evachem chemical company | ПРЕВОСХОДСТВО В КАЖДОЙ МОЛЕКУЛЕ

Некоторые аспекты ингибиторной защиты нефтепромыслового оборудования от коррозии

Р.Низамов,

3 сентября 2025



О КОМПАНИИ

ЭВАКЕМ ТЕХНОЛОГИИ — ведущий производитель высококачественной химической продукции мирового класса, дочерняя компания ПАО «Татнефть» — одной из крупнейших российских вертикально-интегрированных нефтяных компаний с 80-летним опытом работы в отрасли. Специализируется на разработке и внедрении химических технологий, повышающих производительность и снижающих операционные расходы на любом этапе производства в сегментах нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

25
ПАТЕНТОВ

63
M^3 ОБЩАЯ ЁМКОСТЬ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕАКТОРОВ

350
МАРОК ПРОДУКТОВ

800
ТОНН
ОБЩИЙ ЁМКОСТНОЙ ПАРК

24000
ТВГ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ МОЩНОСТИ



МЫ ЛИДЕРЫ

стремимся
к новым идеям
и достижениям



МЫ ЭФФЕКТИВНЫ

чувствуем
ответственность
за лучший результат



МЫ ТЕХНОЛОГИЧНЫ

вдохновляемся
будущим
и создаем его сами



МЫ ОТКРЫТЫ ДЛЯ СОТРУДНИЧЕСТВА

ценим искренность
во всем, рады делиться
знаниями и опытом



МЫ КОМАНДА

уверены друг в друге
на пути к цели

evachem
chemical company

Содержание

- Немного теории: коррозионный элемент, поляризация, деполяризация, пассивация, факторы коррозии.
- Углекислотная, сероводородная и кислородная коррозия. Влияние окисных пленок.
- Современный ингибитор коррозии : механизмы действия, растворимость, защитный эффект и ОСК.
- Ошибки при применении ингибитора коррозии.

evachem chemical company

Коррозионный элемент

Окислительно-восстановительная реакция (ОВР):

$$Fe + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2 \qquad (1)$$

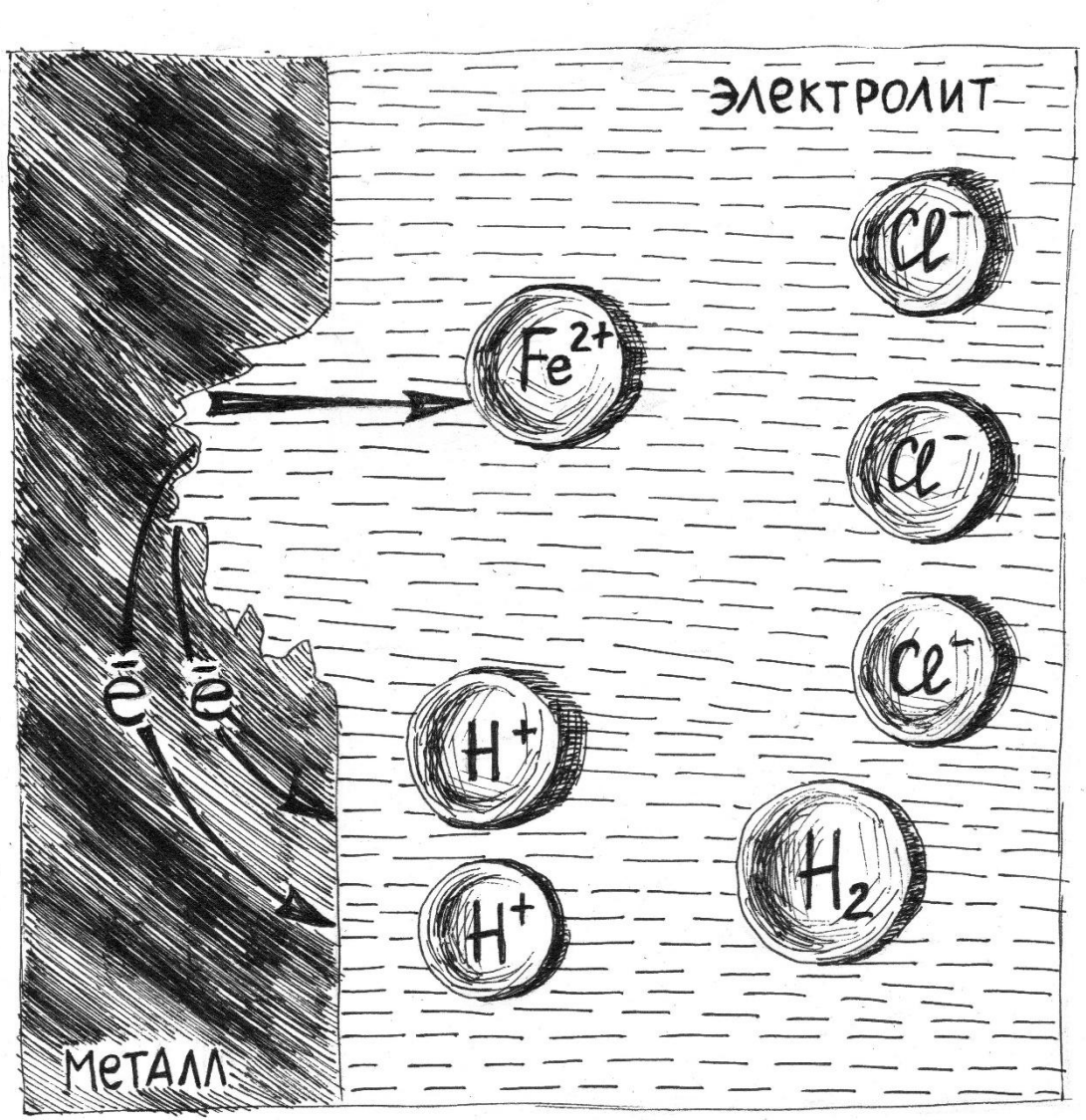
Хлорид-ион не участвует в реакции, поэтому:

