

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геофизики

**«Оценка качества цементирования обсадных колонн в сейсмоактивных  
районах акустическим методом (на примере Лунского месторождения)»**

Автореферат бакалаврской работы

Студента 4 курса 403 группы  
направление 05.03.01 геология  
профиль «Нефтегазовая геофизика»  
геологического ф-та  
Абдрахмановой Ксении Игоревны

**Научный руководитель**

Д.г.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_

В.А. Огаджанов

подпись, дата

**Зав. кафедрой**

К. г.- м.н., доцент

\_\_\_\_\_

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2023

**Введение.** Контроль качества цементирования скважин проводится с целью получения исчерпывающих, а иногда и частичных сведений о герметичности затрубного пространства скважины по всему зацементированному интервалу.

Факторы, указывающие на высокое качество цементации, определяются технологией бурения и обсадки скважин, последовательностью залегания, физическими свойствами горных пород, обусловленные их составом и строением.

С учетом изучения основных методов прогнозирования и оценки геодинамической неустойчивости района в период прохождения практики на кафедре геофизики СГУ, объектом рассмотрения было выбрано Лунское месторождение из-за особенности геодинамических характеристик.

Актуальность данной бакалаврской работы заключается в контроле за процессом цементирования, позволяющим избежать осложнений при бурении и обсадке скважин, провести комплекс исследований по определению качества цементирования, а также проследить за техническим состоянием обсадных колонн, что особенно важно в сейсмически активных районах.

Целью данной работы является оценка качества цементирования обсадных колонн скважины 525 Лунского месторождения методом АКЦ.

Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи:

1. Изучить геолого-геофизическую и геодинамическую характеристику района работ
2. Рассмотреть теоретические основы проведения акустической цементометрии

3. Изучить основы методики интерпретации акустической цементометрии

4. Обобщить и проинтерпретировать результаты акустической цементометрии в исследуемой части разреза.

Бакалаврская работа состоит из введения, трех разделов: Раздел 1 Геолого-геофизическая и геодинамическая характеристика района работ, Раздел 2 Методика работ; Раздел 3 Результаты, а так же заключения, списка используемых источников и двух приложений.

**Содержание работы.** В разделе 1 дана геолого-геофизическая характеристика территории исследования.

Дано общие сведения о районе работ и экономические условия. В административном отношении участок шельфа в районе Лунского месторождения входит в состав Сахалинской области (РФ) и, на сопредельной суше, граничит с Ногликским районом. Ближайшим населенным пунктом является пгт. Ноглики, расположенный примерно в 50 км к северо-западу от месторождения.

Описана литолого-стратиграфическая характеристика разреза. В районе месторождения залегает толща осадочных отложений общей мощностью 4440-5000 м, представленных неогеновой и четвертичной системами.

Представлена тектоника и нефтегазоносность Лунского месторождения. Ведущим структурным элементом территории является Лунская антиклиналь, нарушенная рядом сбросов, подразделяющих структуру на шесть основных блоков. Каждый из этих блоков представляет собой тектоническую структуру.

Продуктивными на месторождении являются песчано-алевролитоглинистые отложения дагинского горизонта, по которым посчитаны и поставлены на государственный баланс запасы газа.

Дана сейсмическая характеристика территории исследования. Лунское месторождение, относится к зоне с исходной сейсмичностью  $IMSK = 8$  баллов для периода повторения  $T = 500$  лет,  $IMSK = 9$  баллов для среднего периода повторения  $T = 1000$  лет и  $IMSK = 10$  баллов при  $T = 5000$  лет.

В разделе 2 Методика работ описаны основные факторы, определяющие качество цементирования обсадных колонн.

Основные факторы, определяющие качество цементирования обсадных колонн – это фактическая высота подъема цемента в затрубном пространстве и ее соответствие проектной высоте; равномерность распределения цемента в затрубном пространстве и отсутствие в нем трещин, пустот и других дефектов; схватывание цементного камня с обсадной колонной и горной породой. Все эти факторы определяются технологией бурения и обсадки скважин, последовательностью залегания, физическими свойствами горных пород, обусловленные их составом и строением.

Некачественная изоляция заколонного пространства связана с наличием в цементном кольце участков малопрочного цементного камня с повышенной водопроницаемостью и различных структурных дефектов, нарушающих его сплошность.

