

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ  
БУРЕНИЯ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН НА ПРИМЕРЕ  
САРАТОВСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Автореферат магистерской работы

студента 2 курса 261 группы  
направление 05.04.01 геология  
геологического ф-та  
Бухонина Владислава Сергеевича

Научный руководитель

д.г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

К.Б. Головин

подпись, дата

Зав. кафедрой

к.г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2018

**Введение.** Выпускная квалификационная работа посвящена показанию эффективности использования телеметрических и инклиметрических систем в конкретных геологических условиях Саратовского Поволжья.

Подобные системы позволяют существенно сократить сроки бурения и затраты. Кроме того, создаются весомые предпосылки для значительного повышения нефтегазоотдачи разбуриваемого месторождения.

Применяются в скважинах со сложными траекториями, включая наклонно-направленные, наклонно-горизонтальные, а также многоствольные скважины. Строительство скважинах со сложными траекториями обусловлено, в свою очередь, такими объективными причинами, как истощение основных нефтяных месторождений, что приводит к необходимости освоения труднодоступных залежей (шельфовые месторождения, извлечение сырья из тонких пластов, уплотнение сетки скважин при кустовом бурении и др.). Применение в данном случае телеметрических систем позволяет существенно сократить сроки бурения и затраты. Кроме того, создаются весомые предпосылки для значительного повышения нефтегазоотдачи разбуриваемого месторождения.

Телеметрические системы в процессе бурения горизонтальных и наклонно-направленных скважин позволяют получать на поверхности в реальном масштабе времени текущие измерения по зенитному углу, азимуту и по положению отклонителя относительно ствола скважины. А программное обеспечение позволяет строить фактическую и прогнозировать дальнейшую траекторию скважины.

Цель выпускной работы показать эффективность использования телеметрических и инклиметрических систем в конкретных геологических условиях Саратовского Поволжья.

Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие основные задачи:

- ознакомиться с общей характеристикой и основными сведениями о геологическом строении района работ;

- изучить методы, технологии, устройство и принципы телеметрических систем с электромагнитным каналом связи;

Материалы для подготовки и написания выпускной работы были собраны во время прохождения производственной практики в компании (Навигация-Сервис)

Магистерская работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка литературы, включающего 15 источников. Работа изложена на 52 стр., содержит 9 рисунков и 5 таблиц.

### **Основное содержание работы.**

**В первом разделе «Геолого-геофизическая изученность участков работ»** содержит краткую геолого-геофизическую характеристику территории работ: геолого-геофизическая изученность, литолого-стратиграфическая и геофизическая характеристика разреза, тектоническое строение и нефтегазоносность разреза двух нефтегазоносных месторождений.

Первым объектом являлась Остролукского месторождения, скважины №17. Административно район находится в 19 км на юго-запад от пос. Духовницкий, ближайший населенный пункт - с.Теляково в 7 км на ЮЗ. В 24 км к в от месторождения находится Богородское месторождение.

Рубежинское нефтяное месторождение расположено в Саратовской области в пределах Средне-воложского лицензионного участка. Районный центр г.Балаково - расположен в 38 км западнее границы лицензионного участка. В центральной части участка проходит железная дорога.

Месторождения находятся на территории Волго-Уральской нефтегазоносной провинции в составе Средне-волжской нефтегазоносной области.

- кристаллический фундамент
  - рифейско-вендский
- В разрезе выделяют ряд структурных этажей:
- эйфельско-франский

- фаменско-турнейский
- каменноугольно-нижнепермский
- верхнепермский

Структура осадочного чехла с одной стороны сходна со структурой фундамента, но иногда и существенно отлична. Главные отличия: выполаживание структур, компенсация многих прогибов, затухание дизъюнктивных нарушений, появление новообразованных структур, которых не было в фундаменте.

Структура терригенного девона в основном сохраняется, но есть и отличия. На месте Пачелмско-Саратовского авлакогена формируется Рязано-Саратовский прогиб, состоящий из отдельных прогибов.

