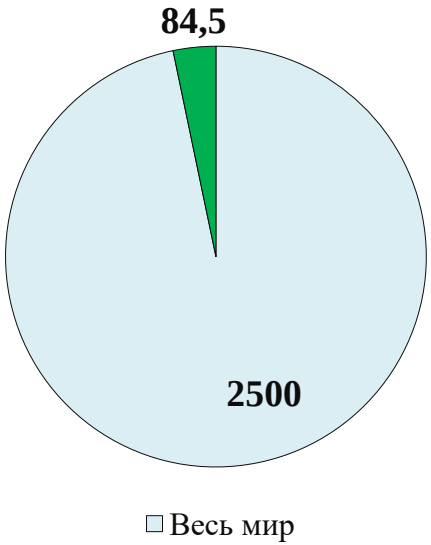
03-04 сентября 2025, Самара

ИНГИБИТОРНАЯ ЗАЩИТА ТРУБОПРОВОДОВ: подходы к повышению эффективности

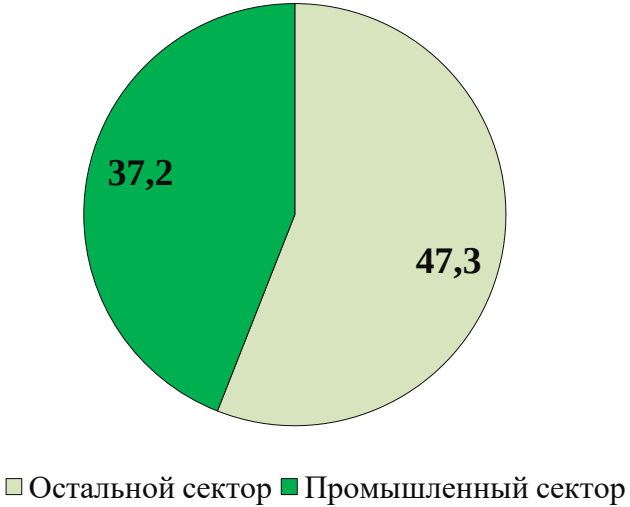
Фот Кирилл Сергеевич, АО «НК «Конданефть»
начальник отдела химизации производственных процессов

ВСЕМИРНЫЕ ЗАТРАТЫ НА ПОСЛЕДСТВИЯ, СВЯЗАННЫЕ С КОРРОЗИЕЙ

Всемирные затраты на последствия от коррозии, млрд. $



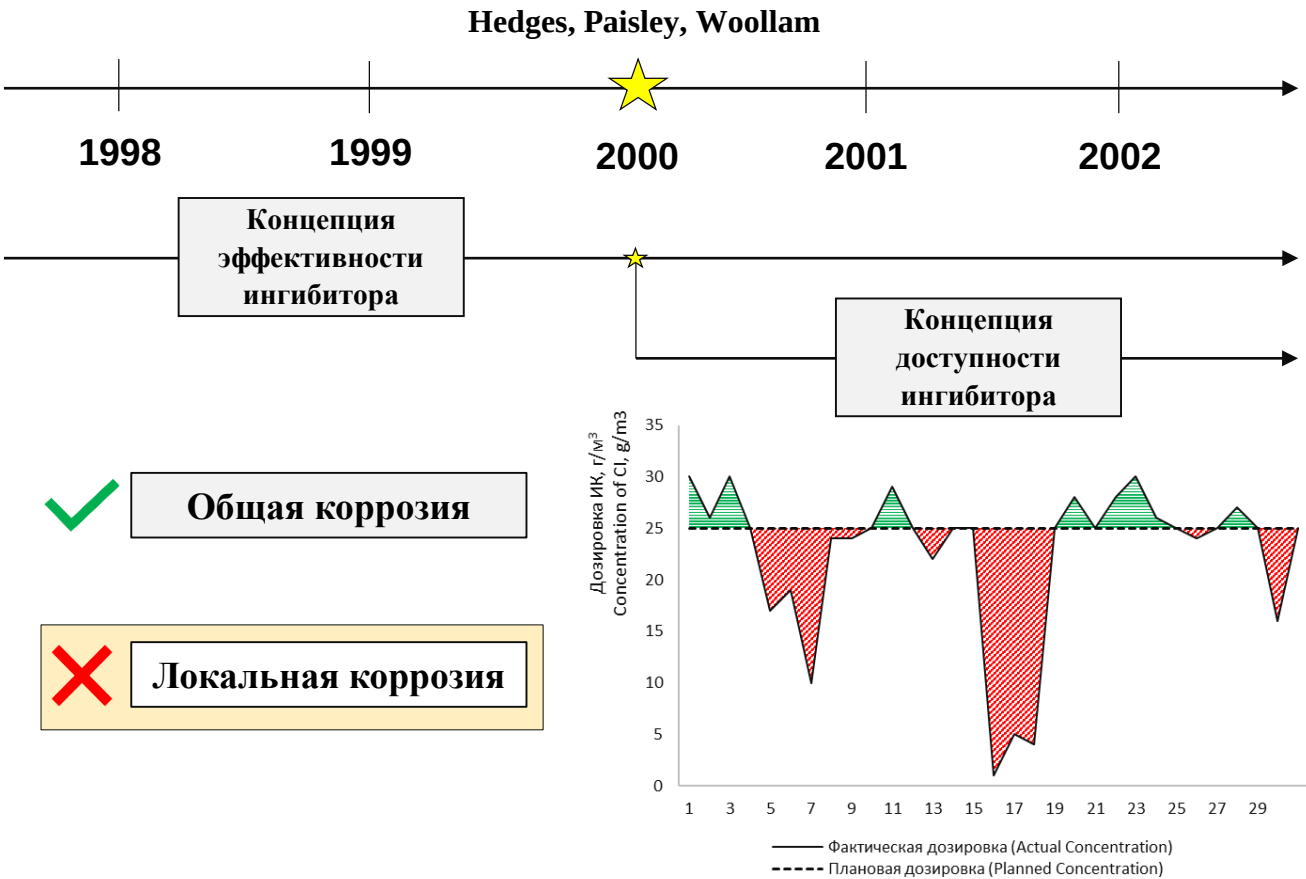
Затраты на последствия от коррозии по России, млрд. $



Koch G., Varney J., Thompson N., Moghissi O., Gould M., Payer J.
International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies. USA, Texas: NACE International Report. 2016. 216 p.

