



# ПРОФИЛАКТИКА РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИОННОГО И КОРРОЗИОННО-МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ЕСГ НА БАЗЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОМ МАГНИТНОЙ ТОМОГРАФИИ (МТМ)

**Светлана Сергеевна Камаева, к.т.н.**  
Генеральный директор ООО НТЦ «Транскор-К»

# АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ



Проблема смягчения последствий возможных аварий по причине коррозионного растрескивания под напряжением (КРН/SCC) и в ситуациях внепроектных нагрузок является по-прежнему весьма актуальной для всего мира.

## ВНУТРИТРУБНАЯ ДИАГНОСТИКА

традиционный метод технического диагностирования



Затруднения в части как выявления, так и правильной оценки степени опасности дефектов КРН, имеющих ничтожные геометрические размеры и развивающиеся нелинейно вплоть до разрушения.



## РЕШЕНИЕ ДАННОЙ ПРОБЛЕМЫ ЗАТРУДНЕНО ПО ПРИЧИНАМ:



Затруднено первичное (поисковое) выявление предполагаемых трещин, расположенных в неизвестном направлении (как в продольном, так в поперечном или под углом к оси объекта).



Пока еще не создан общепризнанный алгоритм оценки трещиностойкости и прогноза скорости развития трещиноподобных дефектов на основе механизма жизненного цикла по форме «ванна».



Нет единых количественных критериев оценки опасности при внутритрубном инспектировании (ILI) ВТД дефектов различных типов с учетом конкретных условий эксплуатации трубопроводов.



При ВТД не проводится оценка степени деградации свойств металла в агрессивных охрупчивающих (наводороживающих) условиях, к каким относится МІС.

# ТРУБОПРОВОДНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА МИРА



НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДЫ

389 422 км

НЕФТЕПРОВОДЫ

298 376 км

ГАЗОПРОВОДЫ

2 858 637 км

**ПОДВОДНЫЕ  
ТРУБОПРОВОДЫ** >20 000 км

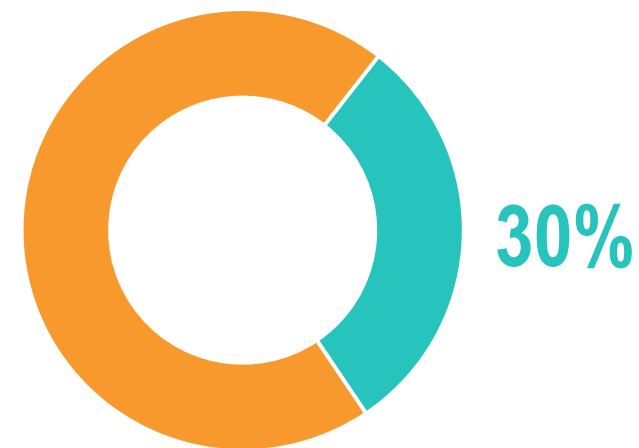
В России UPS\* более 80% по протяженности, включая морские «Потоки»:

1213 км – «Голубой»

900 км - «Южный»

1224 км – «Северный»

ДОЛЯ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА ТРУБОПРОВОДОВ, регламентированных нормативной базой в РФ



30% Внутритрубная диагностика (ВТД) (2 отраслевых ГОСТа)

## ПРОБЛЕМА:

Отсутствие 100% контроля металла и НДС на всей протяженности трубопровода

• UPS - «Un-pigable & difficult» pipelines  
• НДС – Напряженно-деформированное состояние трубопровода

# РЕГИСТРАЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ



В результате МТМ обследования были выявлены участки трубопровода с повышенными напряжениями с ранжированием значений этих напряжений по степени опасности по трем уровням согласно действующему российскому нормативу [РД 102-008-2002], как представлено ниже:



**Первый ранг опасности** - предельно допустимые напряжения, чреватые разрушением



**Второй ранг опасности** – зоны допустимого риска без актуальной угрозы разрушения или деформации трубопровода



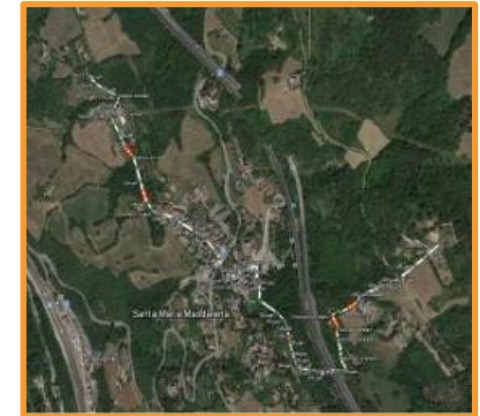
**Третий ранг опасности** - напряжения незначительно отличаются от проектных и подлежат мониторингу.



