

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

Кафедра геофизики

**Анализ причин и ликвидация прихвата хвостовика по данным ГТИ при  
спускоподъемных операциях (на примере скважины №255 Кустового  
месторождения)**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента 5 курса 531 группы  
направление 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
профиль «Геолого-геофизический сервис»  
геологического факультета  
Афанасьева Евгения Алексеевича

**Научный руководитель**

Д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_

подпись, дата

В.Ю. Шигаев

**Зав. кафедрой**

К.г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2026

**Введение.** Актуальной проблемой при строительстве нефтяных и газовых скважин остается своевременная диагностика и предотвращение возможных осложнений в процессе бурения, так как возникновение непредвиденных ситуаций влечет значительные затраты ресурсов и времени на устранение их последствий, а также создает риск серьезных аварий. Особую актуальность эта проблема приобретает в условиях подвижных пластов, с нарушенной структурой (возникновение зон АВПД и АВПоД); неудовлетворительной очистки ствола скважины от шлама; сужения и потери устойчивости ствола скважины вследствие осыпей и обвалов (чаще обвальные аргиллиты); седиментационной неустойчивости бурового раствора и т.д. В этих условиях риск прихватообразования возрастает.

Прихваты буровых колонн являются одной из основных причин непроизводительного времени при строительстве скважин, приводя к финансовым потерям, исчисляемым сотнями миллионов долларов ежегодно по всей отрасли. Основы контроля технического состояния скважин в процессе строительства и эксплуатации заложены в фундаментальных работах отечественных исследователей, где особое внимание уделяется своевременному выявлению предаварийных ситуаций.

Особую опасность данное осложнение представляет при спускоподъемных операциях, когда риски механического прихвата и затяжек возрастают многократно. Традиционные методы диагностики, основанные на визуальном анализе кривых параметров бурения, зачастую фиксируют уже свершившийся факт прихвата, не оставляя времени на превентивные мероприятия. В этой связи критически важное значение приобретает развитие систем раннего обнаружения предвестников прихвата на основе данных геолого-технологических исследований (ГТИ), получаемых в режиме реального времени.

**Объектом** исследования является скважина №255 Кустового месторождения, строительство которой было осложнено прихватом обсадной колонны. Предметом исследования - методы ГТИ для ранней диагностики прихватов.

Основной целью работы является обеспечение безаварийного строительства скважины №255 Кустового месторождения посредством оперативного анализа данных ГТИ для раннего обнаружения и предотвращения осложнений (прихватов обсадных колонн).

Для достижения указанной цели в работе предстоит решить следующие задачи:

1. Изучить геологическую характеристику района работ.
2. Изучить факторы, способствующие возникновению осложнений в процессе бурения, а также теоретические основы методов ГТИ в области раннего обнаружения и предотвращения прихватов обсадных колонн.
3. Проинтерпретировать результаты ГТИ по скважине №255 Кустового месторождения для оперативного выявления признаков осложнений и аварий при спускоподъемных операциях.

Работа изложена на 50 страницах машинописного текста, состоит из введения, трех разделов: краткая геологическая характеристика района работ, геолого-технологические исследования скважин, результаты работ, заключения и списка использованных источников, включающего 22 наименования. Работа содержит 6 рисунков и 6 таблиц.

**Основное содержание работы.** Кустовое нефтяное месторождение, в административном отношении расположено в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области.

Кустовое месторождение в физико-географическом отношении приурочено к Сургутской низине Среднеобской низменности. Для этой территории в целом характерны сильные заболоченность и увлажненность. Доминирующим элементом гидрографической сети изучаемого месторождения является река Тром-Еган, бассейн которой занимает большую часть площади Кустового месторождения.

Исследуемое месторождение, открыто в 1984 году после получения в скв. 270П первого промышленного притока нефти из отложений аномального разреза баженовской свиты.

