ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНЖИНИРИНГ

ЛОКАЛЬНАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛА ТРУБОПРОВОДОВ С ТРАНСПОРТИРУЕМЫМИ СРЕДАМИ, ОСЛОЖНЕННЫМИ ПРИСУТСТВИЕМ КОРРОЗИОННО-АКТИВНОГО БИОЦЕНОЗА

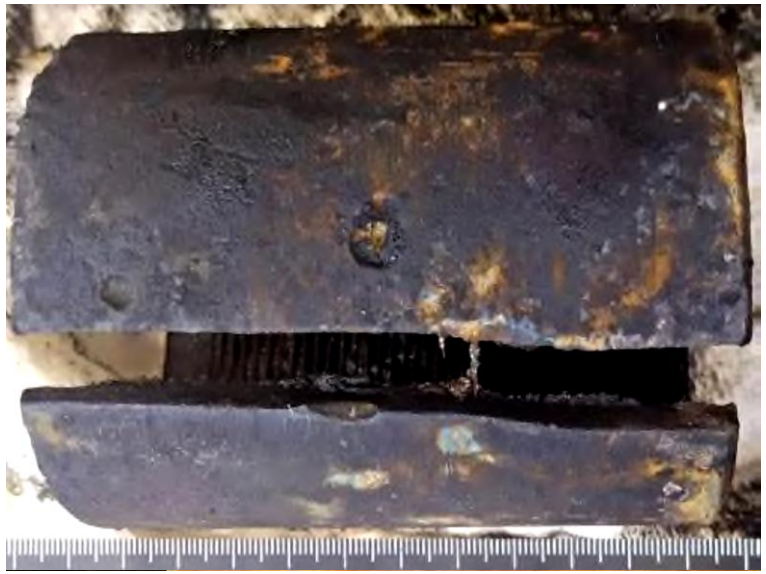
Докладчик:
Инженер ООО «ИТ-Сервис»
Крюков Никита Алексеевич



ВВЕДЕНИЕ

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ КОРРОЗИИ:

1. Коррозионное растрескивание



2. Электрохимическая коррозия



3. Биологическая коррозия



Биологическая коррозия. Роль бактерий

Биоценоз-сообщество взаимосвязанных организмов, в котором продукты жизнедеятельности одних бактерий являются продуктами питания для других.

Главную роль в коррозионной деятельности бактерий нефтяного биоценоза играют:

- Сульфатвосстанавливающие бактерии (СВБ/СРБ) – анаэробные, которые образуют сероводород при восстановлении сульфатов. Деятельность сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ) - основа образования локальных сквозных язв т.к. именно СВБ являются причиной анаэробной катодной деполяризации металла сульфидом железа.

- Тионовые бактерии (ТБ) (тионовые- от лат. назв.серы), окисляя соединения серы (сульфиды и серу) потребляют кислород и образуют сульфаты.

- Железоокисляющие бактерии (ЖБ) - активно потребляют кислород окисляя железо и образуя нарост в виде слоя ржавчины, который скреплен бактериальной слизью, защищающий СВБ от кислородсодержащего потока транспортируемой среды.

- Углеводородокислящие (УОБ) - окисляют углеводороды нефти, утяжеляют ее и поставляют органические питательные вещества для СВБ.

Методы определения биологического наличия микроорганизмов

1. ПОСЕВ (*NACE TM0212, NACE TM0106*)



