

Коррозия под отслоением защитного покрытия магистральных газопроводов: механизмы, закономерности и профилактика

**Кашковский Р.В.
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»**

- 1. Термины и определения**
- 2. Коррозия: виды разрушений и методы защиты**
- 3. Защитные покрытия: классификация, свойства, дефекты**
- 4. Коррозия стали под отслоением защитного покрытия**
 - 4.1. Механизм процесса**
 - 4.2. Основные закономерности проявления и протекания**
 - 4.3. Опыт профилактики**

Коррозия – это самопроизвольное разрушение металлов и сплавов в результате химического, электрохимического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой

Щелевая коррозия – усиление коррозии в щелях и зазорах между двумя металлами, а также в местах неплотного контакта металла с неметаллическим коррозионно-инертным материалом

Подпленочная коррозия – электрохимическое растворение металла трубы на участке нарушения адгезионных свойств изоляционного покрытия (Р Газпром 9.4-013-2011)

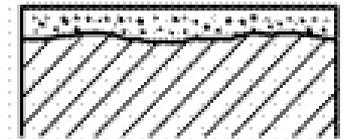
Адгезия – взаимодействие между разнородными конденсированными телами при их молекулярном контакте

Защитное покрытие – покрытие, механически изолирующее металл от воздействия коррозионной среды

Дефект защитного покрытия – нарушение электрических и адгезионных свойств наружного изоляционного покрытия газопровода, обеспечивающее контакт металла трубы с окружающей средой

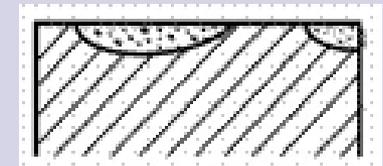
Виды коррозионного разрушения

Равномерная коррозия распространяется равномерно по поверхности трубы

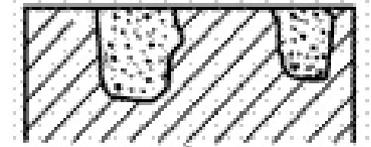


Неравномерная коррозия распространяется по поверхности металла с различной скоростью

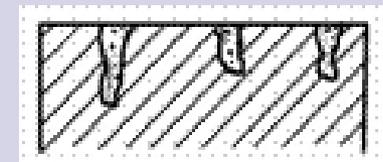
Коррозия пятнами.
Ø поражения > глубина



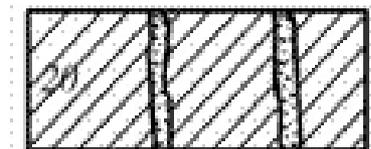
Коррозия язвами.
Ø поражения ≈ глубина



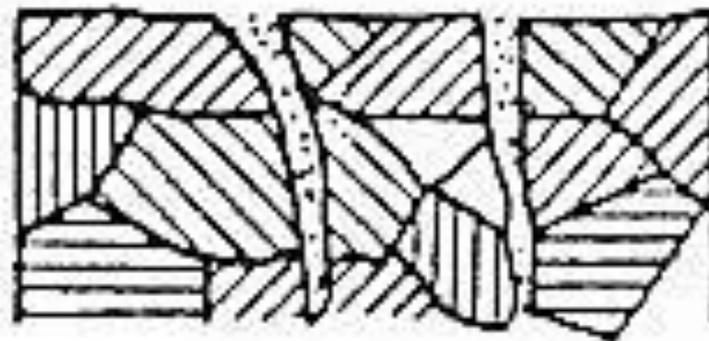
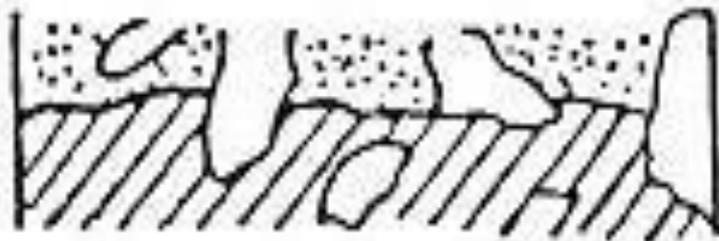
Питтинговая коррозия.
Ø поражения < глубина



Сквозная коррозия

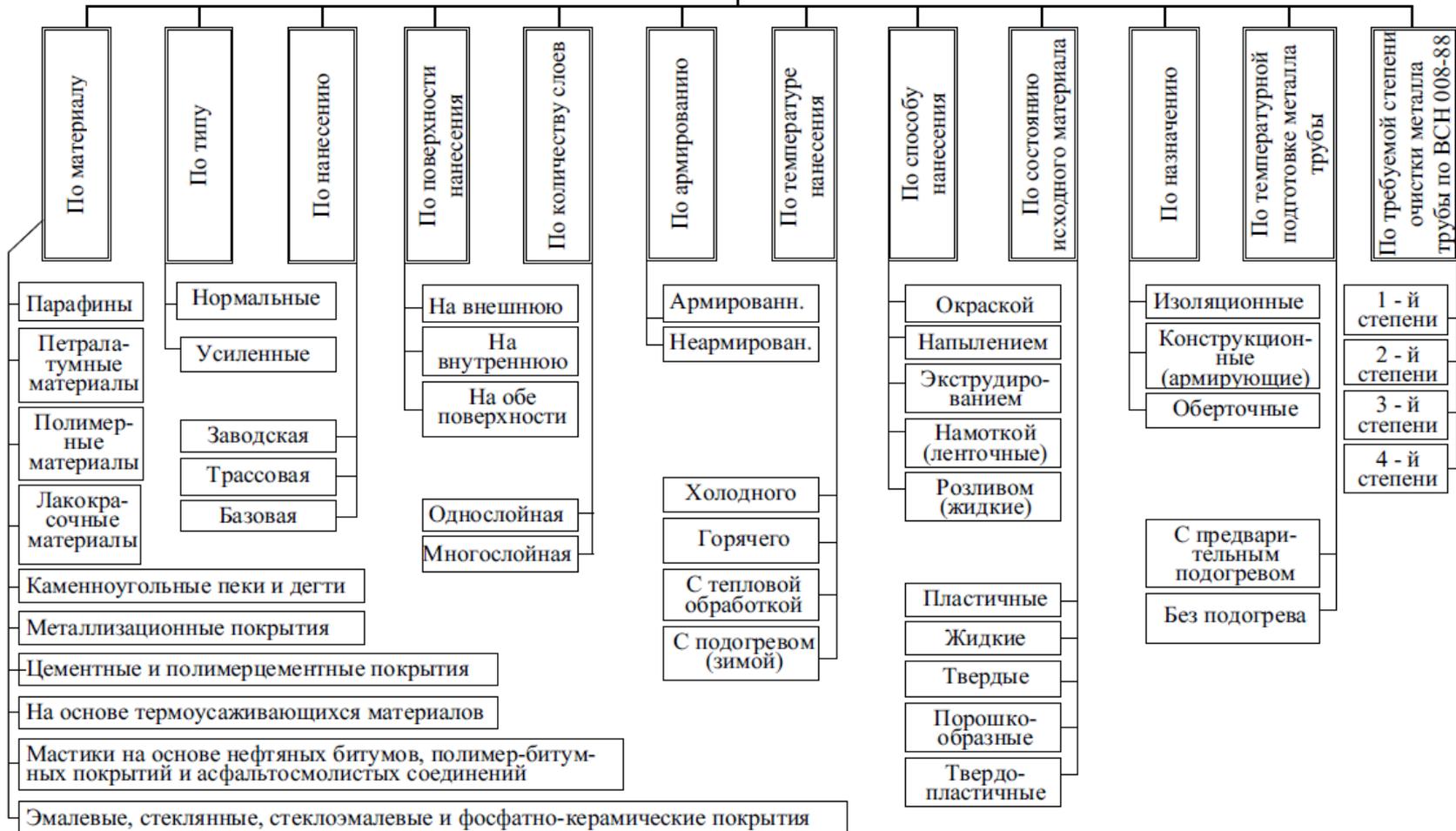


Избирательная коррозия

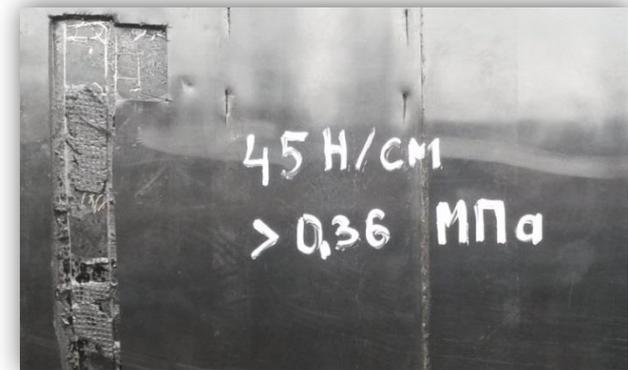




Классификация изоляционных покрытий трубопроводов



1. Водонепроницаемость
2. Высокая сила адгезии
3. Сплошность
4. Химическая стойкость
5. Механическая прочность
6. Диэлектрические свойства
7. Электрохимическая нейтральность



8. Термостойкость (температура размягчения и температура наступления хрупкости)
9. Отсутствие коррозионного и химического воздействия на защищаемый объект
10. Наличие возможности механизации процесса нанесения
11. Недефицитность
12. Экономичность



