ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНЖИНИРИНГ

Развитие коррозионных трещин в межпромысловых трубопроводах

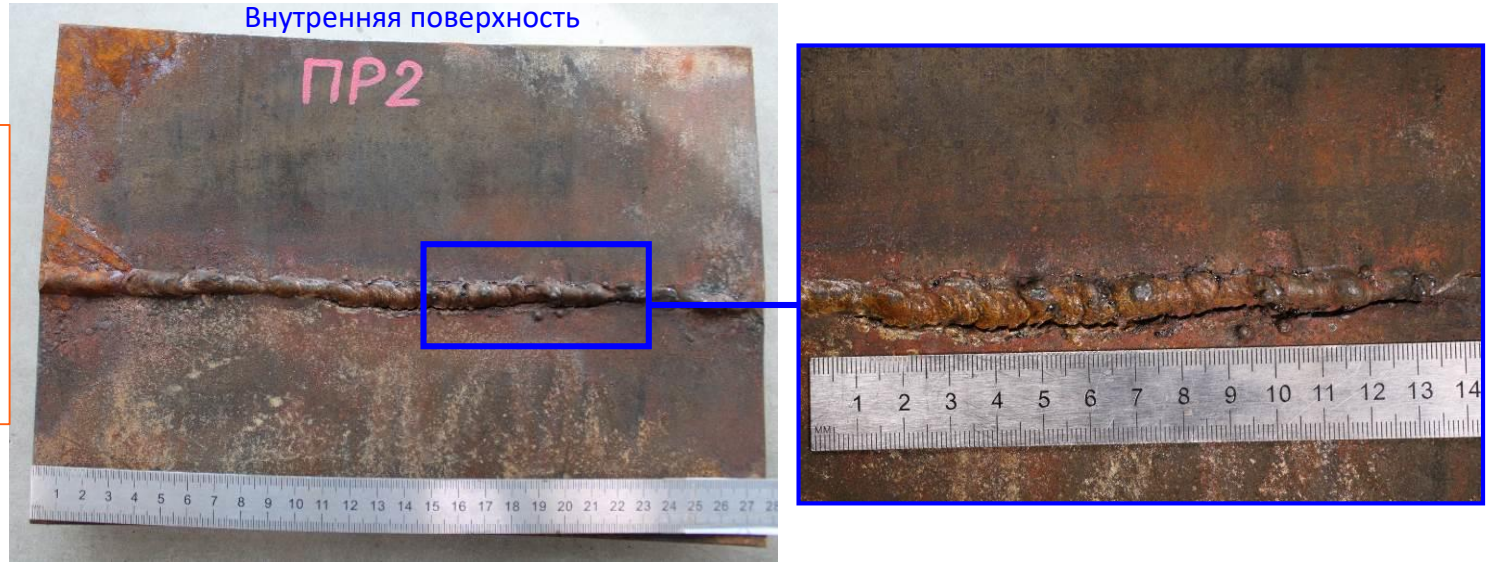
Докладчик:
Инженер отдела металловедения
Мачалкина Анна Николаевна