$$Fe + 2H^+ \rightarrow Fe^{2+} + H_2 \qquad (2)$$

Две ***полу-реакции*** отдачи и присоединения электронов:

Реакция окисления: $Fe - 2e \rightarrow Fe^{2+}$

Реакция восстановления: $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$



evachem chemical company

Поляризация и деполяризация

Анодная поляризация - отставание отдачи ионов металла от перетекания электронов от анода к катоду. Это уменьшает отрицательный заряд анода и снижает его коррозионный потенциал.

Катодная поляризация - отставание скорости поглощения электронов от скорости их поступления на катод. Это приводит к накоплению отрицательного заряда на катоде. Катодная поляризация сдвигает потенциал металла в более отрицательную зону.

Кислородная деполяризация - кислородной деполяризации окислителем (т.е. деполяризатором) выступает кислород, растворенный в воде, поэтому такой вид деполяризации присущ системам, снабжаемым кислородом, например, коррозии наружных поверхностей металлических конструкций во влажных почвах или поверхностных водоемах.

Водородная деполяризация В агрессивных средах нефтяных промыслов (преимущественно кислых) коррозия протекает с водородной деполяризацией, то есть с выделением водорода

evachem chemical company

Пассивация

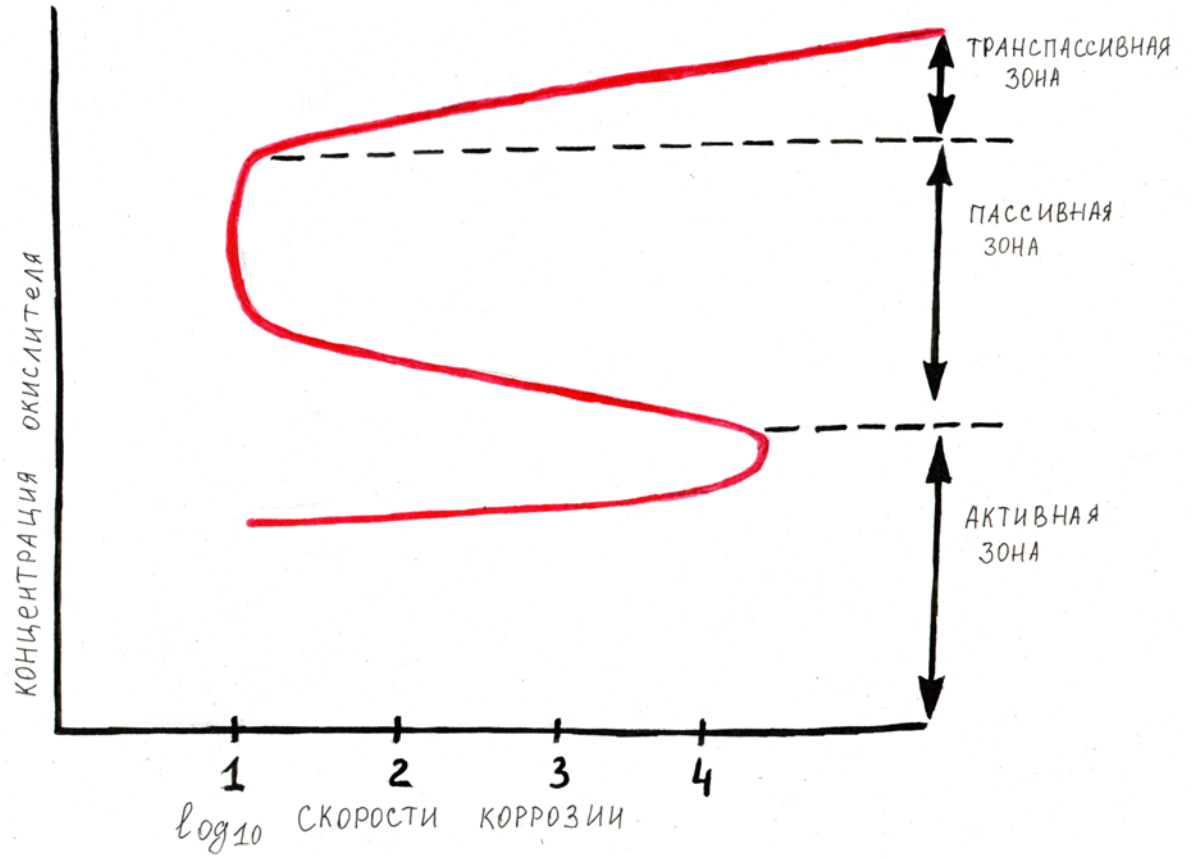
Пассивация - эффект сопротивления металлов коррозионному разрушению

