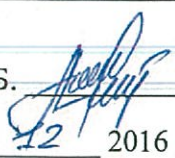



Наименование документа: **Регламент по оценке качества цементирования  
АО НК «КазМунайГаз»**

Тип документа: <b>Регламент</b>	<b>Версия 1</b>	<b>стр. 1 из 18</b>
Разработал: Ашимов К.Б.  от « <u>07</u> » <u>12</u> 2016 г.	Проверил: Карфункл Д.  от « <u>07</u> » <u>12</u> 2016 г.	Утвержден решением Правления АО НК «КазМунайГаз» от « <u>09</u> » <u>12</u> 2016 г. Протокол № <u>46 п. 27</u>

## 1. ЦЕЛЬ ДОКУМЕНТА И ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Целью настоящего Регламента АО НК «КазМунайГаз» (далее - КМГ) является установление порядка по оценке качества цементирования обсадных колонн в скважинах законченного строительством (далее - Регламент).

Методика расчёта, качества цементирования обсадных колонн в скважинах, и боковых стволов скважин, приведённая в данном регламенте распространяется на все скважины и боковые стволы скважин, законченные строительством группы компаний КМГ.

## 2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

2.1. Требования настоящего Регламент являются рекомендательными для группы компаний КМГ.

2.2. Требования настоящего Регламента рекомендуются для исполнения и распространяются на третьих лиц (Подрядчиков), выполняющих работы/оказывающих услуги ГИС по определению качества цементирования обсадных колонн на месторождениях КМГ и группы компаний КМГ, в установленном порядке при условии включения данных требований в заключаемые договора.

## 3. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

**Акустическая цементометрия колонн (АКЦ)** – доминирующий метод исследований, позволяющий установить высоту подъёма цементного камня за колонной и его механические контакты с колонной и горными породами независимо от плотности цементного раствора.

**Секторная акустическая цементометрия (АКЦс)** – позволяет повысить чувствительность акустического метода на головных волнах к дефектам цементирования малых размеров. Результатом обработки данных, полученных секторными приборами, является построение карты цементирования, определение типа дефекта цементирования на границе «цемент-колонна», оценка размера дефектов и их пространственной ориентации относительно апсидальной плоскости скважины.

**Акустическое сканирование стенки обсадной колонны (АК-сканер)** – метод для выявления эксцентричного положения колонны относительно оси скважины и вертикальных каналов в цементном камне, содержащих флюиды.

**Гамма-гамма-цементометрия (ГГЦ)** – метод включающий дефектometriю цементного кольца (ДФ), определение толщины обсадных труб, положение центрирующих фонарей и муфт обсадной колонны (ТМ) и оценку плотности и распределения цементного раствора (камня) за колонной. Синоним - скважинная гамма-гамма дефектometriя и толщинометрия (СГДТ).

**Термометрия** – метод определяющий высоту подъема цемента базируется на физическом явлении повышения температуры цементных растворов при их схватывании и наборе прочности цементным камнем.

**Импеданс акустический** – для плоской волны равен волновому сопротивлению. Для волн других типов представляет собой отношение комплексных амплитуд звукового давления к колебательной скорости частиц среды; содержит действительную и мнимую части.

**Фазокорреляционная диаграмма (ФКД)** – вид регистрации в акустическом каротаже, основанный на корреляции равных фаз, представленных в волновом пакете.

**Амплитуда А** – значение отклонения частиц от положения равновесия; изменяется во времени синусоидально:  $A=A_0 \sin 2\pi t/T$ , где  $A_0$  – значение амплитуды при максимальном отклонении частиц от положения равновесия,  $t$  – текущее время,  $T$  – время (период), за которое упругая волна совершает одно полное колебание.

**Время распространения Т** – соответствует времени распространения волны от излучателя до приёмника упругих волн.

**Интервальное время  $\Delta T$**  – время распространения упругой волны на фиксированной базе.

**Период Т** – время, за которое упругая волна совершает одно колебание.

**Скорость V** – скорость перемещения упругой волны.

**Фаза колебаний** – величина, функцией которой является состояние колебательного процесса в каждый момент текущего времени. При использовании фазокорреляционных диаграмм за фазу принимают точку с максимальной амплитудой.

**Головные волны** - распространяются вдоль стенки скважины.

**VI (Bond index)** – индекс цементирования.

**Вертикальный канал** - идеальный путь для движения в заколонном пространстве пластовых флюидов и нагнетаемых вод. Чаще всего образуется в интервалах прилегания обсадной колонны к стенке скважины или другой колонны.

**Вспученный цемент** - содержит шарообразные пустоты, обусловленные проникновением газа в цементный раствор, который начал схватываться. Образуется против газонасыщенных пород.

**Индекс цементирования (англ.: bond index)** - определяется отношением измеренного значения  $\alpha_k$  - коэффициента затухания упругой волны в исследуемом интервале обсадной колонны к его значению  $\alpha_{k100}$  в безупречно зацементированной колонне.