ОСНОВА ИНГИБИТОРНОЙ ЗАЩИТЫ:

доступность ингибирования и эффективность ингибитора коррозии



Доступность ингибирования – доля времени, в течение которого ингибитор коррозии подавался в *заданной* дозировке

$$ДИ = \frac{T - \Sigma \Delta T}{T} \cdot 100\%$$

T – временной интервал за расчетный период, сут.

ΔT – время, когда дозировка была менее заданной, сут.

ВАЖНОЕ ПРИМЕЧАНИЕ

под **заданной* необходимо понимать такую эффективную дозировку ИК, которая обеспечивает защитный эффект, как по остаточной скорости общей коррозии, так и по **максимальной скорости локальной коррозии (МСЛК)**

Hedges B., Paisley D., Woollam R.C.
The Corrosion Inhibitor Availability Model. *CORROSION*, 2000. Vol. 40, No. 6. pp. 40-44.

КОНЦЕПЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ

коэффициент распределения ингибитора коррозии между водной и нефтяной фазами (L)

ИК-1: сложная смесь четвертичных аммониевых солей жирных кислот фракции C_{10}-C_{20} и алкилимидазолинов жирных кислот фракции C_{10}-C_{20}

$L = 0$ при $C_{общ} \leq 25$ мг/дм^3

$L = (an + b)e^{(C_{общ}(cn+d)}$ при $C_{общ} > 25$ мг/дм^3

где a, b, c, d – коэффициенты, зависящие от средневзвешенной (не средней!) обводнённости потока жидкости в трубопроводе.

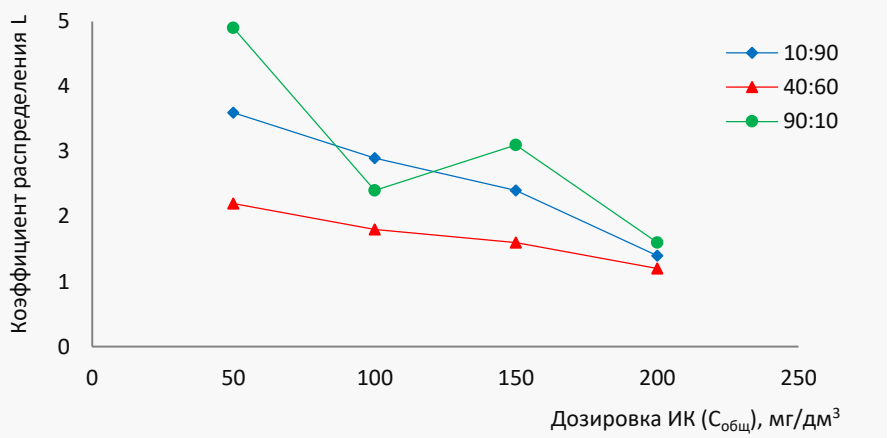
При n ≤ 0,43: a = -6,8607, b = 5,5165, c = 0,0031, d = -0,0053.
При n > 0,43: a = 8,8386, b = -1,1479, c = -0,0042, d = -0,0022.

Тогда при $\mathbf{C_{общ} \leq 25}$ **мг/дм^3** расчетная концентрация ИК, перешедшего в воду, равна $\mathbf{C_в = 0}$.

Для $\mathbf{C_{общ} > 25}$ **мг/дм^3**: $$C_в = \frac{C_{общ}}{n + (1 - n)L}$$

ВЫВОД: ИК свойственна нецелесообразная «потеря» в нефть с учетом его L.
В свою очередь, это приводит к росту эффективных дозировок от ЛК.
У каждого ИК есть своя «пороговая концентрации активации распределения», после которой он начинает переходить в воду и проявлять сколько-нибудь выраженный защитный эффект.

Зависимость коэффициента распределения L от дозировки вводимого ИК при различном соотношении объемов воды и нефти



Важное примечание №1: при дозировке 20 мг/дм^3 ИК в воде не обнаружен и определить для него коэффициент распределения невозможно (по лабораторным данным). Впоследствии при проведении КОПИ была установлена «пороговая концентрация», которая составила 25 мг/дм^3.

Важное примечание №2: установлено, что существуют различные начальные величины дозировок (т.н. «пороговая концентрация активации распределения»), которые необходимо достичь ИК для их последующего перераспределения в водную фазу и проявлению выраженного защитного антикоррозийного эффекта от локальной коррозии.
Например, для ИК-1 пороговая концентрация активации распределения начинается свыше 20 мг/дм^3, в то время как для ИК-2 - не найдена даже при 150 мг/дм^3, при этом ИК, вероятно, находится на разделе фаз «нефть-вода».

ЧТО ТАКОЕ «ЭЗД» И ЗАЧЕМ ОНО НУЖНО?

взаимосвязь между «ЭЗД» и «МЭД»

Таким образом, $\mathbf{C_{общ}}$ **= МЭД**, а $\mathbf{C_{в}}$ **= ЭЗД = эквивалентная защитная дозировка ИК (в воде!) в г/м^3**, физический смысл которой заключается в защитном эффекте от коррозии в зависимости от физико-химических свойств транспортируемой среды и режима течения на конкретном участке трубопровода.

