



VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ
ГАЗОПРОВОДОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ
КОРРОЗИОННОМУ РАСТРЕСКИВАНИЮ
ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

17–21 октября 2022 г.
г. Кисловодск

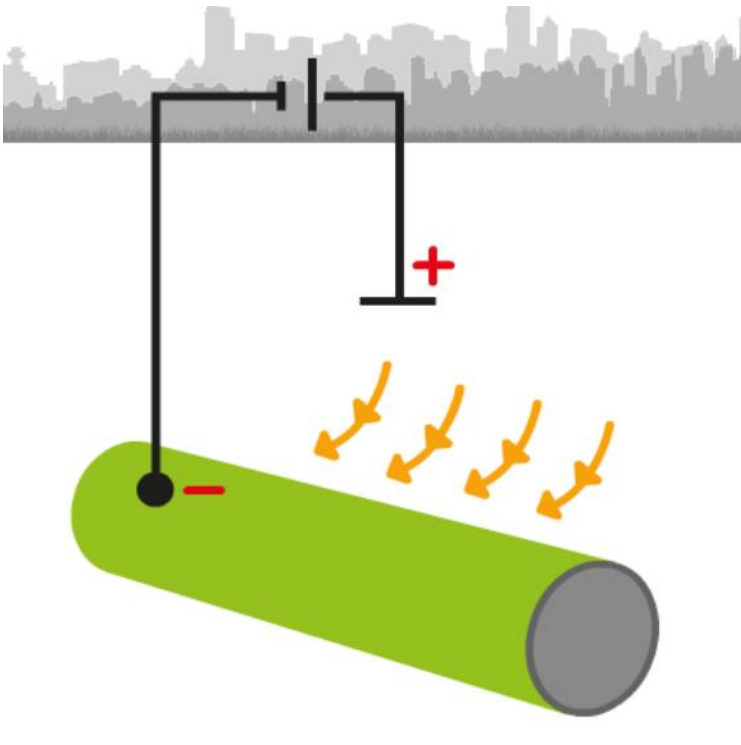


НЕЭКРАНИРУЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ – ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ ОТ КРН И ДРУГИХ ВИДОВ КОРРОЗИИ



Петров Н.Н., Макаров С.Н., АО «Делан»

Классическая схема защиты подземных трубопроводов



Противокоррозионная защита подземных трубопроводов включает:

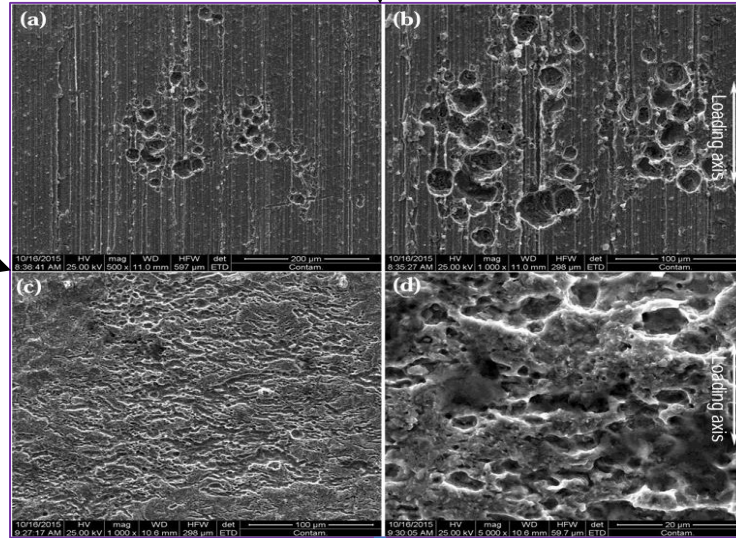
- **изоляционное покрытие**, которое должно препятствовать проникновению коррозионно-активной среды к поверхности металла
- **катодную защиту**, которая должна обеспечивать поляризацию металла выше потенциала коррозии;

ПРОБЛЕМА

КРН (Стресс-коррозия)

Подпленочная коррозия

Питтинговая коррозия



НЕДОСТАТОЧНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ

ошибки или не соблюдение регламента при нанесении покрытий

опережающее ухудшение адгезии покрытий по сравнению с диэлектрическими параметрами

не полная совместимость существующих типов покрытий и ЭХЗ

ограниченная долговечность полимерных материалов

Существующие типы покрытий для защиты подземных трубопроводов

ВЫСОКООМНЫЕ

по отношению к токам
Катодной защиты –
непроницаемые



НИЗКООМНЫЕ

по отношению к токам
катодной защиты –
проницаемые



Тип покрытия	Преимущества	Недостатки
Высокоомные	<p>эффективная противокоррозионная защита в состоянии ненарушенной сплошности и адгезии покрытия;</p> <p>- низкий расход катодного тока на защиту конструкции</p>	<ul style="list-style-type: none"> - неэффективны при старении и проникновении водного электролита под покрытие (неконтролируемые скрытые коррозионные процессы) - невозможность обнаружения коррозионных дефектов под покрытием стандартными методами диагностики;
Низкоомные	<p>эффективная противокоррозионная защита при включенной катодной защите</p>	<ul style="list-style-type: none"> - существенный расход защитного тока - невозможность обнаружения коррозионных дефектов под покрытием стандартными методами диагностики