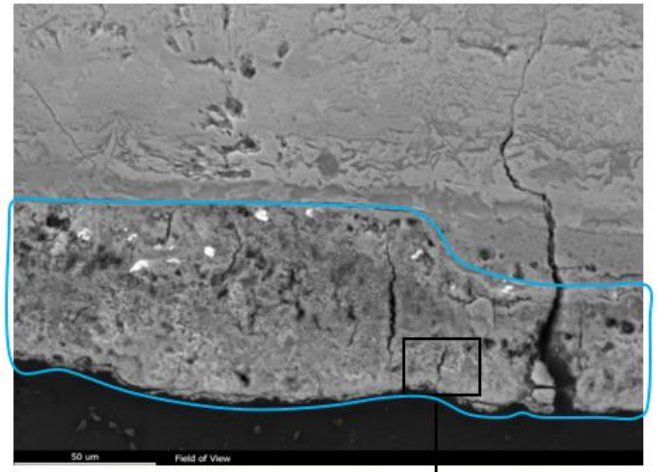


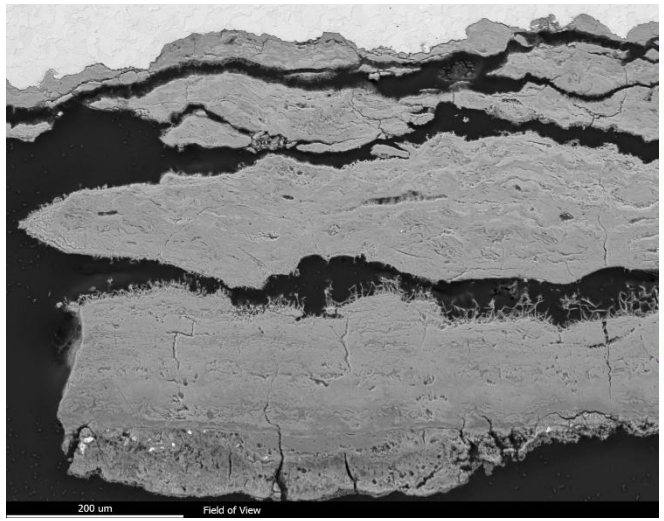


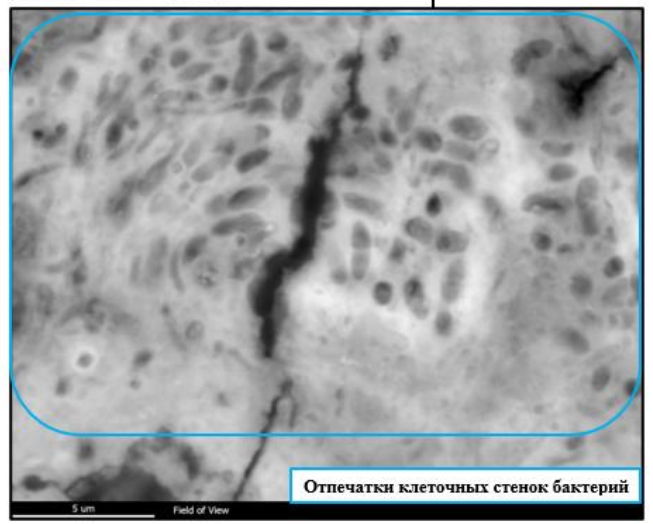


2. Отпечаток бактерий на сканирующем электронном микроскопе

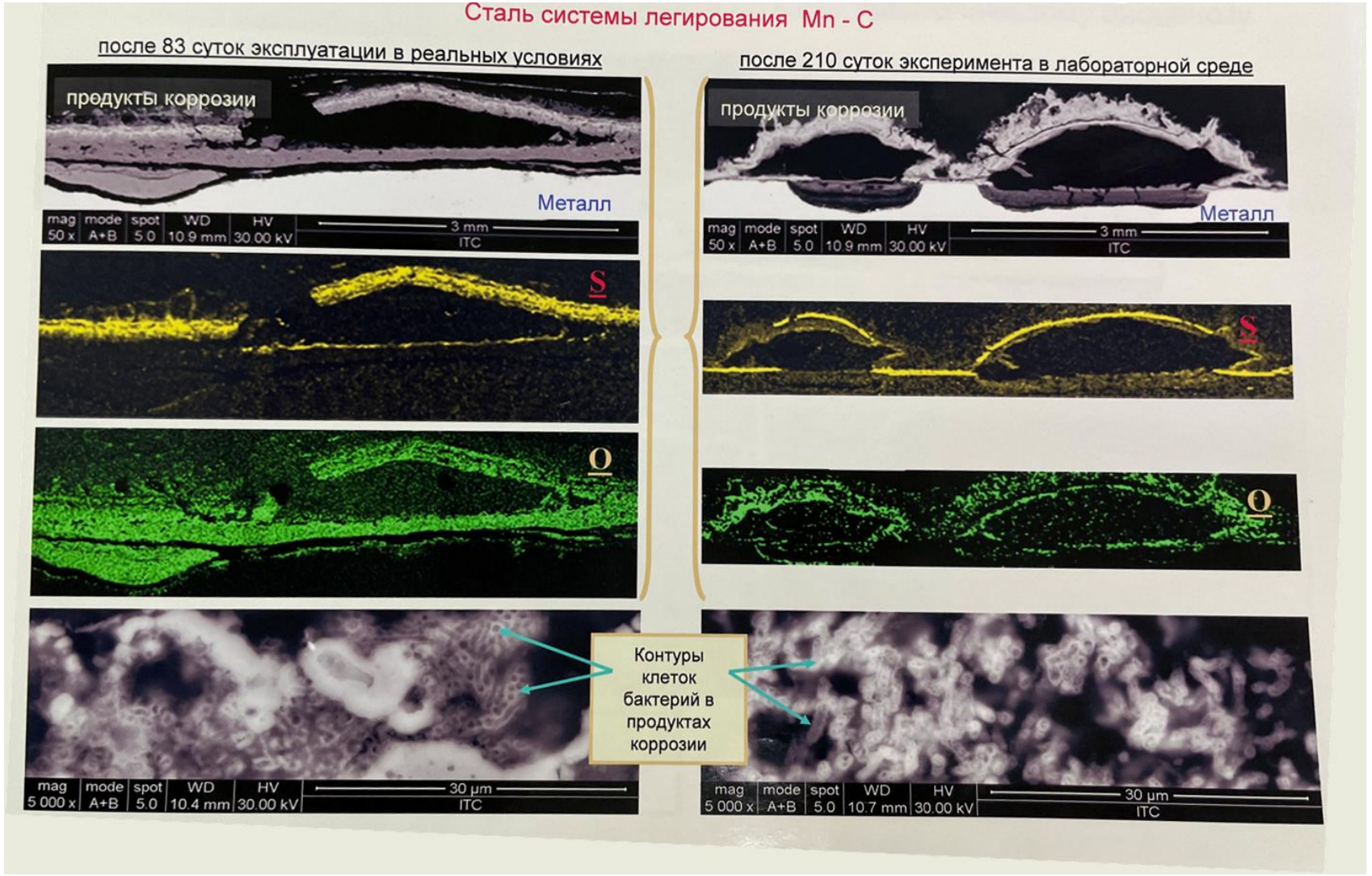








Сечение продуктов коррозии на образцах труб после эксплуатации в реальных и лабо-раторных условиях



Анализ причины отказа технологического трубопровода Ø530х10 из стали 13ХФА, К52





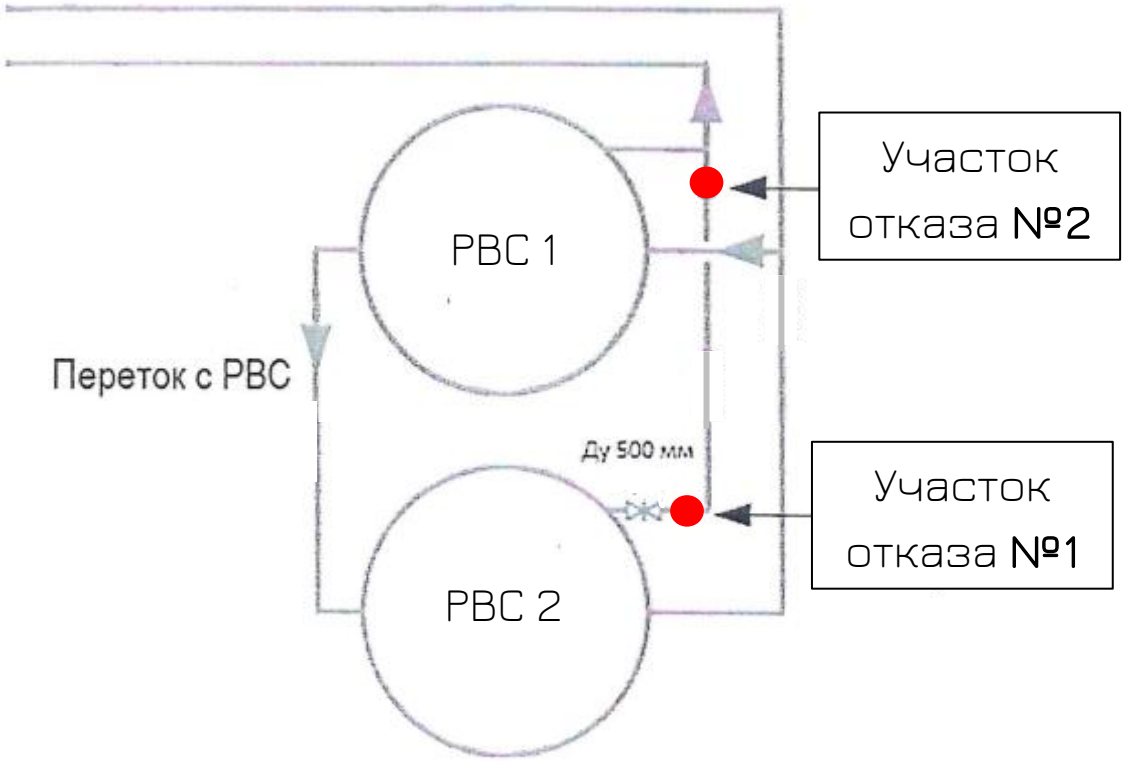
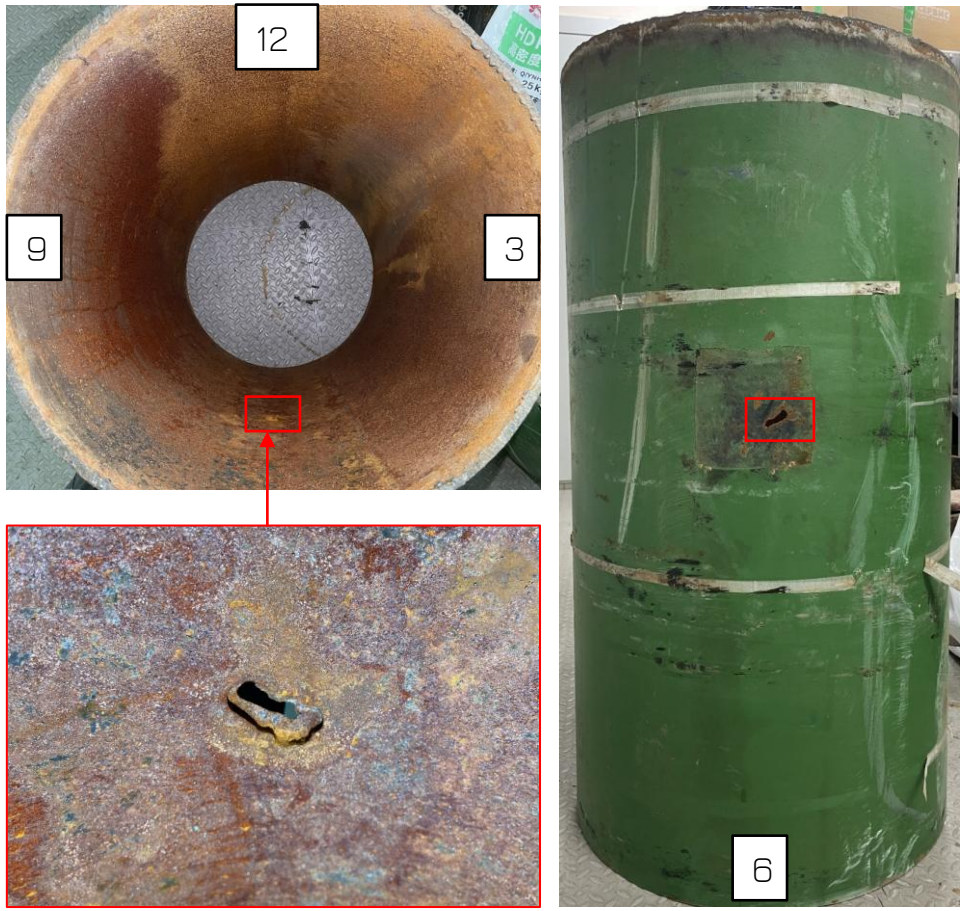


