

Преимущества дуплексной системы защиты от коррозии **Majorpack MPAG96** в сероводородсодержащих средах

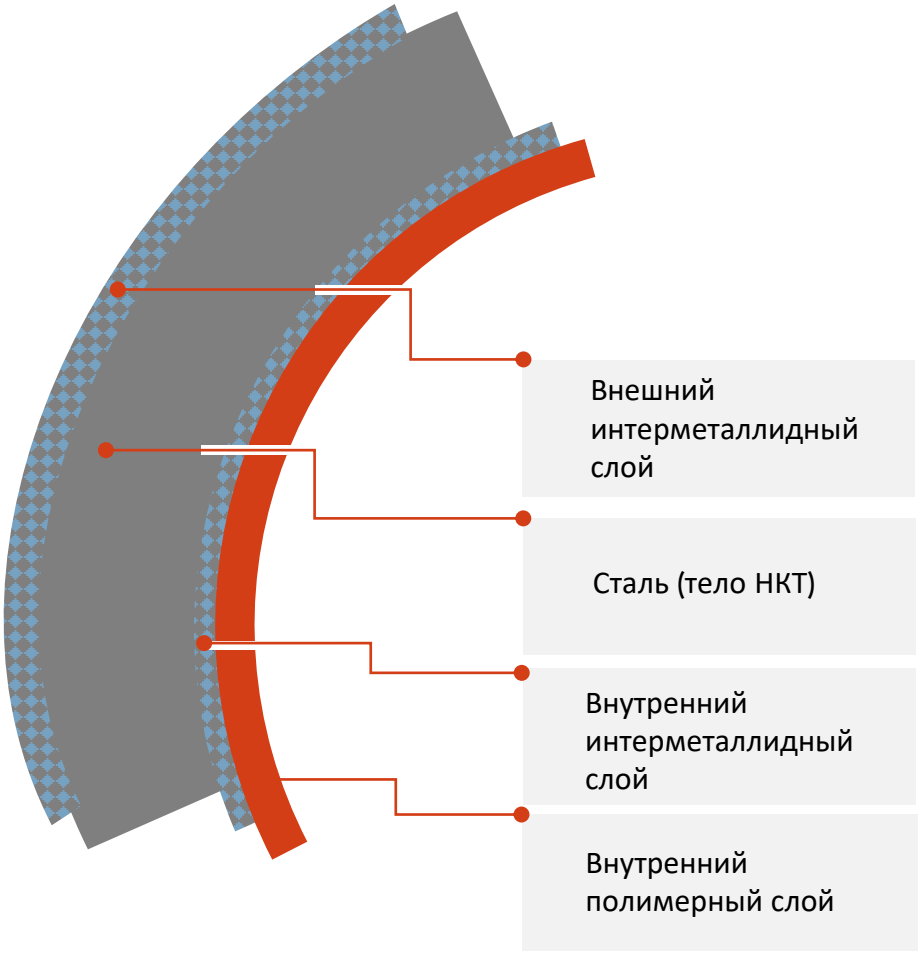
А.И. Цыбин, технический директор ООО "Техновацинк“, к.х.н.