Предпосылки для создания неэкранирующих защитных систем

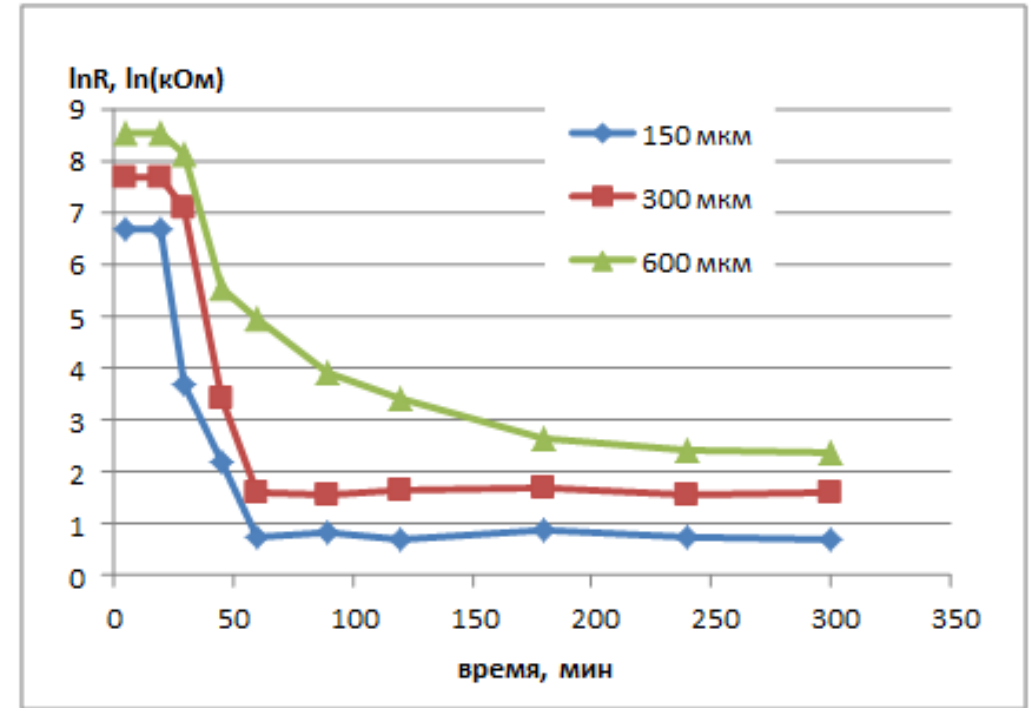
$$\frac{A(\Phi - \Phi_{in})}{A_{pore}\rho_{film}\delta_{film}} = 10^{\frac{V-\Phi_{in}-E_{Fe}}{\beta_{Fe}}} - \left(\frac{1}{(1-\alpha_{blk})i_{lim,O2}} - 10^{\frac{V-\Phi_{in}-E_{O2}}{\beta_{O2}}} \right)^{-1} - 10^{\frac{V-\Phi_{in}-E_{H2}}{\beta_{H2}}} \quad (1),$$

Douglas P. Riemer, Mark E. Orazem. Modeling coating flaws with non-linear polarization curves for long pipelines // Advances in Boundary Elements, 2005, Vol. 12, – P. 225-259



Зависимость поляризационного потенциала под покрытием от его сопротивления (при установленном потенциале катодной защиты на внешней стенке покрытия (мсэ):

1 – (– 900) мВ; 2 – (– 1000) мВ; 3– (– 1150) мВ)



Сопротивление ионит-полимерного композита в зависимости от времени контакта с электролитом и толщин покрытия

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
9.1xxx –
(первая редакция)

