

Isolation Scanner

Передовая технология оценки качества цементирования и технического состояния обсадной колонны

www.slb.ru

Имиджер заколонного пространства Isolation Scanner* объединяет классический метод импульсного акустического эхозондирования с новейшей технологией регистрации распространения изгибающей волны для комплексного исследования среды в затрубье, совместно с оценкой состояния обсадной колонны.

ПРИМЕНЕНИЕ

- Отличает высокоэффективные облегченные цементы от жидкостей
- Классифицирует материал в затрубье, как твердое вещество, жидкость или газ
- Оценивает гидродинамическую изоляцию
- Выявляет каналы и дефекты материала изоляции затрубного пространства
- Определяет диаметр и толщину стенок обсадной колонны
- Оценивает затрубное пространство за пределами границы колонна/цемент

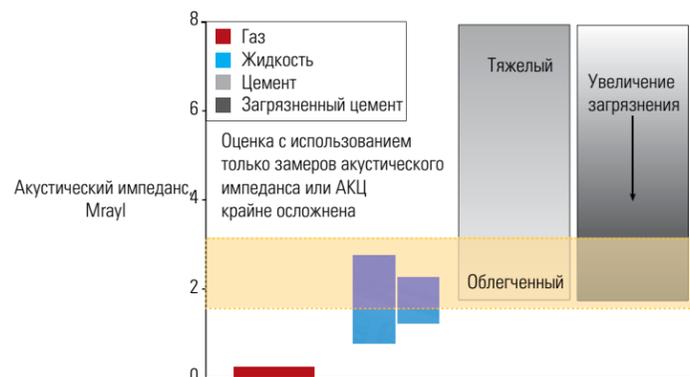


Имиджер заколонного пространства Isolation Scanner проводит комплексные исследования среды в затрубье, включая оценку положения колонны, отображение стенок скважины и внешней колонны и определение агрегатного состояния вещества, находящегося в нём, по анализу скорости прохождения волны

Цементирование – это важный этап строительства скважины, призванный обеспечить механическую поддержку обсадной колонны, предотвратить коррозию, и самое важное, разобщить проницаемые пропластки с различным пластовым давлением и предотвратить заколонные перетоки.

Традиционные акустические цементомеры (АКЦ) и импульсные ультразвуковые замеры иногда используются в комплексе для диагностики разобщения пластов. Необходимо отметить трудности, возникающие при попытке оценки качества сцепления на границе цемент-колонна для цемента с низким акустическим импедансом или цемента, загрязненного буровым раствором. Неопределённый результат может быть следствием того, что при выявлении твердого вещества эти приборы полагаются на значительную разницу акустического импеданса между цементом и вытесненной жидкостью.

Имиджер заколонного пространства Isolation Scanner позволяет получить более достоверные результаты путём комплексирования импульсных ультразвуковых замеров с новым ультразвуковым методом, который основан на импульсном возбуждении волн изгиба в колонне одним источником и замере отражённого сигнала двумя приёмниками. Затухание сигнала, замеренное между двумя приёмниками, это независимый замер который объединяется с импульсным ультразвуковым замером и сравнивается с базой данных полученной в лаборатории, для построения карты-развертки материала в затрубном пространстве. За счёт большего, чем у традиционных цементомеров, радиуса исследований, данные, зарегистрированные прибором Isolation Scanner позволяют достоверно подтвердить гидродинамическую разобщённость пластов, оценить наличие каналов и локальных нарушений в цементном кольце и принять обоснованное решение о проведении ремонтно-изоляционных работ (РИР). Сигнал отражённый от границы между цементом и стенкой скважины или внешней колонной («третья граница») приходит по времени сразу после сигналов от обсадной колонны. Он может быть распознан и измерен. Отражения от третьей границы (ОТГ) позволяют получить информацию о пространственном положении обсадной колонны относительно стенок скважины и при известном диаметре скважины, возможно рассчитать скорость прохождения волны по затрубному пространству. Эта дополнительная информация, доступна только благодаря применению технологии импульсного возбуждения волн изгиба в колонне. И может предоставить полезные сведения для оптимизации РИР, применяться для уточнения результатов обработки данных и комплексной оценке качества цементирования.