Дальнейшие геологоразведочные работы, включающие сейсморазведочные работы МОГТ 2D и 3D, а также большие объемы поисково-разведочного бурения, подтвердили нефтеносность юрско-нижнемелового терригенного комплекса отложений.

В геологическом строении исследуемой территории принимают участие мезозойско-кайнозойская толща осадочного чехла вскрытой мощностью 3000м, а также не вскрытые скважинами в пределах месторождения протерозой-палеозойские и раннемезозойские (триасовые) породы доюрского основания.

Согласно тектонической карте центральной части Западно-Сибирской плиты (под редакцией В.И. Шпильмана, Н.И. Змановского, Л.Л. Подсосовой, 1998 год), Кустовое месторождение приурочено к юго-западной части Северо-Вартовской мегатеррасы (структура I порядка) в зоне ее сочленения с Нижневартовским сводом, Юганской мегавпадиной и Сургутским сводом.

По схеме нефтегазогеологического районирования Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (бассейна) Кустовое месторождение расположено в Сургутском нефтегазоносном районе Среднеобской нефтегазоносной области (НГО). В этом районе традиционно выделяется шесть нефтегазоносных комплексов: ниже-среднеюрский, келловей-оксфордский (васюганский), кимеридж-титонский (баженовский), берриас-валанжинский (ачимовский), неокомский (валанжин-готеривский) и готерив-аптский. На территории Кустового месторождения промышленная нефтеносность установлена в васюганском, ачимовском, неокомском и готерив-аптском комплексах. Нефтепроявления (непромышленные притоки нефти) установлены в среднеюрском (тюменская свита, пласт ЮС2) и баженовском (аномальный разрез, пласт ЮС0-1) комплексах.

**Методика исследования.** Геолого-технологические исследования 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.

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 сбор и получение информационных материалов о ходе бурения и о процессах, происходящих в скважине и пласте, и использование этих данных для обеспечения безопасной и эффективной проводки ствола скважины. Использование современных средств коммуникации позволяют предоставлять полученную информацию в реальном режиме времени специалистам, отвечающим за проведение процесса строительства скважины, и предоставляет им возможность принимать обоснованные и своевременные решения.

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

Осложнения в бурении, в основном, возникают вследствие несоответствия технологии ведения работ горно-геологическим условиям проводки скважины. Остановка технологического цикла работ вызванного осложнением возможна по причинам ухудшения условий проводки скважины, которые могут привести к аварии, росту экономических затрат или потерь при проводке скважины, угрозе возникновения значительного экологического ущерба, ухудшению условий труда и промышленной безопасности.

В практике бурения под термином «прихват» понимают ситуацию, когда буровой инструмент (колонна труб) утрачивает способность к осевому перемещению и вращению, при этом прилагаемые к нему нагрузки не превышают технически допустимых значений для применяемого оборудования. Наиболее сложным и опасным видом данного осложнения считается прихват, сопровождающийся полной потерей циркуляции промывочной жидкости.

Ключевую роль в ранней диагностике большинства прихватов играет

анализ показаний датчиков ГТИ при неустойчивости стенок скважины, которые в свою очередь хорошо определяются станцией ГТИ. Далее рассмотрим природу возникновения неустойчивости ствола скважины, их разновидности и признаки их проявлений в процессе бурения по данным ГТИ.

Под неустойчивостью ствола скважины понимают нарушение целостности ее стенок, которое создает дополнительные трудности при дальнейшем углублении забоя. Указанное осложнение способно вызвать серьезные негативные последствия: значительное скопление шлама на забое, обрушение горной породы на бурильный инструмент, формирование сальников. Конечным итогом развития такого сценария нередко становится прихват инструмента с одновременной потерей циркуляции.

Проявления неустойчивости ствола могут быть разнообразными. К числу наиболее распространенных форм данного осложнения относят: осыпание и обрушение пород со стенок; образование желобов на внутренней поверхности ствола; формирование каверн; возникновение уступов и козырьков; сужение диаметра ствола; налипание сальников на бурильную колонну; закупоривание ствола с образованием пробок.