Единая система защиты от коррозии и старения

ПОКРЫТИЯ ЗАЩИТНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ

Термины и определения

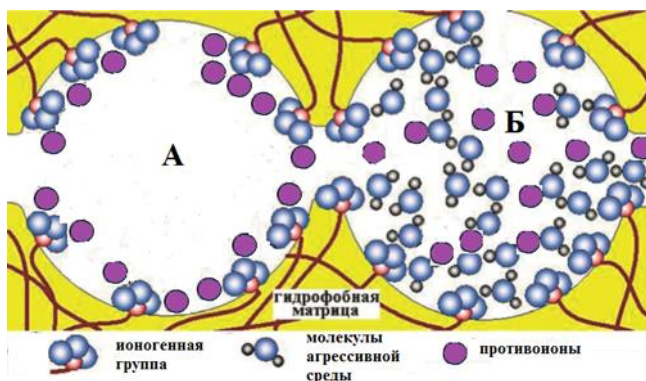
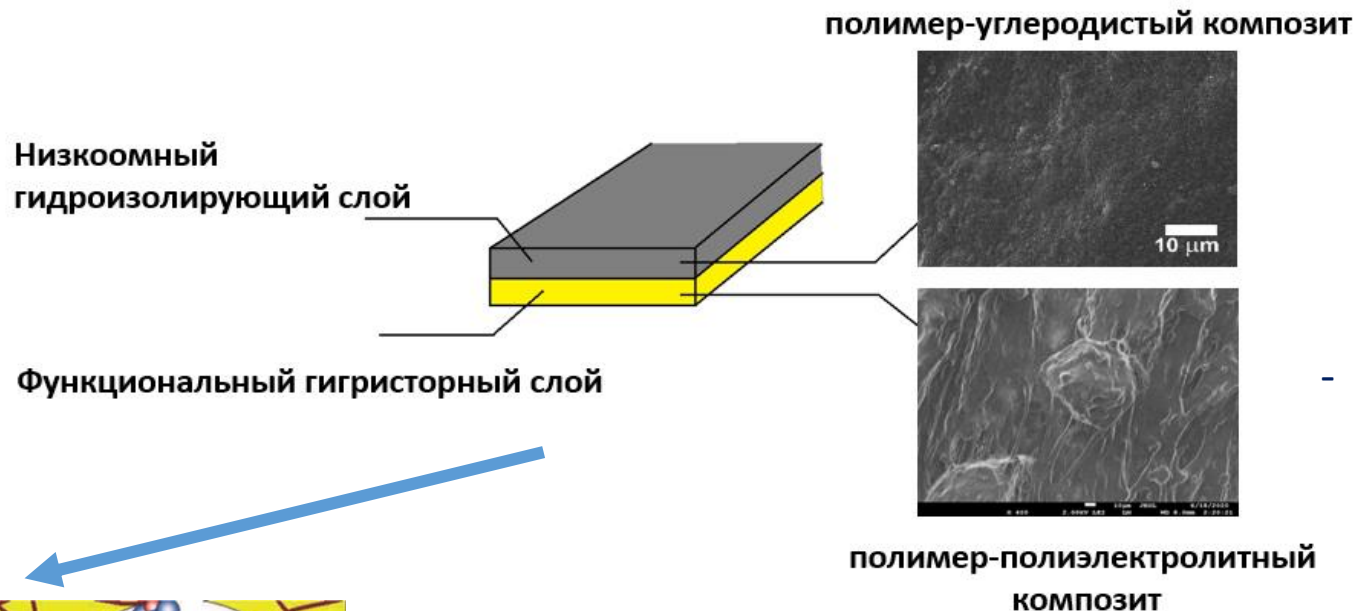
Виды органических покрытий в зависимости от функционального назначения

31 атмосферостойкое покрытие: Защитное en weather-resistant органическое покрытие, стойкое к воздействию coating климатических факторов внешней среды.

7

60 незранирующее покрытие: покрытия с en non-shielding coating селективной электрической проводимостью на участках снижения адгезии или полного отслаивания от защищаемой поверхности в процессе эксплуатации.

Реализуемая концепция незранирующего покрытия



- В состоянии ненарушенной сплошности, является изолятором, препятствуя проникновению коррозионных агентов на поверхность металла
- При возникновении дефекта локально уменьшает свое сопротивление протекающему току и проявляет ингибирующие свойства

Активируемая электропроводность при дефектообразовании в покрытии



Испытательный Центр АО ВНИИСТ

ОКПО 59779622, ОГРН 1027719018799, ИНН/КПП 7719261646/771901001
105187, г. Москва, ул. Скружной проезд, д. 19
Телефон: (495) 783-94-54; Факс: (495) 981-43-81 доб. 2277
E-mail: info@vniist.ru; www.vniist.ru



Аттестат аккредитации № RA.RU.21GA59
Протокол не может быть частично воспроизведен
без письменного разрешения АО ВНИИСТ
Протокол распространяется только на испытанные образцы

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель
Испытательного центра
АО ВНИИСТ



О.С. Морозов
2016 г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

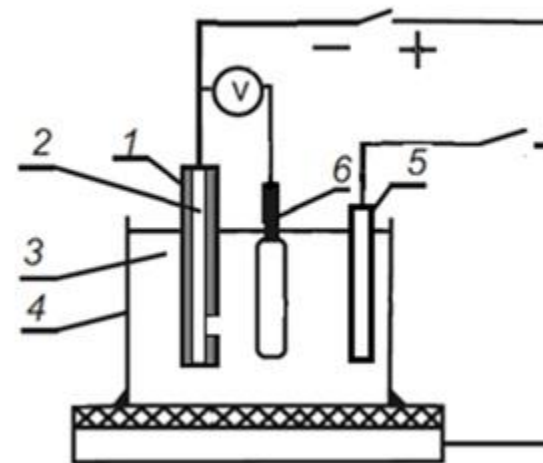
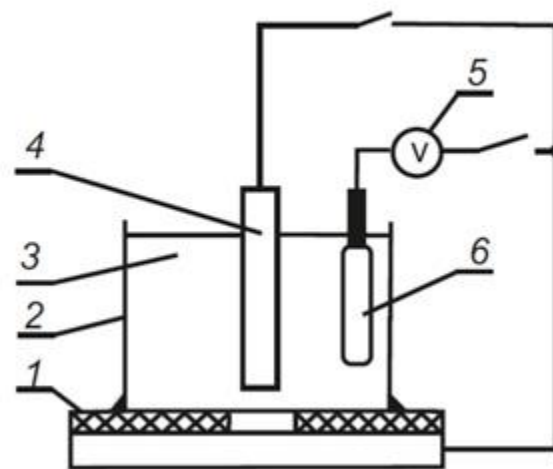
наружного изоляционного покрытия с варьируемым удельным сопротивлением
«Изоом» разработки ООО «Интеллектуальные композиционные решения» на соот-
ветствие предъявляемым техническим требованиям

№ 210-135 от «31» марта 2016 г.

