

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

Кафедра геофизики

**«Результаты анализа аварийной ситуации при заклинивании
геофизического зонда в скважине №117 Южно-Мечеткинского
месторождения»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 531 группы
направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
профиль «Геолого-геофизический сервис»
геологического факультета
Сахнова Сергея Николаевича

Научный руководитель
к.г.-м.н., доцент

Зав. кафедрой
к.г.-м.н., доцент

подпись, дата

Волкова Е. Н.

подпись, дата

Волкова Е. Н.

Саратов 2026

Введение. Актуальность работы. Геофизические исследования скважин занимают важное место в системе изучения и освоения нефтегазовых месторождений. По данным ГИС уточняется геологическое строение разреза, выделяются продуктивные интервалы, оцениваются коллекторские свойства пластов и характер их насыщения. От качества этих данных зависит не только достоверность геологической модели, но и эффективность дальнейших решений при бурении, испытании и эксплуатации скважин.

При этом проведение каротажных работ связано с рядом технических и технологических рисков. Одной из наиболее серьезных аварийных ситуаций является заклинивание геофизического прибора в стволе скважины. Подобные осложнения могут привести к повреждению дорогостоящего оборудования, простоя буровой или каротажной бригады, потере части геофизической информации и необходимости повторного проведения исследований. В отдельных случаях авария осложняет дальнейшие работы в скважине и требует привлечения специализированных аварийных служб.

Особую значимость данная проблема приобретает при исследованиях на месторождениях со сложным геологическим строением, где ствол скважины может проходить через интервалы кавернозности, неустойчивых пород и зон повышенного риска прихвата прибора. Поэтому анализ причин заклинивания геофизического зонда и разработка профилактических мероприятий являются актуальными как с производственной, так и с практической точки зрения.

Объектом исследования является скважина №117 Южно-Мечеткинского месторождения.

Предметом исследования являются причины возникновения аварийной ситуации при заклинивании геофизического прибора в процессе проведения каротажных работ.

Цель работы — проанализировать аварийную ситуацию, связанную с заклиниванием геофизического зонда в скважине №117 Южно-Мечеткинского месторождения, и предложить меры по предупреждению подобных осложнений.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

1. Рассмотреть геолого-геофизическую характеристику Южно-Мечеткинского месторождения.
2. Охарактеризовать геофизическое оборудование, применяемое при проведении каротажных работ.
3. Описать аварийную ситуацию с заклиниванием прибора ГИС, включая основные события и предпринятые меры.
4. Выявить технические, технологические, организационные причины и человеческие факторы, повлиявшие на развитие аварии.
5. Предложить мероприятия, направленные на снижение риска повторения подобных аварий при проведении геофизических исследований скважин.

Структура и объём работы. Работа состоит из введения, трёх разделов: «Геолого-геофизическая характеристика района работ», «Геофизическое оборудование для каротажных работ применяемое на Южно-Мечеткинском месторождении», «Разбор аварийной ситуации с заклиниванием прибора ГИС», заключения, списка литературы из 21 наименования и приложения.

Основное содержание работы.

Первый раздел «Геолого-геофизическая характеристика района работ». Южно-Мечеткинский участок расположен в Федоровском районе Саратовской области, в пределах Саратовского Заволжья. Ближайшими населенными пунктами являются Пензенка и Романовка, районный центр — пгт Мокроус — находится примерно в 20 км к юго-востоку. Территория представляет интерес для нефтегазового освоения, поскольку перспективные объекты здесь связаны с отложениями каменноугольного и девонского возраста.

Изучение Южно-Мечеткинского участка велось последовательно: от региональных гравиметрических и электроразведочных работ к

сейсморазведке МОГТ, геохимическим исследованиям, глубокому бурению и комплексной интерпретации геолого-геофизических материалов. В результате этих работ были уточнены особенности строения района, выделена Мечеткинская седловина и подтверждена перспективность девонских и каменноугольных горизонтов [15].

Литолого-стратиграфический разрез участка представлен осадочными образованиями кайнозойского, мезозойского и палеозойского возрастов. Верхняя часть разреза сложена преимущественно терригенными породами: песками, глинами, песчаниками и алевrolитами. Ниже залегают пермские карбонатно-сульфатные образования, а основную мощность палеозойской части составляют карбонатные и карбонатно-терригенные толщи каменноугольной системы. Для разреза характерны чередование пород различного состава, литологические переходы и изменение мощностей отдельных подразделений, что имеет значение при интерпретации данных ГИС.