Входные данные по эксплуатации поступивших объектов исследования

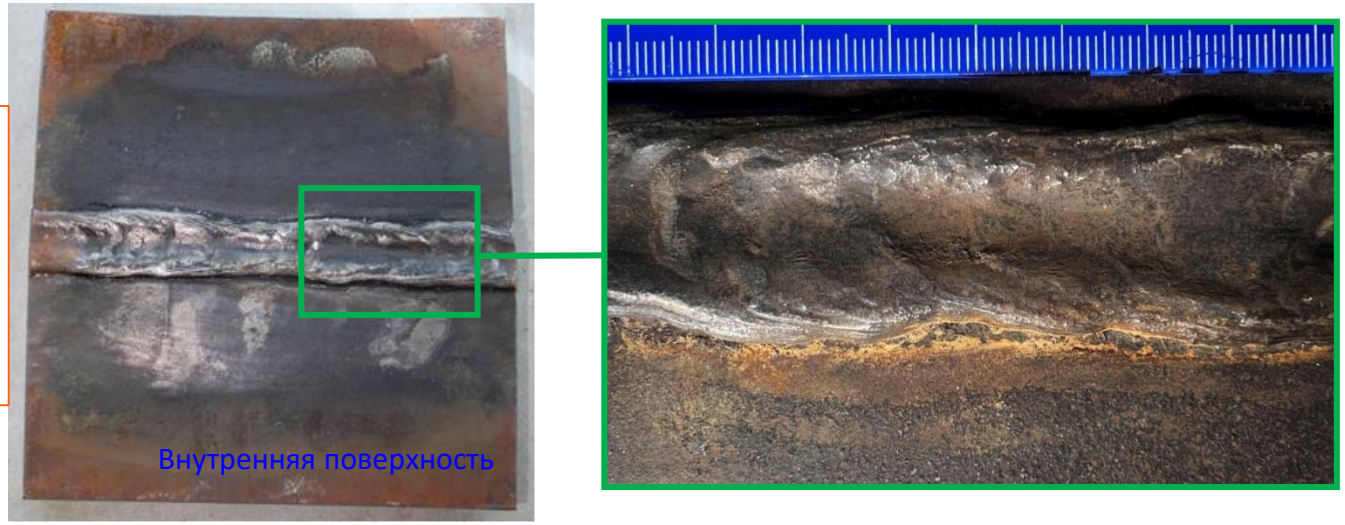
Входные данные по поступившим объектам	
Месторождение	Ямбургское
Назначение трубопровода	Межпромысловый
Изготовитель труб	Германия (Маннесман)
Исполнение	Подземное
Ввод в эксплуатацию	1988
Сортамент трубопровода	1420х18,7
Техническая документация на проектирование и стройку	СНиП 2.00.5.06-85, ВСН-012, ВСН-011, СНиП 3.01.04.-87
Проектное давление, МПа	7,5
Рабочее давление, МПа	3,1-3,59
Температура газа, °С	1,9
Транспортируемая среда	Природный газ по ГОСТ 5542-87
	Масс. концентрация H_2S: ≤0,02 г/м^3;
	Масс. концентрация меркоптановой серы: ≤0,036 г/м^3;
	Молярная доля диоксида углерода: ≤2,5%;
	Объемная доля кислорода ≤1,0%