1. Заказчик: Общество с ограниченной ответственностью «Интеллектуальные композиционные решения» (ООО «Интеллектуальные композиционные решения»), 350063, г. Краснодар, ул. Коммунаров, д. 31/1
(наименование и адрес)
2. Основание для проведения испытаний: договор № 70/210/15/ИКР от 12.11.2015
(№ договора с заказчиком, дата)
3. Объект испытаний: наружное изоляционное покрытие с варьируемым удельным сопротивлением «Изоом» разработки ООО «Интеллектуальные композиционные решения».
4. Цель проведения испытаний: оценка наружного изоляционного покрытия с варьируемым удельным сопротивлением «Изоом» разработки ООО «Интеллектуальные композиционные решения» на соответствие предъявляемым техническим требованиям
5. Место проведения испытаний: Испытательный центр АО ВНИИСТ, Лаборатория наружных антикоррозионных покрытий труб и элементов трубопроводов заводского нанесения Центра защиты от коррозии, г. Москва, Окружной проезд, д. 19
(наименование и адрес).

Двуслойное защитное покрытие по технологии «Изоом» на базе эпоксидного связующего соответствует требованиям ГОСТ 51164-98 к покрытиям (система №4) для магистральных трубопроводов, а также обладает функцией **саморегуляции удельного сопротивления при проникновении электролита под покрытие**

**Сравнительный вид изменений, внесенных в испытательную ячейку
для проведения комплексного изучения
систем «покрытие-сталь» при их катодной поляризации**



а) ячейка по ГОСТ 51164-98

1 – стальная пластина с
испытуемым покрытием, **2** - труба
из полиэтилена, **3** – электролит, **4** -
магниевый анод, **5** – вольтметр, **6** -
электрод сравнения.

б) применяемая ячейка

1 – стальная пластина, **2** – нанесенное
на подложку испытуемое покрытие, **3**
– электролит, **4** - труба из полиэтилена,
5 - магниевый анод, **6** - электрод
сравнения.

Вид образцов со стандартным изолирующим полимерным слоем после испытаний



а) До экспозиции



б) 10 сутки



в) 20 сутки



г) 40 сутки



д) 60 сутки



е) 70 сутки (после цикла заморозки/разморозки)



ж) 80 сутки

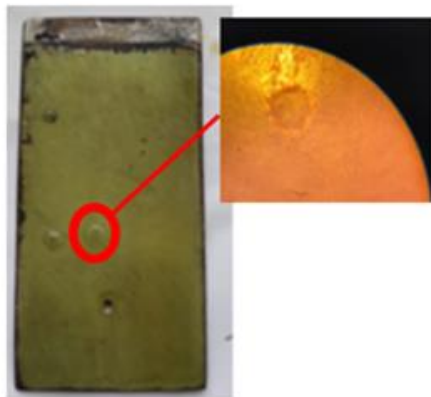


з) 80 сутки (после процедуры контроля адгезии)

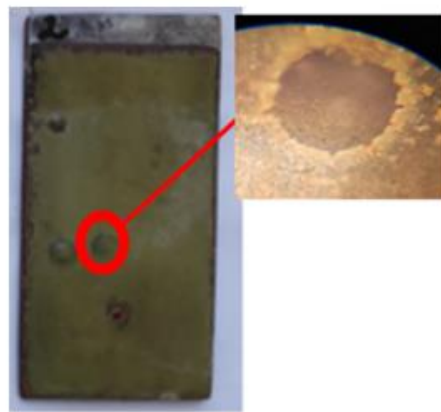
Вид образцов с «неэкранирующим» полимерным составом на стали после испытаний



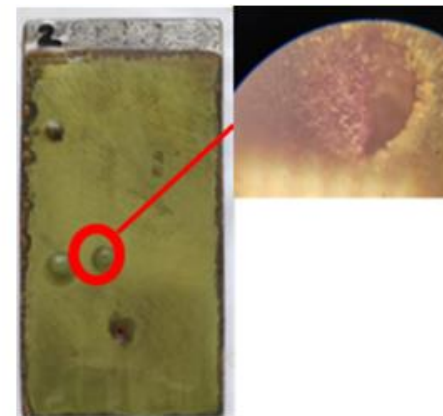
а) До экспозиции



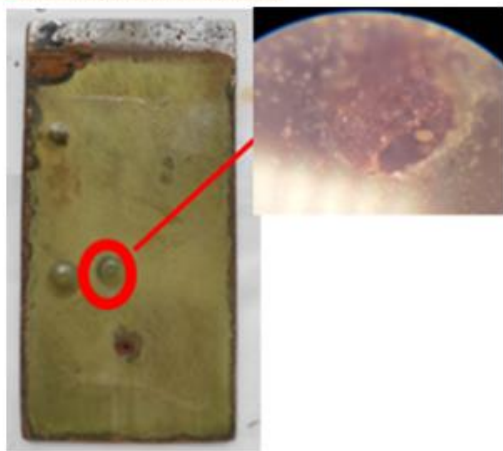
б) 30 сутки



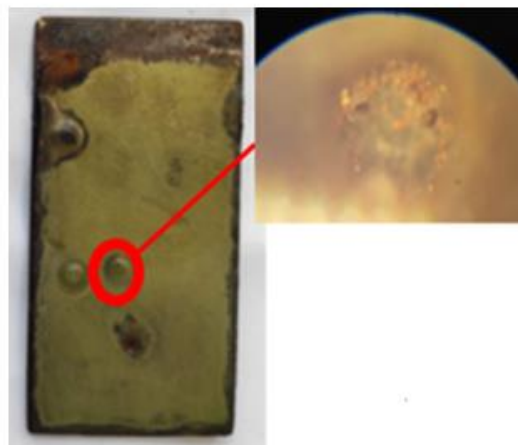
в) 40 сутки



в) 60 сутки



г) 70 сутки (после цикла заморозки/разморозки)