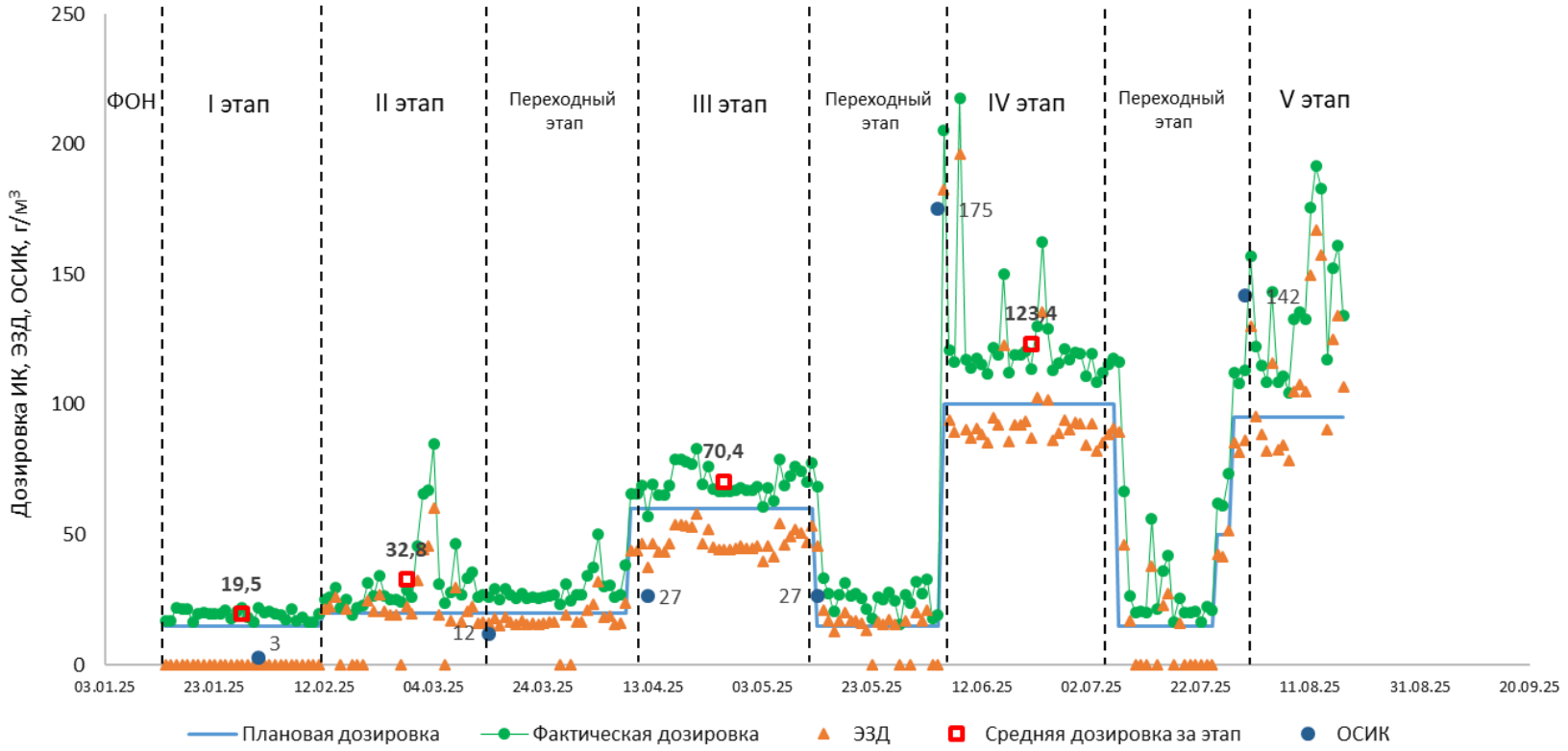
При этом **МЭД** – минимально-эффективная дозировка ИК (г/м^3), необходимая для защитного эффекта от коррозии на конкретном участке трубопровода с учетом его коэффициента распределения L между водной и нефтяной фазами, т.е. с учетом его нецелесообразной «потерей» в нефть и снижением потенциальной «полезной» работы по ингибиторному защитному эффекту в воде.

$$\boldsymbol{C}_{\text{в}} = \frac{\text{C}_{\text{общ}}}{\boldsymbol{n} + (\boldsymbol{1} - \boldsymbol{n})\boldsymbol{L}} = \text{ЭЗД} = \frac{\text{МЭД}}{\boldsymbol{f}(\boldsymbol{L})}$$

$$\text{МЭД} = \text{ЭЗД} \cdot \boldsymbol{f}(\boldsymbol{L})$$

КОНЦЕЦПИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ

КОПИ на КП №4 Кондинского месторождения: **корреляция между ОСИК в воде и расчетной ЭЗД**

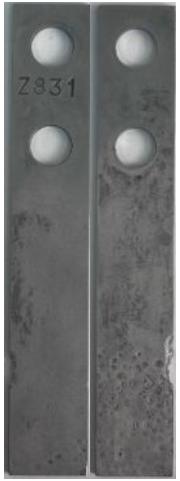
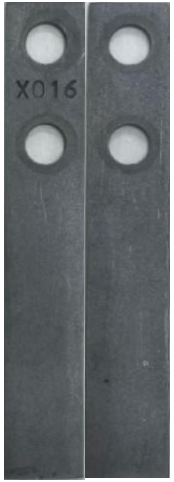


