

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

Кафедра геофизики

**Ранняя диагностика осложнений в процессе бурения по данным ГТИ
(примере скважины №1 Квасниковского месторождения)**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 403 группы очной формы обучения
геологического факультета
направление 05.03.01 «Геология»
профиль «Нефтегазовая геофизика»
Хлебникова Никиты Сергеевича

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

подпись, дата

Б.А.Головин

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2021

Введение. Проблема ранней диагностики и предупреждения осложнений в процессе бурения нефтяных и газовых скважин и по сей день является одной из самых актуальных при строительстве скважин, поскольку осложнения в процессе бурения сопровождаются значительными затратами времени и средств на ликвидацию их последствий и могут привести к серьезным авариям. В настоящее время успешное решение этой проблемы в значительной степени связано с использованием методов геолого-технологических исследований в процессе бурения скважин (ГТИ), позволяющих в режиме реального времени получать информацию о геологическом разрезе скважины, а также решать задачи ранней диагностики предаварийных ситуаций и предупреждения осложнений в процессе бурения.

Настоящая работа посвящена применению комплексов ГТИ при бурении скважины в условиях Степновского сложного вала (Саратовской области) для ранней диагностики осложнений и аварий в процессе бурения. В качестве объекта исследования в работе выбрана скважина №1 Квасниковского месторождения, процесс бурения которой сопровождался осложнениями и авариями.

Цель выпускной квалификационной работы состоит в повышении проводки и сокращения сроков строительства скважины №1 Квасниковского месторождения Саратовской области на основе оперативной информации, получаемой в процессе бурения.

Для выполнения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

- Изучение геолого-геофизической характеристики района работ;
- Изучение возможностей предупреждения осложнений в процессе бурения методами ГТИ;
- Изучение причин осложнений в процессе бурения и обоснование методики выбора и поддержания рационального режима проходки с контролем отработки долот;
- Проведение интерпретации технологических данных ГТИ по скважине №1 Квасниковского месторождения для оперативного выявления

признаков осложнений и аварий при бурении и спускоподъемных операциях.

При подготовке и написании бакалаврской работы автором были проанализированы многочисленные публикации по тематике исследований. Особенно хотелось бы отметить научные труды Э.Е. Лукьянова, С.Н. Шматченко, В.Г. Заливина.

Выпускная квалификационная работа содержит в себе введение, заключение и список использованных источников, а также 4 раздела основного содержания работы, 4 подраздела первого раздела, 4 подраздела второго раздела и 2 подраздела 3 раздела, один из которых состоит также из 2 разделов: 1 «Геолого-геофизическая характеристика района работ», 1.1 «Общие сведения о Квасниковском месторождении», 1.2 «Литолого-стратиграфическая характеристика разреза», 1.3 «Тектоника», 1.4 «Нефтегазоносность». 2 «Методика проведения геолого-технологических исследований», 2.1 «Цели и задачи ГТИ», 2.2 «Комплексы исследований», 2.3 «Аппаратные средства ГТИ», 2.4 «Датчики для автоматического измерения технологических параметров бурения». 3 «Осложнения и аварии при строительстве скважин», 3.1 «Прихваты буровой колонны» 3.2 «Осложнения и аварии с долотами». 4 «Результаты работы».

Основное содержание работы.

Первый раздел «Геолого-геофизическая характеристика района работ». Квасниковское месторождение располагается, на территории Энгельского района Саратовской области, в 24 км юго-восточнее г. Энгельса и в 14 км юго-восточнее с. Квасниковка в пределах Ближнего Саратовского Заволжья. Квасниковское месторождение было открыто при помощи поисково-разведочного бурения в 1959-1961 гг. геолого-поисковой конторой объединения «Саратовнефтегаз». Месторождение находится в эксплуатации с 1971 года.

Данное месторождение находится на юго-западной окраине Степновского сложного вала. Геологическое строение Степновского сложного вала изучено бурением, а также геофизическими методами относительно других геоструктур

Саратовской области в целом хорошо.

В строении геологического разреза принимают участие отложения протерозойского, палеозойского, мезозойского и кайнозойского возрастов. Квасниковская структура расположена в 6.0км к западу от N газонефтяного месторождения, где продуктивными являются коллекторы пашийского (D_3I , D_3II), воробьевского (D_2V , D_2VI), клинцовского и бийского (D_2^{bs}) горизонтов.

Повсеместно в районе развиты песчаные коллекторы бобриковского горизонта нижнего карбона (C_1^{bb}). Их прогнозная толщина оценивается в 3,8м.