Крупными структурами I порядка в Волго-Уральской провинции являются своды, впадины, прогибы (авлакогены). Они осложнены структурами II порядка – валами или зонами поднятий. Все они сложены локальными поднятиями, имеющими брахиантиклинальную или куполовидную форму. Размеры их не превышают нескольких км. А изменяется от первых метров до 150 м, по генезису они могут быть связаны с процессами тектонических деформаций, деформаций гравитационной природы, с проявлением седиментационных и биогенных процессов.

Залежи нефти и газа промышленного значения на территории приурочены к отложениям трех систем: девонской, каменноугольной и пермской; в отложениях мезозойской системы имеются лишь включения битумов и пласты горючих сланцев.

В разрезе Волго-Уральской провинции выделяют несколько региональных нефтегазовых комплексов. Сложенные породами кристаллического фундамента до среднедевонские отложения – от протерозоя до D<sub>1</sub>.

Это мощные континентальные и прибрежно-морские, преимущественно терригенные отложения **бавлинской серии**. Выполняют они преимущественно прогибы, авлакогены.

**Во втором разделе «Применение телеметрических систем»** содержатся сведения о теоритических основах и устройстве телеметрических систем, их назначении и особенностях. Описано устройство и принципы работы в режиме бурения.

Существующие телесистемы включают следующие основные части:

- забойную аппаратуру;
- наземную аппаратуру;
- канал связи;
- технологическую оснастку (для электропроводной линии связи);
- антенну и принадлежности к ней (для электромагнитной линии связи);
- немагнитную УБТ (для телесистем с первичными преобразователями азимута с использованием магнитометров);
- забойный источник электрической энергии (для телесистем с беспроводной линией связи).

**Забойная часть** телесистемы включает первичные преобразователи измеряемых параметров, таких как:

- первичные преобразователи (ПП) направления бурения;
- ПП геофизических параметров приствольной зоны скважины;
- ПП технологических параметров бурения.

К первичным преобразователям направления бурения относятся:

- ПП зенитного угла в точке измерения ( $\alpha$ );
- ПП азимута скважины ( $j$ );
- ПП направления отклонителя ( $\gamma$ ).

К первичным преобразователям

• геофизических параметров (данных каротажа) можно отнести геофизические зонды, измеряющие:

- КС — кажущееся сопротивление горных пород;
- ПС — самопроизвольную поляризацию;
- гамма-каротаж (гамма естественного излучения горных пород);
- электромагнитный каротаж.

К первичным преобразователям технологических параметров бурения можно отнести датчики, измеряющие параметры процесса бурения:

- осевую нагрузку на долото ( $G$ );
- момент ( $M$ ) реактивный или активный;
- частоту вращения ( $n$ ) долота;
- давление внутри и снаружи бурильной колонны;
- другие, по желанию заказчика, а также в зависимости от аппаратурных

возможностей телесистемы.

Данные от первичных преобразователей через коммутатор поступают на аналого-цифровой преобразователь (АЦП), затем через кодирующее устройство (КУ), усилитель-передатчик поступают в канал связи. На поверхности закодированная различными способами информация расшифровывается в обратном порядке и поступает на системы отображения и обработки для принятия решений по технологическому режиму.

Основным и решающим фактором получения качественных данных является канал связи, так как именно от него зависит конструкция телесистем, компоновка, информативность, надежность, удобство работы, а также условия прохождения сигналов.

В результате многолетних исследований и практического использования в реальных условиях бурения широкое применение нашли три канала связи:

- электропроводный;
- гидравлический;
- электромагнитный.

У каждого из этих каналов связи имеются свои преимущества и недостатки. Разнообразие условий бурения, а также экономическая целесообразность определяют каждому каналу связи свою область применения. Остановимся подробнее на преимуществах и недостатках каждого из рассматриваемых каналов связи.

## Электромагнитный канал связи (ЭМКС)

Системы с ЭМКС используют электромагнитные волны (токи растекания) между изолированным участком колонны бурильных труб и породой. На поверхности земли сигнал принимается как разность потенциалов от растекания тока по горной породе между бурильной колонной и приемной антенной, устанавливаемой в грунт на определенном расстоянии от буровой установки.