Области пассивации – ***активная, пассивная*** и ***транспассивная***.

АКТИВНАЯ ОБЛАСТЬ: металл проявляет обычное поведение - скорость его коррозионного разрушения увеличивается с ростом концентрации коррозивного агента.

ПАССИВНАЯ ОБЛАСТЬ: при дальнейшем увеличении концентрации окислителя скорость коррозии начинает снижаться

ТРАНСПАССИВНАЯ ОБЛАСТЬ: при высоких концентрациях коррозивного агента, скорость коррозии вновь начинает расти



evachem chemical company

Факторы коррозии

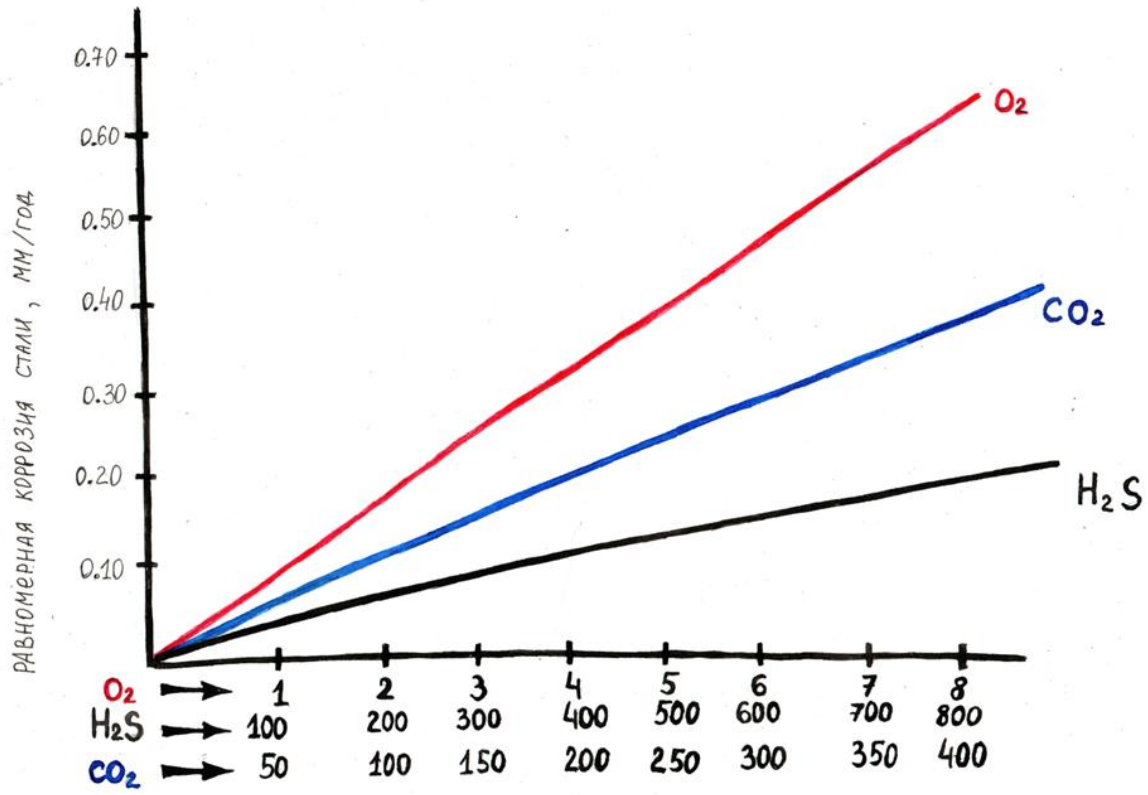
- Температура среды
- Растворенные газы
- Минерализация среды
- pH
- Скорость движения среды
- Механические примеси
- Характер движения среды
- Структура металла

evachem chemical company

Влияние парциального давления коррозивных газов (Р)

