# Особенности коррозионного разрушения магистральных газопроводов под отслоившимся изоляционным покрытием

## Features of corrosion destruction of main gas lines under delaminated insulation coating

Кашковский Р.В., Ряховских И.В.
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

# Содержание

1. **Причины возникновения отслоений защитного покрытия и статистика обнаружения коррозии под отслоением**

   Causes and statistics

2. **Основные представления о механизме подпленочной коррозии**

   Corrosion mechanism

3. **Микробиологический фактор при подпленочной коррозии: особенности воздействия и способы защиты**

   Microbiological factor

4. **Реагенты с бактерицидным действием - результаты собственных исследований** (Bactericides)

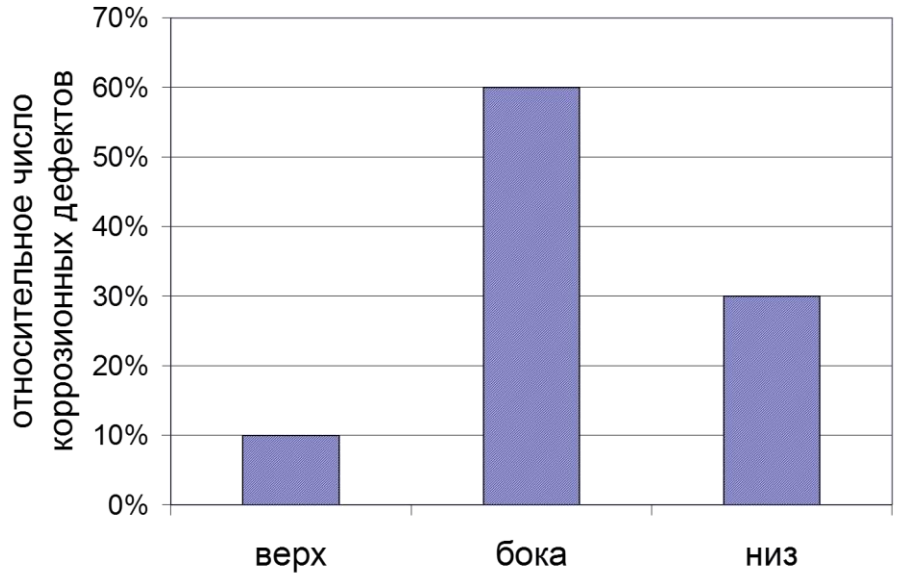
# Причины возникновения дефектов защитного покрытия

1. Низкое качество защитных покрытий и материалов
2. Некачественное нанесение грунтовки
3. Технологические ошибки нанесения защитных покрытий (особенно в зимнее время)
4. Нарушения при изоляционно-укладочных работах и засыпке трубопровода
5. Несоблюдение режимов эксплуатации системы ЭХЗ
6. Механические воздействия грунта (включ. смерзание покрытия с водонасыщенным грунтом)
7. Физико-химическое воздействие грунта и грунтового электролита

