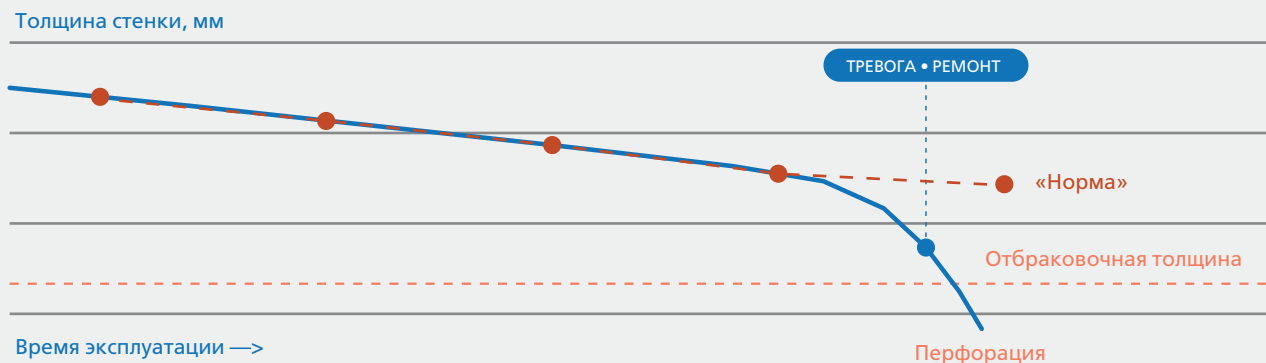


ОНЛАЙН ЭМАП- МОНИТОРИНГ КОРРОЗИИ ПРОТИВ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КУПОНАМИ

Прямое сравнение совокупной стоимости владения (ТСО), глубины контроля и риска необнаруженной аварии для системы КА-СКОР и традиционных узлов контроля коррозии (УКК) — на примере установки АТ/АВТ НПЗ и промышленного коллектора длиной 5 км.



Локальная коррозия (питтинг, ручейковая коррозия по нижней образующей, эрозия после врезки) развивается между купонными точками. Купон показывает «среднюю норму», пока стенка локально утончается до сквозного дефекта. ЭМАП-датчик видит реальную остаточную толщину в точке конструкции и выдаёт тревогу заранее.

- Ка-Скор — непрерывное измерение толщины
- Купон — редкие ретроспективные замеры

34–44%

ЭКОНОМИЯ ТСО ЗА 10 ЛЕТ —
УСТАНОВКА НПЗ

~52%

ЭКОНОМИЯ ТСО ЗА 10 ЛЕТ —
ПРОМЫСЛОВЫЙ КОЛЛЕКТОР

2,8года

СРОК ОКУПАЕМОСТИ НА ПРОМЫСЛЕ
(РАВНОЕ ПОКРЫТИЕ)

~25x

СТОИМОСТЬ 1 АВАРИИ / ТСО СИСТЕМЫ
ЗА 10 ЛЕТ

ЧТО ИЗМЕРЯЕТ КАЖДЫЙ МЕТОД И В ЧЁМ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ РАЗНИЦА

Купонная гравиметрия даёт усреднённую скорость общей коррозии в одной точке с задержкой в недели. Ка-Скор измеряет фактическую остаточную толщину стенки в точке конструкции непрерывно и в реальном времени.

КРИТЕРИЙ	КА-СКОР · ЭМАП + LORA	ГРАВИМЕТРИЯ · КУПОНЫ (УКК)
Измеряемая величина	Фактическая остаточная толщина стенки конструкции, мм	Потеря массы образца-свидетеля → расчётная скорость общей коррозии
Периодичность данных	непрерывно онлайн, по расписанию (часы/сутки)	ежемесячно+ по факту извлечения и взвешивания
Задержка результата	Минуты — данные в АСУ ТП / SCADA по OPC, Modbus TCP	Недели: экспозиция + транспорт + лаборатория
Локальная коррозия / питтинг	видит утончение в конкретной точке стенки	пропускает , если дефект не на купоне
Монтаж	Бесконтактно, хомутами, через изоляцию. Врезка не требуется	Врезка в трубопровод: сварка штуцера, ВИК/УЗК шва, опрессовка
Высокие температуры	До высоких Т через волновод	Ограничено конструкцией держателя
Прогноз	предиктив скорость, ускорение, время до отбраковочной толщины, вывод в ремонт	Только ретроспективная средняя скорость за прошедший период
Операционная нагрузка	ЗИП 3 года в комплекте; нет ежемесячных выездов и лаборатории	Ежемесячные выезды, наряды-допуски, лаборатория, расходные купоны
Масштаб шлюза	До 200 датчиков, радиус до 3 км на 1 шлюз (LoRa, Ex, IP68)	Каждая точка автономна, масштабирует затраты линейно

