# Трубная Металлургическая Компания

г. Самара, 2023

# Результаты опытно-промысловых испытаний нефтегазопроводных труб класса прочности К52 производства ПАО «ТМК» на Большетирском месторождении ООО «ИНК»

**Колесников В.В.**

**Зам. директора по техническим продажам НГПТ**

**г. Самара,2023**

# Цель работы в рамках программы технологического партнерства ТМК/ИНК

Освоение производства НГПТ из стали 12ХГБА класса прочности К52 для обустройства месторождений ООО «ИНК».

Оценка эффективности применения НГПТ из стали 12ХГБА на Большетирском месторождении ООО «ИНК».

## Материал исследования

| Марка стали | Массовая доля элементов, % | | | | | | | | Сэкв |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Mn | Si | P | S | Cr | V | Nb | |
| 12ХГБА | 0,13 | 0,64 | 0,21 | 0,010 | 0,004 | 0,70 | - | 0,027 | 0,40 |
| 13ХФА | 0,14 | 0,52 | 0,23 | 0,006 | 0,002 | 0,54 | 0,045 | - | 0,37 |
| Требования ЕТТ ООО «ИНК» | 0,11-0,17 | 0,45-0,65 | 0,17-0,40 | ≤0,015 | ≤0,005 | 0,50-0,70 | 0,04-0,09 | - | ≤0,43 |

# Механические свойства НГПТ размером 114×8 мм из сталей 12ХГБА и 13ХФА

| Сталь | $\sigma_т$, МПа | $\sigma_в$, МПа | $\delta_5$, % | $\frac{\sigma_т}{\sigma_в}$ | HV10 | KCU $^{-60°C}$ Дж/см$^2$ | KCV$^{-20\ °C}$, Дж/см$^2$ | ДВС$^{-20\ °C}$, % | KCV $^{-50\ °C}$, Дж/см$^2$ | ДВС $^{-50\ °C}$, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **12ХГБА** | 453<br>494 | 532<br>555 | 24<br>23 | 0,85<br>0,89 | 205<br>209 | 303<br>313 | 254<br>265 | 100<br>100 | 241<br>234 | **92**<br>**90** |
| **13ХФА** | 520<br>494 | 582<br>569 | 25<br>26 | 0,89<br>0,87 | 215<br>213 | 269<br>282 | 252<br>258 | 100<br>100 | 238<br>237 | **93**<br>**92** |
| **Требования ЕТТ ООО «ИНК»** | | | | | | | | | | |
| **К52** | **415-565** | **520-760** | **≥ 20** | **≤ 0,93** | **≤ 250** | **≥ 45** | **≥ 65** | **≥ 50** | **≥ 50** | **≥ 50** |

# Коррозионные свойства НГПТ из сталей 12ХГБА и 13ХФА

| Сталь | NACE TM0177 (Метод А) | | | ASTM G39 | | Скорость общей коррозии | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Среда $CO_2$ | | Среда $H_2S$ | |
| | Нагрузка, МПа | Наличие трещин | Выдержал, часов | Нагрузка, МПа | Наличие трещин | - | среднее | - | среднее |
| **12ХГБА** | 80 % от $\sigma_{т\ min}$ | нет | 720 | 80 % от $\sigma_{т\ min}$ | нет | 0,09<br>0,10<br>0,09 | 0,09 | 0,30<br>0,28<br>0,26 | 0,28 |
| **13ХФА** | 72% от $\sigma_{т\ min}$ | нет | 720 | 72% от $\sigma_{т\ min}$ | нет | 0,15<br>0,16<br>0,16 | 0,16 | 0,37<br>0,37<br>0,36 | 0,37 |
| **Требования ЕТТ ООО «ИНК»** | | | **более 720 при 72%** | **отсутствие трещин** | | **не требуется** | | | **не требуется** |

# Опытно-промысловые испытания



«СОГЛАСОВАНО»
Заместитель главного инженера – директор департамента добычи нефти и газа
ООО «ИНК»
_____ Р.М. Салихов
«__» _____ 20__г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Главный инженер ООО «ИНК»
_____ А.М. Усков
«__» _____ 20__г.

«СОГЛАСОВАНО»
Директор департамента эксплуатации трубопроводов ООО «ИНК»
_____ Г.Л. Макеенков
«__» _____ 20__г.