# Статистика обнаружения коррозионных дефектов под отслоившимся покрытием

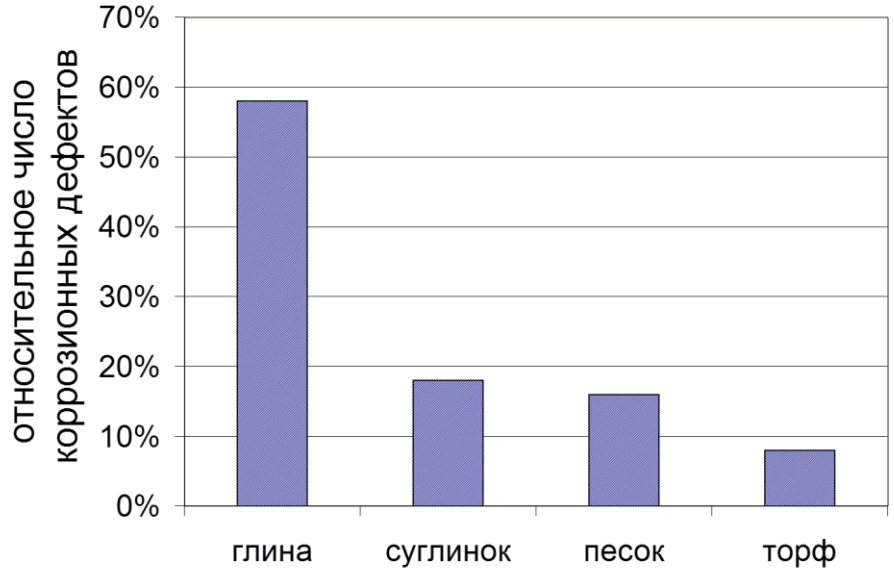
## по периметру трубы

**pipe perimeter (top, side, bottom)**




## по типа грунта

**soil type (clay, loam, sand, peat)**



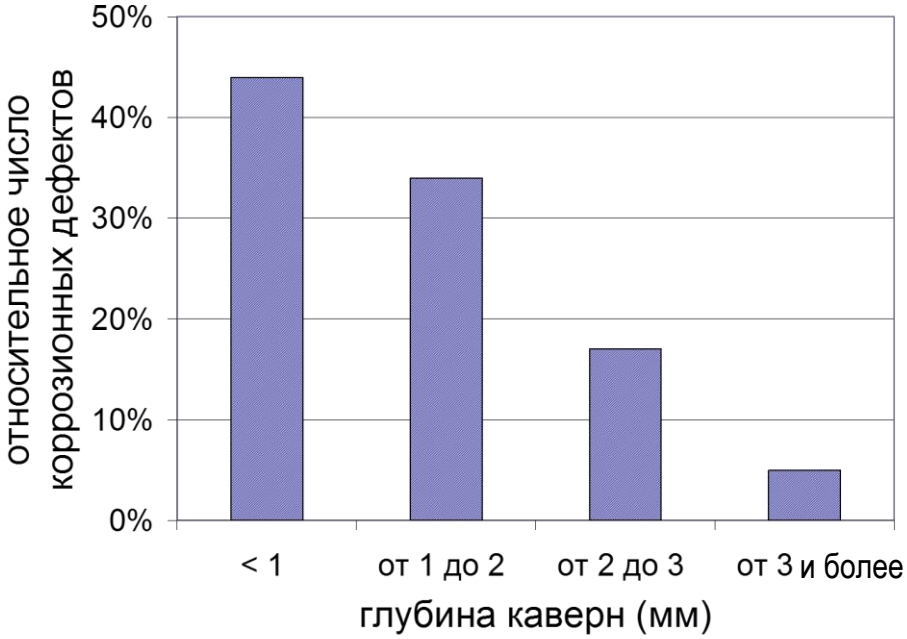

**Шамшетдинова Н.К. / дисс… канд.техн. наук. ООО «Газпром ВНИИГАЗ»**

**Shamshetdinova N.K. / PhD thesis, Gazprom VNIIGAZ LLC**

# Статистика обнаружения коррозионных дефектов под отслоившимся покрытием

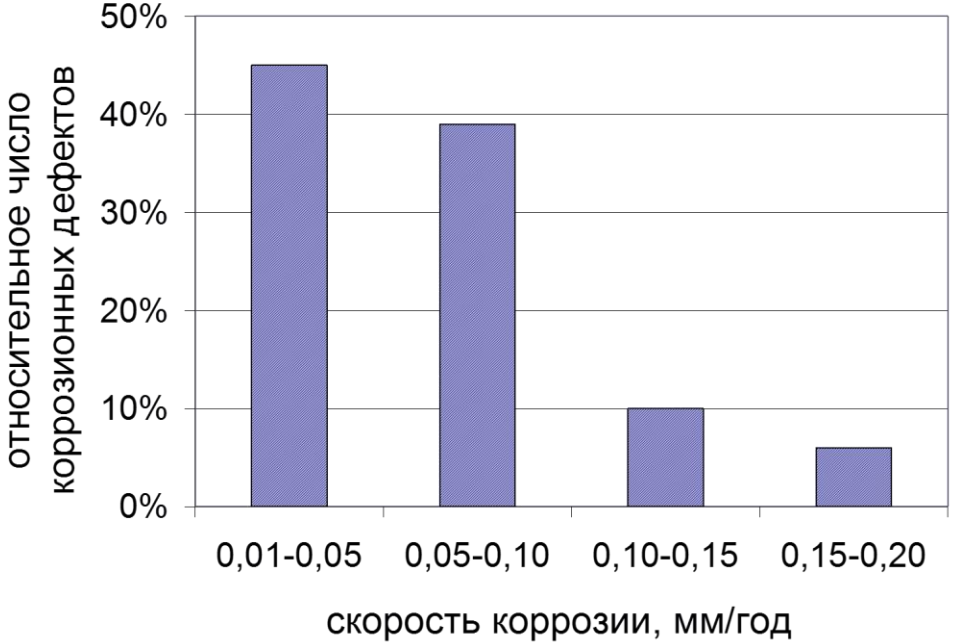
## по глубине проникновения коррозии

**corrosion depth, mm**




## по скорости коррозии

**corrosion rate, mm/y**

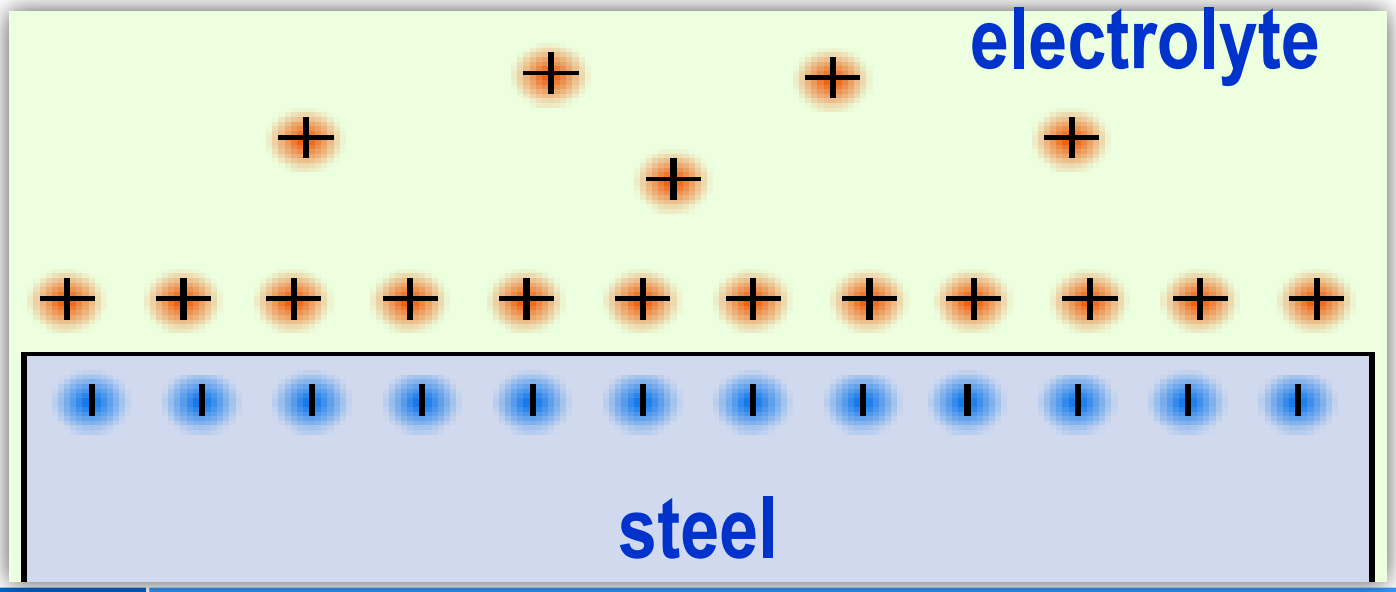



**Шамшетдинова Н.К. / дисс… канд.техн. наук. ООО «Газпром ВНИИГАЗ»**

**Shamshetdinova N.K. / PhD thesis, Gazprom VNIIGAZ LLC**

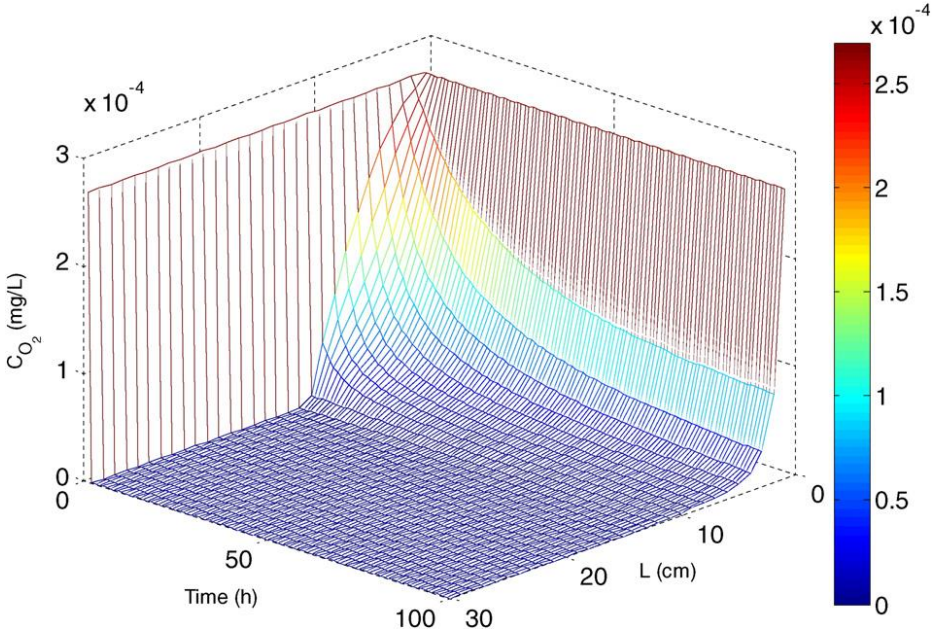
# Основные представления о механизме процесса

1. **Проникновение электролита к металлической поверхности (открытый дефект или осмос)**
   Penetration of electrolyte to the metal surface (open defect or osmosis)
2. **Образование двойного электрического слоя на границе раздела фаз металл/электролит**
   Formation of a double electric layer at the metal / electrolyte interface

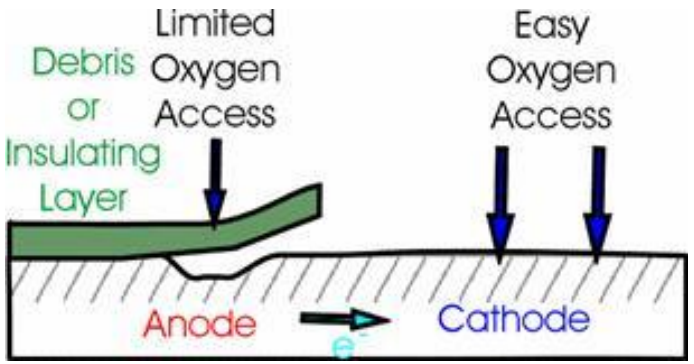


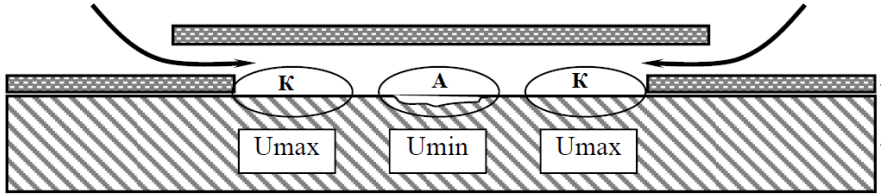
# Основные представления о механизме процесса

3. **Концентрационная поляризация, миграция ионов**
   concentration polarization
4. **Формирование внутреннего электрического поля**
   formation of internal electric field



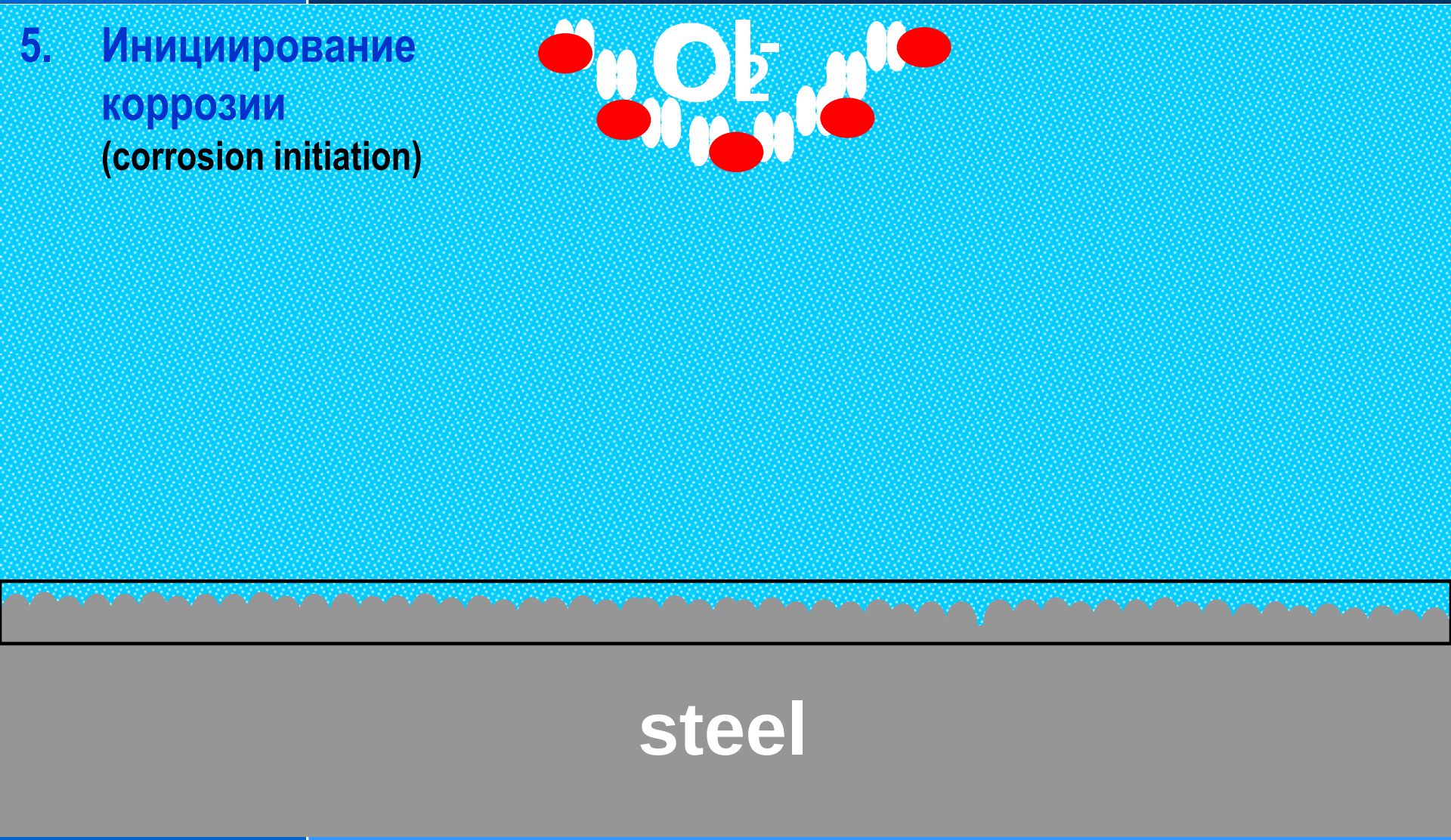

C ($O_2$)