Самара **2024**

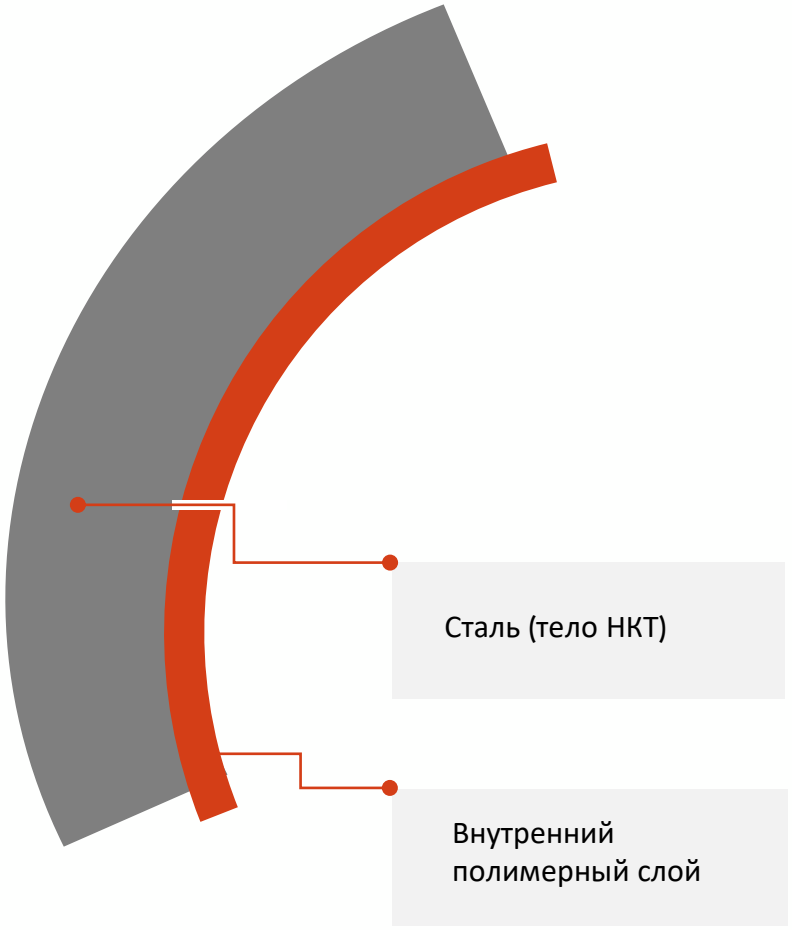
majorpack®

Дуплексная система защиты от коррозии **MPAG96**

MPAG96



MPLAG96



majorpack

Производство **majorpack MPAG96**







Патенты на технологию нанесения покрытий и оборудование

Внедрение результатов НИОКР

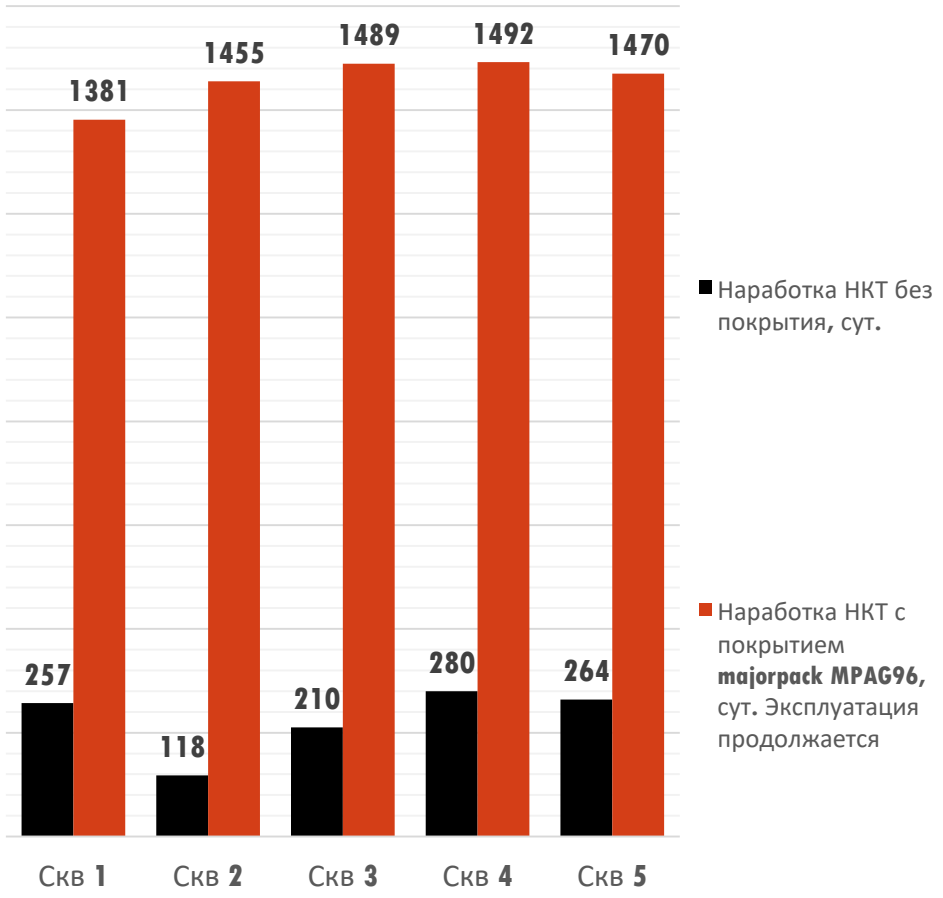
Непрерывное крупнотоннажное производство