**Кольцевой микрозазор** - зазор между цементным камнем и обсадной колонной, который образуется в процессе схватывания цементной смеси вследствие проведения каких-либо работ (напр. опрессовка колонны и др.), связанных с расширением колонны и её последующим возвращением в нормальное состояние. Вероятность его образования увеличивается при потере цементом своих свойств вследствие длительных сроков хранения, замены тампонажного цемента строительным и т.п.

**Контакты цементного камня с обсадной колонной и породами** - определяются по измеренным значениям коэффициента  $\alpha_k$  затухания волны Лэмба в колонне и параметрам объёмных продольной и поперечной упругих волн в породе, измеренных через обсадную колонну.

**Группа компаний КМГ** – КМГ и юридические лица, в которых пятьдесят и более процентов голосующих акций (долей участия) прямо или косвенно принадлежат КМГ на праве собственности или доверительного управления, а также юридические лица, деятельность которых КМГ вправе контролировать.

**Заказчик** - лицо из группы компании КМГ.

**Подрядчик (подрядная организация)** - физическое лицо, осуществляющее предпринимательскую деятельность, юридическое лицо, временное объединение юридических лиц (консорциум), выступающее в качестве контрагента Заказчика в заключенном с ним договоре о закупках.

**АКЦ** – акустическая цементометрия

**АКЦс** – секторная акустическая цементометрия

**АК-сканирование** - Акустическое сканирование (акустическое телевидение)

**ГГЦ**– гамма-гамма цементометрия.

**УАЦ** - ультразвуковой анализатор цемента.

**СГДТ** - скважинная гамма-гамма дефектометрия и толщинометрия.

**ОГЦ** – отбивка головы цемента

**ОЦК** - отбивки цементного кольца.

**ЛМ** - локатор муфт.

**ГК** – гамма каротаж.

**ТМ** – толщинометрия.

**ГИС** – геофизические исследования скважин.

**МСЦ** – многоступенчатый способ цементирования.

**ОТ** – охрана труда.

**ТБ** – техника безопасности.

**ООС** - охрана окружающей среды.

**ПБ** – промышленная безопасность.

**СИЗ** – средства индивидуальной защиты.

#### **4. ОТВЕТСТВЕННОСТЬ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЯЗАННОСТЕЙ**

4.1. Заказчик обязуется:

4.1.1. своевременно подавать Заявку на выполнение работ, согласно совместно составленной форме;

4.1.2. перед проведением ГИС прошаблонировать и очищать тщательно промывкой внутреннюю поверхность обсадной колонны.

4.2. В ходе выполнения работ Подрядчик обязуется:

4.2.1. обработку и экспресс-интерпретацию данных общих и специальных исследований выполнять непосредственно на скважине. Полную интерпретацию и выдачу окончательного заключения производит интерпретационная служба геофизического предприятия по месту ее базирования;

4.2.2. по результатам каждого общего исследования недропользователю передавать заключение о положении в разрезе (с привязкой по ГК) муфт обсадной колонны, длине и толщине каждой обсадной трубы, высоте подъема цементной смеси за колонной, полноте заполнения затрубного пространства цементом и степени его сцепления (сплошное, частичное, плохое, отсутствует) с обсадной колонной и породами.

4.2.3. Твердые копии результатов измерений должны содержать:

4.2.3.1. кривую ЛМ;

4.2.3.2. для АКЦ - кривую эффективного затухания ( $\alpha_k$ ) волны, распространяющейся по колонне; кривые интервального времени ( $\Delta t_p$ ) и затухания ( $\alpha_p$ ) продольной волны, распространяющейся в породе; фазокорреляционные диаграммы для измерительного зонда; характеристику сцепления цемента с обсадной колонной и породами, показанную условными обозначениями;

4.2.3.3. для гамма-гамма-дефектометрии и толщинометрии — кривые селективных каналов дефектометрии; интегральную кривую дефектометрии со шкалой плотности цемента в затрубном пространстве или отдельную кривую плотности цемента; кривую толщинометрии;

4.2.3.4. кривую термометрии с указанием высоты подъема цемента.



## **5. ТРЕБОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОТ, ТБ и ООС**

5.1. В ходе выполнения работ Подрядчик обязуется:

5.1.1. соблюдать нормы действующего законодательства Республики Казахстан, включая законодательство о недрах и недропользовании, об охране окружающей среды, о промышленной и пожарной безопасности и иные законы, нормативные правовые акты, действующие на территории Республики Казахстан;

5.1.2. обеспечить выполнение необходимых мероприятий по промышленной безопасности, охране труда, охране окружающей среды, рациональному использованию природных ресурсов, по пожарной безопасности объекта, на котором выполняются работы;

5.1.3. обеспечить проведение мероприятий по ОТ, ПБ и ООС на всех этапах: до начала проведения работ, во время проведения работ и после проведения работ, включая мероприятия по организации безопасного проведения работ (готовность оборудования и персонала к выполнению работ), анализ и оценку существующих рисков (проверки и аудиты), системы оповещения об опасных ситуациях (совещания и тренинги по ОТ, ПБ и ООС, коллективные средства защиты и СИЗ), управление при чрезвычайных ситуациях (планы и действия при ЧС);