## РЕЗУЛЬТАТЫ

- **Расчеты локальных напряжений по данным МТМ показали:** величина в наиболее опасных аномальных зонах превышает аналогичный уровень ври условиях рабочего давления **на 63-65 %**.
- **Оценка изменения напряжений через 14 месяцев в зоне оползня,** в районе населенного пункта, показала их увеличение на участках **с 0 по 300 м и 600 по 1200 м**.

## РЕЗУЛЬТАТЫ МТМ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРОХОДЯЩЕГО ПОПЕРЕК СКЛОНОВ ХОЛМОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА НА ТЕРРИТОРИИ ИТАЛИИ



# ВЫЯВЛЕНИЕ РИСКА КРН



КАНАДСКАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ТРУБОПРОВОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ (Canadian Energy Pipeline Association - CEPA) в своих рекомендациях «Рекомендуемая практика контроля КРН» предлагает внедрение многоуровневого метода оценки степени опасности КРН для снижения риска любого обнаруженного случая КРН, при этом как в осевом (продольном) направлении, так и по кольцевым напряжениям – подобно растрескиванию сварных соединений.



## СУТЬ МЕТОДА:

### 1. ВЫЯВЛЕНИЯ ОБЩИХ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КРН:



наличие нарушений изоляционного покрытия, отсутствия адекватной катодной защиты, проникновение электролита к поверхности металла.



наличие медленной или «спящей» коррозии на дне коррозионных язв по нижней образующей трубы или вдоль корневого шва («шатровое отслоение» покрытия). Магистральная трещина, как правило, состоит из нескольких слившихся трещин. Часто является типичным большое отношение длины к глубине – в диапазоне 20-50 : 1 (длина : глубина).



pH воздействующего электролита в колонии КРН находится в около-нейтральном диапазоне - от 6 единиц.



кончик трещины на металлографических шлифах in-situ проходит транскристаллитно.

### 2. ВЫЯВЛЕНИЕ КОЛОНИЙ МЕЛКИХ ТРЕЩИН



(менее 10 % толщины стенки трубы в глубину), как правило, с очень низкими, не поддающимися обнаружению темпами роста.



Эти колонии дефектов КРН практически не могут быть выявлены на поверхности металла труб без помощи методик визуализации. По этой причине при невозможности внутритрубного обследования (ВТД) простое коррозионное обследование по программе шурфовых работ не является надежным средством для пассивного обнаружения и определения местонахождения КРН. Вместе с тем из подобных микротрещин (чаще одиночных, не расположенных в колонии) развиваются магистральные трещины, приводящие к лавинообразному разрушению по причине КРН.

# РИСКИ РАЗРУШЕНИЯ ПО ПРИЧИНЕ КРН



Разрушение магистрального газопровода по причине КРН (Средняя Азия)



Разрушение магистрального газопровода по причине КРН (Луховицы)

## ВЫДЕЛЕННЫЙ МТМ НАИБОЛЕЕ ОПАСНЫЙ ДЕФЕКТ КРН НА ТРУБЕ ПОДВОДЯЩЕГО ШЛЕЙФА ГКС

А – до испытаний, Б – после применения магнитопорошкового метода до испытаний;  
В – хрупкое разрушение после образования магистральной трещины в области данного дефекта; Г – натурный стенд с дефектами КРН до ресурсных испытания.

# ВЕРИФИКАЦИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МТМ ПО ВЫЯВЛЕНИЮ КРН

	№ АНОМАЛИИ МТМ	 ВЫЯВЛЕННЫЕ ДЕФЕКТЫ	 РАЗМЕРЫ ДЕФЕКТОВ, ММ
	5	ЗПТ	20×5×1
		ЗПТ	20×8×2,8
	6	ЗПТ	-----
	7,8	ЗПТ	130×160×0,5
		ЗПТ	1100×150×0,3; 110×40×1,5
	9	ЗПТ	200×460×2; 130×5×0,3 Глубина до 1,0 мм
	10	ЗПТ	60×200×0,8; 50×50×0,8
	11	ЗПТ	150×40×1
		ЗПТ коррозия	60×40×1; глубина до 1,0 мм
	12	ЗПТ коррозия	100×200×0,5; глубина до 0,6 мм
	13	ЗПТ коррозия	390×200×0,3; глубина до 1,0 мм



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

**Светлана Сергеевна Камаева, к.т.н.**  
Генеральный директор ООО НТЦ «Транскор-К»

© ООО НТЦ «Транскор-К», 2020