100% контроль качества сырья и выпускаемой продукции

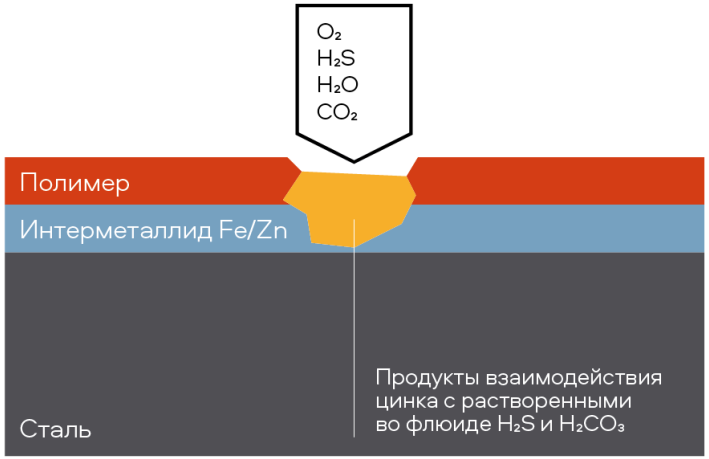
Результаты ОПИ НКТ с покрытием **majorpack MPAG96** на механизированном осложненном фонде скважин

В нефтегазосодержащей жидкости добывающих скважин присутствуют коррозионно-активные компоненты в виде углекислого газа и ионов железа

- величина pH – **6,83**
- содержание CO_2 – **238,8** мг/дм^3
- содержание **H_2S** – **11,9** мг/дм^3
- содержание СВБ – **1000000** кл/см^3
- содержание **Fe^{3+}** – до **40,62** мг/дм^3
- содержание **Fe** общее – **30,83** мг/дм^3
- содержание M**n** – **0,64** мг/дм^3
- содержание O_2 – **7,9** мг/дм^3



Механизм замедления коррозии в присутствии дуплексной системы защиты **majorpack MPAG96**



Свойства продуктов коррозии цинка

Продукты взаимодействия цинка с растворенными во флюиде **H_2S** и **H_2CO_3:**

- нерастворимы в воде

  ПР [**ZnS**(тв)] = **$1,3*10^{-23}$**

  ПР [**$ZnCO_3$**(тв)] = **$1,58*10^{-11}$**

- в процессе формирования образуют плотную кристаллическую массу, что препятствует вымыванию
- инертны к дальнейшему взаимодействию с газами и компонентами флюида, реагируют только с концентрированными кислотами

Химические основы механизма:

- **Zn**(мет) + **H_2S** → **ZnS**(тв)↓ + **H_2**(г)↑
- **Zn**(мет) + **H_2CO_3** → **$ZnCO_3$**(тв)↓ + **H_2**(г)↑

сочетание защитных свойств интерметаллида **Fe/Zn**

эпоксидно-фенольное покрытие

Синергетический эффект при эксплуатации

majorpack

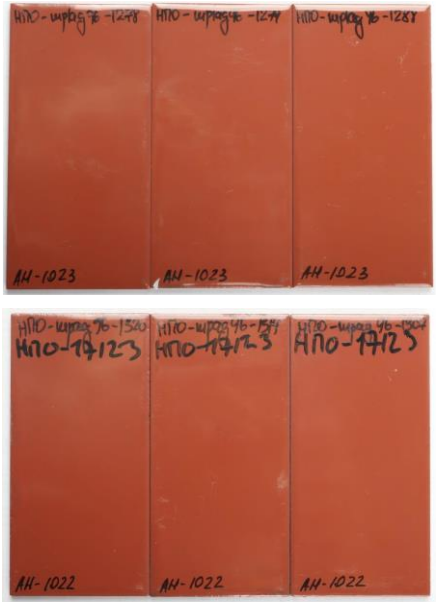
Длительные испытания дуплексной системы защиты **MPAG96** и покрытия **MPLAG96** в модельной H_2S-среде