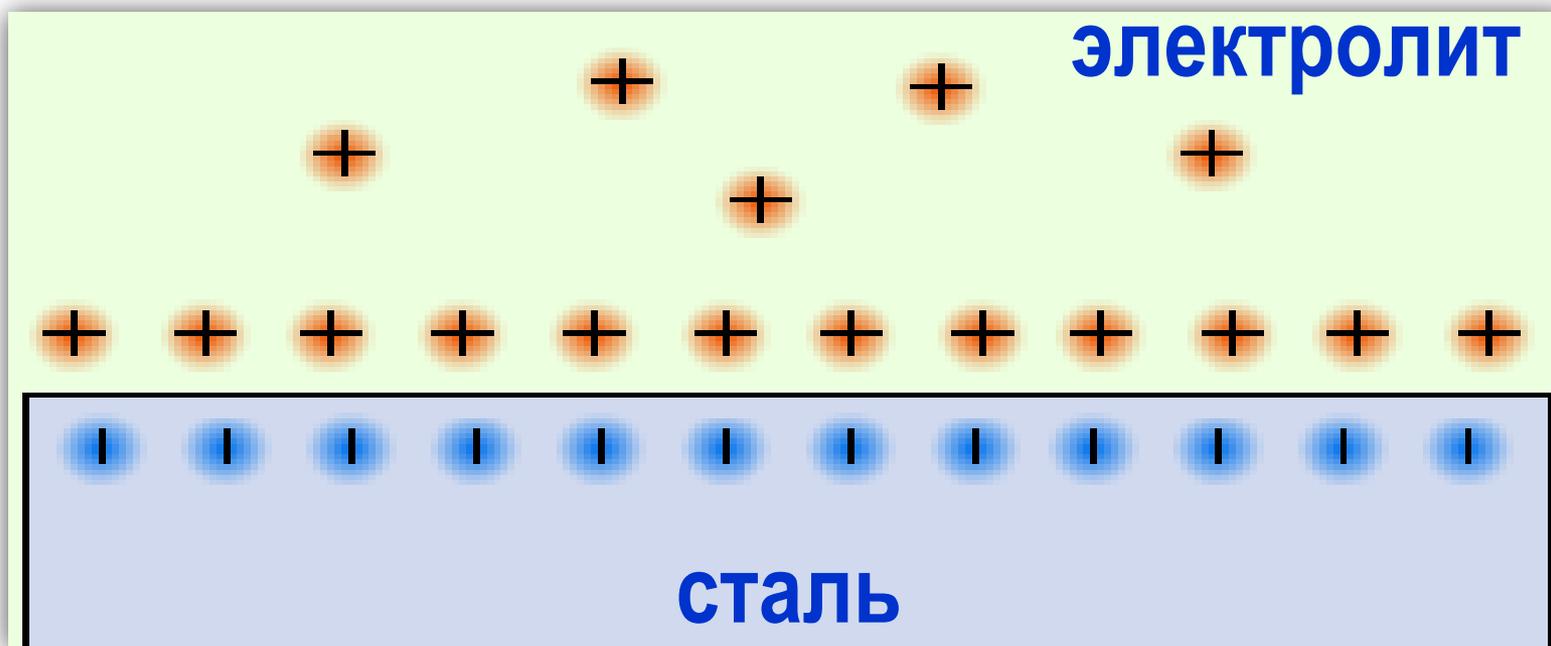
Причины возникновения дефектов защитного покрытия

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

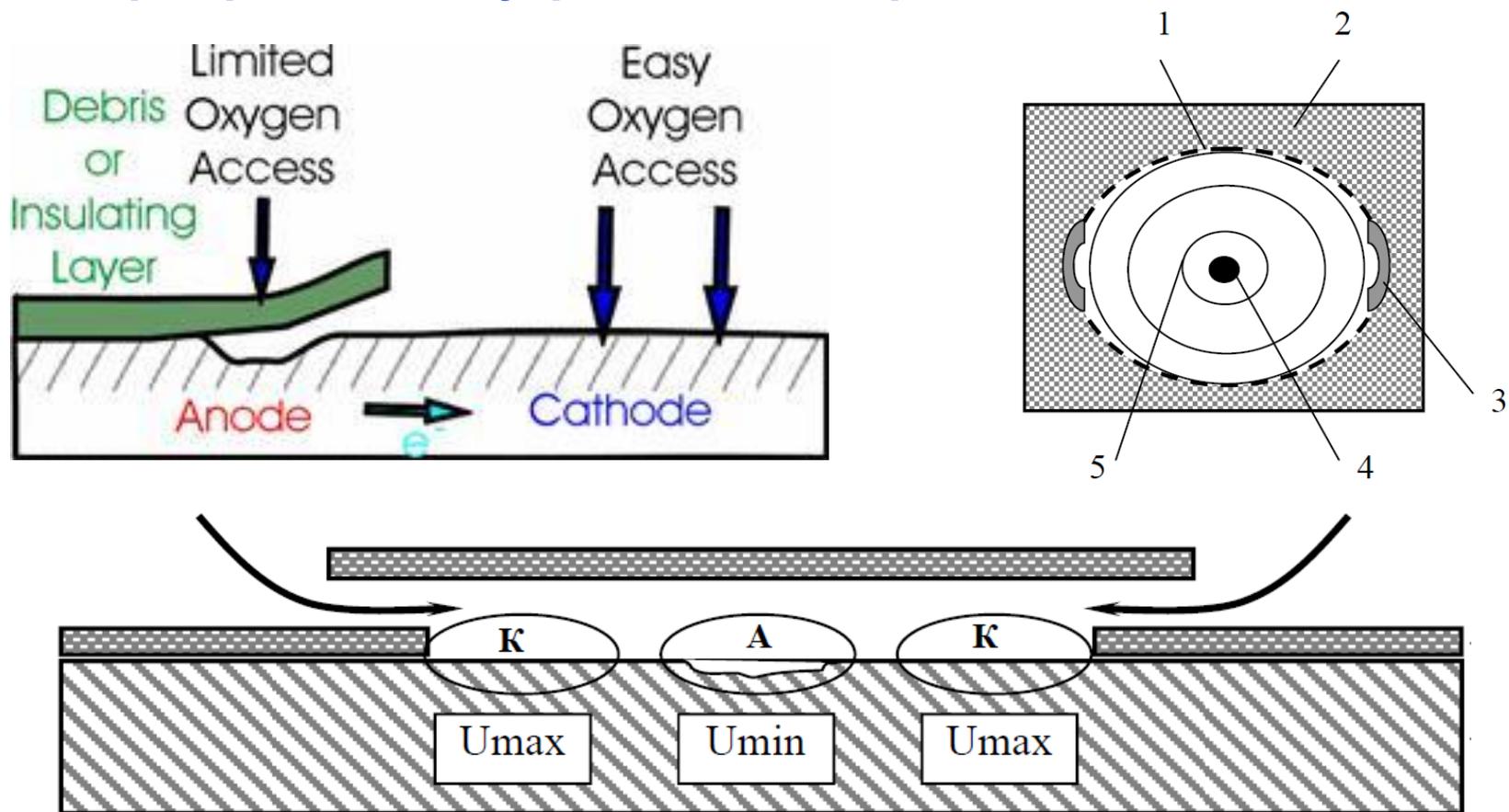


Основные представления о механизме процесса

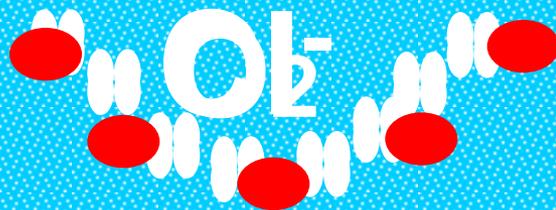
1. Проникновение электролита к металлической поверхности (открытый дефект или осмос)
2. Образование двойного электрического слоя на границе раздела фаз металл/электролит



- 3. Концентрационная поляризация, миграция ионов
- 4. Формирование внутреннего электрического поля



5. Инициирование коррозии

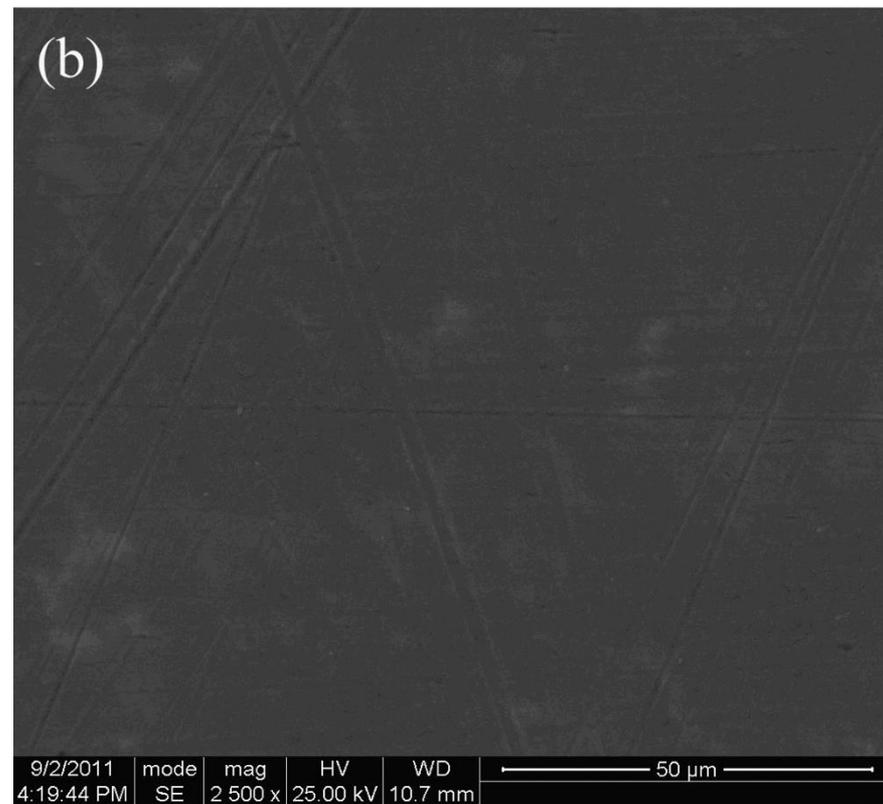
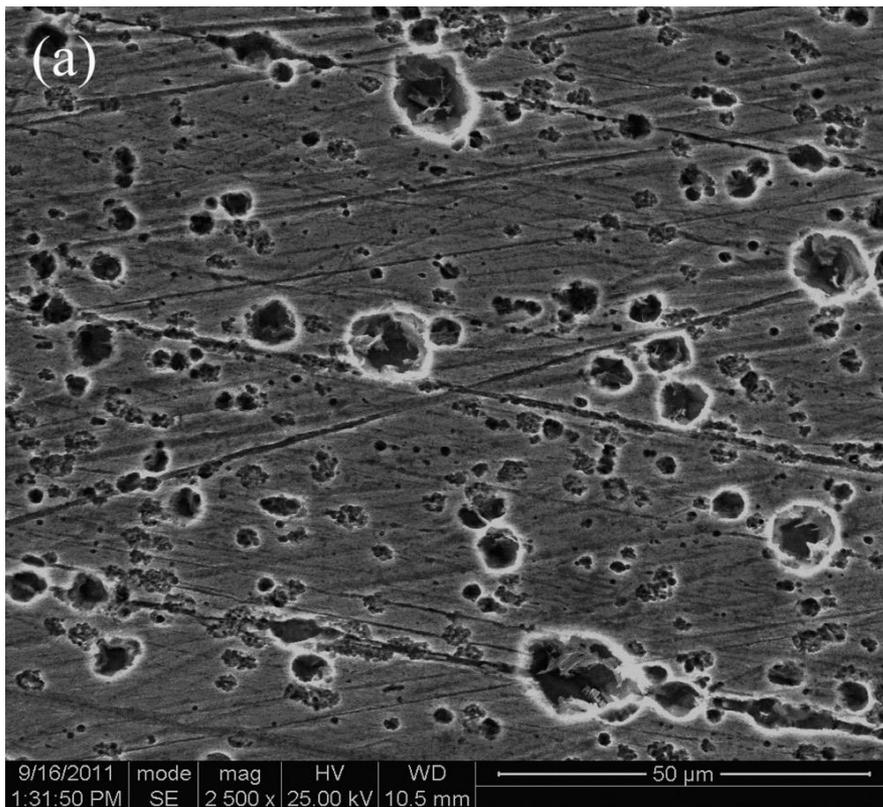