В тектоническом отношении Южно-Мечеткинская структура приурочена к Мечеткинской седловине, расположенной в зоне сочленения юго-восточной части Степновского сложного вала, бортовой зоны Прикаспийской впадины, Пугачевского свода и Воскресенской впадины. Такое положение определяет сложное строение района, где сочетаются элементы платформенного поднятия, погружения и разрывной тектоники, как показано на рисунке 1.

По структурным построениям установлено, что к юго-востоку от Южно-Мечеткинской структуры прослеживаются субширотные сбросы предфаменского возраста, а севернее выделяются три ступенчатых блока, погружающихся в северном направлении. Размеры структуры по разным отражающим горизонтам изменяются от $2,1 \times 0,9$ км до $2,1 \times 1,5$ км, амплитуда достигает 50–75 м [15].

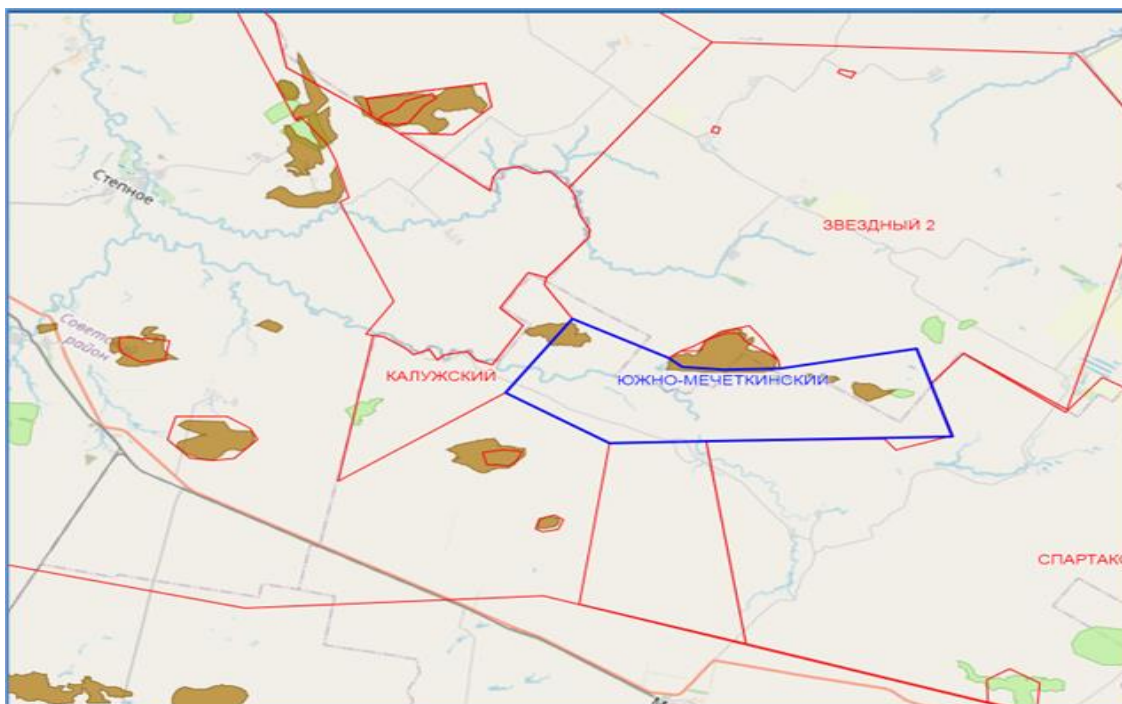


Рисунок 1 — Местоположение Южно-Мечеткинского участка [15]

Геолого-геофизическая характеристика района показывает, что Южно-Мечеткинский участок отличается сложным строением разреза и неоднородной тектонической обстановкой. Эти особенности важны не только для оценки перспектив нефтегазоносности, но и для анализа условий проведения геофизических исследований, поскольку литологические переходы и структурные осложнения могут влиять на прохождение скважинных приборов.