Идентификация и дифференциация флюидов разного типа по данным АКЦ и импульсного ультразвукового метода крайне неоднозначна и затруднительна при использовании цементного раствора с низким акустическим импедансом.

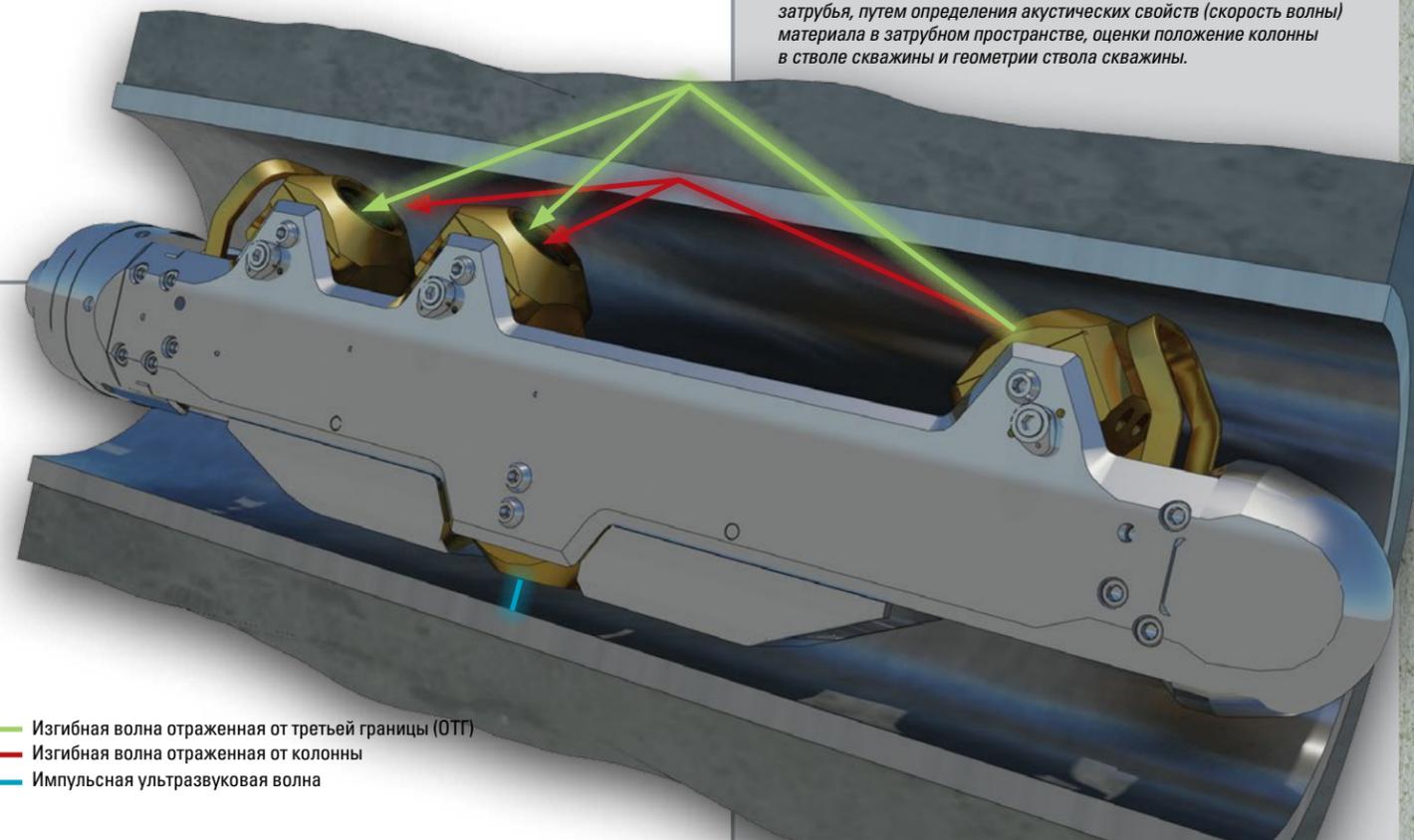
ПЕРЕДАЧА СИГНАЛА ИЗЛУЧАТЕЛЬ - ПРИЕМНИК

Isolation Scanner производит импульсные ультразвуковые замеры акустического импеданса вращающимся модулем с четырьмя ультразвуковыми преобразователями. Один ультразвуковой преобразователь расположен под прямым углом на одной стороне модуля, а три других размещены на противоположной стороне и направлены под углом друг к другу. Один из трёх ультразвуковых преобразователей излучает высокочастотный (примерно 250 кГц) импульсный пучок, создающий изгибные колебания в обсадной колонне. По мере распространения изгибные волны генерируют акустические волны, которые проходят в кольцевое пространство и отражаются к двум ультразвуковым преобразователям, работающим в режиме регистрации сигнала. При этом сканируется колонна, заколонное пространство, цемент и порода в прискваженной зоне. Волны, проходящие по заколонному пространству, отражаются от контрастных по акустическим свойствам границ (например, от границы между цементом и пластом) и возвращаются через обсадную колонну преимущественно в виде изгибных колебаний, передавая свою энергию жидкости заполняющей обсадную колонну.



Вращающийся вокруг своей оси модуль Isolation Scanner производит импульсные ультразвуковые замеры четырьмя ультразвуковыми преобразователями: излучатель/приемник и замеры изгибающей волны одним излучателем и двумя приёмниками направленными под углом друг к другу создающим изгибные колебания в обсадной колонне.