# Основные представления о механизме процесса

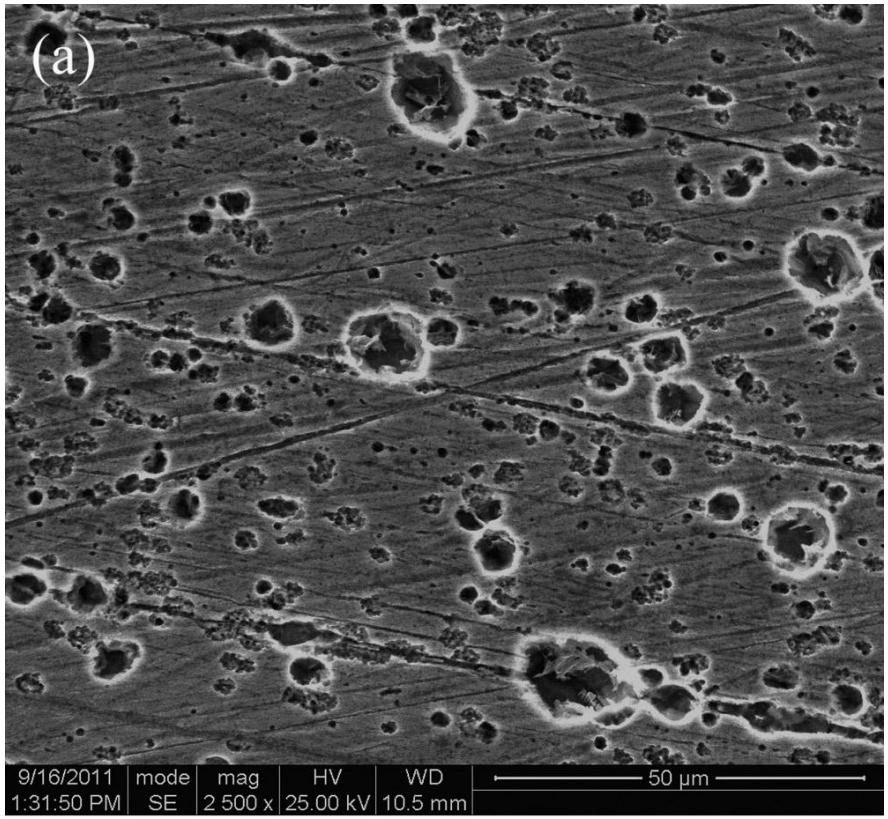
5. **Инициирование коррозии**
(corrosion initiation)



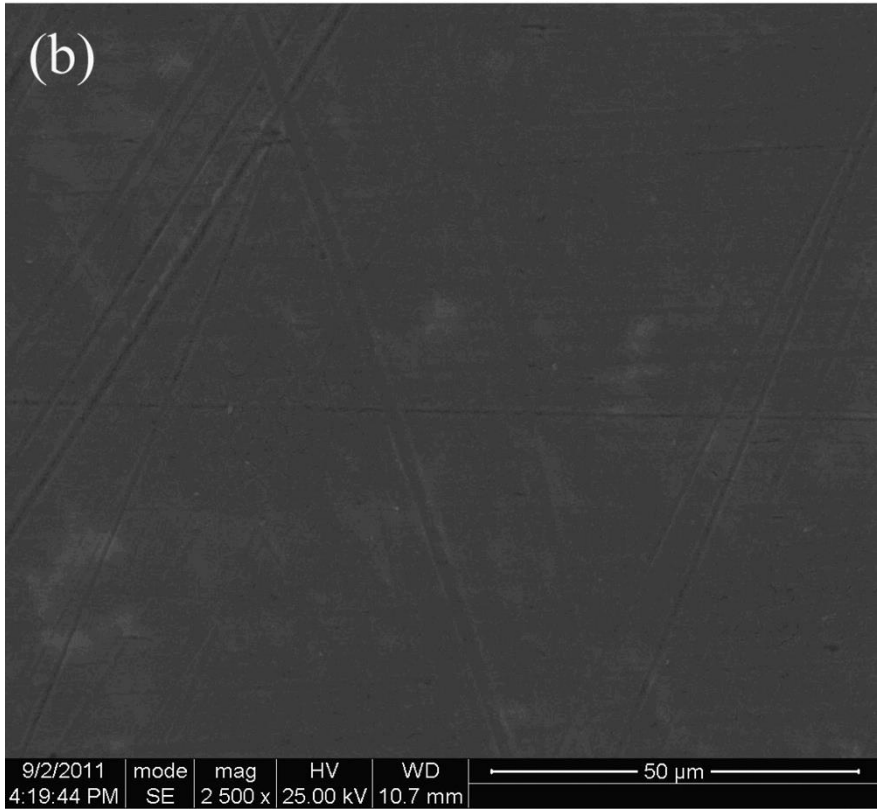
# Основные представления о механизме процесса