Таблица 1. Условия эксплуатации

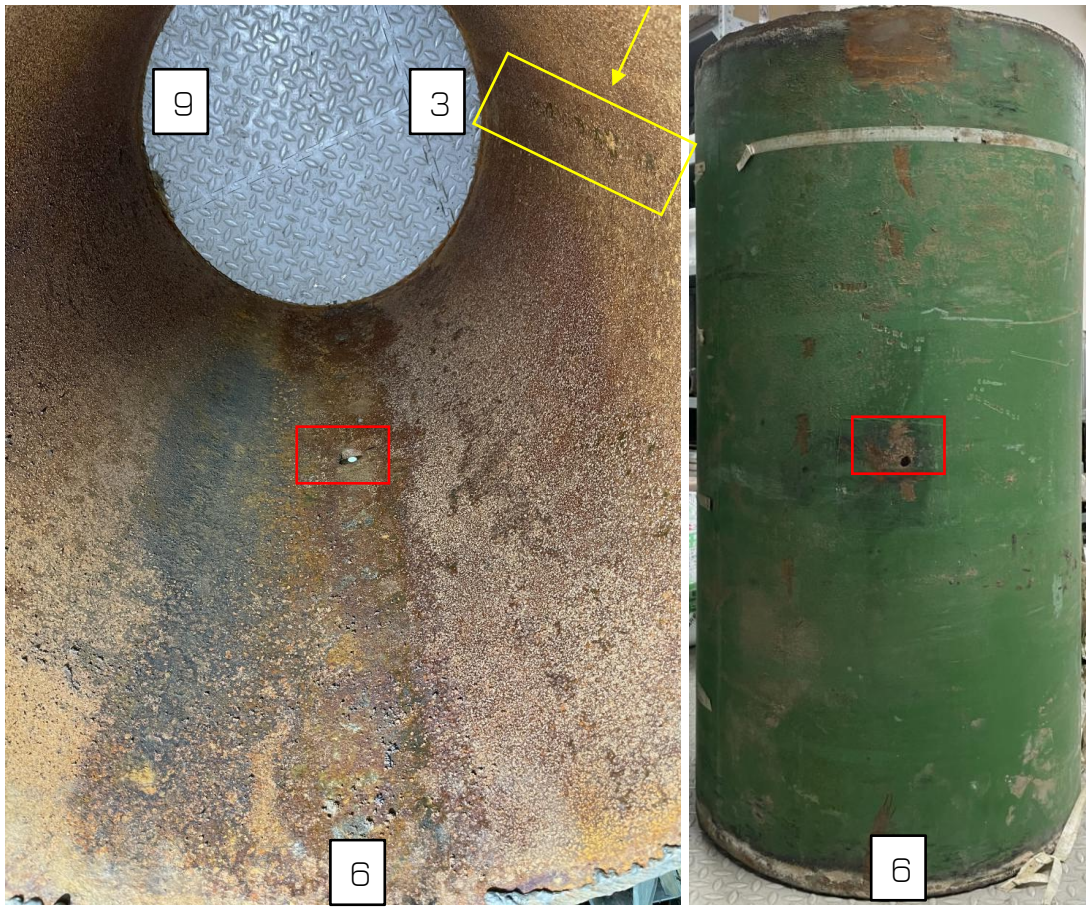
Срок эксплуатации:	8 месяцев
Перекачиваемая среда:	Подтоварная вода, Пластовая вода
Температура перекачиваемой среды, °С	+20...+22
Давление, Мпа	0,02-0,11

