НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»

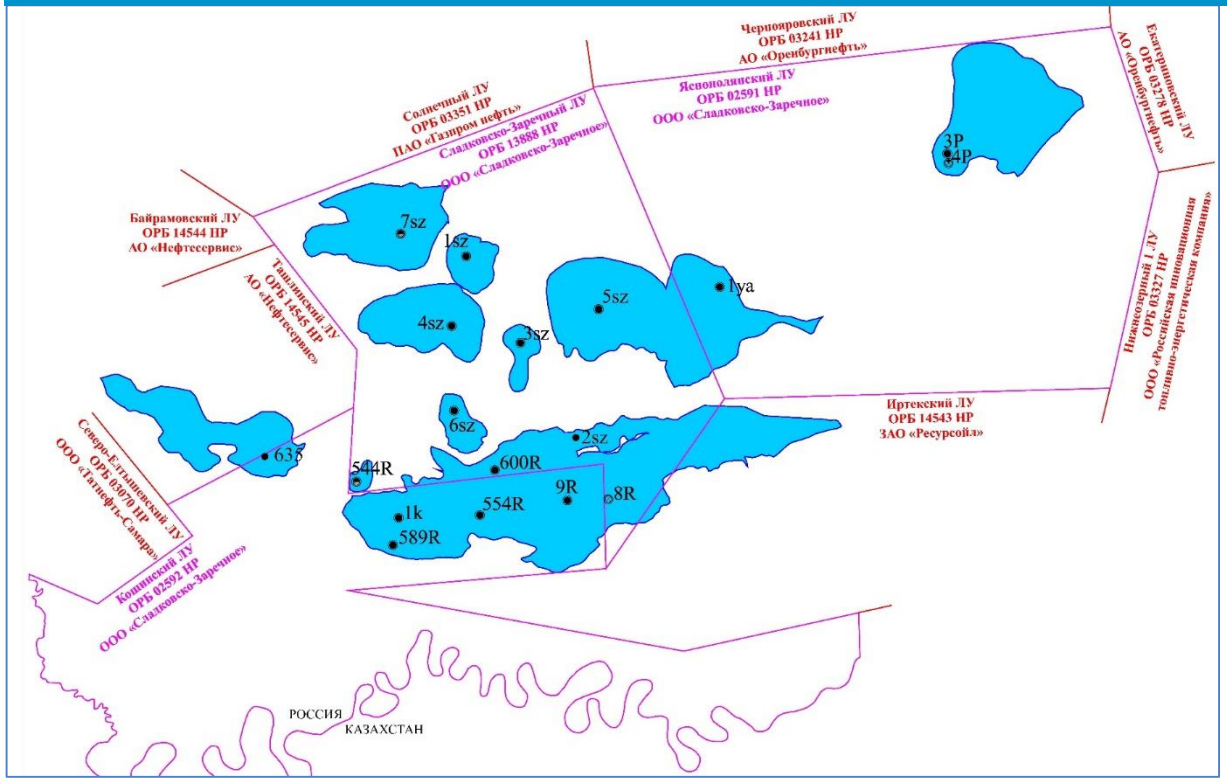
ООО «СЛАДКОВСКО-ЗАРЕЧНОЕ»

Проблемы эксплуатации погружного оборудования на месторождениях ООО «Сладковско-Заречное» в осложненных условиях негативного влияния коррозионно-агрессивных сред

Шайхинуров А.С. – начальник производственно-технического отдела
ООО «Сладковско-Заречное»

География деятельности ООО «Сладковско-Заречное». Общие сведения.

НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»



- 8 лицензионных участков,
  - 3 нефтяных месторождения,
  - 1 газонефтяное месторождение,
  - 2 газовых месторождения;
  - 1 газоконденсатное месторождение.
- Эксплуатационный фонд скважин – 107 ед.
  - 84 скв. – нефтяной добывающий фонд;
  - 23 скв. – нагнетательный фонд.
- Парк промысловых трубопроводов – 188 км.
- Расстояние от областного центра г. Оренбург до нефтегазового промысла ООО «Сладковско-Заречное» – 220 км.



Примеры разрушений насосно-компрессорных труб в добывающих скважинах ООО «Сладковско-Заречное»

НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»

Разрушение (обрыв) НКТВ 73,02×5,51 гр. пр. Р110 по ГОСТ Р 53366-2009 на скважине №3 Сладковско-Заречного м/р



Разрушение (обрыв) НКТВ 73,02×5,51 гр. пр. Р110 по ГОСТ Р 53366-2009 на скважине №24 Яснополянского м/р



Разрушение муфты НКТВ 73,02×5,51 гр. пр. R95 по ГОСТ Р 53366-2009 на скважине №589 Кошинского м/р

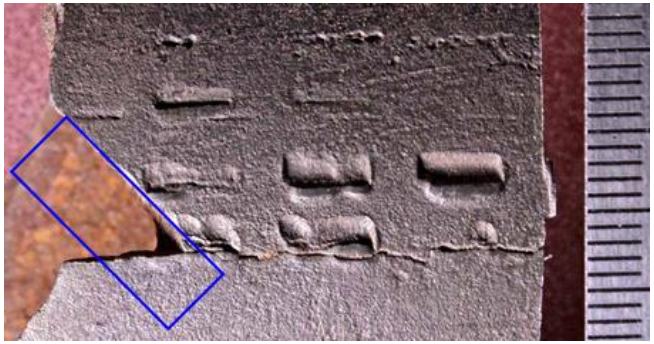


Исследования фрагмента НКТВ 73,02×5,51 группы прочности Р110 PSL-2 по ГОСТ Р 53366-2009

НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»

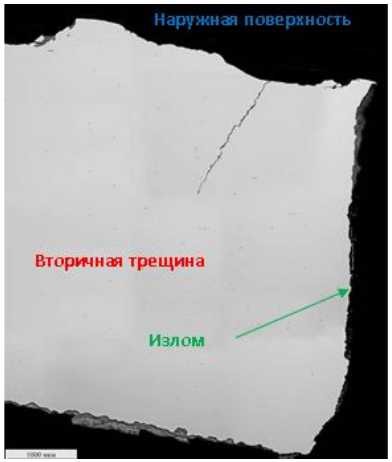


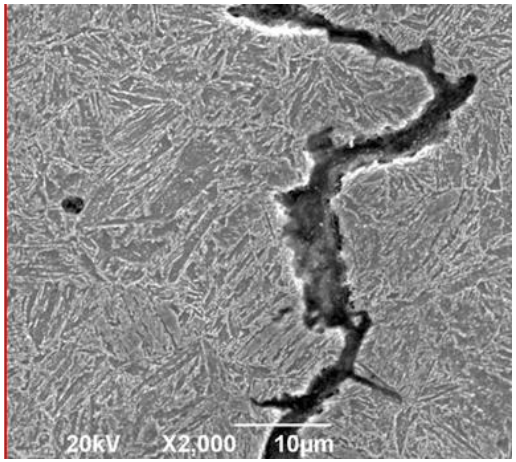




Массовая концентрация, %															
Fe	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Al	Co	Cu	V	Nb	W	Ti	S	P
Осн.	0,34	0,27	1,36	0,078	0,115	0,020	0,010	0,016	0,180	<0,002	0,003	<0,005	0,004	0,005	0,016