## 5. Инициирование коррозии (corrosion initiation)

**В присутствии СРБ (with SRB)**




**В стерильной среде (sterile)**




**после 24 сут (after 24 d)**

# Основные представления о механизме процесса

## 6. Образование гальванической коррозионной пары: катод-анод

**Formation of the galvanic anode-cathode pair**

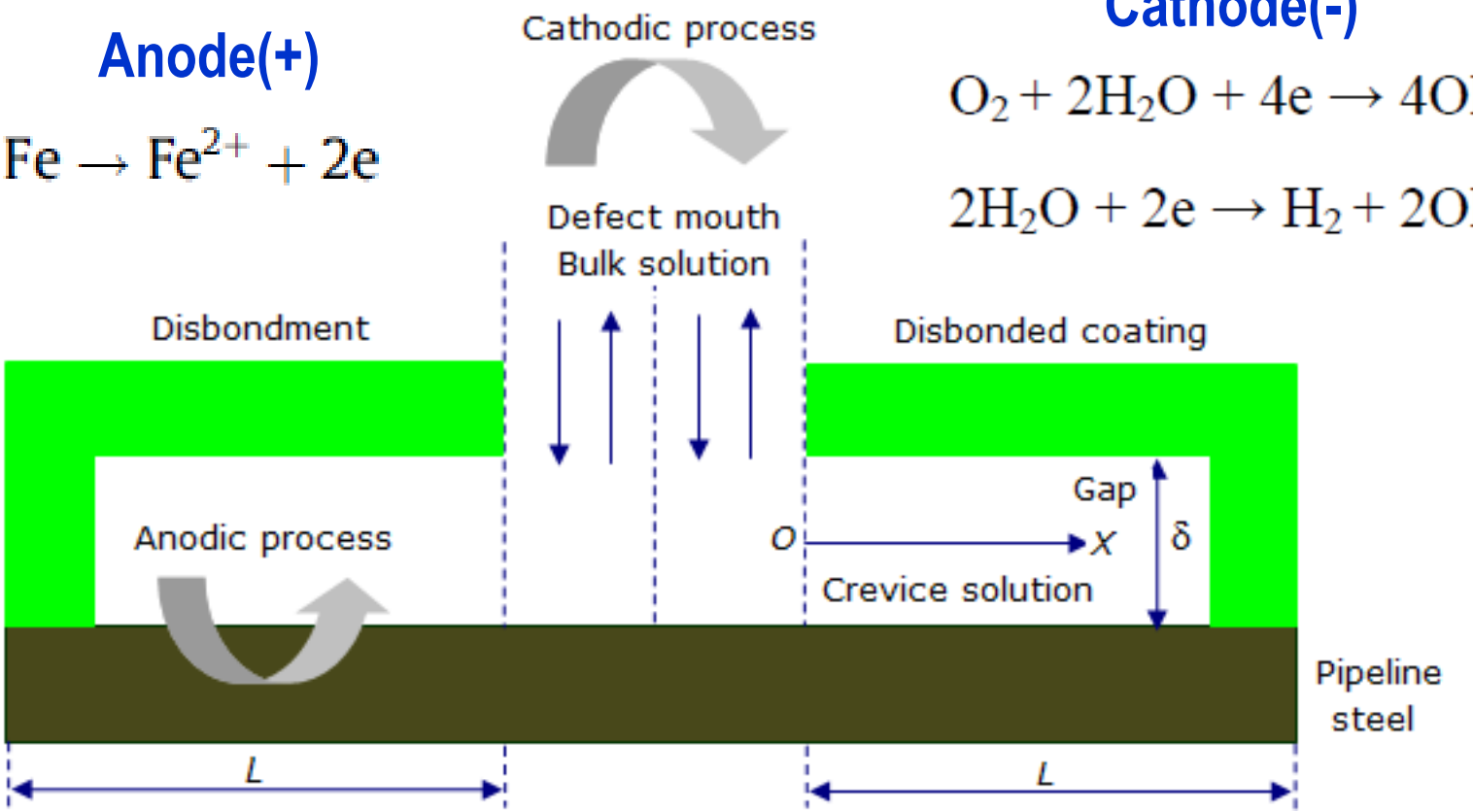
**Anode(+)**

$$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$$

**Cathode(-)**

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

$$2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$$

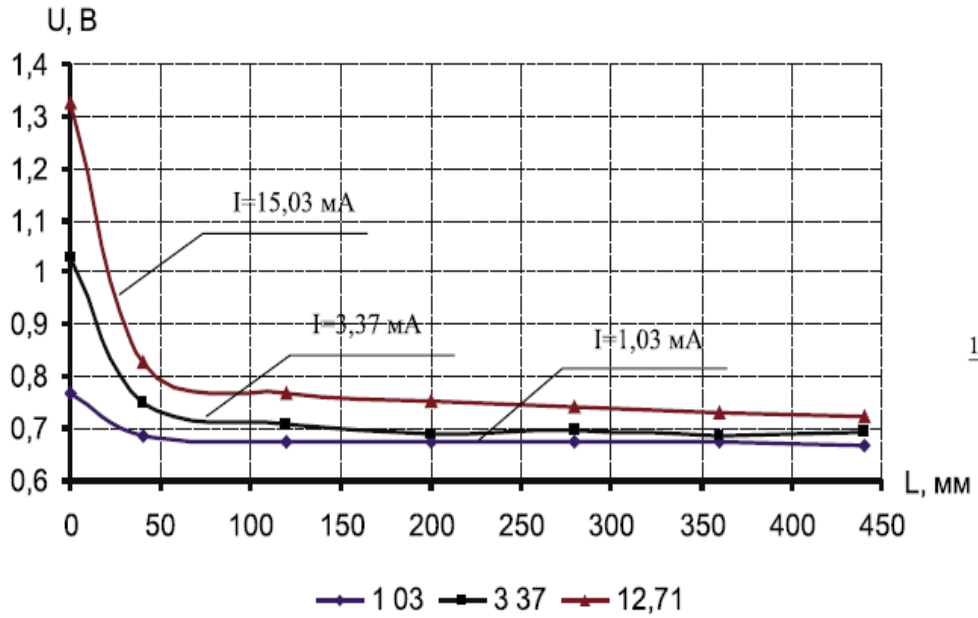


# Основные представления о механизме процесса

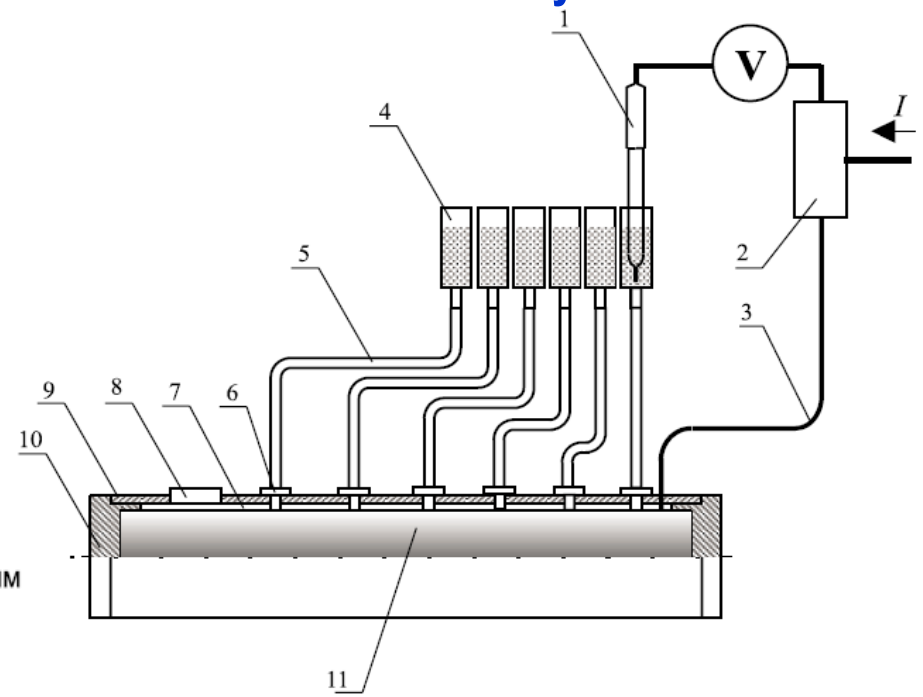
## Распределение поляризационного потенциала под отслоением покрытия

**Distribution of the polarization potential under delamination of the coating**

### Поляризационный потенциал стального образца




### Испытательная установка

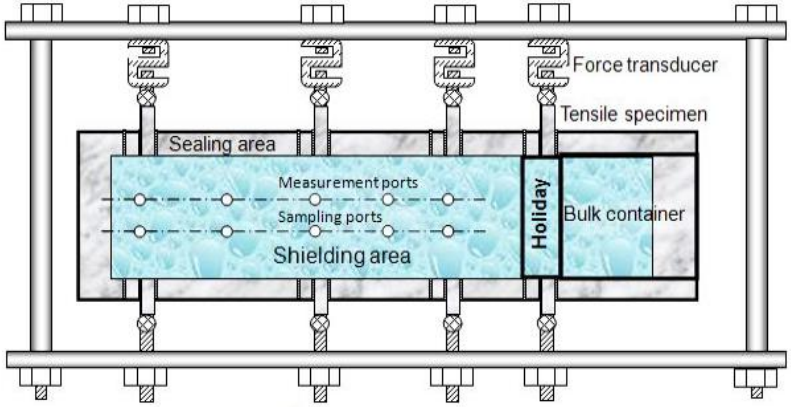



1 – электрод сравнения; 2 – коммутационный блок; 3 – питающий провод; 4 – измерительная ячейка; 5 – солевой мостик; 6 – капилляр; 7 – коррозионно-активная среда; 8 – пробка; 9 – полимерная оболочка; 10 – крышка; 11 – стальной образец

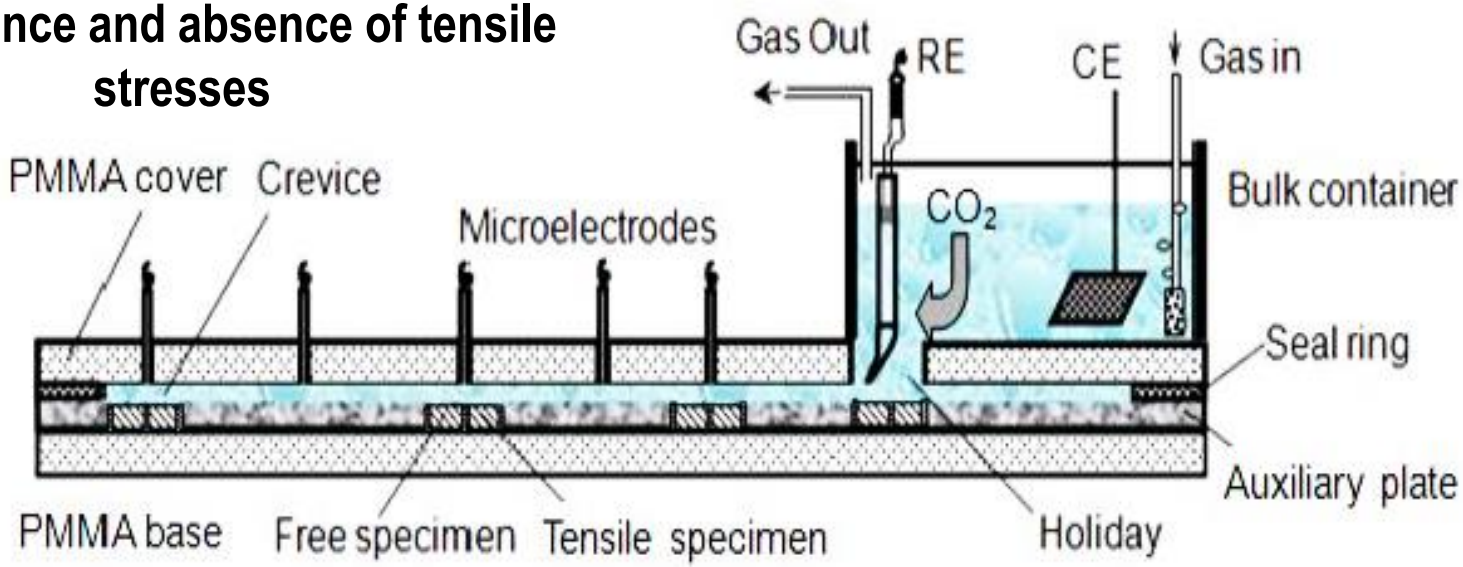
# Основные представления о механизме процесса