ПРИНЯТЫЕ ДОПУЩЕНИЯ, ЦЕНЫ И СОСТАВ ЗАТРАТ

Все цены — без НДС. Цены на оборудование КА-СКОР заданы заказчиком. Стоимость врезки, обслуживания и лабораторных работ оценена по типовым объёмам работ для нефтегазового объекта и приведена прозрачно по статьям.

ОБОРУДОВАНИЕ И РАБОТЫ — КА-СКОР

СТАТЬЯ	ЦЕНА	ИСТОЧНИК
ЭМАП-датчик (за 1 шт.)	570 000	заказчик
Шкаф автоматики (шлюз ≤200 датч., ≤3 км) + серверное ПО, вкл. КМЧ и ЗИП на 3 года	900 000	заказчик
Пусконаладка и интеграция в АСУ ТП (разово)	200 000	оценка
ОРЕХ с 4-го года: поддержка ПО/сервера	60 000 / год	оценка
ОРЕХ с 4-го года: поверка преобразователей	5 000 / датч.·год	оценка

Годы 1–3 — ОРЕХ≈0 (ЗИП и хомуты входят в комплект). Монтаж бесконтактный, врезка и горячие работы не требуются.

ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ УЗЕЛ (УКК) — ПОЛНЫЙ СОСТАВ ЗАТРАТ

СТАТЬЯ	ЦЕНА	ИСТОЧНИК
УКК без автоматики (за 1 шт.)	180 000	заказчик
Врезка узла ввода: штуцер/бобышка, сварка, ВИК/УЗК шва, опрессовка — НПЗ	120 000 / точку	оценка
То же на промысле (логистика, выездная бригада)	140 000 / точку	оценка
Купон аттестованный (предв. взвешенный)	2 000 / цикл	оценка
Извлечение/установка купона на объекте	2 000–2 500 / точку·цикл	оценка
Лаборатория: очистка, сушка, взвешивание, протокол	2 500 / точку·цикл	оценка
Мобилизация бригады / наряд-допуск — НПЗ	3 000 / выезд	оценка
Выезд бригады на промысел (транспорт 4×4, ГСМ, командировочные)	30 000 / выезд	оценка
Содержание УКК/держателей, поверка весов	7 500–10 000 / точку·год	оценка

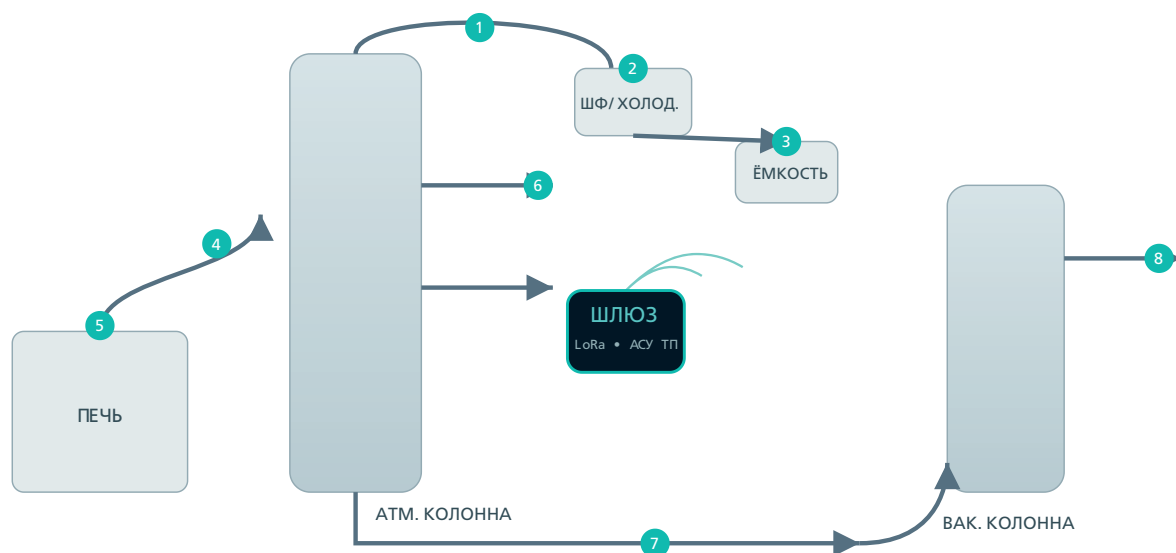
Периодичность обслуживания купонов — 12 раз в год

