

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

Кафедра геофизики

**«Управление траекторией ствола скважины в задачах геонавигации на
Сугмутском месторождении»**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 261 группы
направление 05.04.01 Геология
профиль «Геофизика при поисках
нефтегазовых месторождения»
геологического ф-та
Проворнова Руслана Владимировича

Научный руководитель

К.Г.- М.Н., доцент

подпись, дата

Е. Н. Волкова

Зав. кафедрой

К.Г.- М.Н., доцент

подпись, дата

Е. Н. Волкова

Саратов

2023

Введение. В настоящее время трудно представить современный мир без таких важнейших ресурсов как нефть и газ, поскольку они и продукты их переработки используются во многих сферах человеческой жизни. Чтобы добыть эти ценные природные ископаемые, необходимо проводить различные исследования и осуществлять сложные технологические операции. Именно успешное решение этих задач поможет значительно облегчить последующую добычу углеводородов.

Уже много лет как бурение, так и добыча нефти и газа ведется в самых удаленных частях нашей планеты: пустыни, шельфы морей и океанов, где глубины могут достигать нескольких километров. Бурение в сложных горно-геологических условиях, разработка коллекторов с трудноизвлекаемыми запасами требует точный анализ информации о параметрах геологического разреза скважины, поскольку любая ошибка в процессе строительства скважины может оказаться драматической. Для уменьшения возможных негативных факторов, связанных с технологическими, экономическими и экологическими последствиями, необходимо оперативно получать и обрабатывать информацию о процессах бурения.

Одной из главной технологической проблемой при строительстве скважины является точно определение положения ствола в пласте. Необходимо точно знать фактическую траекторию для правильного расположения ствола при выходе на целевой горизонт и бурения непосредственно в нем. Все это помогает повысить эффективность конструкции скважины, избежать рисков при бурении, улучшить качество проходки в целевом пласте, добиться повышенных рабочих характеристик скважины и увеличить показатели интенсификации углеводородов.

В России, как и во многих других странах, для получения актуальной информации о траектории скважины в процессе бурения применяют геологическое сопровождение (геонавигацию), включающее в себя несколько методик.

Основным элементом для получения информации о траектории ствола скважины является забойная телеметрическая система (ЗТС) – сложное электромеханическое устройство, состоящее из геофизических модулей и включенное в компоновку низа буровой колонны (КНБК).

Актуальность данной работы заключается в применении геонавигационных методов для решения проблем управления траекторией ствола скважины и исследовании околоскважинного пространства и воздействием на него в процессе бурения.

Цель работы – провести анализ управления траектории ствола в целевом пласте Сугмутского месторождения на основе данных каротажа в процессе бурения в методике геонавигации.

Поставленную цель предполагается достигнуть в процессе решения мною следующих **задач**:

1. Собрать данные и привести характеристику геологического строения Сугмутского месторождения;
2. Изучить цели и задачи геологического сопровождения бурения (геонавигации);
3. Рассмотреть комплекс LWD (каротаж в процессе бурения) при бурении скважины;
4. Описать метод геонавигации, применяемый при бурении скважины №1058G1 Сугмутского месторождения;
5. Провести анализ результатов каротажа в процессе бурения для управления траектории ствола скважины в пласте БС₉².

Основное содержание работы. Первый раздел «Характеристика района работ». Территория Сугмутского месторождения расположена в северной части Западно-Сибирской равнины. В физико-географическом отношении район работ приурочен к Южно-Надымско-Пуровской провинции лесной равнинной зональной области и расположен в междуречье рек Пур и Надым [1]. В административном отношении северная и центральная части месторождения, показанного на рисунке 1, находятся в Надымском, а южная часть – в Пуровском районе Ямало-Ненецкого Автономного округа Тюменской области.