сталь

5. Инициирование коррозии (микробиологический фактор)

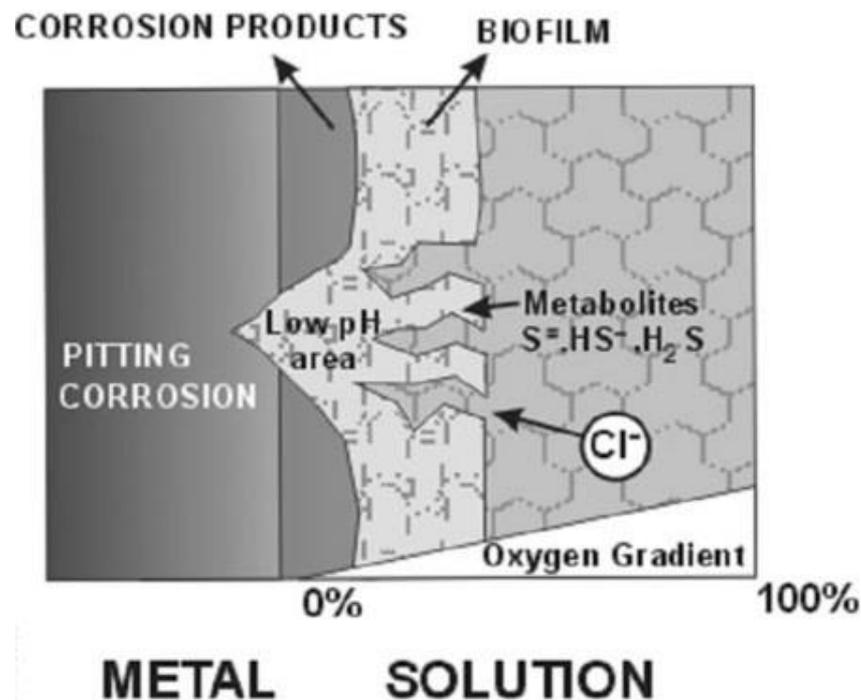
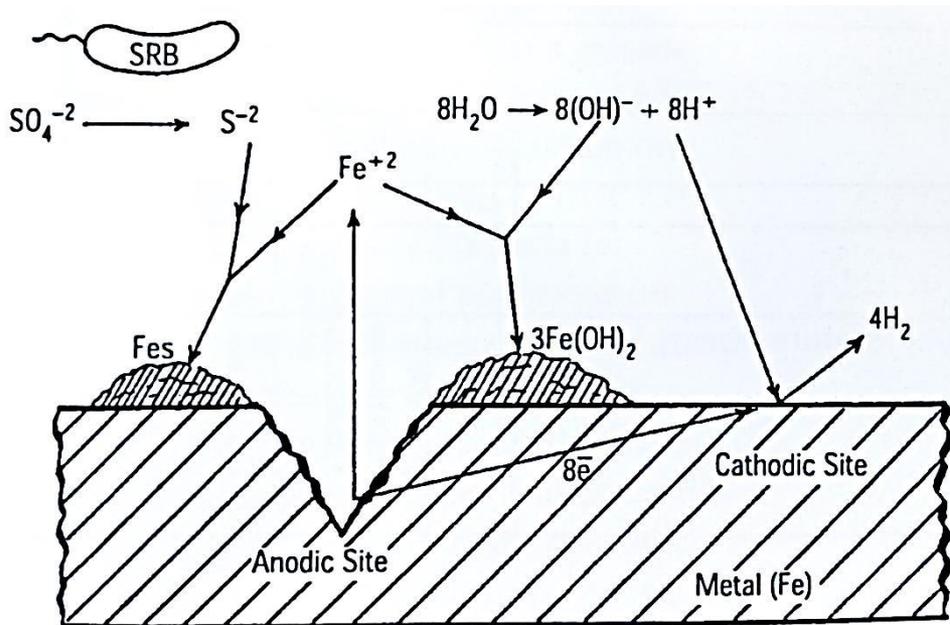
В присутствии СРБ

В стерильной среде



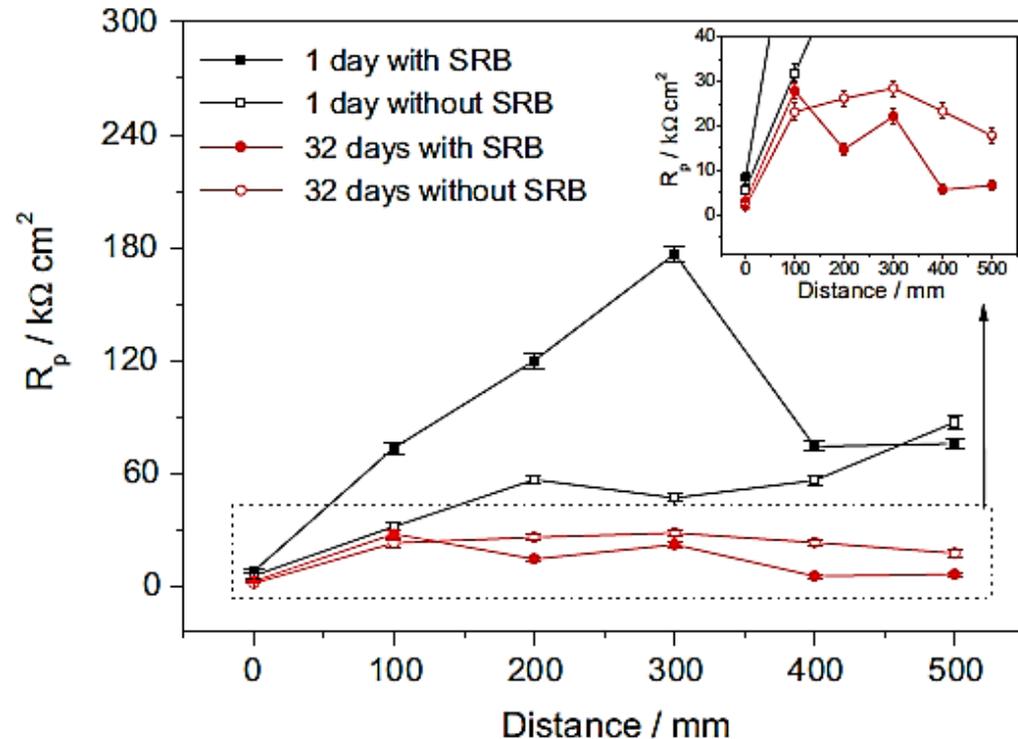
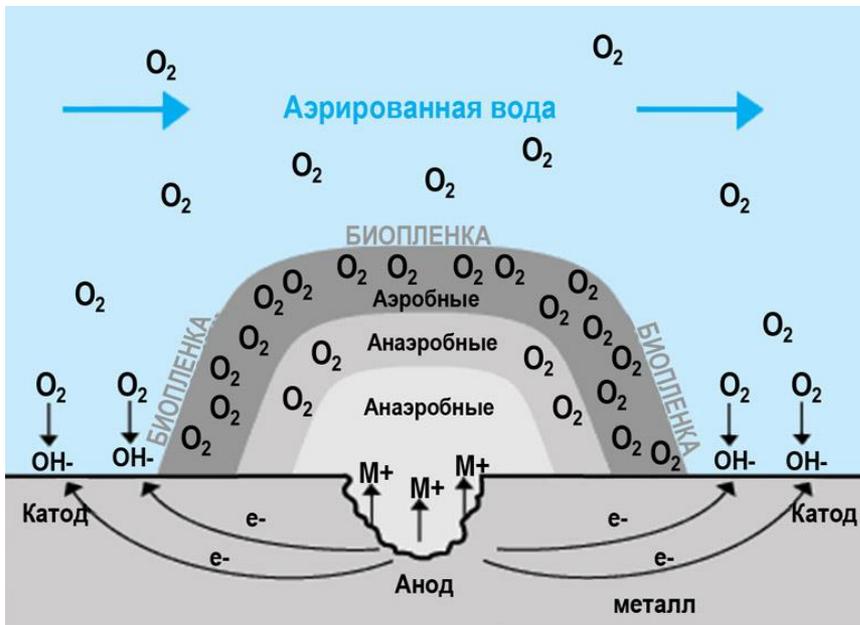
Внешний вид стальной поверхности после удаления продуктов коррозии (24 сут)

5. Инициирование коррозии (микробиологический фактор)



