

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

Кафедра геофизики

**Особенности геофизических исследований в процессе бурения наклонно  
- направленных и горизонтальных скважин**

**АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента 2 курса 261 группы  
направление 05.04.01 геология  
профиль «Геофизика при поисках  
нефтегазовых месторождений»  
геологического ф-та  
Владимирова Дмитрия Викторовича

**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.** Каротаж приборами, транспортируемыми буровым инструментом, выполняют, как правило, в процессе бурения, что сокращает время простоя скважин и обеспечивает повышение экономической и геологической эффективности ГИС. Повышение геологической эффективности связано с тем, что размещение датчиков в непосредственной близости от долота позволяет получить ценную информацию до или в процессе образования зоны проникновения, уточнить интервалы испытаний коллекторов, оптимизировать вскрытие нефтегазовых коллекторов и бурения в целом, в частности, обеспечить проводку горизонтальной скважины вдоль пласта. Приборы включают в комплект бурового инструмента, располагая их в специальных вставках вблизи долота.

В связи с все возрастающими объемами направленного бурения весьма актуальной становится проблема контроля за направлением ствола скважины в процессе ее бурения, проблема возможности управления этим процессом по намеченной программе. Комплекс измерительных датчиков контроля направления ствола скважины должен состоять из датчиков измерения угла наклона скважины и ее азимута, а также состоять из датчиков, измеряющих физико-химические свойства коллектора в процесс бурения. Для управления процессом направленного бурения измерительную систему оборудуют датчиком положения отклонителя и датчиками систем LWD.

Целью магистерской работы заключалась в контроле бурения горизонтального участка скважины с наименьшим отклонением от заданной траектории, не выходя за пределы продуктивного пласта Ватинского месторождения, с использованием в компоновке бурового инструмента систему LWD (включающей в себя гамма-каротаж, резистивиметрию) и получение удовлетворительного результата с дальнейшим отказом от проведения дополнительного комплекса ГИС на трубах, что в свою очередь снизит стоимость скважины.

Для достижения намеченной цели были поставлены следующие задачи:

- изучить геолого-геофизическую характеристику Ватинского месторождения

- контролировать пространственное положение скважины относительно геологических объектов;

- определять качественные и количественные характеристики пласта с целью бурения по наиболее эффективной части коллектора (пласта);

- отказаться от проведения окончательного каротажа на кабеле или на буровом инструменте, что существенно снижает затраты недропользователей за счет уменьшения срока строительства скважины. Выпускная квалификационная работа состоит из пятнадцати разделов: геолого-геофизическая характеристика района работ, наклонно-направленное бурение - бурение скважин с отклонением от вертикали по заранее заданному направлению, каротаж в процессе бурения наклонно - направленных и горизонтальных скважин, измерения LWD в процессе бурения, спектр гамма-излучения калия, тория и урана, анализ и интерпретация каротажных диаграмм, использование гамма-каротажа, датчики измерения удельного сопротивления в процессе бурения, описание аппаратного и программного обеспечения, описание программного обеспечения EWR-Phase 4, техническое описание датчика Slim Phase 4, описание программного обеспечения Slim Phase 4, теоретические основы работы, результаты работ. Также работа содержит: введение, заключение, список используемых источников.

**Основное содержание работы.** Ватинское месторождение в физико-географическом отношении приурочено к пойме и надпойменным террасам р. Оби и её притоков. Рельеф местности равнинный, абсолютные отметки поверхности земли колеблются от плюс 40 в пойменных частях рек до плюс 60 в пределах надпойменных частей. Площадь месторождения сильно заболочена с многочисленными мелкими озерами.

В геологическом строении Нижневартовского свода, в пределах которого расположено Ватинское месторождение, принимают участие породы доюрского фундамента и мезокайнозойские терригенные отложения

платформенного чехла. В разрезе последних выделяются юрские, меловые, палеогеновые и четвертичные образования.

Юрские отложения развиты повсеместно и представлены континентальными осадками тюменской свиты нижней и средней юры, а также прибрежно-морскими и глубоководными осадками васюганской, георгиевской и баженовской свит верхней юры. Нижняя и средняя юра подразделяются на две литологические толщи. Нижняя толща сложена темно-серыми, почти черными аргиллитами с незначительными прослоями алевролитов, реже мелкозернистыми песчаниками. Верхняя часть является более песчаной и представлена мелкозернистыми, местами известковыми песчаниками с прослоями темно-серых аргиллитов.