5.1.4. обеспечить требования промышленной и пожарной безопасности в соответствии с требованиями промышленной и пожарной безопасности на опасных производственных объектах;

5.1.5. обеспечить требования в области охраны окружающей среды в соответствии с действующим законодательством РК, включая требования безопасности к буровым растворам и отходам бурения, а также мерах по недопущению или снижению негативного воздействия на окружающую среду (способы бурения, очистка, повторное использование, хранение и утилизация). Также, необходимо обеспечить экологические требования безопасности на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), водоохранных зонах и природных заповедниках или в их вблизи;

5.1.6. незамедлительно информировать Заказчика обо всех происшествиях (в том числе отказов, инцидентов, аварий, несчастных случаев, разливов нефти (пластовых, подтоварных вод), пожаров и т.д.), произошедших при выполнении обязательств по договору или в связи с ним, организовывать их расследование в соответствии с требованиями государственных нормативно-технических и правовых актов, а также требованиями Заказчика. Расследование причин аварий, инцидентов и несчастных случаев осуществляется в порядке, предусмотренном действующим законодательством РК и внутренними нормативными документами Заказчика, комиссией с обязательным участием представителей Заказчика, Подрядчика и привлекаемых Подрядчиком

третьих лиц, а также представителей уполномоченных государственных органов в случаях, предусмотренных действующим законодательством РК; Также информировать Заказчика о других признаках происшествий, которые могут иметь значение для обеспечения ОТ, ПБ и ООС, даже если такие обстоятельства не связаны с выполнением обязательств по договору, но обнаружены на объектах Компании или в непосредственной близости от них;

5.1.7. направлять Заказчику отчеты о реализации мероприятий по устранению несоответствий требованиям по ОТ, ПБ и ООС и мер по снижению операционных рисков;

5.1.8. определить ответственного работника по вопросам ОТ, ПБ и ООС (супервайзера) для взаимодействия и координации проводимых работ с Заказчиком.

## **6. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ ОБСАДНЫХ ТРУБ (КОЛОНН)**

6.1. Оценка качества цементирования обсадных колонн в скважинах и боковых стволах скважин производится следующими геофизическими методами:

6.1.1. ОЦК – определение высоты подъема цементного раствора за колонной;

6.1.2. АКЦ – акустическая цементометрия, определяется “сцепление” (плотность контакта) цементного камня с колонной и породой, а также высоту подъема цемента;

6.1.3. АКЦс - секторная акустическая цементометрия, определяет “сцепление” (плотность контакта) цементного камня с колонной и позволяет повысить чувствительность акустического метода на головных волнах к дефектам цементирования малых размеров;

6.1.4. АК-сканер - для выявления эксцентричного положения колонны относительно оси скважины и вертикальных каналов в цементном камне, содержащих флюиды;

6.1.5. ГКК (СГДТ) – определяет плотность цементного камня за колонной, эксцентриситета колонны, характера заполнения затрубного пространства цементным раствором-камнем, мест размещения технологической оснастки по колонне – центраторов, МСЦ, турбулизаторов.

6.2. Комплекс геофизических исследований по оценке качества цементирования обсадных колонн должен производиться в соответствии с требованиями Единых правил по рациональному и комплексному использованию недр при разведке и добыче полезных ископаемых.



**7. ТЕРМОМЕТРИЯ** - метод базируется на измерении разности температуры цементных растворов при их схватывании и наборе прочности цементным камнем. ОЦК - проводится на момент схватывания цементного раствора в точке его проектного подъема. Высота подъема цементного, раствора определяется по аномалии температуры. Дополнительная информация – распределение температуры по стволу скважины. Если при цементировании обсадной колонны применяется облегченный цементный раствор, высота подъема цементного раствора уточняется по данным АКЦ ввиду того, что облегченные цементные растворы могут дать меньшую температурную аномалию [9].

7.1. При проведении термометрии необходимо зарегистрировать, по меньшей мере, три термограммы [12]:

7.1.1. первую - сразу после цементирования колонны (практически через 1...2 ч.);

7.1.2. вторую – в момент, когда по данным лабораторного анализа ожидается конец схватывания цементного раствора;

7.1.3. третью – через 10...15 ч. после цементирования скважины.

**8. АКУСТИЧЕСКАЯ ЦЕМЕНТОМЕТРИЯ** - проводится при достижении прочности цементного камня при изгибе не менее 1,5 МПа или на сжатие 5-6 МПа для тампонажных растворов нормальной плотности и утяжеленных. АКЦ-метрия в зоне размещения облегченного цементного камня должна проводиться с помощью приборов, отрегулированных на фиксацию низкопрочного цементного камня – ниже 1,0 МПа при изгибе. Время проведения АКЦ – не ранее 24 часов после цементирования обсадной колонны или проведения РИР.