ОСНОВНОЙ ЭФФЕКТ – влияние на растворимость в воде коррозивных газов – углекислоты, сероводорода, кислорода:

при Р ↑ газы стремятся перейти из объема в жидкую фазу, следовательно скорость коррозии ↑. И наоборот.



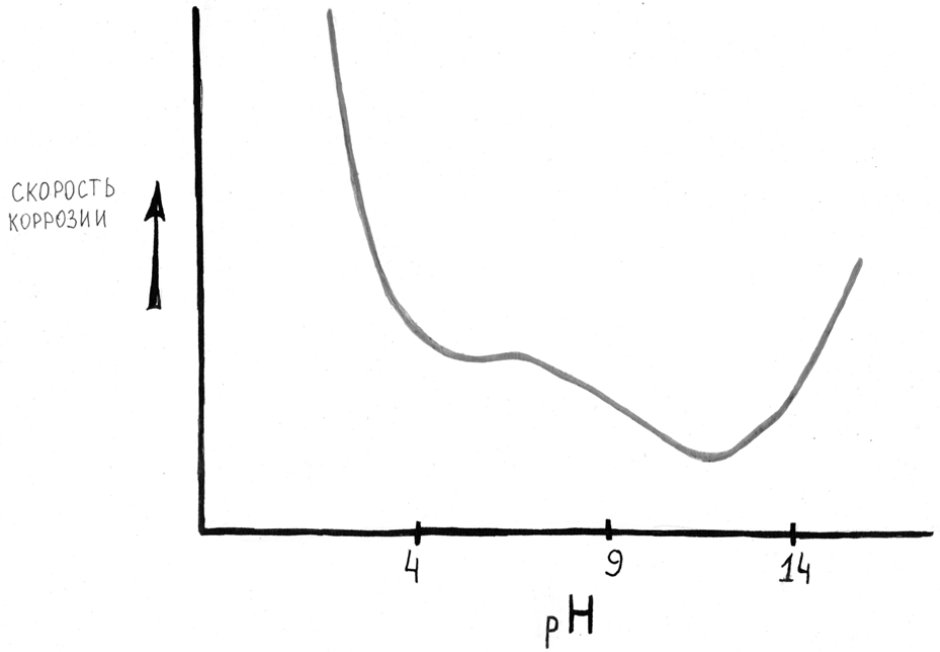
Влияние растворенных солей (С) И pH

СМЕШАННЫЙ ЭФФЕКТ!

Обычно при С ↑ скорость коррозии ↑:

- повышается проводимость электролита
- увеличивается ток коррозии в основных электрохимических ячейках

- Но иногда при С ↑ скорость коррозии ↓:
  - растворимость и коэффициент диффузии газов ↓
  - формирование защитных отложений



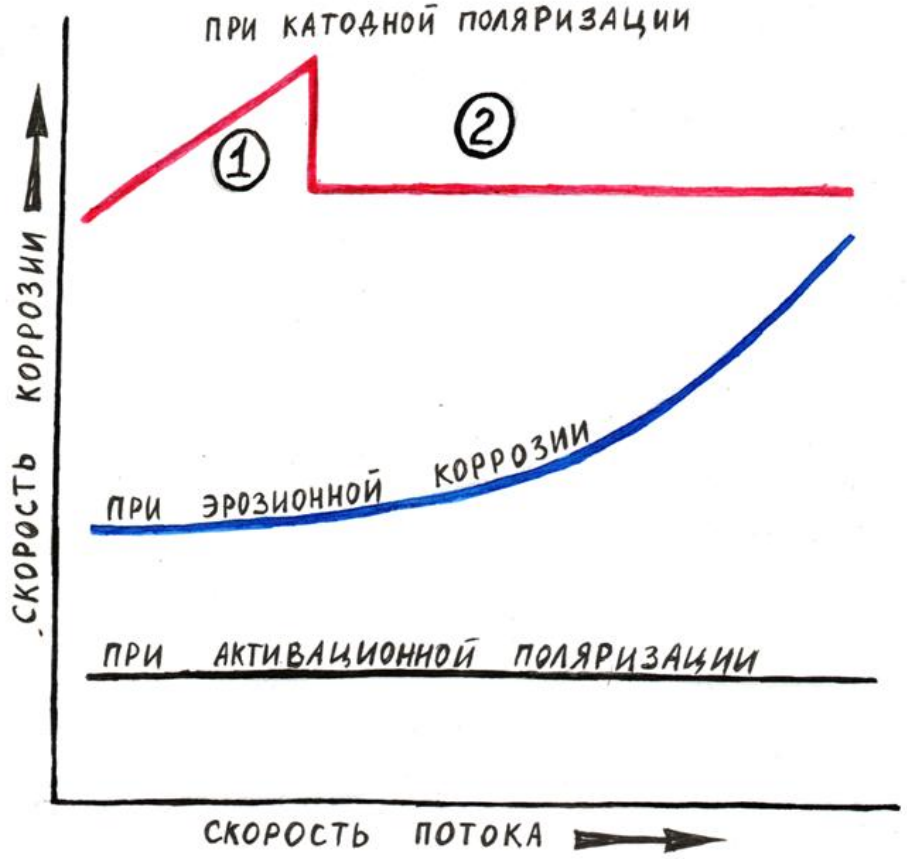
Влияние скорости потока (V)