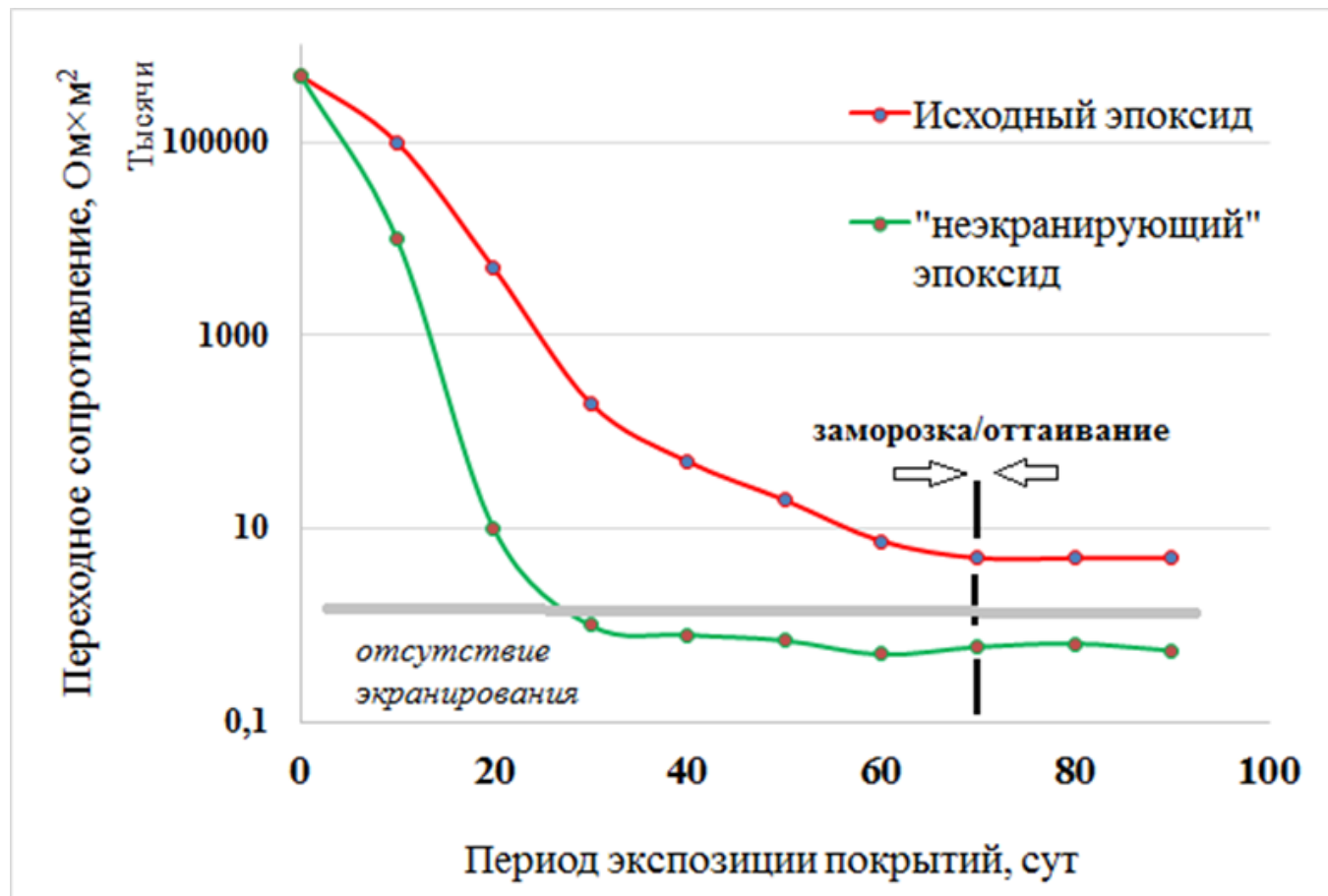


д) 90 сутки



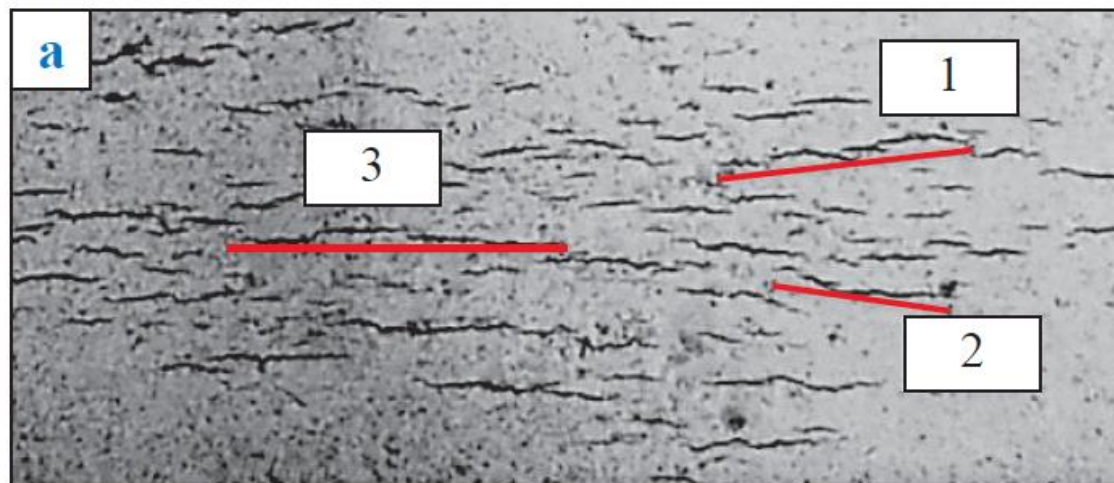
е) 90 сутки (после процедуры контроля адгезии), диаметр отслоения 0,6 см

Динамика изменения переходного сопротивления сенсорного слоя «неэкранирующей» системы



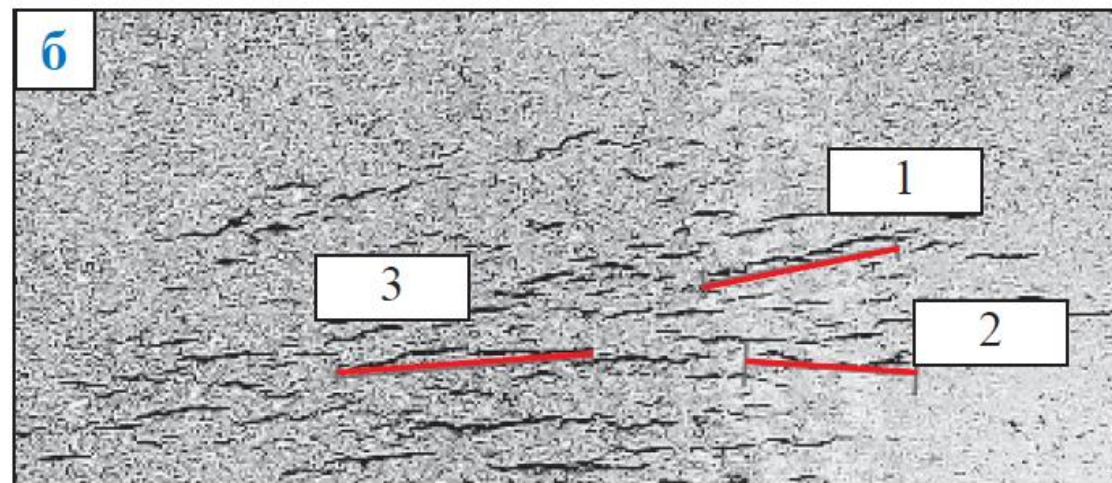
Результаты натурных испытаний ингибированной грунтовки «Деком-ИНГ»