Для пород тюменской свиты характерно обильное содержание обугленного растительного детрита, часто образующего прослойки толщиной до 2 см. в нижней части встречаются маломощные прослойки и линзы бурых углей. На электрокаротажных диаграммах тюменская свита характеризуется резко дифференцированной кривой КС со значениями от 3 до 300 Ом ч м. Кривая ПС дифференцирована слабее. Толщина тюменской свиты в пределах месторождения составляет 105 м. Верхний отдел юрской системы сложен прибрежно-морскими мелководными осадками васюганской свиты, глубоководными аргиллитами георгиевской и битуминозными аргиллитами баженовской свит.

Васюганская свита (келловей плюс оксфорд) по литологическому составу подразделяется на две подсвиты: нижнюю - существенно глинистую и верхнюю - преимущественно песчаную. Нижняя подсвита представлена темно-серыми, реже буровато-серыми, алевролитистыми аргиллитами с пологоволнистой и линзовидно-волнистой слоистостью, обусловленной прослойками (2-5 см) алевролитов светло-серых и намывов слюдисто-углистого материала по напластованию. Встречаются следы оползания осадка. Характерны отдельные желваки и рассеянная вкрапленность пирита. В основании нижней подсвиты васюганской свиты залегает горизонт,

содержащий крупные известково-сидеритовые стяжения с оолитами шалюзита и гидрогенита, отдельные прослои песчаников; остатки фауны двустворок, белемнитов. В районе работ отложения нижней подсвиты охарактеризованы комплексами фораминифер-келловея и оксфорда. Толщина 30-35 м.

Верхняя подсвита представлена преимущественно песчаниками светло-серыми, мелко-, среднезернистыми, с пологоволнистой, реже косою слоистостью. Песчаники глинистые, местами известковистые. Аргиллиты темно-серые и серые, плотные, часто алевритистые, преобладают в нижней части разреза свиты. С коллекторами васюганской свиты связана промышленная нефтеносность района и месторождений (региональный горизонт ЮВ1). Толщина васюганской свиты 55 м.

Георгиевская свита (киммеридж) представлена аргиллитами темно-серыми, почти черными, зеленоватыми с глауконитом. Толщина 15 м.

Баженовская свита в рассматриваемом районе распространена повсеместно. Представлена она черными и буровато-черными уплотненными аргиллитами сильно битуминозными, массивными, листоватыми, изредка известковистыми с включениями пирита. Характерны остатки скелетов рыб, моллюсков, радиолярий часто пиритизированных, отпечатки палеципод и аммонитов. Отложения баженовской свиты хорошо выделяются как по керну, так и по промыслово-геофизическим данным и характеризуются высокими значениями кажущихся сопротивлений. Они являются маркирующим горизонтом для всего Широтного Приобья. Почти всюду к кровле этих отложений приурочен основной отражающий горизонт «Б», наиболее прослеживающийся сейсморазведочными работами МОВ. Толщина свиты колеблется от 15 до 20 м.

Отложения меловой системы развиты повсеместно и представлены осадками всех ярусов обоих отделов. Нижний мел включает осадочные образования мегионской, вартовской, алымской и низов покурской свиты.

Мегионская свита (берриас плюс валанжин) залегает на отложениях баженовской свиты и сложена аргиллитами темно-серыми, плотными, прослоями известковистыми, в основном, слабо битуминозными. В нижней части разреза выделяется ачимовская толща песчаников (БВ18-22).

В верхней части сложена преимущественно песчаной толщей, в которой на Ватинском месторождении мегионская свита наблюдается увеличение глинистого материала в направлении Сургутского свода. Разрез представлен песчаниками, алевролитами, и аргиллитами плотными, тонкослоистыми. В верхней части мегионской свиты выделяется пласт БВ8, являющийся промышленно нефтеносным на Локосовской площади. Литологически пласт сложен песчаниками серыми и темно-серыми, кварцевыми и кварцево-полевошпатовыми, разнотельными, массивными, слабослюдистыми, слоистыми с включениями растительных остатков. По всему разрезу свиты отмечается наличие растительных остатков и фауны.

Возраст мегионской свиты определен на основании находок фауны аммонитов пелиципод, фораминифер, а также спорово-пыльцевого анализа и принят в объеме берриаса и валанжина. Толщина свиты 270 м.

Нижняя часть вартовской свиты сложена прибрежно-морскими и мелководными сероцветными образованиями, представленными переслаиванием сероцветных песчаников, алевролитов и аргиллитов. В разрезе нижней подсвиты выделяются пласты БВ0-7, которые на Ватинском месторождении водоносны. В аргиллитах нижней подсвиты встречаются пелициподы и фораминиферы, характерные для валанжинского и готеривского ярусов.