Интерпретация геометрии распространения сигнала при импульсных ультразвуковых замерах (синие стрелки) и измерениях затухания изгибающей волны (зеленые стрелки) показывают, что изгибающая волна разделяется на волну раннего прибытия (отраженную от колонны) и волну позднего прибытия (отраженную от третьей границы), относительно первой границы раздела (внутренние и внешние стенки обсадной колонны, соответственно, первая и вторая границы). Затухание амплитуды изгибающей волны дополняет данные импульсных ультразвуковых замеров для определения агрегатного состояния материала в затрубном пространстве (флюид или твердое вещество). Если в полученных данных присутствуют волны отраженные от третьей границы, они используются для более детальной оценки состояния затрубья, путем определения акустических свойств (скорость волны) материала в затрубном пространстве, оценки положение колонны в стволе скважины и геометрии ствола скважины.

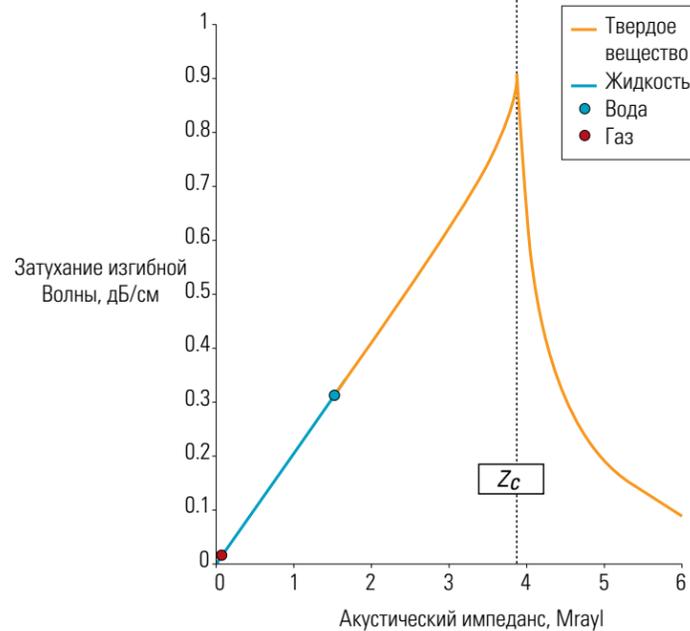


— Изгибная волна отраженная от третьей границы (ОТГ)
— Изгибная волна отраженная от колонны
— Импульсная ультразвуковая волна

ДЕТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗУЯ ЗАТУХАНИЕ

Интенсивность распространения энергии в заколонном пространстве зависит от акустических свойств материала за обсадной колонной. Затухание волны рассчитывается по отраженному сигналу зарегистрированному двумя приёмниками, которые находятся на известном расстоянии друг от друга, путем вычисления интенсивности затухания полученного сигнала. Затухание измеряется в децибелах на сантиметр.