Участие метаболитов СРБ в коррозионном процессе

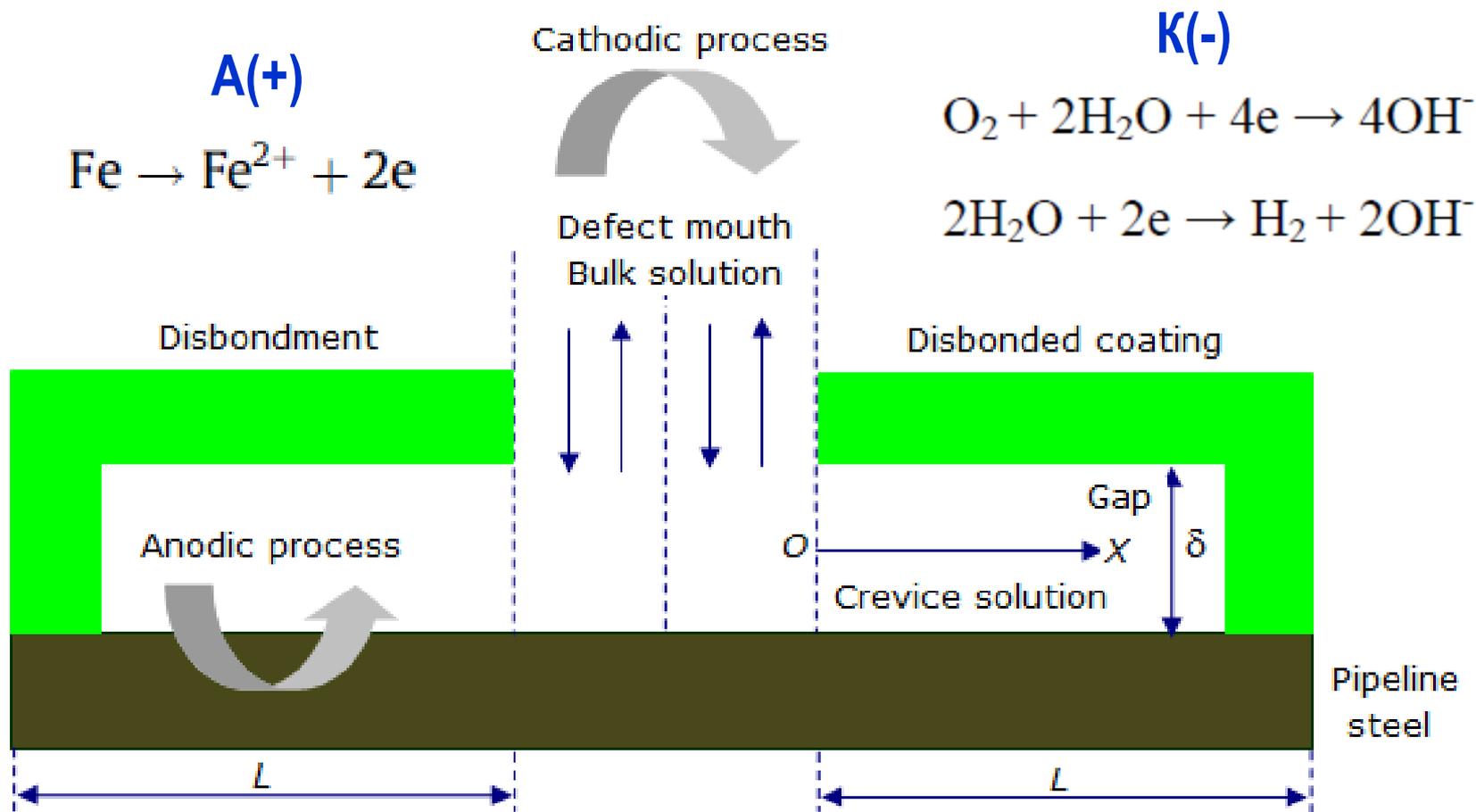
5. Инициирование коррозии (микробиологический фактор)



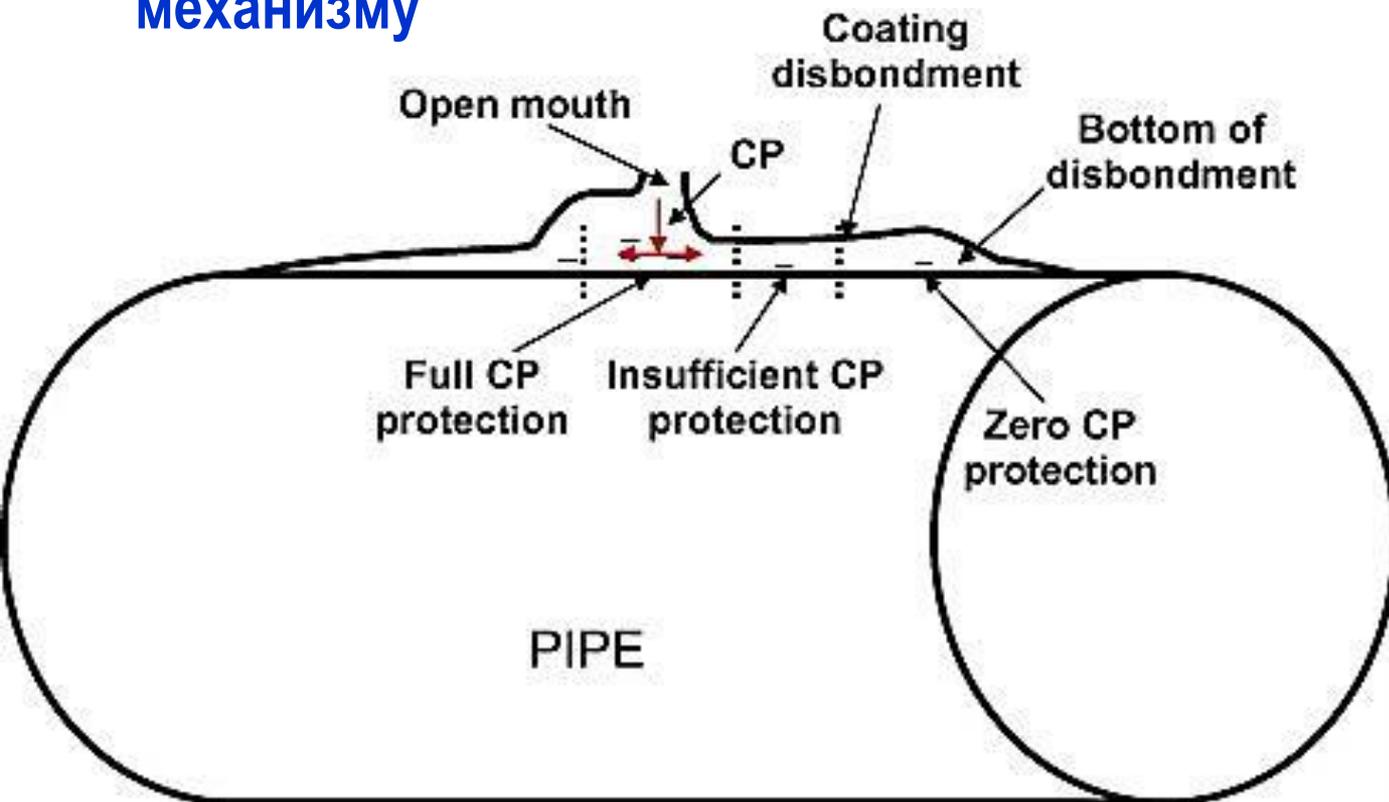
Формирование консорциумов аэробных и анаэробных бактерий

