

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

Кафедра геофизики

**«Навигационное сопровождение горизонтальной скважины Южно-  
Черемшанского месторождения в процессе бурения»**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента 5 курса 532 группы  
направление 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
профиль «Геолого-геофизический сервис»  
геологического факультета  
Давлетова Нурлана Сергеевича

Научный руководитель  
к.г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Головин Б. А.

Зав. кафедрой  
к.г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Волкова Е. Н.

Саратов 2026

**Введение.** Горизонтальные скважины широко применяются при разработке нефтяных месторождений, потому что они позволяют увеличить площадь контакта ствола с продуктивным пластом. За счет этого повышается эффективность дренирования залежи и улучшаются условия отбора нефти. Но при бурении таких скважин большое значение имеет точность проводки. Даже небольшое отклонение от расчетной траектории может привести к выходу ствола из целевого интервала, снижению эффективности вскрытия пласта, осложнениям при бурении или сближению с ранее пробуренными скважинами.

Особенно важен контроль траектории при кустовом бурении. В этом случае новая скважина проводится рядом с уже существующими стволами, поэтому нужно постоянно контролировать ее положение в пространстве. Для этого используются инклинометрические данные, расчетный профиль, сведения о компоновке низа бурильной колонны, данные LWD и результаты оценки сближения с соседними скважинами.

В данной работе рассматривается горизонтальная скважина Южно-Черемшанского месторождения. Скважина является эксплуатационной и имеет тип ПС + ГС, то есть включает пилотный и горизонтальный стволы. Целевым объектом является пласт А4(1). Особенность данной скважины состоит в значительном отходе от устья, наличии горизонтального участка Т-1—Т-3 длиной 500 м и необходимости контроля сближения с ранее пробуренными скважинами.

При сопровождении скважины важно не только вывести ствол на расчетный горизонтальный участок, но и удержать его в пределах целевого пласта. Для этого используются данные гамма-каротажа, кривые сопротивления, механическая скорость проходки и инклинометрические параметры. Эти данные позволяют оценивать положение ствола относительно пласта, отмечать изменение литологии и своевременно выполнять корректировку траектории.

Актуальность темы связана с тем, что навигационное сопровождение горизонтальной скважины позволяет снизить риск выхода из продуктивного интервала и обеспечить безопасную проводку ствола в условиях плотного расположения скважин на кусте. Для скважины это особенно важно, так как ее траектория проходит рядом с соседними скважинами, а отдельные интервалы требуют усиленного контроля по инклинометрическим и геонавигационным данным.

Цель работы — проанализировать навигационное сопровождение горизонтальной скважины Южно-Черемшанского месторождения в процессе бурения на основе расчетного профиля, КНБК, инклинометрических данных, материалов LWD и оценки риска сближения с соседними скважинами.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

1. Изучить геолого-геофизические характеристики строения исследуемой площади.
2. Охарактеризовать методику построения и контроля расчетного профиля горизонтального ствола.
3. Рассмотреть данные LWD, применяемые при геонавигационном контроле горизонтального ствола.
4. Рассмотреть технологическое обеспечение управления траекторией, включая КНБК и режимы бурения.
5. Выполнить анализ расчетного профиля пилотного и горизонтального стволов скважины.
6. Оценить риск сближения скважины с соседними скважинами по фактору сближения.
7. Оценить методику результативности навигационного сопровождения скважины.

Объектом исследования является горизонтальная скважина Южно-Черемшанского месторождения.

Предметом исследования являются расчетный профиль скважины, параметры траектории, КНБК, режимы бурения, данные LWD и результаты оценки сближения с соседними стволами.

В работе использованы материалы по плано-высотной привязке устья скважины, окончательные данные для бурения, расчетные профили пилотного и горизонтального стволов, сведения по КНБК, данные по интервалам повышенного контроля, отчеты по сближению стволов, протокол геолого-технического совещания, а также каротажные диаграммы по глубине ствола и вертикальной глубине.

Методическая основа работы включает анализ инклинометрических параметров, расчетного профиля, данных LWD, режимов управления траекторией и фактора сближения. При этом учитываются кривые гамма-каротажа, сопротивления, механической скорости проходки, а также расстояния между стволами и эллипсы неопределенности.