Отложения вартовской свиты на нижнюю и верхнюю подсвиты разделяется пимской пачкой, которая в пределах площади опесчанивается и выделяется с определенной долей условности.

Верхняя подсвита представлена переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов. Пласты группы АВ, выделяемые в этой подсвите,

на площади месторождения практически сливаются между собой и образуют единую гидродинамическую систему коллекторов.

В разрезе подсвиты изредка встречаются фораминиферы и пресноводные остракоды. Общая толщина вартовской свиты 330 метров.

Алымская свита без следов видимого перерыва залегает на породах вартовской свиты. В разрезе свиты выделяются две подсвиты.

По спорово-пыльцевым комплексам и положению в разрезе возраст осадков алымской свиты принимается ниже-алымской.

Общая толщина алымской свиты 20 м. Покурская свита (апт плюс альб) нижнего мела представлена переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов.

Нижняя подсвита покурской свиты представлена переслаиванием песчано-глинистых разностей, причем более плотные из них приурочены, в основном, к низам свиты (аптский ярус), где выделяется регионально прослеживаемая кошайская пачка глин. Толщина нижней подсвиты около 520 м.

Верхний отдел меловой системы включает в себя отложения верхней части покурской свиты, а также кузнецовской, березовской, ганькинской свит.

Верхняя часть покурской свиты (сеноман) по литологическому составу близка к нижележащим апт-альбским отложениям. Она сложена преимущественно песками и песчаниками серыми, зеленовато-серыми с прослоями серых алевролитов и темно-серых глин. Общая толщина сеномана 250 м. Общая толщина апт-альб-сеноманских отложений достигает 720 м.

В геологическом строении Нижневартовского свода, в пределах которого расположено Ватинское месторождение, принимают участие породы доюрского фундамента и мезокайнозойские терригенные отложения платформенного чехла. В разрезе последних выделяются юрские, меловые, палеогеновые и четвертичные образования. В тектоническом отношении месторождение приурочено к Ватинскому и Мегионскому локальным поднятиям, расположенным в центральной части Мегионского вала

Нижневартовского свода. Оно сочленяется через седловины различных размеров и форм на юго-востоке с Мегионским, на севере с Южно-Аганским, на западе с Северо-Покурским поднятием. Южная часть Западного поднятия названа Центральным. Амплитуда Восточно-Ватинской структуры составляет 48 м, Западно-Ватинской – 63 м.

В целом весь Нижне-Вартовский свод представляет собой систему разноориентированных локальных поднятий, расположенных на общем приподнятом выступе складчатого фундамента. Гребень свода, разделяющий Северный и Южный его склоны, проходит через Локосовскую, Северо-Покурскую, Ватинскую, Мегионскую и Нижне-Вартовскую структуры.

По длинной оси Ватинское поднятие распадается на два купола, околонтуренные изогипсой - 2130 - Северный и Центральный. Размеры центрального купола Ватинского поднятия составляют в пределах изогипсы - 2130 - 11,5 4,5 км, Северного 81,25 км.

По кровле продуктивного горизонта Б8 Ватинское поднятие представляет собой антиклинальную складку причудливой формы, простирающуюся которой меняется с почти меридиального на северном окончании поднятия на почти широтное в центральной части и снова на почти меридиальное на Северо-Мегионском поднятии.

Ватинское поднятие характеризуется асимметричным строением крыльев. Западное и Северное крылья поднятия осложнены глубоким флексуорообразным прогибом, который отделяет Ватинское поднятие от антиклинального поднятия, сводовая часть которой располагается на 100 м ниже сводовой части Центрального купола Ватинского поднятия. Крутизна крыльев в пределах 2- 2,5 градуса.

**Методика исследования** Рост объемов ННБ скважин с углами отклонения ствола скважин от вертикали более 50° обусловили ограничения по применению традиционных методов исследований с помощью аппаратуры, спускаемой в скважину на кабеле, и вызвали необходимость разработки

специальных технологий доставки скважинных приборов в интервал исследований.

Решение этой проблемы возможно с помощью бескабельных измерительных систем, доставляемых на забой с помощью бурового инструмента.

Горизонтально направленное бурение является частным случаем наклонного бурения.

Наклонно направленные скважины подразделяют на одно- и многозабойные.

При многозабойном бурении из основного, вертикального или наклонного ствола проходится дополнительно один или несколько стволов.

Каротаж во время бурения (LWD) - это метод передачи каротажа скважин инструменты в ствол скважины в скважине как часть компоновки низа бурильной колонны (КНБК).