Поляризационное сопротивление

6. Образование гальванической коррозионной пары: катод-анод

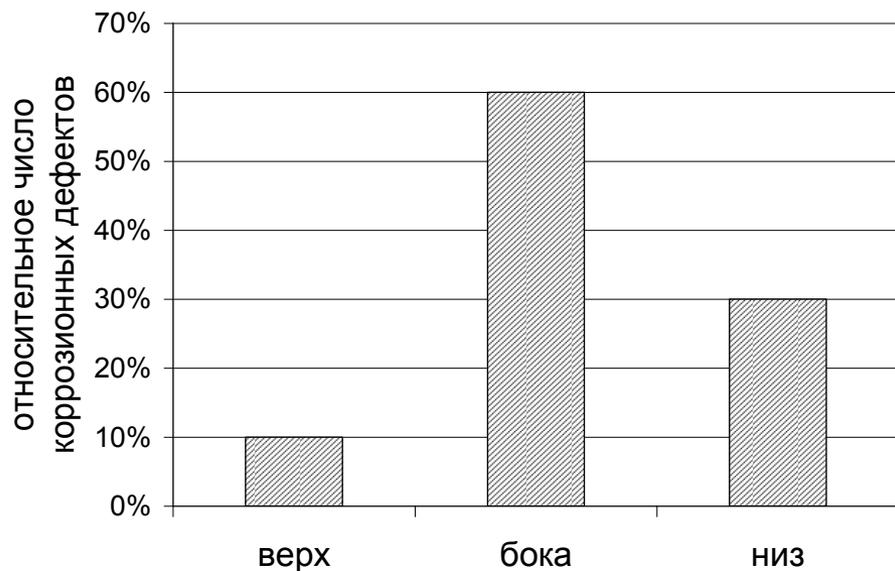


7. Дальнейшее протекание коррозии по электрохимическому механизму

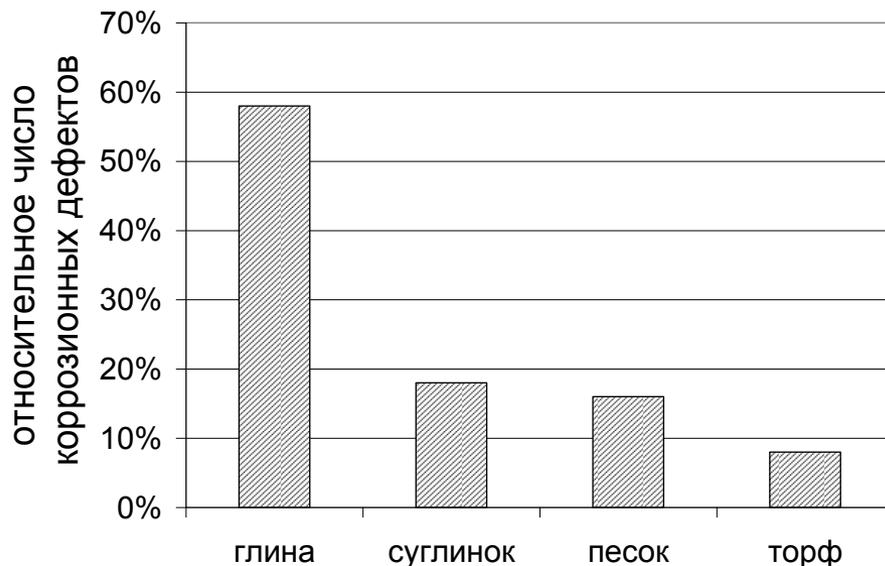


Статистика обнаружения коррозионных дефектов под отслоившимся покрытием

по периметру трубы

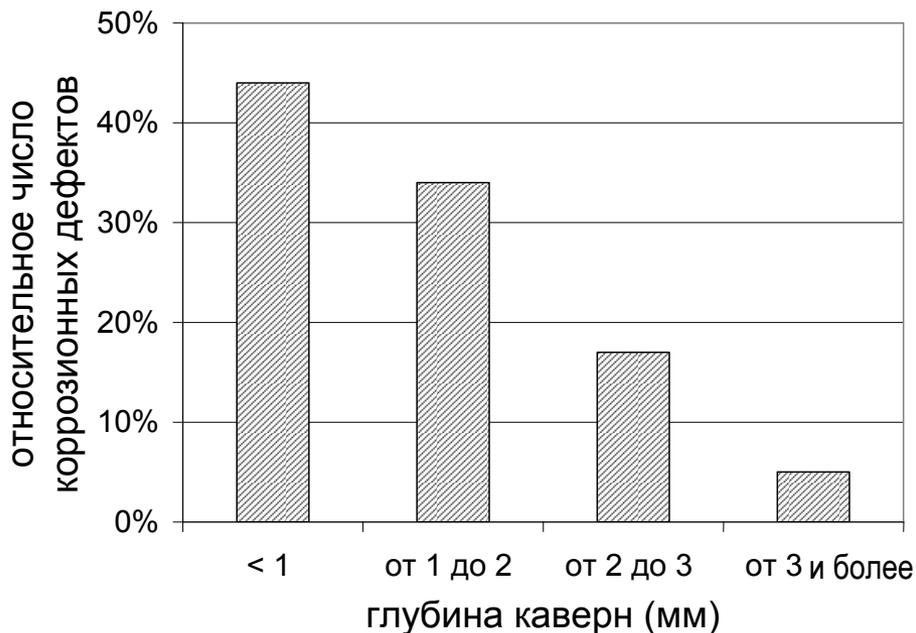


по типа грунта

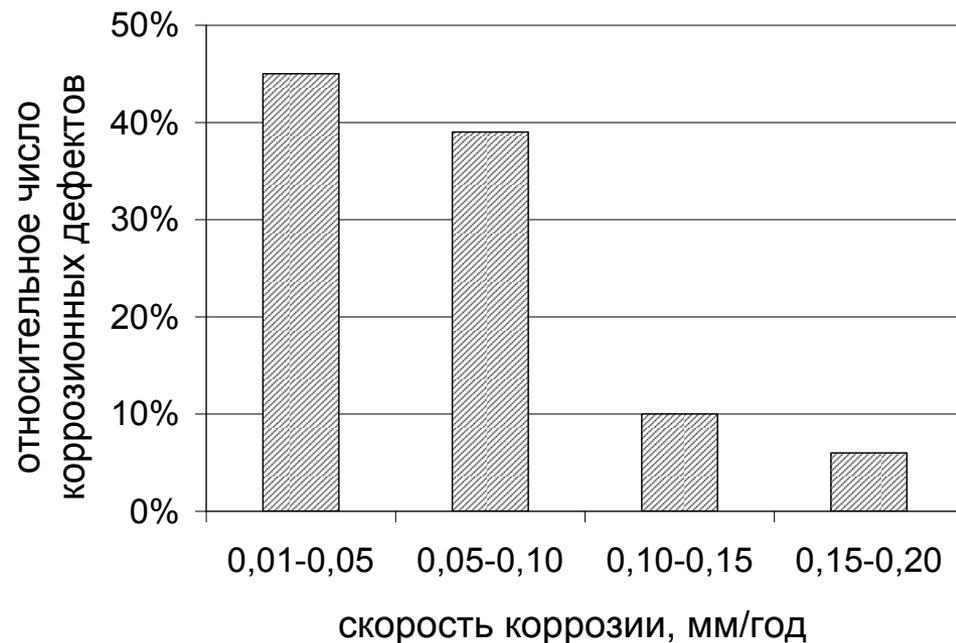


Статистика обнаружения коррозионных дефектов под отслоившимся покрытием

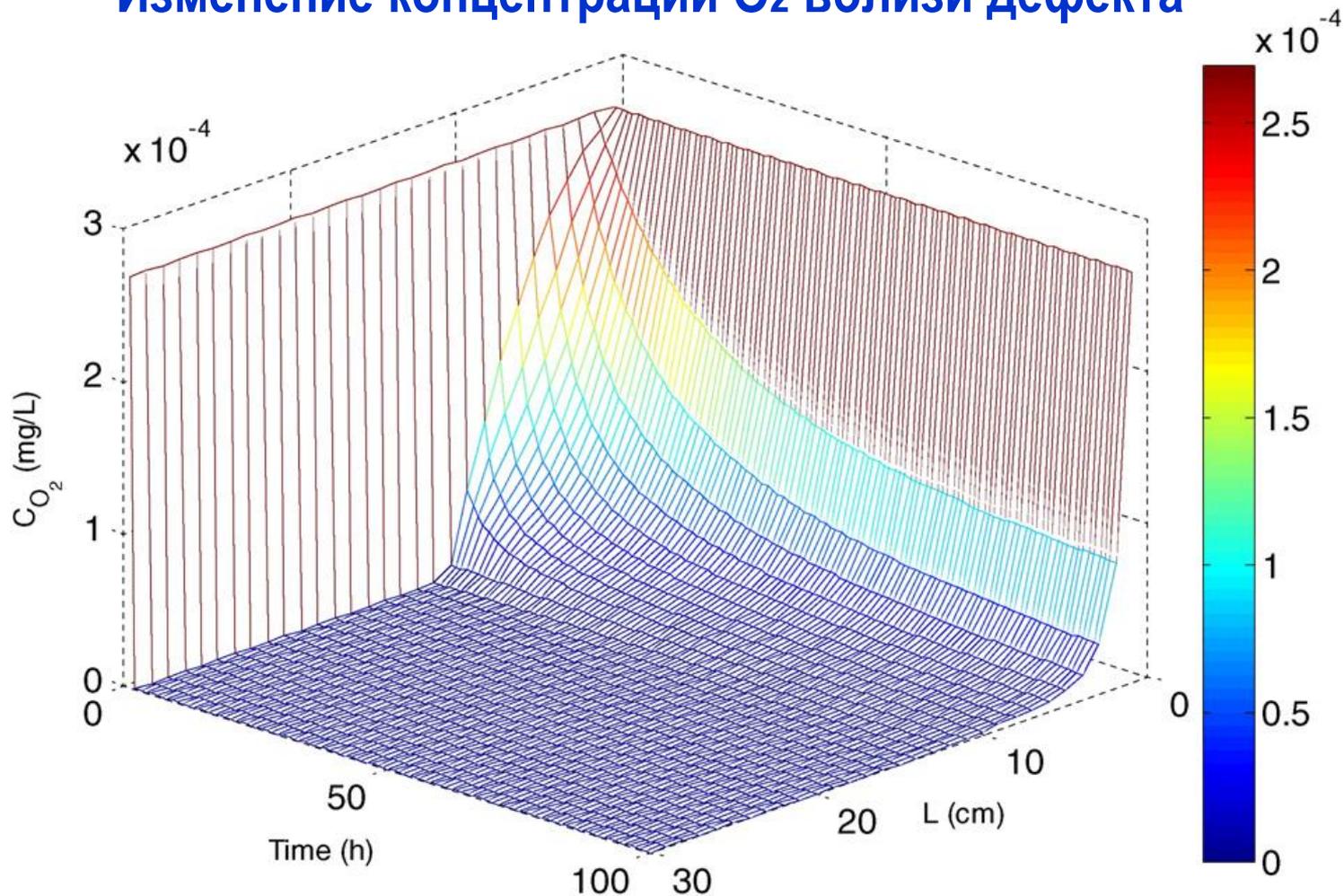
по глубине проникновения коррозии



по скорости коррозии

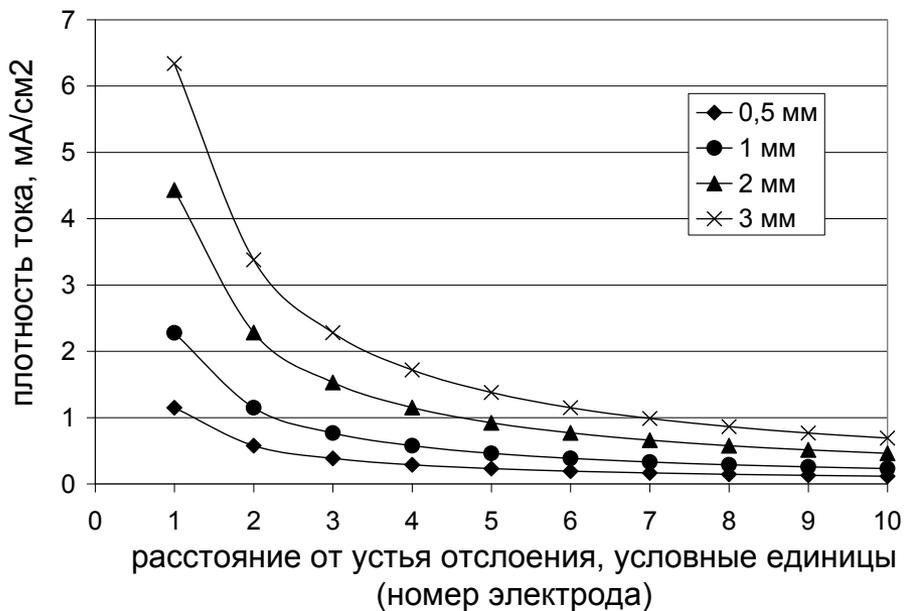


Изменение концентрации O_2 вблизи дефекта