$\sigma_в$	$\sigma_{0,2}$	δ_5	KCV 0°C	KV 0°C	Твердость HRC				
					Квадрант				
МПа		%	Дж/см²	Дж	Изм	1	2	3	4
985	905	11,0	65,7	26,3	1	31,5	31,5	31,5	31,0
995	920	11,0	66,0	26,4	2	32,0	31,5	31,0	31,5
			74,7	29,9	3	32,0	31,5	31,5	32,0
Требования ГОСТ Р 53366 к группе прочности Р110									
862	758	9,5	-	22,55	Не регламентируется				
-	965	-							

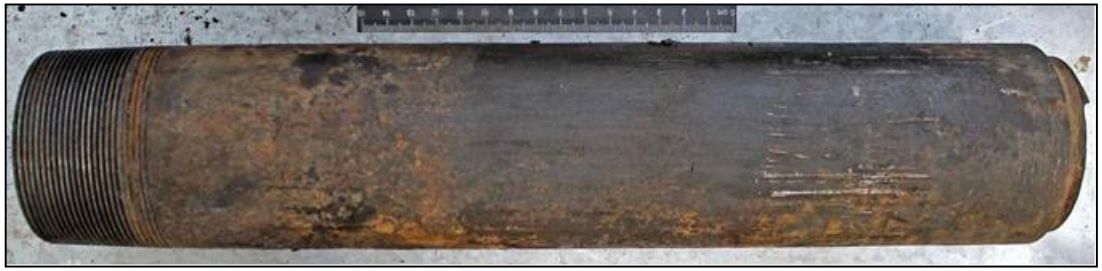




Результаты исследований фрагмента разрушенной НКТВ 73,02×5,51 группы прочности Р110 PSL-2 по ГОСТ Р 53366-2009 после эксплуатации в добывающей скважине №3 Сладковско-Заречного месторождения показали, что трещины зародились в пластически-деформированном металле под вмятинами плашек гидроключа и некоторое время развивались по направлению к внутренней поверхности трубы. Объединившись между собой, они образовали продольную магистральную трещину длиной 90 мм. Хрупкий внутризеренный характер развития трещин и состав продуктов коррозии в них дают основание заключить, что их развитие связано с СКРН.

Исследования фрагмента подвесного патрубка НКТВ 73хНКТ 89х7 группы прочности Р по ГОСТ 633-80

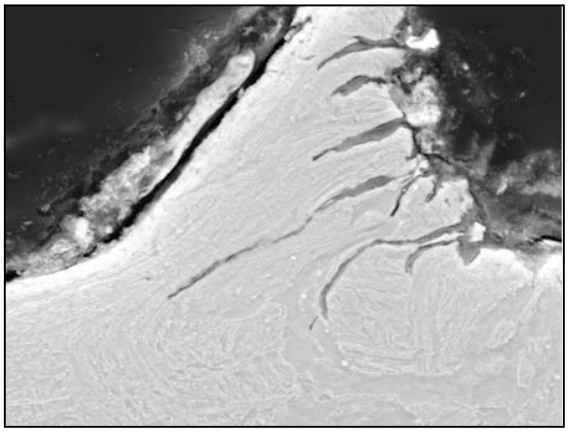
НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»





Массовая концентрация, %															
Fe	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Al	Co	Cu	V	Nb	W	Ti	S	P
Осн.	0,28	0,95	0,80	0,82	0,112	0,017	<0,001	0,015	0,169	0,004	0,004	<0,005	0,004	0,004	0,013

$\sigma_в$	$\sigma_{0,2}$	δ_5	KCV 20°C	Твердость HRC, ед.				
МПа		%	Дж/см^2	Обл. изм.	1	2	3	4
1093	928	13,8	50	Наружн.	38,5	38,0	38,5	38,5
1094	933	13,4	51	Центр	38,5	37,5	37,5	38,5
			54	Внутр.	38,5	38,5	38,5	38,5
Требования ГОСТ 633-80 к группе прочности Р								
1000	930	9,5	Не регламентируется					
-	1137	-						





Результаты исследований фрагмента подвесного патрубка НКТВ 73хНКТ 89х7 группы прочности Р по ГОСТ 633-80 после эксплуатации в добывающей скважине №452 Сладковско-Заречного месторождения показали, что очаг разрушения расположен во впадине последнего витка резьбы подвесного патрубка, находящегося в зацеплении с планшайбой. На поверхности излома в области очага разрушения присутствуют многочисленные хрупкие вторичные микротрещины, что характерно для сульфидного коррозионного растрескивания под напряжением.

Низкая коррозионная стойкость материала патрубка к СКРН подтверждена результатами проведенных коррозионных испытаний по NACE TM 0177. Разрушение исследованных образцов произошло за 48-168 часов. Нормативный срок испытаний, который образец должен выстоять и не разрушиться, составляет 720 часов.

Исследования фрагмента муфты НКТВ 73,02×5,51 группы прочности R95 по ГОСТ Р 53366-2009

НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»

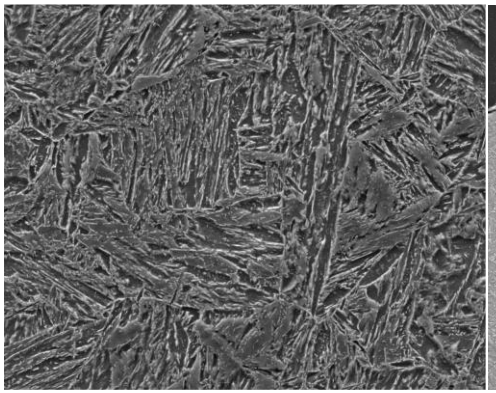


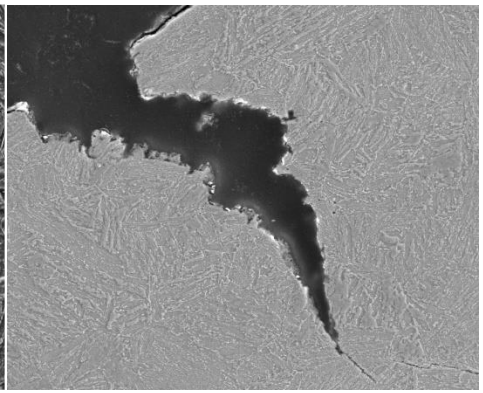




Массовая концентрация, %												
Fe	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Al	Cu	V	Nb	S	P
Осн.	0,33	0,27	1,42	0,06	0,094	0,021	0,024	0,160	<0,002	0,002	0,005	0,008