«СОГЛАСОВАНО»
Директор по техническим продажам и сопровождению продукции в РФ
ПАО «ТМК»
_____ А.П. Медведев
«__» _____ 2019 г.

ПРОГРАММА
ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ
образцов нефтегазопроводных труб (изготовленных по ТУ 14-3р-160-2018) из стали 12ХГБ производства Синарского Трубного Завода ПАО «ТМК» в технологической обвязке нефтесборных трубопроводов площадки КП-4 Большетирского нефтяного месторождения ООО «ИНК»

**Разработана программа опытно-промысловых испытаний образцов труб размером 114×8 мм на площадке Большетирского месторождения ООО «ИНК».**

**Транспортируемая среда характеризуется повышенной агрессивностью, обусловленной высоким содержанием $H_2S$ и $CO_2$ повышенной минерализацией.**

**Р общее = 40 кгс/см² (38,712 атм);**
**$P_{H_2S}$ = 0,2 кгс/см² (0,193 атм);**
**$P_{CO_2}$ = 0,4 кгс/см² (0,387 атм).**

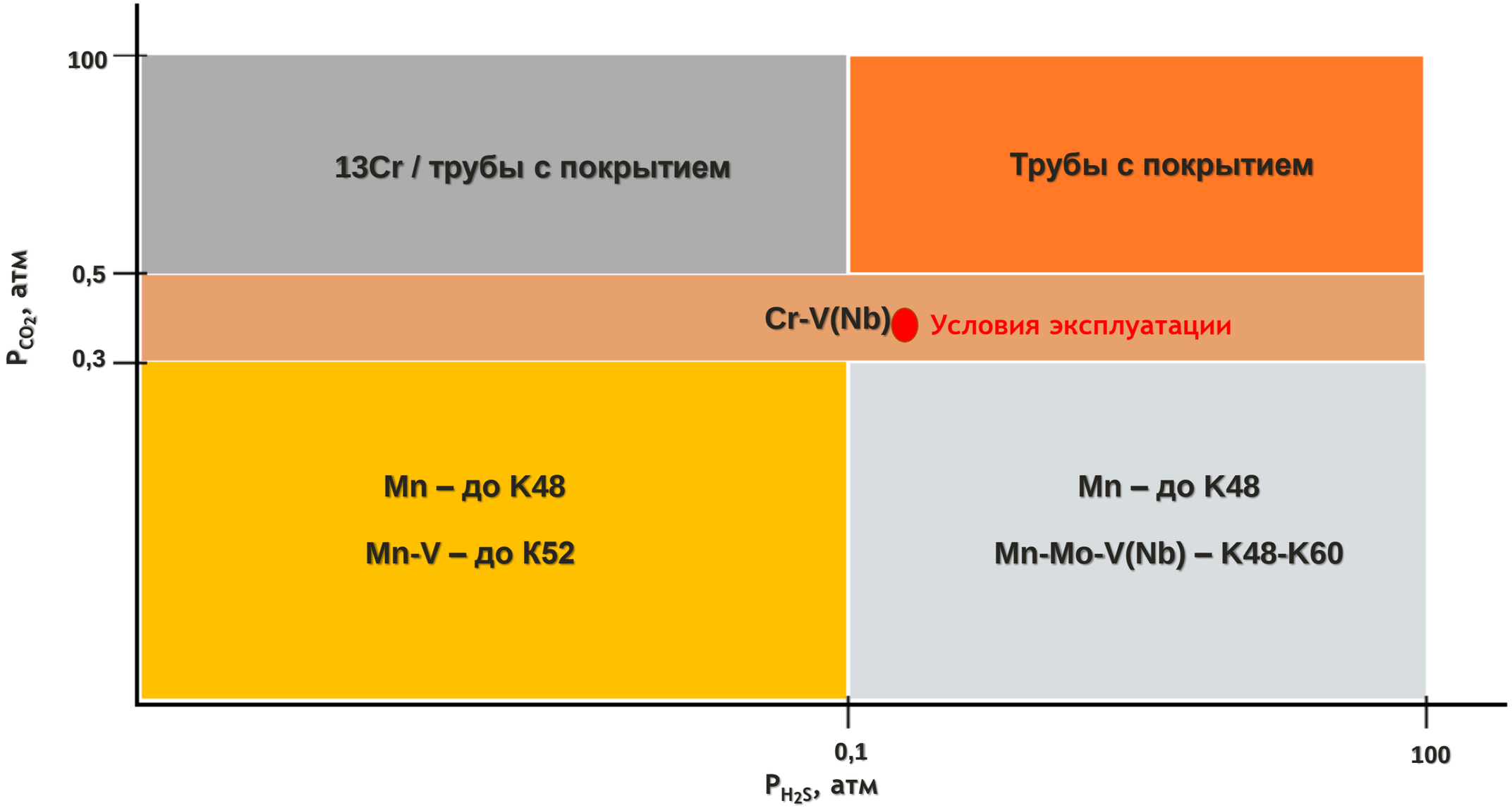
**Эксплуатируемая среда по склонности вызвать коррозионное растрескивание относится к зоне 3**