Второй раздел «Геофизическое оборудование для каротажных работ применяемое на Южно-Мечеткинском месторождении».

Во втором разделе рассмотрено геофизическое оборудование, применяемое при проведении каротажных работ на Южно-Мечеткинском месторождении. Отмечено, что геофизические исследования скважин выполняются с использованием единого комплекса наземной и скважинной аппаратуры. В него входят каротажная станция, спускоподъемное оборудование, геофизический кабель, скважинные приборы, системы

регистрации, блоки питания, датчики глубины и натяжения, а также средства проверки и калибровки измерительных каналов.

Особое внимание уделено тому, что при каротаже прибор перемещается в стволе скважины на геофизическом кабеле. Кабель выполняет сразу несколько функций: удерживает скважинную аппаратуру, обеспечивает ее питание и передачу информации на поверхность. Поэтому техническое состояние кабеля, лебедки, датчиков натяжения и самого прибора напрямую связано не только с качеством получаемых данных, но и с безопасностью работ. Нарушение в работе этих элементов может привести к потере телеметрии, повреждению оборудования, прихвату или заклиниванию прибора [16].

В разделе приведена классификация оборудования для каротажных работ. К основным группам отнесены наземная аппаратура, спускоподъемный комплекс, скважинные приборы, измерительно-регистрирующие системы и средства метрологического контроля. Скважинные приборы, в зависимости от изучаемых физических свойств пород, подразделяются на электрические и электромагнитные, радиоактивные, акустические, а также приборы технического контроля скважины. Для темы работы особенно важны электромагнитные методы, средства контроля натяжения и глубины, а также состояние корпуса прибора и геофизического кабеля.

Отдельно рассмотрен аппаратурно-программный комплекс высокочастотного индукционного каротажного изопараметрического зондирования ВИКИЗ. Он предназначен для изучения электрических свойств пород в открытом стволе вертикальных, наклонно-направленных и горизонтальных скважин. Метод применяется для определения удельного электрического сопротивления, выделения коллекторов, оценки зоны проникновения фильтрата бурового раствора и уточнения характера флюидонасыщения пластов [1, 21].

Аппаратура ВИКИЗ включает скважинный прибор и наземное оборудование. Скважинная часть состоит из зондового комплекса и

электронно-измерительного блока. В состав комплекса входят пять электромагнитных зондов различной длины: 0,5; 0,7; 1,0; 1,4 и 2,0 м. За счет использования зондов разной глубинности прибор позволяет оценивать изменение сопротивления от прискважинной зоны к более удаленной части пласта [1, 14].

Принцип работы ВИКИЗ основан на возбуждении электромагнитного поля и регистрации вторичного поля, возникающего в горных породах. Измеряемая разность фаз связана с удельным электрическим сопротивлением пород. Породы различного состава и насыщения по-разному проводят электрический ток, поэтому данные ВИКИЗ помогают выделять проницаемые интервалы, оценивать насыщение и уточнять границы пластов.

Для рассматриваемой работы важно, что ВИКИЗ является не только информативным методом каротажа, но и протяженным скважинным прибором, перемещаемым на кабеле. При прохождении участков с кавернозностью, сужениями, уступами, скоплением шлама или нарушенной устойчивостью стенок возрастает риск механического зацепления корпуса и заклинивания прибора. Поэтому перед проведением исследований необходимо контролировать исправность кабеля, работу лебедки, герметичность корпуса, устойчивость телеметрии и показания датчиков натяжения [16].

В итоге во втором разделе показано, что качество и безопасность каротажных работ зависят не только от информативности применяемого метода, но и от технического состояния всего комплекса оборудования. Это имеет прямое значение для дальнейшего анализа аварийной ситуации, связанной с заклиниванием прибора ГИС в скважине №117.

Третий раздел «Разбор аварийной ситуации с заклиниванием прибора ГИС». В третьем разделе выполнен разбор аварийной ситуации, связанной с заклиниванием прибора ГИС в скважине №117 Южно-Мечеткинское месторождения. Для анализа использованы сведения производственного журнала и фрагмент каротажной диаграммы по интервалу

2230–2240 м. Это позволило связать сам факт заклинивания не только с работой оборудования, но и с особенностями строения разреза.