$\sigma_в$	$\sigma_{0,2}$	δ_5	KCV 20°C	Твердость HRC, ед.				
МПа		%	Дж/см^2	Обл. изм.	1	2	3	4
1239	1165	12,3	50	Наружн.	40,0	40	39,5	40,0
1233	1142	12,9	51	Центр	40,0	39,5	40,0	39,5
			54	Внутр.	40,0	40,0	40,0	40,0
Требования ГОСТ Р 53366 к группе прочности R95								
758	655	11	Не регламентируется					
-	**862**	-						



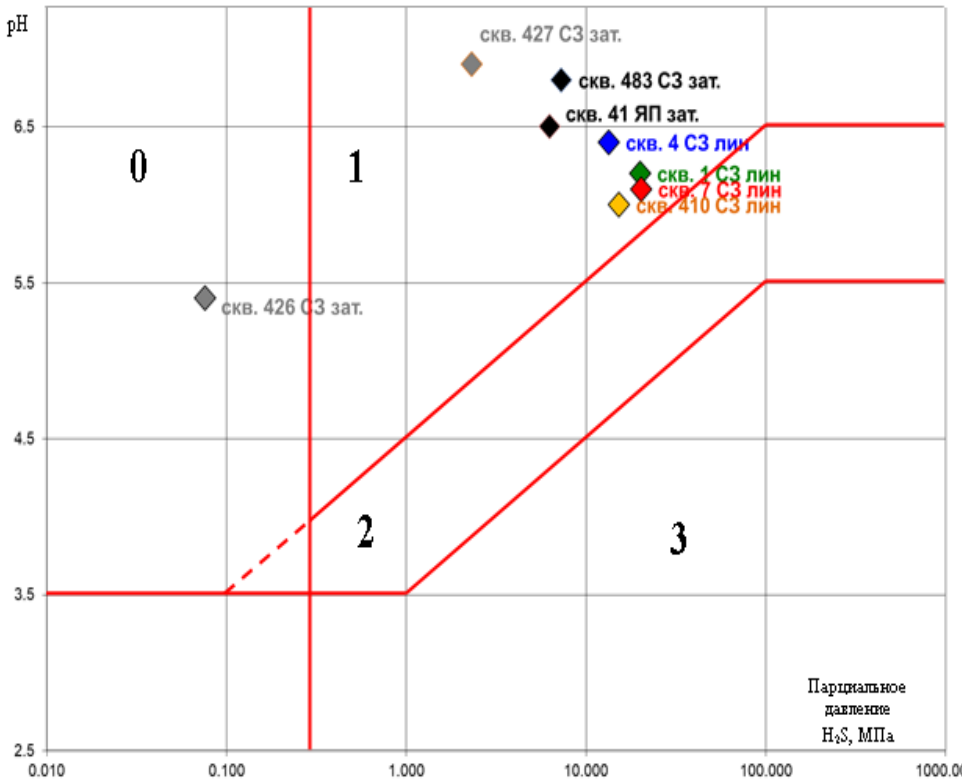


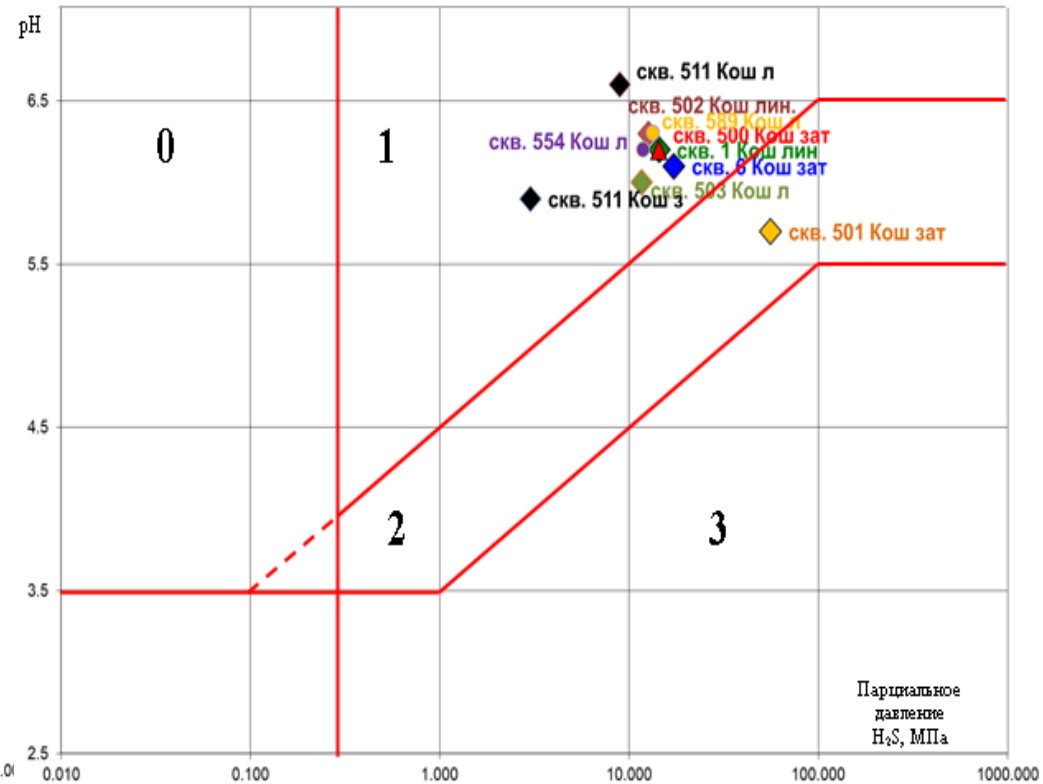
Результаты исследований фрагмента муфты НКТВ 73,02×5,51 группы прочности R95 по ГОСТ Р 53366-2009 после эксплуатации в добывающей скважине №589 Кошинского месторождения показали, что разрушение муфты произошло по механизму сульфидного коррозионного растрескивания под напряжением. Развитию разрушения по механизму СКРН способствовала аномально высокая прочность материала, обусловленная неправильно выбранным режимом термообработки.

В результате проведенных исследований образцов разрушенных НКТВ, муфт, подвесных патрубков эксплуатационных колонн установлено, что ведущим механизмом разрушения погружного оборудования на месторождениях ООО «Сладковско-Заречное» является развитие сульфидного коррозионного растрескивания под напряжением. Развитие трещин по механизму СКРН обусловлено неправильным выбором материала для конкретных условий эксплуатации. Все исследованные аварийные образцы труб обладают высокой прочностью и низкой коррозионной стойкостью.