Внешний вид поступивших образцов сварных соединений межпромыслового трубопровода

Образец №1



Образец №2



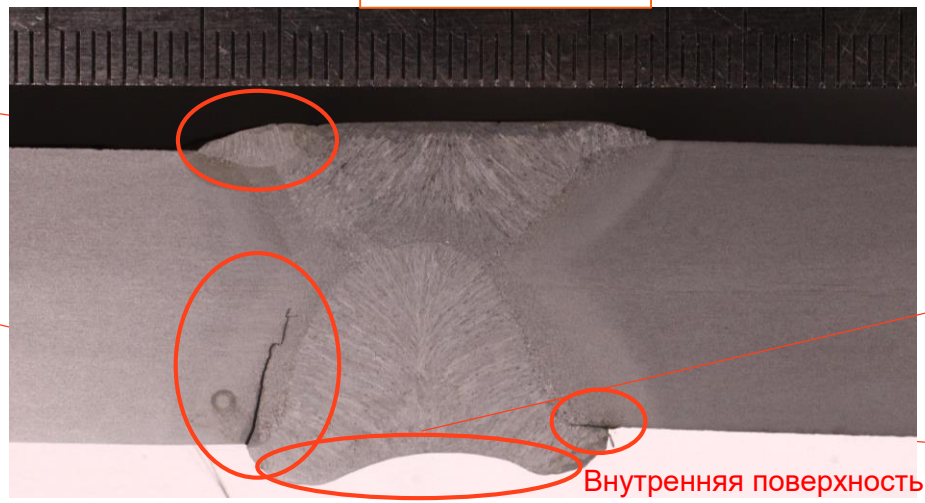
Макроанализ сварных соединений

- Метод электродуговой ручной сварки;
- Подогрев кромок от +50 до +100°С

Образец №1



Образец №2

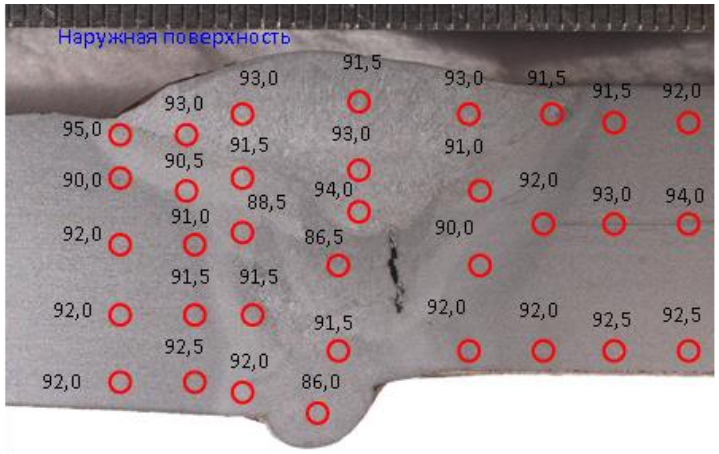


- Метод двусторонней автоматической сварки под флюсом.

Оценка твердости металла в различных областях сварных соединений по ГОСТ 6996 и ГОСТ 9013

Образец №1

Односторонний сварной шов

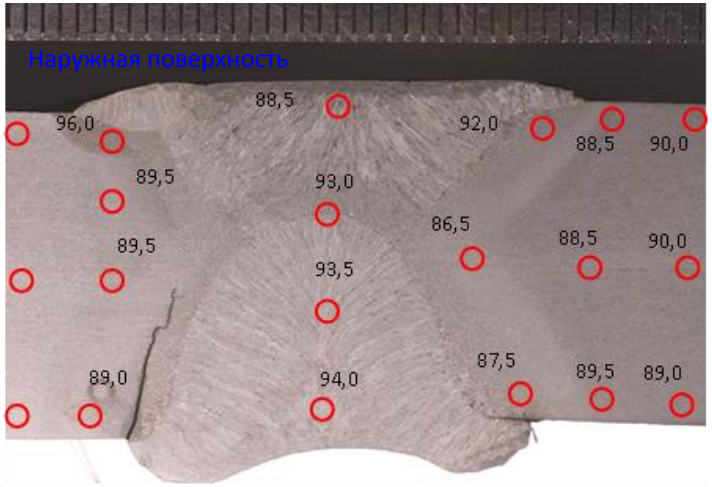


Твердость основного металла: ≤94
Твердость ЗТВ: ≤92
Твердость корневого слоя: ≤86
Твердость по сечению сварного шва: ≤94