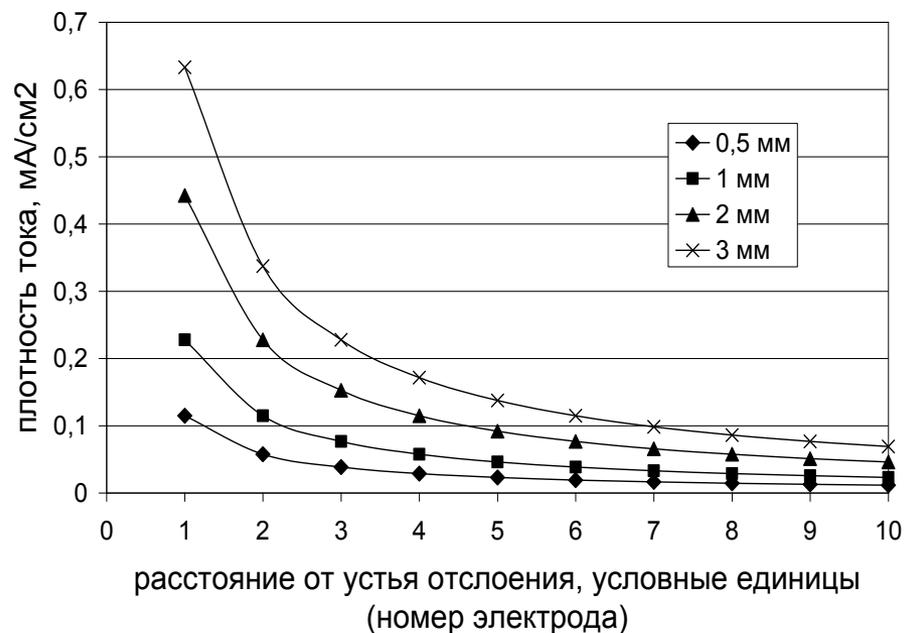


Изменение тока поляризации металла по глубине отслоения в зависимости от толщины зазора щели для раствора с удельным электрическим сопротивлением ($U_{устье} = 1 В$)

1 Ом·м

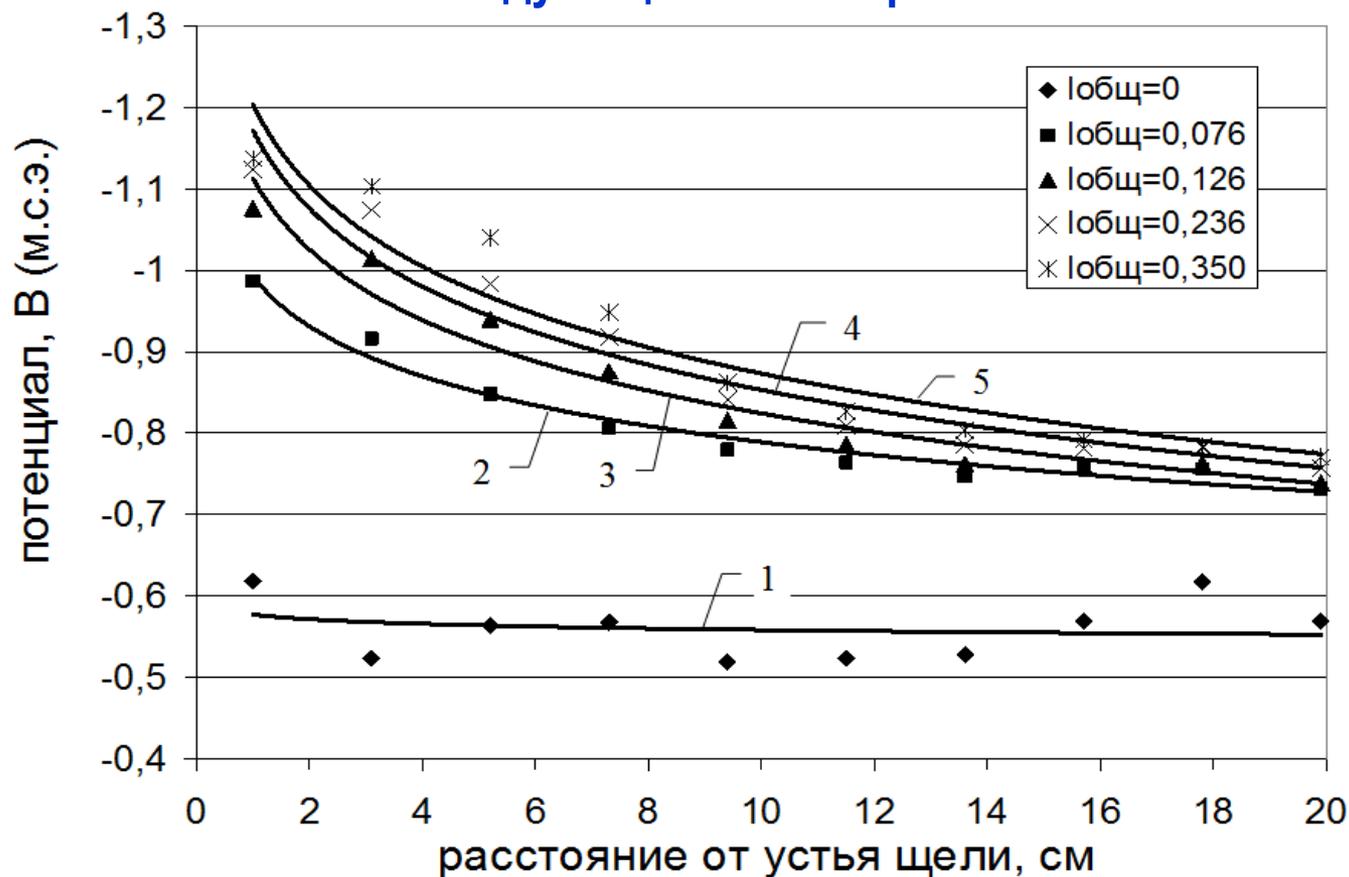


10 Ом·м



Закономерности проявления и протекания

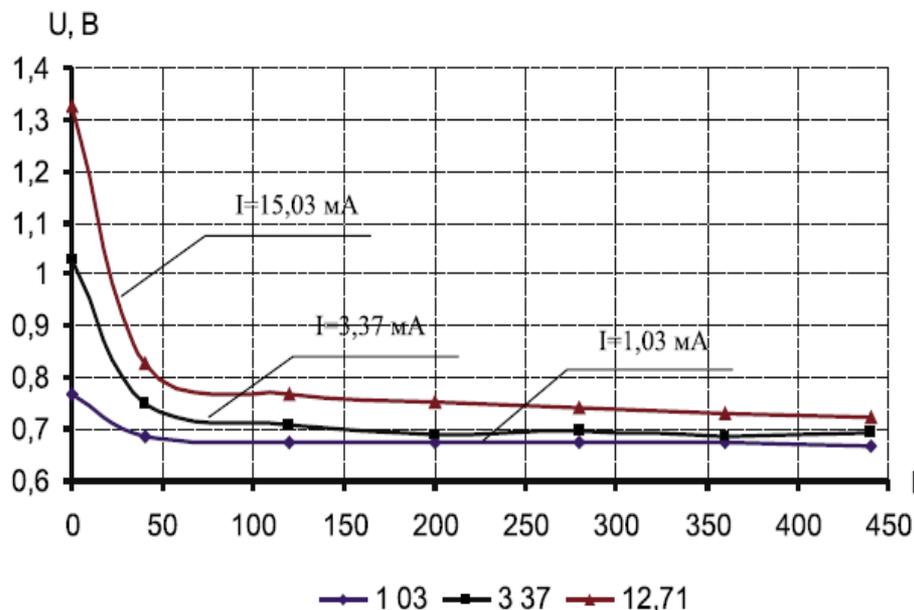
Распределение потенциалов стали 17Г1С при катодной поляризации и без нее в 0,01 М растворе NaCl для толщины зазора на устье между защитным покрытием и металлом 1 мм



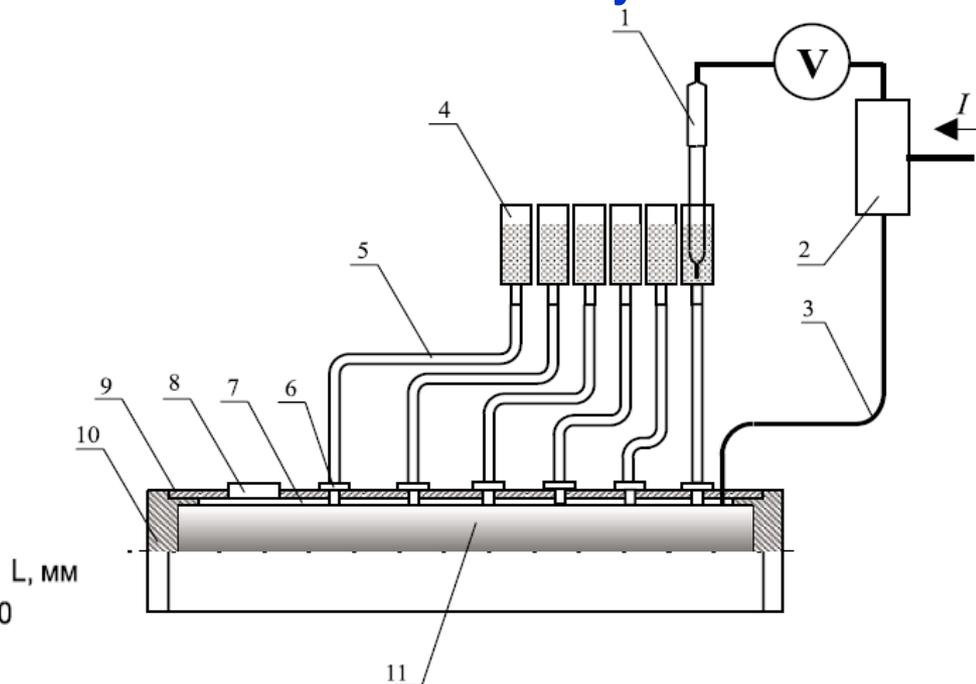
Общий ток поляризации:
1 – поляризация отсутствует;
2 – 0,076 мА;
3 – 0,126 мА;
4 – 0,236 мА;
5 – 0,350 мА