СМЕШАННЫЙ ЭФФЕКТ!

Обычно при V ↑ скорость коррозии ↑:

- повышается проводимость электролита
- улучшается массопередача
- смывается защитная пленка продуктов коррозии
- коррозионная эрозия при наличии мехпримесей и при очень высокой V

- Но иногда при V ↓ скорость коррозии ↑:
  - растворимость и коэффициент диффузии газов ↓
  - формируются защитные пленки
  - взвешенные твердые частицы осаждаются на поверхности – коррозия под отложениями
  - бактерии образовывают биопленки в «застойных» зонах

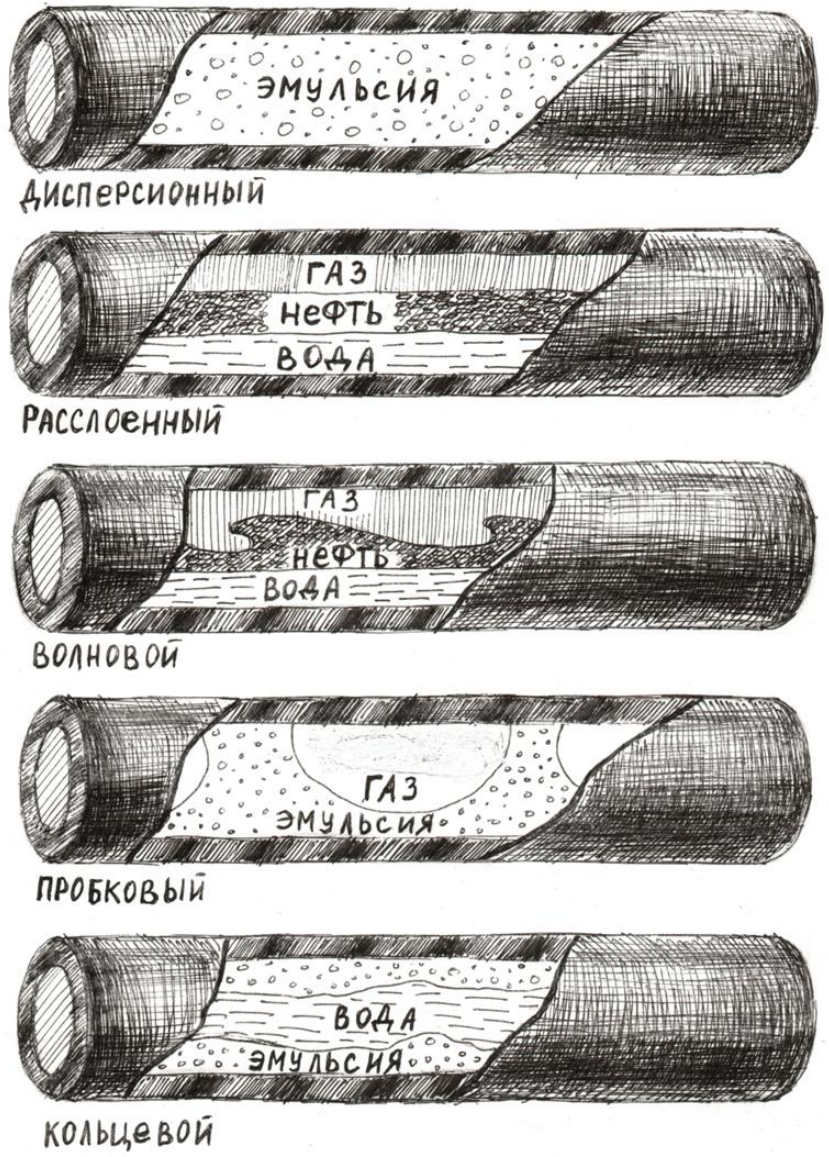




evachem
chemical company

Структура потока





Наиболее коррозионно-опасные режимы течения

Скважины: пробковый в сильно-обводненных скважинах

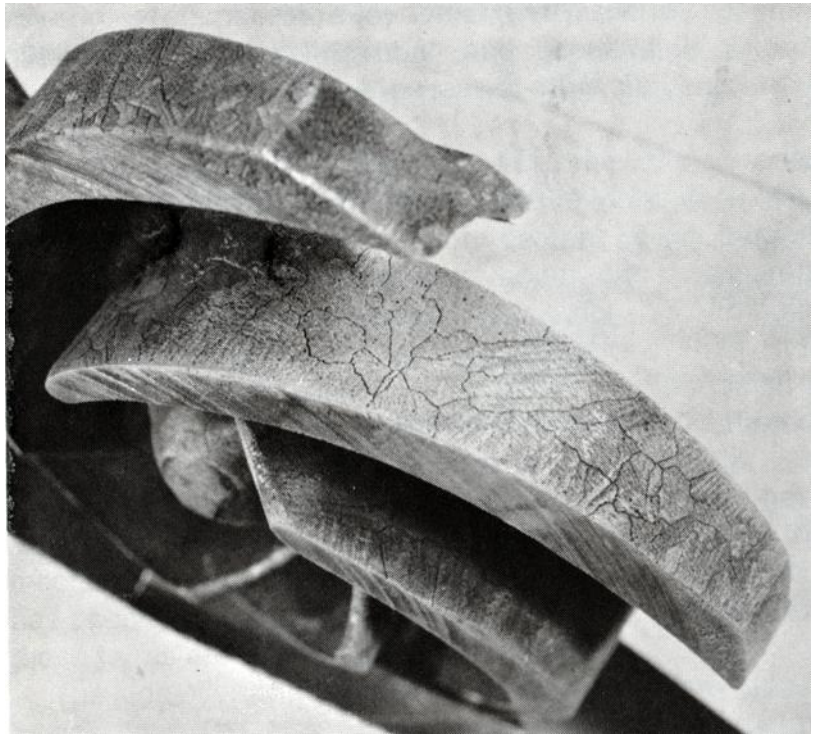
Трубопроводы: расслоеный и волновой

evachem chemical company

Структура металла

Дефекты кристаллической решетки:
точечными,
линейными