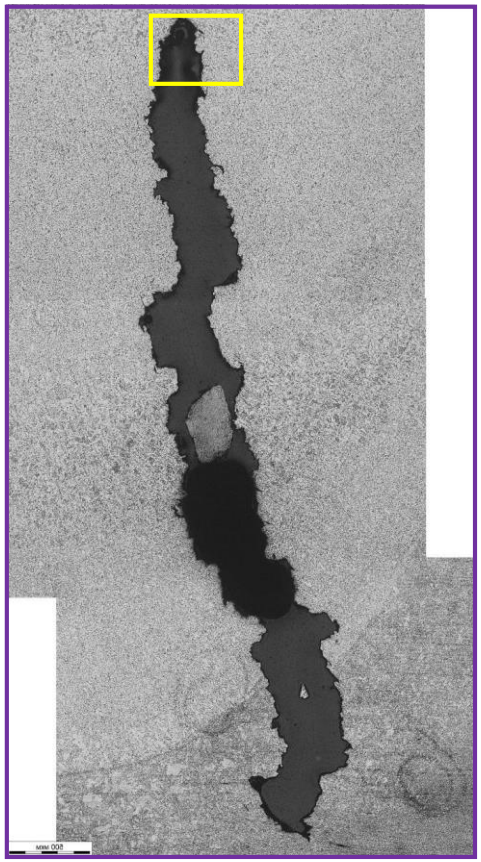
Образец №2

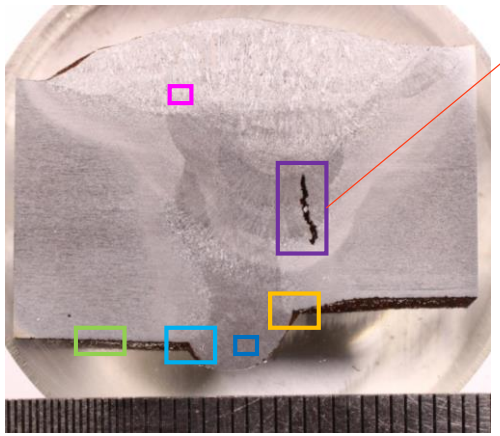
Твердость основного металла: ≤90
Твердость ЗТВ: ≤96
Твердость корневого слоя: ≤94
Твердость заполнения : ≤93

Двусторонний сварной шов

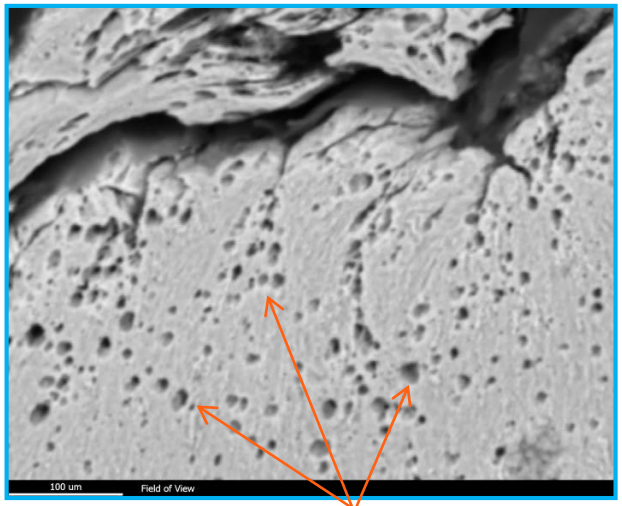


Оптическая и электронная микроскопия одностороннего сварного соединения.

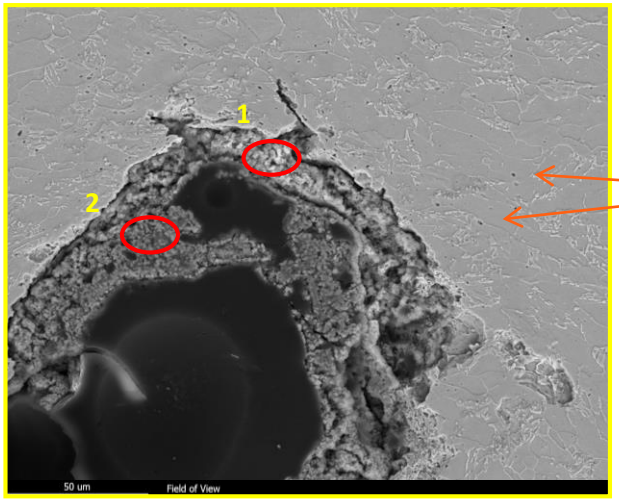




Горячая трещина



Вторичное окисление

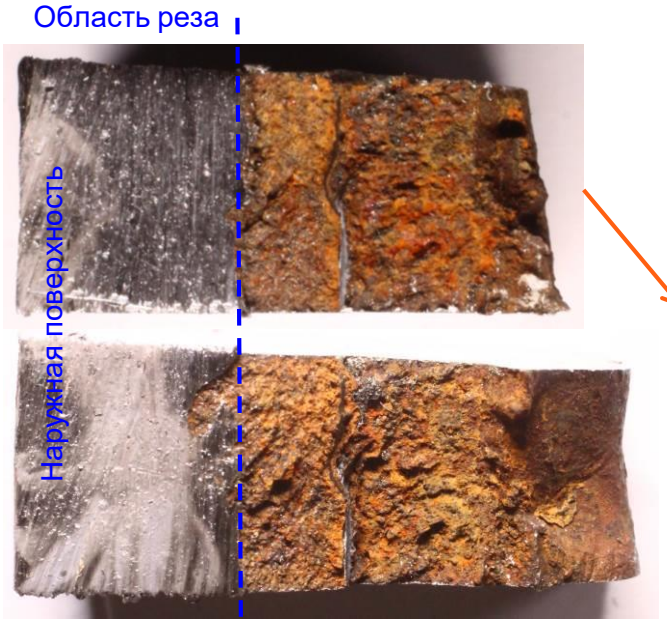


	Массовая концентрация элементов, %						
	C	O	Si	S	Ca	Mn	Fe
1	15,25	26,04	0,33	0,26	0,40	1,02	Ост.
2	4,12	7,49	0,83	0,28	-	1,50	Ост.