Результаты исследований добываемых сред ООО «Сладковско-Заречное»

НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»





В результате исследований по Стандарту NACE TM0177 проб, отобранных под давлением, установлено:

- среды всех скважин Сладковско-Заречного, Кошинского и Яснополянского лицензионных участков, работающих на Башкирский (пласт А4) и Турнейский ярусы (пласт Т1) содержат сероводород в количестве от 0,5 до 2,5% мол.;
- среды всех скважин содержат CO_2, что в свою очередь может привести к развитию коррозионных процессов по углекислотному механизму, как на эксплуатационных колоннах НКТ, так и на линейных трубопроводах.

Среды большинства скважин ООО «Сладковско-Заречное» обладают повышенной коррозионной агрессивностью и находятся в 1-2 зоне согласно классификации ISO 15156.

Результаты исследований добываемых сред ООО «Сладковско-Заречное»

НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»

Месторождение	Характеристика водной фазы, г/л									
	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^{+}+K^{+}$	Cl^{-},	SO_4^{2-}	HCO^{3-}	Минерализация	Fe общее	Концентрация H_2S, мг/л
Сладковско-Заречное	6,42	10,27	1,09	81,62	146,31	0,93	0,72	240,94	0,43	68
Кошинское (север)	6,56	7,24	1,96	96,21	163,46	0,85	0,41	270,13	0,18	307
Кошинское (юг)	6,12	7,42	0,82	98,63	165,83	2,12	0,73	275,55	0,056	102
Яснополянское	6,64	7,22	1,04	99,52	168,55	0,89	0,31	277,53	0	290

Маркировка	Физиологическая группа микроорганизмов	Сульфатвосстанавливающие Бактерии (СВБ)	Сероокисляющие (тионовые) Бактерии (ТБ)	Углеводородокисляющие Бактерии (УОБ)
№646 (скв.№4)	Количество клеток в 1г.	-	-	-
	Индекс активности, %	-	-	-
	Микроскопия	-	-	-
№649 (скв.№500)	Количество клеток в 1г.	10^2	-	-
	Индекс активности, %	50	-	-
	Микроскопия	Desulfomicrobium sp.		
№651 (скв.№502)	Количество клеток в 1г.	10^2	-	-
	Индекс активности, %	100	-	-
	Микроскопия	Desulfomicrobium sp.	-	-
№652) (скв.№511)	Количество клеток в 1г.	10^3	-	-
	Индекс активности, %	50	-	-
	Микроскопия	Desulfomicrobium sp.	-	-

В результате исследований шестикомпонентного состава водной фазы было установлено, что все пробы добываемой продукции характеризуются высокой минерализацией, более 250 г/л. При этом существенная доля ионного состава приходится на хлорид-ионы, содержание которых превышает 150 г/л. Во всех исследуемых пробах присутствует растворенный сероводород.

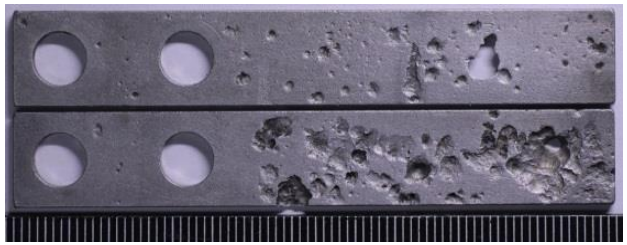
В результате проведенных исследований в пробах пластовой вод со скважин №500, 502 и 511 Кошинского месторождения обнаружены сульфатвосстанавливающие бактерии.

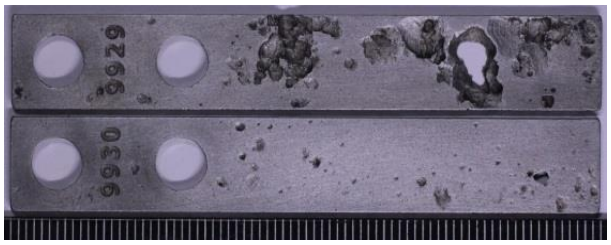
Результаты оценки скорости общей коррозии гравиметрическим методом по потере массы

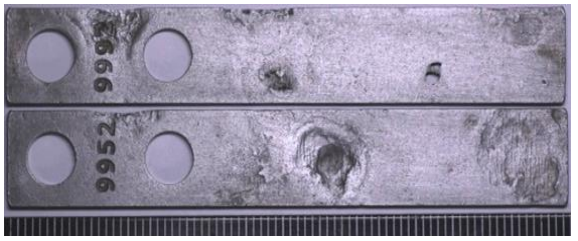
НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»

№ Экспозиции	Марка стали ОСК	УКК № 1 Низконапорный водовод с МБСНУ в районе скважины № 1 Кошинского м/р			УКК № 2 Низконапорный водовод на ПНН-6 Кошинского м/р			УКК № 3 Низконапорный водовод на ПНН-4 Сладковско-Заречного м/р		
		Маркировка ОСК	Среднее значение скорости коррозии, г/м2ч	Среднее значение скорости коррозии, мм/год	Маркировка ОСК	Среднее значение скорости коррозии, г/м2ч	Среднее значение скорости коррозии, мм/год	Маркировка ОСК	Среднее значение скорости коррозии, г/м2ч	Среднее значение скорости коррозии, мм/год
1	ст.20	9717, 9809	0,9799	1,1073	9737, 9744	0,2756	0,3114	9775, 9778	0,0847	0,0957
2	ст.20	9927, 9943	0,8839	0,9988	9976, 9987	0,5247	0,5929	9995, 9997	0,2811	0,3177
3	ст.20	9742, 9745	1,0831	1,2239	9750, 9761	0,3101	0,3504	9952, 9992	2,0550	2,3222
4	ст.20	9946, 9954	0,2795	0,3159	9929, 9930	0,8816	0,9962	9926, 9714	1,4657	1,6562
5	ст.20	9914, 9955	0,4664	0,5271	9934, 9944	в УКК	в УКК	9990, 9961	1,6357	1,8483
		сред. знач.	0,7386	0,8346	сред. знач.	0,4980	0,5627	сред. знач.	1,1044	1,2480
		max знач.	1,0831	1,2239	max знач.	0,8816	0,9962	max знач.	2,0550	2,3222

Внешний вид образцов-свидетелей коррозии после экспозиции в системе водоводов Кошинского и Сладковско-Заречного м/р