8.1. При интерпретации АКЦ исходными данными являются полученные при регистрации или обработке волнового сигнала кривые АКЦ:

8.1.1. двух элементный зонд – параметрами АКЦ являются:

8.1.1.1. кинематические – время первого вступления волны  $T_n$ (мкс);

8.1.1.2. динамические - амплитуда волны по колонне  $A_k$ (ед АЦП или мВ), амплитуда волны по породе  $A_n$ (ед АЦП или мВ);

8.1.1.3. нормированная амплитуда волны по колонне  $A_{кн} = A_k / A_{к\text{свободной}}$

колонны.

Градация сцепления происходит по значениям кривых  $A_{кн}$  и  $T_n$ .

При  $T_n$  равном значению в свободной колонне разбивка происходит по следующим граничным значениям и ВІ согласно Таблице №1:



Таблица №1.

Плотность цементного раствора, г/см <sup>3</sup>	Ед. измерения	Отсутствие	Плохое сцепление	Частичное сцепление	Сплошное сцепление
1,60	A <sub>кн</sub>	<0.7	0.32 – 0.7	0.12 – 0.32	>0.12
	VI	<0.17	0.17 - 0.45	0.45 - 1.0	1.0
1,85	A <sub>кн</sub>	<0.1	0.32 – 0.7	0.12 – 0.32	<0.1
	VI	<0.14	0.14 - 0.43	0.43 - 1.0	1.0

Формула VI (индекс цементирования):

$$VI = \frac{\log(A_{\text{кн свобод. колонна}}) - \log(A_{\text{кн}})}{\log(A_{\text{кн свобод. колонна}}) - \log(A_{\text{кн100}})}$$

где,

A<sub>кн свобод. колонна</sub> – амплитуда в свободной колонне рассчитанная для требуемого диаметра колонны;

A<sub>кн</sub> – записанная нормированная амплитуда.;

A<sub>кн100</sub> – замеренная нормированная амплитуда в зацементированной секции.

При T<sub>п</sub> больше или меньше значения в свободной колонне – сцепление сплошное.

8.1.2. трех элементный зонд – параметрами АКЦ являются:

8.1.2.1. кинематические: время первого вступления волны по двум зондам T<sub>п1</sub>, T<sub>п2</sub>; интервальное время пробега ΔT (мкс/м);

8.1.2.2. динамические: Амплитуды по колонне A<sub>к1</sub>, A<sub>к2</sub>(ед АЦП или мВ); коэффициент затухания волны по колонне α<sub>к</sub> (дБ/м), амплитуды волны по породе A<sub>п1</sub> и A<sub>п2</sub>(ед АЦП или мВ); ослабления волн по породе и по колонне(дБ).

Для получения заключения по сцеплению цемент-колонна используются зависимости качества сцепления от коэффициента затухания (или от нормированных амплитуд) и плотности цемента [4].

Интерпретацию АКЦ проводить с граничными значениями коэффициента затухания α<sub>к</sub> и VI для облегченного и нормального/утяжеленного цемента согласно Таблице №2. [4,6.].





Таблица №2.

Цемент	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Единица измерения	Отсутствует	Плохой	Частичный	Сплошной
Гельцемент	1.5	$\alpha_k$ , дБ/м	<5	5-12	12-21	>21
		ВІ	<0.24	0.24-0.57	0.57-1	1
Портланд	1.85	$\alpha_k$ , дБ/м	< 5	5-15	15-30	>30
		ВІ	<0.17	0.17-0.5	0.5-1	1

Формула ВІ (индекс цементирования):

$$VI = \frac{\alpha k}{\alpha k_{100}}$$

где,  $\alpha_k$ —значение коэффициента затухания волны  $L_k$  в исследуемом интервале;

$\alpha_{k100}$ —то же в интервале безупречно зацементированной колонны.

При интерпретации АКЦ по ослаблению используются граничные значения, указанные в Таблице №3:

Таблица №3.

Плотность цементного раствора, г/см <sup>3</sup>	Ед. измерения	Отсутствие	Частичное сцепление	Сплошное сцепление
1,5	ДК	<19	19.0 – 28.0	>28.0
1,85	ДК	<19	19.0 – 45.0	<45.0

Так как граничные значения по ослаблению зависят от длины зонда, то необходимо иметь таблицу значений для каждого зонда каждого прибора.

## 9. СЕКТОРНАЯ АКУСТИЧЕСКАЯ ЦЕМЕНТОМЕТРИЯ (АКЦс)

- проводится не ранее 24 часов после цементирования обсадной колонны. АКЦс повышает чувствительность акустического метода на головных волнах к дефектам цементирования малых размеров. Результатом обработки данных, полученных секторными приборами, является построение карты цементирования, определение типа дефекта цементирования на границе «цемент-колонна», оценка размера дефектов и их пространственной ориентации относительно апсидальной плоскости скважины. Возможность объединения измерений с интегральным прибором для калибровки ослаблений амплитуд секторного прибора [4].