Практическая значимость работы заключается в разборе навигационного сопровождения скважины. В работе показано, какие данные используются при сопровождении, как контролируется положение ствола и какие интервалы требуют усиленного контроля из-за изменения траектории или риска сближения с соседними скважинами.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех разделов: «Геолого-геофизическая характеристика района работ», «Методика геонавигационного сопровождения горизонтальной скважины», «Анализ результатов геонавигационного сопровождения скважины Южно-Черемшанского месторождения», а также заключения, списка использованных источников и приложений. Список использованных источников включает 25 наименований.

**Содержание работы. Раздел 1 «Геолого-геофизическая характеристика района работ»** содержит четыре подраздела.

**Подраздел 1.1 «Общие сведения о месторождении»** содержит физико-географическую характеристику территории Южно-Черемшанского

нефтяного месторождения. Оно расположено в Каргасокском районе Томской области, в 232 км к западу от п. Каргасок. Месторождение открыто в 1969 году, в разработку введено в 1992 году [8]. Район представляет собой слабозаболоченную и залесенную равнину с абсолютными отметками от +78 до +118 м. Основная водная артерия — р. Васюган. Климат резко континентальный, с холодной зимой и коротким теплым летом. Район имеет промышленную инфраструктуру и связан дорогами с соседними месторождениями и вахтовыми поселками.

**Подраздел 1.2 «Литолого-стратиграфическая характеристика разреза»** содержит описание геологического строения Южно-Черемшанского месторождения. В разрезе участвуют породы доюрского фундамента и мезозойско-кайнозойского осадочного чехла. Основную часть разреза составляют терригенные песчано-глинистые отложения юрской, меловой, палеогеновой и четвертичной систем. Наибольшее значение имеют нижнемеловые продуктивные пласты, связанные с терригенными коллекторами [8]. Целевым объектом горизонтальной скважины является пласт А4(1), приуроченный к киялинской свите и относящийся к продуктивным пластам группы А.

**Подраздел 1.3 «Тектоника»** содержит описание тектонических особенностей района работ. Южно-Черемшанское месторождение расположено в северной части Нюрольской впадины Западно-Сибирской плиты и связано с Южно-Черемшанским куполовидным поднятием [8]. В локальном плане поднятие простирается в субширотном направлении примерно на 30 км, имеет размеры около 30×3–8 км и амплитуду 120–125 м. По строению оно представляет собой крупную асимметричную брахиантиклинальную складку многокупольного типа. Тектонические условия важны для работы, так как положение продуктивных пластов влияет на проектирование и контроль траектории горизонтальной скважины.

**Подраздел 1.4 «Нефтегазоносность»** содержит характеристику продуктивных отложений Южно-Черемшанского месторождения.

Нефтеносность связана главным образом с нижнемеловым терригенным комплексом, а основные залежи приурочены к пластам групп А и Б [8]. Коллекторами являются мелкозернистые песчаники, алевритистые песчаники и алевролиты, которые чередуются с глинистыми и алеврито-глинистыми прослоями. По керновым данным пласты группы А характеризуются пористостью 19,6–28 %, средним значением около 23,4 %, проницаемостью от единиц до десятков миллидарси и остаточной водонасыщенностью около 38,4 %. Для данной работы основное значение имеет пласт А4(1), являющийся целевым объектом скважины.

**Раздел 2 «Методика геонавигационного сопровождения горизонтальной скважины»** содержит три подраздела.

**Подраздел 2.1 «Литолого-петрофизическая основа геонавигационного сопровождения»** содержит описание геологической основы контроля горизонтального ствола. Перед проводкой скважины необходимо учитывать строение целевого интервала, положение кровли и подошвы пласта, а также распределение прослоев с разными коллекторскими свойствами. Для терригенных коллекторов важны литологический состав, глинистость, пористость, проницаемость, цементация и степень отсортированности материала [2]. На Южно-Черемшанском месторождении продуктивные отложения связаны преимущественно с нижнемеловым терригенным комплексом, где песчано-алевритовые коллекторы чередуются с глинистыми прослоями. Поэтому при бурении важно не только выдерживать расчетную траекторию, но и контролировать прохождение ствола по наиболее благоприятной части пласта.