К преимуществам ЭМКС относится несколько более высокая информативность по сравнению с гидравлическим каналом связи. К недостаткам — дальность связи, зависящая от проводимости и перемежаемости горных пород, слабая помехоустойчивость, сложность установки антенны в труднодоступных местах. Учитывая недостатки применяемых каналов связи, необходимо их совершенствовать, а также разрабатывать новые каналы, так как разнообразные горно-геологические условия, различные технико-технологические аспекты проводки скважин и экономические факторы предъявляют более высокие требования к информативности процесса бурения.

Одним из важных достижений в области совершенствования телеметрических систем являются модульные системы. Рассчитанные на максимальную эффективность и гибкость, эти системы более дешевы и экономичны по сравнению с любыми другими. Все оборудование такой системы имеет модульную конструкцию с полной совместимостью модулей, что дает возможность приобретать его в любом наборе, в виде отдельных секций или полным комплектом. Использование подобных систем помимо контроля навигационных и технологических параметров позволяет частично проводить комплекс геофизических исследований без остановки процесса бурения (технология logging while drilling (LWD) — геофизические исследования в процессе бурения). В частности, с помощью систем подобного типа можно осуществлять контроль за следующими параметрами:

- естественное гамма-излучение разбуриваемых горных пород;
- кажущееся сопротивление горных пород КС;
- сопротивление поляризации ПС;
- электромагнитный каротаж;
- гамма-гамма каротаж;
- нейтронно-нейронный каротаж;
- акустический каротаж;
- кавернометрия;
- виброметрия.

Однако при современном уровне развития техники и технологий бурения информация о характеристиках пласта, получаемая в процессе бурения, является недостаточной

Основными направлениями совершенствования являются: увеличение количества измеряемых и передаваемых на поверхность параметров бурения, скорости передачи информации; создание в забойных устройствах автоматов, самостоятельно управляющих процессом проводки скважин (управляемый отклонитель, прибор корректирования нагрузки на долото и др. механизмы); использование двухсторонней связи забой — устье. Существенное повышение точности и качества проводки высокотехнологичных скважин невозможно без совершенствования наземного бурового комплекса, способного автономно или при минимальном вмешательстве оператора осуществлять бурение в продуктивном пласте с учетом особенностей его фактического строения. Создание интеллектуально-автоматизированной буровой установки, которая будет контролировать и корректировать работу бурильщика, а в некоторых случаях — осуществлять бурение скважины или выполнение определенных операций в автоматическом режиме, является одним из приоритетных направлений зарубежных и отечественных производителей бурового оборудования.

Одним из важных достижений в области совершенствования телеметрических систем являются модульные системы. Рассчитанные на



максимальную эффективность и гибкость, эти системы более дешевы и экономичны по сравнению с любыми другими. Все оборудование такой системы имеет модульную конструкцию с полной совместимостью модулей, что дает возможность приобретать его в любом наборе, в виде отдельных секций или полным комплектом. Использование подобных систем помимо контроля навигационных и технологических параметров позволяет частично проводить комплекс геофизических исследований без остановки процесса бурения (технология logging while drilling (LWD) — геофизические исследования в процессе бурения). В частности, с помощью систем подобного типа можно осуществлять контроль за следующими параметрами:

- естественное гамма-излучение разбуриваемых горных пород;
- кажущееся сопротивление горных пород КС;
- сопротивление поляризации ПС;
- электромагнитный каротаж;
- гамма-гамма каротаж;
- нейтронно-нейронный каротаж;
- акустический каротаж;
- кавернометрия;
- виброметрия.

Задачи скважинных измерений системами, использующими каналы связи забой - устье, можно разбить на три основные группы:

- 1) оперативный технологический контроль за режимом бурения скважин с целью его оптимизации;
- 2) контроль направления бурения скважин с целью управления процессом направленного бурения по заданной траектории;
- 3) литологическое расчленение геологического разреза скважины, исследование параметров пластов, не искаженных проникновением фильтрата промывочной жидкости в пласт, выделение пластов-коллекторов, прогнозирование зон аномальных пластовых давлений.