Принято по требованию агрессивности сред (обводнённый флюид, H_2S , CO_2 , точка росы в шлемовых системах): купон осматривается и обслуживается не реже одного раза в месяц. Это ключевой драйвер OPEX гравиметрии — он повторяется каждый месяц весь срок службы, тогда как у Ка-Скор данные приходят по LoRa без выездов.

Горизонт расчёта — 10 лет (жизненный цикл программы коррозионного мониторинга). Расчёт номинальный, без дисконтирования; дисконтирование несколько снижает будущий OPEX гравиметрии, но не меняет вывод, так как основная экономия Ка-Скор — именно в устранении повторяющихся эксплуатационных затрат. Сравнение ведётся при равном покрытии: одно и то же число точек измерения сравнивается «датчик ЭМАП ↔ узел УКК».

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА: МИНИМУМ 8 КРИТИЧЕСКИХ ЗОН КОНТРОЛЯ

Точки выбраны по классическим механизмам коррозии установок АТ/АВТ (по логике API 571 / СТО): кислотная коррозия в шлемовых системах, высокотемпературная сульфидная коррозия трансферной линии и печных змеевиков, нефтяная коррозия мазутных и вакуумных потоков.



8 ЭМАП-датчиков (1×) передают данные на один шлюз внутри установки. Радиус LoRa (≤ 3 км) с запасом покрывает площадку. Шлюз отдаёт измерения в SCADA по OPC / Modbus TCP.

- 1. Верх атмосферной колонны / шлемовая линия** — $\text{HCl-H}_2\text{S-NH}_4\text{Cl}$, точка росы; самая агрессивная зона.
- 2. Конденсаторы-холодильники шлема** — подкисленный конденсат, локальная коррозия.
- 3. Рефлюксная ёмкость / линия нестабильного бензина** — водная фаза, хлориды.
- 4. Трансферная линия печь → колонна** — высокотемпературная сульфидная коррозия.
- 5. Выходные коллекторы змеевиков печи** — сульфидная коррозия + эрозия.
- 6. Линии боковых погоннов** — нефтяная/сульфидная коррозия дизель/керосин.
- 7. Низ колонны / линия мазута** — высокотемпературная нефтяная коррозия.
- 8. Трубопроводы вакуумных погоннов** — нефтяная коррозия для АВТ.