Анализ причины отказа технологического трубопровода Ø530х10 из стали 13ХФА, К52



Участок №1 трубопровода, по поступлении

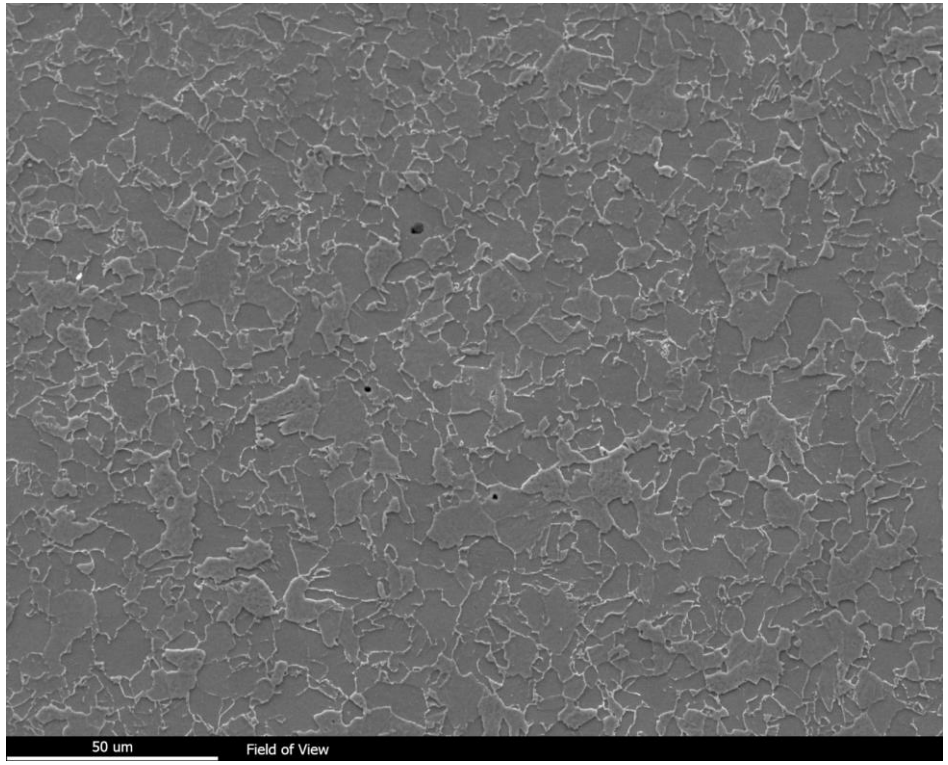
Язвенный ручеек

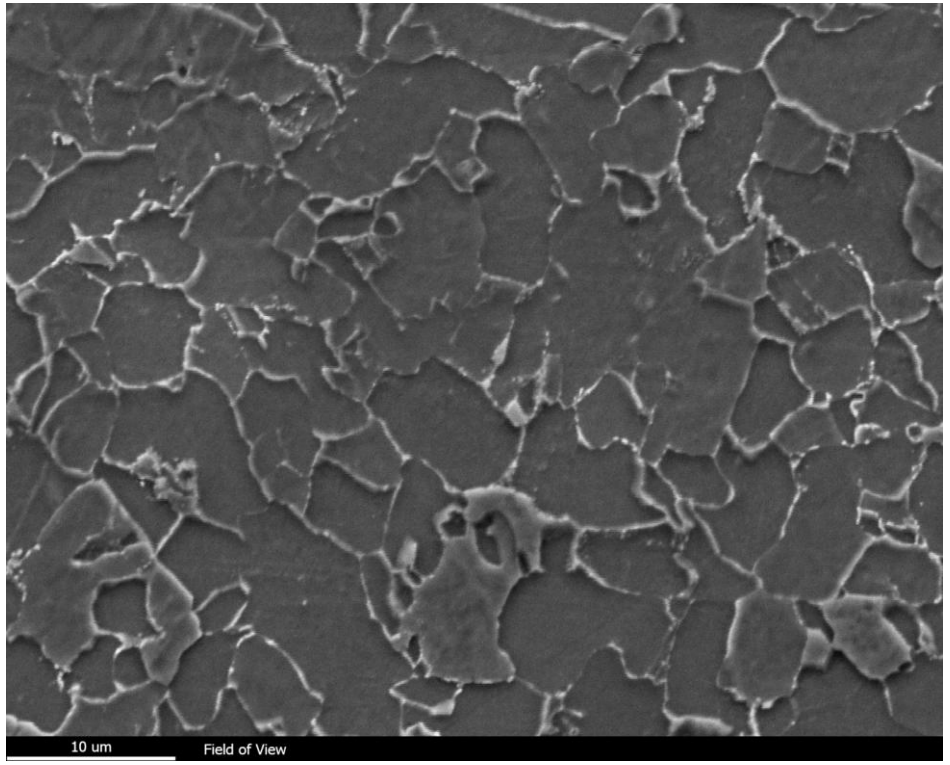


Участок №2 трубопровода, по поступлении

Свойства материала трубы Ø530х10

Микроструктура





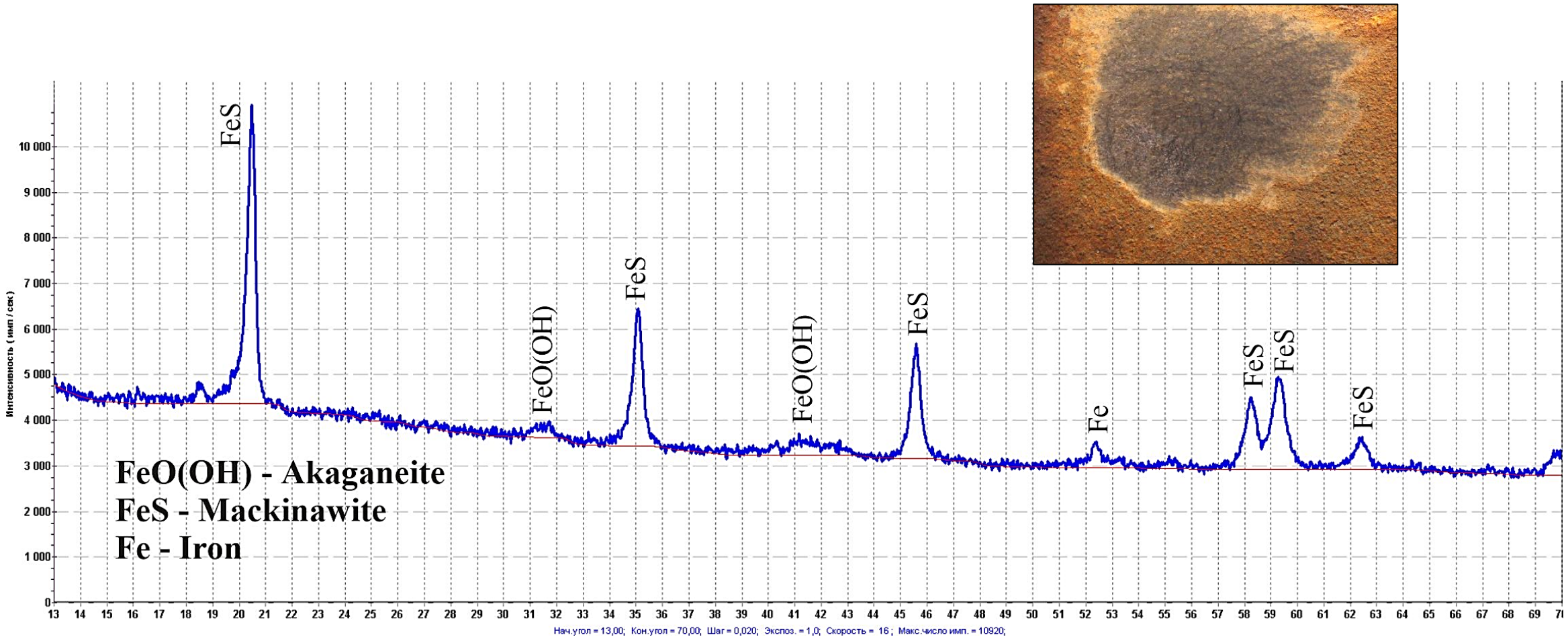
Химический состав

Массовая доля элементов, %											
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	Cu	V	Nb	Ti
0,06	0,24	0,63	0,005	0,001	0,56	0,07	0,03	0,13	0,04	0,03	0,003
Требования ТУ 1380-075-05757848-2013 для стали 13ХФА											
0,04-0,13	0,17-0,37	≤0,70	≤0,015	≤0,005	0,50-0,70	≤0,30	0,02-0,05	≤0,30	0,04-0,09	≤0,03	≤0,040

Твердость материала

		Значения твердости, HRB		
Труба	наруж.	89,0	89,0	88,5
	центр.	90,0	90,0	89,5
	внутр.	91,0	90,5	90,5

Рентгенофазовый анализ коррозионных отложений трубопровода



Рентгенофазовый анализ коррозионных отложений с внутренней поверхности трубы

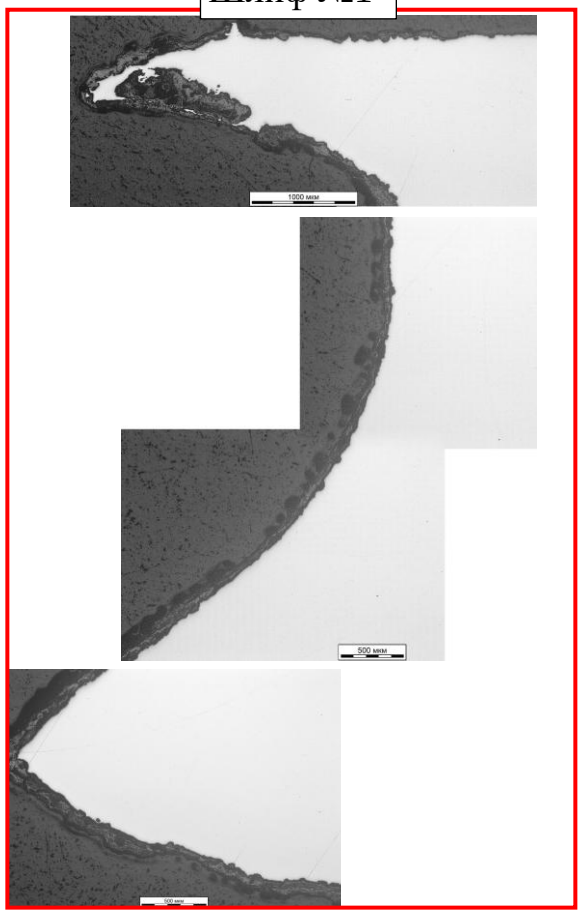
Внешний вид сквозного коррозионного поражения и состав отложений продуктов коррозии с фрагмента трубы (участок №1)