Внешний вид раскрытого излома одностороннего сварного соединения



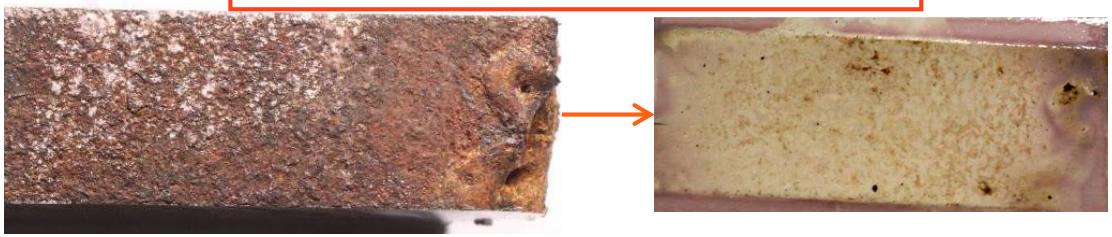




Серный отпечаток с излома по методу Баумана

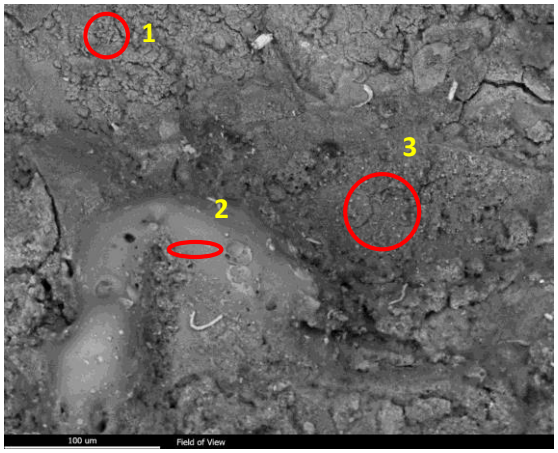


Серный отпечаток с внутренней поверхности по методу Баумана

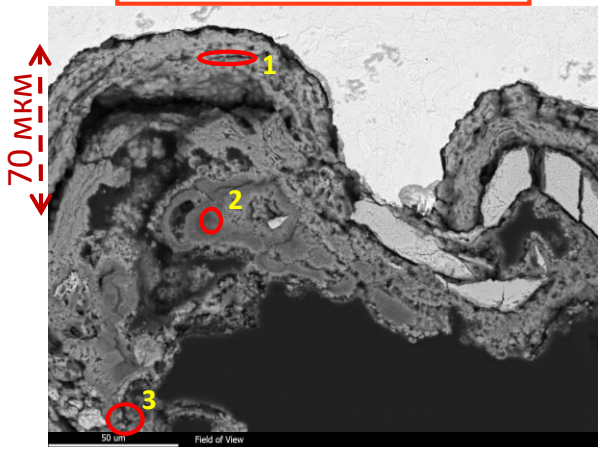


Внешний вид и химический состав продуктов коррозии в различных областях одностороннего сварного соединения