9.1.Интерпретацию АКЦс необходимо проводить с граничными значениями коэффициента затухания  $\alpha_k$  и  $V_I$  для облегченного и нормального/утяжеленного цемента согласно Таблице №2.

**10. АКУСТИЧЕСКИЙ СКАНЕР (АК-сканер)** - проводится в те же сроки, что и АКЦ. АК-сканирование в зоне облегченного цементного камня должно проводиться с помощью приборов, отрегулированных на фиксацию низко-прочного цементного камня – ниже 1,0 Мпа при изгибе. АК-сканер определяет распределение цементного камня за обсадной колонной посредством расчёта его импеданса, а также измерение по окружности внутреннего диаметра и толщины стенки колонны.

10.1. При интерпретации АК-сканирования необходимо использовать акустический импеданс цементных растворов, полученный из ультразвукового анализатора цемента согласно лабораторным анализам цементного раствора [7].

При отсутствии данных акустического импеданса облегченного или нормального/утяжеленного цемента от ультразвукового анализатора Подрядчику рекомендуется использовать эмпирические параметры Компании «Шлюмберже», приведенные ниже в Таблицах №4-5 или данные согласно требованиям Подрядчика.

**Таблица№4**

Тип Цементного раствора	Плотность		Vp (м/с)	Акустический импеданс (MRayl)
	кг/м3	фунт/галл		
Цемент класса "B"	1,890	15,8	3,400	6,44
Латекс + полые микросферы диоксида кремния	1,340	11,2	2,500	3,36
Растворимый силикат	1,440	12	2,000	2,88
Полые микросферы диоксида кремния 4% CaCl2	1,440	12	3,000	4,32
Растворимый силикат	1,590	13,3	2,500	3,99
Латекс	1,890	15,8	3,350	6,35
Натрий хлорид 18%	1,930	16,1	3,375	6,52
Гематит	2,280	19	3,530	8,04
Пена 36%	1,200	10	2,300	2,76
Облегченный цементный раствор	1,500	12,5	2,000	3,00
Облегченный цементный раствор	1,200	10	2,900	3,48
Ультра-Облегченный цементный раствор	1,030	8,6	2,786	2,87

**Таблица№5**

Тип раствора	Плотность		Амплитуда затухания дБ/м	Акустический импеданс (MRayl)
	г/см <sup>3</sup>	фунт/галл		
Вода	1,00	8,34	0	1,48
Соляной раствор (CaCl <sub>2</sub> )	1,38	11,5	0	2,51
Соляной раствор (NaCl)	1,19	9,93	0	2,13
Буровой раствор на водной основе	1,68	14	10,7	2,18
Буровой раствор на углеводородной основе	2,23	18,6	14,3	2,54
Буровой раствор на углеводородной основе	2,05	17,1	14,8	2,37
Буровой раствор на углеводородной основе	1,86	15,4	15,3	2,20
Буровой раствор на углеводородной основе	1,82	15,2	14,1	2,04
Буровой раствор на основе дизельного топлива	0,84	7,0	0	1,05

**11. ГАММА-ГАММА ЦЕМЕНТОМЕТРИЯ (СГДТ)** - проводится в те же сроки, что АКЦ. ГГЦ дает удовлетворительные результаты по плотности цементного камня в том случае, если толщина зазора между стенкой скважины и колонной не менее 30мм, разность плотностей цементного раствора и бурового не менее 0,3 г/см<sup>3</sup>. Для уверенного контроля качества цементирования методом ГГЦ минимальная разность плотностей цементного камня и бурового раствора должна быть больше 0,3 г/см при измерениях в скважинах диаметром 295 мм, обсаженных колоннами 146...168 мм, и больше 0,4 г/см при измерениях в скважинах диаметром 193...214 мм, обсаженных, соответственно, колоннами 146 и 168 мм. При меньшей разности плотностей цементного камня и бурового раствора применять метод ГГК нецелесообразно[12].

11.1. Для оценки качества цементирования технических колонн и кондукторов рекомендуется использовать цементометры модификации ЦМ (8...10), ЦМ (10...16); для оценки качества цементирования эксплуатационных обсадных колонн, количественных определений плотности вещества в затрубном пространстве – дефектомер – толщиномер типа СГДТ[12].

11.2. ГГЦ определяет эксцентриситет колонны по стволу скважины и удовлетворительным центрированием колонны считается, если эксцентриситет колонны не превышает значения 0,5.

Оценку качества центрирования обсадных колонн рекомендуется проводить по значению эксцентриситета колонны E:

$0,0 \leq E \leq 0,3$  – хорошо;

$0,3 < E \leq 0,5$  – удовлетворительно;

$0,5 < E \leq 0,7$  – плохо;

$0,7 < E \leq 1,0$  – очень плохо.

Дополнительно по ГГЦ определяется фактическое размещение технологической оснастки по длине колонны[13].

