

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

Кафедра геофизики

**«Диагностические признаки поглощений бурового раствора по данным
геолого-технологических исследований (на примере скважины №543
Гремячевского месторождения)»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 531 группы
направления 21.03.01 – «Нефтегазовое дело»
профиль «Геолого-геофизический сервис нефтегазовых скважин»
геологического факультета
Музалевского Александра Витальевича

Научный руководитель
д.т.н., профессор

подпись, дата

Шигаев В. Ю.

Зав. кафедрой
к.г.-м.н., доцент

подпись, дата

Волкова Е. Н.

Саратов 2026

Введение. Актуальность работы. Поглощения бурового раствора относятся к числу наиболее частых и затратных осложнений при бурении скважин, особенно в карбонатных разрезах, где фильтрационно-ёмкостные свойства пород распределены крайне неравномерно. Стандартные методы контроля, ориентированные главным образом на отслеживание материального баланса, не всегда позволяют своевременно диагностировать начало поглощения в трещинно-кавернозных интервалах. Задержка в принятии решения увеличивает время на ликвидацию осложнения и снижает эффективность изоляционных работ. В связи с этим возникает необходимость в выявлении полного набора диагностических признаков поглощения по данным геолого-технологических исследований (ГТИ), включая не только прямые параметры циркуляции, но и косвенные – механические и гидравлические показатели.

Объект исследования – процесс бурения скважины № 543 Гремячевского месторождения и возникающие при этом осложнения.

Предмет исследования – диагностические признаки поглощения бурового раствора, выявляемые по данным ГТИ.

Цель работы – выявить и систематизировать признаки поглощения бурового раствора по данным ГТИ, а также оценить их значение для раннего обнаружения осложнения и эффективности его ликвидации на примере скважины № 543 Гремячевского месторождения.

Задачи исследования:

1. Охарактеризовать геологическое строение Гремячевского месторождения и интервала бурения скважины № 543, выделив факторы, предрасполагающие к возникновению поглощений.

2. Рассмотреть комплекс параметров, контролируемых средствами ГТИ, и существующие методические подходы к диагностике поглощений бурового раствора.

3. Выполнить анализ динамики параметров ГТИ при возникновении, развитии и ликвидации поглощения на скважине № 543, выделить

диагностические признаки и оценить эффективность проведённых изоляционных мероприятий.

Практическая значимость. Полученные результаты могут быть использованы специалистами ГТИ и буровыми бригадами при выделении и ликвидации аналогичных осложнений на других скважинах Гремячевского месторождения, а также при подготовке производственных рекомендаций и уточнении регламентов геолого-технологического контроля.

Достоверность результатов обеспечивается использованием реальных производственных материалов (геолого-технический наряд, суточная диаграмма ГТИ, акт предварительного расследования осложнения) и апробированных подходов к диагностике поглощений.

Структура и объём работы. Работа состоит из введения, трёх разделов: «Геолого-геофизическая характеристика района работ», «Методика геолого-технологических исследований при диагностике поглощений», «Анализ диагностических признаков поглощения на скважине № 543 по данным ГТИ», заключения, списка литературы из 20 наименований и трёх приложений.

Благодарности. Автор выражает благодарность сотрудникам ООО «НК «Новый Поток» за предоставленные материалы и возможность ознакомиться с реальными условиями геолого-технологического сопровождения бурения.

Основное содержание работы.

Первый раздел «Геолого-геофизическая характеристика района работ». Гремячевское месторождение расположено в Бузулукском районе Оренбургской области. В тектоническом отношении район приурочен к Бузулукской впадине – крупной отрицательной структуре, характеризующейся разломно-блоковым строением. Само месторождение связано с антиклинальной складкой, осложнённой тектоническими нарушениями, что создаёт условия для развития трещиноватости в карбонатных породах.

Интервал бурения скважины № 543 (2477–2783 м) полностью сложен карбонатными породами каменноугольного возраста – известняками и доломитизированными разностями с прослоями ангидритов. По данным

геолого-технического наряда, серпуховский ярус (2527–2733 м) в этом интервале выделен как «зона ограничения», а внутри него ранее уже отмечался интервал потерь бурового раствора 2540–2552 м. Кроме того, в разрезе присутствует продуктивный пласт О2 (2751–2770 м), для которого характерна повышенная приёмистость.

Сочетание карбонатного состава пород, разломно-блоковой тектоники, наличия ранее зафиксированных потерь и выделенной «зоны ограничения» делало интервал 2477–2783 м изначально предрасположенным к поглощениям. Именно в пределах серпуховского яруса, на глубине 2622 м, впоследствии произошло осложнение, что напрямую связывает его геологические особенности с развитием потерь бурового раствора.