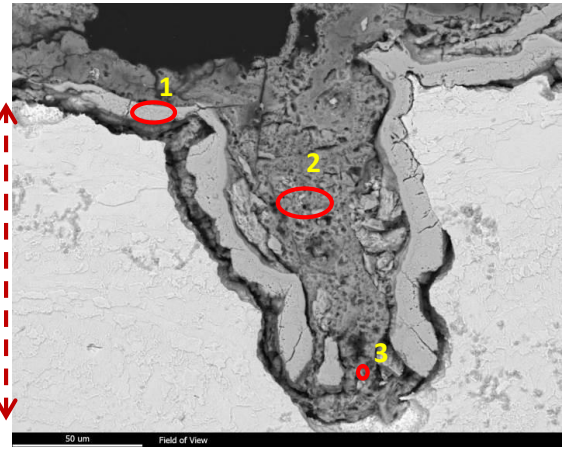
Поверхность излома



Линия сплавления корневого слоя

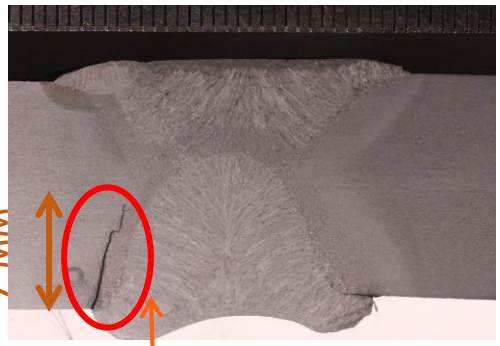


ПК в области основного металла



		Массовая концентрация элементов, %											
		C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Cl	Ti	Mn	Fe
Поверхность	1	6,52	23,71	-	-	0,41	**0,60**	-	-	0,64	-	0,74	Ост.
	2	-	35,16	1,04	2,66	18,32	-	0,83	27,20	-	5,26	2,36	Ост.
	3	11,89	29,43	0,72	3,73	9,71	**1,84**	0,79	1,75	-	-	1,00	Ост.
Вблизи корневого слоя	1	9,50	21,26	-	-	1,02	**1,62**	-	-	0,76	-	1,09	Ост.
	2	18,18	20,87	-	-	3,89	**0,72**	-	-	0,57	-	-	Ост.
	3	26,28	17,54	-	-	0,83	**0,50**	-	0,89	0,55	-	1,20	Ост.
Область ОМ	1	17,55	20,42	-	-	0,52	**1,23**	-	0,59	0,42	-	1,00	Ост.
	2	8,81	25,62	-	-	0,41	**0,50**	-	0,72	1,13	-	1,16	Ост.
	3	9,46	29,89	-	-	0,34	**0,76**	-	-	0,59	-	0,80	Ост.