По данным производственного журнала, до глубины около 2180 м каротажные работы проходили без выраженных отклонений: прибор перемещался по стволу скважины в штатном режиме, данные поступали на поверхность, натяжение кабеля оставалось в допустимых пределах. Первые признаки осложнения появились при подходе к интервалу 2230–2240 м. Были отмечены кратковременные колебания натяжения кабеля и нарушение устойчивости телеметрии. После остановки и небольшого подъема прибора связь восстановилась, поэтому работы были продолжены.

Наиболее выраженное осложнение было зафиксировано в районе глубины около 2238 м. В этот момент произошло резкое увеличение натяжения кабеля, ухудшилось свободное перемещение прибора и нарушилась передача данных. Попытки подъема сопровождались нарастающим сопротивлением, поэтому резкие действия были прекращены. Это решение было обоснованным, так как при заклинивании чрезмерное тяговое усилие может привести к повреждению кабеля, обрыву прибора или ухудшению состояния ствола скважины [16, 19].

Фрагмент каротажной диаграммы подтверждает, что отметка около 2238 м находится в сложном по строению интервале. На рисунке представлены литологическая колонка, данные о насыщении и комплекс каротажных кривых: SP, GR, FTNL, KRIL, R005, R007, R010, R014, R020 и LL10. Эти материалы позволяют оценить литологию, проницаемость, насыщение и электрические свойства пород.

По литологической колонке видно, что интервал 2230–2240 м неоднороден. В нем чередуются проницаемые пласты, плотные и глинистые прослои. В районе 2238 м фиксируется переход от одного литологического интервала к другому. В открытом стволе такие переходы могут сопровождаться локальными неровностями, уступами, скоплением шлама или повышенным контактом корпуса прибора со стенкой скважины.