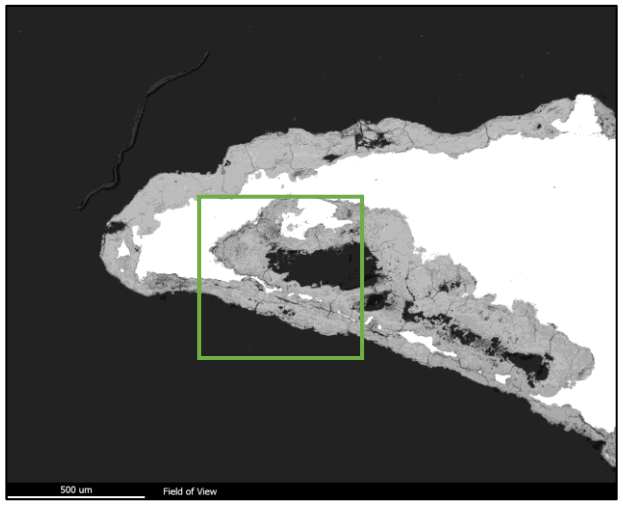


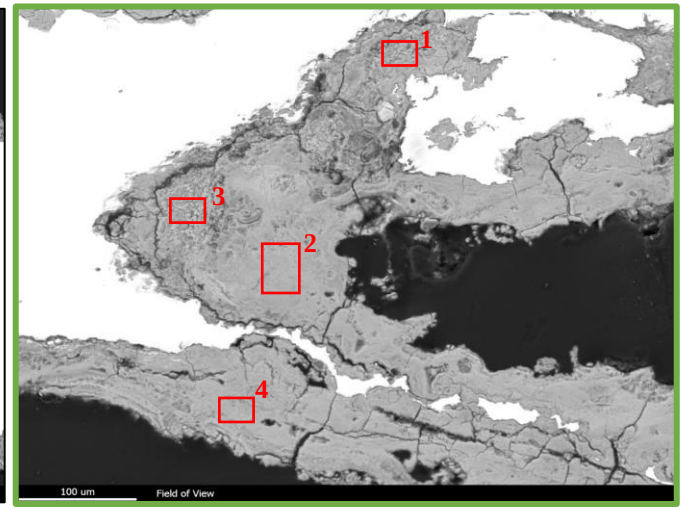




Шлиф №1



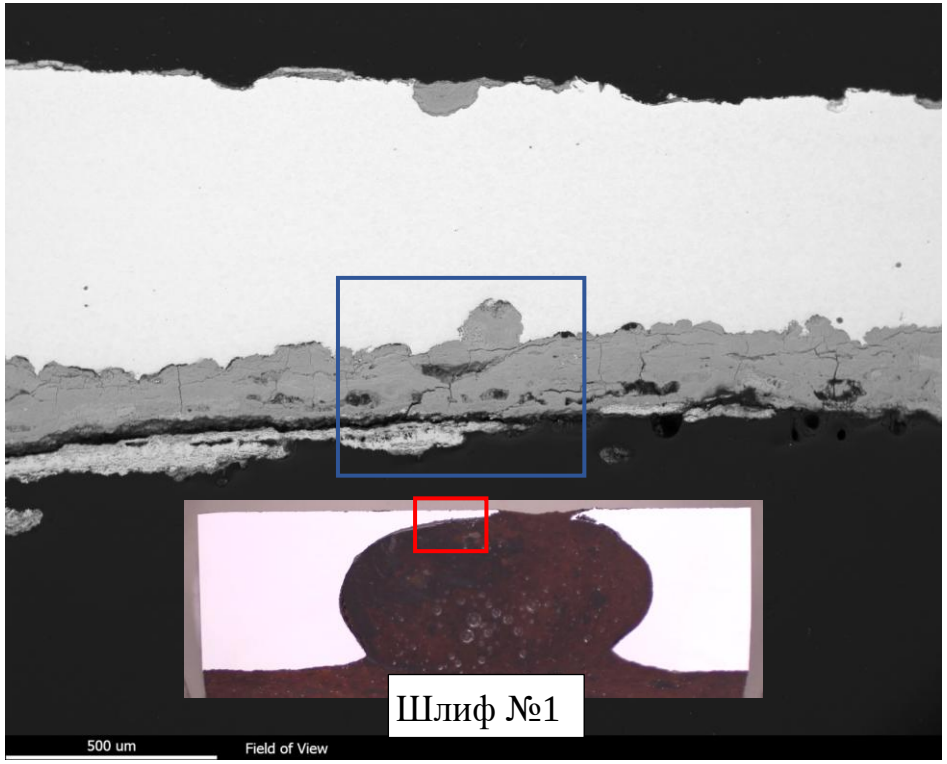


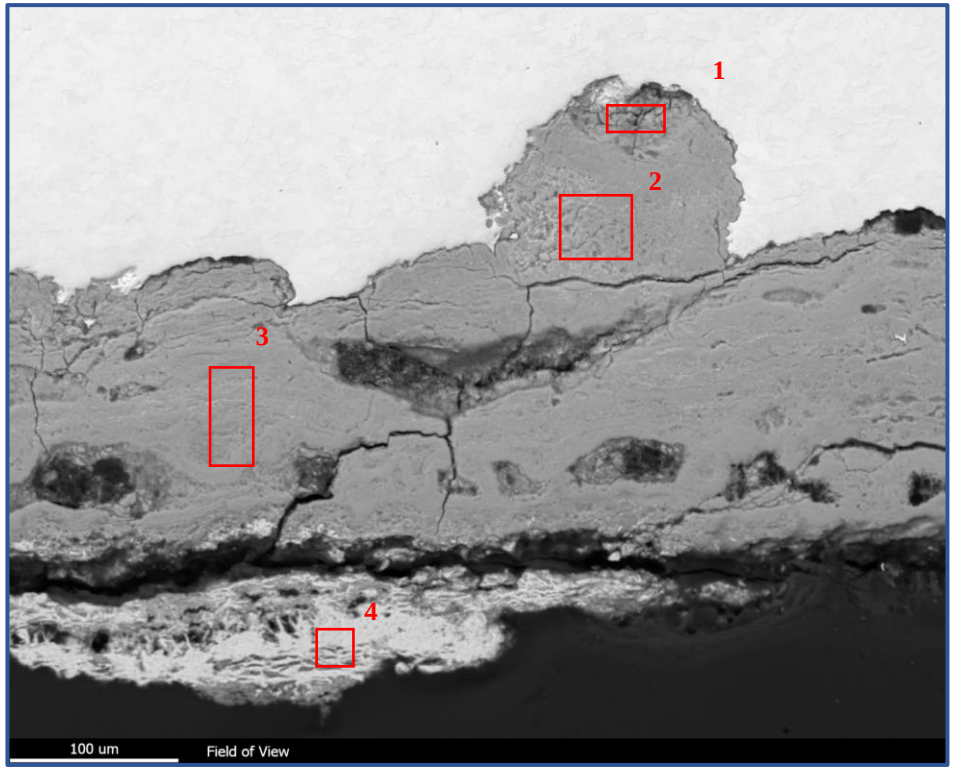


Химический состав продуктов коррозии

	C	O	Si	S	Ca	Fe	Mn	Cr	Cu	Ni	V
1	12.06	21.47	0	2.76	0	Ост.	0.75	0.95	3.98	0	0
2	4.35	30.57	0.19	0	0.58	Ост.	0.95	0	0	0	0
3	11.59	19.29	0	3.80	0	Ост.	1.04	1.33	5.23	1.94	0.59
4	4.84	29.29	0	0.80	0	Ост.	0.44	0.22	0	0	0