## 12. КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ДАННЫХ АКУСТИЧЕСКОЙ И РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ ЦЕМЕНТОМЕТРИИ

12.1. Полная оценка качества цементирования обсадных колонн, обеспечивающая подготовку заключения о герметичности затрубного или межтрубного пространств, содержит решение нескольких близких по содержанию задач: определение высоты подъема цементного раствора в заколонном и межтрубном пространстве; определение полноты заполнения цементным камнем изолирующего пространства; количественная и полуколичественная оценка контактов образовавшегося цементного камня с колонной и породами или с внешней колонной - кондуктором, технической колонной; выявление кольцевых микрозазоров между колонной и цементным камнем и макродефектов, образованных вертикальными каналами в камне. Полный перечень задач приведен в Таблице№6.

Таблица№6. Перечень частных задач для оценки герметичности (проницаемости или непроницаемости) затрубного пространства.

№	Частная задача	Технические средства					
		ОЦК	АКЦ	АКЦс	Ак-сканер	ГГЦ	
						ДФ	ТМ
1	Определение высоты подъема цементного раствора	+	-	-	-	-	-
2	Оценка заполнения затрубного пространства цементным камнем	-	-	-	+	+	-
3	Оценка контактов цементного камня с колонной	-	+	+	-	-	-
4	Оценка контактов цементного камня с породой или второй колонной	-	+	-	-	-	-
5	Выявление средних характеристик сцепления между цементным камнем и колонной по периметру колонны	-	+	+	-	-	-
6	Выявление микрозазоров и каналов между цементным камнем и колонной по окружности скважины	-	-	+	-	-	-
7	Выявление микроканалов в цементном камне	-	-	-	+	+	-
8	В двухколонных конструкциях оценка качества цементирования за внешней колонной(при отсутствии зазоров между цементным камнем и внутренней колонной)	-	+	-	-	-	-
9	Выделение "недотянутых" муфт	-	-	-	+	-	-
10	Определение положения центрирующих фонарей	-	-	-	-	-	+
11	Определение толщины стенок обсадной колонны	-	-	-	+	-	+
12	Определение внутреннего диаметра обсадной колонны	-	-	-	+	-	-

Невозможно решить все задачи контроля цементирования, перечисленные в Таблице№6, по данным какого-то одного метода цементометрии.



Каждый метод обладает ярко выраженной чувствительностью своих показаний к определенным свойствам цементного камня в затрубном пространстве: его плотности, контактов с соседними средами (колонной и породами), к микрозазорам и макродефектам, вертикальным каналам. Каждый метод обладает также известными ограничениями для решения других, не свойственных ему, задач (Таблица №7).

Таблица №7. Преимущества и ограничения отдельных видов ГИС для оценки качества цементирования обсадных колонн.

№	метод	Преимущество	Ограничения.
1	АКЦ	- определение ВПЦ и контактов цементного камня с колонной и породой независимо от плотности цемента и диаметра колонны	- чувствительность к составу раствора, заполняющего скважину (наличие в составе газа) - нечувствительность к вертикальным каналам раскрытостью менее 45-60град. - проблемы в оценке сцепления в высокоскоростном разрезе и двойной колонне.
2	АКЦс	- получение карты цементирования - определение типа и размеров дефекта цементирования на границе цемент-колонна, его положения - оценка не зависит от типа разреза и конструкции скважины - уточнение положения муфт колонны	- чувствительность к составу раствора, заполняющего скважину (наличие в составе газа) - ограниченные возможности оценки сцепления цементного камня с породой
3	АК-сканер	- определение ВПЦ - оценка равномерности заполнения затрубного пространства - выделение вертикальных каналов в цементном камне и других пустот - измерение внутреннего диаметра, толщины стенок колонны - возможное выявление коррозии или дефектов колонны. - положение муфт	- чувствительность к составу раствора, заполняющего скважину (наличие в составе твердых частиц или газа) - чувствительность к микрозазорам - низкая скорость исследований
4	ГЦ (прибор СГДТ)	- определение ВПЦ - оценка равномерности заполнения затрубного пространства - выделение вертикальных каналов в цементном камне и других пустот - определение плотности цементного камня - измерение толщины стенок колонны. - положение муфт и центрирующих фонарей колонны - оценка эксцентриситета колонны	- Большие погрешности для облегченных цементов (менее 1.45г/см3) - нечувствительность к микрозазорам - невозможность идентификации вертикальных макроканалов
5	ГЦ (приборы ЦМ)	- определение ВПЦ - оценка равномерности заполнения затрубного пространства	- определение на качественном уровне - погрешности для облегченных цементов и при исследовании межтрубного пространства

Тем самым рекомендуется использовать комплексирование нескольких методов измерений для получения однозначного заключения о распределении цементного камня в затрубном пространстве и, что особенно важно, о герметичности (проницаемости или непроницаемости) затрубного пространства для пластовых флюидов и нагнетаемых вод.