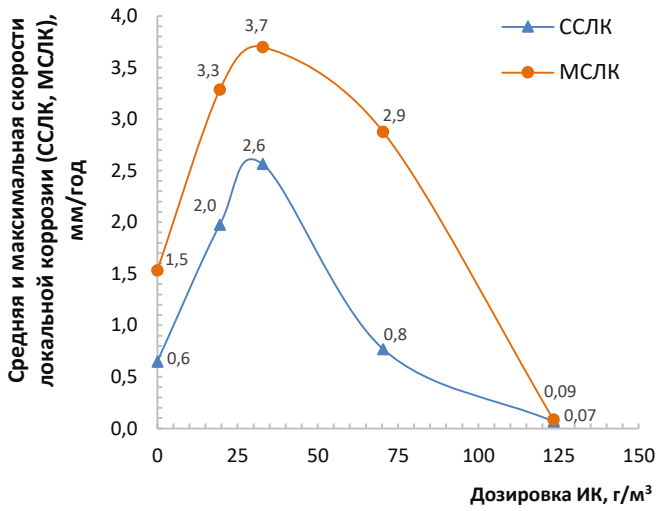
ВЫВОД: Корреляция между ОСИК в воде и расчетной ЭЗД на хорошем уровне (средняя относительная погрешность - 22%)

КОНЦЕПЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ

КОПИ на КП №4 Кондинского месторождения: **эффективные дозировки ИК от МСОК, ССЛК, МСЛК**

H_2O = 85-97%

		ФОН	I этап	II этап	III этап	IV этап
						
ИК	г/м³	0	19,5	32,8	70,4	123,4
ЭЗД	г/м³	0	0,7	20,0	47,4	96,7
ДИ	%	-	100	100	100	100
МСОК	мм/год	0,027	0,069	0,088	0,008	0,007
ССЛК	мм/год	0,7/-	2,0/6,5	2,6/6,9	0,8/-	0,07/-
МСЛК	мм/год	1,5/-	3,3/18,3	3,7/18,3	2,9/-	0,09/-
		О Т	О Т	О Т	О Т	О Т



ВЫВОДЫ

1. **Дозировки от МСОК - менее 30 г/м³**
2. **Дозировки от ССЛК, МСЛК - более 120 г/м³**
3. **ЭЗД от ССЛК, МСЛК – более 95 г/м³**
4. **Визуальная оценка недостаточно информативна без применения инструментального замера ЛК**

Т - замеры на части ОСК, прилегающей к торцевой части пластины

О - замеры на основной поверхности ОСК

КОНЦЕПЦИЯ ДОСТУПНОСТИ ИНГИБИРОВАНИЯ

«европейская» и «американская» модели

«Консервативная» концепция
British Petroleum, Equinor (бывш. Statoil)

- Остаточная скорость **общей** коррозии: ≤ 0,1 мм/год
- ✗ Локальная коррозия (не упоминается)
- **Доступность ингибирования (базовая): 90%**
- **Доступность ингибирования (максимум): 95%***

*Допускается выше 95%, но выходит за рамки рекомендуемой практики

«Либеральная» концепция
Shell, Chevron

- Остаточная скорость **общей** коррозии: ≤ 0,05 мм/год (T<70°C)
  ≤ 0,1 мм/год (70≤ T<120°C)
  ≤ 0,2 мм/год (T ≥120°C)
- ✗ Локальная коррозия (не упоминается)
- **Доступность ингибирования (базовая): 95%***

*при условии применения стандартных дозировочного оборудования и кормониторинга

Доступность ингибирования (максимум): 99%**

**при условии применения более передовых систем контроля и дозировочного оборудования, а также более жестких требований к осуществлению кормониторинга

Marsh J., Teh T. Conflicting views: CO_2 Corrosion Models, Corrosion Inhibitor Availability Philosophies, and the Effect on Subsea Systems and Pipeline Design. SPE Journal, 2003. Paper No. SPE-109209, pp. 1-6. DOI: 10.2118/109209-MS

ТРЕБОВАНИЯ К ДОСТУПНОСТИ ИНГИБИРОВАНИЯ

«отечественный» и «зарубежный» подходы

МЕРОПРИЯТИЯ	ТРЕБУЕМАЯ ДОСТУПНОСТЬ ИНГИБИРОВАНИЯ							
	Российская Компания [1] (2021)		Источник [2] (2014)			Источник [3] (2018)		
	90%	95%	95%	99%	> 99%	95%	99%	> 99%
Допускается нарушение технологии ингибирования	3 сут. в мес.	1 сут. в мес.	18 сут. в год (3 сут. в мес.)	4 сут. в год (1 сут. в мес.)	0-4 сут. в год (0,5 сут. в мес.)	18 сут. в год (3 сут. в мес.)	4 сут. в год (1 сут. в мес.)	0-4 сут. в год (0,5 сут. в мес.)
Замер уровня в расходной емкости	1 раз в 3 сут. / дистанционно		Ручная проверка, ежедневно	Автоматическое оповещение		Ручная проверка, ежедневно (!)	(!) с занесением в журнал или (!!)	Автоматическое оповещение (!!)
Периодичность контроля $Q_ж$	1 раз в 2 суток	Ежедневно	-	-	-	-	-	-
Периодичность контроля H_2O	1 раз в 7 сут. В случае резкого изменения H_2O – не реже 1 раза в 3 сут.		-	-	-	-	-	-
Контроль дозировки (расхода) ИК	1 раз в 3 сут.		1 раз в мес.	1 раз в 7 сут.	Ежедневно	-	-	-
Корректировка подачи ИК	В течение 24 часов		-	-	-	-	-	-
Дистанционное оповещение об остановке подачи ИК	Желательно	Обязательно	Не требуется	Обязательно		Не требуется	Обязательно	
Плановый ремонт и ревизия УДХ	1 раз в 3 мес.		1 раз в 12 мес.	1 раз в 12 мес.	>1 раза в 12 мес.	1 раз в 12 мес.	1 раз в 6 мес.	>1 раза в 6 мес.
Анализ ОСИК в воде	1 раз в месяц	1 раз в неделю*	1 раз в мес.	1 раз в мес.	>1 раза в мес.	1 раза в мес. и чаще		>1 раза в мес.
Требуемое время реагирования средств кормониторинга (КМ)	Не более 1 мес.	Не более 7 сут.*	Не реже 1 раз в 12 мес.	1 – 7 сут. (online)	1 – 24 часа (online)	Не реже 1 раза в 12 мес.	Не реже 7 сут. (online)	Не реже 12 час. (online)
Периодичность оформления отчетов по результатам КМ, ИЗ	Не реже 1 раза в мес.	Не реже 1 раза в 7 сут.*	Не реже 1 раза в мес.	Не реже 1 раза в 7 сут.	Ежедневно	Не реже 1 раза в мес.	Не реже 1 раза в 7 сут.	Ежедневно
Предоставление графиков проведения технологич. операций (ОПЗ, ГРП, и др.)	Обязательно		Предпочтительно	Обязательно		Рекомендуется	Обязательно	