Внешний вид раскрытого излома двухстороннего сварного соединения



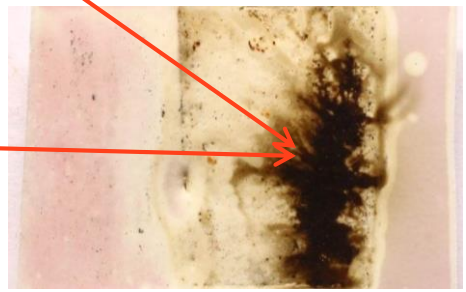


Трещина SOHIC

Вид поверхности раскрытого излома



Серный отпечаток с излома

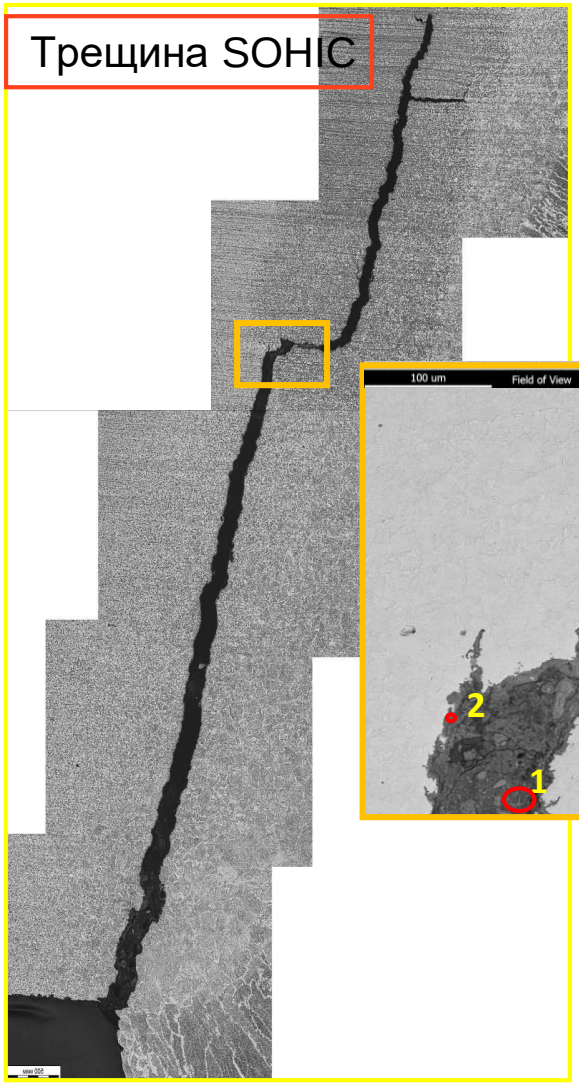


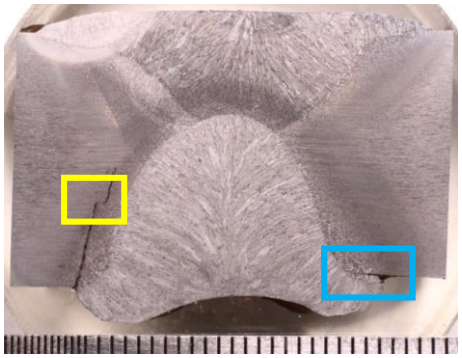
Серный отпечаток с внутренней поверхности трубы

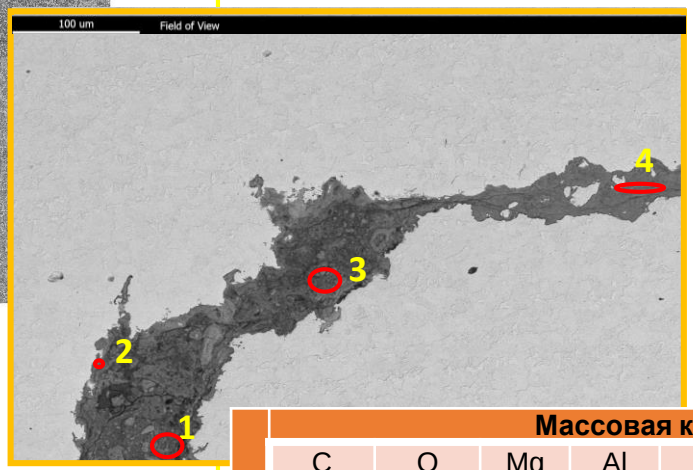


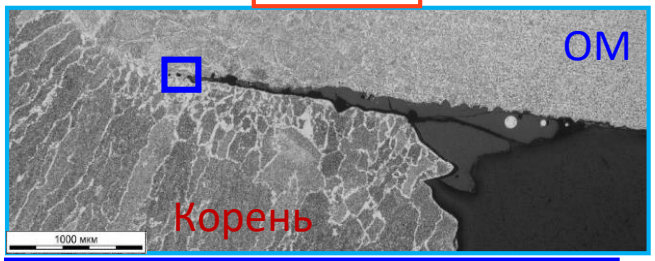


Оптическая и электронная микроскопия в области дефектов двухстороннего сварного соединения.