Описаны теоретические основы акустического метода. Данный метод контроля цементирования основан на регистрации интенсивности продольной преломленной волны упругих колебаний, распространяющихся по колонне и породе, а также времени прихода этих колебаний.

В зависимости от вида деформации в породе возникают различные типы упругих волн. Наиболее информативны при изучении упругих свойств горных пород волны: продольные (P - волны), поперечные (S - волны), Лэмба (L - волны) и вторичного происхождения.

Волны характеризуются кинематическими и динамическими параметрами. Первые указывают на скорость распространения волн, а вторые – на энергию, характеризующуюся амплитудой колебаний.

Коэффициент поглощения (затухания) упругих волн  $\alpha_n$  является показателем потери энергии волн в горных породах вследствие физических процессов поглощения, рассеяния и геометрического расхождения.

Факторами, влияющими на скорость распространения и затухание упругих волн в горных породах являются: литолого-минералогический состав пород, объем и структура порового пространства, тип цемента и степень цементации, характер распределения глинистого материала в породе, характер насыщающего флюида и степень насыщенности пор жидкостью или газом, термобарические условия измерений — эффективное давление, температура и др. При этом преобладающими являются пористость породы, структура порового пространства и минеральный состав при одном и том же заполнителе и одинаковых внешних условиях.

Волновые пакеты, регистрируемые при акустическом каротаже, содержат колебания многих типов волн, которые возникают при преломлении и отражении первичной упругой волны, возбужденной излучателем прибора, на стенке скважины, границах пластов и других (для волны) препятствиях.

В обсаженной скважине в интервалах свободной незацементированной колонны, которую можно представить в виде свёрнутой в цилиндр пластины, распространяется продольная волна Лэмба(L).

В работе также представлены основные случаи цементирования затрубного пространства, к которым относится жесткий контакт в двух вариациях и скользящий контакт.

Кроме того для оценки качества цементирования скважины, которое зависит от условий на контактах цементного камня с колонной и с породой, а также от свойств самого камня, введен условный термин – “плотность контакта”. Применительно к каждой из границ в затрубном пространстве введены градации: “плотный контакт”, “отсутствие контакта” и “частичный контакт”.

В работе представлена методика интерпретации акустической цементометрии. Основу интерпретации результатов акустических измерений составляют теоретические и экспериментальные зависимости между характеристиками акустических сигналов и дефектами в цементном кольце. Как правило, аналоговые кривые амплитуды волны по колонне ( $A_k$ ), времени первого вступления волны ( $t_p$ ) и амплитуды волны по породе ( $A_p$ ), нормированной амплитуды волны по колонне  $A_{кн} = A_k / A_{к\text{свободной колонны}}$ .

Диаграммы АКЦ, включая фазокорреляционные диаграммы и волновые картины, дают лишь качественное представление о состоянии цементного кольца и его герметичности и не указывают конкретно на характер и свойства дефектов.

Для определения качества цементирования используется градация: отсутствие контакта, плохое, частичное и сплошное сцепление. Согласно данному разделению создана таблица для интерпретации.

Таблица №2 – Номенклатурные данные для определения качества цементирования [17]

Плотность цементного раствора, г/см <sup>3</sup>	Ед. измерения	Отсутствие	Плохое сцепление	Частичное сцепление	Сплошное сцепление
1,60	$A_{кн}$	<0.7	0.32 – 0.7	0.12 – 0.32	>0.12
	ВІ	<0.17	0.17 - 0.45	0.45 - 1.0	1.0

Продолжение таблицы №2

1,85	A <sub>кн</sub>	<0.1	0.32 – 0.7	0.12 – 0.32	<0.1
	ВІ	<0.14	0.14 - 0.43	0.43 - 1.0	1.0

По ФКД определяют количественные значения времен вступления волн, распространяющихся по колонне и по породе (включая обобщенные продольные и поперечные), а также длительности периодов указанных типов волн.

Раздел 3 содержит результаты работы. В работе проводилась оценка качества цементирования в скважине ЛА-525, производящейся прибором акустического каротажа во время бурения SonicVision в секции ОК 244.5 мм.

Конструкция скважины определена исходя из горно-геологических условий месторождения.

Направление Ø 762,0 мм забивается на глубину 170 м для перекрытия неустойчивых отложений, склонных к осыпям и обвалам. На устье скважины устанавливается универсальный превентор низкого давления.