* для электрохимических методов мониторинга скорости коррозии

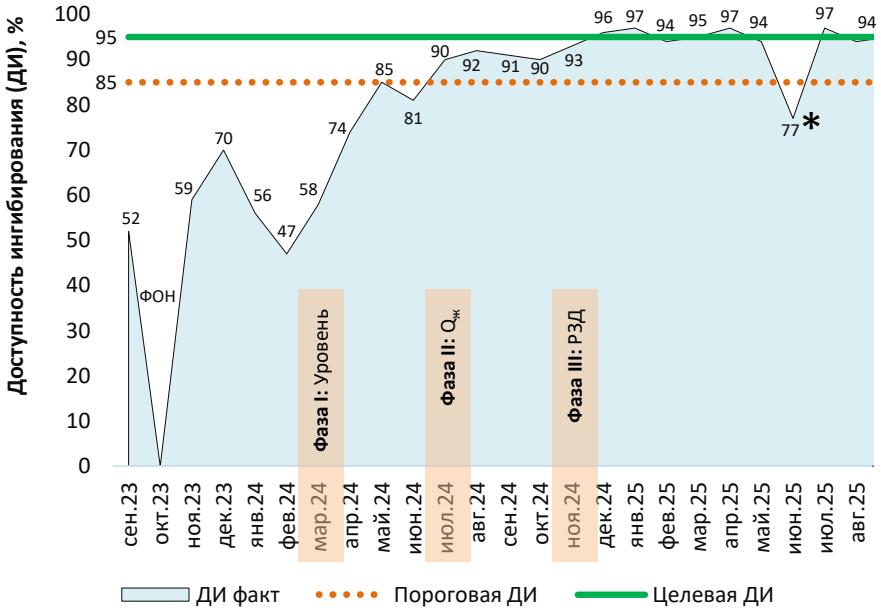
[1] – МД № М-01.02.04-04 «Методические указания по организации и исполнению ингибирования коррозии промысловых трубопроводов».

[2] – Meng J.H. Reliable corrosion inhibition in the oil and gas industry // HSE Books. 2014. Vol. 10. No. 14. P. 28.

[3] – Guidelines for injection of corrosion inhibitors in oil and gas production systems // Energy Institute, London. August 2018. P. 76.

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ ИНГИБИРОВАНИЯ

опыт АО «НК «Конданефть»



ВЫВОД: для достижения стабильно высокой ДИ свыше 90-95% отмечены 3 принципиальные «переломные фазы», заключающиеся:

I – в **ежесуточном** объезде и контроля уровня в емкости дозаторного парка;
II – в **ежесуточной** актуализации всей подкачиваемой в трубопровод Qж;
III – использование при промышленном применении понятия «**РЗД**».

МЕРОПРИЯТИЯ

сен.2023–мар.2024	•	Отладка работы подрядной организации (ПО) по ингибированию.
	•	Внедрена единая автоматизированная сводка по ингибированию (на базе MS Excel).
сен.2023–дек.2023	•	Обновление обрабатываемой Qж – **не чаще 1 раза в 14 сут**.
	•	Объезд ПО УДХ с замером уровня в ёмкости – **не чаще 1 раза 3 сут**.
с ноя.2023+	•	Введена дополнительная мера контроля ПО: предоставление фотоотчёта объезда, который включает в себя фото бумажного журнала в УДХ, фото фактического уровня ХР в мерной трубке, фото внешнего состояния насосного оборудования, фото указателя регулятора лимба.
с янв.2024 +	•	Начат учёт дополнительно подкачиваемой Qж в коллектор: разрядки с нагнетательных скв., перемычки с водоводов системы ППД.
	•	Увеличена частота обновления Qж: **1 раз в 10 сут**.
с мар.2024+	•	Начат учёт подкачки в коллектор Qж с одиночных скважин, а также Qж подкачиваемую через автовывоз с автономных месторождений.
	•	Ужесточена частота объезда ПО дозаторного парка и контроля уровня в ёмкости: **ежесуточно**.
апр.2024	•	Обновление Qж: **1 раз в 7 сут**.
май.2024	•	Обновление Qж: **1 раз в 2-3 сут**.
с июн.2024+	•	Обновление Qж: **ежесуточно**.
с ноя.2024+	•	Введено понятие **«рабочая защитная дозировка (РЗД)»**.
с дек.2024+	•	Начат учёт средневзвешенной обводнённости потока: **1 раз в 7 сут**.
	*	Значительное снижение ДИ связано с несвоевременной закупкой и поставкой ИК

ЧТО ТАКОЕ «РЗД» И ЗАЧЕМ ОНО НУЖНО?