СОВОКУПНАЯ СТОИМОСТЬ ВЛАДЕНИЯ ЗА 10 ЛЕТ — РАВНОЕ ПОКРЫТИЕ

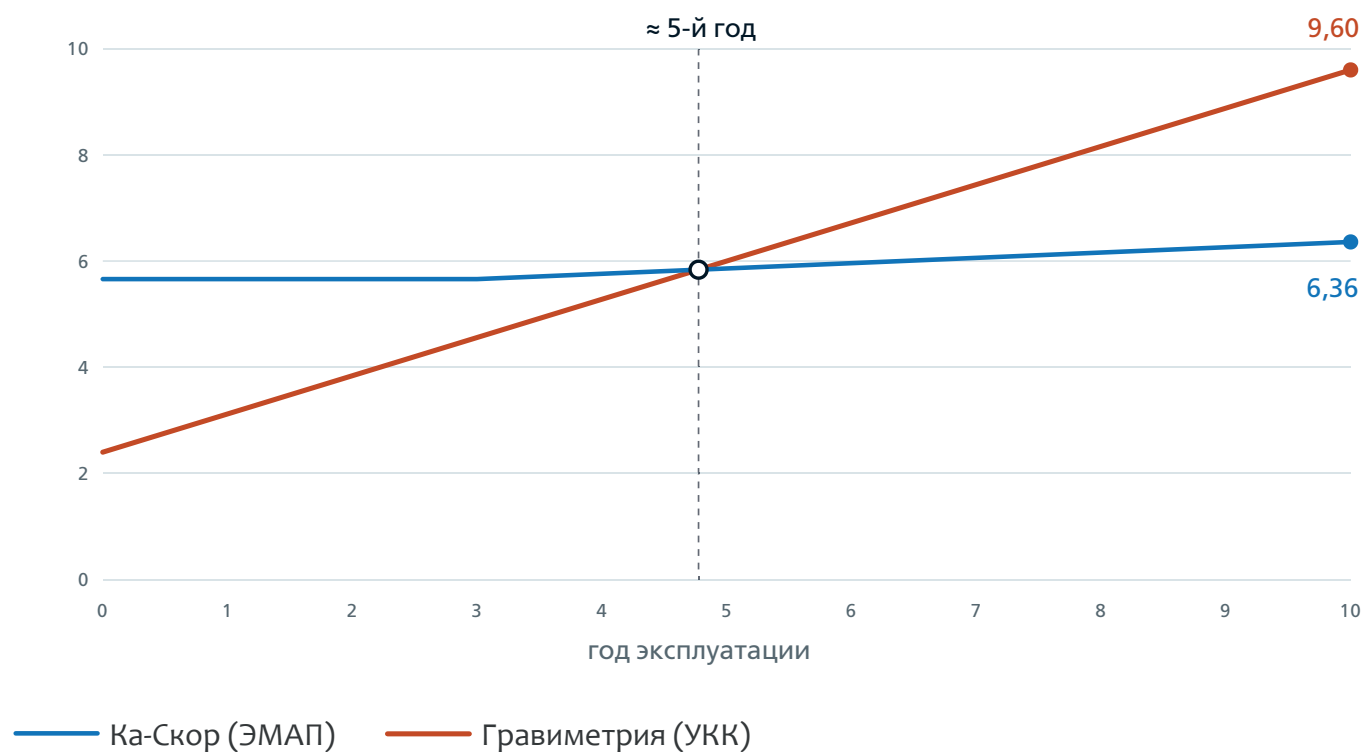
Плотность контроля 1×... 4× означает 1... 4 датчика ЭМАП на каждую из 8 зон. Для честного сравнения столько же берётся точек УКК (одна зона = один купон на каждый «слот»). Чем выше требуемое разрешение контроля — тем сильнее проигрывает гравиметрия, потому что её OPEX растёт линейно с числом точек.

Все суммы — млн руб, без НДС · горизонт 10 лет

ПЛОТНОСТЬ	ДАТЧИКОВ/ ТОЧЕК	CAPEX ЭМАП	CAPEX УКК	ТСО ЭМАП	ТСО УКК	ЭКОНОМИЯ	%
1× датчик/зону	8	5,66	2,40	6,36	9,60	3,24	34%
2× датчика/зону	16	10,22	4,80	11,20	18,84	7,64	41%
3× датчика/зону	24	14,78	7,20	16,04	28,08	12,04	43%
4× датчика/зону	32	19,34	9,60	20,88	37,32	16,44	44%

Накопленные затраты, вариант 1× (8 датчиков / 8 УКК)

