаимный растворитель

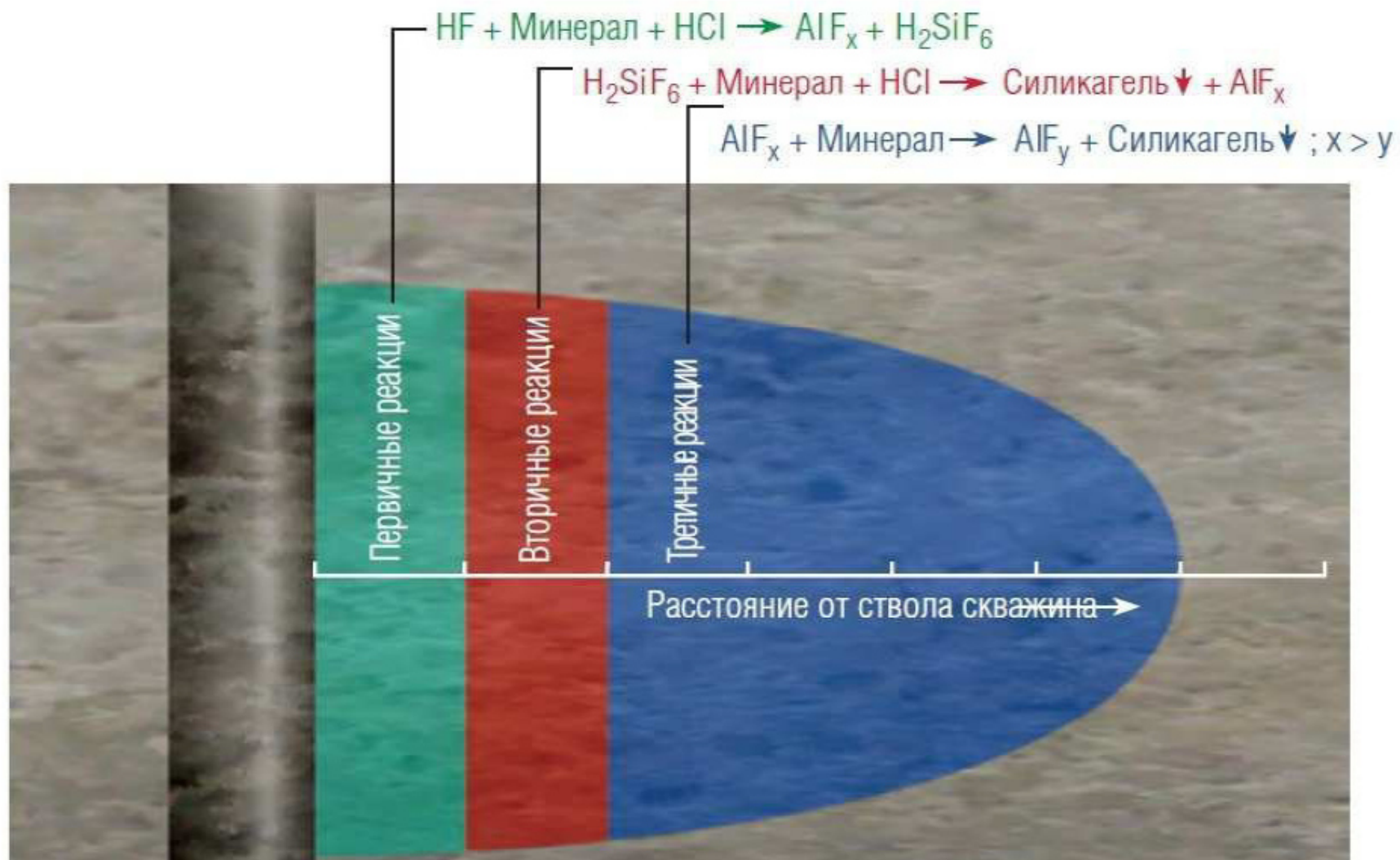


Классификация реакций осадкообразования

- *Первичные реакции:* $\text{HF} + \text{минерал} + \text{HCl} \rightarrow \text{AlF}_x + \text{H}_2\text{SiF}_6$
 - Присутствие ионов Са обуславливает осаждение CaF_2 . Тоны Na к K могут приводить к образованию щелочных фторосиликатов и фтороалюминатов
- *Вторичные реакции:* $\text{H}_2\text{SiF}_6 + \text{минерал} + \text{HCl} \rightarrow \text{силикагель} + \text{AlF}_x$
 - Движущей силой является большее сродство фтора к алюминию
 - Силикагель начинает осаждаться при повышении pH
 - Являются более медленными, чем первичные реакции
- *Третичные реакции:* $\text{AlF}_x + \text{минерал} \rightarrow \text{AlF}_y + \text{силикагель}; x > y$
 - Движущей силой является большая стабильность AlF_y
 - Являются более медленными, чем вторичные реакции
 - Протекают только в случае полной нейтрализации HCl



Реакции осадкообразования по пласту





Первичные реакции осадкообразования

Фторид кальция CaF_2



- Гранулированный осадок фторида кальция (средняя степень коагуляции) образуется при взаимодействии плавиковой кислоты с карбонатной породой и повышении pH системы больше 4,5.

Фторид алюминия / гидроксид алюминия AlF_3 / $\text{Al}(\text{OH})_3$

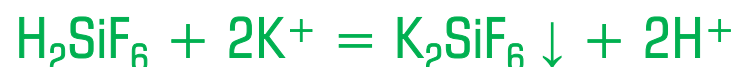


- Образование фторида алюминия происходит при взаимодействии плавиковой кислоты с алюмосиликатами. Фторид алюминия гидролизуеться в гидроксид алюминия при увеличении pH до 4,5 и выше



Первичные реакции осадкообразования

Щелочные фторсиликаты и фторалюминаты:

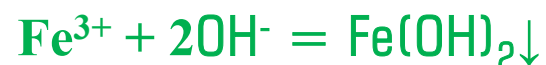
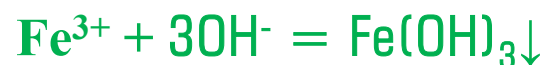


- Образование щелочных фторсиликатов / фторалюминатов при высокой концентрации плавиковой кислоты, самые коагулирующие осадки из первичных реакций
- Катионы щелочных металлов содержатся в глинах, калийных минералах, технологических жидкостях



Первичные реакции осадкообразования

Гидроксиды железа (Fe(OH)_2 , Fe(OH)_3)



- Ионы железа из ржавчины с труб могут попадать в пласт с кислотой
- Ионы железа могут образовываться при растворении породы либо содержаться в пластовой воде
- Выпадение осадков гидроксидов железа происходит по мере нейтрализации кислоты за счет взаимодействия кислоты с породой и кольматантами
- $\text{Fe(OH)}_2 \downarrow$ выпадает при $\text{pH} > 7$
- $\text{Fe(OH)}_2 \downarrow$ выпадает при $\text{pH} > 2$



Вторичные реакции осадкообразования

Гидроксид кремния Si(OH)_4 , фторид алюминия AlF_3

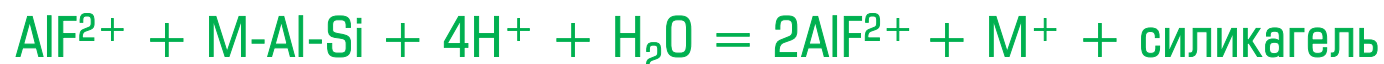


- Осадки образуются при повышении pH
- Образуется аморфный гидроксид кремния и фторид кремния, который в дальнейшем гидролизуется с образованием гидроксида кремния
- Из-за большого сродства ионов фтора к алюминию осадки высаживаются на поверхности глин



Третичные реакции осадкообразования

Силикагель:



- Осадки образуются при увеличении pH системы
- Основной осадок — коллоидные частицы силикагеля, фторид алюминия (при достижении pH 4,5 и выше переходит в гидроксид алюминия)
- Обработка ПЗП всегда должна проектироваться таким образом, чтобы часть соляной кислоты оставалась не нейтрализованной