Второй раздел «Методика проведения геолого-технологических исследований». ГТИ являются составной частью геофизических исследований нефтяных и газовых скважин и предназначены для осуществления контроля за состоянием скважины на всех этапах её строительства и ввода в эксплуатацию с целью изучения геологического разреза, достижения высоких технико-экономических показателей, а также обеспечения выполнения природоохранных требований. Процесс исследований начинается преобразованием измеряемых физических величин в информационные сигналы в датчиках в местах их установки, а заканчивается предоставлением полученной и обработанной информации другим участникам процесса строительства скважины.

По целевому назначению основные задачи ГТИ подразделяются на: геологические, технологические, планово-экономические, научно-исследовательские (экспериментальные) и информационные. Целью технологических исследований является повышение эффективности бурения и оптимизация процесса строительства скважины с точки зрения стоимости бурения, безаварийности процесса строительства скважины и обеспечения условий для последующей эффективной добычи нефти и газа из пластов. Главная задача технологических исследований – это получение информации о ходе бурения и о процессах, происходящих в скважине и пласте, и использование ее с целью безаварийной и рациональной проводки скважин. Современные средства связи позволяют предоставлять полученную информацию в реальном

режиме времени специалистам, отвечающим за проведение процесса строительства скважины, и предоставляет им возможность принимать обоснованные и своевременные решения.

Согласно ГОСТ 53375-2016 ГТИ используют для решения технологических задач:

- оптимизации процесса углубления скважины в зависимости от геологических задач;
- распознавания и определения продолжительности технологических операций;
- выбора и поддержания рационального режима бурения с контролем отработки долот;
- оптимизации спускоподъемных операций (ограничение скорости спуска, оптимизация загрузки грузоподъемных механизмов);
- контроля гидродинамических параметров в скважине;
- раннего обнаружения проявления и поглощения при спускоподъемных операциях, управления процессом долива скважины;
- определения пластового и порового давлений (прогнозирование зон АВЦД и АВПоД);
- контроля спуска и цементирование обсадной колонны;
- диагностики работы бурового оборудования.

Геолого-технологические исследования включают в себя обязательный и дополнительный комплексы. Состав комплексов ГТИ, перечень подлежащих выполнению работ, количество и перечень измеряемых параметров оговариваются Заказчиком при заключении контракта.

Для решения технологических задач применяется типовой комплекс исследований, состоящий из обязательного и дополнительного комплекса. Состав комплексов ГТИ, перечень подлежащих выполнению работ, количество и перечень измеряемых параметров оговариваются заказчиком при заключении контракта. Комплексы ГТИ при бурении скважин различаются в зависимости от

их категорий: опорные параметрические, структурные, поисковые, разведочные, эксплуатационные, горизонтальные.

Третий раздел «Осложнения и аварии при строительстве скважины».

Осложнение в бурении - это отклонение технологии ведения работ от проекта или приостановка технологического цикла работ, восстановление которого возможно после устранения причин, повлиявших на это.

Авария – это непредвиденное нарушение непрерывности технологического процесса бурения или испытания скважин, требующее для его ликвидации проведения специальных работ, не предусмотренных проектом с привлечением дополнительных ресурсов. По терминологии принятой в Федеральном законе (ФЗ-116) «О промышленной безопасности» различают также понятия инцидента и аварии. В практике ведения буровых работ, все виды осложнений, которые продолжаются свыше 48 часов переходят в аварии, так как их ликвидация связана с увеличением экономических и экологических потерь.

Аварии в бурении подразделяются условно на следующие виды:

- аварии с элементами колонны бурильных труб;
- прихват бурильных и обсадных колонн;
- аварии с долотами;
- аварии с обсадными колоннами и элементами их оснастки;
- аварии из-за неудачного цементирования;
- аварии с забойными двигателями;
- падение в скважину посторонних предметов;
- прочие аварии.

Прихватами называется невозможность вертикальных перемещений и вращений инструмента в скважине при технически допустимых натяжениях. Самый тяжелый случай прихвата – с потерей циркуляции промывочной жидкости.

Ключевую роль в ранней диагностике большинства прихватов играет анализ показаний датчиков ГТИ при возникновении неустойчивости стенок скважины, которые в свою очередь хорошо определяются станцией ГТИ. Ниже,

в таблице 1 приведены основные признаки разрушения стенок скважины, их разновидности, а также причины разрушения стенок и меры их предупреждения и ликвидации.