**Состав пластовой воды Большетирского месторождения**

| Плотность, кг/м³ | pH | Fe, мг/дм³ | $SO_4$, мг/дм³ | Br, мг/дм³ | Cl, мг/дм³ | Ca, мг/дм³ | Mg, мг/дм³ | $HCO_3$, мг/дм³ | $CO_3$, мг/дм³ | Li, мг/дм³ | Na, мг/дм³ | K, мг/дм³ | Sr, мг/дм³ | I, мг/дм³ | Общая минерализация, мг/дм³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1320** | 4 | 26 | 14 | 5062 | 266795 | 112439 | 10854 | 1682 | отс. | 188 | 22170 | 6531 | 5345 | 2 | 365433 |

# Диаграмма выбора материалов линейных труб (до T≤150°C)



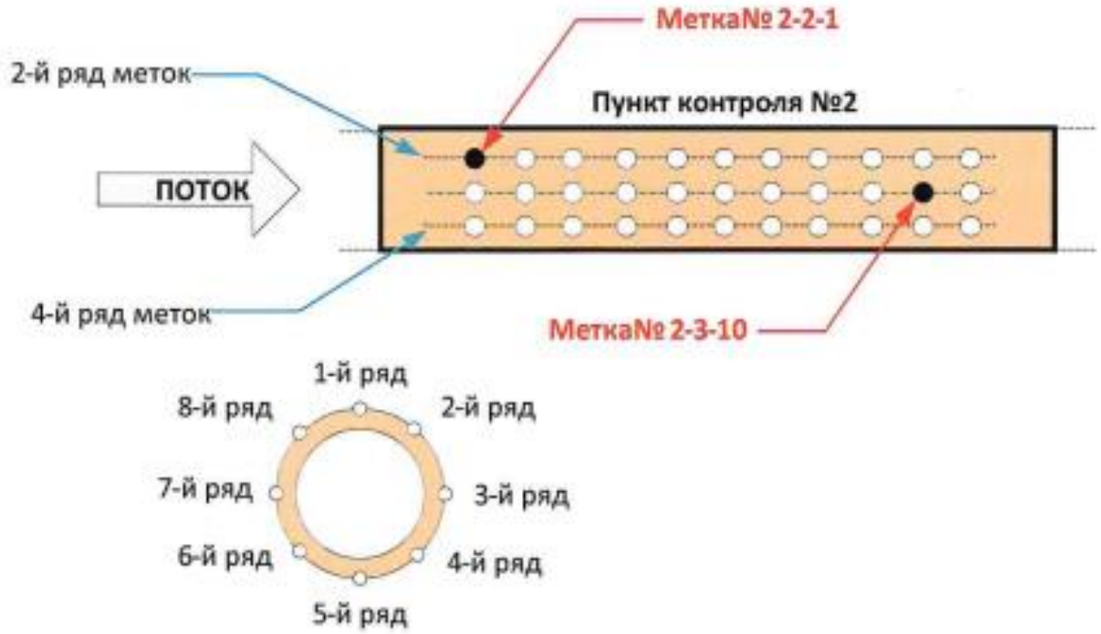
# Начало опытно-промысловых испытаний

**05.12.2021 произведен монтаж катушек на испытательной площадке Большетирского месторождения с технологической обвязке нефтесбора КП-4.**