Проведенные сравнительные испытания систем защиты MPAG96 и MPLAG96 (2019-2023):

- устойчивость к СКРН образцов без повреждений, в том числе в сравнении с легированными сталями
- устойчивость к СКРН при макроповреждениях полимерного слоя (надрезы до металла, большие сколы)
- **Общий вывод:** при краткосрочных лабораторных испытаниях “статического типа” явных преимуществ системы защиты **MPAG96** по сравнению с полимерным покрытием **MPLAG96** **выявить не удалось**

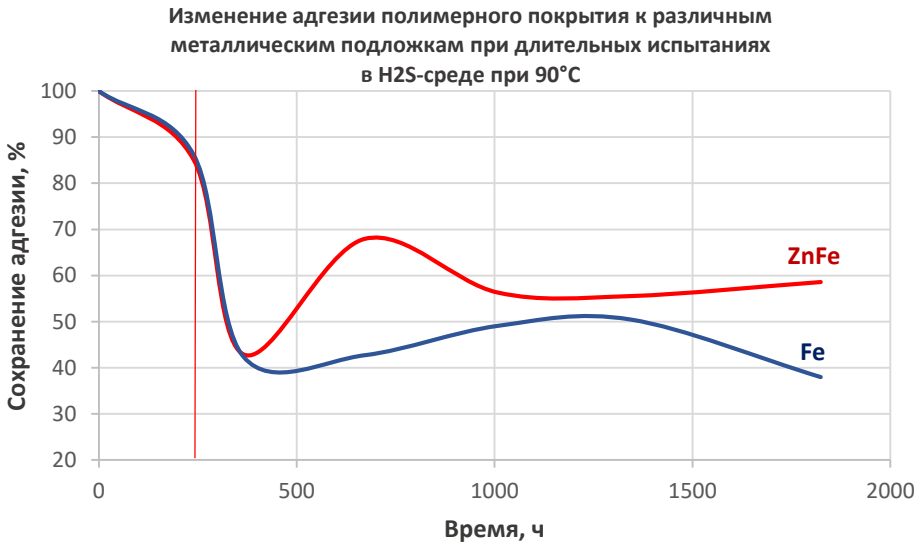
Сравнительные испытания MPAG96 и MPLAG96 и в среде H_2S (2023-2024):

- длительность испытаний заведомо превышает длительность по ГОСТ **58346-2019**
- температура испытаний составила **~ 75%** от максимальной температуры устойчивости к декомпрессии после выдержки в сероводородсодержащих средах в течение **240** часов согласно ГОСТ **58346-2019**
- контроль физико-механических свойств на макроуровне и сопоставление результатов с данными РСА по микроструктуре и элементному анализу фаз



Образцы до испытаний

Изменение макроскопических характеристик дуплексной системы защиты **MPAG96** и покрытия **MPLAG96** в ходе испытаний в сероводородсодержащей среде



Модельная среда и оценка результатов:

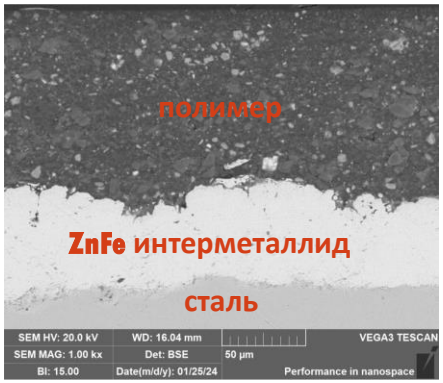
- водный **5%** раствор **NaCl**
- **10** атм H_2S
- **90**°C, **~75%** от максимальной рабочей температуры по H_2S
- выемка и испытания через **336, 672, 1008, 1344** и **1824** ч