Таблица 1 - Разрушение стенок скважины (неустойчивость) и прихваты колонны труб

Признаки по данным ГТИ	Разновидности	Причины	Меры предупреждения и ликвидации
<ul style="list-style-type: none"> • рост давления на входе; • рост крутящего момента на роторе; • снижение скорости проходки; • крупный обвальный шлам на вибросите • посадки при подходе к зашламленному забою; • затяжки и посадки инструмента при движении 	<p>Неустойчивость:</p> <ul style="list-style-type: none"> • осыпи, обвалы стенок скважины; • образован иежелобов; • кавернообраз о-вание; • образован иеуступов и козырьков • сальникообраз о-вание; • сужение ствола; • образован иепробок 	<p>Геологические причины:</p> <ul style="list-style-type: none"> • наличие неустойчивых пород в разрезе (пески, слабосвязанные аргиллиты, высокопластичные глины, текучие соли, трещинно-кавернозные породы); • большие углы залегания пород; • тектонические нарушения, <p>Глины – осмотический перегон воды с низкой концентрацией электролита в среду с высокой концентрацией электролита в среду с высокой концентрацией. Рост объема, выпучивание</p> <p>Технологические причины:</p> <ul style="list-style-type: none"> • недостаточное $P_{\text{гидростат}}$; • несоответствие свойств раствора свойствам пород; • нарушение технологии промывки и технологии СПО; • недостаточная очистка раствора от шлама; • искривление ствола; • неудачно подобранная КНБК; • высокое дифференциальное давление $P_{\text{диф}} = P_{\text{скв}} - P_{\text{пл}};$ <ul style="list-style-type: none"> • липкая глинистая корка; • поглощения; • заклинивания посторонними предметами 	<p>Прихват</p> <ul style="list-style-type: none"> • определение верхней границы прихвата • определение объема ванны; • усиленная циркуляция, расхаживание, отбивка ротором; • установка ванн; • гидроимпульсы; • работа яссом, встряхивание; • торпедирование • отвинчивание выше места прихвата; • обуривание <p>Разрушение стенок</p> <ul style="list-style-type: none"> • обработка раствора с целью: <ul style="list-style-type: none"> - снижения фильтрации, - повышения смазывающих свойств, - снижения хим. активности к породам; • очистка раствора от шлама; • снижение гидродинамических эффектов; • проработка опасных интервалов при СПО; • промывка и проработка при подходе к забою; • промывка при окончании долбления

В зависимости от типа долота различают аварии с шарошечными долотами, алмазными и лопастными долотами. С шарошечными чаще всего происходит их отвинчивание и поломка. В результате аварий с долотами в скважине чаще всего остаются шарошки долот. Это связано, в основном, со значительным износом опор, недостаточным сроком работы даже в пределах, предусматриваемых конструкцией долот и режимами последних в скважине. Долговечность опоры долота зависит от интенсивности изнашивания и разрушения поверхностей цапфы, шарошки и тел качения.

Подклинки долота определяются по технологическим параметрам, приведенным в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика осложнений, связанная с износом опоры долота

Признаки по данным ГТИ	Причины	Меры предупреждения и ликвидации
<ul style="list-style-type: none"> •Единичные высокоамплитудные колебания крутящего момента и оборотов ротора; •снижение скорости походки; •появление на кривой нагрузки на долото высокоамплитудных пиков; •отсутствие выбурки при подаче 	<p>Естественный износ, неправильная отработка, повышенная (против проектной) абразивность пород</p>	<p>При первых признаках подклинок – поиск нового режима бурения, при повторении подклинок – подъем долота для его замены</p>

Четвёртый раздел «Результаты работы». В соответствии с вышеизложенной методикой, в скважине №1 Квасниковского месторождения представилось возможным выделить прихват инструмента и процесс отработки долота.

В процессе бурения, в 12:00 по местному времени, буровая бригада производила промывку в течение 10 минут, после чего происходил процесс

замены переводника, который продолжался 105 минут. Во время замены переводника буровая бригада циклично проворачивала буровую колонну, это видно по периодическим во времени скачкам показаний оборотов ротора на диаграмме.

После замены, при попытке начать бурение в 13:45 по местному времени было получено осложнение – прихват бурового инструмента. Прихват возник на глубине 1009,13 м, при прохождении верейского горизонта. На суточной диаграмме ГТИ, об этом осложнении свидетельствуют два технологических параметра - показание веса на крюке, которое резко увеличивается в несколько раз и в дальнейшем ведет себя скачкообразно, а также показание давления на входе, которое в один момент резко увеличилось на несколько порядков и продолжает вести себя нестабильно.