взаимосвязь между «МЭД» и «РЗД»

Основные причины изменения объемов обрабатываемой $Q_ж$, которые не позволяют достичь стабильно-высокой ДИ (≥ 90-95%):

- Ввод новых скважин после бурения;
- Изменение Qж после проведения ГРП, ТКРС, продолжительного вывода скважин на режим (> 10 сут.);
- Регулярная смена частот и режимов (постоянный/ периодический) работы ЭЦН;
- Разрядки в коллектор с нагнетательных скважин;
- Подкачка воды через перемычки с водоводов системы ППД для не замерзания участков трубопроводов с невысоким Qж;
- Подкачка Qж в нефтегазосборный колллектор через автовывоз с автономных месторождений;
- Актуализация данных по подтвержденным дебитам скважин в программном продукте «МРМ» (замеры через АГЗУ и ПЗУ: отсрочка 2 и 7 сут. соответственно).

ВЫВОД: для достижения стабильно-высокой ДИ (≥ 90-95%) необходимо промышленно использовать понятие «РЗД».

РЗД – «рабочая защитная дозировка» – это такая дозировка, при которой выполняется следующее условие:

$$РЗД = 1,1 \cdot МЭД$$

- Понятие **«РЗД»** необходимо с целью обеспечения стабильно-высокого уровня ДИ (≥ 90-95%) нефтегазосборных трубопроводов.
- **«РЗД»** обеспечивает **минимальный** технологически обоснованный запас (10%) в связи с невозможностью (по объективным причинам) производственным службам нефтегазовых компаний оперативно реагировать на регулярное изменение Qж на участках трубопроводов и своевременно корректировать расход ИК.
- Основные факторы, которые включает понятие **«РЗД»**:

➢ Несовершенство технологического оборудования дозаторного парка (допустимая погрешность работы насоса в зависимости от его типа может достигать 2,5, 7,5 и 10% для категории точности дозирования 0,5, 1,0 и 2,5 соответственно).

➢ Регулярное изменение $Q_ж$, перекачиваемой по трубопроводу.

КАЧЕСТВО НЕДОСТУПНОСТИ ИНГИБИРОВАНИЯ (К)

КАЧЕСТВО НЕДОСТУПНОСТИ ИНГИБИРОВАНИЯ (К) – это доля времени, в течение которого ингибитор коррозии подавался с определенным отклонением от *заданной* дозировки.

Показатель «К» имеет 5 уровней по не достижению заданной дозировки:

$$К_1 \leq 5\%$$
$$5\% < К_2 \leq 15\%$$
$$15\% < К_3 \leq 40\%$$
$$40\% < К_4 \leq 90\%$$
$$К_5 > 90\%$$

Наихудший показатель – $К_5$.
Наилучший показатель – $К_1$.

Необходимо стремиться к **$К_1$**, т.к. при нём проявляются наименьшие негативные последствия, связанные с развитием коррозии.

ВЫВОД: необходимо стремиться к уровню **$К_1$**, т.к. при нём проявляются наименьшие негативные последствия, связанные с развитием коррозии.

ПРИМЕР

ВАРИАНТ 1 ✓

Т = 365 сут.
ДИ = 90%
$К_1$ = 10%
Т ($К_1 \leq 5\%$) = 36,5 сут.

НЕТ КРИТИЧНОСТИ

(т.к. в течение 36,5 сут. происходила незначительная недокачка ИК в объеме до минус 5% от заданной дозировки, что не приведёт к существенному развитию коррозионных процессов и значительному негативному влиянию на целостность трубы (при условии, что МЭД и ЭЗД определены корректно для конкретного участка трубопровода).

ВАРИАНТ 2 ✗

Т = 365 сут.
ДИ = 90%
$К_5$ = 10%
Т ($К_5 > 90\%$) = 36,5 сут.

ЕСТЬ КРИТИЧНОСТЬ

(т.к. в течение 36,5 сут. происходила существенная недокачка ИК в объеме до минус 90% и менее от заданной дозировки, что приведёт к бОльшим негативным последствиям по причине отсутствия в воде на протяжении данного времени необходимой ЭЗД ИК для поддержания защитной пленки в приэлектродном слое металла трубы.

Важное примечание: при этом изначально можно было бы сделать поспешный вывод, что степень ингибиторной защиты от коррозии данного направления находится на значительном уровне (90%) и объект ингибируется от коррозии эффективно.

СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!

Фот Кирилл Сергеевич
начальник отдела химизации производственных процессов
АО «НК «Конданефть»

г. Ханты-Мансийск, ул. Сутормина, д.16
+7 912 025 60 53, +7 3467 396-234 доб. 51-42

Дополнительные слайды.