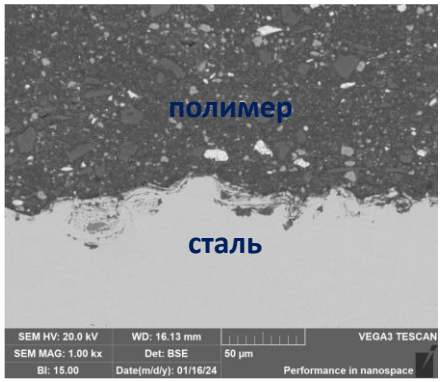


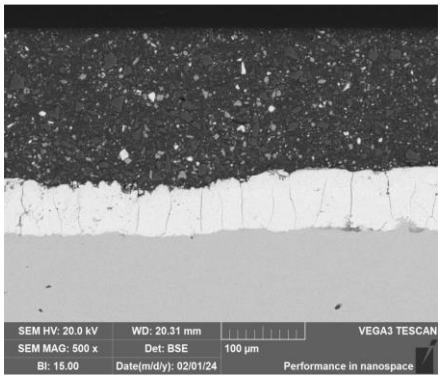
Образцы после испытаний

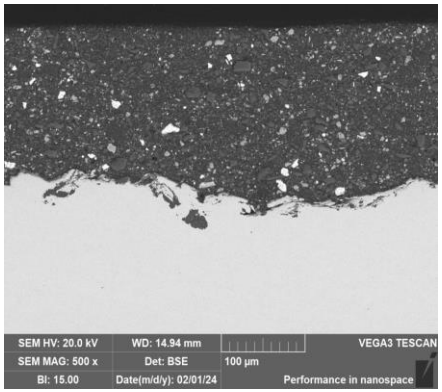
majorpack®

Изменение структуры на границе раздела фаз “металлическая подложка – полимерное покрытие” дуплексной системы защиты **MPAG96** и покрытия **MPLAG96** и в **H_2S**-среде через **336** и **672** часа









Микроструктура образцов MPAG96

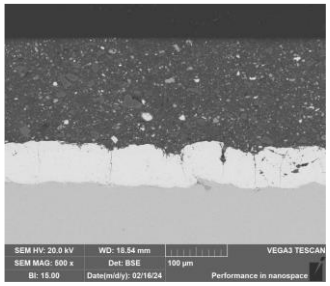
Без изменений

Микроструктура образцов MPLAG96

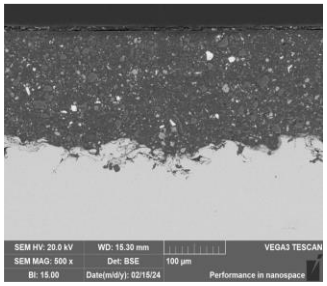
Без изменений

majorpack

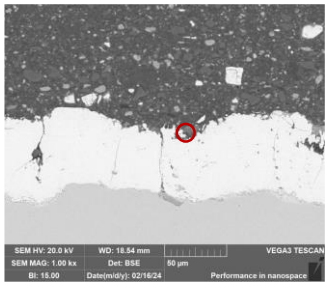
Изменение структуры на границе раздела фаз “металлическая подложка – полимерное покрытие” дуплексной системы защиты **MPAG96** и покрытия **MPLAG96** и в **H_2S**-среде через **1008** часов



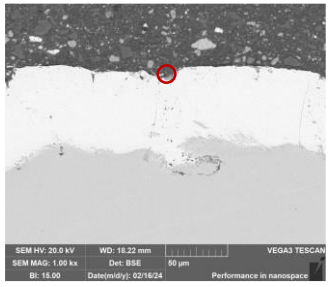
x100



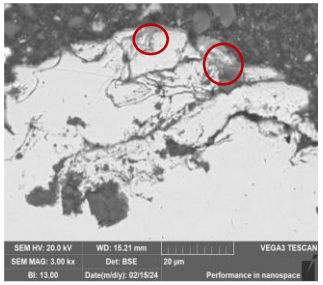
x100



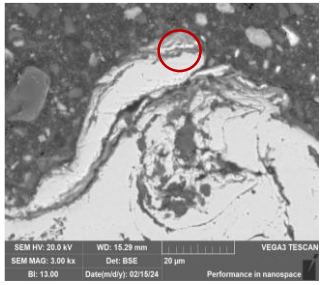
x500



x500



x1000



x1000

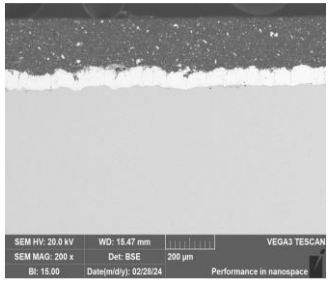
Элемент	C	O	Zn	Si	S	Fe
1	15,98	9	67,53	-	**5,52**	1,97
2	12,46	7,7	72,42	0,06	**3,35**	4