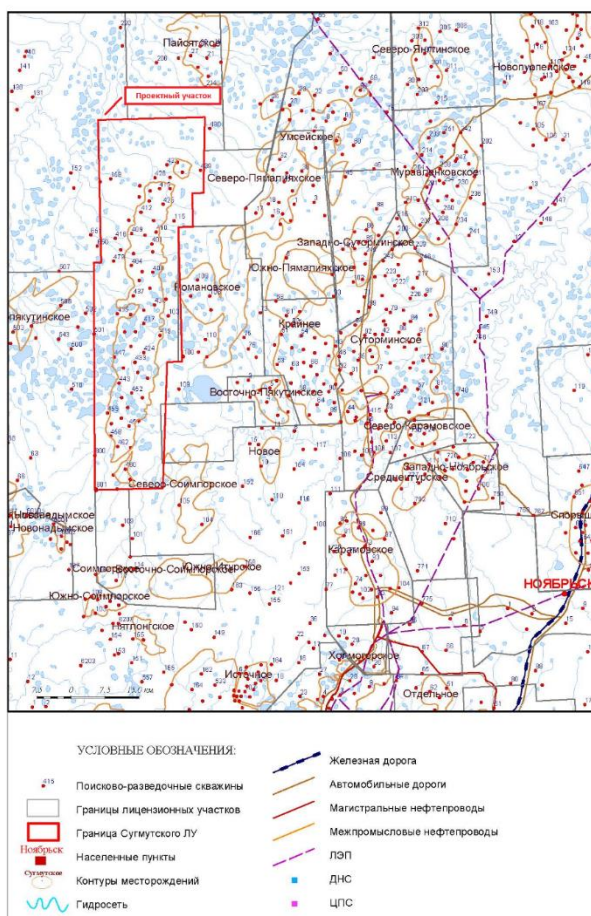


Рисунок 1 - Обзорная карта района работ

Второй раздел «Геологическое строение района и месторождения». Геологический разрез Сугмутского месторождения сложен мощной толщей песчано-глинистых пород мезозойско-кайнозойского платформенного чехла, залегающих на размытой поверхности доюрского основания. Сугмутское месторождение расположено в Центральной части Западно-Сибирской плиты на севере Сургутского нефтегазоносного района. В его разрезе выделяются три

структурно-тектонических этажа: складчатый фундамент, промежуточный структурный комплекс и осадочный чехол. Согласно нефтегеологическому районированию ЯНАО участок работ находится в пределах Ноябрьского нефтегазоносного района Среднеобской нефтегазоносной области.

Пласт БС₉² представлен переслаиванием песчаников, алевролитов, аргиллитов и алевроитовых глин. Коллекторами являются песчаники и алевролиты, эффективные нефтенасыщенные толщины которых изменяются от 0,8 до 26,4 м, среднее значение открытой пористости – 17-18%, коэффициент проницаемости – 47 мД, коэффициент нефтенасыщенности – 48 - 66%. Дебиты нефти изменяются от 1,5 м³/сут. при динамическом уровне 1295 м до 162,4 м³/сут. на штуцере 10 мм. Пластовое давление 27,82-28,39 МПа, пластовая

Перспективными в нефтегазоносном отношении на Сугмутском месторождении являются ачимовские и среднеюрские (пласт Ю₂) отложения, при испытании которых получены притоки нефти дебитами 2,9 - 6,2 м³/сут. при депрессиях 9,6 и 12,1 МПа соответственно [6].

Пласты группы БС (БС₉, БС₉¹, БС₁₀², БС₁₀²⁻¹, БС₁₀²⁻²) представлены переслаиванием песчано-алевролитовых прослоев с глинистыми пластами. Коллекторами являются песчаники, эффективные нефтенасыщенные толщины которых изменяются от 0,6 до 14,8 м, среднее значение открытой пористости – 17-20%, проницаемость – 4 мД, коэффициент нефтенасыщенности – 49-60%. Дебиты нефти изменяются от 0,6 м³/сут. при динамическом уровне 884 м до 97,0 м³/сут. на штуцере 10 мм. Пластовое давление 26,07 - 27,60 МПа, пластовая температура +78 - 86⁰С.

Растворенный газ по составу метановый, содержание метана 79,30 - 84,12%, этана – 4,98-8,49%, пропана – 5,81-7,97%, бутанов – 2,42-2,97%, С₅+высших – 0,68-0,90%, углекислого газа – 0,37-0,63%, азота – 0,72-2,03%, гелия – 0,01%, аргон и сероводород не обнаружены.

Залежи нефтяные, пластовые, сводовые, литологические и литологически экранированные. Размеры залежей 3,0-9,0х4,5 - 23,5 км, высота – 7-58 м.

Третий раздел «Геонавигация в процессе бурения. Комплексы MWD и LWD». В настоящее время большая часть бурения добывающих скважин связано с трудноизвлекаемыми запасами: продуктивные залежи имеют неоднородность, сложное строение и малую мощность. Чтобы добиться положительных результатов при вскрытии продуктивных залежей, используют инновационную технологию – геонавигацию.

Геонавигация (геологическое сопровождение бурения) – комплекс технологий по управлению траекторией ствола скважины в процессе бурения, основанные на анализе геологической и геофизической информации.