Распределение поляризационного потенциала под отслоением покрытия

Поляризационный потенциал стального образца

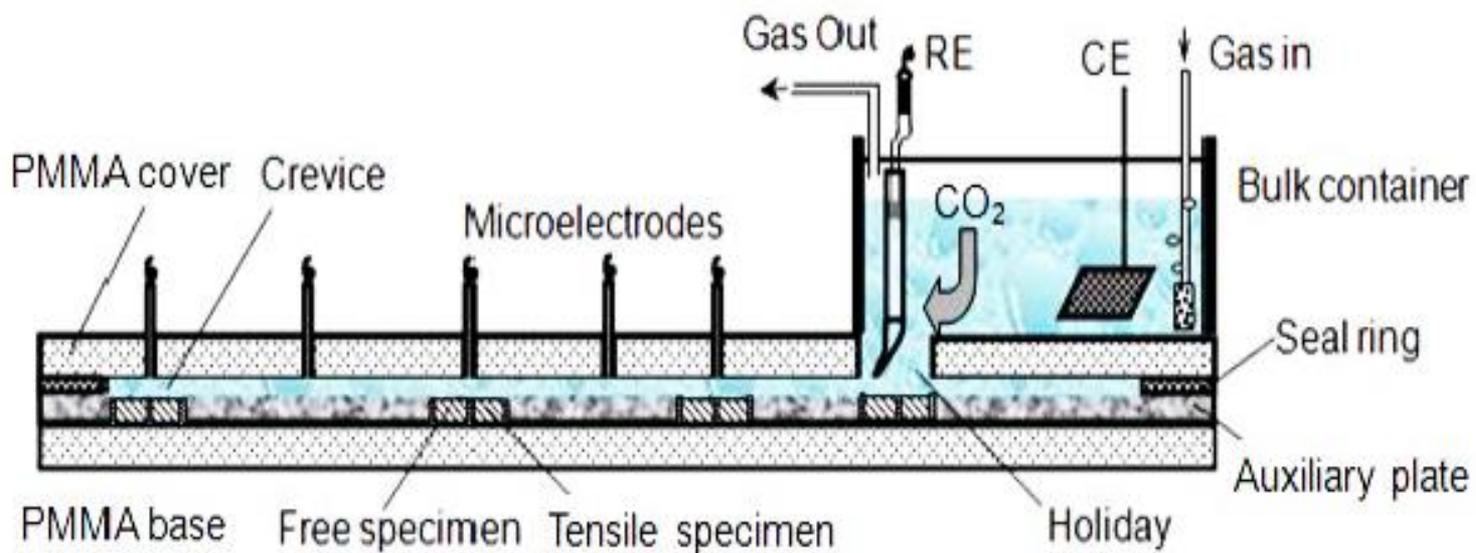
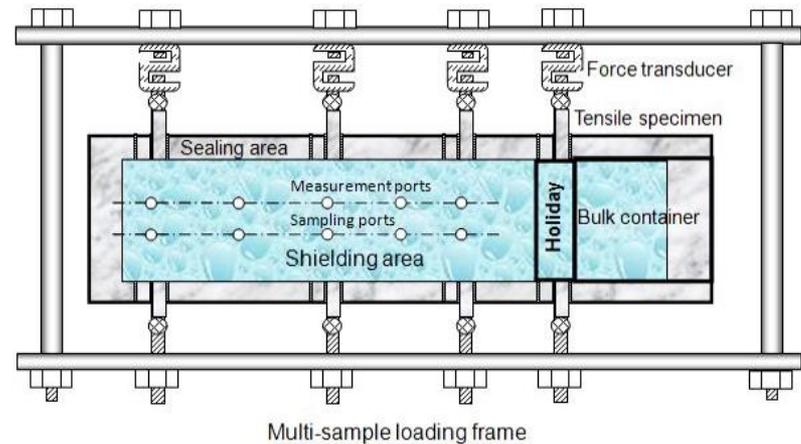


Испытательная установка

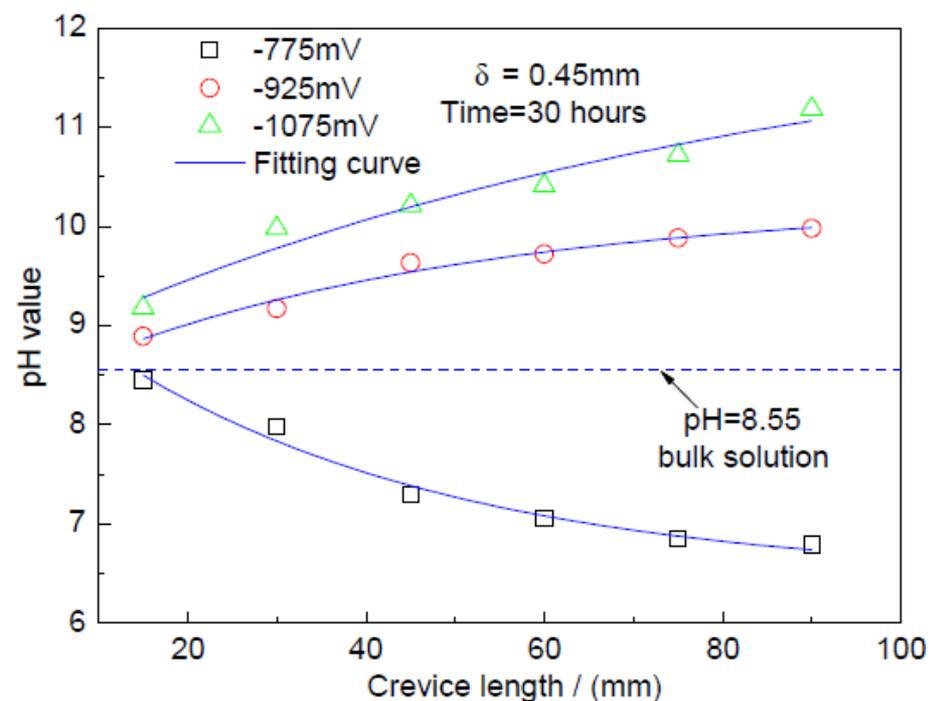
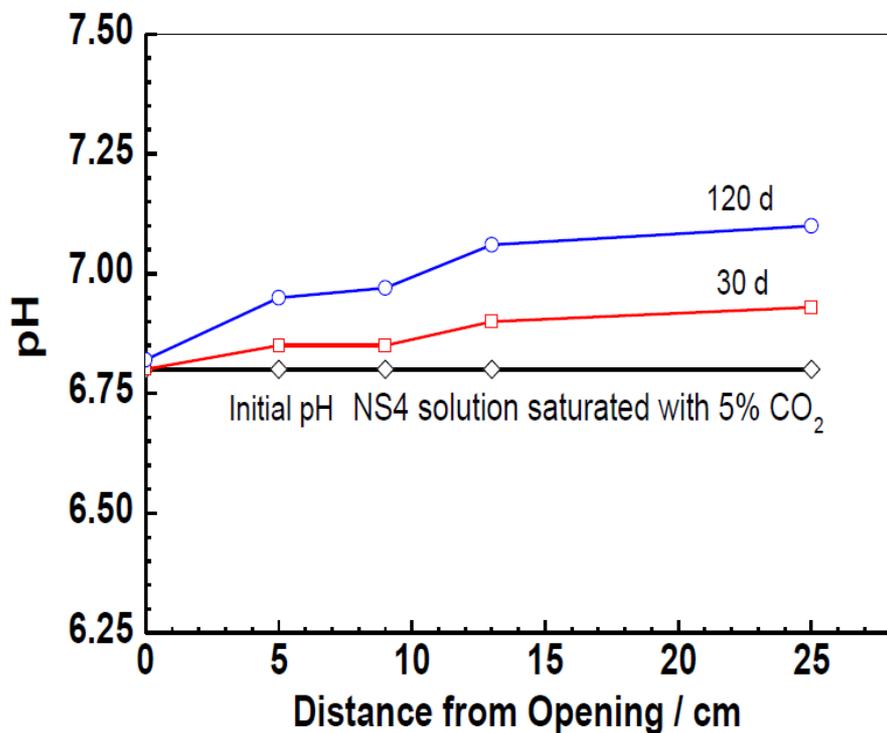


- 1 – электрод сравнения; 2 – коммутационный блок; 3 – питающий провод;
4 – измерительная ячейка; 5 – солевой мостик; 6 – капилляр;
7 – коррозионно-активная среда; 8 – пробка; 9 – полимерная оболочка;
10 – крышка; 11 – стальной образец