млн руб нарастающим итогом · пересечение ≈ 5-й год



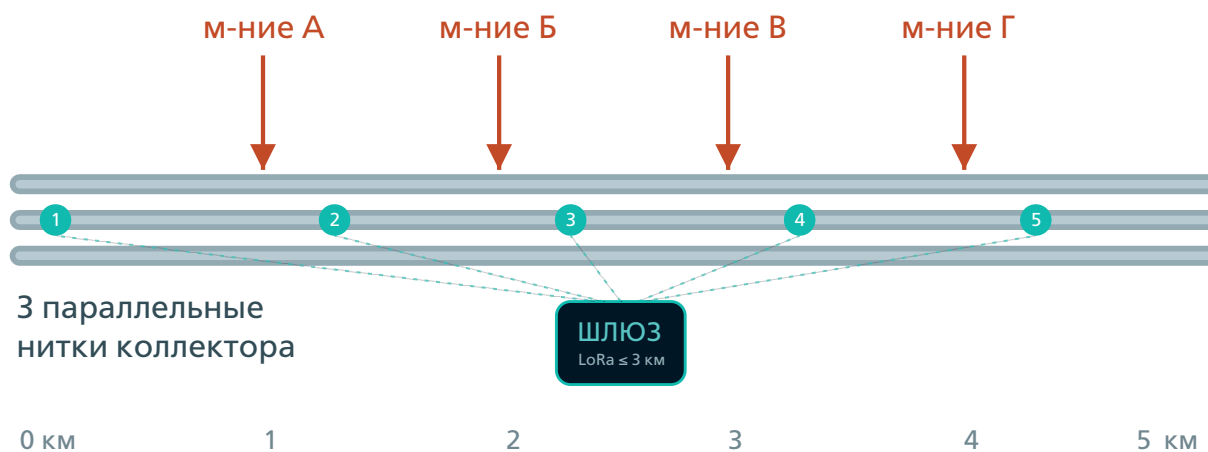
Ключевой вывод по установке

При равном покрытии Ка-Скор дешевле по ТСО за 10 лет во всех вариантах, экономия растёт с плотностью контроля до 44%. Даже четырёхкратное покрытие 32 датчиками (20,9 млн руб) обеспечивает разрешение контроля, недостижимое купонами иначе как за 37,3 млн руб — при этом онлайн, с прогнозом и без ежемесячной лаборатории.

ПОСЛЕ КАЖДОЙ ПОДКАЧКИ – СВОЯ ТОЧКА КОНТРОЛЯ

Коллектор длиной 5 км, в который через каждый километр подкачивается флюид с разных месторождений. После каждой врезки меняется состав среды и режим, поэтому узел контроля нужен сразу за точкой подкачки.

Принято 5 точек контроля: голова линии + 4 участка после подкачек. Шлюз Ка-Скор размещён в середине ($\approx 2,5$ км): радиус LoRa до 3 км перекрывает всю линию.



Один шлюз в середине трассы собирает данные со всех датчиков по LoRa без выездов. Несколько параллельных ниток обслуживаются той же системой. После каждой подкачки — изменение состава флюида, поэтому контроль ставится сразу за врезкой.