**Срок опытно-промысловых испытаний – 1 год.**

**Ежемесячно проводился ультразвуковой контроль толщины стенки катушек.**



# Вид катушек после опытно-промысловых испытаний




12ХГБА

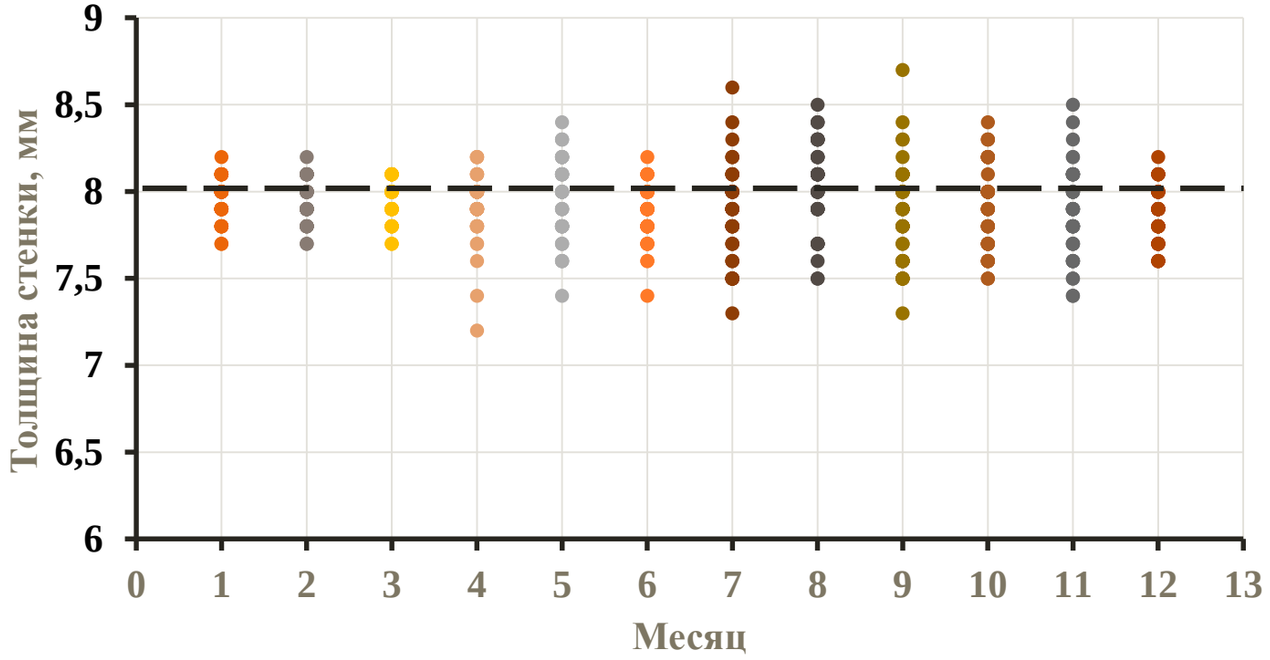


13ХФА

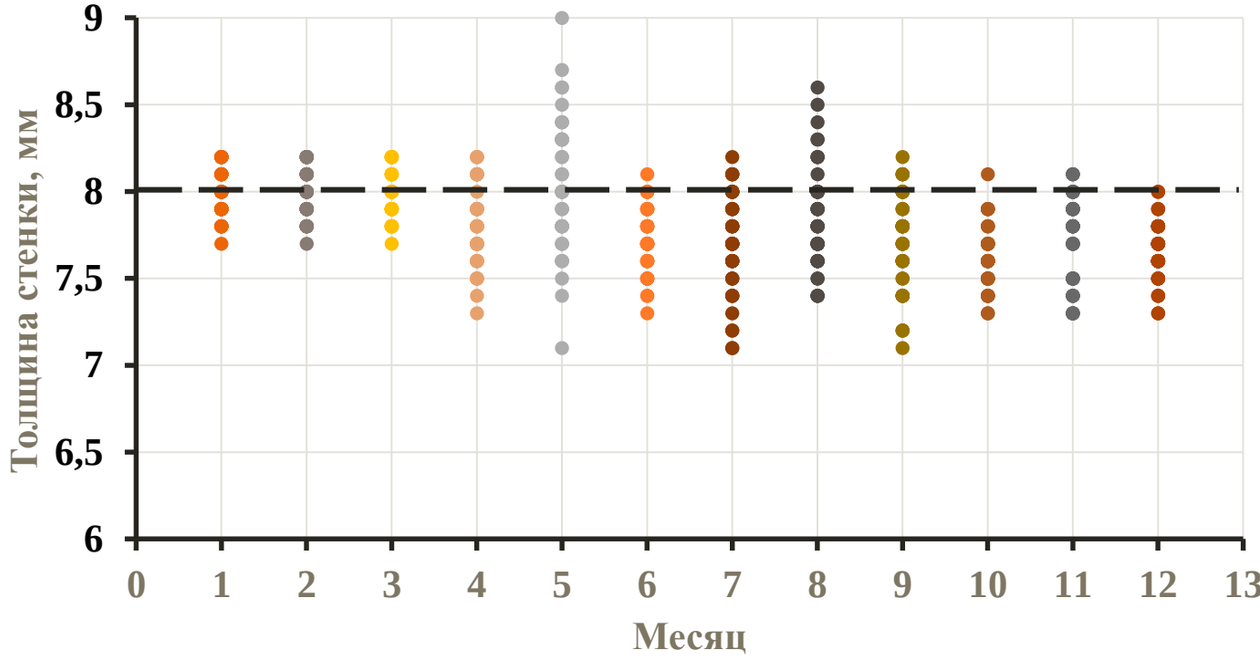


# Анализ результатов испытаний труб размером 114×8 мм

**12ХГБА**




**13ХФА**

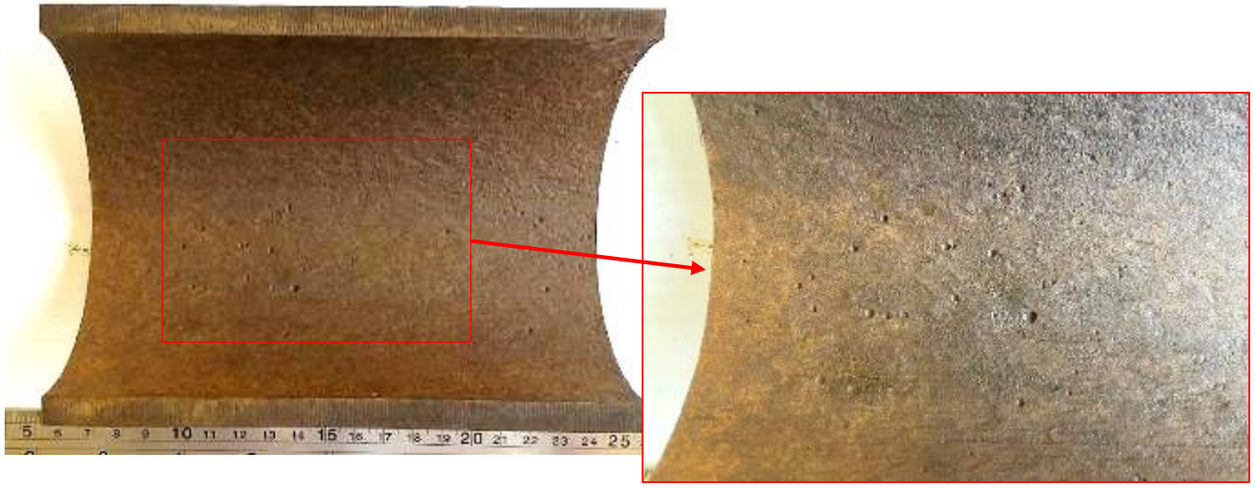


# Вид внутренней поверхности труб после удаления продуктов коррозии

## 12ХГБА нижняя образующая



## 13ХФА нижняя образующая



## 12ХГБА верхняя образующая

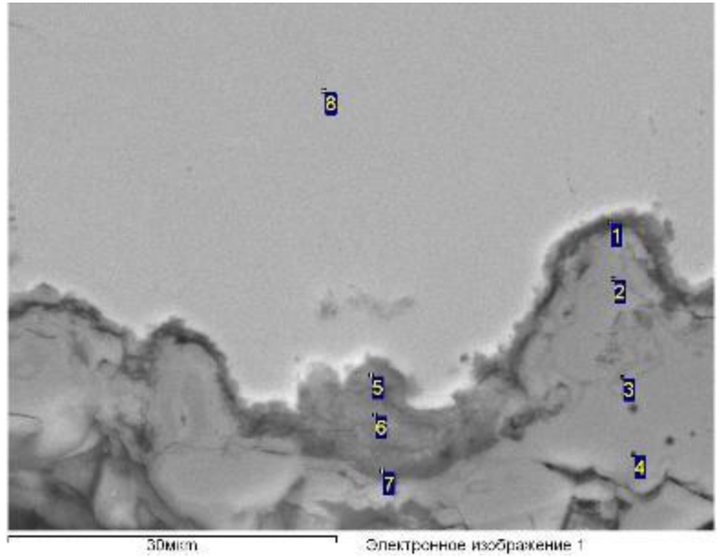


## 13ХФА верхняя образующая



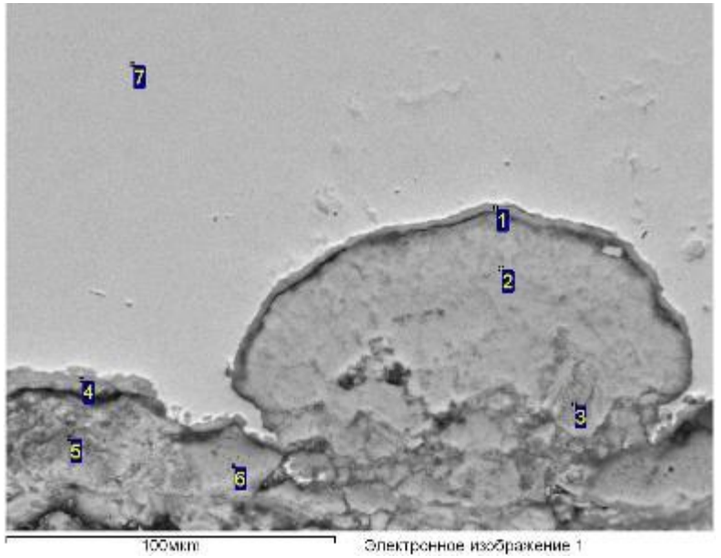