поверхностными

макро– и микро-неоднородности–
нежелательные примеси,
окалина,
местные напряжения,
механические повреждения поверхности



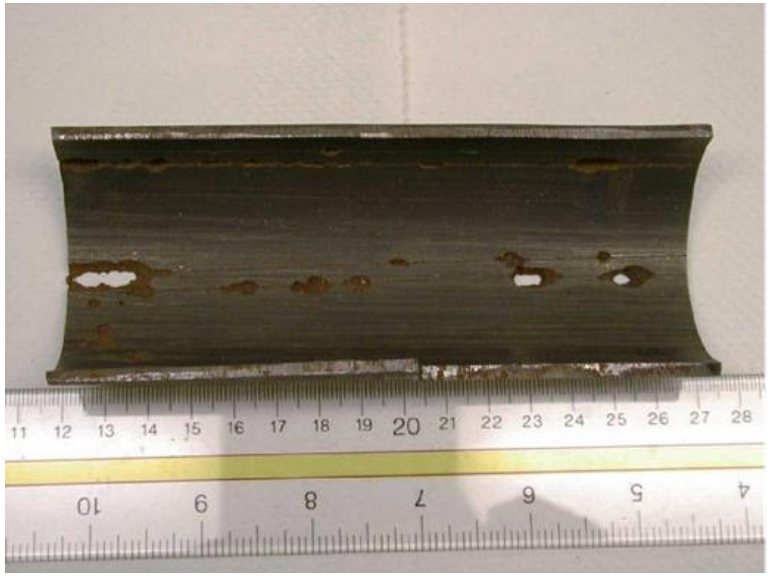
evachem
chemical company

Углекислотная коррозия

Две теории механизма выделения водорода при катодной полуреакции.

I. Катодная деполяризация контролируется ионами гидроксония H_3O^+ из объема коррозивной среды либо гидрокарбонат-ионом HCO_3^-; их поставщиком является угольная кислота H_2CO_3.

II. Другие считают, что деполяризатором выступает непосредственно угольная кислота.





Мейза-коррозия





ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ:

- Присутствие в системе растворенного углекислого газа
- Состав и структура осадков минеральных солей
- Скорость движения потока
- Химический состав коррозивной фазы
- Свойства металла – химический состав и вит термообработки.