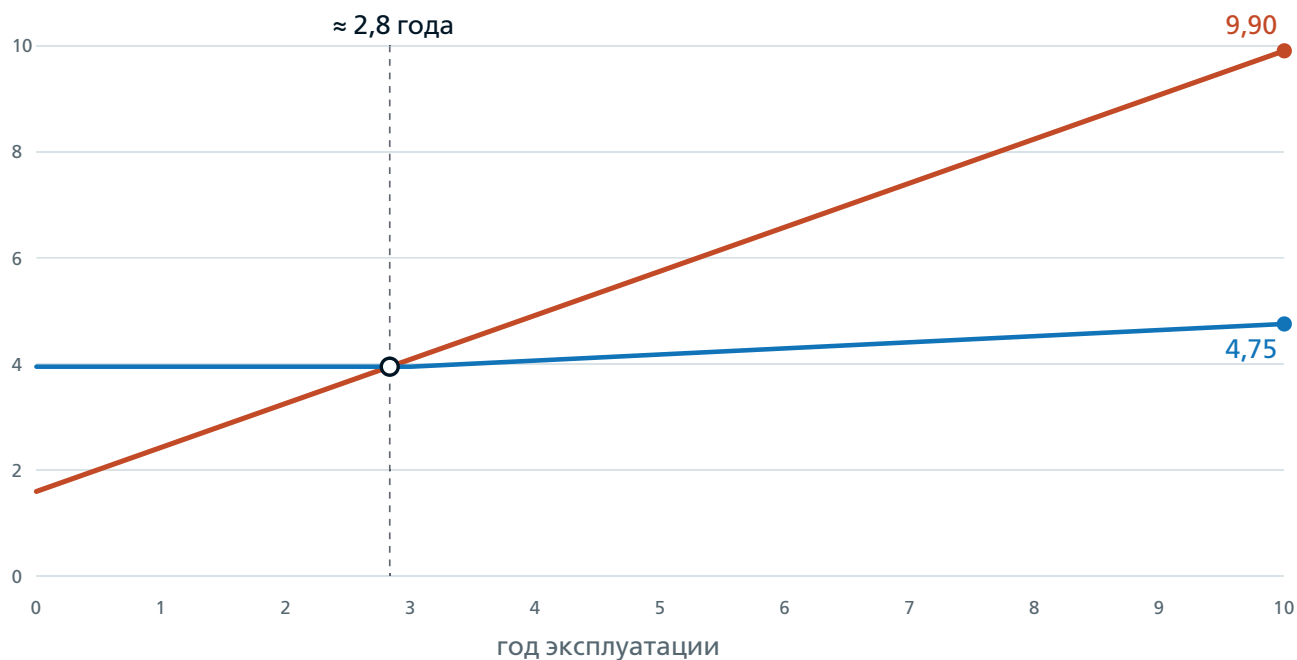
СОВОКУПНАЯ СТОИМОСТЬ ВЛАДЕНИЯ ЗА 10 ЛЕТ — РАВНОЕ ПОКРЫТИЕ

Все суммы — млн руб., без НДС · горизонт 10 лет · промысел (выезды дороже)

ПЛОТНОСТЬ	ДАТЧИКОВ/ ТОЧЕК	САРЕХ ЭМАП	САРЕХ УКК	ТСО ЭМАП	ТСО УКК	ЭКОНОМИЯ	%
1× датчик/зону	5	3,95	1,60	4,76	9,90	5,15	52%
2× датчика/зону	10	6,80	3,20	7,78	16,20	8,42	52%
3× датчика/зону	15	9,65	4,80	10,81	22,50	11,70	52%
4× датчика/зону	20	12,50	6,40	13,83	28,80	14,97	52%

Накопленные затраты, вариант 1× (5 датчиков / 5 УКК)

млн руб. нарастающим итогом · окупаемость ≈ 2,8 года



— Ка-Скор (ЭМАП) — Гравиметрия (УКК)

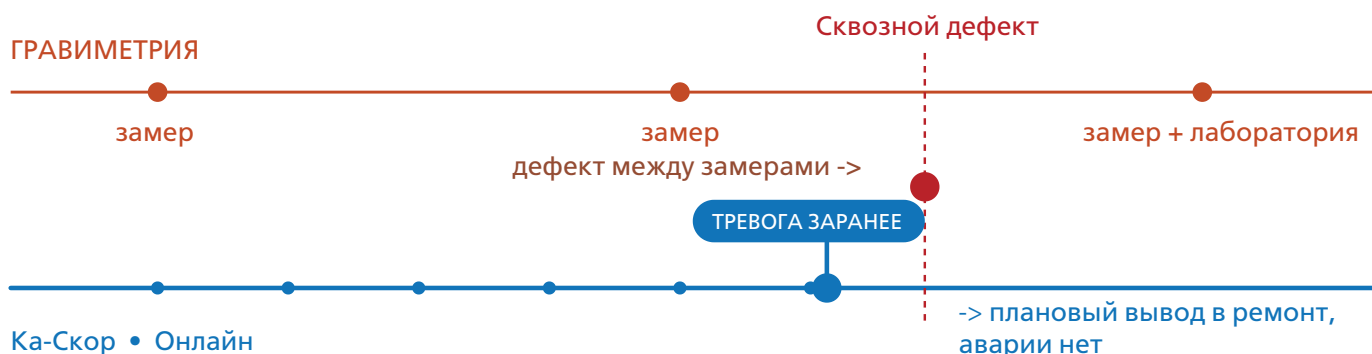
Почему на промысле выигрыш больше (~52%)

Ежемесячное обслуживание купонов требует выезда бригады с транспортом и командировочными — это 30 000 руб за выезд × 12 в год, плюс лаборатория и расходные купоны. Ка-Скор отдаёт данные по LoRa без выездов, поэтому окупается за ~2,8 года, а за 10 лет экономит более половины затрат.

КОГДА КУПОН «НЕ УВИДЕЛ», А ТРУБА ПРОХУДИЛАСЬ

По данным Минэнерго, около 90% разливов из-за порывов нефтепроводов происходят из-за коррозии труб; износ многих промышленных трубопроводов достигает 70%.

Купон даёт усреднённую скорость в одной точке с задержкой в недели — локальный сквозной дефект между точками он физически не фиксирует.



Гравиметрия фиксирует факт уже постфактум, после очередного взвешивания. Ка-Скор отслеживает тренд утончения непрерывно и выдаёт тревогу до достижения отбраковочной толщины, оставляя время на плановый ремонт.