В ряде случаев целесообразно в качестве дополнительной информации с забоя иметь данные о расходе промывочной жидкости с целью определения герметичности замковых соединений бурильного инструмента, изучения режима очистки забоя от шлама; целесообразно также измерять температуру на забое с целью изучения теплового режима бурения скважины.

### **Устройство и принцип работы забойной телеметрической системы**

Стандартный передатчик последовательно генерирует потери давления бурового раствора, чтобы передавать полученные в скважине данные на поверхность. Эти импульсы создаются открытием и закрытием внутреннего клапана, который открывается на короткий промежуток времени и тем самым пропускает небольшой объем бурового раствора из внутренней части бурильной колонны в затрубное пространство. Тем самым создается небольшое изменение давления внутри бурильной колонны, которое регистрируется на поверхности как относительно малое (2-3,5 атм.) падение давления в напорной линии, и называется «импульсом отрицательного давления».

Наземная система состоит из датчиков и оборудования необходимого для получения сигнала от скважинного прибора, а также распознавания и обработки измеренных данных инклинометрии в скважине.

Функциональные возможности телеметрической системы зависят от состава входящих в нее модулей, которые, в свою очередь, определяются технологической необходимостью. Базовые комплектации скважинного прибора обеспечивают ориентацию отклонителя на забое, а также непрерывную передачу и индикацию на поверхности азимута, зенитного угла скважины в процессе турбинного бурения в геологических средах, не имеющих магнитных аномалий. Телеметрические системы используют для передачи электромагнитный или гидравлический канал связи. Передача информации по гидравлическому каналу связи обеспечивает работоспособность системы в породах с высокой проводимостью, но имеет меньшую скорость передачи информации. Измерение угловых параметров

также возможно без циркуляции бурового раствора в «статике», при этом используется батарейное питание электронных компонентов ЗТС.

Сигналы от скважинного модуля, через датчик давления в нагнетательной линии, поступают в Системный Интерфейсный Блок, где автоматически извлекаются из кривой давления, фильтруются и передаются на персональный компьютер. Полученный сигнал декодируется в измеренные значения отклонителя, зенита, азимута, температуры и контроля состояния забойного оборудования. Измеренные данные записываются в общую базу данных и выводятся на экран инженера по бурению и Индикаторный Пульс Бурильщика на столе ротора в режиме реального времени.

Система сбора, установленная на буровой и в станции ЗТС, позволяет собирать, обрабатывать и хранить основные технологические параметры: давление и расход в нагнетательной линии, перемещение талевого блока, вес на крюке. Вывод измеренных и расчетных технологических параметров на монитор инженера по бурению и на стол буровой в режиме реального времени, позволяет контролировать процесс бурения и проводки скважины по заданной траектории. Кроме того, система контроля положения инструмента и режима бурения позволяет проводить привязку измеренных данных скважинными модулями к глубине скважины по стволу и абсолютным отметкам в процессе бурения.

**Третий раздел «Результаты»** приведены полученные в ходе бурения данные телеметрической системы с электромагнитным каналом связи, двух месторождений (Остролукское скважина №17 и Рубежинское скважина №13). Главная целью являлось попадание в пределы допустимых проектом отклонений для эксплуатации залежи нефти.

**Заключение.** В соответствии с целью и задачами выпускной квалификационной работы за время ее подготовки были получены следующие основные результаты:

- в работе автор ознакомился с общей характеристикой и основными сведениями о геологическом строении изучаемых участков.

- изучил методы, устройство и принципы работы телеметрических систем.

- провел анализ эффективности применения телеметрии с электромагнитным каналом связи в разработке месторождений с наклонно-направленными и горизонтальными скважинами.

При написании данной работы пришел к выводу, что за телеметрическими системами с электромагнитным каналом связи будущее. Этот канал связи показал высокую эффективность и точность передачи данных, профиль скважины близок к проектному и попал в круг допуска.