## Сравнение коррозионного поведения стальных образцов при наличии и отсутствии растягивающих напряжений

**corrosion behavior of steel specimens in the presence and absence of tensile stresses**

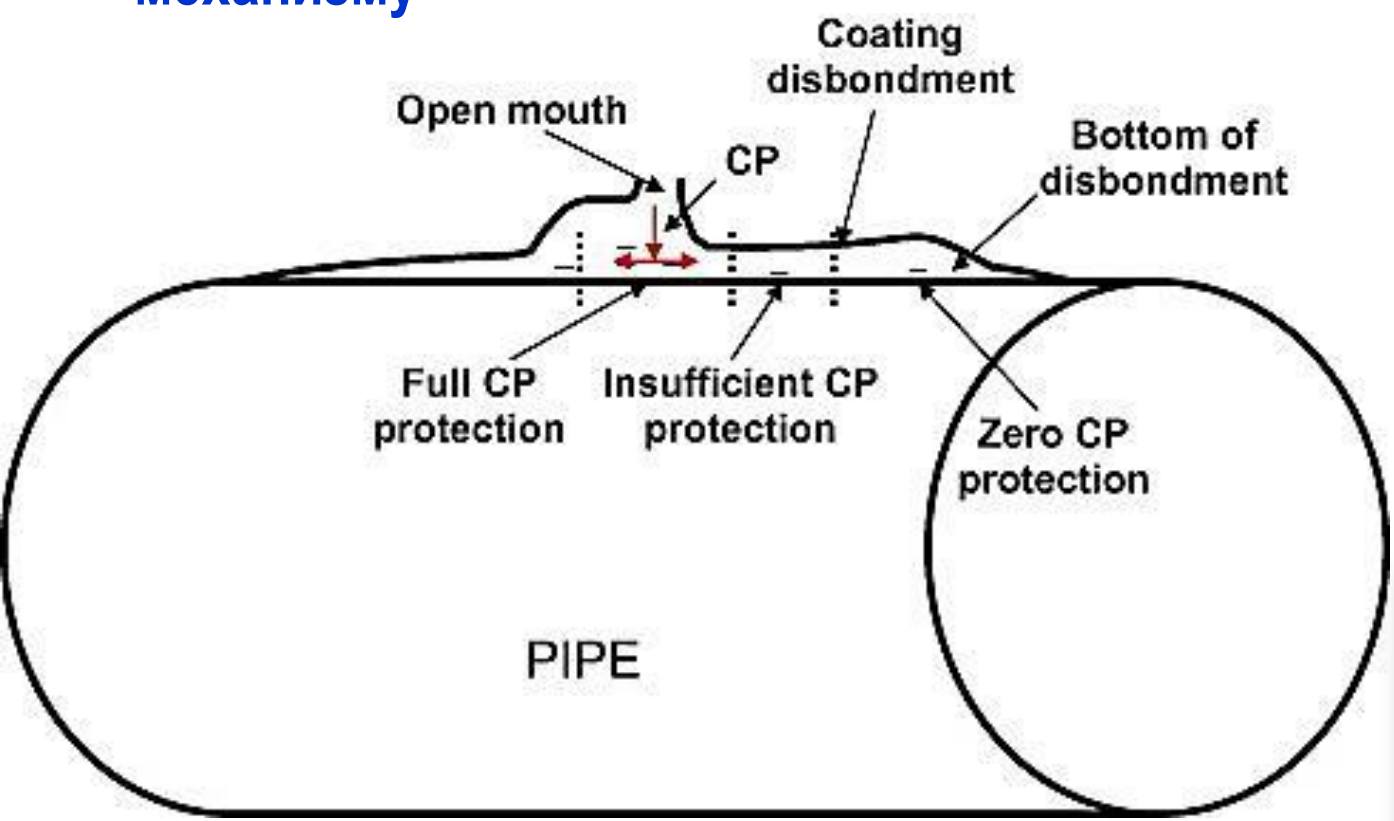


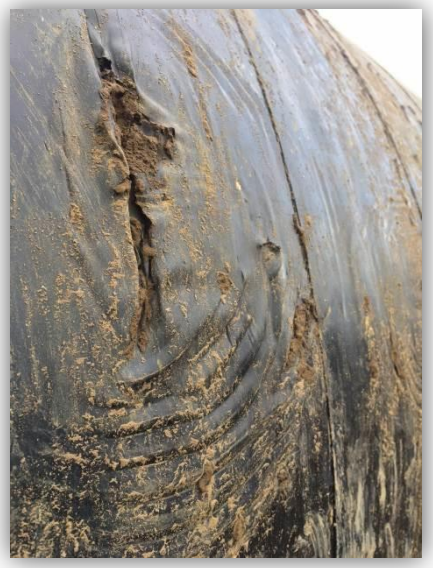

Multi-sample loading frame

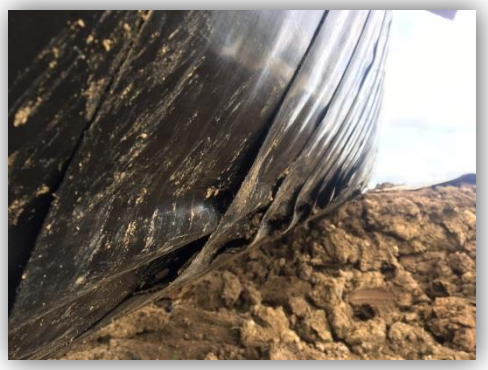


# Основные представления о механизме процесса

## 7. Дальнейшее протекание коррозии по электрохимическому механизму

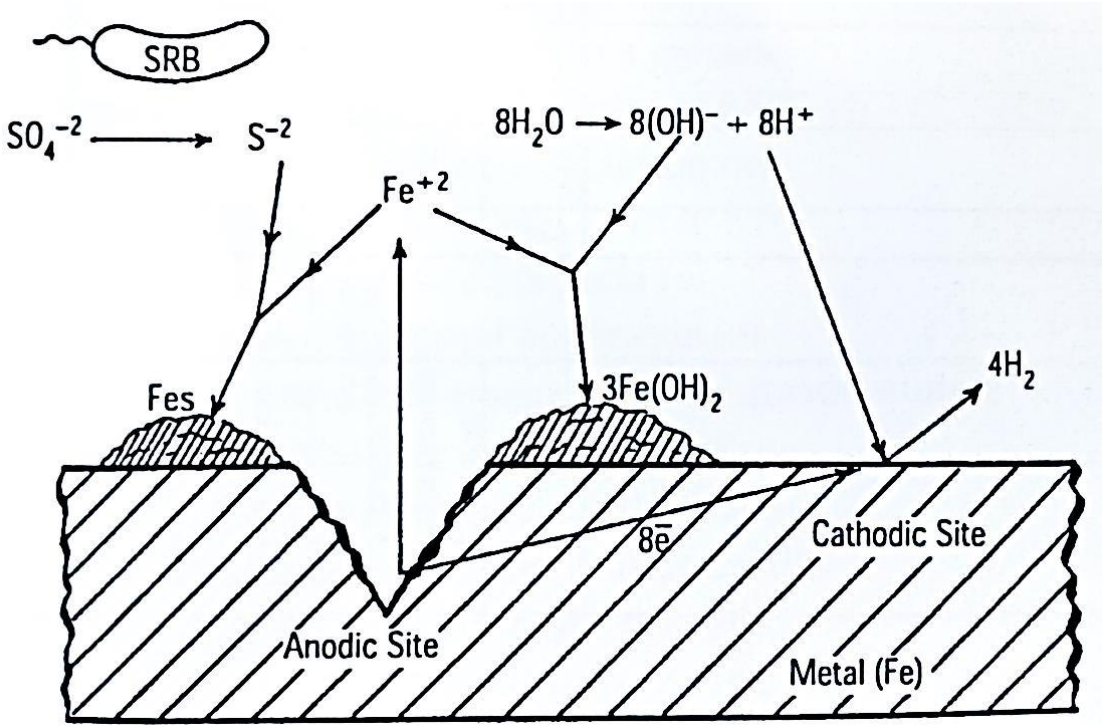


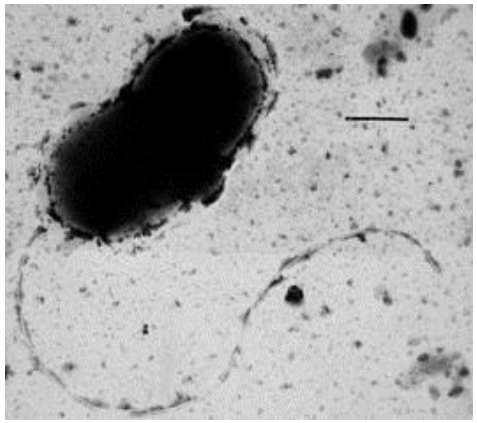



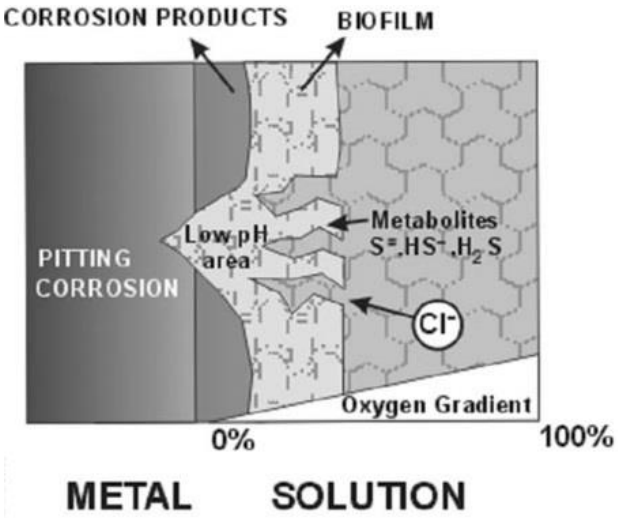


# Микробиологический фактор: особенности воздействия и защиты

$$4Fe + SO_4^{2-} + 4H_2O \rightarrow 3Fe(OH)_2 + FeS + 2OH^-$$

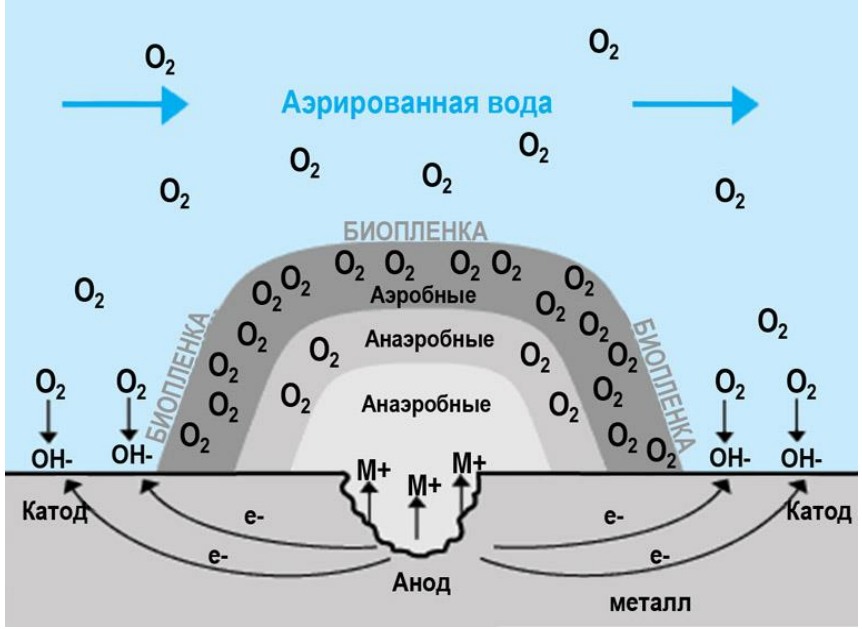


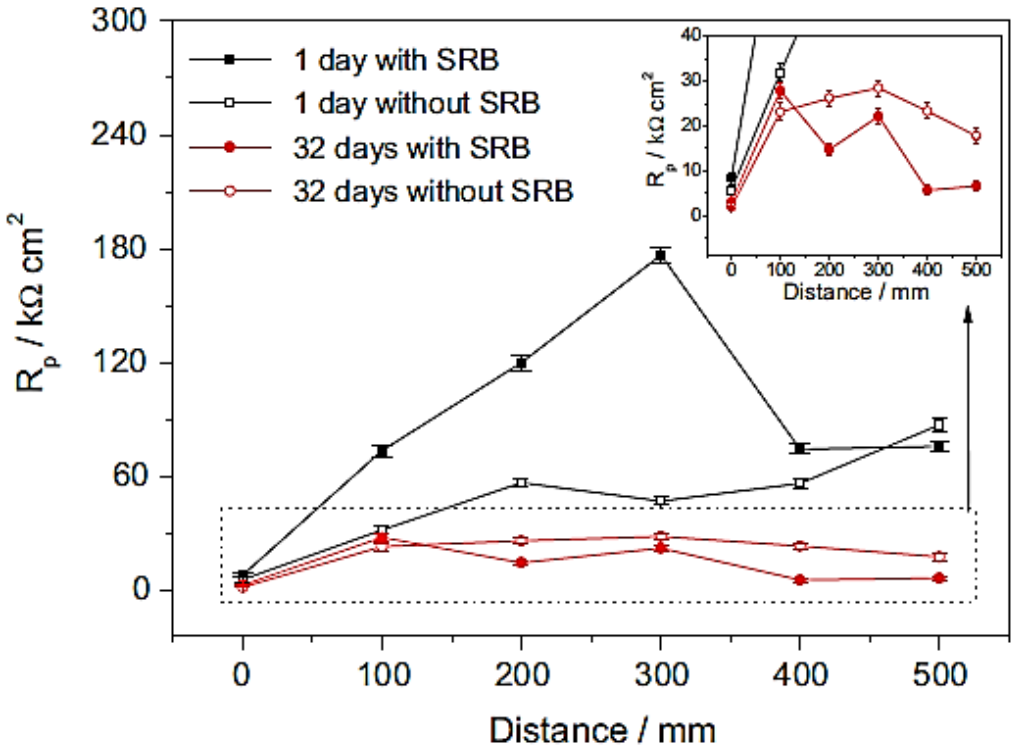