Регламент	Версия 1	стр.14 из 18
-----------	----------	--------------

В комплексе с акустическим методом рекомендуется применять метод рассеянного гамма-излучения (ГГЦ) для уточнения высоты подъема тампонажной смеси за колонной, выделения незацементированных интервалов, с односторонней заливкой и наличием каналов в цементном камне, а также для определения эксцентриситета в колонне скважине и измерения плотности цементного камня. ГГЦ можно применять в любое время после окончания цементирования. Совместное использование методом АК и ГГЦ позволяет выявить практически все основные дефекты цементного кольца, обусловленные как уменьшением плотности цементного кольца, так и неплотным контактом его обсадной колонной и стенками скважины.

Рекомендуется также проводить сочетание данных двух методов акустической цементометрии – на преломленных (АКЦ) и отраженных (круговое сканирование) волнах – которые предоставляют достоверную информацию о качестве цементирования обсадной колонны. Применение АК-сканирования позволяет повысить чувствительность акустического метода на головных волнах к дефектам цементирования малых размеров. Результатом обработки данных, полученных ультразвуковыми приборами, является построение карты цементирования, определение типа дефекта цементирования на границе «цемент-колонна», оценка размера дефектов и их пространственной ориентации относительно апсидальной плоскости скважины.

### **13. ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО ОЦЕНКИ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ ОБСАДНЫХ КОЛОНН**

**13.1. Покрытие обсадной колонны.** Антикоррозионное покрытие обсадных колонн нарушает контакт цемента с колонной. Высокочастотные приборы более чувствительны к наличию промежуточного слоя между колонной и цементом. Если такое покрытие не удалять, то оценка качества цементирования по АК будет искажена тем сильнее, чем выше частота излучателя прибора.

**13.2. Покрытие обсадной колонны.** Антикоррозионное покрытие обсадных колонн нарушает контакт цемента с колонной. Высокочастотные приборы более чувствительны к наличию промежуточного слоя между колонной и цементом. Если такое покрытие не удалять, то оценка качества цементирования по АК будет искажена тем сильнее, чем выше частота излучателя прибора.

**13.3. Применение облегченных цементов.** При применения облегченных цементов необходимо учитывать упругие свойства цемента. Если для обычного цемента диапазон затухания волны по колонне составляет 3-40 дБ/м, то для облегченного гелцементов используется



Регламент	Версия 1	стр.15 из 18
-----------	----------	--------------

диапазон от 3 до 21 дБ/м. При интерпретации должны использовать зависимости индекса цементирования от свойств цемента.

**13.4. Микроазоры.** Влияние кольцевого микроазора на показания приборов зависит от частоты излучателя. Стандартные приборы АКЦ не чувствительны к микроазорам менее 10 мкм. Амплитуды волны по колонне, зарегистрированные высокочастотными приборами при микроазоре 20 мкм и более, близки к амплитудам в свободной колонне. Сравнивая замеры высокочастотным и стандартным приборами, можно сделать вывод о наличии микроазоров.

**13.5. Изменение свойств бурового раствора.** Если акустические свойства жидкости в скважине значительно изменяются по глубине, то это может привести к ошибкам интерпретации. Знак ошибки (завышение или занижение качества цементирования) зависит от скважинных условий в интервале настройки. Если за пределами интервала настройки происходит повышение затухания акустического сигнала в жидкости, то качество цементирования в таких интервалах будет завышено. И наоборот, если ошибочно выбрать интервал настройки в интервале повышенного затухания сигнала в жидкости, то качество цементирования в целом будет занижено.

**13.6. Центрация обсадной колонны по стволу скважины влияет на оценку качества цементирования.** Оценка качества центрирования обсадных колонн рекомендуется проводить по значению эксцентриситета колонны E:

- 0,0 ≤ E ≤ 0,3 – хорошо;
- 0,3 < E ≤ 0,5 – удовлетворительно;
- 0,5 < E ≤ 0,7 – плохо;
- 0,7 < E ≤ 1,0 – очень плохо.

## 14. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ

14.1. Алгоритм расчёта, коэффициента качества цементирования обсадных колонн, базируется на методике, разработанной ОАО "Научно-производственное объединение "Бурение" (ВНИИКРнефть).

Характеристика контакта цементного камня проводится отдельно для "сцепления" цементного камня с колонной и породой.

Качественная градация "сцепления" цементного камня с колонной и с породой: "хорошее", "частичное", "плохое", "отсутствует".

Общий коэффициент качества цементирования обсадной колонны в заданном интервале по АКЦ:

$$K_{ц} = \frac{A + 0,7 \cdot B + 0,3 \cdot C + 0 \cdot D}{A + B + C + D}$$



- А – “хорошее” – “хорошее”;
- В – “хорошее” – “частичное”;
- С – “частичное” – “плохое”;
- Д - “частичное” – “отсутствие”.

Коэффициент качества сцепления цементного камня с породой К п:

$$K_{п} = \frac{1A + 0,7B}{A+B+D}$$

где А, В, Д – соответственно длины интервалов в м. с “хорошим” (“плотным”, “жестким”), “частичным (“неопределенным”) и “отсутствием” сцепления цементного камня с породой.