Второй раздел «Методика геолого-технологических исследований при диагностике поглощений». Информационную основу работы составили геолого-технический наряд (ГТН), суточная диаграмма ГТИ и акт предварительного расследования осложнения. По данным ГТН при проходке серпуховского яруса (зона ограничения) предусматривался контроль расхода на входе и выходе, уровня раствора в ёмкостях и газосодержания. Фактически контроль выполнялся станцией «GeoScare», регистрировавшей объём раствора в ёмкостях, расход на входе и выходе, давление на манифольде, нагрузку на долото, механическую скорость, глубину забоя и другие параметры.

Прямой признак поглощения – снижение объёма раствора в рабочих ёмкостях сверх нормы на углубление скважины. Количественная оценка интенсивности поглощения выполнялась по разности расходов на входе и выходе:

$$Q_{\text{инт}} \approx Q_{\text{вх}} - Q_{\text{вых}},$$

где $Q_{\text{вх}}$ – расход жидкости, подаваемой в скважину, $Q_{\text{вых}}$ – расход жидкости на выходе. Более точную оценку объёма потерь дает снижение уровня раствора в приёмной емкости:

$$Q = Sh,$$

где S – площадь приемной емкости, h – высота снижения уровня. Тогда интенсивность поглощения определяется выражением:

$$Q_{\text{инт}} = \frac{Sh \cdot 60}{t},$$

где t – время снижения уровня в емкости. Для рассматриваемого случая при площади приемной емкости 8 м^2 , снижении уровня на $0,5 \text{ м}$ за 10 мин интенсивность составит:

$$Q_{\text{инт}} = \frac{8 \cdot 0,5 \cdot 60}{10} = 24 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Полученный результат соответствует интенсивности, зафиксированной на суточной диаграмме. По классификации это частичное поглощение (5–30 % от подачи насоса) с сохранением циркуляции.

Косвенные признаки вскрытия приёмистой зоны проявились в механических параметрах: на глубине 2622 м зафиксирован провал инструмента на 1 м , полное отсутствие нагрузки на долото и последующее её снижение с 14 до 7 т при постоянной механической скорости 10 м/ч .

Для ликвидации поглощения применялась вязкоупругая смесь (ВУС) концентрацией 114 кг/м^3 . Эффективность работ оценивалась по восстановлению материального баланса, устойчивости циркуляции при ступенчатом увеличении расхода до 40 л/с и отсутствию скачков давления. Комплексный анализ прямых и косвенных признаков позволил не только зафиксировать факт поглощения, но и определить момент его начала, глубину развития и характер изменения потерь.

Третий раздел «Анализ диагностических признаков поглощения на скважине № 543 по данным ГТИ». Поглощение бурового раствора на скважине №543 зафиксировано $31.10.2025$ в $04:45$ в интервале $2622–2625 \text{ м}$, который относится к серпуховскому ярусу – «зоне ограничения» по данным ГТН. Литология интервала осложнения представлена известняком, доломитом и ангидритом, что характерно для карбонатного разреза, склонного к трещиноватости и кавернозности.

На рисунке 1 приведён фрагмент суточной диаграммы ГТИ, на котором зафиксирован момент вскрытия приёмистой зоны.