Затухание изгибной волны пропорционально акустическому импедансу для жидкостей, заполняющих заколонное пространство. При сцеплении цемента с обсадной колонной, измеряемое затухание характеризуется более сложным поведением в зависимости от скорости прохождения продольных и поперечных волн по цементу. Как показано на графике зависимости затухания изгибной волны от акустического импеданса для случая, когда цемент имеет хорошее сцепление с колонной, ниже критической точки акустического импеданса (около 3.9 МРайл), затухание увеличивается линейно с увеличением импеданса заколонного материала вне зависимости от материала, заполняющего затрубье. При импедансе выше 3.9 МРайл, только поперечные волны могут распространяться по цементу, и затухание резко снижается до низких значений. Цемент с высоким импедансом, например цемент класса G, имеет такое же затухание как и жидкость. Эта неопределенность при оценке качества цементирования решается за счёт комплексирования с замерами акустического импеданса цемента, полученным импульсным ультразвуковым методом. Тем не менее, при исследованиях облегченных или загрязнённых цементов, имеющих низкое значение акустического импеданса, явное затухание изгибной волны используется для отличия их от жидкости.



Зависимость затухания изгибной волны от акустического импеданса для различных материалов при хорошем их сцеплении с колонной. Значение Z_c соответствует критическому значению скорости пробега продольной волны по цементу.

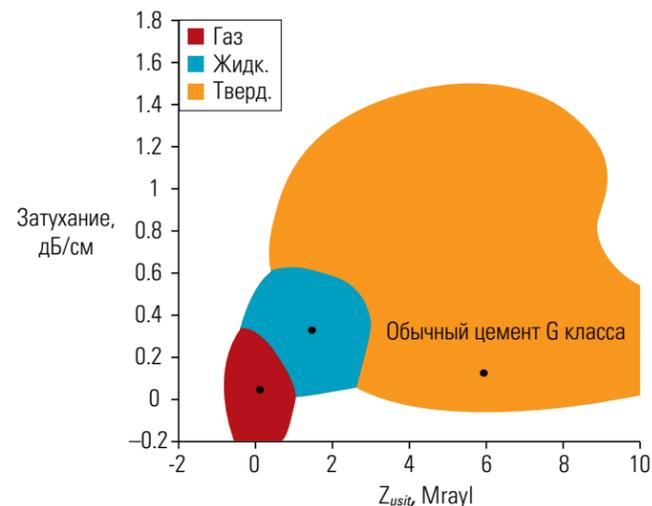
КАРТА ТВЕРДОЕ ВЕЩЕСТВО – ЖИДКОСТЬ – ГАЗ

Основная задача обработки данных имиджера заколонного пространства Isolation Scanner заключается в предоставлении карты-развертки материала за обсадной колонной. Вводной информацией для её расчёта являются акустический импеданс, замеренный импульсным ультразвуковым методом и затухание изгибной волны подсчитанной по замерам амплитуды отраженной волны от колонны ближним и дальним приёмниками. Эти два независимых измерения связаны со свойствами жидкости внутри колонны и материала за колонной через обратимое отношение. Объединение измерений позволяет учесть свойства внутрискважинной жидкости, что избавляет от необходимости измерений свойств флюида во время спуска прибора.

Карта-развертка твердое вещество – жидкость – газ (ТЖГ), получаемая в результате обработки, показывает наиболее вероятный материал за обсадной колонной. Модель карты-развертки рассчитывается во время подготовки к каротажу используя свойства вероятного материала:

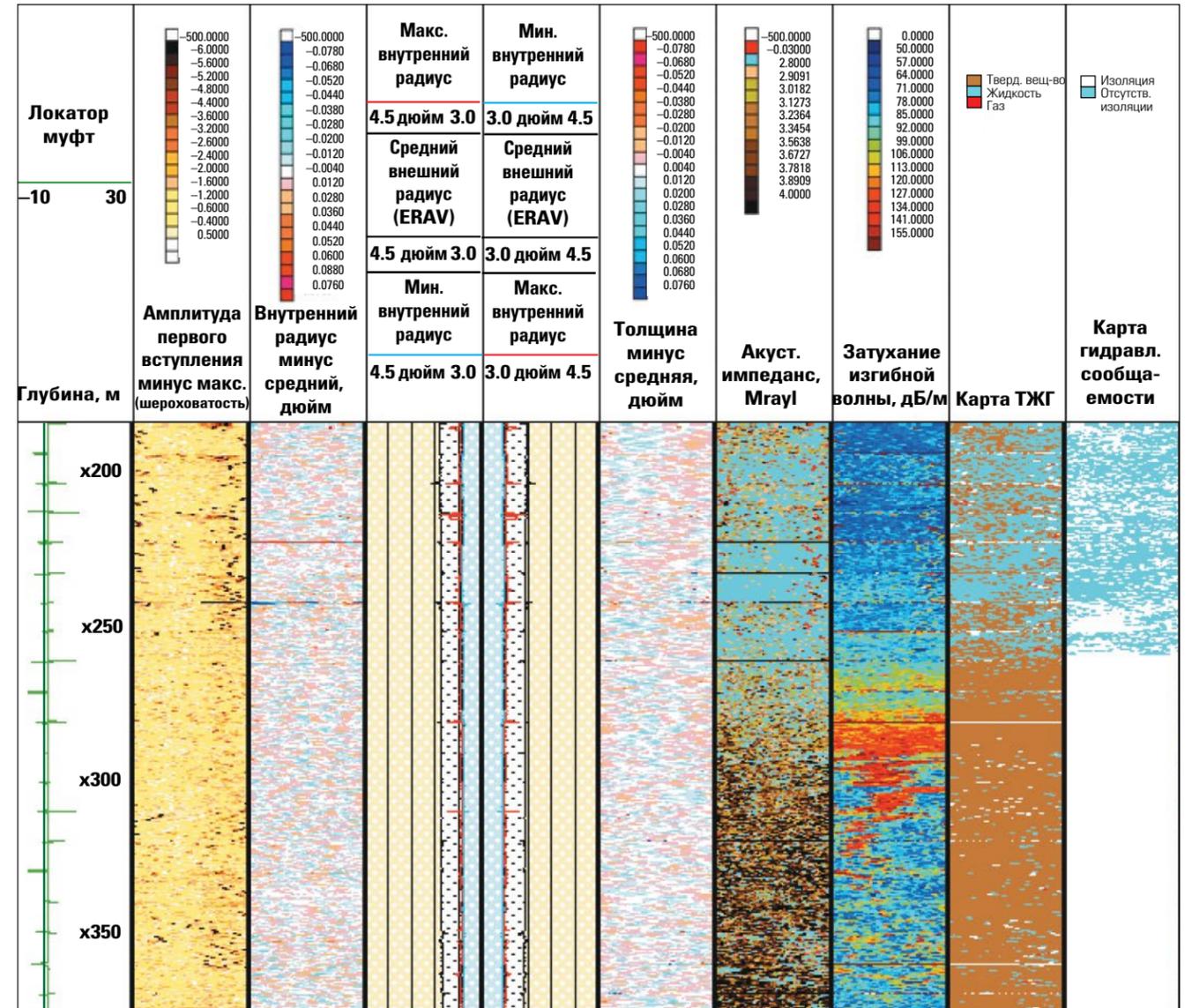
- Газ определяется, как материал с низким акустическим импедансом, вне зависимости от вводимой информации.
- Жидкость определяется, как материал с акустическим импедансом бурового раствора, замещённого цементом, с оглядкой на возможное отклонение от этого значения.
- Твердое вещество определяется, как материал с ожидаемыми свойствами цемента. Данные лабораторных исследований используются, чтобы преобразовать выбранный материала в акустические свойства, с оглядкой на загрязнение и неполноту схваченного цемента.
- Места с несогласующимися замерами (например, на муфтах) отмечаются белым цветом.

Классификация материала происходит для каждого замера по периметру, используя импульсные ультразвуковые замеры и затухание изгибной волны, с введённой поправкой на внутрискважинный флюид.