Основные задачи геонавигации:

1. Контроль траектории скважины с помощью забойной телеметрической системы;
2. Проводка скважины в целевом интервале;
3. Реагирование на изменение литологии;
4. Оптимизация построения и корректирования траектории ствола скважины;
5. Качественное интерпретирование данных инклинометрии и каротажа (комплексы MWD и LWD) как в режиме RT (real time), так и после считывания данных с приборов.

Для успешной геологической проводки скважины, кроме применения высокотехнологичного оборудования и приборов, необходимы следующие компоненты:

- обученный и мотивированный персонал;
- знание геологии месторождения;
- проработанная организация процесса;
- специализированное программное обеспечение;
- взаимодействие персонала.

За последние годы объем горизонтального бурения увеличился более чем в три раза, и, по прогнозам аналитиков, к 2025 году на горизонтальное бурение будет приходиться более 70% от общего объема буровых работ.

Время на анализ геологической информации значительно сокращают исследования скважин в процессе бурения LWD (logging while drilling). Это происходит за счет уменьшения зоны проникновения фильтрата бурового раствора в структуру пласта-коллектора, что позволяет сократить время его освоения и, что особенно важно, при разработке маломощных пластов, осуществления геонавигации ствола скважины в соответствии со структурой пласта.

Приборы LWD устанавливаются как часть компоновки низа бурильной колонны и позволяют записывать полный каротажный комплекс, а также отправлять полученные данные на блок приема и расшифровки данных на поверхности в реальном времени.

Четвертый раздел «Методика и результаты геологического сопровождения горизонтального ствола скважины №1058G1».

Метод сравнения каротажей представляет собой сравнение фактических данных каротажа горизонтальной скважины с каротажными данными опорной (соседней) скважины. Перед построением траектории скважины всегда учитываются данные геологической модели месторождения. Каротаж опорных скважин позволяет построить двумерную синтетическую модель вдоль траектории будущей скважины. Во время бурения данные фактического и синтетического каротажа сравниваются для обновления геонавигационной модели. В данной методике выделяют три этапа:

1. Создание до начала бурения первоначальной геонавигационной модели;
2. Обновление геонавигационной модели после обработки данных фактического каротажа;
3. Использование финальных данных каротажа для построения статической модели.

Для построение первоначальной модели были использованы данные опорных скважин. Они выбираются из соседних скважин, свойства пласта в которых схожи со свойствами предполагаемой скважины. Для определения точных целей горизонтального ствола в продуктивном пласте может быть спроектирован пилотный ствол. Корреляционная схема, изображенная на рисунке 2, помогает оценить мощности пластов для строящейся скважины №1058G1. Также на корреляционной схеме изображаются маркеры в соседних (опорных) скважинах, которые позволяют судить об ожидаемых изменениях толщин по абсолютной отметке в фактической скважине.

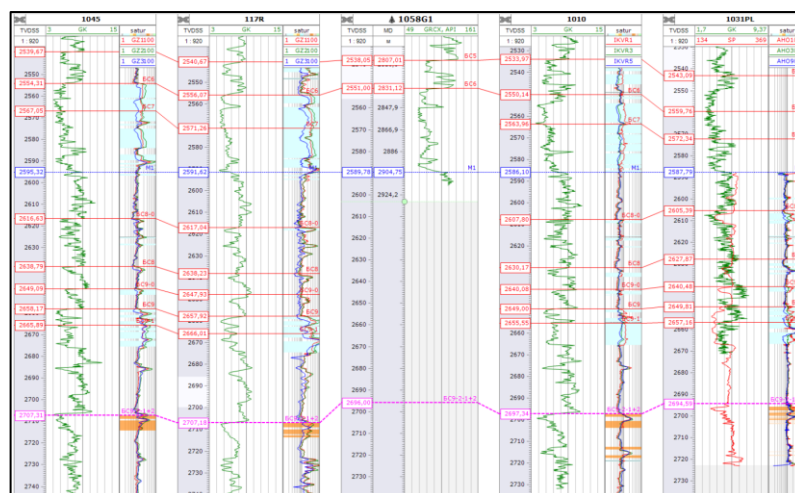


Рисунок 2 - Корреляционная схема скв. №1058G1 при забое 2931 м

По данным отбивок целевого пласта в окружающих скважинах можно построить структурную карту кровли пласта БС₉, показанной на рисунке 3.