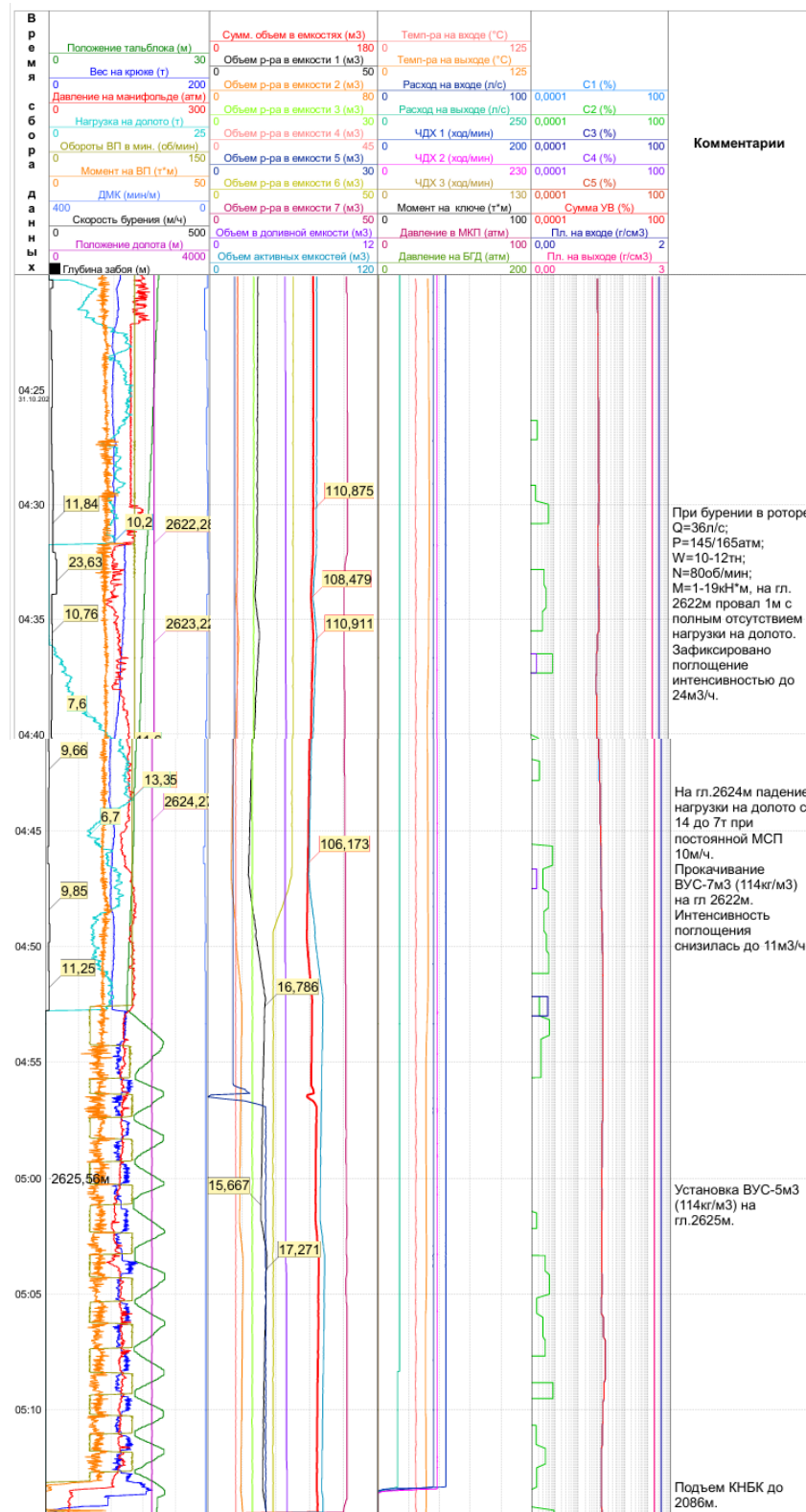


Рисунок 1 – Фрагмент суточной диаграммы ГТИ скважины №543 за 31.10.2025 с 04:20 по 05:14

Анализ диаграммы и акта предварительного расследования показал, что наиболее ранним диагностическим признаком стал провал инструмента на 1 м с полным исчезновением нагрузки на долото на глубине 2622 м. Затем нагрузка снизилась с 14 до 7 т при постоянной механической скорости проходки 10 м/ч. Одновременно развивалось поглощение интенсивностью до 24 м³/ч, что по классификации соответствует частичному поглощению (5–30 % от подачи насоса) с сохранением циркуляции.

Важным фактором, усилившим развитие осложнения, стали фактические свойства бурового раствора. Как показано на рисунке 2, пластическая вязкость раствора в момент поглощения составила 43 сПз при проектных 20 сПз, что привело к росту гидравлических потерь, увеличению эквивалентной циркуляционной плотности и дополнительной нагрузке на приёмистую зону.

31.10.25 6:00. Бурение под Э/К 168м. 2625м. место отбора проб рабочая емкость

Параметры бурового раствора	План (проект)	Факт
Тип бурового раствора	Известковистый соленасыщенный	Известковистый соленасыщенный
Плотность, г/см ³	1,15	1,17
УВ/вода, %	3	3
Пластическая вязкость, сПз	20	43
Водоотдача, см ³ /30мин	8	4
СНС мин/10мин (фунт/100фуг2)	4-15/5-20	5/8

Рисунок 2 – Сопоставление проектных и фактических параметров бурового раствора в момент поглощения

Систематизация выявленных признаков показала, что прямое нарушение материального баланса (интенсивность поглощения до 24 м³/ч) подтверждает факт потерь. Однако наиболее ранним и показательным признаком вскрытия приёмистой зоны является провал инструмента на 1 м с полным исчезновением нагрузки на долото на глубине 2622 м – этот признак опережает изменение расходных параметров. Дополнительным косвенным механическим признаком стало падение нагрузки с 14 до 7 т при постоянной механической скорости 10 м/ч. Превышение фактической пластической вязкости над

проектной (43 сПз вместо 20 сПз) создавало дополнительную гидравлическую нагрузку на пласт, что способствовало развитию и сохранению потерь.