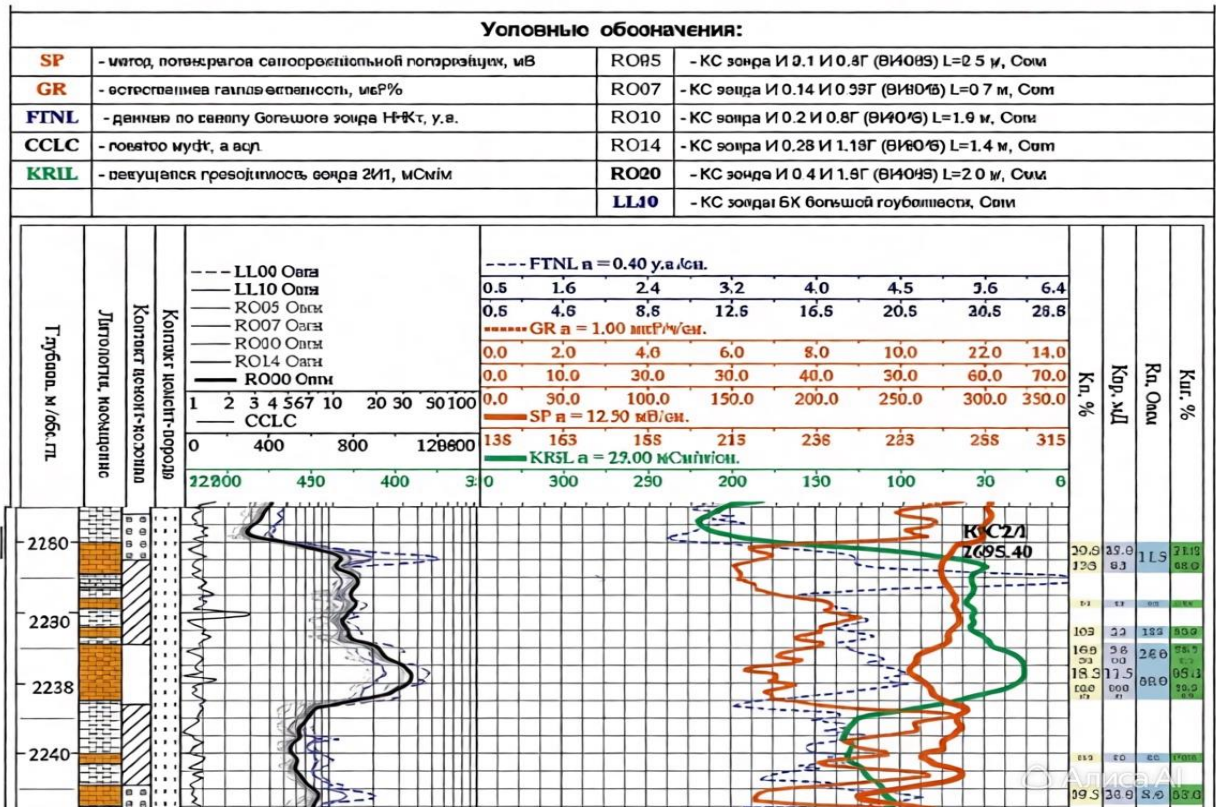


Рисунок 2 – Фрагмент диаграммы каротажа скважины №117 Южно-Мечеткинского месторождения [15]

Кривые GR и SP подтверждают смену глинистых и проницаемых интервалов. Кривая FTNL дополняет оценку пористости и характера насыщения. Особое значение имеют кривые сопротивления R005–R020 и LL10: их расхождение показывает, что зонды разной глубинности регистрируют неодинаковый электрический отклик. Это может быть связано с зоной проникновения бурового раствора, изменением насыщения или неоднородным строением пласта [1, 21]. Кривая KRIL также меняет положение в рассматриваемом интервале, что указывает на изменение проводимости пород.

Производственный журнал и каротажная диаграмма дополняют друг друга. Журнал фиксирует изменение поведения прибора: колебания натяжения, нарушение телеметрии, рост сопротивления движению и

остановку в районе 2238 м. Диаграмма показывает, что эта же глубина совпадает с зоной литологической неоднородности и изменчивых электрических характеристик. Поэтому наиболее вероятная глубинная привязка аварийной ситуации — интервал около 2238 м.

Анализ причин показал, что заклинивание прибора нельзя объяснить только одним фактором. Технические причины связаны с возможным повышением трения корпуса о стенку скважины, нагрузкой на геофизический кабель, нестабильностью телеметрии и необходимостью точного контроля работы лебедочного оборудования. При прохождении неоднородного интервала прибор мог встретить локальное сопротивление, связанное с неровностью ствола, сужением или скоплением шлама.

Технологические и организационные причины проявились в том, что интервал 2230–2240 м не был заранее оценен как участок повышенного риска. На диаграмме нет отдельной кривой кавернометрии, поэтому состояние ствола можно оценивать только косвенно. При наличии такой информации можно было бы заранее определить возможные каверны, сужения или уступы. Кроме того, после первых признаков осложнения работы были продолжены, хотя повторное появление колебаний натяжения и потери телеметрии требовало более осторожной тактики.

Человеческий фактор проявился в недооценке первых признаков осложнения: временное восстановление связи было воспринято как устранение проблемы, хотя прибор лишь вышел из зоны повышенного сопротивления. После фиксации аварии работы перевели в режим ликвидации, исключив рывки и чрезмерную нагрузку на кабель [16, 19]. Для профилактики необходимо заранее выделять опасные интервалы по данным ГИС, контролировать натяжение, телеметрию и при повторных отклонениях приостанавливать работы до выяснения причины.

Для скважины №117 наиболее опасным участком является интервал около 2238 м, где совпали производственные признаки осложнения и геофизические признаки сложного строения разреза. Проведенный анализ

показал, что предупреждение заклинивания прибора зависит от сочетания технического контроля, правильной подготовки скважины, внимательности персонала и своевременного распознавания первых признаков осложнения.

Заключение. В заключении отмечено, что цель работы достигнута: аварийная ситуация при заклинивании прибора ГИС в скважине №117 Южно-Мечеткинское месторождения была рассмотрена на основе производственного журнала и фрагмента каротажной диаграммы. Установлено, что наиболее вероятная зона осложнения связана с интервалом около 2238 м, где совпали признаки нарушения движения прибора и сложного строения разреза.

Основными причинами аварии стали сочетание технических, технологических, организационных факторов и недооценка ранних признаков осложнения. Для предупреждения подобных случаев предложено заранее выделять потенциально опасные интервалы по данным ГИС, контролировать натяжение кабеля и телеметрию, снижать скорость движения прибора в сложных участках и при повторяющихся отклонениях приостанавливать работы до выяснения причины.