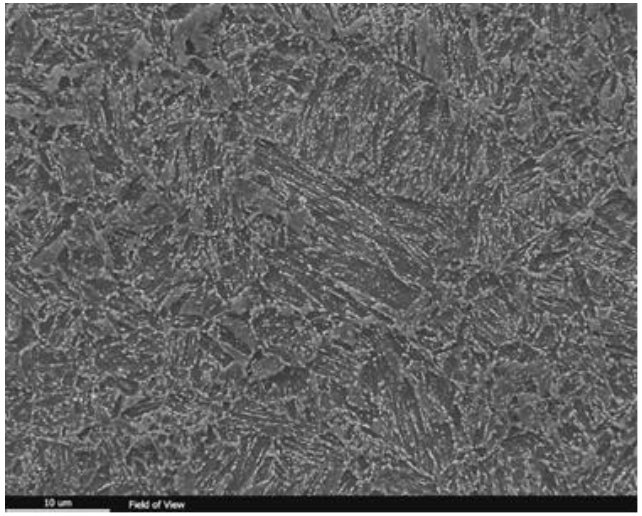


Проведение модельных коррозионных испытаний образцов НКТВ различных групп прочности

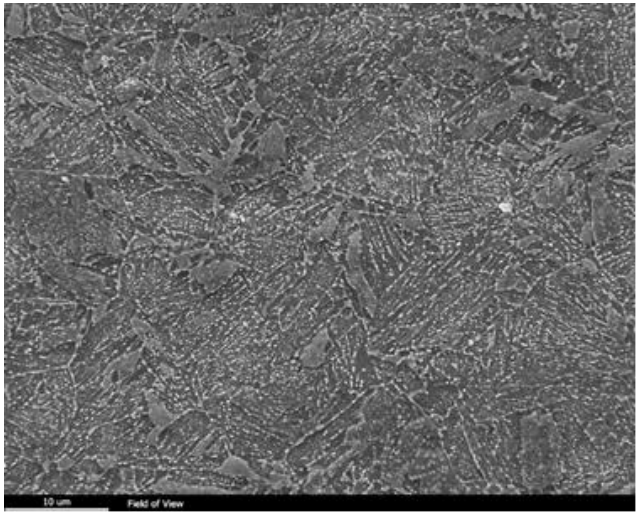
НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»

Маркировка	Система легирования	$\sigma_в$	$\sigma_{0,2}$	δ_5	HRC	Группа прочности по API Spec 5CT
		МПа		%		
1 объект	Mn	945	870	13,5	31	P110
2 объект	Cr, Mo	740	630	23	20	L80
3 объект	Cr, Mn, Mo	760	650	21	23	C90

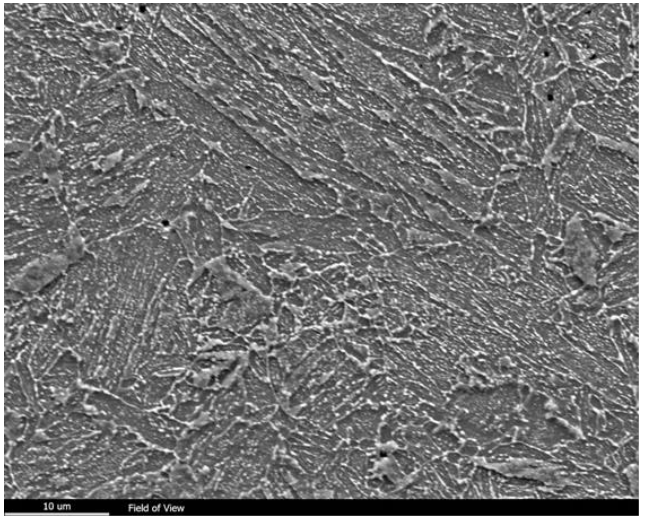
1 объект
НКТВ группы прочности P110



2 объект
НКТВ группы прочности L80



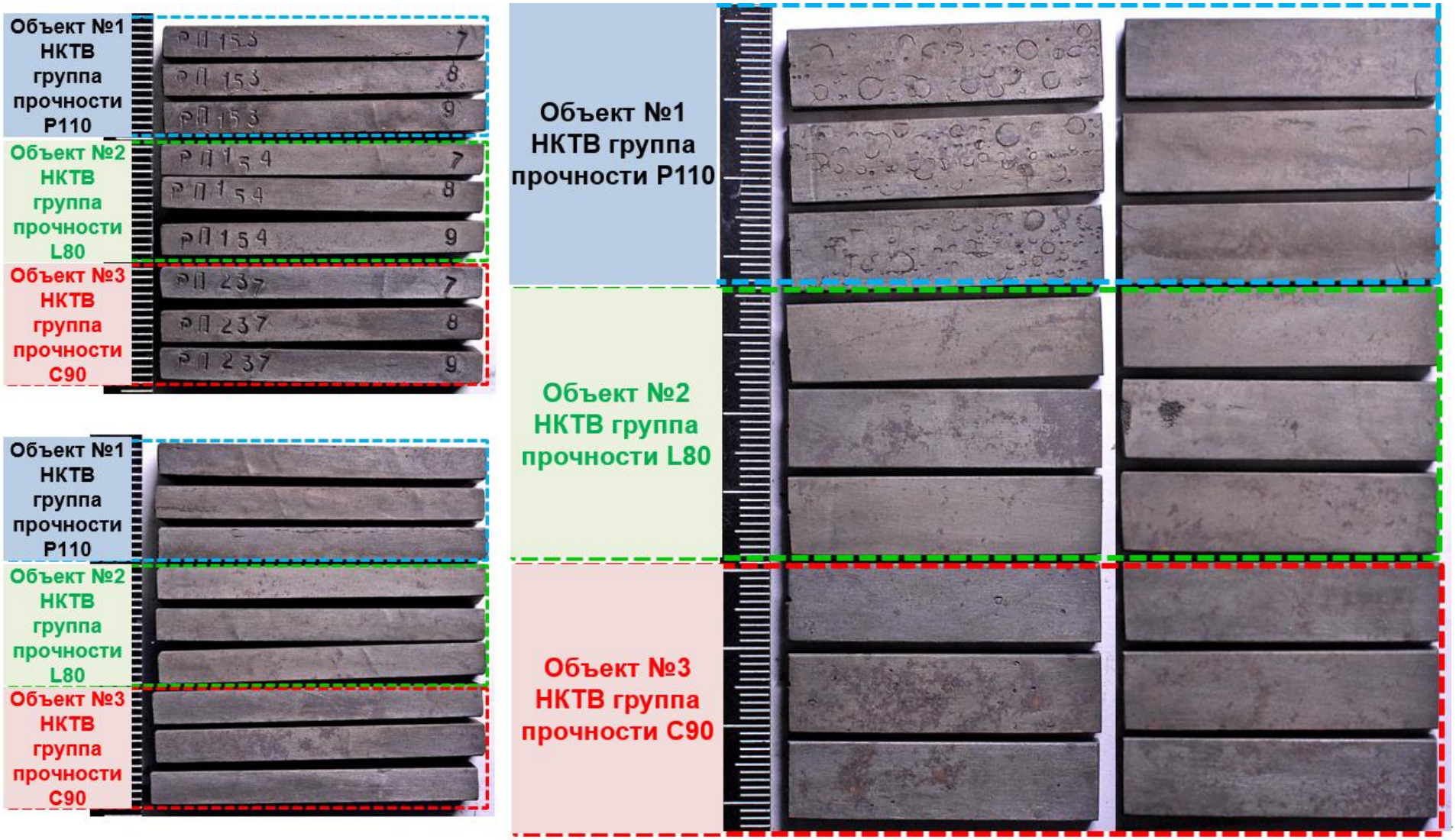
3 объект
НКТВ группы прочности C90



Проведение коррозионных испытаний образцов НКТВ на стойкость к общей коррозии в среде содержащей H_2S и HCl

НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»

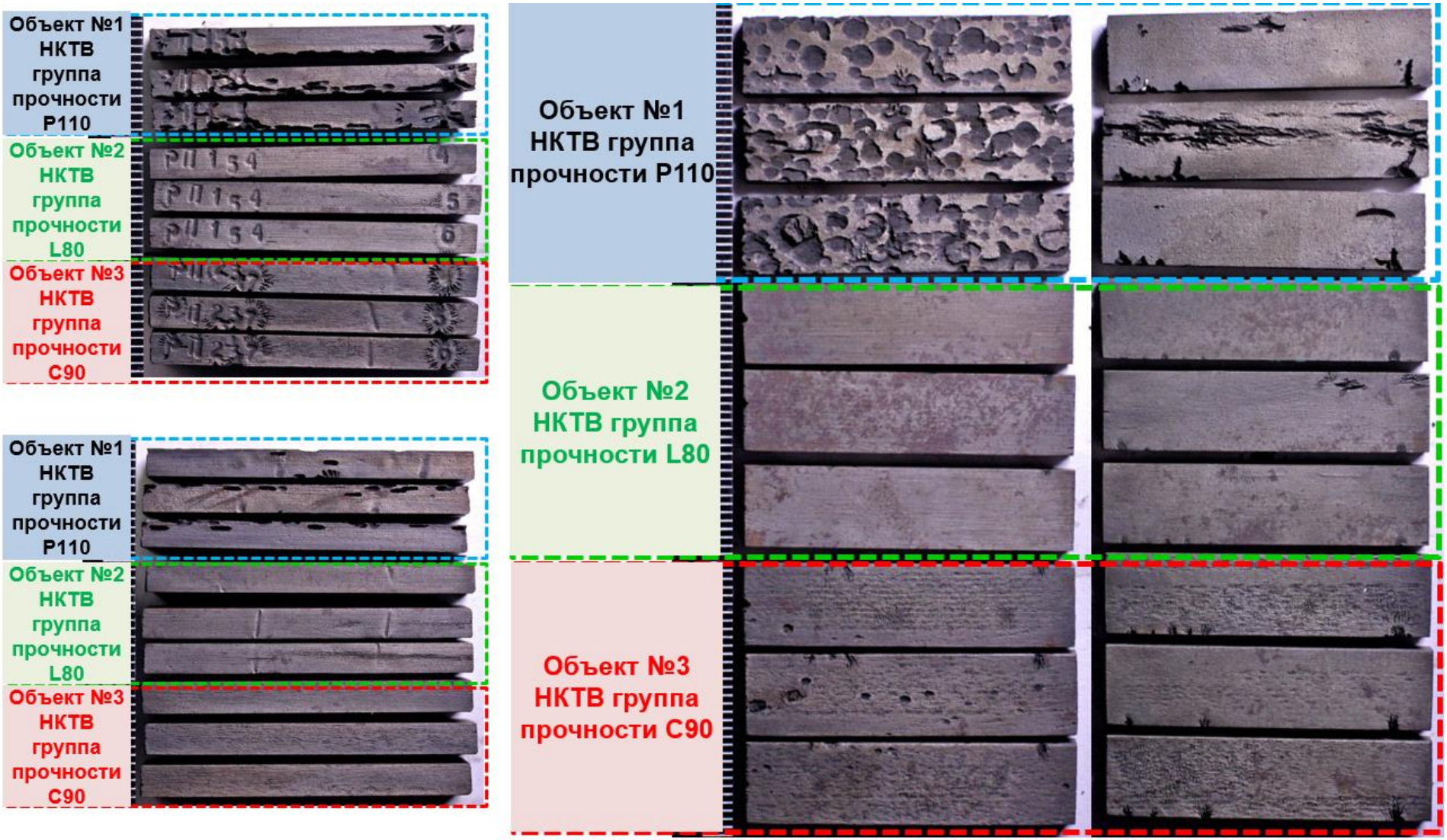
Вид образцов после испытаний на стойкость к общей коррозии в среде содержащей H_2S и 0,15 % HCl



Проведение коррозионных испытаний образцов НКТВ на стойкость к общей коррозии в среде содержащей H_2S и HCl

НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»

Вид образцов после испытаний на стойкость к общей коррозии в среде содержащей H_2S и 1,5 % HCl