2015 г.



Длина, мм:
1 – $10,5 \pm 0,1$
2 – $8,4 \pm 0,1$
3 – $14,0 \pm 0,1$

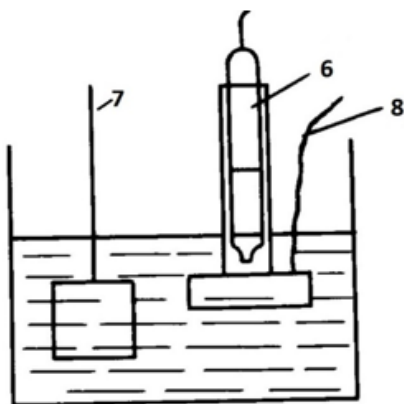
2019 г.



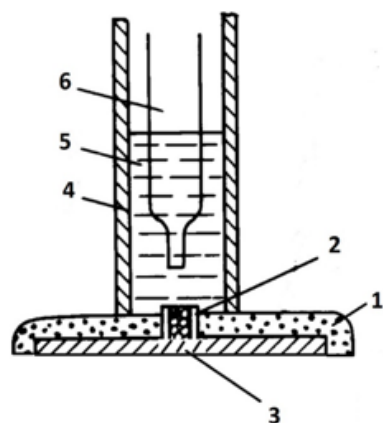
Длина, мм:
1 – $10,5 \pm 0,1$
2 – $8,3 \pm 0,1$
3 – $14,0 \pm 0,1$

Сопоставление размеров дефектов типа КРН до (а) и после (б) опытно-промышленных испытаний, выполненное с использованием программы JAVA Image