Внешний вид сквозного коррозионного поражения и состав отложений продуктов коррозии с фрагмента трубы (участок №1)

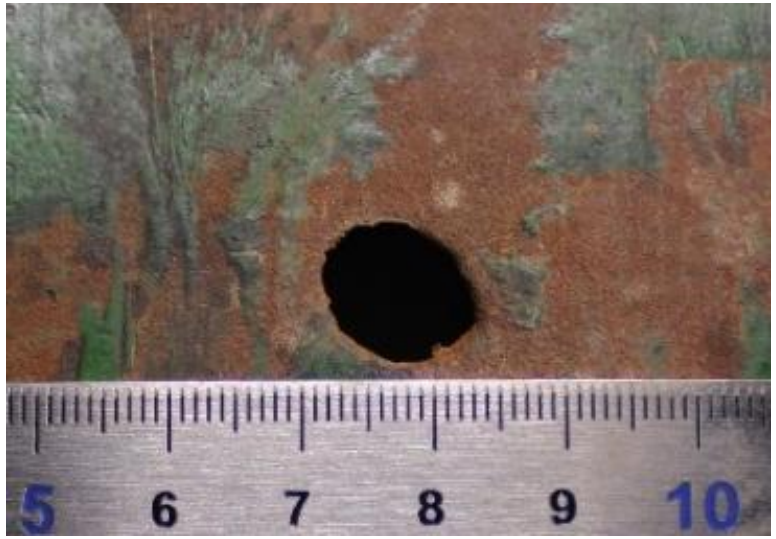




Химический состав продуктов коррозии

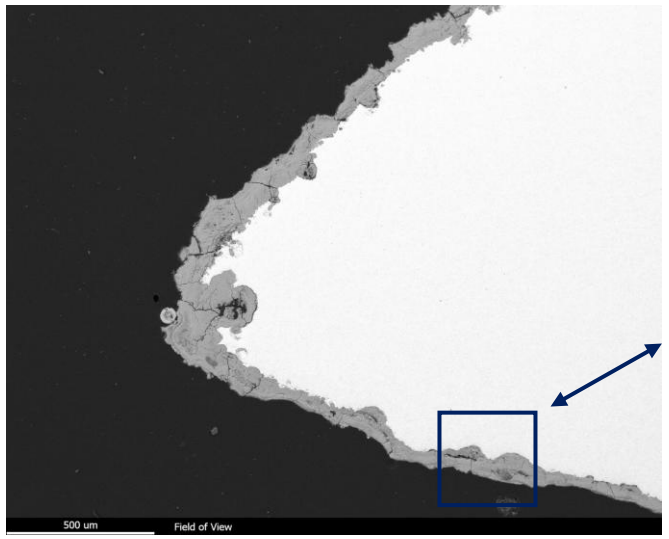
	C	O	Si	S	Fe	Mn	Cr
1	8.16	21.40	1.21	1.69	Ост.	0.54	1.81
2	4.61	23.89	0.45	0.39	Ост.	0.82	1.94
3	4.70	27.03	0.27	0.80	Ост.	0.56	0.53
4	11.65	0	0	31.40	Ост.	0	0

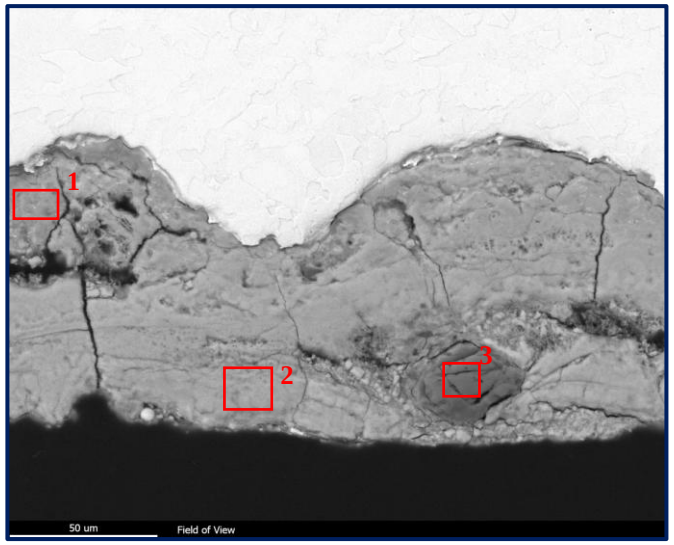
Внешний вид сквозного коррозионного поражения и состав отложений продуктов коррозии с фрагмента трубы (участок №2)







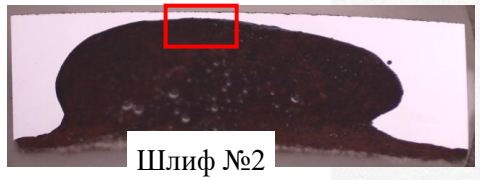




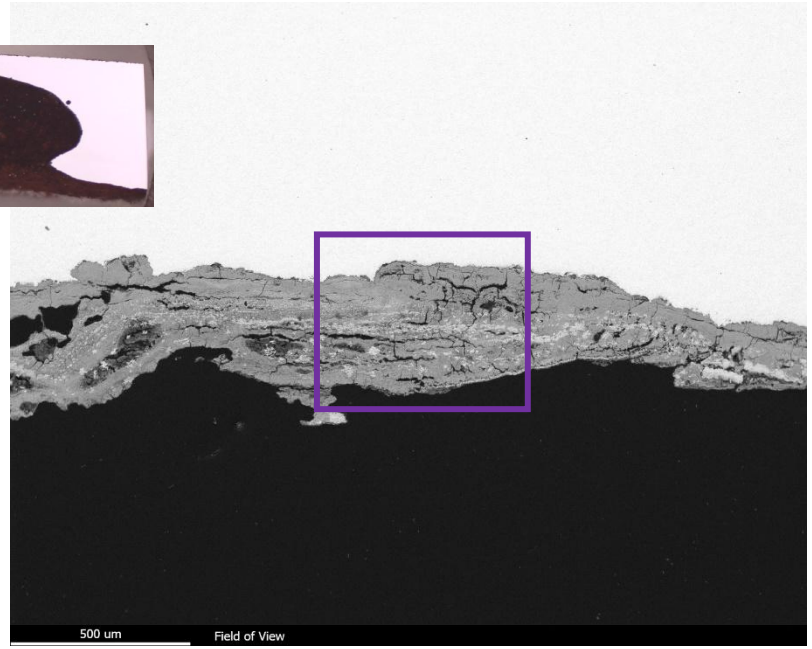
Химический состав продуктов коррозии

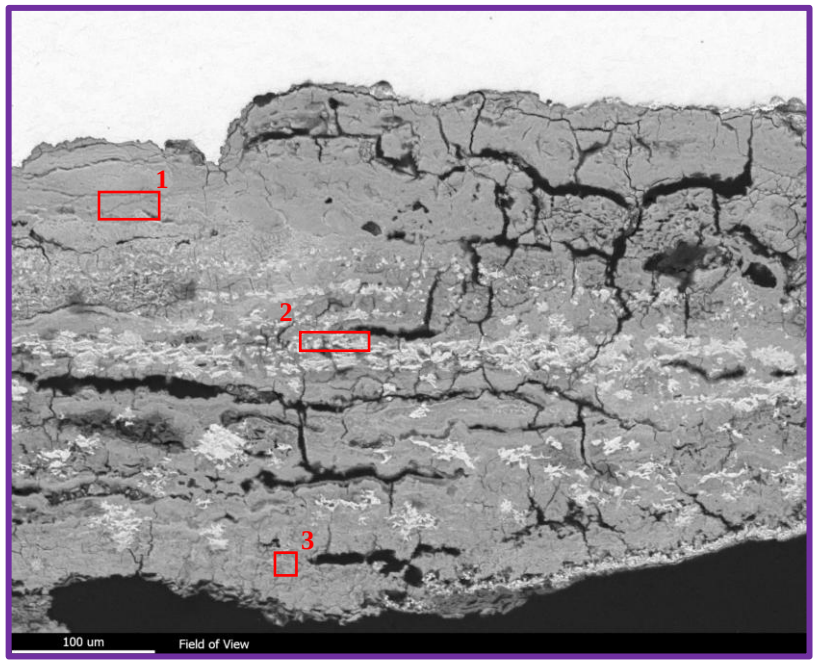
	C	O	Si	S	Fe	Mn	Cr	Cl	K	Al
1	4.77	23.91	0.54	0.32	Ост.	0.47	2.18	0.62	0	0
2	4.92	26.65	0.38	0.57	Ост.	0.25	0	0.71	0	0
3	4.22	31.55	38.02	0	Ост.	0	0	0	13.07	11.85