ЧЕТЫРЕ ЭТАПА РАЗВИТИЯ:

(1) Карбонат кальция оседает на поверхности металла

(2) На участках, где карбонат кальция отслоился, образуются анодные зоны

(3) Растворение металла на анодных участках насыщает приэлектродный слой ионами железа, что способствует образованию осадков карбоната железа внутри язв и торможению коррозии

(4) Участки язв, где карбонат железа отслаивается, вновь превращаются в анодные зоны и на них образуются «язвы в язве»

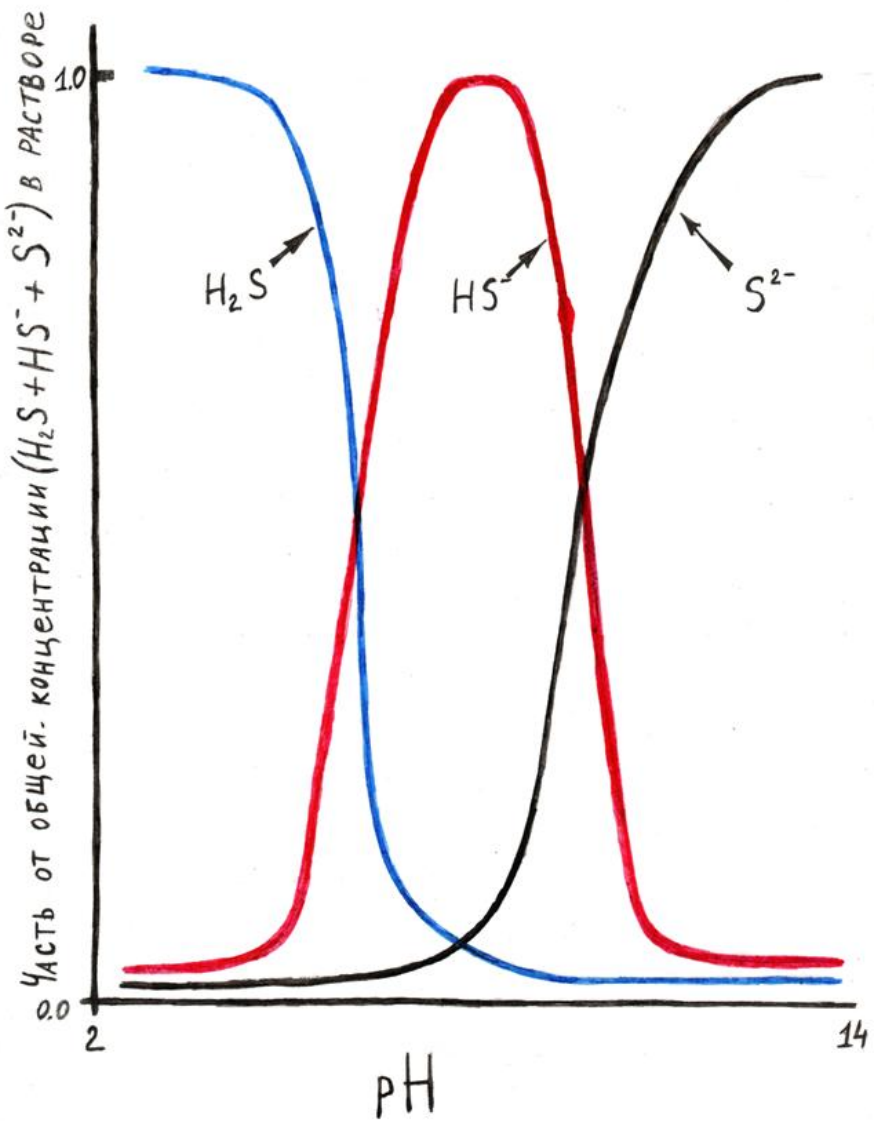
evachem chemical company

Сероводородная коррозия

Механизм сероводородной коррозии определяется особенностями диссоциации сероводорода в воде:

$$H_2S + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + HS^- \leftrightarrow S^{2-} + H_3O^+$$





Кислородная коррозия





Механизм кислородной коррозии полностью описывается ОВР, где окислителем выступает кислород, растворяя железо на анодных участках. На катодных участках образуется газообразный водород:

Реакция окисления: $Fe - 2e \rightarrow Fe^{2+}$

Реакция восстановления: $O_2 + 2H_2O + 4e \rightarrow 4OH^-$

Образование окисной пленки: $Fe^{2+} + 4OH^- \rightarrow 2Fe(OH)_2\downarrow$

Современный ингибитор коррозии

КЛАССИФИКАЦИЯ ИК
(для нефтяной промышленности):