Хотя термины измерение при бурении (MWD) и LWD связаны, в контексте этого раздела термин MWD относится к измерениям наклонно-направленного бурения, например, для поддержки принятия решений по бесперебойная работа бурения, в то время как LWD относится к измерениям, касающимся геологической формации, выполненным во время бурения. Инструменты LWD работают с системой измерения при бурении (MWD) для передачи частичных или полных результатов измерений на поверхность обычно с помощью пульсатора бурового раствора или других усовершенствованных технологий, в то время как инструменты LWD все еще находятся в стволе скважины, что называется «данными в реальном времени». Полные результаты измерений можно загрузить из инструментов LWD после того, как они будут извлечены из отверстия, что называется «данными памяти».

Датчик гамма-излучения (DGR) представляет собой модуль, который изготавливается из двух расположенных напротив друг друга счетчиков Гейгера-Мюллера с двумя независимыми цепями детектирования.

Рассматриваемая конфигурация с резервированием обеспечивает получение двух независимых гамма-каротажных диаграмм. В режиме реального времени величины счетных значений, получаемые от двух групп детекторов в типичной ситуации, объединяются для получения наилучшей статистической точности. Однако, в нетипичных случаях выхода из строя одной из детекторных групп, скорректированная каротажная диаграмма гамма-излучения может быть получена от второй детекторной группы. При восстановлении записанных данных после долбления, результаты каротажа, полученные от двух рассматриваемых групп, могут быть сравнены для проверки достоверности данных.

Для управления бурением горизонтальных скважин на основании геологической информации DGR может быть сконфигурирован для выполнения азимутальных измерений гамма-излучения. При подобном использовании два противостоящих канала DGR могут обеспечить получение независимых гамма-каротажных диаграмм как с верхней стороны ствола, так и с нижней стороны скважины. DGR, как правило, работает совместно с датчиком для точного определения пористости и удельного сопротивления.

Электронные компоненты DGR монтируются в изолированном модуле, обеспечивающем чистый профиль канала. Блок датчика подвергается испытаниям на вибрацию до величины в 20g и нормально функционирует в условиях, типичных при проведении бурильных работ.

Переводник DGR обычно работает совместно с переводником датчика удельного сопротивления, что обеспечивает построение точных литологических диаграмм.

Датчик EWR-Phase 4 представляет собой высокочастотный индукционный датчик удельного сопротивления модульного типа. Этот датчик включает четыре радиочастотных передатчика и две антенны приемника. EWR-Phase 4 выпускается размером 4 1 / 4 дюйма, 6 3 / 4 дюйма, 8 дюймов и 9 1 / 2 дюйма и может регистрировать каротажные диаграммы скважин диаметром от 5 7 / 8 дюйма до более 26 дюймов.

Показания датчика EWR-Phase 4 могут передаваться на положительных или отрицательных импульсах. При более высокой механической скорости проходки (ROP) разрешения пластов в реальном времени лучше определяются телеметрией по отрицательному импульсу.

**Результаты работ.** В процессе бурения горизонтального участка ствола скважины Т2-Т3, (интервал бурения 2724 – 3340м) был выполнен каротаж с использованием в КНБК комплексной телесистемы Slim - hole, включающей в себя гамма-каротаж, резистивиметрию и инклинометрию.

Бурение производилось бурильными трубами СБТ, длина одной трубы 8,5 м. Конечный забой скважины составляет 2295 м. Длина горизонтального участка составляет 110 м.

После каждой пробуренной трубы СБТ проводилось снятие замера. На замере фиксировались данные гамма – каротажа и резистивиметра с дальнейшим переводом данных в PDF – график.

По результатам бурения горизонтального участка скважины Т2 – Т3 и, проведенного каротажа в процессе, удалось провести траекторию скважины с наименьшим отклонением от плана, не выходя за пределы продуктивного пласта, с использованием в компоновке бурового инструмента телесистемы Slim - hole, включающей в себя гамма-каротаж, резистивиметрию и инклинометрию.

Так же, удовлетворяющие результаты работ позволили отказаться от проведения дополнительного ГИС на трубах, что в свою очередь снизило стоимость скважины.

**Заключение.** В процессе написания магистерской работы был выполнен анализ показаний гаммы, полученных в процессе бурения горизонтального участка ствола с помощью телесистемы Slim - hole. Особое мое внимание было уделено показаниям гамма-каротажа.

Решены следующие задачи:

- изучена геолого-геофизическая характеристику Витинского месторождения.

- проконтролировано пространственное положение скважины относительно геологических объектов;
- определена качественная и количественная характеристики пласта с целью бурения по наиболее эффективной части коллектора (пласта);
- отказ от проведения дополнительного ГИС на трубах, что в свою очередь снизило стоимость скважины.