**Участие метаболитов СРБ в коррозионном процессе**

# Микробиологический фактор: особенности воздействия и защиты




**Формирование консорциумов аэробных и анаэробных бактерий**

**consortium formation**

**Поляризационное сопротивление**

**polarization resistance**

# Добавки ингибирующих композиций в покрытие

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ДЕЛАН»

ОКП 231300 Группа Л 25

СОГЛАСОВАНО
Первый заместитель начальника
Департамента ПАО «Газпром»
В.Г. Никитин
«13» января 2018 г.

УТВЕРЖДАЮ
Управляющий директор
АО «ДЕЛАН»
Макаров
«» 2018 г.

ГРУНТОВКА ТЕРМОСТОЙКАЯ БИТУМНО-ПОЛИМЕРНАЯ
«ДЕКОМ-ИНГ»
Технические условия

ТУ 2313-030-32989231-2018

(Взамен ТУ 2313-030-32989231-2015)

Срок действия с 13 ЯНВ 2018
по 13 ЯНВ 2020

РАЗРАБОТАНО
Исполнительный директор
АО «ДЕЛАН»
В.Ю. Кирсанов
«» 2018 г.

Заместитель Генерального
директора по науке
«Газпром ВНИИГАЗ»
С.В. Нефедов
2018 г.

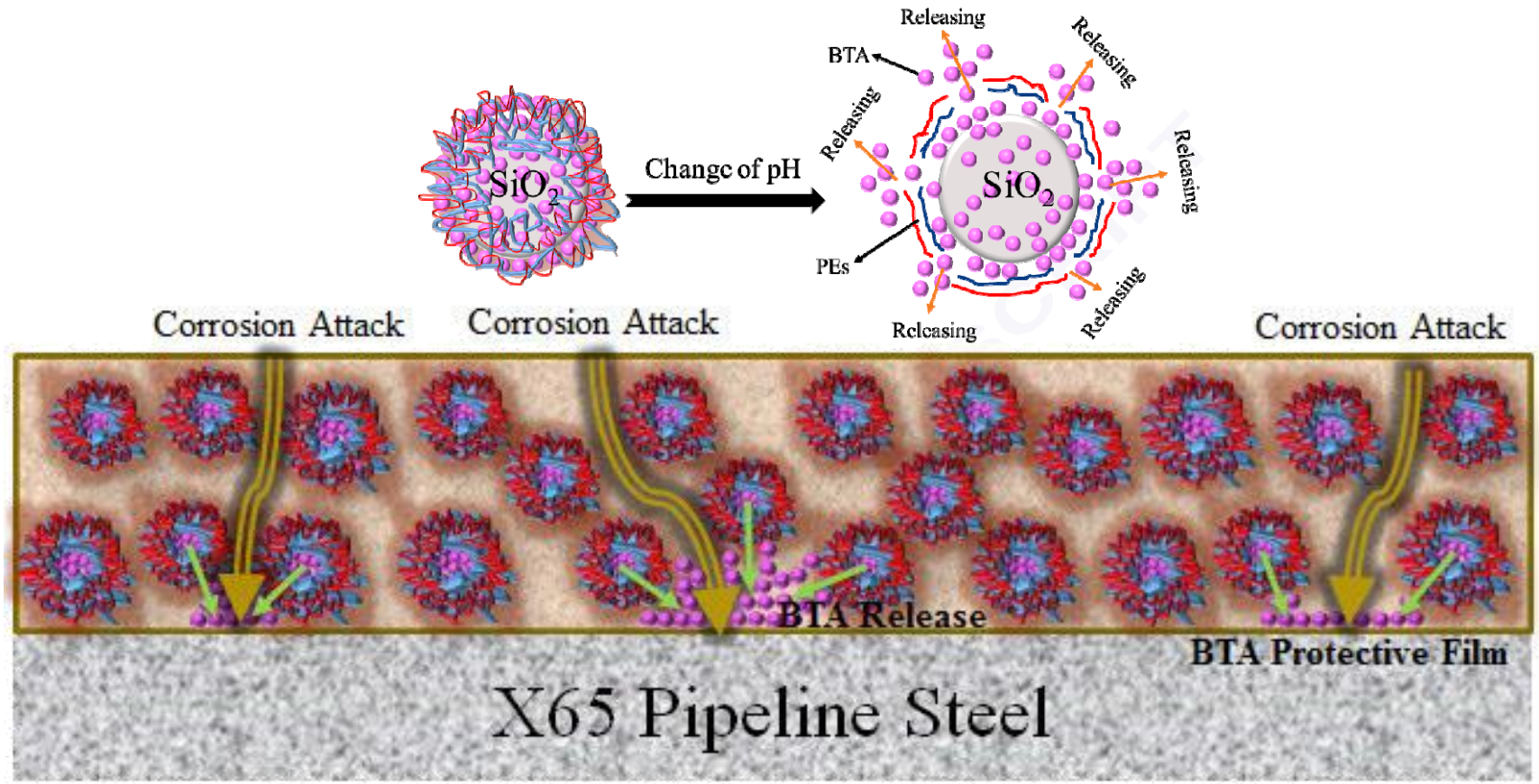
2018 г.