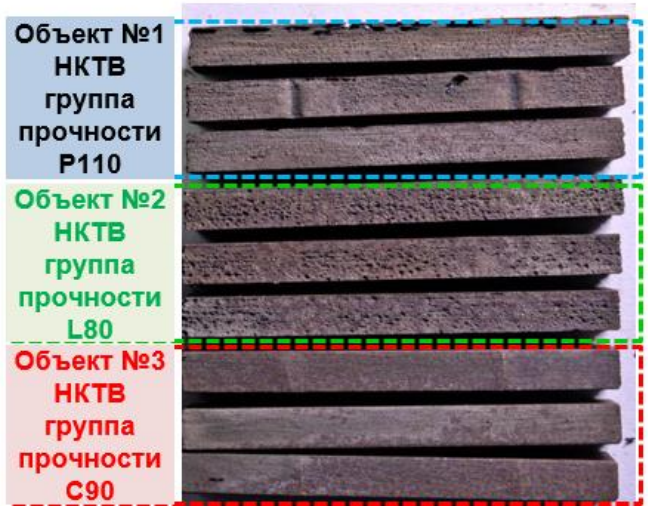


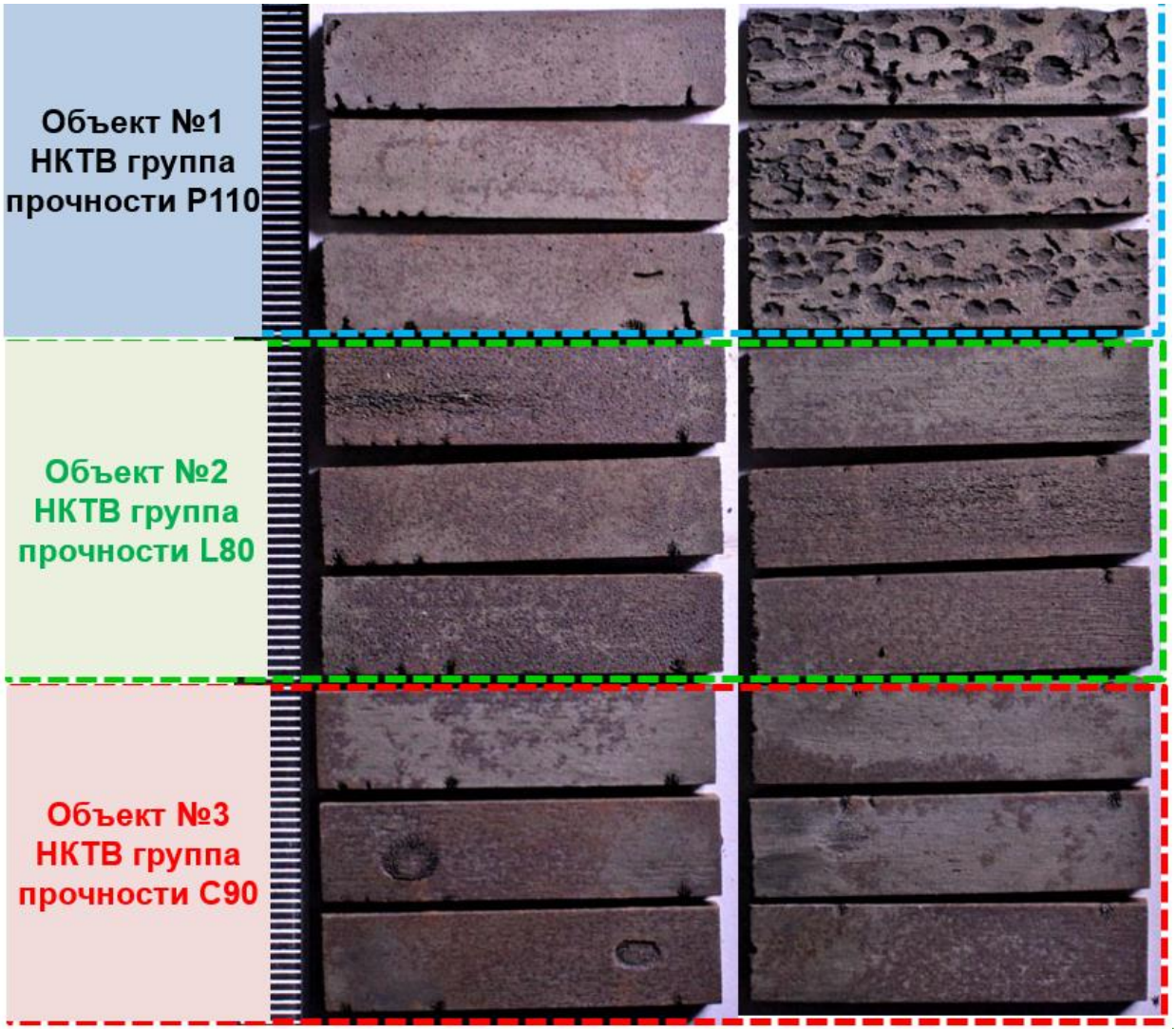
Проведение коррозионных испытаний образцов НКТВ на стойкость к общей коррозии в среде содержащей H_2S и HCl

НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»

Вид образцов после испытаний на стойкость к общей коррозии в среде содержащей H_2S и 15 % HCl







Результаты коррозионных испытаний образцов НКТВ на стойкость к общей коррозии в среде содержащей H_2S и HCl

НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»

Маркировка	HCl, %	Температура среды, °С	pH в начале испытаний	H2S в начале испытаний, г/л	Скорость коррозии, мм/год	Средняя скорость коррозии*, мм/год
1 объект, P110	0,15	25,4 - 25,7	2,69	2573 / 2505	5,56	5,67
					5,84	
					5,62	
2 объект, L80					4,63	4,68
					4,82	
					4,59	
3 объект, C90					4,16	4,22
					4,22	
					4,29	
1 объект, P110	1,5	25,8 - 25,4	2,74	2471 / 2488	37,77	40,29
					42,68	
					40,40	
2 объект, L80					18,99	19,33
					19,46	
					19,54	
3 объект, C90					13,55	13,71
					13,55	
					14,04	
1 объект, P110	15	25,2 - 25,8	2,68	2471 / 2403	30,01	33,08
					33,63	
					35,60	
2 объект, L80					23,00	23,86
					23,95	
					24,64	
3 объект, C90					18,57	18,54
					18,61	
					18,44	

Примеры разрушений муфт насосно-компрессорных труб гр.пр. С90 в скважинах ООО «Сладковско-Заречное»

НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»

Разрушение муфты НКТВ 73,02×5,51
гр. пр. С90 по ГОСТ 31446-2017 на
скважине №411 Сладковско-Заречного м/р



Разрушение муфты НКТВ 73,02×5,51
гр. пр. С90 по ГОСТ 31446-2017 на
скважине №412 Сладковско-Заречного м/р



Исследования фрагментов НКТВ и муфт 73,02×5,51 группы прочности С90 PSL-2 по ГОСТ 31446-2017

НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»

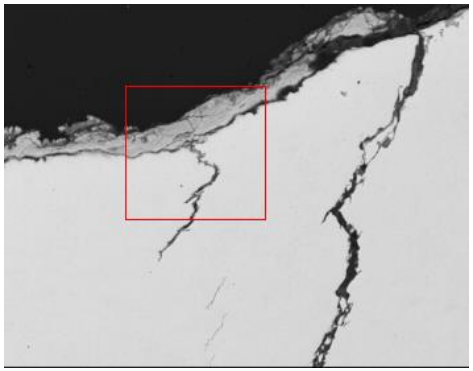
Образцы НКТВ с муфтой 73,02×5,51 гр.пр. С90 по ГОСТ 31446-2017 со скв. №411 Сладковско-Заречного м/р







Стрелкой отмечено направление распространения трещины



Анализ шлифа выявил образование хрупких трещин , заполненных сульфидами железа



Результаты определения твердости материалов НКТВ и муфт

Образец		Значения твердости, HRC			
		I	II	III	IV
НКТВ №1	№2	22,5	22,5	23,5	23,0
	№1	23,5	23,5	24,0	24,5
	№3	23,5	23,5	23,0	25,0
НКТВ №2	№2	22,5	22,0	22,5	23,0
	№1	22,0	23,0	23,0	23,0
	№3	23,5	22,5	23,5	23,5
Муфта №1, лопнувшая	№2	28,0	26,5	26,0	25,5
	№1	27,0	26,0	26,5	26,0
	№3	26,0	26,0	27,0	26,0
Муфта №2 целая	№2	23,5	22,0	23,0	22,5
	№1	22,5	24,0	24,5	24,0
	№3	23,5	24,5	24,0	25,0
Требования ТУ24.20.12.120-343-00186619-2018 для группы прочности С90					
≤25HRC					