Общий коэффициент качества цементирования обсадной колонны в заданном интервале по АКЦ:

$$K_{ц} = \frac{1A + 0,85B + 0,7C}{L_{ц}}$$

где длины интервалов в м. со сцеплением цементного камня “с колонной” – “с породой”:

Качество цементирования по К оценивается по следующей шкале:

- $1,00 \geq K > 0,80$  – хорошее;
- $0,80 \geq K > 0,63$  – удовлетворительное;
- $0,63 \geq K > 0,20$  – плохое;
- $0,20 \geq K > 0$  – очень плохое.

Шкала оценки качества цементирования К базируется на шкале функции “желательности” при обработке экспериментальных данных.

Коэффициенты качества цементирования обсадных колонн должны рассчитываться для интервалов:

- от башмака цементируемой колонны до устья;
- от башмака цементируемой колонны до башмака предыдущей колонны;
- продуктивного пласта - выше продуктивного пласта 50 метров и ниже 50 метров продуктивного пласта.
- в интервале перекрытия колонн (колонна в колонне).

**Примечание:** Отчет оформляется в соответствии с приложениями:

№ 1: (А и Б) - Качество цементирования обсадных колонн по всему стволу скважины;





## **15. ТРЕБОВАНИЯ К ПЕРСОНАЛУ**

15.1. Весь персонал, включая специалистов, задействованных в работах на площадке должен обладать уровнем профессиональной компетентности, который соответствует выполняемым задачам. Они должны осознавать риски, связанные с проведением ГИС.

15.2. Полевой персонал, инженеры, руководители должны иметь квалификационные документы, соответствующие с требованиями уполномоченного органа, а также пройти соответствующее обучение по промышленной безопасности на опасных производственных объектах, курсам по управлению скважиной при газонефтеводопроявлении, безопасности и охране труда и прочие курсы, предусматриваемые должностной инструкцией и законодательством РК.

## **16. ВНЕСЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ В РЕГЛАМЕНТ**

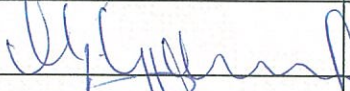
16.1. Изменения и дополнения в Регламент вносятся в установленном порядке решением Правления КМГ.



### Ссылки

1. СТ РК 1746-2008, Промышленность нефтяная и газовая, Методические указания по креплению нефтяных и газовых скважин.
2. Акустическая цементометрия обсадных колонн приборами с цифровой регистрацией данных. Конысов А.К., Козяр Н.В, Алматы 2009.
3. Геофизические методы определения герметичности крепления обсадных колонн глубоких скважин, Конысов А.К., Дубна-2011. УДК 550.832:622.245.428.
4. Секторный акустический каротаж – проблемы и пути развития, С.В. Белов, С.Л. Гладкий, И.В. Ташкинов, А.В. Шумилов. УДК 550.832.44 (47+57).
5. Ultrasonic Radial Scanner (URS), Corrosion and Cement Analysis, Katja Hesse| 7th Aug 2014.
6. Протокол ГТС АО НК «КМГ», АО «ММГ», ТОО «Techno Trading», АО «УПГФ», ТОО «КНЛК»\_17.02.2016г; Протокол СТС АО НК «КМГ», ТОО «КМГ-Б», АО «АНЕГА-КАЗАХСТАН»\_27.06.2016г.
7. СТ РК ИСО 10426-2-2012.
8. Будников В.Ф., Булатов А.И., Петерсон А.Я., Шаманов С.А. Контроль и пути улучшения технического состояния скважин М.: 000 "Недра-Бизнесцентр", 2001
9. Разработка методики расчета показателей качества крепления нефтяных и газовых скважин. В.Н. Федоров, С.А. Котельников, М.А. Дюсюнгалиев//Специализированный журнал Бурение и нефть. 2010.- №4. – С.14.
10. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ приборами на кабеле в нефтяных и газовых скважинах. Москва 2002.
11. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований в скважинах. Москва 1985.
12. ТИПОВЫЕ ИНСТРУКЦИИ по безопасности работ при строительстве нефтяных и газовых скважин. Москва, 1996 г. АО "ЛУКОЙЛ", 1996г.
13. Стандарт Компании по определению качества цементирования обсадных колонн в скважинах и боковых стволах скважин на месторождениях ОАО «НК «Роснефть». Москва, 2005 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Должность	Виза, дата	ФИО
Исполнительный вице-президент по транспортировке и маркетингу газа		Шарипбаев К.К.
Старший вице-президент по добыче нефти и газа		Гончаров И.В.
Старший вице-президент по разведке		Саурамбаев М.М.
Вице-президент по правовому обеспечению		Жангаулов Е.А.
Управляющий директор по охране труда и окружающей среды		Спинелли В.
Управляющий директор по бурению и обслуживанию месторождений		Карфункл Д.Б.
Управляющий директор по управлению инвестициями и рисками		Сыргабекова А.Н.
Директор департамента правового обеспечения		Залевская В.В.
Главный менеджер по ИСУ		Токушева Г.Н.
Заместитель директора департамента по бурению и обслуживанию месторождений		Рахметов Е.К.