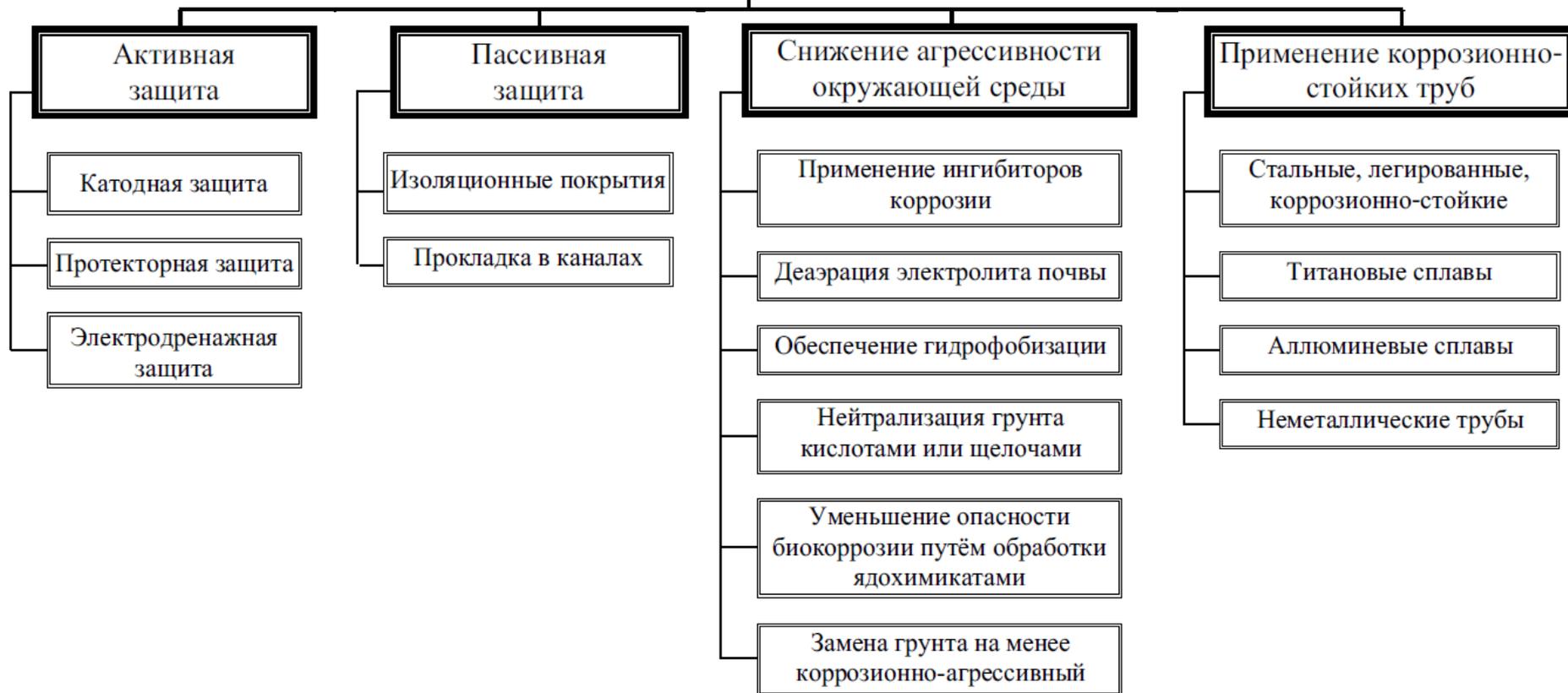
Сравнение коррозионного поведения стальных образцов при наличии и отсутствии растягивающих напряжений



Закономерности изменения pH в подпленочном электролите



СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ



Совершенствование системы ЭХЗ и коррозионного мониторинга

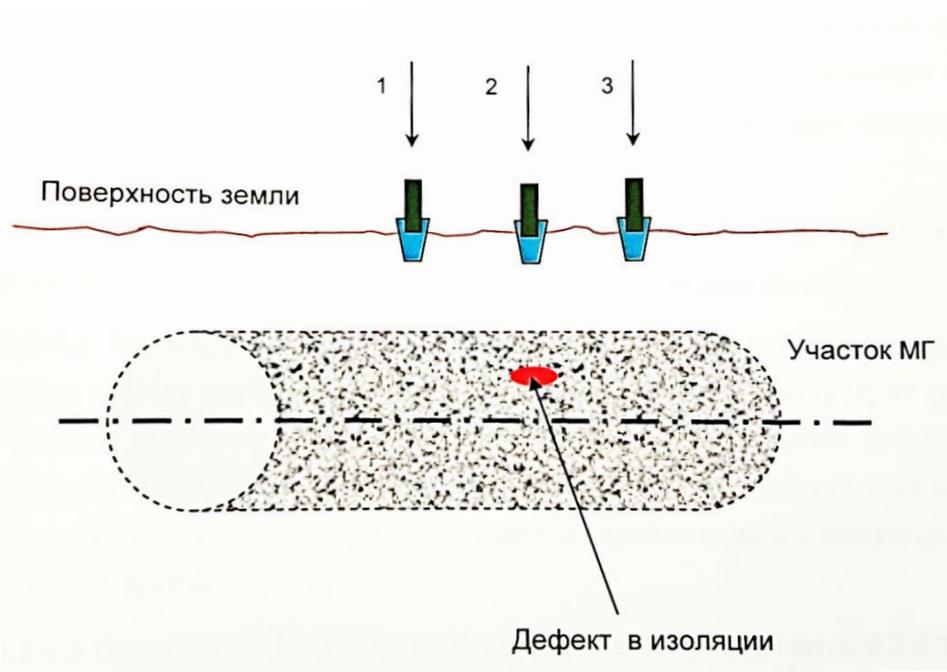


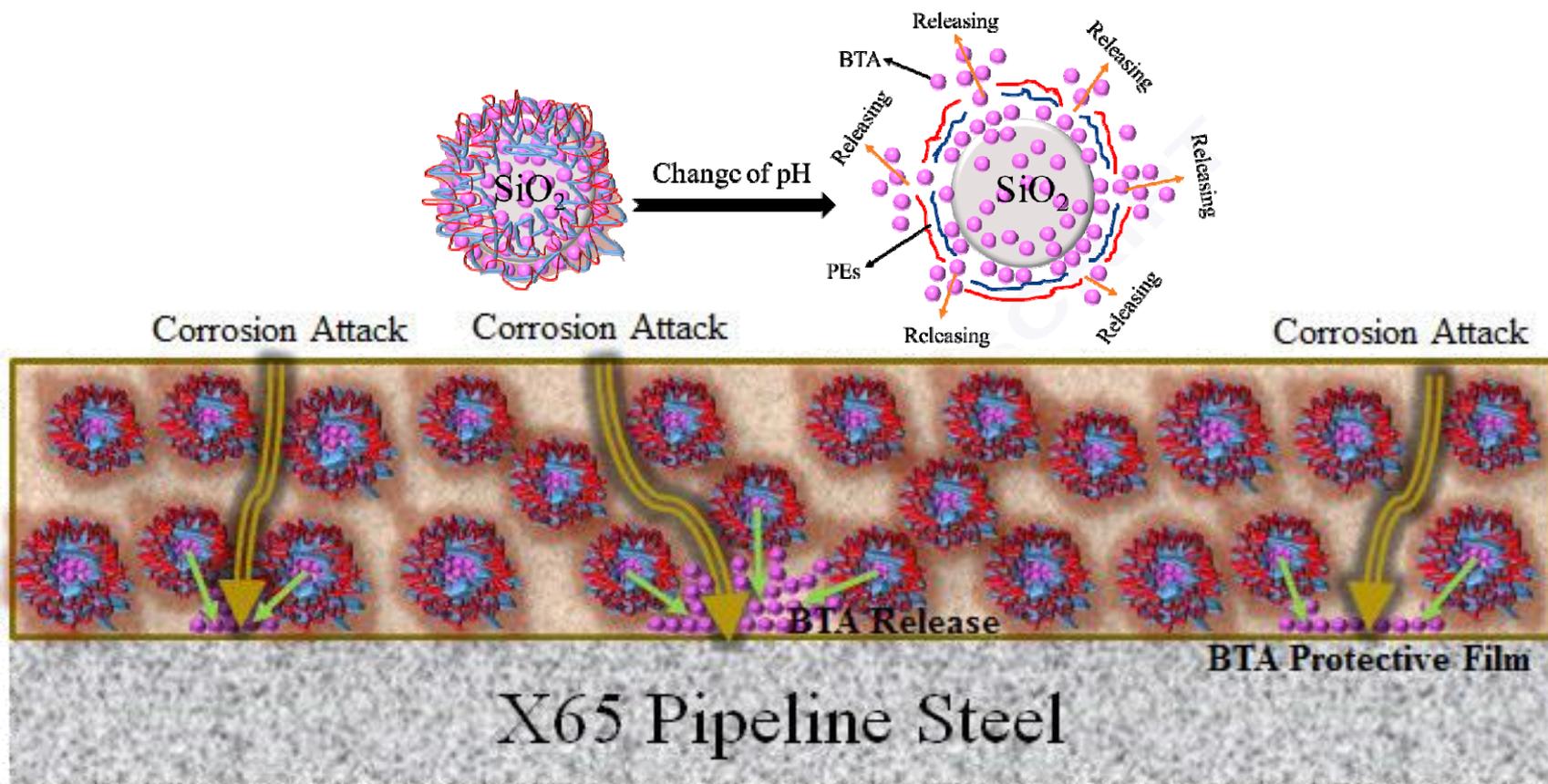
Схема 3-электродного расположения датчиков УИС для диагностирования качества изоляционного покрытия трубопровода

Резисторные датчики коррозии типа ДК-2п



сталь

Технологии инкапсулирования ингибитора коррозии/бактерицида в защитное покрытие трубопровода



Технологии использования продуктов обезвреживания нефтезагрязненных грунтов (Р Газпром 12-3-012-2014)



1. Отметить актуальность и практическую значимость внедрения в ПАО «Газпром» результатов научно-технических работ, направленных на профилактику и борьбу с подпленочной (в т.ч. микробиологической) коррозией стальных газопроводов
2. Отметить важность разработки и совершенствования технологий мониторинга и методов защиты от коррозионных разрушений под отслоением защитного покрытия МГ, включая применение ингибиторов коррозии и бактерицидов
3. ООО «Газпром ВНИИГАЗ» привлечь ведущие коллективы ВУЗов, отраслевых и академических НИИ, а также дочерние газотранспортные организации ПАО «Газпром» к разработке Программы научно-технических мероприятий, направленных на профилактику образования и развития коррозии под отслоением защитного покрытия МГ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