Ликвидировать данную предаварийную ситуацию удалось при помощи установки нефтяной ванны в комплексе с расхаживанием инструмента. В сумме на ликвидацию было потрачено около 48 часов аварийных работ. В данном случае стоит отметить два фактора, которые повлияли на образование данной предаварийной ситуации. Во-первых, на протяжении 105 минут, пока шел процесс замены переводника, буровая бригада не производила промывку, о чем свидетельствуют данные бурового раствора на выходе и на входе и давления на входе, а во-вторых, небольшого циклического прокручивания колонны могло не хватить для предупреждения аварии.

В буровом журнале написано, что при бурении бобриковского горизонта в интервале 1388-1391м наблюдались подклинки бурильного инструмента. Буровой бригадой было принято решение о снижении нагрузки на долото до 4т, но это не решило проблему, подклинки продолжались.

На диаграмме ГТИ по данным веса на крюке и положению крюка мы видим, как бурильщик принимал неоднократные подходы к забою и производил поиск нового режима бурения. Каждая его попытка характеризовалась увеличением нагрузки на долото. Показания оборотов ротора так же свидетельствуют о поиске нового режима бурения, потому что они то

увеличивались, то уменьшались. Всего было сделано три попытки. Первая отмечается в 17:53 по местному времени, в это время бурильщик отрывал долото от забоя, а в 17:57 производил бурение до 18:32. Вторая попытка отмечается с 18:32 до 18:45. Третья попытка происходила в промежутке от 18:47 до 19:15, именно в этот временной отрезок, около 18:55 была подана максимальная нагрузка на долото, о чем свидетельствуют расчетные параметры. Несмотря на все попытки, увеличить скорость механической проходки так и не удалось, это можно видеть по данным скорости проходки. Показания глубины долота в данном случае могут быть ошибочные, так как была подана большая нагрузка на долото, то из-за этого могло произойти небольшое сжатие буровой колонны.

При бурении воробьевского горизонта на глубине 1647 м возникло осложнение - прихват бурового инструмента. В 12:19 по местному времени по нулевым показаниям оборотов ротора и неизменившимся остальным технологическим показаниям можно определить, что буровая бригада перешла на направленное бурение. В 12:40 по местному времени бурильщик пробовал оторвать долото от забоя, это отражают показания веса на крюке, положения крюка и расчетного параметра нагрузки на долото. После чего процесс бурения продолжился до 12:52ч, именно в это время бурильщик пробовал еще раз оторвать долото от забоя, а после чего продолжил процесс бурения. В 13:04ч бурильщик в третий раз попробовал оторваться от забоя, но не смог и начал процесс ликвидации осложнения путем расхаживания инструмента, в результате чего возникают затяжки до 65т. Сам процесс ликвидации виден нам по скачущим показаниям положения крюка, пиковым значениям веса на крюке. Немного спавшие показания давления на входе в комплексе с предыдущими показаниями говорят нам о том, что в это время процесса бурения не происходило.

В результате предпринятых действий, инструмент был освобожден. На ликвидацию осложнения в сумме было потрачено около 30 минут.

В данном случае можно предположить, что осложнение возникло по причине смены литологии, так как на сводном планшете ГТИ-ГИС на данной глубине отмечена смена известняка на аргиллит и пластичную, липкую глину. В

соответствии с главой 3.1, можно предположить, что данное осложнение возникло по причине образования сальника на инструменте. Потому что именно глинистые породы при разбурировании способны набухать, адсорбировать воду из бурового раствора и налипать на породоразрушающий инструмент.

Заключение. Комплекс ГТИ является неотъемлемой частью при бурении скважин. Он позволяет минимизировать риски аварий и оптимизировать процесс строительства скважины.

По его данным можно в режиме реального времени следить за технологическими параметрами на буровой и на основе этих данных принимать оперативные решения.

При написании данной работы автор проанализировал многочисленные научные публикации, посвященные тематике исследования. Среди них, по мнению автора, особенно выделяются монографии Э.Е. Лукьянова.

При подготовке и написании данного труда автор ознакомился с геолого-геофизической характеристикой района работ. По государственным стандартам Российской Федерации изучил основные цели и задачи ГТИ. По литературным данным были изучены осложнения при строительстве скважин, такие как износ долота и прихват инструмента. На основе полученных знаний были интерпретированы материалы ГТИ по скважине №1 Квасниковского месторождения, связанные с ранней диагностикой осложнений и предаварийных ситуаций в процессе бурения комплексом ГТИ.

Представленные в работе материалы позволяют считать достигнутой цель бакалаврской работы, связанную с ранней диагностикой осложнений в процессе бурения при помощи комплекса геолого-технологических исследований.

Полученные результаты свидетельствуют об эффективности применения подобных информационно измерительных систем и методических приемов для решения задач определения аварийных ситуаций, связанных с потерей подвижности инструмента и износа долота.