Три облака точек создаются на карте ТЖГ отображая плоскость замеров для цемента класса G. Z_{usit} это импеданс замеренный импульсным ультразвуковым методом, затухание - это затухание изгибной волны.

Производя радиальные замеры с большей чем у традиционных методов глубиной, имиджер заколонного пространства Isolation Scanner позволяет подтвердить разобщённость пластов, обнаружить любые каналы в цементе и помогает принять уверенное решение о необходимости и оправданности ремонтно-изоляционных работ.



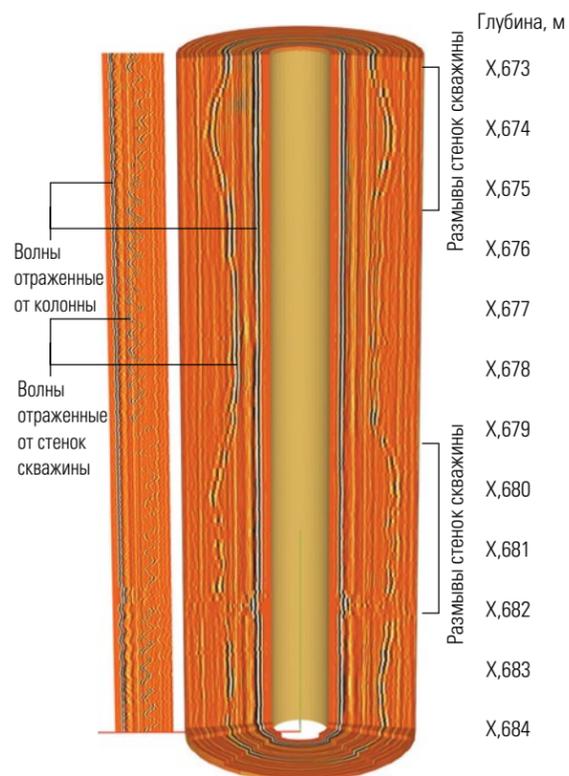
В дополнение к информации о шероховатости, радиусе, поперечному сечению и толщине, предоставляемой импульсными ультразвуковыми исследованиями в 7 дюймовой (17.8 см) колонне, имиджер заколонного пространства Isolation Scanner обрабатывает данные акустического импеданса и затухания изгибной волны для построения карты-развертки ТЖГ. Несмотря на то, что скважина зацементирована утяжелённым цементом класса G, затухание изгибной волны показывает наличие облегченного материала в интервале от X,320 м до Y,270 м, указывая, что цемент в данном интервале загрязнен. Вне зависимости от плотности, материал был правильно классифицирован, как твердое вещество на карте