**Наружное защитное покрытие на основе материала «ДЕКОМ-РАМ» и битумно-полимерной грунтовки «ДЕКОМ-ИНГ» по ТУ 2313-030-32989231-2015**

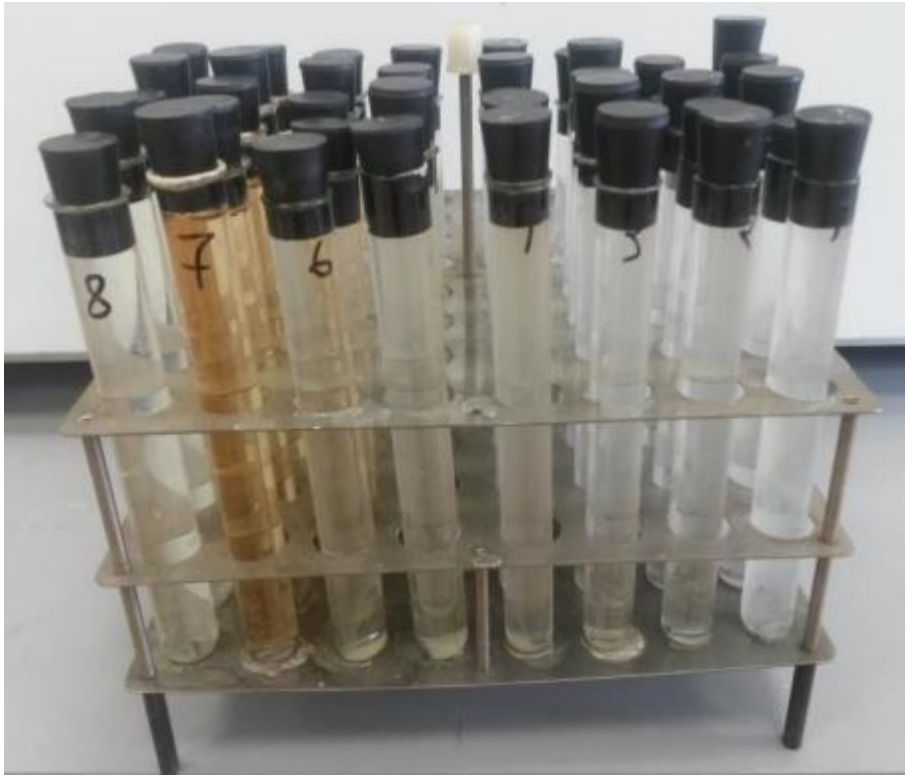
# Добавки ингибирующих композиций в покрытие

## Технологии инкапсулирования ингибитора коррозии в защитное покрытие

**Corrosion inhibitor encapsulating in a protective coating**

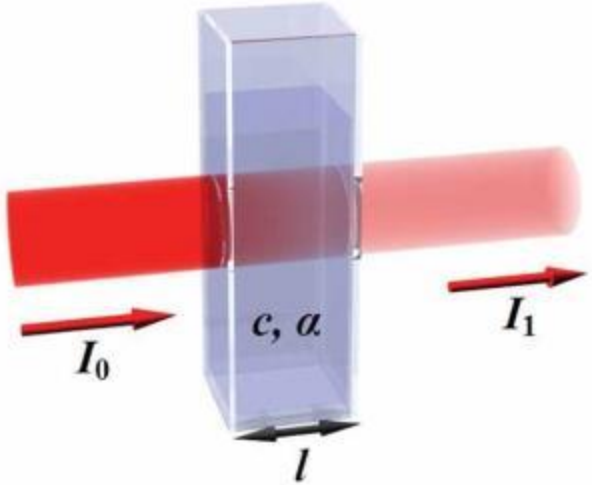


# Методика оценки противомикробной эффективности



**Серия испытательных сред**

**Series of test environments**

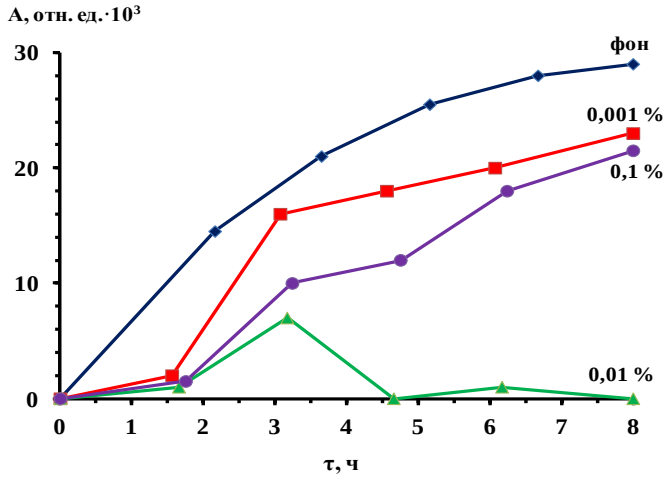


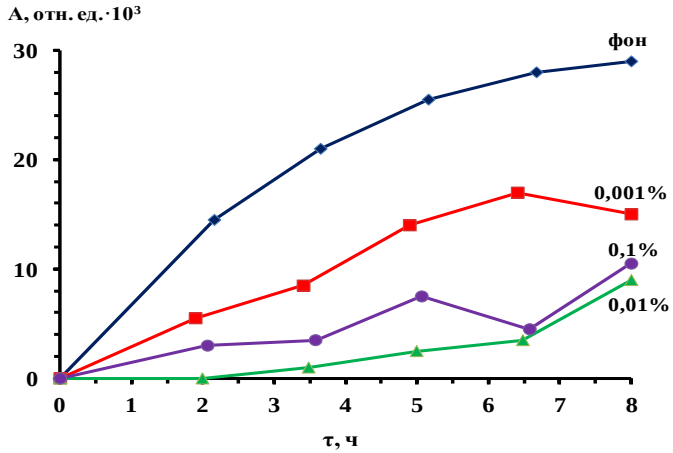
**Фотоколориметр КФК-3-01**

**Photocolorimeter**

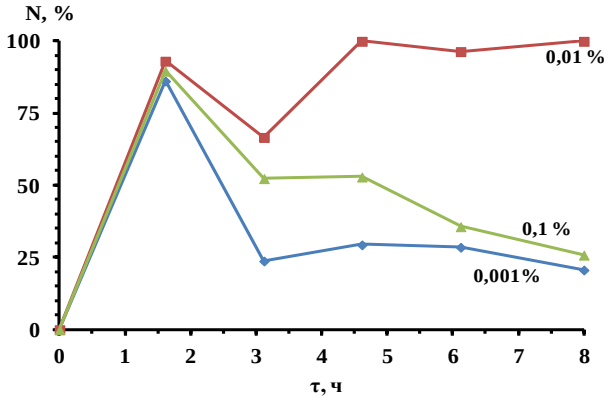
# Результаты оценки противомикробной эффективности

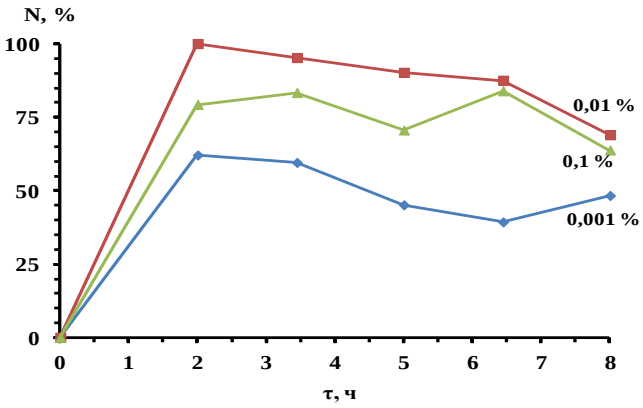
## Оптическая плотность (optical density)