Элемент/№ точки	C	O	Si	Ti	Al	Mn	S	Fe
1	3,77	2,58	0,28	2,02	1,33	0,44	**6,56**	83,02
2	9,47	7,12	0,64	0,97	4,21	0,04	**19,4**	58,15
3	13,89	6,24	0,39	0,82	1,41	-	**18,48**	58,76

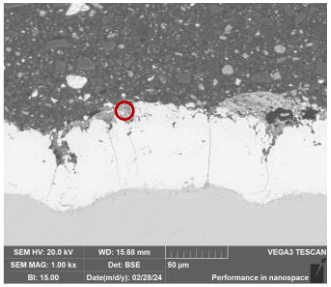
Микроструктура образцов MPAG96, на границе раздела фаз ZnFe интерметаллид – сталь серосодержащие продукты коррозии отсутствуют

Микроструктура образцов MPLAG96, наблюдаются значительные количества серосодержащих продуктов коррозии на границе раздела фаз сталь – полимерный слой

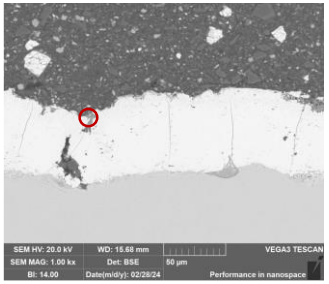
Изменение структуры на границе раздела фаз “металлическая подложка – полимерное покрытие” дуплексной системы защиты **MPAG96** и покрытия **MPLAG96** и в H_2S-среде через **1344** часа



x**200**



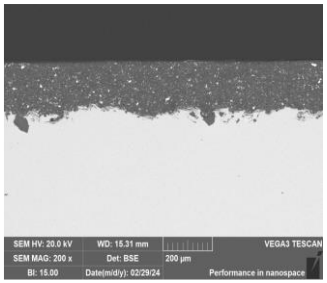
x**1000**



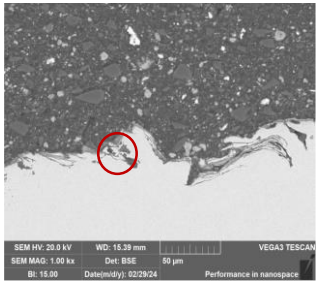
x**1000**

Элемент	C	O	Zn	Si	S	Fe
1	17,53	8,67	64,56	-	**8,21**	1,03
2	19,19	9,84	64,48	-	**5,27**	1,22

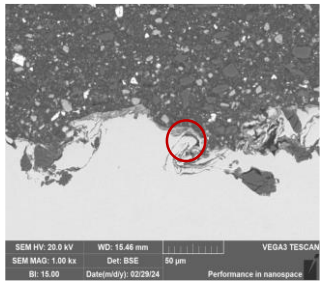
Микроструктура образцов MPAG96, на границе раздела фаз ZnFe интерметаллид – сталь серосодержащие продукты коррозии отсутствуют



x**200**



x**1000**



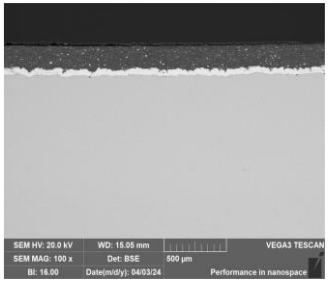
x**1000**

Элемент	C	O	Si	Ti	Al	S	Fe
1	12,02	6,67	-	0,69	1,32	**21,9**	57,4
2	9,75	8,61	0,45	-	3,28	**18,1**	59,82

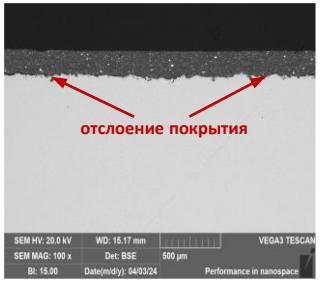
Микроструктура образцов MPLAG96, наблюдаются значительные количества серосодержащих продуктов коррозии на границе раздела фаз сталь – полимерный слой

majorpack

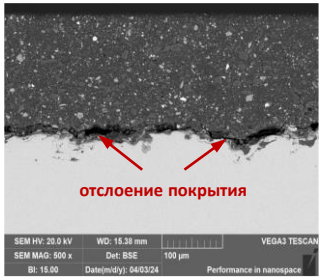
Изменение структуры на границе раздела фаз “металлическая подложка – полимерное покрытие” дуплексной системы защиты **MPAG96** и покрытия **MPLAG96** и в **H_2S**-среде через **1824** часа