- **Анодные**
- **Катодные**
- **Смешанные**
- **Пленочные (блокирующие)**

АКТИВНЫЕ ОСНОВЫ ПЛЕНОЧНЫХ ИК:

- имидазолины
- первичные амины
- диамины
- амидо-амины
- димеризованные амидо-амины
- четвертичные аммонивые основания
- оксиэтилированные первичные амины
- алкилпиридины
- жирные кислоты
- нафтеновая кислота
- додецилбензолсульфоновая кислота
- фосфатированные сложные эфиры этилового спирта
- другие органические кислоты

evachem chemical company

Растворимость ИК

$$L_{НВ} = \frac{C_н}{C_в} = const$$

Защищаемый объект	Режим движения коррозивной среды	Растворимость и коэффициент фазового распределения ингибитора коррозии
Добывающая скважина	Дисперсный, пробковый, кольцевой	Нефтерастворимый ($L_{НВ}$ ≥ 90) или вододиспергируемый (10<Lнв<90)
Скважина ППД	Вода 100%	Водорастворимый (10 ≥LHB)
Нефтепровод	Застойные зоны, расслоенный, волновой, пробковый	Водорастворимый (10 ≥LHB)
	Дисперсионный, кольцевой	Нефтерастворимый (LHB ≤ 90) или вододиспергируемый (10<Lнв<90)
Сепараторы и отстойники системы подготовки нефти	Малоподвижные водные скопления	Вододиспергируемый (10<Lнв<90)
Товарный и технологический резервуары	Застойные зоны в донной части	Водорастворимый (10 ≥LHB)
Водяной резервуар системы ППД	Вода 100%	Водорастворимый (10 ≥LHB)

evachem chemical company

Z и ОСК - Пример из практики

Заданы критерии эффективности:

Z не ниже 80%

ОСК не выше 0.100 мм/год.

Ингибитор коррозии	Фоновая скорость коррозии, мм/год	ОСК, мм/год	Z,%
Реагент А	0.511	0.102	80.04
	0.342	0.068	80.12
	0.095	0.019	80.00
Реагент Б	0.511	0.079	84.54
	0.342	0.079	76.90
	0.095	0.079	16.84

evachem chemical company

Ошибки при применении ИК

- Выбор точки ввода ингибитора коррозии. Защита протяженных трубопроводов
- Влияние скорости потока и присутствия механических примесей: неустойчивость защитных пленок ИК, адсорбция на твёрдых частицах
- Влияние осадков минеральных солей: адсорбция ИК, щелевая коррозия, анодные зоны
- Влияние других реагентов: совместимость и стабильность в условиях совместного дозирования

Продуктовая линейка «Эвакем Технологии» для защиты от коррозии

- ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ EVACOR
- ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ-БАКТЕРИЦИД EVACOR
- ИНГИБИТОРЫ ГАЗОВОЙ КОРРОЗИИ EVACOR GAS
- БАКТЕРИЦИДЫ EVABIO
- ПОГЛОТИТЕЛИ СЕРОВОДОРОДА EVASORB
- БЕСФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ ПОГЛОТИТЕЛИ СЕРОВОДОРОДА EVASORB FF
- ПОГЛОТИТЕЛЬ КИСЛОРОДА EVASORB OXY

evachem chemical company

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Углекислотная коррозия	Сероводородная коррозия	Кислородная коррозия	Углекислотная и сероводородная коррозия
Имидазолины	Имидазолины	Первичные амины	α-аминоспирты C8-C20
Первичные амины	высшие алифатические амины и их соли;	Неонолы	Жирные кислоты
Диамины	Этаноламины	Фосфорная кислота	Первичные алифатические амины
Амидо-амины	Диамины	Диэтиленгликоль	Изоалканы в смеси с кислотой и формальдегид-содержащими соединениями
Димеризованные амидоамины	Алкилированные полиамины	Талловое масло;	
Четвертичные аммониевые основания	Оксиды аминов	Ароматические углеводороды (Нефрас и пр.);	
Полиэтоксиалкил-диамины	Соли дициклогексиламинов и жирных кислот	Крекинг-остаток	
Алкилпиридины	Лутидин	Цинк-фосфатные соединения (для замкнутых систем)	
Полиамины	Оксихинолин		
Эфиры фосфорной кислоты	Акридин		
Бис(2-этилгексил)фосфат	Пиридин		
Карбоновые кислоты (жирные, нафтеновые)	Фосфорная кислота		
Аминокислоты и их производные			
Роданин и его производные			
Меркаптоспирты			
Моно- и диэфиры фосфорной кислоты			
N-гетероциклическая алкилфосфоновая кислота			
Глутаминовая кислота			
Декантиол			
Меркаптоспирты			