НОВЫЕ ЗАМЕРЫ ПО СИГНАЛУ ОТРАЖЕННОМУ ОТ СТенок СКВАЖИНЫ

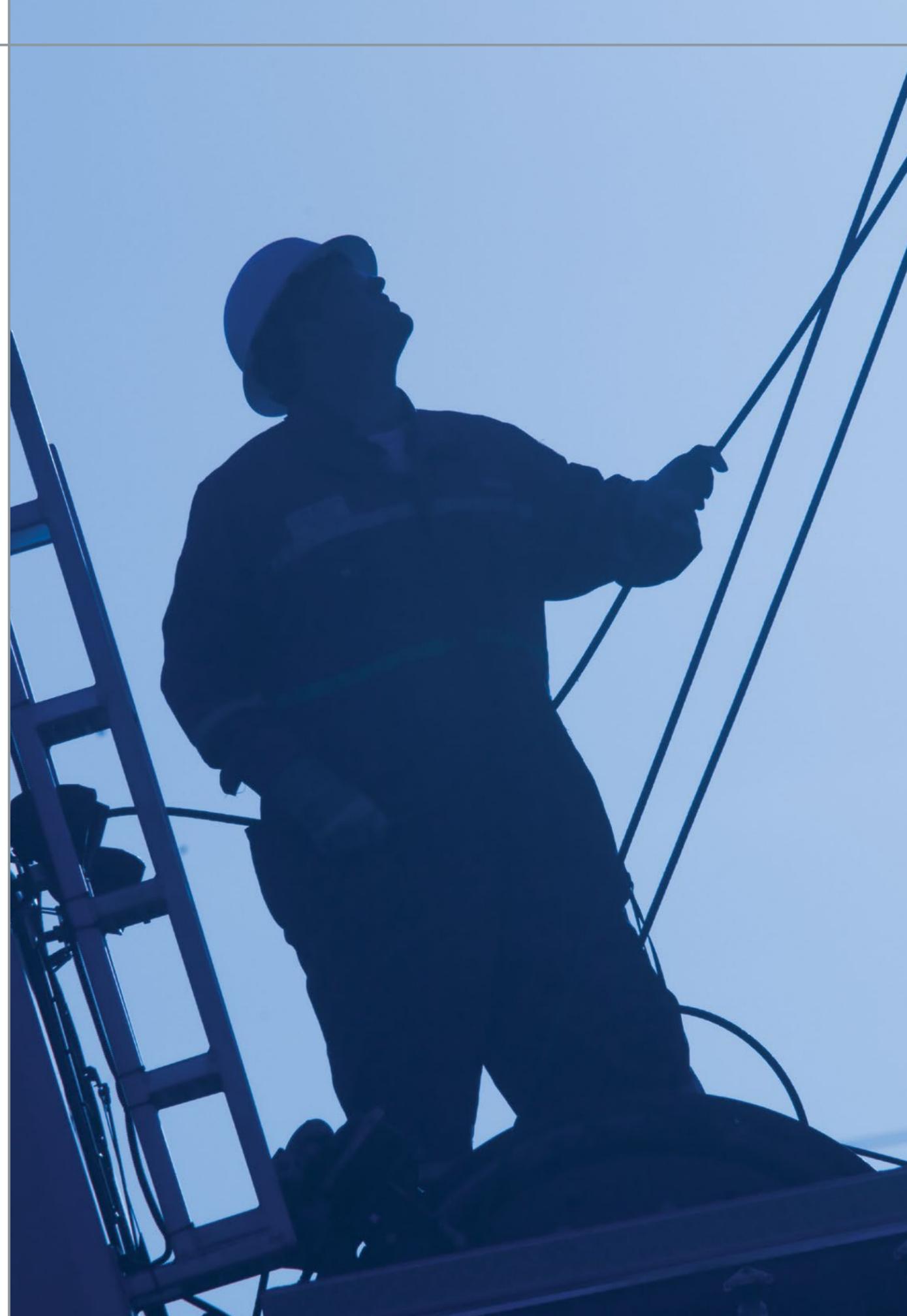
В дополнение к определению типа материала в заколонном пространстве по карте-развертке, имиджер заколонного пространства Isolation Scanner, так же извлекает необходимую информацию из волн отраженных от стенок скважины для определения формы заколонного пространства между обсадной колонной и стенками породы. Во-первых, отраженные волны, следующие за волнами отраженными от колонны, регистрируются, а время их прибытия и амплитуда замеряется. По разнице времени вступления волн отраженных от колонны и от породы, при условии, что присутствует достаточное количество волн отраженных по периметру, можно рассчитать степень центрации обсадной колонны в скважине. Для простоты использования, центрация представлена в процентах, где 100% соответствует идеальной степени центрации, а 0% соответствует соприкосновению колонны со стенками скважины. Если диаметр скважины известен, то по разнице времени вступления волн можно рассчитать скорости пробега волн по заколонному пространству, которые представляются в виде карты-развертки

Новые замеры, которые можно получить с помощью имиджера заколонного пространства Isolation Scanner, используя волны, отраженные от третьей границы: скорость пробега волны, которая используется для подтверждения карты-развертки ТЖГ и лучшего представления о размещении цемента в затрубье

- изображение формы стенок скважины
- изображение внешней колонны для определения повреждений и коррозии



Изображение стенок скважины, записанное прибором Isolation Scanner через обсадную колонну и цемент, полученное используя волны отраженные от границы цемент-порода, показывает размытые стенки в двух направлениях в интервалах X,673–X,675 м и X,679–X,682 м. Изображение с левой стороны с необработанными данными по всему периметру, показывает, что волны отраженные от стенок скважины присутствуют во всех направлениях. Отраженные волны волнистые из-за плохой степени центрации колонны. Каждый период соответствует одному полному обороту прибора