# Состав продуктов коррозии на внутренней поверхности труб после опытно-промысловых испытаний

## Сталь 12ХГБА




| Спектр | Массовая доля элементов, % | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | O | Si | S | Cr | Mn | Fe | Итого |
| 1 | 17.27 | 13.54 | - | - | 1.58 | 0.65 | 66.96 | 100.00 |
| 2 | 16.42 | 24.52 | - | - | 0.84 | 0.37 | 57.85 | 100.00 |
| 3 | 20.10 | 23.37 | - | - | 0.83 | 0.41 | 55.29 | 100.00 |
| 4 | 28.53 | 21.17 | - | - | 0.30 | 0.54 | 49.46 | 100.00 |
| 5 | 28.16 | 3.21 | - | 4.64 | 0.61 | 0.49 | 62.88 | 100.00 |
| 6 | 37.65 | 8.49 | 0.77 | 15.10 | 1.25 | 0.53 | 36.22 | 100.00 |
| 7 | 34.77 | 10.22 | - | 12.73 | 0.81 | 0.33 | 41.14 | 100.00 |
| 8 | 17.98 | - | 0.44 | - | 0.55 | 0.71 | 80.32 | 100.00 |

## Сталь 13ХФА




| Спектр | Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | O | Si | S | Ca | V | Cr | Mn | Fe | Итого |
| 1 | 6.78 | 3.00 | - | 4.95 | - | - | 0.35 | - | 84.92 | 100.00 |
| 2 | 12.28 | - | - | 26.84 | - | - | 0.40 | - | 60.48 | 100.00 |
| 3 | 15.44 | 9.82 | 7.66 | 15.30 | 0.37 | 0.53 | 0.86 | 0.90 | 49.12 | 100.00 |
| 4 | 17.61 | 5.44 | - | - | - | - | 0.72 | 0.75 | 75.48 | 100.00 |
| 5 | 10.69 | 31.39 | 0.55 | - | - | - | 0.52 | 0,26 | 56.59 | 100.00 |
| 6 | 6.47 | 20.11 | 0.73 | - | - | - | 0.60 | 0,42 | 71.67 | 100.00 |
| 7 | 4.78 | - | - | - | - | - | 0.56 | 0.54 | 94.11 | 100.00 |