Состав продуктов коррозии на поверхности трубы с аварийного участка №2



Шлиф №2



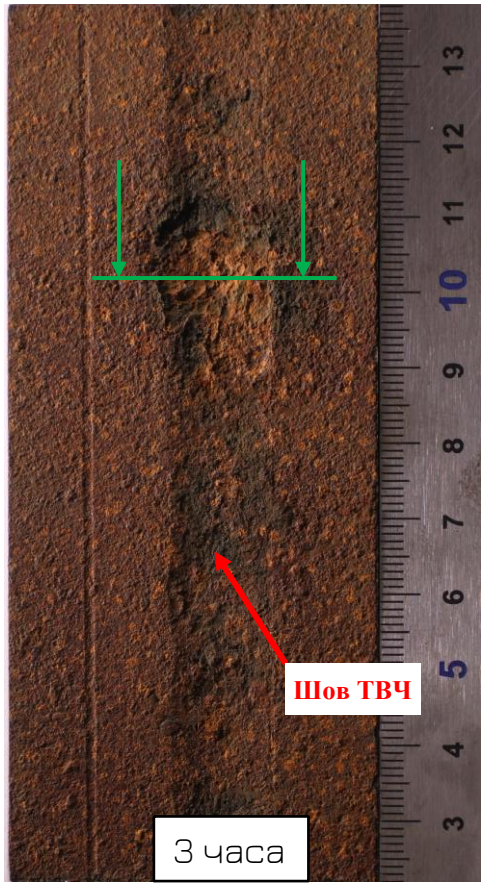


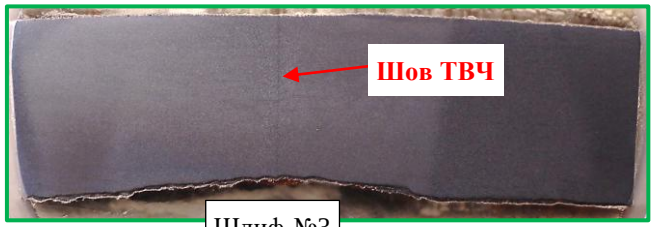
Химический состав продуктов коррозии

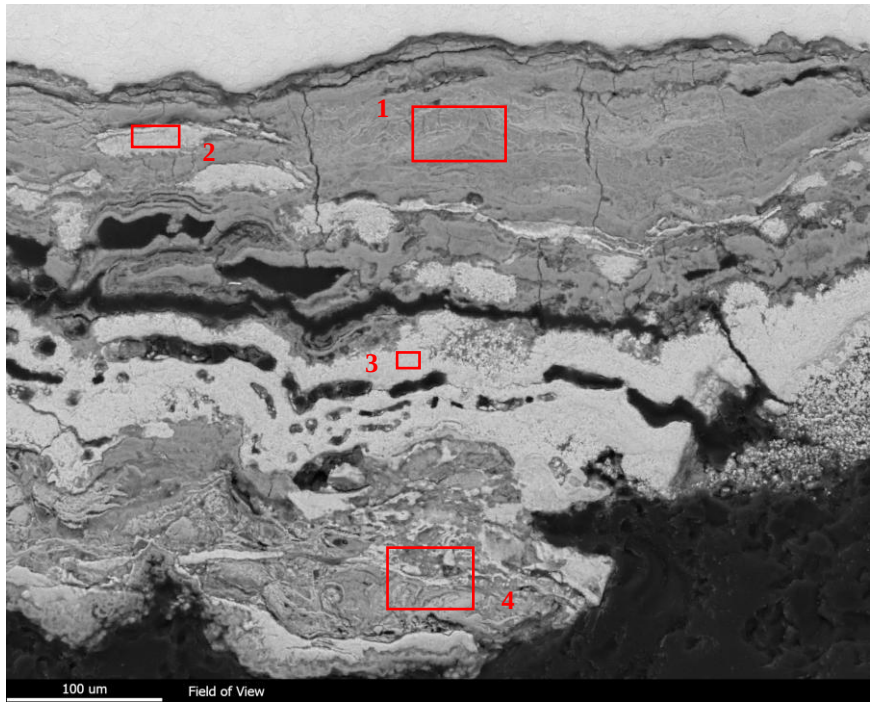
	C	O	Si	S	Fe	Mn	Cr
1	4.14	26.87	0.46	0.61	Ост.	0.44	0.80
2	15.94	18.81	0	12.88	Ост.	0.23	1.98
3	9.68	26.65	0.33	1.51	Ост.	0.45	2.13

Внешний вид коррозионного поражения и состав отложений продуктов коррозии с фрагмента трубы (участок №2)