Пример сводки по ингибированию на базе MS Excel

Направление	Дата осмотра	11.02.2025	12.02.2025	13.02.2025	14.02.2025
	Время осмотра	10:30	11:00	10:30	10:30
КП №12 Кондинское м/р	Часов между замерами	23,00	24,50	23,50	24,00
	Плановая дозировка (МЭД), г/м^3	15	20	20	20
	Фактическая дозировка (РЗД), г/м^3	16,74	22,91	21,99	23,42
	Плановый суточный расход ингибитора (для обеспечения РЗД), л/сут	13,61	17,98	18,03	17,95
	Фактический расход ингибитора, л/сут	13,81	18,72	18,02	19,11
	Отклонения расхода ингибитора, л/сут	0,20	0,74	-0,01	1,16
	Расход жидкости, м^3/сут	767	760	762	759
	Уровень УДР на момент осмотра, см	26,40	25,10	23,90	22,60
	Уровень УДР на момент осмотра, л	388,08	368,97	351,33	332,22
	Расход реагента с момента последнего осмотра, л	13,23	19,11	17,64	19,11
	Предупреждение о необходимости заправки	Нет	Нет	ЗАПРАВИТЬ!	ЗАПРАВИТЬ!
	Доступность ингибирования (ДИ), %	1	1	1	1
	Качество недоступности ингибирования (К)	нет	нет	нет	нет
	Обводненность средневзвешенная, %	43	43	43	43
	Расчетная концентрация ИК в воде (ЭЗД), г/м^3	0	13,0	12,4	13,3
	Максимальная скорость общей коррозии (МСОК) по УКК №30, мм/год	0,010	0,010	0,011	0,011
	Максимальная скорость локальной коррозии (МСЛК) по УКК №30, мм/год	2,531	2,531	1,071	1,071
	Достижение показателя эффективности защиты по МСОК, Да/Нет	Да	Да	Да	Да
	Достижение показателя эффективности защиты по МСЛК, Да/Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
	Лимб, %	6	6	6	5,9
	Заправка УДР, л	0	0	0	0
	Заправка УДР, см				
	Примечание:		Снятие / Установка ОСК		
	Работа насосного оборудования	НД1	НД1	НД1	НД1

Примечание:
данные по МСОК и МСЛК вносятся в сводку по истечении регламентного срока экспозиции ОКК.

Например:
0,010 и 2,531 мм/год – за 30 суток экспозиции при средней дозировке ИК, равной 17,5 г/м^3 (ДИ равна 100%).

0,011 и 1,071 мм/год – за 30 суток экспозиции при средней дозировке ИК, равной 23,0 г/м^3 (ДИ равно 100%).

Дополнительные слайды.

Пример бумажного журнала по обслуживанию УДХ при организации ингибиторной защиты

Журнал по обслуживанию установок дозирования **ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ** на Кондинском месторождении АО "НК "Конданефть"

КП № _____ Скв. №_____ Тарировка ёмкости 1 см = _____ л/см

Наименование марки дозатора _____ Плановый расход на начало месяца _____ л/сут

Дата изготовления дозатора _____

Предприятие изготовитель дозатора _____

Заводской номер _____

Реагент:

Партия: Дата изготовления: Заключение входного и текущего контроля качества ИК:

Подрядчик по обслуживанию дозаторного парка:

№ п/п	Дата приезда	Время приезда	Время, прошедшее с последнего приезда, ч.	Остаток реагента, см.	Остаток реагента, л.	Расход реагента с момента последнего приезда, л.	Расход реагента, л/сут.	Расход реагента, л/ч.	Заправка реагентом, см.	Заправка реагентом, л.	Примечания по работе УДХ	Скорректированный плановый расход, л/сут	Лимб	Ф.И.О.	Подпись
30/31															
1															
2															

Дополнительные слайды.

Пример использования подхода «ЭЗД – МЭД – РЗД»

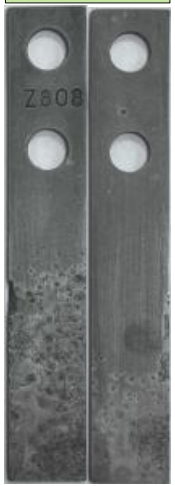
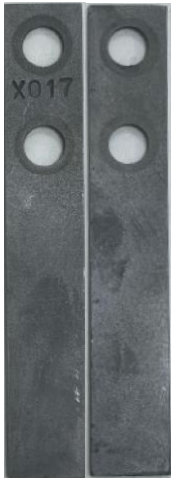
ТЕКУЩИЙ ВАРИАНТ				
Найденная МЭД ИК по ОПИ, г/м³	**40**			
Обводненность потока по ОПИ, %	**90**			
Концентрация ИК (в воде) (Св) во время ОПИ, г/м³	**28**			
Факт. закачиваемая дозировка ИК, г/м³	**40**	**40**	**40**	**40**
Коэф. распределения ИК (L)	**3,4**	**3,4**	**5,7**	**6,0**
Обводненность потока, %	**20**	**60**	**95**	**100**
Концентрация ИК (в воде) (Св), г/м³	**14**	**20**	**32**	**40**
Поддерживается ли МЭД в воде? (да/нет)	**нет**	**нет**	**да**	**да**

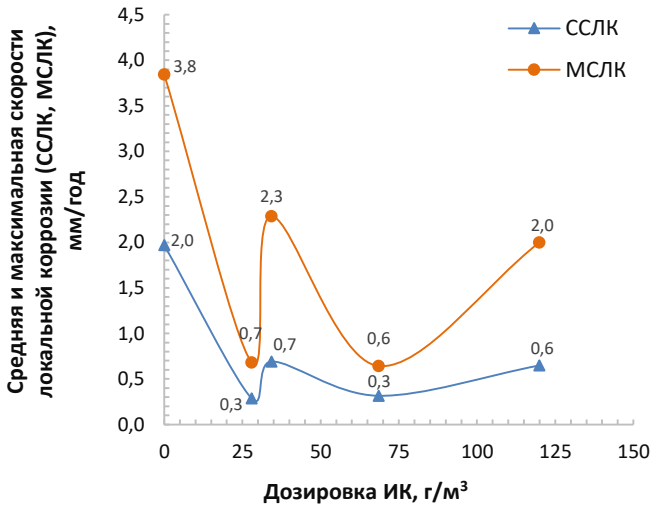
ПРЕДЛАГАЕМЫЙ ВАРИАНТ				
Найденная концентрация ИК (в воде) (Св) во время ОПИ, г/м³	**28**			
Рабочая защитная дозировка ИК (РЗД), г/м³	79	58	39	31
Эквивалентная защитная дозировка ИК (ЭЗД), г/м³	72	53	35	28
Коэф. распределения ИК (L)	3,0	3,2	5,8	6,4
Обводненность потока, %	20	60	95	100
Концентрация ИК (в воде) (МЭД), г/м³	**28**	**28**	**28**	**28**
Поддерживается ли МЭД в воде? (да/нет)	**да**	**да**	**да**	**да**

КОНЦЕПЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ

КОПИ на КП №25 Чапровского месторождения: **эффективные дозировки ИК от МСОК, ССЛК, МСЛК**

H_2O = 88-90%

		ФОН	I этап	II этап	III этап	IV этап
						
ИК	г/м³	0	27,9	34,3	68,6	119,9
ЭЗД	г/м³	0	18,4	23,6	50,7	94,9
ДИ	%	-	100	97	100	100
МСОК	мм/год	0,170	0,067	0,012	0,010	0,021
ССЛК	мм/год	2,0/5,3	0,3/10,2	0,7/0,6	0,3/-	0,7/-
МСЛК	мм/год	3,9/16,7	0,7/18,3	2,3/1,1	0,6/-	2,0/-
		О Т	О Т	О Т	О Т	О Т



ВЫВОДЫ

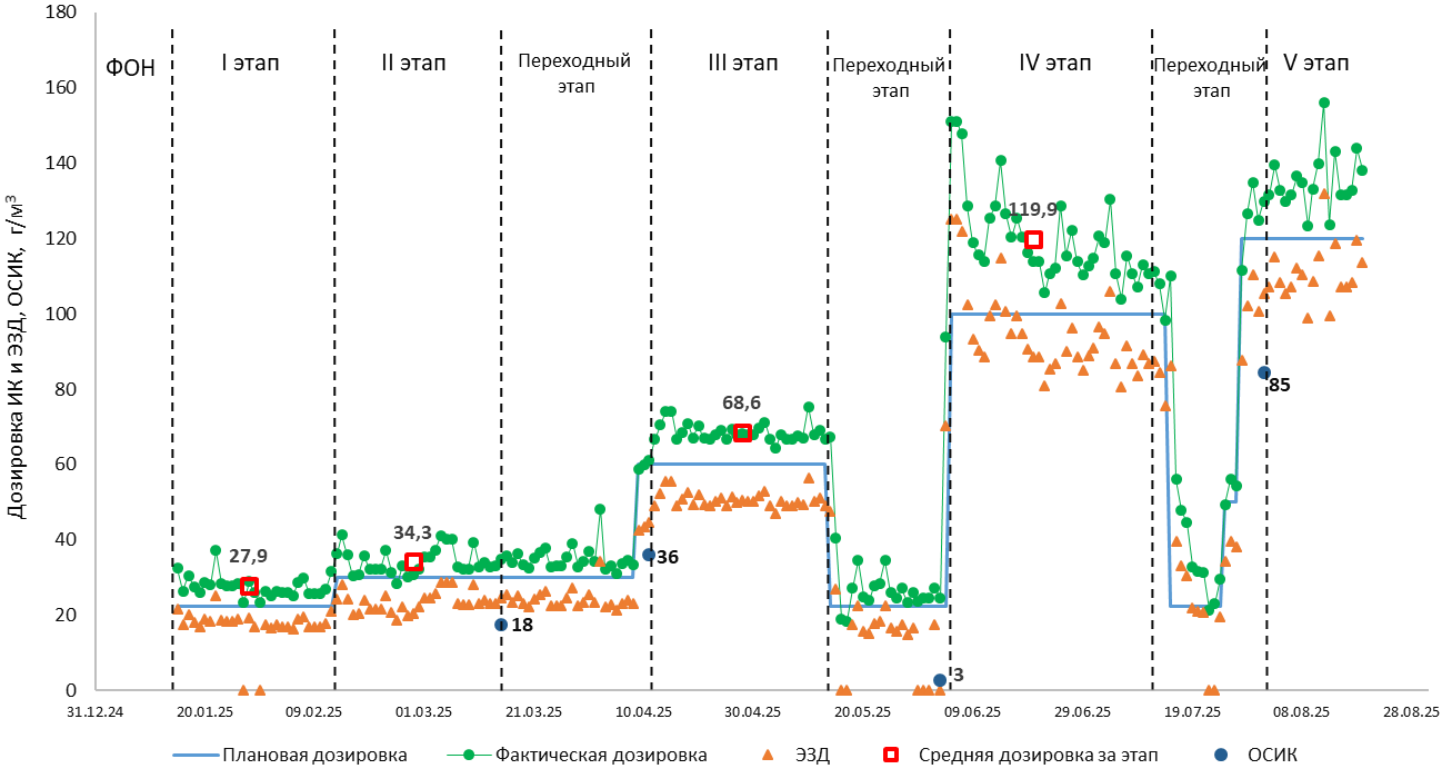
1. **Дозировки от МСОК - менее 30 г/м³**
2. **Дозировки от ССЛК, МСЛК - более 120 г/м³**
3. **ЭЗД от ССЛК, МСЛК – более 95 г/м³**
4. **Визуальная оценка недостаточно информативна без применения инструментального замера ЛК**

Т - замеры на части ОСК, прилегающей **к торцевой части** пластины

О - замеры **на основной** поверхности ОСК

КОНЦЕЦПИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ

КОПИ на КП №25 Чапровского месторождения: **корреляция между ОСИК в воде и расчетной ЭЗД**



ВЫВОД: Корреляция между ОСИК в воде и расчетной ЭЗД на хорошем уровне (средняя относительная погрешность - 22%)