Испытания защитного эффекта создаваемых «неэкранирующих» систем

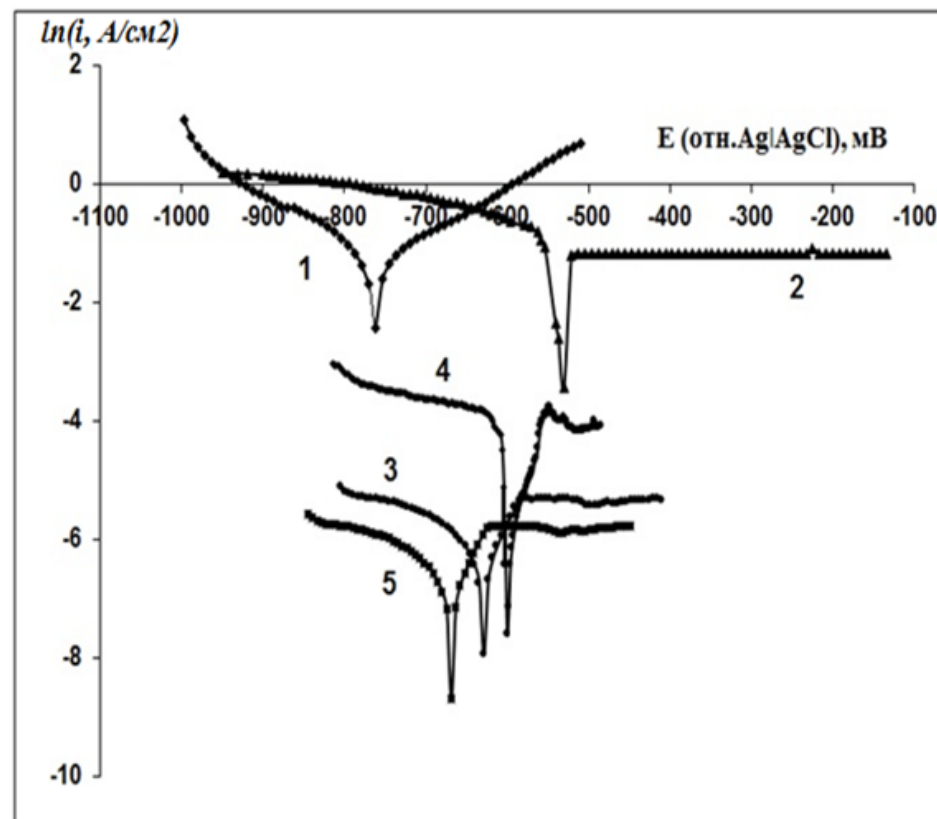


а) Ячейка для проведения коррозионных испытаний



б) Датчик для изучения поведения металла под покрытием

Защитная система	Потенциал коррозии, мВ	ΔG_{298} , кДж/моль	Скорость коррозии, мА/см ²	Эффективность защиты, %
Непокрытая сталь	-765	-148,0	0.065	—
КУ 2-8-Na ⁺	-525	-101,3	0.0063	90,30
КУ 2-8-Zn ²⁺	-665	-128,2	4×10 ⁻⁸	99,99
КУ 2-8-Ni ²⁺	-640	-123,5	1.3×10 ⁻⁷	99,98
Деком-ИНГ + КУ 2-8-Ni ²⁺	-603	-116,2	1.3×10 ⁻⁵	99,99



Поляризационные кривые стали (Ст.3) под изучаемыми полимер-ионитными системами, насыщенными влагой (толщина 300 мкм, насыщение 0.85-0.9 от максимального). Система: 1–непокрытая сталь, 2 – КУ-2-8-Na⁺, 3 – КУ-2-8-Mg²⁺, 4 – КУ-2-8-Ni²⁺, 5 – грунтовка «Деком-ИНГ» + КУ-2-8-Ni²⁺.

Испытания низкоомной обертки «Ланкор-М» на объекте ПАО «Транснефть»



Фото 6 – Общий вид катушки с нанесенным покрытием

Протокол № 1 контроля дефектов катушки трубы на участке с нанесенной битумно-полимерной лентой «Литкор-3» после одного года испытаний

НПС «Приводино»

10.11.2018

5 Дефектная ведомость:

№ п/п	Номер дефекта	Наименование дефекта	Расположение дефекта		Размеры дефекта				Толщина стенки, мм	Примечание (дистанция от начала, мм)
			Угловое положение, град.	Угловое положение, час	Длина, мм	Ширина, мм	Глубина, мм	Глубина, %		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	Потеря металла	215	7:10	95	29	0,60	6,5	9,3	508
2	1	Потеря металла	120	4:00	24	28	0,63	6,8	9,3	595
3	2	Риска	290	9:40	50	285	0,45	4,8	9,3	1090
4	3	Риска	355	11:50	58	342	0,35	3,8	9,3	1665
5	4	Риска	340	11:20	78	382	1,20	12,9	9,3	1805
6	5	Риска	340	11:20	48	362	1,95	21,0	9,3	1935

№ п/п	Номер дефекта	Наименование дефекта	Расположение дефекта		Размеры дефекта				Толщина стенки, мм	Примечание (дистанция от начала, мм)
			Угловое положение, град.	Угловое положение, час	Длина, мм	Ширина, мм	Глубина, мм	Глубина, %		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	15	Група риска с шагом 8 мм	90	3:00	2500	6	0,40	4,3	9,3	0
8	16	Група риска с шагом 8 мм	100	3:20	2500	6	0,30	3,2	9,3	0

Приложение: Фотоматериалы на 4 л. в 1 экз.