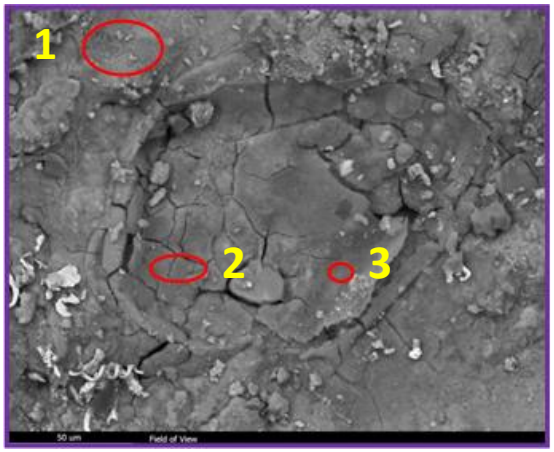




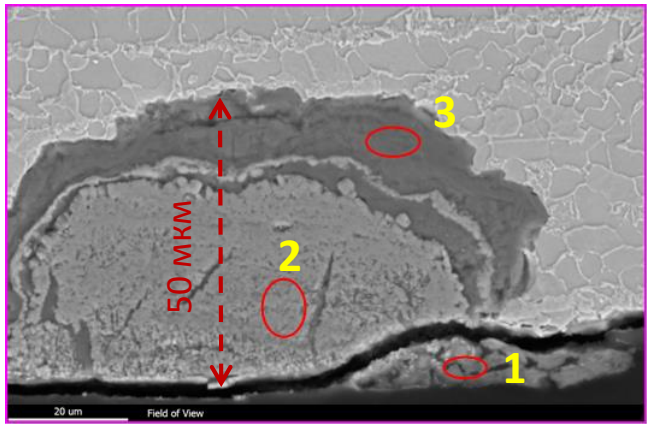
	Массовая концентрация элементов, %										
	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Cl	Ca	Mn	Fe
1	17,04	22,77	-	-	1,19	0,78	-	0,45	-	0,88	Ост.
2	14,26	13,57	-	-	1,90	0,59	-	-	-	1,38	Ост.
3	16,89	27,57	-	-	0,72	**1,78**	-	-	-	0,81	Ост.
4	6,34	22,16	-	-	0,61	0,57	-	-	-	1,47	Ост.
5	24,70	-	5,66	6,36	18,59	-	0,70	-	17,41	17,03	Ост.
6	5,89	13,84	-	1,05	4,15	0,39	-	0,48	0,93	2,59	Ост.
7	-	16,58	-	1,73	51,38	-	2,63	-	-	8,23	Ост.

Внешний вид и химический состав продуктов коррозии в различных областях двустороннего сварного соединения.

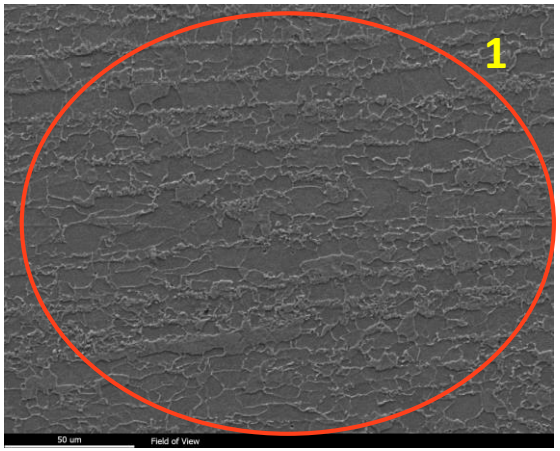
Поверхность излома



ПК в области основного металла



Основой металл



		Массовая концентрация элементов, %								
		C	O	Na	Si	S	Ca	Cl	Mn	Fe
Поверхность	1	6,94	22,51	-	-	**9,26**	-	-	0,79	Ост.
	2	11,15	22,93	-	-	6,91	-	-	0,96	Ост.
	3	10,71	21,44	-	-	2,00	-	-	1,08	Ост.
Область ОМ	1	16,60	21,63	-	1,12	0,63	0,65	-	1,05	Ост.
	2	3,92	17,46	-	1,16	-	-	-	1,42	Ост.
	3	8,48	24,92	1,69	1,78	0,55	-	0,96	1,30	Ост.
ОМ	1	-	-	-	0,72	-	-	-	1,94	Ост.

ВЫВОДЫ

Анализируя проведённые исследования, можно заключить, что:

- выявленные дефекты в сварных швах- это коррозионные трещины, очагами для образования и дальнейшего развития которых являются дефекты сварки;
- присутствие серы на поверхности излома (до 9 масс.%) свидетельствует о том, что в процессе многолетней эксплуатации произошло повышение уровня агрессивности транспортируемого газа, что могло послужить причиной развития коррозионных трещин с внутренней поверхности трубопровода;
- коррозионные трещины начинают развиваться преимущественно по линии сплавления и ЗТВ, которые обладают твердостью более 22 HRC, тем самым являются самыми уязвимым областями сварного соединения.