Все причины, вызывающие неустойчивость стенок скважины, принято подразделять на две крупные группы: геологические и технологические.

К геологическим факторам относят следующие: присутствие в разрезе пород, характеризующихся низкой устойчивостью (к ним относятся мягкие и рыхлые разности, слабосцементированные отложения, высокопластичные и текучие породы, зоны с повышенной трещиноватостью, кавернозностью и пористостью); крутые углы падения слоев; наличие тектонически нарушенных зон; частое и резкое чередование пород с различными физико-механическими свойствами.

К технологическим причинам относятся: недостаточное гидростатическое давление в скважине; высокие гидродинамические эффекты при проведении различных работ; несоответствие свойств промывочной жидкости свойствам разбуриваемых пород; нарушение технологии промывки скважины и технологии

СПО; недостаточная очистка промывочной жидкости от шлама; неудачная компоновка низа бурильной колонны; искривление ствола скважины.

**Результаты работ.** В соответствии с вышеизложенной методикой и табличным данным, для диагностики осложнения в процессе крепления обсадной колонны использовались показания веса на крюке, момента на роторе, давления на входе, что полностью соответствуют диагностическим критериям прихватобразования. Анализируя данные параметры в скважине №255 Кустового месторождения представилось возможным выделить прихват инструмента.

Основными признаками прихвата по данным ГТИ являются увеличение веса на крюке, затяжки и посадки инструмента при движении, критические показания момента на роторе при попытке кручения, а также нестабильные показания давления на входе, при работе через цементный агрегат.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что вероятно, прихват обсадной колонны мог произойти по двум причинам:

1. Геологическая причина – осыпи и обвалы (аргиллит) в интервале 2108,7-2927,4м (в соответствии с программой работ). Для предотвращения осыпей и обвалов необходимо качественно проработать открытый ствол и подготовить его к спуску «хвостовика». После бурения секции производить подъем с обратной проработкой, при наличии затяжек и посадок провести контрольную шаблонировку ствола скважины до чистого хождения.

2. Технологическая причина – зашламливание ствола скважины, в следствии достижения зенитного угла свыше  $45^\circ$  (т.к при наборе зенитного угла от  $45^\circ$  коэффициент очистки ствола скважины снижается) и недостаточного времени циркуляции, а также перегрев колодок с неконтролируемым движением блока вниз, с увеличением скорости спуска ОК от 0,33м/м до 1м/с, что привело к преждевременной активации гидромеханического пакера, заклиниванию оборудования и как следствие – прихвату обсадной колонны. Диагностировать эту причину удалось только после освобождения от прихвата и подъема обсадной колонны на поверхность, для диагностики элементов оснастки

«хвостовика».

Рассмотрев вышеизложенные возможные обстоятельства, можно прийти к выводу, что основной причиной посадки хвостовика на глубине 2910м, далее потеря подвижности хвостовика, является преждевременная активация гидромеханического пакера в процессе спуска. Использование некачественных резиновых уплотнений, которые не соответствуют условиям скважины, а также несоблюдение регламента скорости спуска привлекли за собой преждевременную активацию гидромеханического пакера.

**Заключение.** Проблема прихватов при спускоподъёмных операциях остаётся актуальной для большинства месторождений Западной Сибири, в том числе для Кустового. При этом визуальный анализ кривых ГТИ часто фиксирует уже свершившийся факт прихвата. Более современные методы, основанные на машинном обучении, требуют больших объёмов качественных данных, которые не всегда доступны. Теоретической базой для решения данной задачи служат фундаментальные и прикладные исследования отечественных специалистов в области контроля технического состояния скважин и анализа осложнений.