Подписи лиц проводившие испытания:

Дефектоскопист ЛНК
Вологодского РНУ
АО«Транснефть-Север»

АО «Транснефть-Север»
Вологодский филиал
А.И. Жданов

Протокол № 2 контроля дефектов катушки трубы на участке с нанесенной токопроводящей лентой «ЛАНКОР-М» после одного года испытаний

НПС «Приводино»

10.10.2018

5 Дефектная ведомость:

№ п/п	Номер дефекта	Наименование дефекта	Расположение дефекта		Размеры дефекта				Толщина стенки, мм	Примечание (дистанция от начала, мм)
			Угловое положение, град.	Угловое положение, час	Длина, мм	Ширина, мм	Глубина, мм	Глубина, %		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	6	Риска	180	6:00	92	78	0,05	0,5	9,3	3625
2	7	Потеря металла	130	4:20	33	47	0,45	4,8	9,3	4495
3	8	Риска	180	6:00	22	43	0,75	8,1	9,3	4565
4	9	Риска	130	4:20	250	20	0,23	2,5	9,3	4760
5	10	Риска	140	4:40	35	133	0,50	5,4	9,3	4500
6	11	Потеря металла	130	4:20	16	43	0,42	4,5	9,3	4595
7	12	Потеря металла	350	11:40	70	20	1,56	16,8	9,3	4682
8	13	Потеря металла	350	11:40	107	78	1,32	14,2	9,3	4282
9	14	Потеря металла	30	1:00	18	39	0,05	0,5	9,3	3882

№ п/п	Номер дефекта	Наименование дефекта	Расположение дефекта		Размеры дефекта				Толщина стенки, мм	Примечание (дистанция от начала, мм)
			Угловое положение, град.	Угловое положение, час	Длина, мм	Ширина, мм	Глубина, мм	Глубина, %		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	15	Група риска с шагом 8 мм	90	3:00	2025	6	0,23	2,5	9,3	2500
11	16	Група риска с шагом 8 мм	100	3:20	2500	6	0,25	2,7	9,3	2500

Приложение: Фотоматериалы на 4 л. в 1 экз.

Подписи лиц проводившие испытания:

Дефектоскопист ЛНК
Вологодского РНУ
АО«Транснефть-Север»

АО «Транснефть-Север»
Вологодский филиал
А.И. Жданов

1. Средний глубинный показатель коррозии под полиэтиленовой оберткой 0,15 мм/год

2. Средний глубинный показатель коррозии под низкоомной оберткой «Ланкор-М» 0,025 мм/год

Разрешающие к применению на объектах ПАО «Газпром» документы

Инструменты

ГАЗПРОМ

Публичное акционерное общество
«Газпром»
(ПАО «Газпром»)

Исполнительному директору
АО «Делан»
В.Ю. Кирсанову

Адрес для почтовой корреспонденции: ВОХ 1208, Санкт-Петербург, 190901
Юридический адрес: Лактинский пр-кт., д. 2, к. 3, стр. 1, Санкт-Петербург, 197220
тел.: (812) 415-74-44, факс: (812) 413-74-45, телекс: 411467 GAZ RU
e-mail: gazprom@gazprom.ru, www.gazprom.ru
ОКПО 00040776, ОГРН 1027703070114, ИНН 7703050033, КПП 781401001

2004.2022 № 06/23/08-187

на № _____ от _____


О внесении продукции в Реестр

Уважаемый Валерий Юрьевич!

Сообщаем Вам о том, что решением постоянно действующей комиссии ПАО «Газпром» по внедрению инновационной продукции (протокол от 18.04.2022 № 07/18/ПРГ-19) в Реестр инновационной продукции для внедрения в ПАО «Газпром» включена реестровая запись:

Идентификационный номер продукции	Наименование инновационной продукции	Разработчик	Дата внесения в Реестр
1.23.7.1	Защитное изоляционное покрытие на основе термостойкой битумно-полимерной грунтовки «ДЕКОМ-ИНГ», содержащей ингибирующую КРН композицию, термостойкого рулонного армированного материала «ДЕКОМ-РАМ», мастичной ленты-обертки «ЛАНКОР-М», не экранирующей токи катодной защиты	АО «Делан»	18.04.2022

Начальник Управления

 В.А. Середёнок

Преимущества применения создаваемых «неэкранирующих» покрытий:

- Возможность реализации концепции «минимизации» коррозионных рисков;
- Эффективная защита при риске возникновения скрытых коррозионных процессов не требующая изменения схемы ЭХЗ трубопровода;
- Защищенность металла трубопровода в межинспекционный период;
- Энергоэффективность;
- Проведение инспекционного контроля состояния поверхности трубопровода классическими электрометрическими методами

Преимущества по сравнению с применяемыми полимерными системами по ГОСТ 51164:

1. Обладает функцией самовосстановления адгезионной связи в условиях катодной поляризации (катодное отслаивание 0,0 см²)
2. Защищает металл от скрытых коррозионных коррозии.
3. Обладает саморегулируемым удельным сопротивлением, позволяя обнаруживать потенциальные дефекты поверхности стандартными электрометрическими методами диагностики.
4. Обладает требуемыми по ГОСТ 51164 защитными характеристиками.

Область применения «неэкранирующих» систем ??

Магистральные стальные трубопроводы требующие повышенного уровня защиты

Например,

- *Подземные трубопроводы с давлением выше 10 МПа;*
- *Трубопроводы с низкой доступностью инспекционного контроля;*
- *Участки трубопроводов с продлеваемым ресурсом;*
- *Участки прилегающие к компрессорным станциям*