**Подраздел 2.2 «Методика использования данных ГИС и LWD при контроле положения ствола»** содержит характеристику данных, применяемых при сопровождении горизонтальной скважины. Положение ствола контролируется по инклинометрическим параметрам и данным LWD, получаемым в процессе бурения [13]. В терригенном разрезе основное значение имеют гамма-каротаж, сопротивления и механическая скорость

проходки. ГК используется для литологического расчленения: повышенные значения обычно соответствуют глинистым породам, пониженные — песчаникам. Кривые сопротивления помогают уточнять положение ствола в коллекторе и оценивать электрические свойства пород. ROP рассматривается как дополнительный признак изменения разреза, но только совместно с ГК и сопротивлениями, так как зависит не только от литологии, но и от режима бурения.

**Подраздел 2.3 «Методика сопоставления траектории ствола с пластом и контроль безопасной проводки»** содержит описание привязки траектории к целевому интервалу и оценки сближения с соседними скважинами. Положение ствола определяется по данным MD, TVD, зенитного угла и азимута. Для горизонтальной скважины особенно важен контроль TVD, так как он показывает положение ствола относительно кровли и подошвы пласта. При кустовом бурении дополнительно оценивается безопасное расстояние до соседних стволов по фактору сближения SF. Если SF больше 1, запас сохраняется; при значении около 1 он минимален; при SF меньше 1 эллипсы неопределенности пересекаются, и интервал требует усиленного контроля [15].

**Раздел 3 «Анализ результатов геонавигационного сопровождения скважины №910 куста №20»** содержит четыре подраздела.

**Подраздел 3.1 «Исходные данные по исследуемой скважине и целевому интервалу»** содержит характеристику скважины и анализируемого участка. Скважина является эксплуатационной добывающей и ориентирована на пласт А4(1). Основной анализ выполнен по горизонтальному участку, где важно точно сопоставлять траекторию с положением целевого пласта. Для интерпретации использовались данные LWD: гамма-каротаж GRCX, механическая скорость проходки ROP и кривые сопротивления N2MPX, F4KAX, F4KPX. Участок Т-1—Т-3 имеет длину 500 м по стволу, при этом TVD изменяется всего на 4,50 м. Это показывает почти горизонтальное

положение ствола и необходимость его удержания в продуктивной части пласта А4(1).

**Подраздел 3.2 «Литолого-петрофизическая характеристика целевого пласта А4(1)»** содержит описание продуктивного объекта. Пласт А4(1) относится к продуктивным пластам группы А нижнемелового терригенного комплекса Южно-Черемшанского месторождения. Он связан с песчано-алевритовыми коллекторами, которые чередуются с глинистыми и алеврито-глинистыми прослоями [8]. Для геонавигации это важно, так как ствол должен проходить не просто по расчетной траектории, а в наиболее благоприятной части пласта. Основными признаками при интерпретации являются ГК и сопротивления: пониженные значения ГК обычно соответствуют более песчаным интервалам, а повышение ГК указывает на увеличение глинистости.

**Подраздел 3.3 «Геонавигационная интерпретация положения горизонтального ствола по данным ГК, сопротивлений и ROP»** содержит анализ положения скважины в пласте А4(1). Каротажный планшет рассматривался по MD и TVD. Вход ствола в целевой пласт зафиксирован на глубине 2671 м по стволу. В этом интервале по кривой GRCX отмечается переход от более глинистых пород к более песчаному интервалу. В интервале 2698–2716 м выявлено изменение характера кривых сопротивления, что указывало на изменение положения ствола внутри пласта и возможное приближение к менее благоприятной зоне. Для удержания скважины в продуктивной части была рекомендована корректировка траектории — увеличение зенитного угла на  $0,7^\circ$ . После корректировки характер кривых стабилизировался. По результатам сопровождения фактический коэффициент попадания в продуктивный пласт составил 98 % от длины горизонтального участка.

**Подраздел 3.4 «Оценка безопасной проводки и риска сближения с соседними скважинами»** содержит анализ расстояния от скважины до ранее пробуренных стволов. Оценка выполнялась по фактору сближения SF.