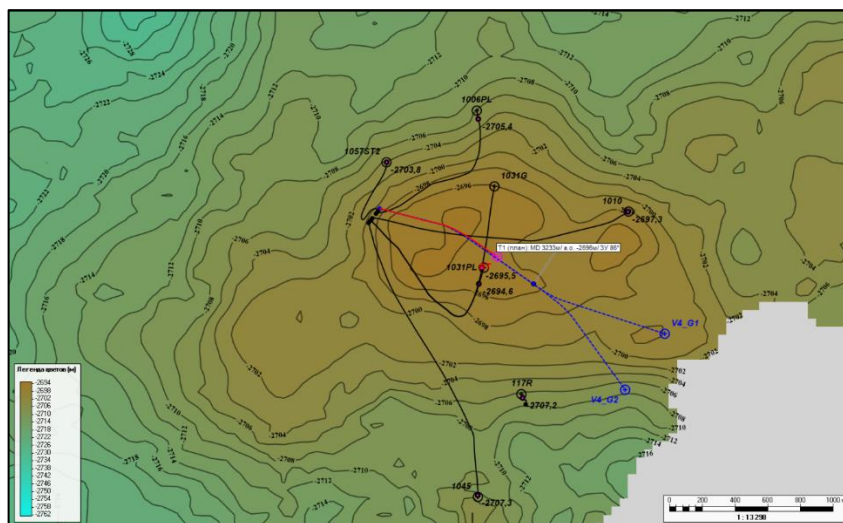


Рисунок 3 - Структурная карта по кровле пласта БС₉

Геонавигационная модель строится также по данным опорных скважин. Принцип ее построения основан на использовании информации о физических свойствах пластов (естественная радиоактивность пород, сопротивление и пористость), в направлении которых запланировано бурение скважины №1058G1. В модели скважины используются показания гамма-каротажа и сопротивлений.

Для первоначальной модели данные ГК используются округленные значения, которым придается соответствующая цветная кодировка, указанной в таблице 1.

Таблица 1 - Цветовая кодировка в геонавигационной модели скважины №1058G1

Значения ГК, API	Литология	Цвет
5-7	Чистый песчаник	Желтый
7-8	Песчаник	Желто-серый
8-10	Глинизированный песчаник	Серый
10-12	Глина, аргиллиты	Темно-серый

Округленные значения применяются из-за того, что в взятых данных с соседних скважин есть промежуточные значения каротажной кривой (пропластки, каверны, некорректные значения гамма-зонда).

После распространения каждой точки кривой ГК (фактических и синтетических) вдоль ствола скважины получена первоначальная геонавигационная модель, изображенная на рисунке 4.

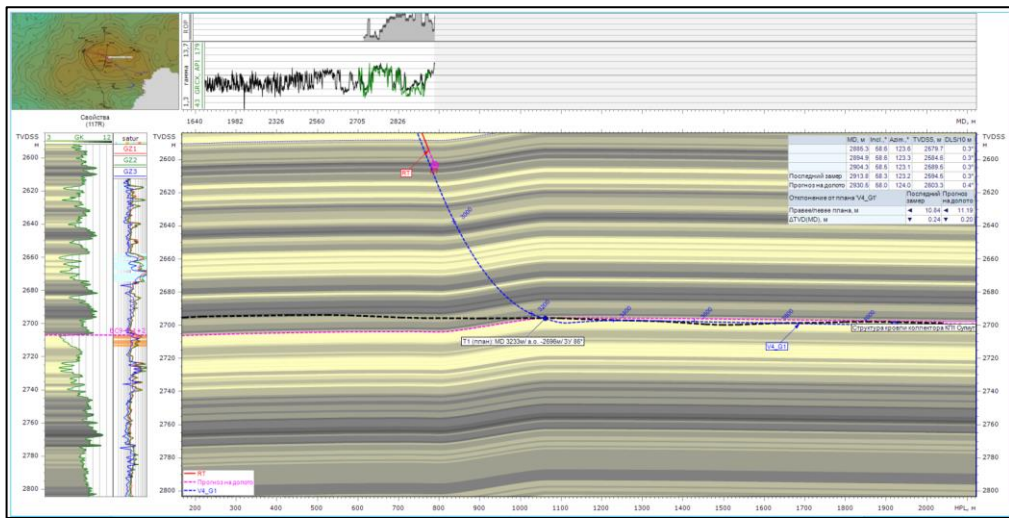


Рисунок 4 - Геонавигационная модель при забое 2831 м по MD

На геонавигационной модели изображается синтетическая кривая ГК по опорной скважине №177R. Стоит отметить, что не всегда кривая совпадает с цветовой заливкой разреза. Синтетическая кривая отображается относительно шкалы TVD (глубины по вертикали).

Как уже было написано мной ранее, одной из главной задачей геонавигации является эффективная проходка в целевом пласте.