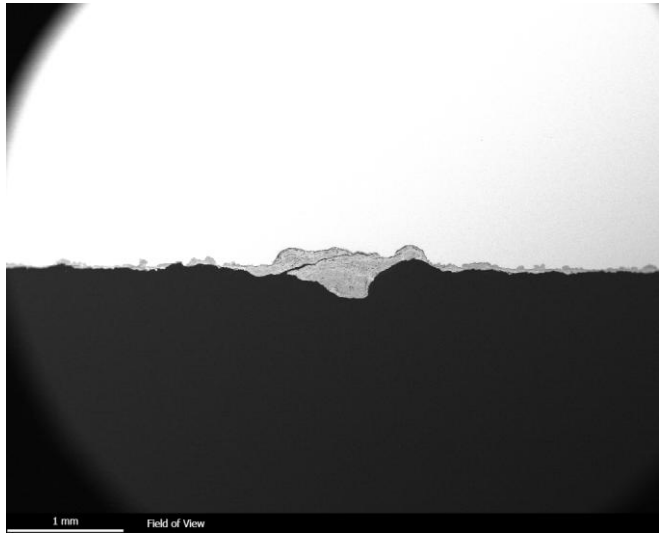


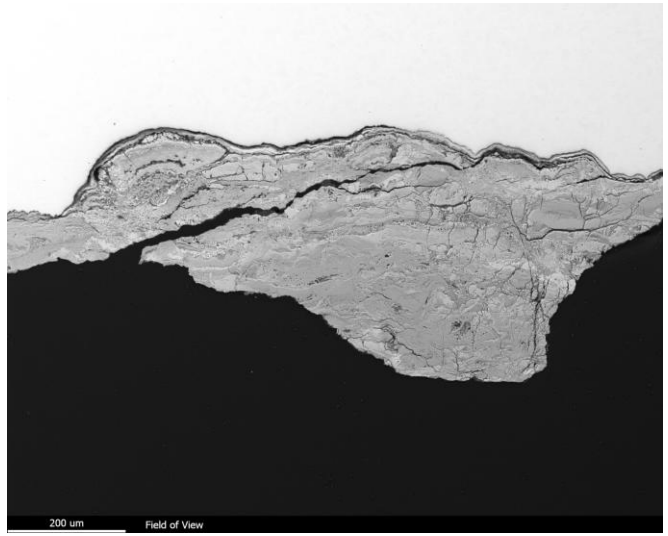


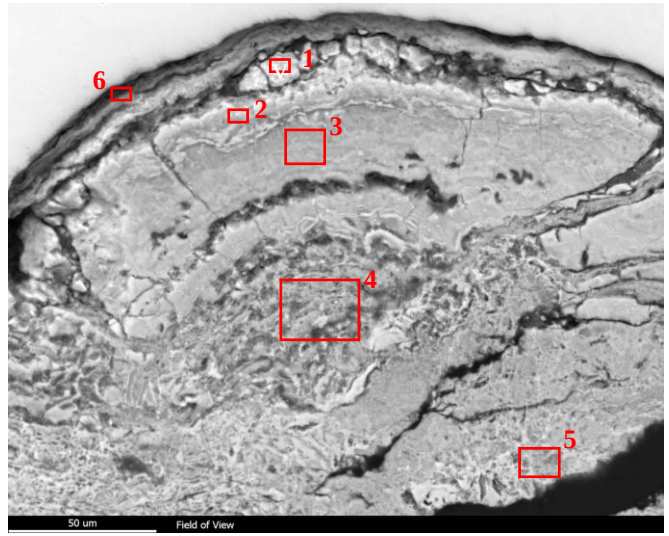
Химический состав продуктов коррозии

	C	O	Si	S	Fe	Mn	Cr
1	8.42	21.37	0.60	0.78	Ост.	0.40	1.22
2	7.15	0	0	31.36	Ост.	0	0.76
3	8.31	5.68	0	28.44	Ост.	0	0.92
4	12.62	14.57	0.85	19.85	Ост.	0.22	1.78

Состав коррозионных отложений на ровной поверхности фрагмента трубы с участка №2







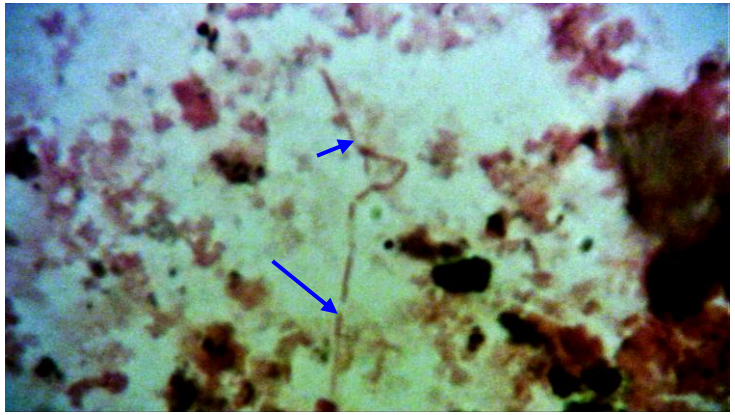
Химический состав продуктов коррозии

	C	O	Si	S	K	Fe	Mn	Cl	Cr
1	10.76	4.71	0.63	24.89	0	Ост.	0	0	1.60
2	7.99	7.07	1.26	27.44	0.90	Ост.	0.44	0	5.71
3	6.75	5.89	2.54	28.73	0.87	Ост.	0.30	0	3.88
4	19.02	4.36	0	26.53	0.48	Ост.	0.46	0	1.99
5	10.13	0	0	33.64	0	Ост.	0	0	0
6	16.42	7.90	0.49	17.34	0	Ост.	0.34	1.16	0.95

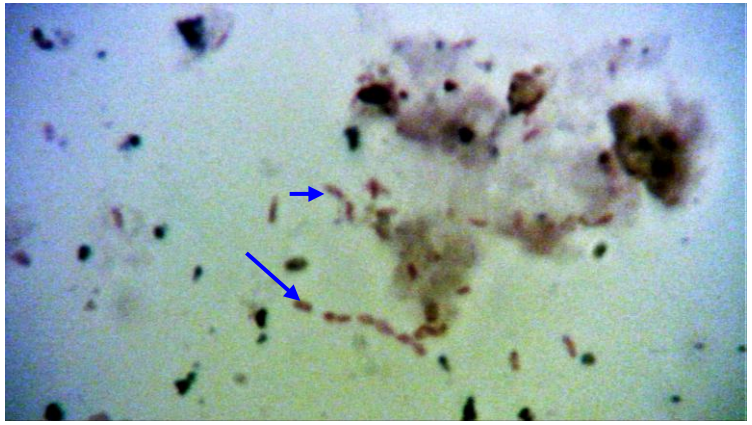
Микробиологический анализ трубопровода Ø530х10

Объект исследования, маркировка	Физиологическая группа микроорганизмов	Сульфатвосстанавливающие бактерии, (СВБ)	Сероокисляющие (тионовые) бактерии, (ТБ)	Углеводо-родокисляющие бактерии (УОБ)	Железооки-сляющие бактерии, (ЖБ)
Труба Ø530х10	Количество клеток в 1г соскоба	10^2	отсутствуют	10^3	10^2
	Индекс активности, %*	100	-	100	100
	Микроскопия	Desulfotomaculum sp	-	Acinetobacter sp	Siderococcus sp.

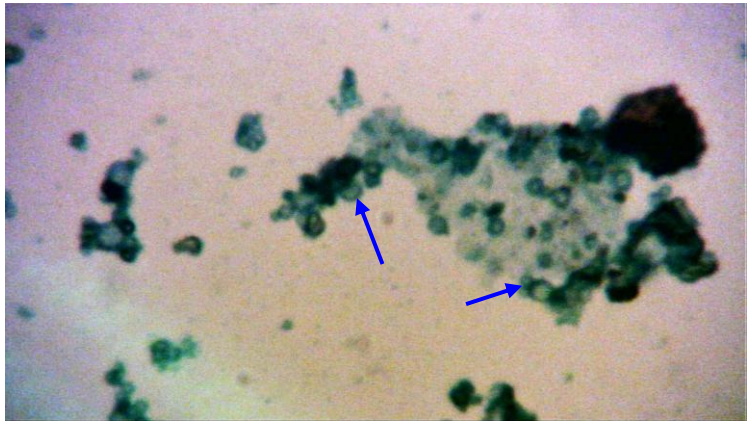
* - Индекс биохимической активности углеводородокисляющих и сульфатвосстанавливающих бактерий максимальный и составляет 100%. Индекс биохимической активности определяется по времени появления признаков жизни бактерий: через 24 часа-100%, через 48 часов – 50%.



Вид обнаруженных сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ)



Вид обнаруженных углеводородокисляющих бактерий (УОБ)



Вид обнаруженных железоокисляющих бактерий (ЖБ)

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

- Наибольшее влияние на ускоренный выход из строя трубопроводов и нефтепромыслового оборудования оказывают **адгезионные формы бактерий**, которые прикрепляются к поверхности металла и образуют защитные «капсулы» и в процессе своей жизнедеятельности выделяя коррозионно-агрессивные компоненты (в т.ч. **сероводород**).
- В результате своей жизнедеятельности бактерии могут привести к **образованию зародыша язвы**, который даже без дальнейшего влияния микроорганизмов может превратиться в сквозную язву за счет сформировавшейся разности потенциалов на дне и на берегах язвы.
- Поэтому для снижения риска преждевременного выхода из строя **рекомендуется** проводить микробиологические исследования на наличие адгезионных форм микроорганизмов в рамках работ по мониторингу коррозии и экспертизе отказов.

Благодарю за внимание!