Наиболее опасное сближение установлено по скважине 12907:  $SF = 0,78$ , что меньше единицы и указывает на пересечение расчетных эллипсов неопределенности. По скважине 12903 значение  $SF$  равно 1,00, то есть запас безопасности практически отсутствует. По стволам 12920 значения  $SF$  составляют 1,08 и 1,19, что показывает небольшой запас. По скважинам 12907 и 12903 значения  $SF$  равны 2,50 и 2,54, поэтому риск по ним ниже. Оценка сближения дополняет геонавигационный анализ, так как при бурении нужно одновременно удерживать ствол в пласте А4(1) и контролировать безопасное расстояние до соседних скважин.

**Заключение.** В выпускной квалификационной работе рассмотрено геонавигационное сопровождение горизонтальной скважины Южно-Черемшанского месторождения в процессе бурения. Основное внимание было уделено проводке горизонтального ствола в пределах целевого пласта А4(1), а также контролю безопасного расстояния до ранее пробуренных скважин куста.

В первом разделе была дана геолого-геофизическая характеристика района работ. Южно-Черемшанское месторождение связано с нижнемеловым терригенным комплексом, в котором продуктивные пласты представлены песчаниками, алевритистыми песчаниками и алевритами с глинистыми прослоями. Для исследуемой скважины наибольшее значение имеет пласт А4(1), относящийся к продуктивным пластам группы А. Его неоднородное строение определяет необходимость точного контроля положения горизонтального ствола.

Во втором разделе была рассмотрена методика геонавигационного сопровождения горизонтальной скважины. Показано, что сопровождение должно основываться не только на расчетной траектории, но и на литолого-петрофизической модели пласта. Для контроля положения ствола используются данные гамма-каротажа, сопротивлений, механической скорости проходки и инклинометрии. Гамма-каротаж позволяет выделять более песчаные и более глинистые интервалы, сопротивления уточняют

электрические свойства пород и характер насыщения, а ROP используется как дополнительный признак изменения буримости разреза.

В практической части выполнен анализ горизонтального участка скважины №910. Участок Т-1—Т-3 имеет длину 500 м по стволу, при этом изменение вертикальной глубины составляет всего 4,50 м. Это показывает, что ствол проводился почти горизонтально и должен был удерживаться в узком вертикальном диапазоне. В таких условиях даже небольшое смещение вверх или вниз могло привести к выходу из более благоприятной части пласта.

По данным LWD вход ствола в пласт А4(1) был зафиксирован на глубине 2671 м по стволу. На этом участке по кривой GRCX отмечен переход от более глинистых пород к более песчаному интервалу, что указывает на вскрытие продуктивной части пласта. Дальнейшее положение ствола контролировалось по совместному изменению ГК, сопротивлений и ROP.

В интервале 2698–2716 м по стволу было отмечено изменение характера кривых сопротивления. Это указывало на изменение положения ствола внутри пласта и возможное приближение к менее благоприятной части продуктивного интервала. Для сохранения ствола в целевой части пласта была выполнена корректировка траектории с увеличением зенитного угла на  $0,7^\circ$ . Корректировка заняла около 30 м бурения, после чего характер кривых стал более устойчивым.

По результатам сопровождения фактический коэффициент попадания в продуктивный пласт составил 98 % от общей длины горизонтального участка. Это показывает, что ствол скважины был в основном удержан в целевом интервале пласта А4(1). Данный результат был достигнут за счет совместного анализа траектории, гамма-каротажа, сопротивлений и механической скорости проходки.

Дополнительно была выполнена оценка риска сближения с соседними скважинами. Наиболее напряженная ситуация отмечена по скважине 12907, где фактор сближения составил  $SF = 0,78$ . Это значение указывает на

пересечение эллипсов неопределенности и высокий расчетный риск сближения. По скважине 12903 значение  $SF = 1,00$  показывает минимальный запас безопасности, а по стволам 12920 запас также остается небольшим. По скважинам 12907 и 12903 расчетный запас выше.

В целом геонавигационное сопровождение скважины позволило контролировать не только геометрию расчетной траектории, но и фактическое положение ствола внутри продуктивного пласта. Основное значение имело комплексное использование данных LWD и инклинометрии: по ГК определялось изменение литологии, по сопротивлениям уточнялось положение ствола в коллекторе, а по траекторным данным контролировалось положение скважины относительно целевого интервала и соседних стволов. Цель работы достигнута, задачи выполнены.