Борьба с реакциями осадкообразования

Реакции первичного осадкообразования:

- Использовать предварительную промывку соляной кислотой для удаления карбонатов и предотвращения выпадения фторида кальция
- Оттеснить пластовую воду для исключения контакта плавиковой кислоты с ионами пластовой воды для предотвращения выпадения фторсиликатов / фторалюминатов
- Использовать водные растворы без ионов натрия, калия и кальция (например, раствор хлорида аммония NH_4Cl) для предотвращения выпадения фторсиликатов / фторалюминатов

Реакции вторичного и третичного осадкообразования:

- Поддержание низкого значения pH для предотвращения выпадения осадков фторида алюминия, силикагеля и гидроксида алюминия



Осадкообразование

МИНЕРАЛ	ОСАДОК	ПРЕВЕНТИВНАЯ МЕРА
ИЗВЕСТНЯК, ДОЛОМИТ	$\text{CaF}_2, \text{MgF}_2$	Закачка промывочной жидкости (HCl)
СОЛЕВОЙ РАСТВОР НА ОСНОВЕ СИЛИКАТСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ	Na_2SiF_6	Закачка предварительной промывочной жидкости (HCl, NH_4Cl)
ГЛИНЫ (МОНТОРИЛЛОНИТ, КАОЛИНИТ)	$\text{Si}(\text{OH})_4$	Закачка промывочной жидкости
КАЛИЕВЫЙ ПОЛЕВОЙ ШПАТ (ОРТОКЛАЗ)	K_2SiF_6	Максимальная концентрация используемой плавиковой кислоты – 1,5%масс.
НАТРИЕВЫЙ ПОЛЕВОЙ ШПАТ (АЛЬБИТ)	Na_2SiF_6	Максимальная концентрация используемой плавиковой кислоты – 3%масс.
ГЛИНА (ИЛЛИТ)	$\text{K}_2\text{SiF}_6, \text{MgF}_2, \text{Si}(\text{OH})_4$	Использование слабых растворов грязевой кислоты
ГЛИНА (ХЛОРИТ)	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	Использование уксусной кислоты в качестве комплексообразующего агента



Кислотная обработка карбонатного коллектора

- Порода состоит в основном из карбонатных минералов, хорошо растворяющихся в органических и неорганических кислотах:
 - Кальцит CaCO_3
 - Доломит $\text{CaMg}(\text{CaCO}_3)_2$
 - Сидерит FeCO_3
 - Магнезит MgCO_3
- Наличие фторсодержащих соединений приводит к осадкообразованию



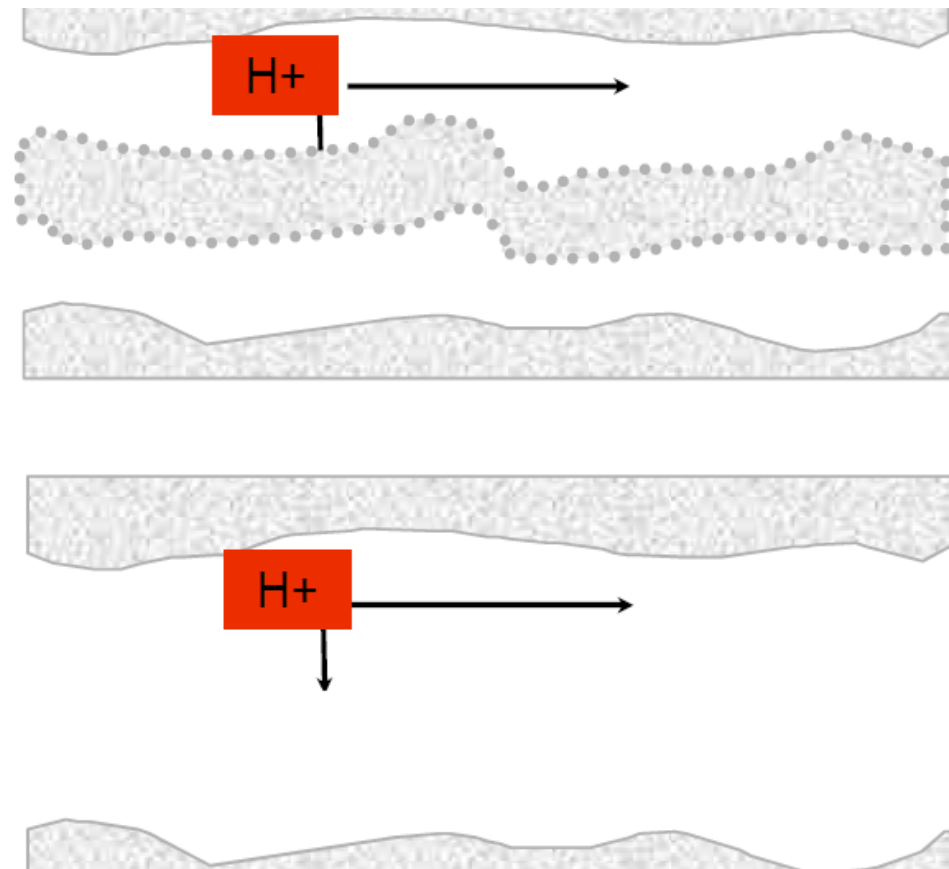
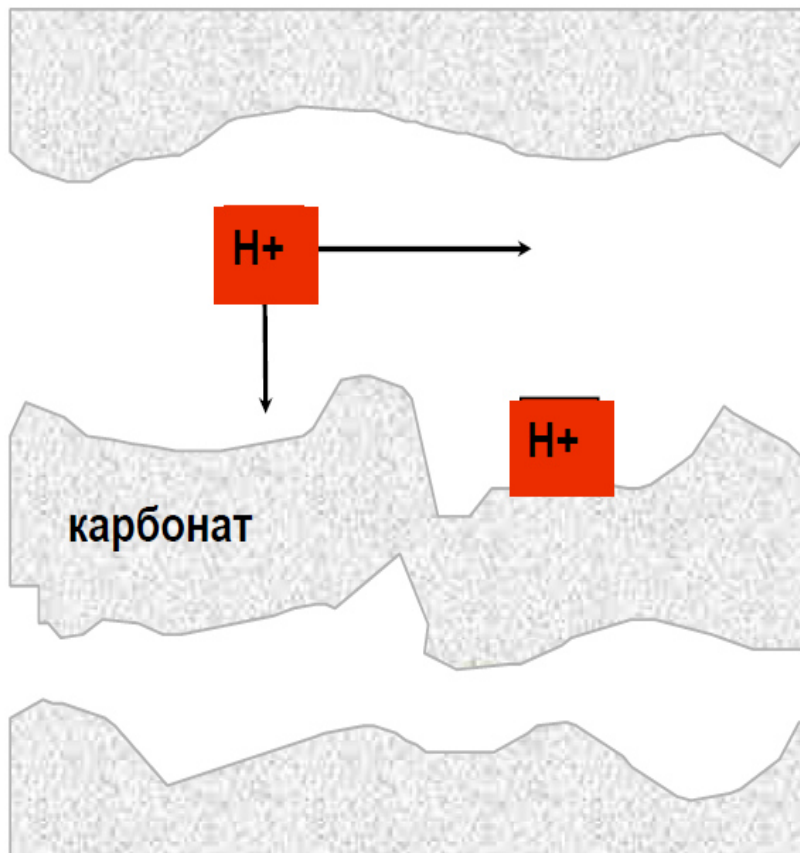
Скорость растворения карбонатов

кальцит > доломит > сидерит

Факторы, влияющие на скорость растворения карбонатных пород:

- Состав
- Температура
- Концентрация кислоты
- Площадь поверхности контакта

Проникновение кислоты в пласт



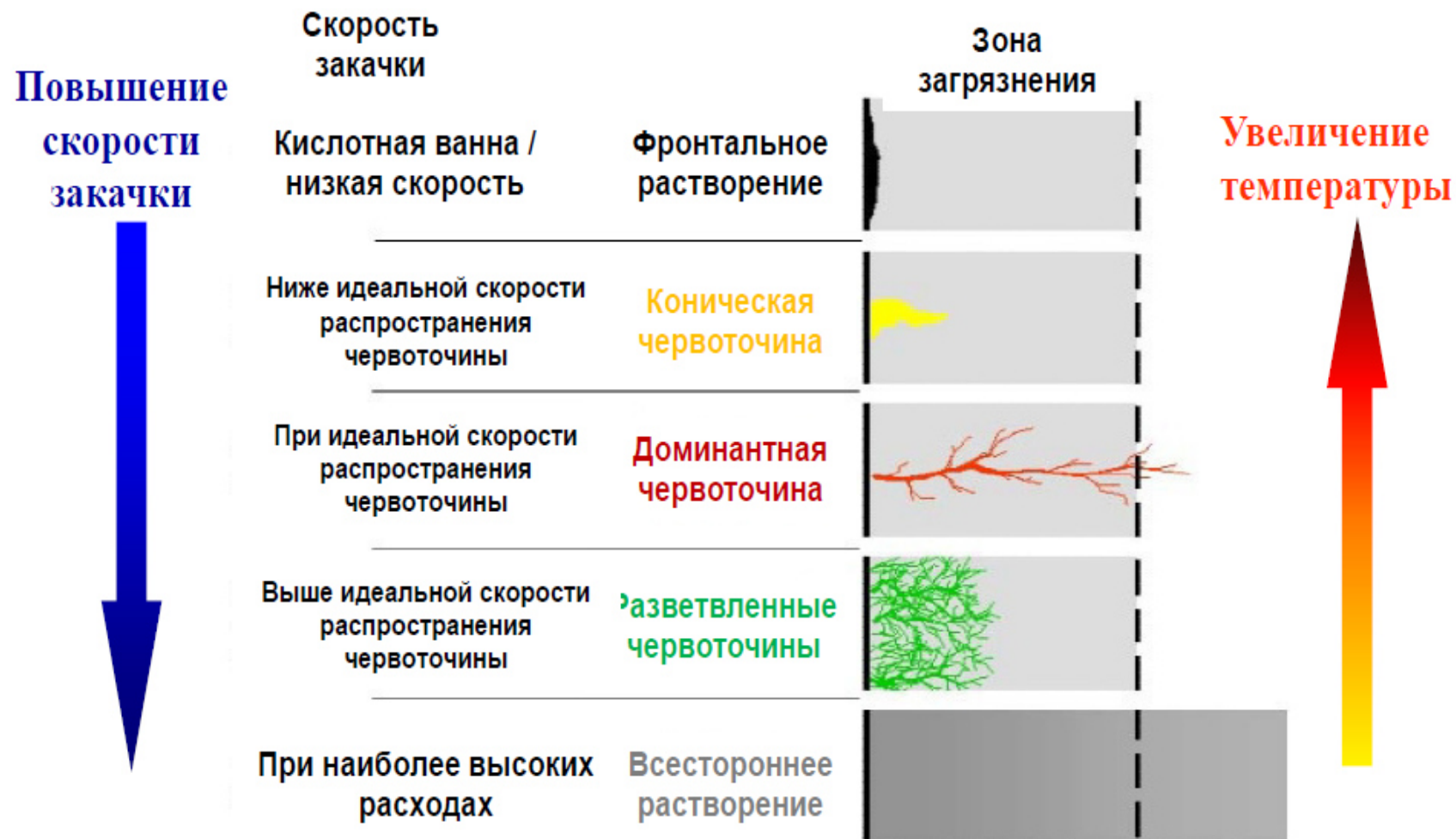
Реакционная активность кислот



Концентрация кислоты, %	Скорость растворения мрамора, г / м ² · сек		
	HCOOH	HSO ₃ NH ₂	HCl
5	0.2	0.7	4.5
10	0.5	1.5	7.6
15	0.6	1.8	9.6
20	0.7	2.0	10.4



Скорость закачки / температура





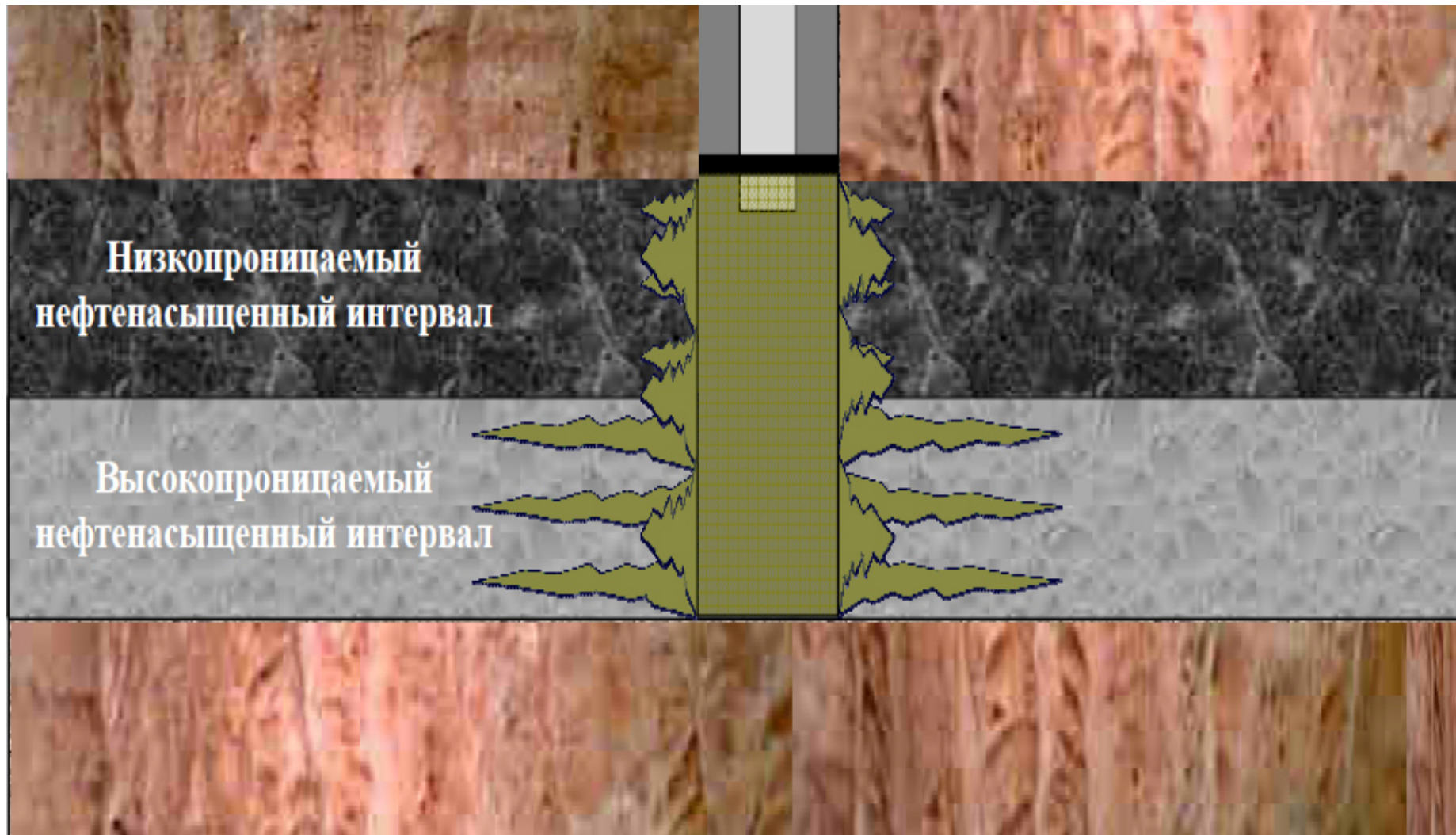
Отклонение кислоты

- Карбонатные коллектора необходимо закачивать с отклонителями для повышения однородности кислотной обработки ПЗП

Отклонители:

- механические (шары, пакеры)
- закупоривающие агенты (соли, нефтерстворимые смолы)
- Химические (считаются наиболее эффективными для карбонатных коллекторов)

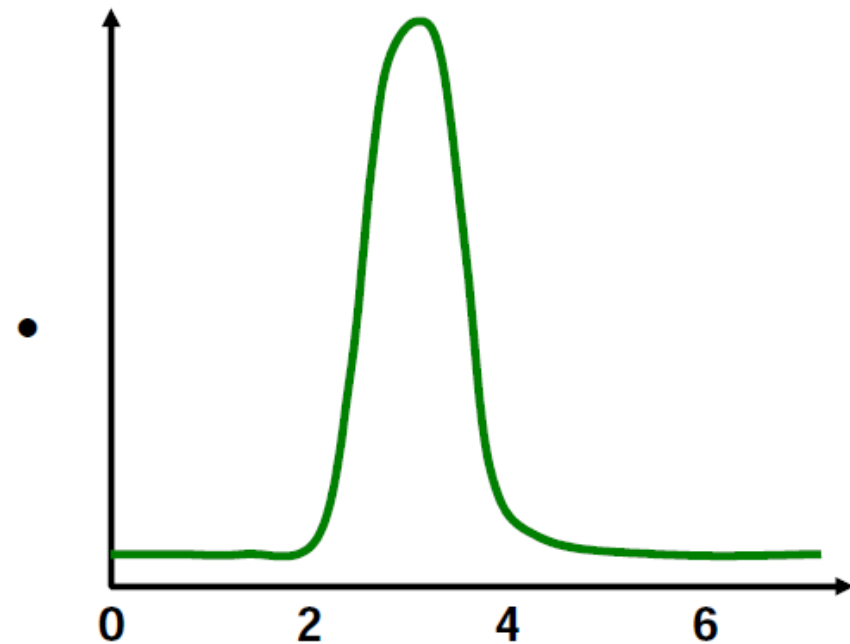
Отклонение кислоты



Гелированная самоотклоняющаяся кислота



Кислота
+
Гелеобразователь
+
pH-чувствительный
сшиватель

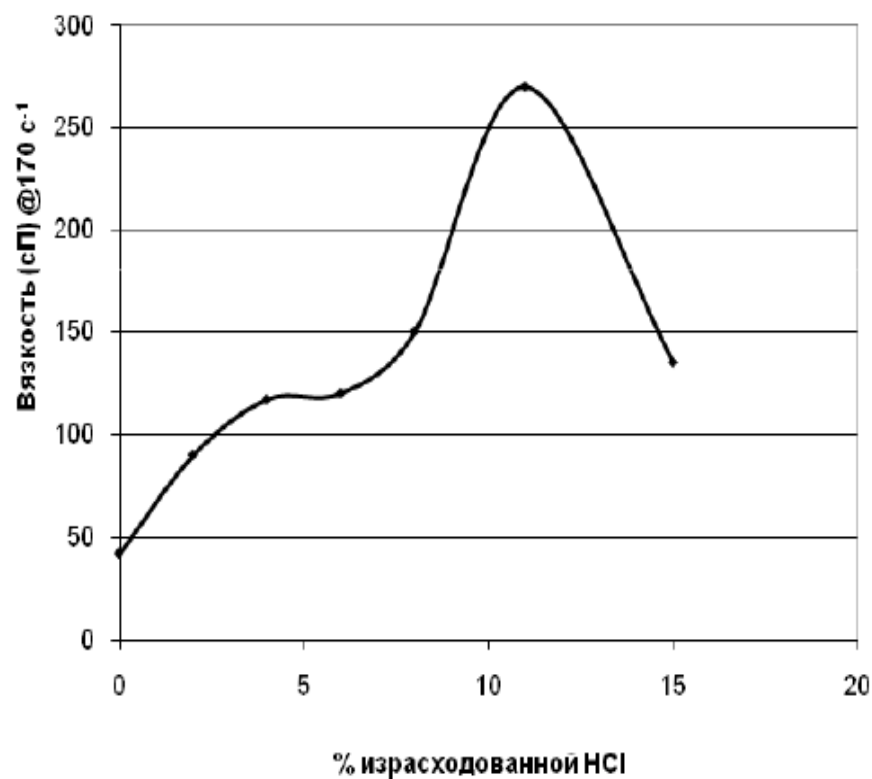


- активация при **pH 2-4**
- вязкость повышается от **15 до 1000 cP @ 170C⁻¹**
- **no damaging solid particles in the system**
- применяется только в карбонатных пластах

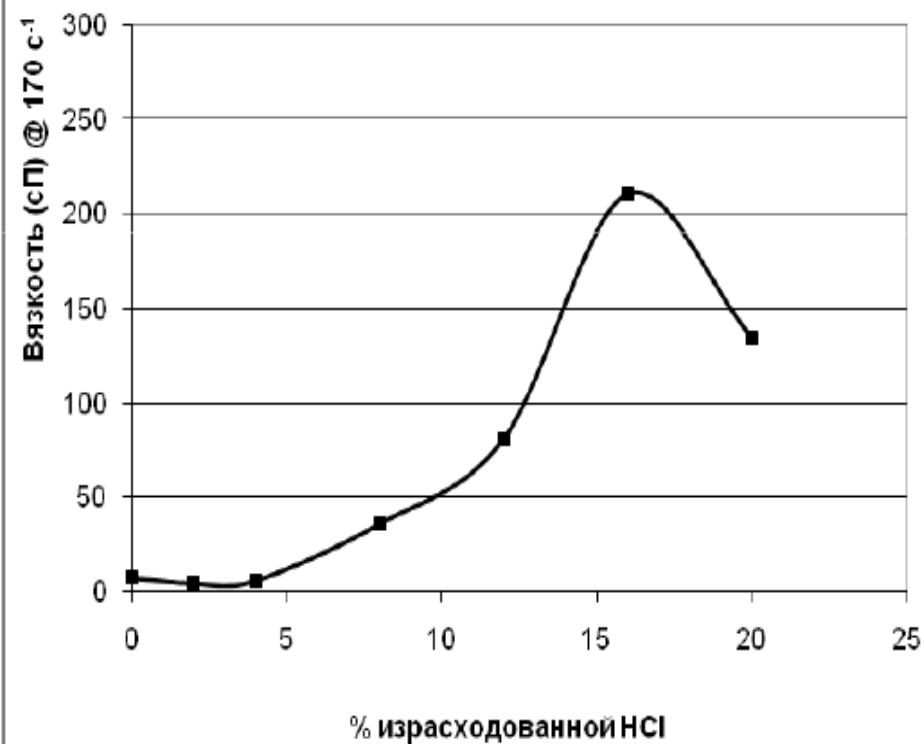
Самоотклоняющаяся кислота на основе ВУПАВ



15% Соляная кислота



20% Соляная кислота



Самоотклоняющаяся кислота на основе ВУПАВ



Свежая кислота

Израсходованная кислота



Кислоты для обработки карбонатных коллекторов

- Неорганические кислоты (обычно соляная кислота)
- Органические кислоты (обычно уксусная кислота)
- Сухокислотные отавы
- Кислоты на основе солей
- Органические эфиры
- Эмульгированные кислоты
- Кислоты на основе ВУПАВ
- Хелатные агенты

Соляная кислота



- Сильная кислота
- Очень быстрая скорость реакции с карбонатами
- Применяется в концентрациях до 20 % масс. (обычно от 6 до 15 % масс.)
- Высокая коррозионная агрессивность
- Используется как базовая кислота для более сложных кислотных систем

Соляная кислота



➤ Преимущества:

- ✓ Относительно недорогая
- ✓ Легкая доступность
- ✓ Применяется для высокопроницаемых коллекторов

➤ Недостатки

- ✓ Высокая коррозионная агрессивность
- ✓ Повышенная скорость реакции при высоких температурах (обычно используют в пластах до 100 °C)
- ✓ Склонность к нефтешламообразованию
- ✓ Высокое поверхностное натяжение на границе раздела фаз кислота-нефть
- ✓ Возможное образование осадков при контакте с пластовыми флюидами и минералами
- ✓ Вторичное осадкообразование по мере расходования кислоты