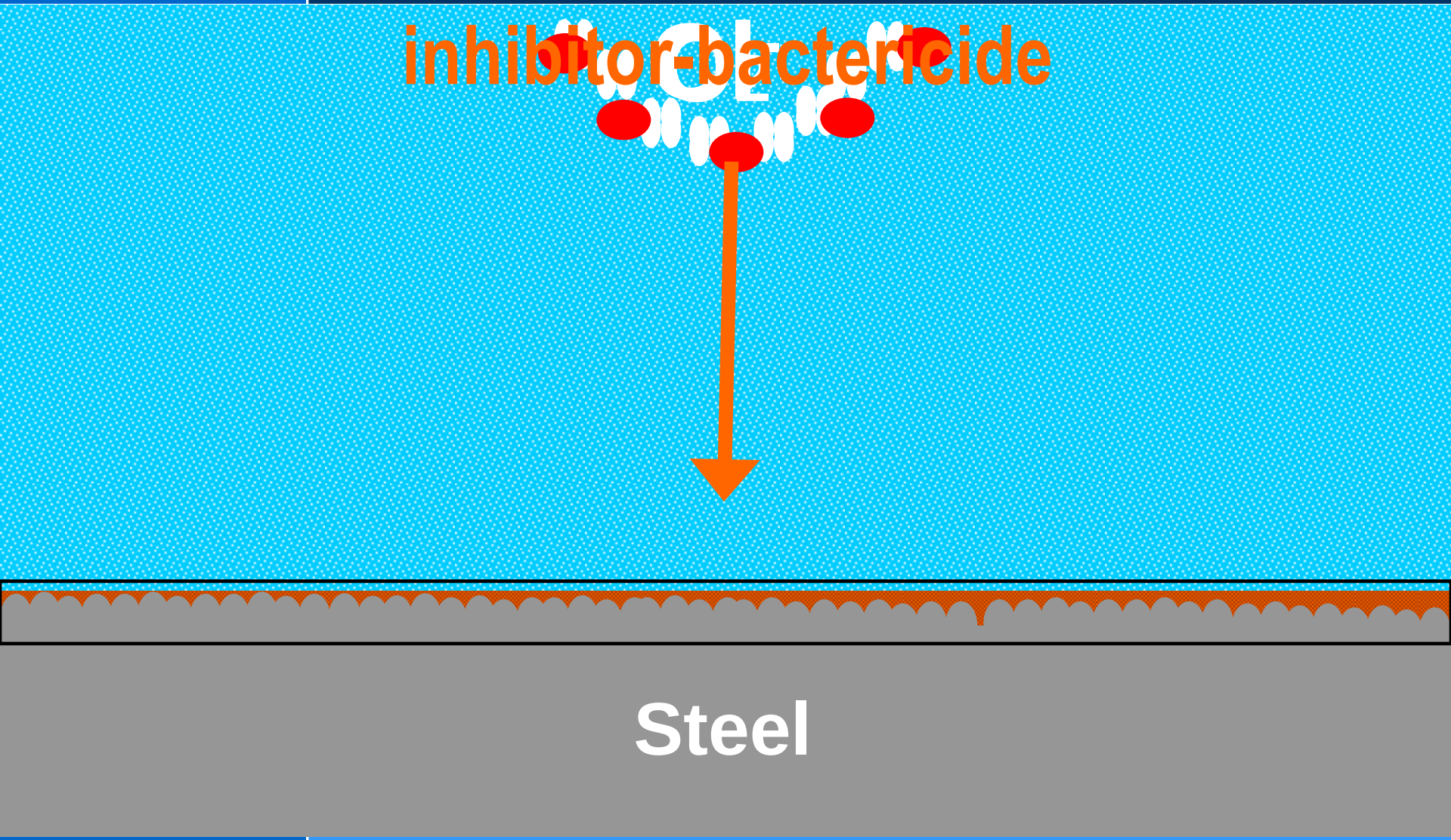




## Степень подавления роста численности СРБ (suppression of population growth)

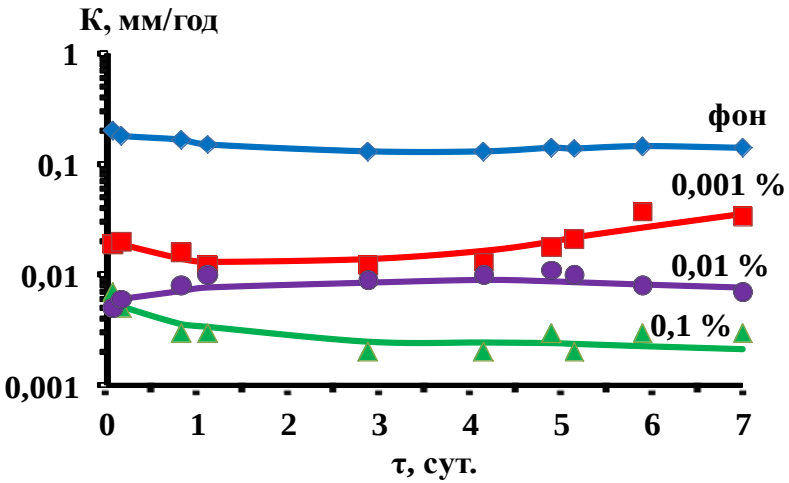


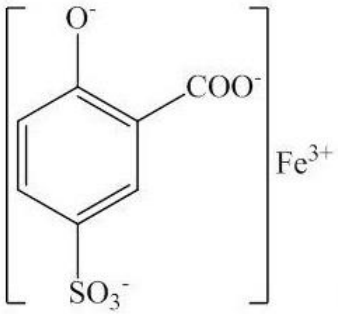
# Противокоррозионное действие



# Методики коррозионных испытаний




**Скорость общей коррозии (Linear polarization resistance)**



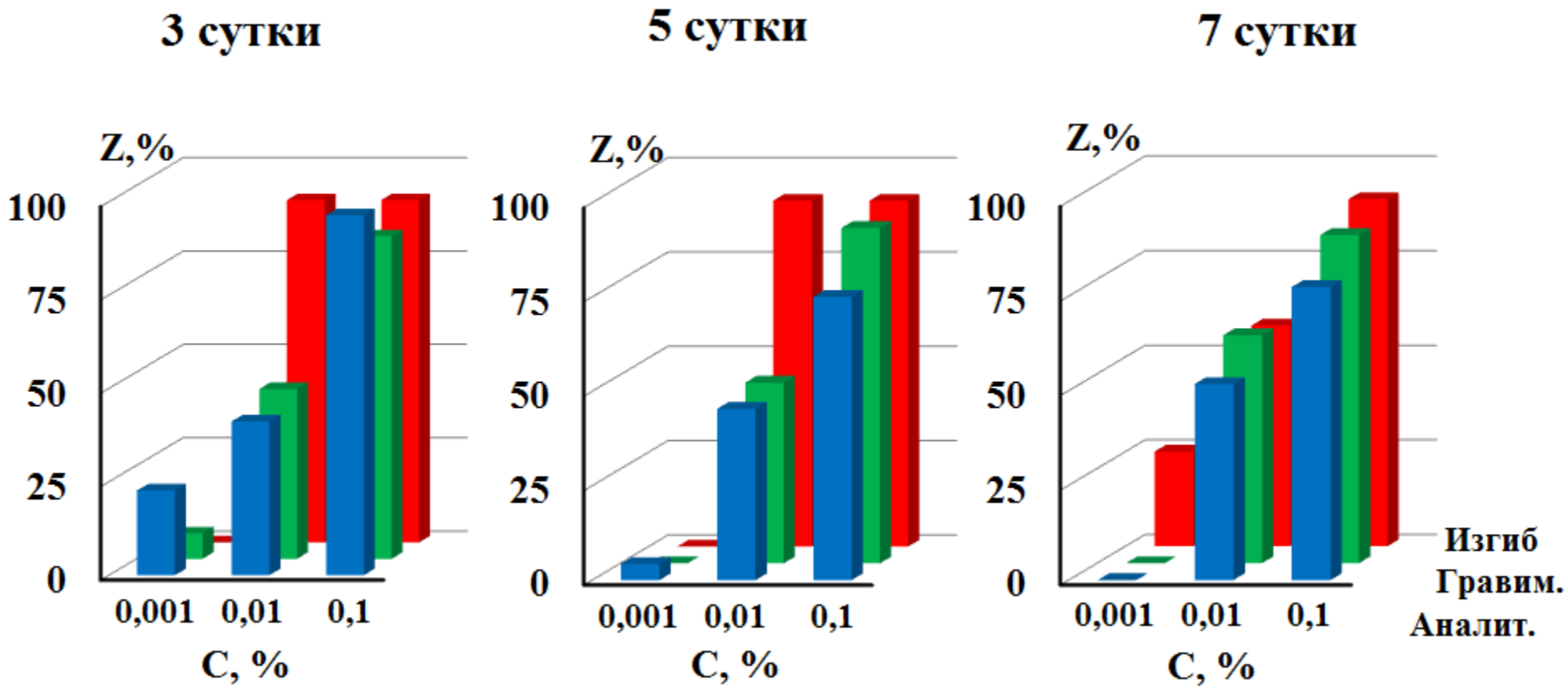

**Определение С ($Fe_{общ}$) по ГОСТ 4011**

**Estimation of the total iron content**

**Испытания на перегиб до разрушения по ГОСТ 1579**

**Bend tests**

# Эффективность защиты от коррозии



# Выводы

1. Показана актуальность и практическая значимость научно-исследовательских работ, направленных на борьбу с подпленочной коррозией стальных газопроводов;

2. Отмечена важность разработки и совершенствования технологий мониторинга и методов защиты от коррозионных разрушений под отслоением защитного покрытия МГ;

3. Представлены результаты оценки антимикробного действия добавок в защитное покрытие;

4. Разработано, апробировано и включено в «Реестр изоляционных материалов и покрытий, допущенных к применению в ПАО «Газпром», защитное покрытие с ингибирующей композиции для консервации коррозионного растрескивания под напряжением.

5.Разработаны предложения по дальнейшим научно-исследовательским работам по направлениям:

- Оценка влияния химического состава грунтового электролита на интенсивность коррозионного и стресс-коррозионного разрушения стальных труб под отслоившимся защитным покрытием.
- Совершенствование научно-методических подходов к определению характеристик грунтов, провоцирующих коррозионные разрушения на магистральных газопроводах.
- Разработка инструкции по ранжированию участков магистральных газопроводов по степени их опасности в отношении подпленочной коррозии и коррозионного растрескивания под напряжением.
- Совершенствование защитных покрытий и материалов, используемых для изоляции стальных трубопроводов (трассового и базового нанесения, ТУМ), путем применения ингибирующих композиций

ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ

# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