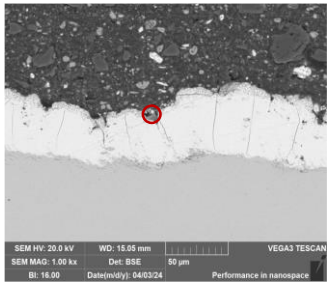
x**100**



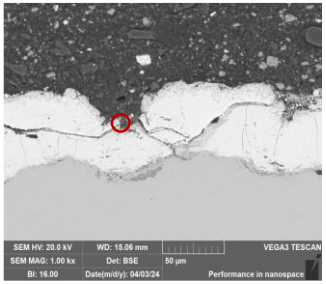
x**100**



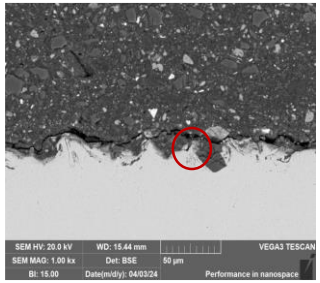
x**500**



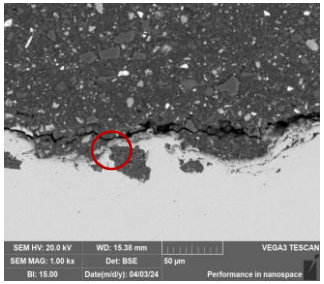
x**1000**



x**1000**



x**1000**



x**1000**

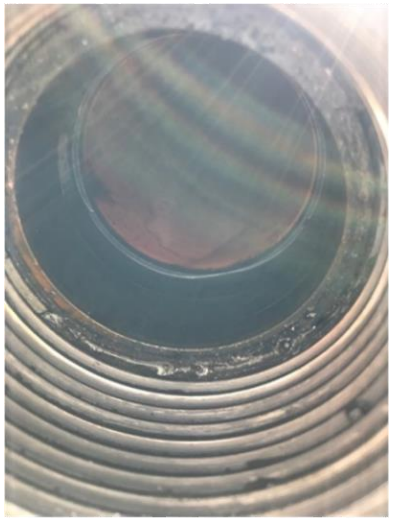
Элемент/№ точки	C	O	Zn	Ca	S	Fe
1	14,47	3,98	76,08	-	**4,05**	1,42
2	10,74	4,55	70,07	11,55	**0,61**	2,43

Элемент/№ точки	C	O	Si	Ti	Al	S	Fe
1	33,94	8,89	0,41	0,76	2,18	**6,33**	47,49
2	13,45	3,44	0,57	-	2,24	**13,6**	66,70

Микроструктура образцов MPAG96, на границе раздела фаз ZnFe интерметаллид – сталь серосодержащие продукты коррозии отсутствуют

Микроструктура образцов MPLAG96, наблюдается деламинация полимерного слоя и значительные количества серосодержащих продуктов коррозии на границе раздела фаз сталь – полимерный слой