Органические кислоты

➤ Преимущества:

- ✓ Низкая скорость реакции при высоких температурах (применяются до 180 °C)
- ✓ Пониженная скорость коррозии (по сравнению с соляной кислотой)
- ✓ Замедление скорости реакции соляной кислоты с минералами
- ✓ Применяется для низкопроницаемых коллекторов
- ✓ Обладают комплексирующим эффектом на ионы железа 3^{+}
- ✓ Меньшая вероятность нефтешламообразования из-за большего сродства к нефти
- ✓ Меньшая вероятность выпадения осадков при контакте с пластовыми флюидами и минералами
- ✓ Меньшая склонность к вторичному осадкообразованию
- ✓ Возможно использовать в пластах с высокой чувствительностью к соляной кислоте (наличие глин)



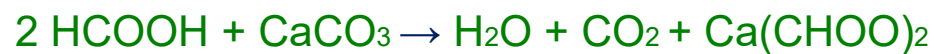
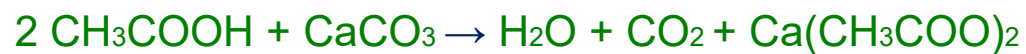
Органические кислоты

➤ Недостатки

- ✓ Высокая стоимость
- ✓ Низкая эффективность обработки при низких температурах
- ✓ Низкая эффективность обработки для высокопроницаемых коллекторов
- ✓ Нельзя смешивать со спиртами

➤ Основные органические кислоты для обработки:

- ✓ Уксусная кислота
- ✓ Муравьиная кислота





Ледяная уксусная кислота

➤ Особенности:

- ✓ Отсутствие коррозии, если нет контакта с водой (кислота подается в виде эмульсии с керосином или дизелем)
- ✓ Эффективна для удаления водяных блоков
- ✓ Возможно использовать в пластах с высокой чувствительностью к воде
- ✓ Глубокое проникновение в пласт (реакция минералов с кислотой начинается только после контакта с водой)



Сульфаминовая кислота

➤ Преимущества:

- ✓ Низкая скорость реакции (используется в пластах до 60 °C)
- ✓ Низкая коррозионная активность
- ✓ Применяется для низкопроницаемых коллекторов
- ✓ Возможно использовать в пластах с высокой чувствительностью к соляной кислоте (наличие глин)
- ✓ Меньшая вероятность нефтешламообразования и вторичного осадко образования





Сульфаминовая кислота

- Недостатки
- ✓ Высокая стоимость
- ✓ Применяется только до 60 °С, при температурах выше разлагается с образованием гипса и ангидрита
- ✓ Низкая эффективность в высокопроницаемых коллекторах





Кислоты на основе солей

➤ Преимущества:

- ✓ Низкая стоимость
- ✓ Низкая коррозионная активность
- ✓ Низкая скорость реакции (могут применяться при высоких температурах)
- ✓ Применяются для низкопроницаемых коллекторов

➤ Недостатки

- ✓ Неэффективны при низких температурах
- ✓ Неэффективны для высокопроницаемых коллекторов
- ✓ Вторичное осадкообразование (для солей с содержанием алюминия)
- ✓ Соли, содержащие алюминий, не применимы в системах содержащих ионы фтора
- ✓ Можно получить кислотные растворы соответствующие не более 6 – 10 % масс. соляной кислот



Кислоты на основе солей

Хлорид алюминия



Хлорид аммония





Органические эфиры

➤ Преимущества:

- ✓ Низкая коррозионная активность
- ✓ Низкая скорость реакции (могут применяться при температурах до 200 °C)
- ✓ Низкая вероятность нефтешламообразования из-за высокого сродства к нефти
- ✓ Низкая вероятность вторичного осадкообразования
- ✓ Применяются для низкопроницаемых коллекторов

➤ Недостатки

- ✓ Высокая стоимость
- ✓ Неэффективны при низких температурах
- ✓ Неэффективны для высокопроницаемых коллекторов

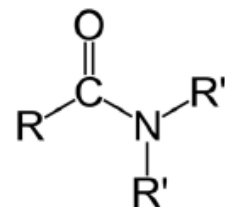




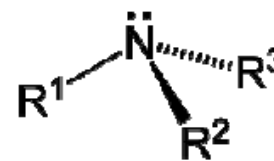
Эмульсии

- Обратная эмульсия с содержанием соляная кислота / углеводород 70/30
- ✓ Концентрация соляной кислоты до 30 %
- ✓ Углеводородная фаза – керосин / дизель
- Низкая реакционная активность
- Эмульсию можно использовать при высоких температурах (до 150 °C)
- Низкая коррозионная активность, т.к. нет прямого контакта кислота/НКТ
- Высокая вязкость системы обеспечивает более полную обработку ПЗП

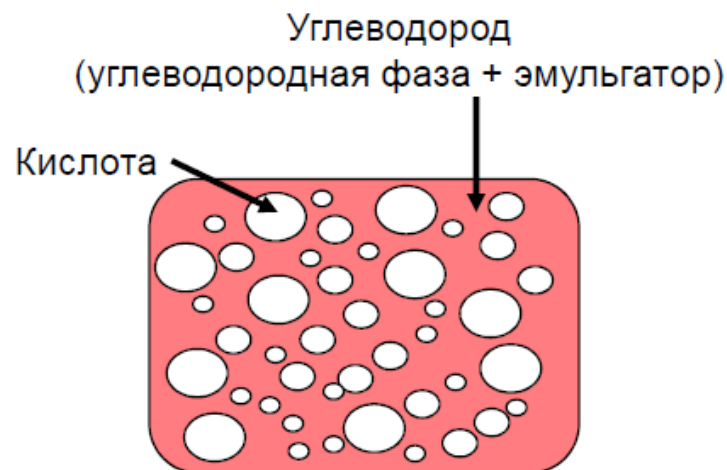
Эмульгаторы



Амид



Амин



Обратная Эмульсия

Проблемы при кислотной обработке ПЗП в высокотемпературных пластах



- Высокая скорость коррозии НКТ и оборудования
- Возможность образования нефтешламов
- Кислотные системы на основе соляной кислоты при температурах выше 100 °C малоэффективны
- Склонность к фронтальному растворения ПЗП, а не образованию доминантных червоточин
- Повышенная опасность работ персонала из-за больших концентраций кислот и большого количества химических стабилизирующих добавок



«Кислотные» системы без содержания кислот

- Системы не содержат классических кислот (могут содержать ПАВ, хелатные агенты, взаимные растворители и др.)
- Можно применять в пластах, где кислота должна нанести вред
- Эффективны при температурах выше 200 °C
- Неэффективны при температурах меньше 40 °C

- «Кислотные системы на основе хелатных агентов»
- ✓ «хорошая» скорость реакции для создания доминантных червоточин при высоких температурах
- ✓ Низкая скорость коррозии
- ✓ Низкая склонность к нефтешламообразованию
- ✓ Экологически безвредны

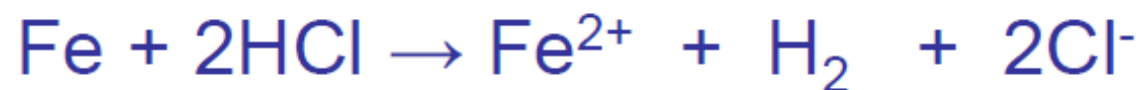


Реагенты-модификаторы для кислотных составов

- ✓ Ингибитор коррозии
- ✓ Стабилизатор (восстановитель железа)
- ✓ Дезэмульгатор
- ✓ Диспергатор
- ✓ Пав-понижитель межфазного натяжения
- ✓ Антишламовые агенты
- ✓ ПАВ-гидрофобизаторы
- ✓ Стабилизаторы глин
- ✓ Эмульгатор
- ✓ Растворитель АСПО
- ✓ Взаимные растворители
- ✓ Понижители трения
- ✓ Пеногаситель