Для ликвидации поглощения применялась вязкоупругая смесь (ВУС) концентрацией 114 кг/м³. Первая прокачка ВУС объемом 7 м³ снизила потери с 24 до 11 м³/ч. После установки дополнительной пачки ВУС 5 м³ и промывки в интервале 2086–2068 м интенсивность снизилась до 6,5 м³/ч. Полная ликвидация осложнения достигнута после установки кольматирующего состава ВУС объемом 15 м³ и контрольной промывки на глубине 1240 м со ступенчатым увеличением расхода до 40 л/с, по результатам которой интенсивность поглощения составила 0 м³/ч. Осложнение ликвидировано 01.11.2025 в 18:25, общее время на устранение – 1,56 суток (37,5 ч).

Таким образом, комплексный анализ прямых (материальный баланс) и косвенных (механические параметры, свойства раствора) признаков по данным ГТИ позволил не только своевременно диагностировать поглощение, но и проследить эффективность каждого этапа изоляционных работ. Установлено, что наиболее ранним признаком вскрытия трещинно-кавернозной зоны в карбонатном разрезе является провал инструмента и падение нагрузки на долото.

Заключение.

В результате выполненной работы решена поставленная задача – выявлены и систематизированы диагностические признаки поглощения бурового раствора по данным ГТИ на примере скважины № 543 Гремячевского месторождения.

Основные результаты исследования:

1. По геологическому строению интервала. Установлено, что интервал бурения 2477–2783 м, сложенный карбонатными породами каменноугольного возраста, изначально предрасположен к поглощениям. Это обусловлено разломно-блоковой тектоникой Бузулукской впадины, наличием в разрезе «зоны ограничения» (серпуховский ярус), ранее зафиксированных

потерь на 2540–2552 м и продуктивного пласта О2 с повышенной приёмистостью. Поглощение на глубине 2622 м стало закономерной реализацией этих предпосылок.

2. По диагностическим признакам поглощения. В ходе анализа эпизода осложнения установлено, что наиболее ранним и показательным признаком вскрытия трещинно-кавернозной зоны является провал инструмента с полным исчезновением нагрузки на долото, который опережает изменение расходных параметров на 10–15 минут. Прямые признаки нарушения материального баланса (снижение расхода на выходе, падение уровня в ёмкостях, рост интенсивности потерь до 24 м³/ч) подтверждают факт поглощения, но не всегда позволяют диагностировать его на самой ранней стадии. Дополнительным фактором, усилившим развитие осложнения, стало превышение фактической пластической вязкости бурового раствора (43 сПз против проектных 20 сПз), что привело к росту эквивалентной циркуляционной плотности и дополнительной нагрузке на приёмистую зону.

3. По эффективности изоляционных работ. Показано, что применение вязкоупругой смеси (ВУС) концентрацией 114 кг/м³ обеспечило поэтапное снижение интенсивности поглощения: с 24 до 11 м³/ч после первой прокачки 7 м³ и до 6,5 м³/ч после последующих операций. Полная ликвидация осложнения достигнута после установки кольматирующего ВУС объёмом 15 м³ и контрольной промывки с выходом на расход до 40 л/с, по результатам которой интенсивность потерь составила 0 м³/ч. Общее календарное время на устранение осложнения – 1,56 суток (37,5 ч).

Выгодное отличие полученных результатов от известных решений. В отличие от стандартных методов диагностики, ориентированных преимущественно на контроль материального баланса, в данной работе установлено, что для карбонатных трещинно-кавернозных разрезов наиболее ранним признаком поглощения является не изменение расходов, а провал инструмента и падение нагрузки на долото. Этот признак зафиксирован по данным ГТИ и подтверждён актом расследования, что позволяет

рекомендовать его использование для раннего обнаружения аналогичных осложнений.

Ограничения и перспективы дальнейших исследований. Полученные результаты базируются на анализе одного эпизода поглощения на одной скважине. Для подтверждения выявленных закономерностей требуется накопление статистических данных по другим скважинам Гремячевского месторождения. Перспективным направлением является количественная оценка зависимости между ростом пластической вязкости бурового раствора и увеличением эквивалентной циркуляционной плотности для условий карбонатного разреза, что позволит перейти от качественной диагностики к прогнозной оценке риска поглощения.