Удлиненное направление (хвостовик) Ø 609,6 мм спускается в интервале 170/170-370/379 м (по вертикали/по стволу) для перекрытия зоны возможного газопроявления пропластка J-аномалия и предупреждение и борьба с более мощным газовым пропластком L-аномалия. Для недопущения открытого газопроявления скважины после спуска удлиненного направления на устье скважины устанавливается универсальный превентор низкого давления.

Кондуктор Ø 473,1 мм спускается на глубину 1187/1297 м (по вертикали/по стволу) для изоляции неустойчивых отложений. На устье скважины устанавливается противовыбросовое оборудование.

Эксплуатационная колонна Ø 339,7 мм спускается на глубину 1559/3470 м (по вертикали/по стволу) с целью перекрытия неустойчивых отложений перед вскрытием продуктивного пласта. Цементируется в интервале 1559/3470-1486/3062 м (по вертикали/по стволу) тампонажным раствором плотностью  $\rho = 1800$  кг/м<sup>3</sup>, а в интервале 1486/3062-778/850 м (по вертикали/по стволу)-облегченным тампонажным раствором плотностью  $\rho = 1550$  кг/м<sup>3</sup>.

Эксплуатационный хвостовик Ø 244,5 мм спускается в интервале 1559/3470-1842.4/6006,8 м (по вертикали/по стволу). Цементируется в интервале 1842.4/6006,8-1559/3470 м (по вертикали/по стволу) тампонажным раствором плотностью  $\rho = 1800$  кг/м<sup>3</sup>.

Цель цементирования заключалась в обеспечении изоляции башмака Эксплуатационной колонны 244.5 мм для бурения секции 215.9 мм (8.5") и изоляции затрубного пространства в районе башмака хвостовика с подъемом цемента на 500 м выше башмака 244.5 мм.

На зарегистрированных данных видно, что в интервале 5040-5908 м интенсивность сигнала и амплитуда первого вступления очень низкая. Данные ФКД также показывают отсутствие сигнала от эксплуатационной колонны, а также выраженные сигналы от породы. Это свидетельствует о наличии значительных интервалов хорошего сцепления цемента с колонной.

Начиная с глубины 5040 м и выше отмечается резкое усиление сигнала от эксплуатационной колонны и ослабление сигналов от породы на данных ФКД, что характерно для интервала свободной колонны. Высота подъема цемента определена на глубине 5040 м, выше которой интенсивность сигнала от колонны имеет максимальные значения, а также стабильное поведение, характерное для свободной колонны.

Таким образом, на основании данных каротажа SonicVision-675 в Эксплуатационной колонне 244.5 мм (9-5/8") и принимая во внимание

возможности метода каротажа для определения качества цементирования были сделаны следующие выводы:

- Высота подъема цемента определена на глубине 5040 м.
- Цемент в основном хорошего качества в интервале 5040-5908 м. Башмак хвостовика 244.5 мм (9-5/8") был установлен на глубине 6006.5 м (1842.4 м А.О). Данные каротажа SonicVision были записаны в интервале 4440-5908 м.

**Заключение.** В бакалаврской работе изучена геолого-геофизическая и геодинамическая характеристика район работ, рассмотрены теоретические основы акустической цементометрии, а также методики ее интерпретации, выполнена обработка данных акустического контроля качества цементирования скважины ЛА-525 на месторождении Лунское в сейсмически неустойчивом районе. При использовании акустической цементометрии установлены интервалы с различным типом качества цементирования, в изучаемом интервале 5040-5908 цемент в основном хорошего качества с единичными случаями частичного контакта.

По мнению автора настоящей работы для более точной и эффективной интерпретации качества цементирования необходимо использовать комплекс геофизических методов, включающий в себя секторную акустическую цементометрию (АКЦс), гамма-гамма цементометрию (ГГЦ), согласно инструкциям.

Кроме того поскольку нефтегазоконденсатное месторождение относится к экологически опасным объектам, то для него должен приниматься именно период повторяемости землетрясений равный  $T = 5000$  лет. Помимо этого характеристика территории схожа с Мексиканским заливом. Не смотря на отсутствие активных тектонических разломов, необходимо проводить мониторинг и проверку качества цементирования в

сейсмически опасных районах, чтобы не допустить экологический катастрофы.