Результаты определения состава материала муфт

	Elements, %												
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Mo	V	Nb	Ti
Муфта №1, лопнувшая	0,37	0,31	1,58	0,011	0,003	0,15	0,13	0,17	0,027	0,040	0,078	0,001	0,005
Муфта №2, целая	0,22	0,25	0,71	0,008	0,004	0,69	0,18	0,14	0,040	0,250	0,004	0,001	0,005
Требования ТУ24.20.12.120-343-00186619-2018 для группы прочности С90													
30ХГМА	0,27-0,32	0,17-0,37	0,70-1,10	≤0,015	≤0,005	0,80-1,00	≤0,25	≤0,30	0,020-0,050	0,25-0,40	-	-	-
32Х1МФ	0,29-0,33	0,17-0,37	0,50-0,80	≤0,015	≤0,005	0,90-1,10	≤0,25	≤0,30	0,020-0,050	0,25-0,40	0,06-0,10	-	-
18ХМФБ	0,16-0,23	0,17-0,37	0,50-0,90	≤0,015	≤0,010	0,80-1,10	≤0,25	≤0,30	0,020-0,050	0,10-0,20	0,05-0,10	0,03-0,06	0,005-0,030
18Х1МФБ	0,16-0,23	0,17-0,37	0,50-0,90	≤0,015	≤0,010	1,10-1,50	≤0,25	≤0,30	0,020-0,050	0,10-0,20	0,05-0,10	0,03-0,06	0,005-0,030

Результаты исследований фрагментов НКТВ 73,02×5,51 и разрушенной муфты С90 ГОСТ 31446-2017 после эксплуатации в скв. №411 Сладковско-Заречного месторождения показали, что продольная трещина развилась до торца ниппеля и сменила направление. Под действием растягивающих напряжений произошло образование и рост поперечной трещины, отрыв муфты произошел по достижении критических растягивающих напряжений по механизму сульфидного-коррозионного растрескивания под напряжением. Материал муфты не обладает стойкостью к СКРН, о чем свидетельствуют результаты анализа: несоответствие материала требуемому НД по твердости, химическому составу, термической обработке.

Исследования фрагмента НКТВ и муфт 73,02×5,51 группы прочности С90 PSL-2 по ГОСТ 31446-2017

НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
Общество с ограниченной ответственностью
«Сладковско-Заречное»

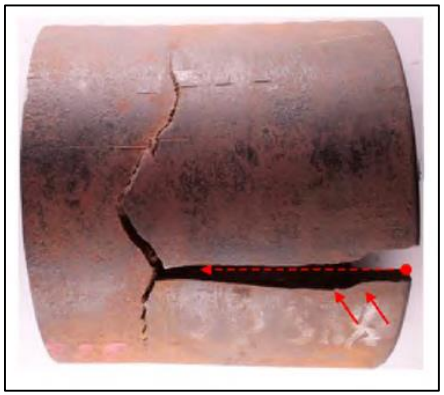
Образцы НКТВ с муфтой 73,02×5,51 гр.пр. С90 по ГОСТ 31446-2017 со скв. №412 Сладковско-Заречного м/р

НКТВ №1

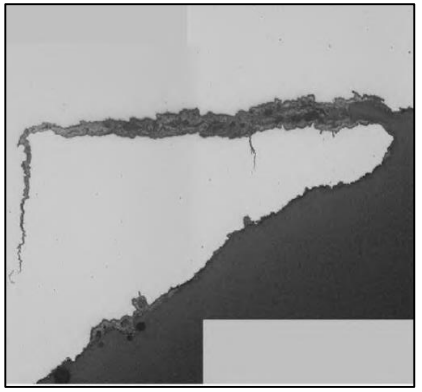


НКТВ №2









Поверхность магистральной трещины и вторичных трещин покрыты плотным слоем отложений сульфида железа

Результаты определения твердости материалов НКТВ и муфт

Маркировка		Значения твердости, HRB/HRC											
		I			II			III			IV		
НКТВ №1	2	23,0	23,0	23,0	24,0	24,0	23,5	24,0	23,5	23,5	23,0	23,0	23,0
	1	24,0	24,0	24,5	24,0	24,5	23,5	24,0	24,0	24,0	24,5	23,5	24,5
	3	22,5	23,0	23,5	24,0	24,0	25,0	23,0	23,5	23,5	23,5	24,0	24,0
НКТВ №2	2	24,5	23,5	23,5	23,5	24,0	23,5	23,5	24,0	23,5	24,0	24,0	24,0
	1	24,0	24,0	24,0	23,5	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	23,5	24,0
	3	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,0	23,5	23,5	24,0	24,0	23,5
Верхняя, лопнувшая муфта	2	29,0	28,5	29,0	31,5	30,5	30,5	31,5	31,5	31,5	31,0	31,0	30,0
	1	31,0	31,0	31,0	31,5	32,0	31,5	32,0	32,0	32,0	31,0	32,0	32,0
	3	31,5	31,5	31,5	33,0	32,0	32,0	31,0	31,0	31,5	31,5	31,0	31,5

Результаты определения состава материала муфт

Объект исследования	Массовая доля элементов, %										
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	Mo	S	P	V	Al
НКТВ	0,30	0,22	0,90	0,14	0,88	0,13	0,32	0,003	0,012	0,004	0,02
Верхняя, лопнувшая муфта	0,30	0,28	0,91	0,17	0,96	0,16	0,40	0,003	0,013	0,004	0,03
Требования ТУ24.20.12.120-343-00186619-2018 для группы прочности С90											
30ХГМА	0,27-0,32	0,17-0,37	0,70-1,10	≤0,25	0,80-1,00	≤0,30	0,25-0,40	≤0,005	≤0,015	-	0,020-0,050*

Результаты исследований фрагментов НКТВ 73,02×5,51 и разрушенной муфты С90 ГОСТ 31446-2017 после эксплуатации в скв. №412 Сладковско-Заречного месторождения показали, что разрушение муфты произошло по нерабочей резьбовой части по хрупкому механизму. От магистральной трещины произошло множественное развитие вторичных трещин, в которых образовались плотные отложения сульфидов железа. Материал разрушенной муфты не обладает стойкостью к СКРН, о чем свидетельствуют результаты анализа: несоответствие материала требуемому НД по твердости. При этом по химическому составу материал муфты соответствует ТУ завода-изготовителя.

Спасибо за внимание!