# Скорость локальной коррозии после опытно-промысловых испытаний

| Марка стали | Место измерения | Диаметр язв, мм | Глубина язв, мм | | Скорость локальной коррозии после 365 сут, ОПИ мм/год | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | максимальная | средняя | максимальная | средняя |
| 12ХГБА | Верхняя образующая | 3,0 | 0,30 | 0,23 | 0,30 | 0,23 |
| | Нижняя образующая | 2,0 | 0,27 | 0,20 | 0,27 | 0,20 |
| 13ХФА | Верхняя образующая | 3,0 | 0,33 | 0,25 | 0,33 | 0,25 |
| | Нижняя образующая | 3,0 | 0,35 | 0,27 | 0,35 | 0,27 |

$$V_{лок.кор.} = h \times \tau/365,$$

**где h – глубина язвы, мм; τ – срок эксплуатации, сут.**

# Механические свойства труб после опытно-промысловых испытаний

| Сталь | $\sigma_т$, МПа | $\sigma_в$, МПа | $\delta_5$, % | $\frac{\sigma_т}{\sigma_в}$ | $HV_{10}$ | KCU $^{-60°C}$ Дж/см$^2$ | KCV$^{-20\ °C}$, Дж/см$^2$ | ДВС$^{-20\ °C}$, % | KCV$^{-50\ °C}$, Дж/см$^2$ | ДВС$^{-50\ °C}$, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **12ХГБА** | 462<br>471 | 543<br>564 | 24<br>24 | 0,85<br>0,84 | 209<br>211 | 297<br>301 | 255<br>261 | 100<br>100 | 241<br>239 | **92**<br>**90** |
| **13ХФА** | 493<br>510 | 592<br>589 | 26<br>26 | 0,83<br>0,87 | 215<br>211 | 289<br>284 | 255<br>251 | 100<br>100 | 235<br>238 | **93**<br>**92** |
| **Требования ЕТТ ООО «ИНК»** | | | | | | | | | | |
| **К52** | **415-565** | **520-760** | **≥ 20** | **≤ 0,93** | **≤ 250** | **≥ 45** | **≥ 65** | **≥ 50** | **≥ 50** | **≥ 50** |

# Коррозионные свойства труб после опытно-промысловых испытаний

| Сталь | NACE TM0177 | | | | | ASTM G39 | | Скорость общей коррозии | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Метод А | | | Метод С | | Нагрузка, МПа | Наличие трещин | Среда $CO_2$ | | Среда $H_2S$ | |
| | Нагрузка, МПа | Наличие трещин | Выдержал часов | Наличие трещин | Выдержал часов | | | - | среднее | - | среднее |
| **12ХГБА** | 80 % от $\sigma_{т\ min}$ | нет | 720 | нет | 720 | 80 % от $\sigma_{т\ min}$ | нет | 0,08<br>0,11<br>0,10 | 0,10 | 0,26<br>0,29<br>0,27 | 0,27 |
| **13ХФА** | 80% от $\sigma_{т\ min}$ | нет | 720 | нет | 720 | 80% от $\sigma_{т\ min}$ | нет | 0,17<br>0,14<br>0,16 | 0,16 | 0,36<br>0,36<br>0,38 | 0,37 |
| **Требования ЕТТ ООО «ИНК»** | | | **более 720 при 72%** | - | **более 720 при 72%** | **Отсутствие трещин** | | **не требуется** | | | **не требуется** |

# Выводы

1. **Освоено производство нефтегазопроводных труб класса прочности К52 из стали марки 12ХГБА с обеспечением требований к коррозионной стойкости и хладостойкости.**

2. **Успешно завершены опытно-промысловые испытания трубной продукции ТМК: максимальная скорость локальной коррозии испытательной катушки 12ХГБА не выше, чем аналогичный параметр контрольной катушки 13ХФА .**

3. **Трубная продукция из стали 12ХГБА будет рекомендована для эксплуатации на месторождениях ООО «ИНК» при применении ингибиторов коррозии с целью защиты от локальных коррозионных разрушений.**

# Спасибо за внимание!

Узнай больше
о компании ТМК

ТМК eTrade
Интернет-магазин труб

Премиальные резьбовые
соединения ТМК UP