Выводы

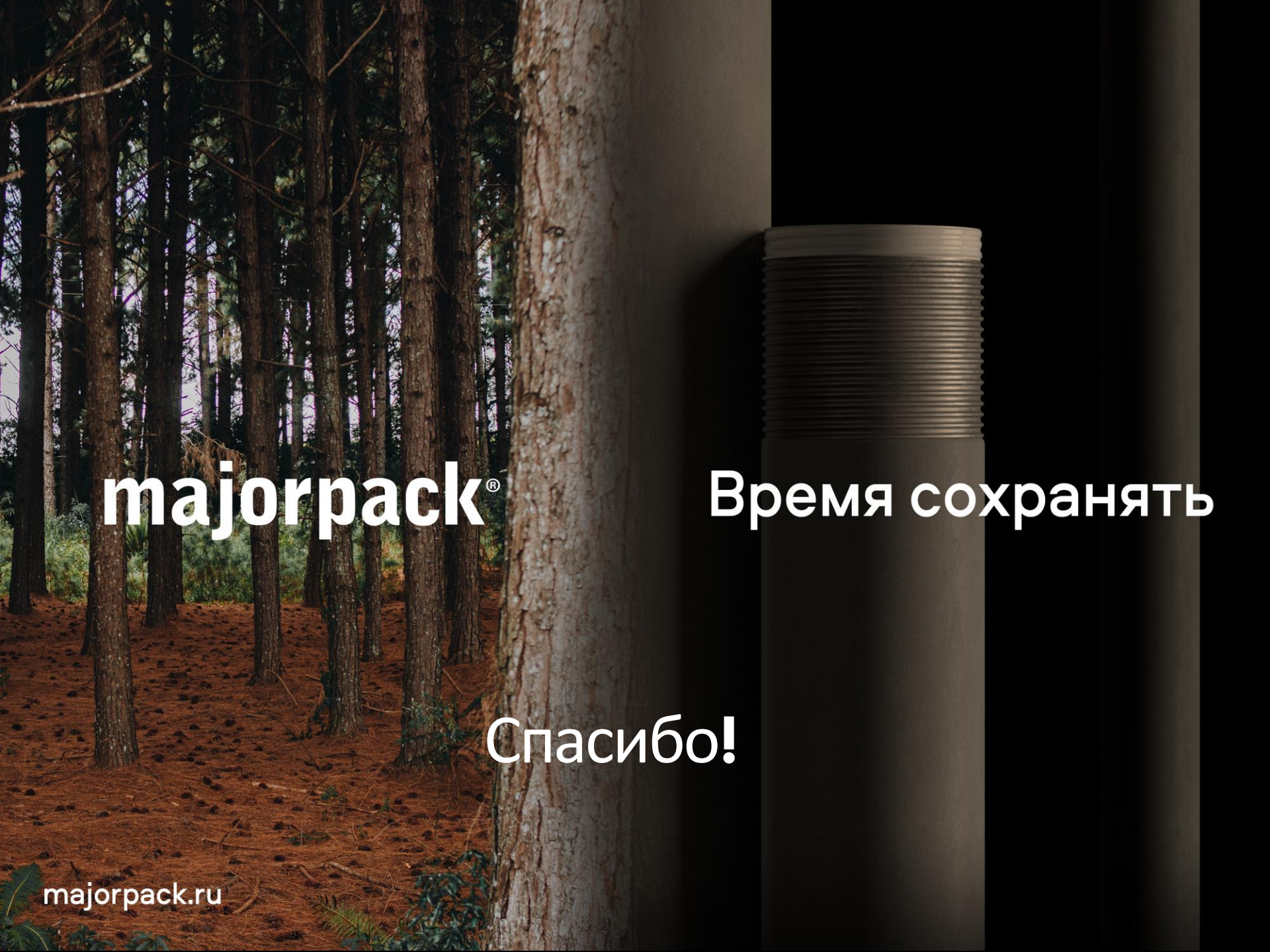




- успешно проведены испытания, однозначно демонстрирующие преимущества дуплексной системы защиты от коррозии **MPAG96** по сравнению с защитным покрытием **MPLAG96**

- подтвержден различный характер изменения с течением времени локальных очагов коррозии в металле на границах раздела фаз «полимер-металлическая подложка» для различных металлических подложек **MPAG96** и **MPLAG96**. При появлении локального подпленочного микроочага коррозии на **Fe**-подложке происходит его постепенное разрастание по всей поверхности металла с последующей деламинацией полимерного покрытия. При появлении аналогичного микроочага коррозии на **ZnFe**-подложке его распространение по всей поверхности не происходит, деламинация полимерного покрытия не наблюдается

- кроме того, **ZnFe**-подложка является частью системы защиты от коррозии. Другими словами, в случае использования системы защиты от коррозии **MPAG96** удается предотвратить деградацию основного материала стали НКТ при эксплуатации в чрезвычайно агрессивных средах


majorpack®
Время сохранять
Спасибо!
majorpack.ru