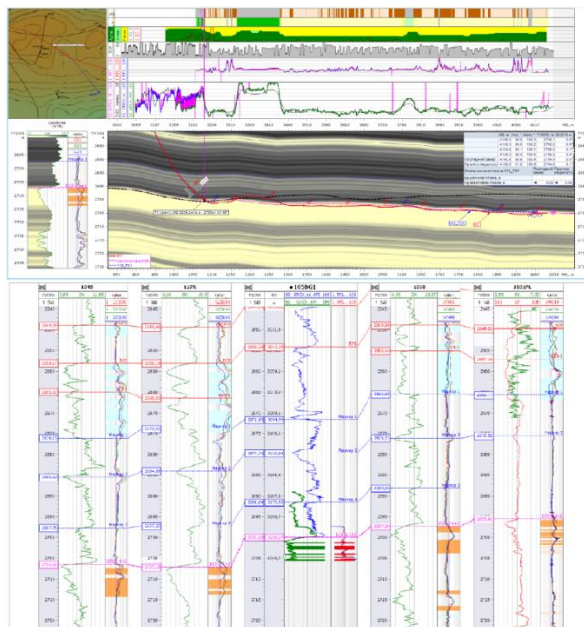


Рисунок 5- Конечная геонавигационная модель горизонтального ствола скв. №1058G1

Заключение. В ходе выполнения магистерской работы были рассмотрены и проанализированы результаты геологического сопровождения бурения скважины №1058G1 в продуктивном пласте БС₉². В соответствии с целью и задачами выпускной квалификационной работы выполнены следующие исследования:

1. Собраны данные и приведена характеристика геологического строения Сугмутского месторождения;
2. Изучены цели и задачи геологического сопровождения бурения (геонавигации);
3. Рассмотрены комплекс LWD (каротаж в процессе бурения) при бурении скважины;
4. Описан метод геонавигации, применяемый при бурении скважины №1058G1 Сугмутского месторождения;
5. Проведен анализ результатов каротажа в процессе бурения для управления траектории ствола скважины в пласте БС₉².

По моему мнению, на сегодняшний день невозможно добиться эффективной проходки в коллекторах без применения методов геонавигации. Как мне кажется, развитие новых технологий позволит в будущем добиться успешных результатов в управлении траектории ствола скважины. В данный момент без применения геонавигации нельзя добиться эффективной проводки скважины в продуктивном пласте.

Системы LWD служат для обеспечения проводки скважины по проектной траектории, осуществляя контроль искривления, геологии, насыщения и оперативного управления бурением. Время на анализ геологической информации значительно сокращают исследования скважин в процессе бурения.

Данный метод является одним из самых простых в применении (в редких случаях можно использовать одну кривую ГК). По моему мнению, этот метод можно эффективно использовать при проводке скважин в пластах, имеющих несложное стратиграфическое положение.

При бурении в целевом интервале (пласт БС₉²) на скважине №1058G1 Сугмутского данные замеров и каротажа позволяют своевременно управлять траекторией ствола скважины. В процессе бурения геонавигационная модель траектории скважины менялась из сравнения синтетического и фактического каротажей. Из-за этого абсолютные отметки целевого пласта тоже изменялись. Кроме этого, при бурении горизонтального участка по данным каротажа были зафиксированы участки выхода из целевого пласта:

– При забое 3291 м был выполнен перерасчет траектории с выходом на АО=2700 м за минимальное расстояние и дальнейшем бурением на АО=2702 м. Данный перерасчет был выполнен по данным синтетического каротажа по опорной скважине 177R, так как это предполагало изменения угла пласта в двух интервалах;

– При забое 3319 м произошло изменение каротажных кривых: показания гаммы изменились, при анализе шлама было выявлено повышенное содержание аргиллитов. По согласованию с геологической службой было принято решение о выходе на АО=2702,5 м с максимально допустимой интенсивностью;

– После снятия замеров и обратки данных при забое 3741 м по MD был выявлен рост показаний ГК, что свидетельствует о выходе из целевого пласта. В результате было принято решение провести бурение несколько свечей с ЗУ=88,5-89°, чтобы выйти на АО=2703,5 м.

Во всех случаях выхода из пласта траектория ствола скважины изменялась из-за перестроения геонавигационной модели, позволяющей изучить предварительные абсолютные отметки целевого интервала. Также с помощью модели было определено направление бурения (стратиграфически вниз) и интенсивность изменения угла наклона пласта.

Исходя из полученных результатов, можно утверждать, что применение геонавигационного сопровождения во время бурения позволило добиться успешной проводки скважины в продуктивном пласте БС₉².