Ингибитор коррозии

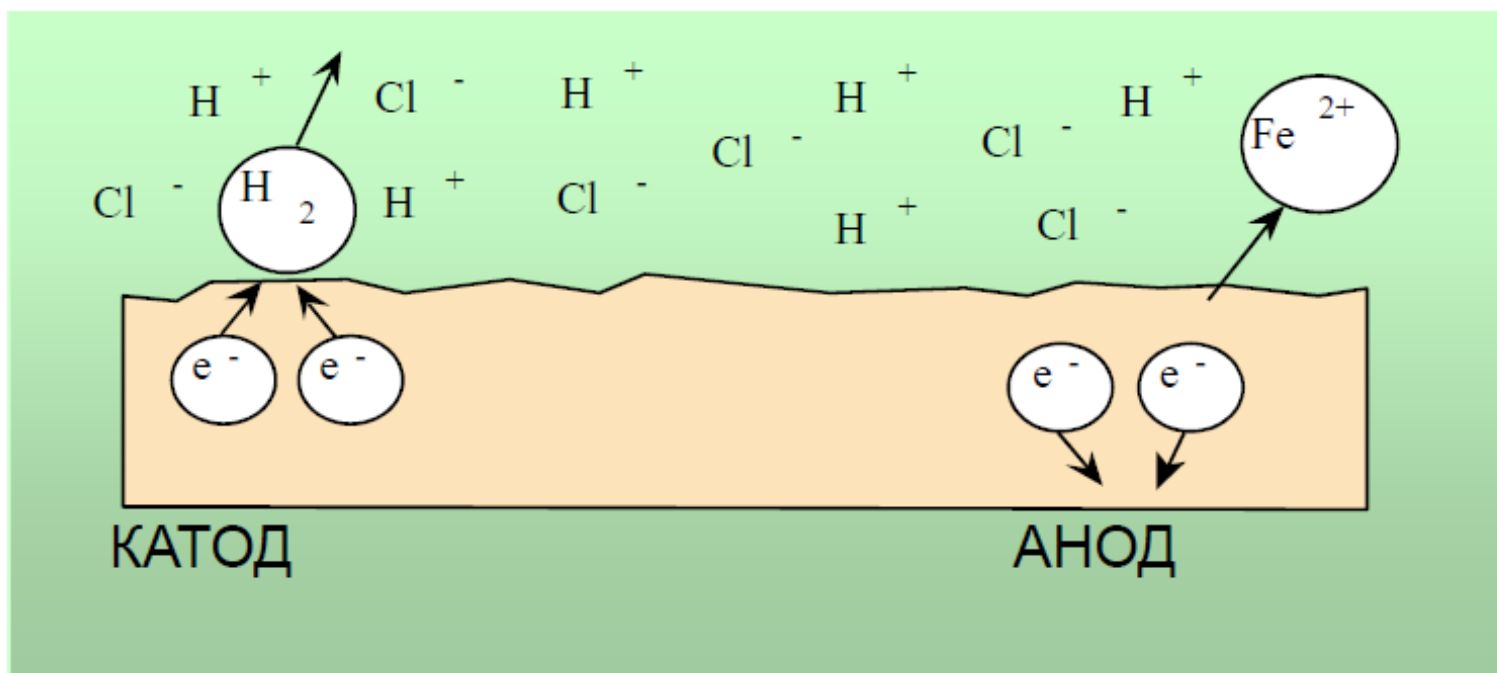


На аноде: $\text{Fe} - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$

окисление

На катоде: $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$

восстановление



Ингибитор коррозии

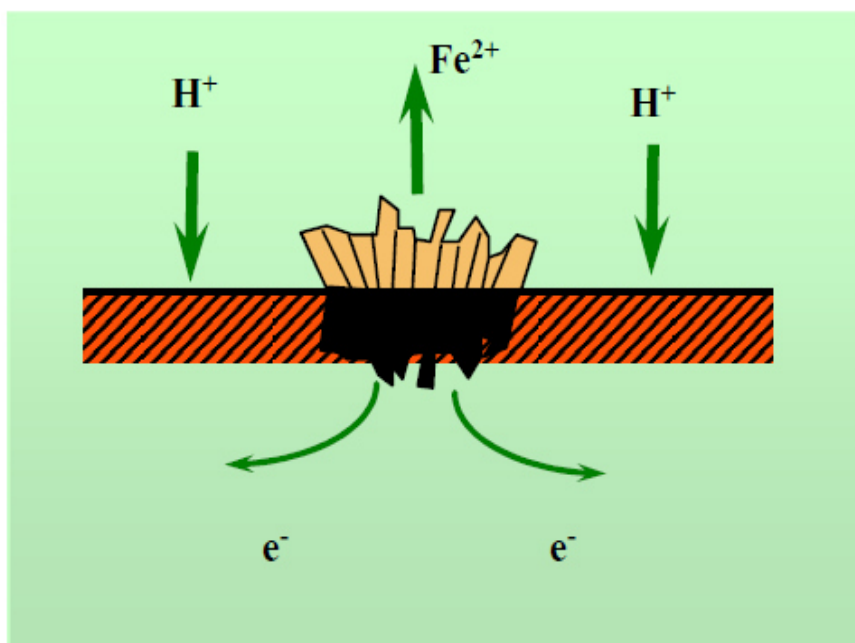


Рис. А: Барьер на анодном участке (+).

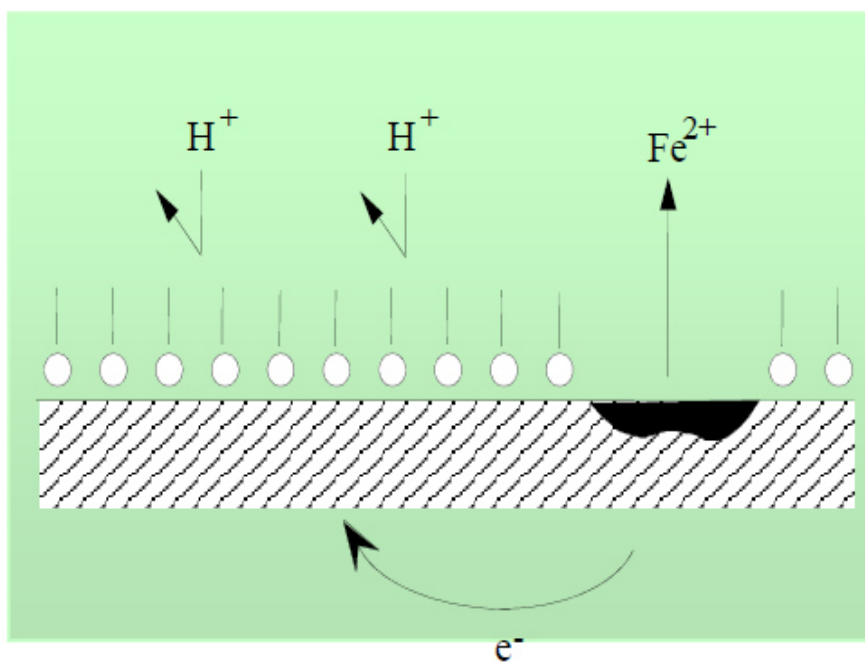
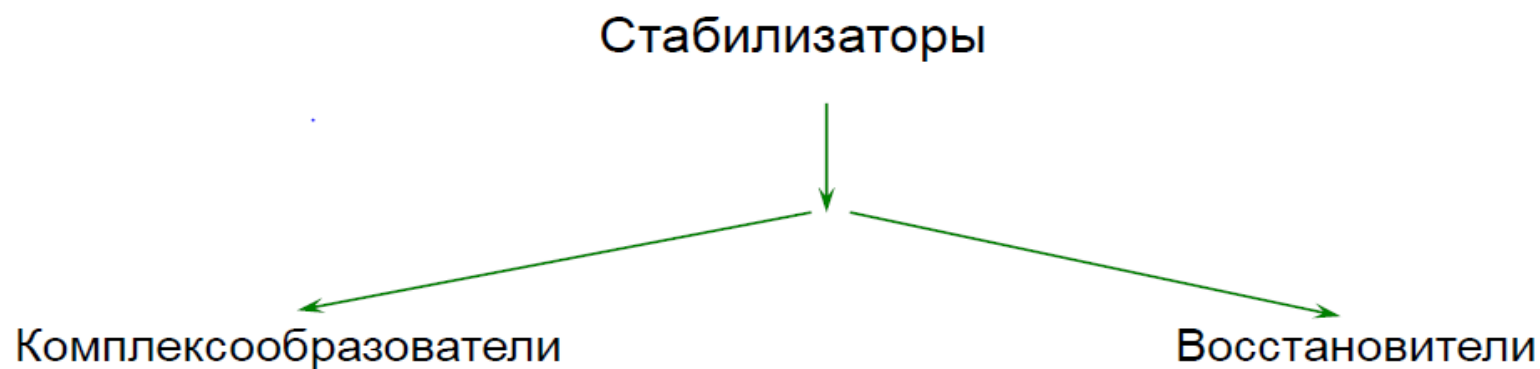


Рис. Б: Барьер на катодном участке (-).