Анализ научной литературы показал, что традиционные методы мониторинга, как основанные на физических моделях, так и классические подходы к анализу данных, имеют существенные ограничения. Подходы, базирующиеся на физическом моделировании (например, построение «дорожных карт» нагрузки на основе моделей крутящего момента и сил сопротивления), обладают недостаточной оперативностью для применения в реальном времени. В свою очередь, классические алгоритмы машинного обучения, такие как метод опорных векторов (SupportVectorMachine, SVM) и случайный лес (RandomForest), несмотря на простоту реализации, зачастую приводят к высокому уровню ложных срабатываний.

Выявлено, что современный этап развития систем диагностики характеризуется переходом к комплексированию физического моделирования и методов искусственного интеллекта. Ключевую роль в этом процессе играют методы декомпозиции нестационарных сигналов, позволяющие эффективно

выделять предвестниковые аномалии из зашумленных данных забойных измерений и создает предпосылки для своевременного вмешательства и предотвращения аварий.

Здесь особенно важно, что дальнейшее совершенствование систем ранней диагностики прихватов должно развиваться в направлении интеграции физически интерпретируемых моделей с передовыми алгоритмами обработки сигналов и машинного обучения, что позволит минимизировать риски осложнений при спускоподъемных операциях и повысить безопасность буровых работ в целом.

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. Изучена геологическая характеристика Кустового месторождения. Установлено, что разрез скважины №255 представлен частым переслаиванием терригенных пород (песчаников, алевролитов и аргиллитов), при этом интервал прихвата 2910м приурочен к зоне переслаивания песчаников с прослоями аргиллитов, которые относятся к категории неустойчивых пород.

2. На основе анализа классификационных признаков осложнений (таблица 3) установлено, что зафиксированные при спуске обсадной колонны параметры (посадки до 8 т, затяжки до 20 т, рост момента на роторе) полностью соответствуют диагностическим критериям прихватообразования. Это подтверждает эффективность применения методов ГТИ для раннего обнаружения осложнений.

3. Анализ параметров бурового раствора (таблица 5) показал, что все контролируемые показатели (плотность, вязкость, водоотдача, содержание песка) находились в пределах проектных значений. Данный факт позволяет исключить несоответствие свойств раствора из числа непосредственных причин прихвата.

4. В результате интерпретации данных ГТИ были выявлены две наиболее вероятные причины возникновения прихвата: геологическая (наличие в разрезе неустойчивых аргиллитов, склонных к осыпям и обвалам) и технологическая (зашламление ствола вследствие бурения с зенитным углом

свыше  $45^\circ$  и недостаточная очистка ствола от шлама), а также перегрев колодок с неконтролируемым движением блока вниз, с увеличением скорости спуска ОК от 0,33 м/с до 1 м/с, что привело к преждевременной активации гидромеханического пакера, заклиниванию оборудования и как следствие – прихвату обсадной колонны. Диагностировать эту причину удалось только после освобождения от прихвата и подъема обсадной колонны на поверхность, для диагностики элементов оснастки «хвостовика».

5. Оперативная диагностика осложнения на ранней стадии позволила своевременно применить комплекс ликвидационных мероприятий (нефтяная и кислотная ванны в сочетании с интенсивным расхаживанием колонны), что обеспечило восстановление подвижности инструмента. Дополнительное время, затраченное на ликвидацию инцидента, составило 23 часа 45 минут (0,98 суток), при этом удалось предотвратить более тяжелые последствия, например, обрыв обсадной колонны.

Итак, практическая значимость работы заключается в том, что на основе анализа данных ГТИ скважины № 255 удалось не только ликвидировать прихват за 23 часа 45 минут, но и выделить конкретные предвестники (посадки до 8 т на глубине 2910 м, рост момента на роторе). Эти критерии рекомендуются для включения в оперативный план действий буровой бригады при бурении следующих скважин Кустового месторождения. Рекомендуется также при спуске обсадных колонн в интервалах с зенитным углом более  $45^\circ$  предусматривать дополнительные промывки и ограничивать скорость спуска до 0,3–0,4 м/с, чтобы избежать преждевременной активации гидромеханического пакера.