ОЦЕНОЧНАЯ СТОИМОСТЬ ОДНОЙ АВАРИИ С РАЗЛИВОМ

Представительный сценарий: коррозионный сквозной дефект на коллекторе, разлив обводнённого флюида, загрязнение ≈ 0,3–0,5 га почвы и достижение небольшого водотока.

Суммы вреда исчисляются по методикам Минприроды (Приказ № 238 — почвы; Приказ № 87 — водные объекты). Порядок величин подтверждается практикой: реальные взыскания Росприроднадзора по разливам — от десятков млн до сотен млн руб.

Вред почвам + рекультивация (№238)

Вред водному объекту (№87)

28 млн

ЛАРН — ликвидация разлива

18 млн

Аварийный ремонт + простой

12 млн

Прочее / репутация / проверки

8 млн

Потери продукта

6 млн

Штрафы и предписания

3 млн

ИТОГО ≈ 120 млн руб.

СОПОСТАВЛЕНИЕ МАСШТАБА

~120 млн руб ≈ 25×

одна авария с разливом

4,76 млн руб

ТСО Ка-Скор за 10 лет (промысел, 1×)

Предотвращение хотя бы одной такой аварии за весь срок службы окупает всю систему мониторинга примерно 25 раз. Даже при невысокой вероятности события — для стареющего коллектора в агрессивной среде онлайн-контроль становится рациональным выбором по управлению риском, а не только по прямой экономии.

Суммы вреда зависят от объёма разлива, площади и глубины загрязнения и официальных методик; в крупных случаях исчисляются миллиардами.

Риск-скорректированный взгляд на ТСО

Прямой расчёт ТСО уже в пользу Ка-Скор. Если добавить ожидаемые издержки одного аварийного события, которое гравиметрия способна пропустить, совокупная разница становится несопоставимой: стоимость даже единичного разлива многократно превышает разницу в стоимости двух систем мониторинга за весь горизонт.

КА-СКОР ВЫГОДНЕЕ ПО ДЕНЬГАМ, ПО ДАННЫМ И ПО РИСКУ



Ниже ТСО

Экономия 34–44% на установке НПЗ и ~52% на промысле за 10 лет при равном покрытии. Окупаемость 2,8–5 лет — за счёт устранения ежемесячных выездов и лаборатории.



Глубже контроль

Фактическая остаточная толщина в реальном времени вместо усреднённой скорости с задержкой в недели. Видит локальную коррозию там, где купон показывает «норму».



Ниже риск

Предиктив: скорость, ускорение, время до отбраковочной толщины и плановый вывод в ремонт. Одна предотвращённая авария окупает систему ~25 раз.



Меньше работ

Бесконтактный монтаж хомутами через изоляцию — без врезки и горячих работ. ЗИП на 3 года в комплекте, данные по LoRa без выездов бригады.



Масштаб

До 200 датчиков и 3 км на один шлюз (Ex, IP68). Одна система покрывает несколько параллельных ниток и всю площадку установки.



Интеграция

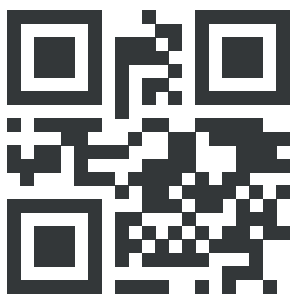
Передача в SCADA по OPC / Modbus TCP, развитие в сторону ML-прогноза скорости коррозии и методологии RBI.

Что дальше

Расчёт оценочный и настраивается под конкретный объект. Точное число точек контроля, состав сред и режимы заполняются через опросный лист заказчика — после этого ТСО и схема расстановки датчиков считаются под фактические геометрию, температуры и химию флюида.

Методологическая оговорка.

Цены на оборудование КА-СКОР заданы заказчиком; стоимости врезки, обслуживания, лабораторных и выездных работ — оценочные, по типовым объёмам для нефтегазового объекта, и подлежат уточнению. Все суммы без НДС. Суммы экологического вреда — иллюстративные, исчисляются по методикам Минприроды России (Приказ № 238 — почвы; Приказ № 87 — водные объекты) и зависят от параметров конкретного разлива. Расчёт ТСО номинальный, без дисконтирования, горизонт 10 лет.



Адрес: Республика Башкортостан, г. Уфа
ул. Бакалинская, 9/8



Телефон: 8 (800) 775-74-70



E-mail: info@custom-eng.ru