Ингибитор коррозии формирует пленку на катодном или анодном участке, которая мешает протеканию электрохимических реакций.



Стабилизатор железа

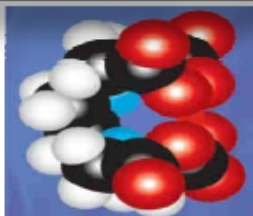


$\text{Fe}^{+++} + \text{комплексообразователь}$ ↓ ↓ ↓ Растворимые продукты	$\text{Fe}^{+++} + \text{Восстановитель}$ ↓ ↓ ↓ $\text{Fe}^{++} + \text{Растворимые продукты}$
$\text{Fe}^{++} + \text{Комплексообразователь}$ ↓ ↓ ↓ Растворимые продукты	74



Стабилизатор железа

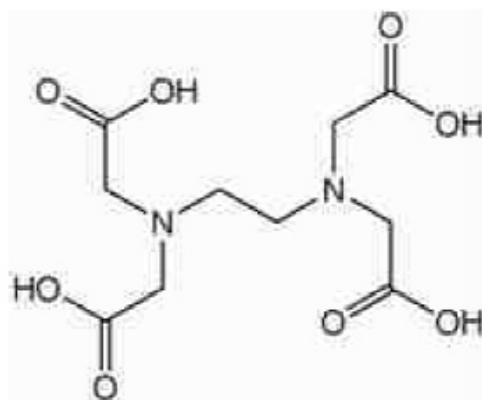
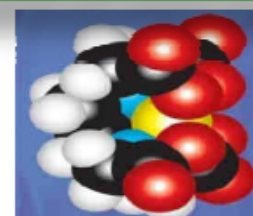
Связывающий агент



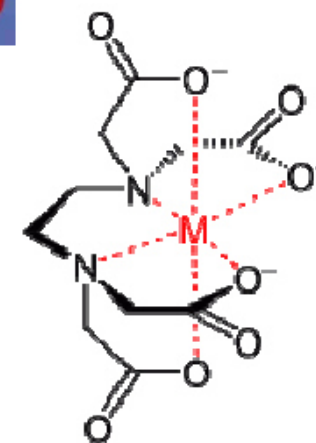
Ион металла

Fe^{3+}

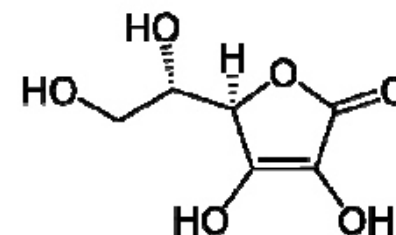
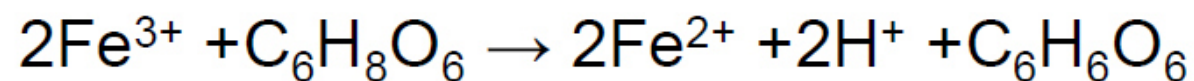
Связанный комплекс



Этилендиаминтетрауксусная кислота



Восстанавливающий агент – Аскорбиновая кислота





Дезэмульгатор

- Кислотные составы при контакте с нефтями могут образовывать устойчивые эмульсии
- В большинстве нефтей содержатся природные эмульгаторы, которые будут способствовать большей устойчивости эмульсий
- В нефти эмульсии стабилизируют:
 - ✓ асфальтены
 - ✓ мех.примеси
- Образование эмульсий приводит к закупорке ПЗП и осложняет процесс подготовки нефти

В качестве дезэмульгаторов используются различные ПАВ, которые должны обладать большей поверхностной активностью, чем природные эмульгаторы:

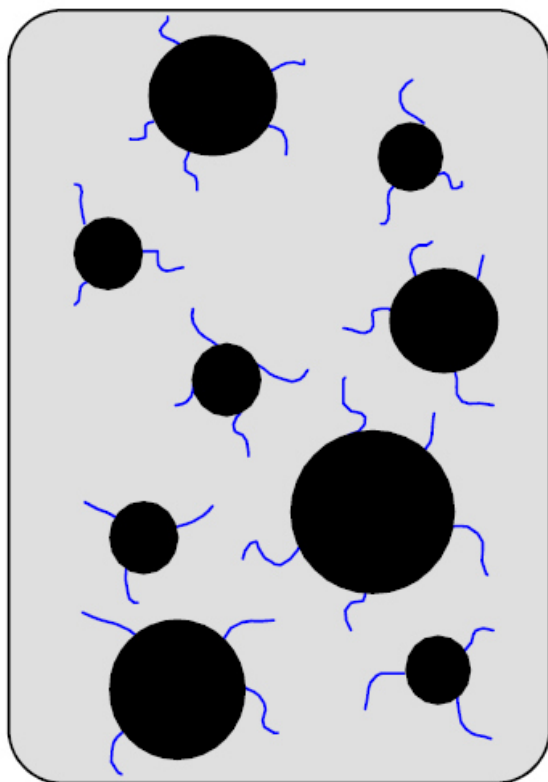
- ✓ оксиалкилированные спирты $R-O-(CH_2CH_2O)_n-H$
- ✓ производные аминоспиртов NH_2-R-OH

Дезэмульгатор

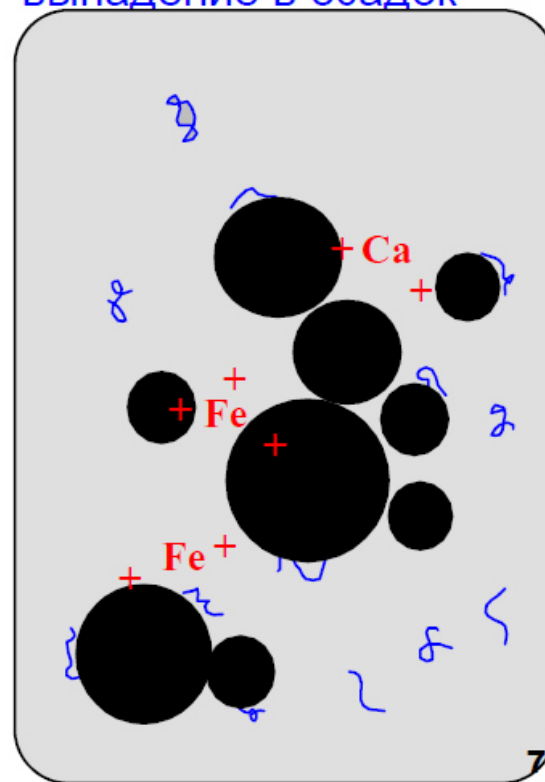


Шлам (суспензионная эмульсия) – эмульсия, стабилизированная твердыми органическими соединениями и механическими примесями

Дисперсные и стабильные



Флокулирование /
выпадение в осадок



Дезэмульгаторы / диспергаторы



Факторы, влияющие на образование шламов:

- ✓ Тип нефти
- ✓ Тип кислоты и концентрация
- ✓ Температура
- ✓ Содержание многовалентных ионов
- ✓ Растворители

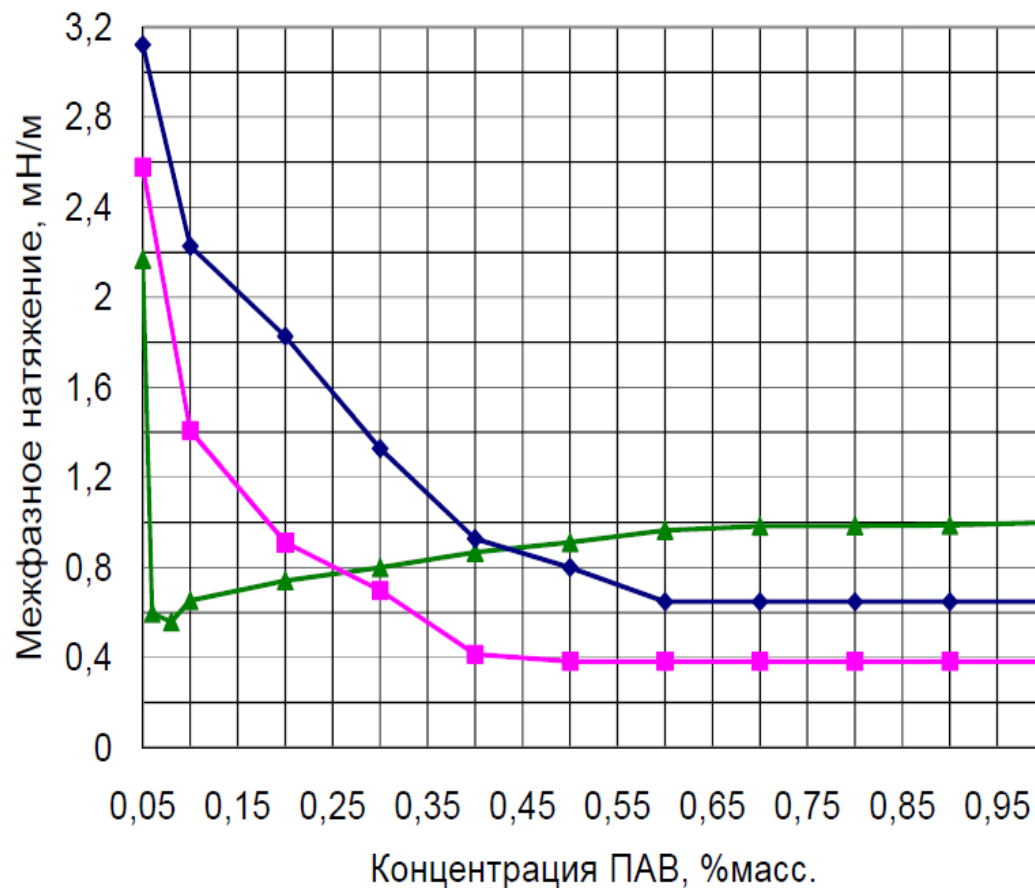


ПАВ - понизители межфазного натяжения / гидрофобизаторы



- ПАВ – вещества, способные даже при малых концентрациях снижать поверхностное/межфазное натяжение
- Молекулы ПАВ имеют дифильное строение: имеют в своей структуре полярную и неполярную часть
- ПАВ делятся на:
 - ✓ Неионогенные (НПАВ, оксиэтилированные УВ)
 - ✓ Ионогенные (ИПАВ):
 - Катионоактивные (КПАВ, органические амины)
 - Анионоактивные (АПАВ, соли органических кислот)
 - Амфолитные (ПАВ содержащие кислотную и основную (амино) группы)

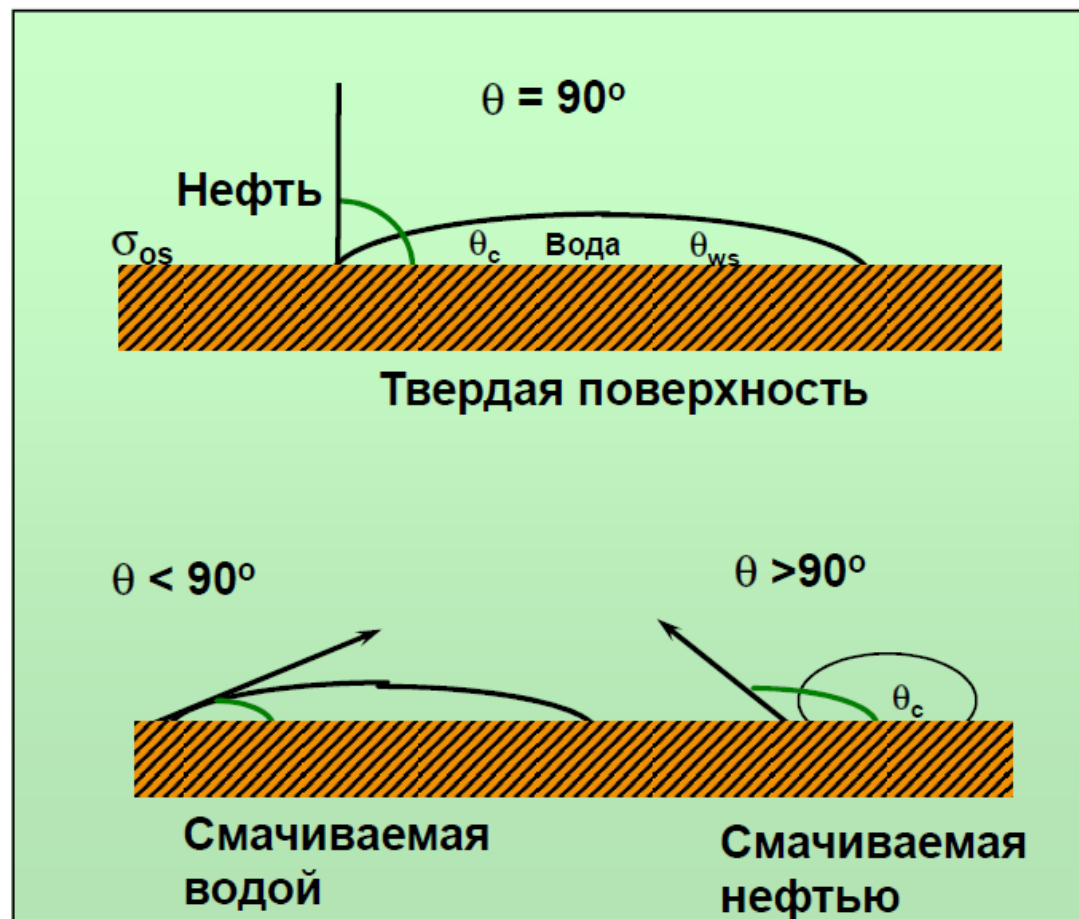
Межфазное натяжение кислотных составов, содержащих ПАВ, на границе с керосином



ПАВ - понизители межфазного натяжения / гидрофобизаторы



- Гидрофобизация породы – уменьшение смачиваемости породы водой и увеличение смачиваемости углеводородами
- Гидрофобизаторы:
 - ✓ Четвертичные аммонийный основания
 - ✓ Имидазолины
 - ✓ Амины





Растворители АСПО

- Применяются для очистки ПЗП от АСПО
- В качестве растворителей используются ароматические углеводороды с алифатической боковой цепочкой:
 - ✓ Толуол
 - ✓ Ксилол
 - ✓ Этилбензол
 - ✓ Стирол



Стабилизаторы глин

- Необходимы для чувствительных пластов с большим содержанием глинистых минералов
- В качестве стабилизаторов можно использовать водные растворы хлорида калия и хлорида аммония
- Глины можно разделить на 4 больших типа:
 - ✓ Каолинит
 - ✓ Иллит
 - ✓ Сметит (сильное набухание из-за слабой связи между слоями глины)
 - ✓ Хлорит

Спасибо за активную работу!