Технические характеристики замеров

Прибор Isolation Scanner	
Вывод [†]	Карта-развертка твердое вещество–жидкость–газ заколонного вещества, карта гидравлической сообщаемости, акустический импеданс, затухание изгибной волны, карта шероховатости, карта толщины стенок, карта внутреннего радиуса
Максимальная скорость записи	Стандартное разрешение (6 дюймов, 10 град.): 823 м/ч [2,700 фт/ч] Высокое разрешение (0.6 дюймов, 5 град.) 172 м/ч [563 фт/ч]
Диапазон измерений	Мин. толщина стенок скважины: 0.38 см [0.15 дюймов] Макс. толщина стенок скважины: 2.01 см [0.79 дюймов]
Вертикальное разрешение	Высокое разрешение: 1.52 см [0.6 дюймов] Высокая скорость записи: 15.24 см [6 дюймов]
Акустический импеданс [‡]	Диапазон: от 0 до 10 Мрайл Разрешение: 0.2 Мрайл Точность: от 0 до 3.3 Мрайл = ±0.5 Мрайл, >3.3Мрайл = ±15%
Затухание изгибной волны	Диапазон: от 0 до 2 дБ/см [§] Разрешение: 0.05 дБ/см [§] Точность: 0.01 дБ/см [§]
Мин. измеряемая ширина канала	30 мм [1.2 дюйма]
Глубина исследований [†]	Колонна и затрубье до 7.62 см [3 дюйма]
Ограничения по типу и плотности раствора ^{††}	Условия моделируются перед проведением каротажа
Комбинируемость	Спускается в связке только как самый нижний прибор, может соединяться почти со всеми приборами ГИС
Специальное применение	применение в среде H ₂ S

[†] Исследование глубины затрубья зависит от присутствия отраженных волн от третьей границы. Анализ и обработка данных, помимо оценки цемента, может предоставить ответы посредством дополнительных продуктов, включая временную диаграмму прохождения волны по заколонному пространству и видео ролики отраженных волн в полярных координат по глубине в формате AVI.

[‡] Разграничение агрегатного состояния материала в затрубье используя только акустический импеданс возможно при минимальной разнице в 0.5 Мрайл между жидкостью и цементом в затрубье.

[§] Для колонны толщиной в 8 мм (0.3 дюйма).

^{††} Максимально допустимая плотность раствора моделируется перед каротажем и будет зависеть от состава раствора, размера вращающего модуля, размера колонны и ее веса.

Механические характеристики прибора

Прибор Isolation Scanner	
Максимальная температура	177 С° [350 град. Ф]
Диапазон давления	от 1 до 138 Мпа [145 to 20,000 пси]
Размер колонны—минимальный. [†]	4,5 дюймов [114.3 мм] (мин. проходной диаметр 4 дюйма [101.6 мм])
Размер колонны—максимальный. [†]	13,375 дюймов [339.7 мм]
Диаметр модуля	IBCS-A: 8.57 см [3.375 дюйма] IBCS-B: 11.36 см [4.472 дюйма] IBCS-C: 16.91 см [6.657 дюйма] IBCS-D: 22.19 см [8.736 дюйма]
Длина без модуля	6.01 м [19.73 футов]
Вес без модуля	151 кг [333 фунта]
Длина, вес модуля	IBCS-A: 0.61 м [2.01 фт], 7.59 кг [16.75 фунта] IBCS-B: 0.6 м [1.98 фт], 9.36 кг [20.64 фунта] IBCS-C: 0.6 м [1.98 фт], 10.73 кг [23.66 фунта] IBCS-D: 0.6 м [1.98 фт], 11.13 кг [24.55 фунта]

[†] Ограничения по размерам колонны зависят от размера модуля. Данные можно зарегистрировать в колоннах диаметром более 13 3/8 дюйма используя растворы со слабым затуханием сигнала (такие как вода, соляные растворы).