

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

Кафедра геофизики

**«Исследование горизонтальной скважины методом спектральной
акустической шумометрии»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 531 группы
направление 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
профиль «Геолого-геофизический сервис»
геологического факультета
Литвинова Виктора Владимировича

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

Е. Н. Волкова

подпись, дата

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

Е. Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2026

Введение. На современном этапе разработки нефтегазовых месторождений важное значение имеет получение достоверной информации о работе продуктивных пластов в эксплуатационных скважинах. Особенно сложной эта задача становится для горизонтальных скважин, где приток формируется по протяжённому интервалу фильтра и зависит от неоднородности коллектора, конструкции ствола, режима работы скважины и характера многофазного потока. В таких условиях традиционные методы контроля не всегда дают достаточную информацию, особенно при слабом притоке, когда механическая расходометрия имеет ограниченную эффективность.

Актуальность темы выпускной квалификационной работы связана с необходимостью более надёжного выделения работающих интервалов и уточнения характера фильтрации в горизонтальных скважинах на поздних стадиях разработки. При слабых дебитах возрастает роль методов, фиксирующих косвенные признаки притока, в том числе спектральной акустической шумомерии. Её применение в комплексе с термометрией и методами контроля состава флюида позволяет уточнять зоны фильтрационной активности и повышать достоверность интерпретации.

Объектом исследования является горизонтальная скважина 00404Г, вскрывающая пласт ПК20.

Предметом исследования являются возможности спектральной акустической шумомерии при выделении работающих интервалов и оценке характера притока в составе комплекса промыслово-геофизических методов.

Целью работы является оценка эффективности применения спектральной шумомерии при исследовании горизонтальной скважины в условиях слабого притока на примере скважины 00404Г.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие **задачи:**

1. изучить геолого-геофизические условия района работ и особенности строения продуктивного объекта;

2. рассмотреть методические основы применения комплекса геофизических методов при исследовании горизонтальных скважин;
3. охарактеризовать физические основы и область применения спектральной акустической шумометрии в системе промыслово-геофизического контроля;
4. выполнить анализ результатов комплексных геофизических исследований по скважине 00404Г;
5. выделить работающие интервалы пласта ПК20, оценить состав притока и техническое состояние скважины;
6. определить роль спектральной шумометрии в уточнении интервалов фильтрации и оценить её практическую эффективность в условиях слабого притока.

В работе использованы материалы промыслово-геофизических исследований, данные термометрии, влагометрии, механической расходомерии, резистивиметрии, манометрии, спектральной акустической шумометрии, а также результаты гидродинамического исследования по кривой восстановления давления. Методической основой исследования послужили труды по геофизическим методам контроля разработки нефтяных и газовых месторождений, материалы по интерпретации данных ГИС-контроля и производственные материалы по скважине 00404Г.

Работа состоит из введения, трёх глав, заключения и приложений. В первой главе приведена геолого-геофизическая характеристика района работ. Во второй главе рассмотрены методические основы исследования горизонтальных скважин и применения спектральной шумометрии в составе комплекса геофизических методов. В третьей главе представлены результаты комплексной интерпретации по скважине 00404Г и выполнена оценка эффективности спектральной шумометрии при выделении работающих интервалов пласта ПК20.

Основное содержание работы.

Первый раздел «Геолого-геофизическая характеристика района работ». Нефтегазоконденсатное месторождение расположено в Ямало-Ненецком автономном округе, в северной части Западной Сибири, в пределах Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Район характеризуется равнинным заболоченным рельефом, суровыми климатическими условиями и развитой промысловой инфраструктурой. Объект исследования — горизонтальная скважина 00404Г, вскрывающая пласт ПК20 покурского комплекса. Разрез месторождения сложен мощной толщей мезозойско-кайнозойских отложений, где терригенные коллекторы чередуются с глинистыми покрышками. Пласт ПК20 представлен неоднородными песчано-алевролитовыми коллекторами с глинистыми прослоями, что влияет на распределение притока по длине горизонтального фильтра. Тектоническое строение района связано с пологими поднятиями, прогибами и разломно-блоковыми элементами, которые могут усиливать латеральную неоднородность пласта. Нефтегазоносность объекта определяется покурским комплексом, а слабый приток и многофазный характер движения флюида осложняют применение прямой расходомерии. Поэтому для скважины 00404Г особое значение приобретает комплексная интерпретация ПГИ с использованием термометрии, методов состава флюида и спектральной акустической шумомерии.

Второй раздел «Методика исследования».

Исходными материалами послужили детальные планшеты промыслово-геофизических исследований по скважине 00404Г, данные термометрии, влагомерии, механической расходомерии, резистивиметрии, манометрии, спектральной акустической шумомерии, сведения о конструкции скважины и результаты обработки кривой восстановления давления. Основной интервал исследования — фильтр горизонтального ствола в пределах пласта ПК20 на глубинах 2732,0–3247,7 м.

Методика работы основана на комплексной интерпретации данных ПГИ, поскольку в горизонтальной слабодобитной скважине один метод не

позволяет надёжно выделить работающие интервалы. Сначала учитывались конструкция скважины, положение эксплуатационной колонны, хвостовика, НКТ, текущего и искусственного забоя. Это необходимо для отделения пластовых проявлений от эффектов, связанных с геометрией ствола и изменением условий движения флюида.

Термометрия использовалась для выявления температурных аномалий, связанных с притоком и локальными теплообменными процессами в зонах фильтрации. Влагометрия и резистивиметрия применялись для уточнения состава флюида и выделения участков поступления воды, нефти или их смеси. Механическая расходометрия рассматривалась как вспомогательный метод, так как при слабом притоке и многофазном потоке её информативность снижается.

Спектральная акустическая шумометрия применялась для регистрации акустических проявлений, возникающих при фильтрации флюида через работающие пласты и пропластки. При интерпретации анализировались интервалы изменения амплитуды и частотного состава шумов, после чего они сопоставлялись с температурными аномалиями, данными влагометрии, резистивиметрии, режимом работы скважины и конструктивной схемой ствола. Акустические признаки считались связанными с фильтрацией только при их согласовании с другими геофизическими данными.

Дополнительно использовались материалы КВД, которые позволили оценить пластовое давление, проницаемость, скин-фактор, радиус исследования и коэффициент продуктивности. Эти данные не выделяют работающие интервалы напрямую, но характеризуют общее состояние системы «пласт — скважина» и подтверждают слабодобитный характер объекта.

Эффективность спектральной шумометрии оценивалась по её способности уточнять локальные зоны фильтрационной активности внутри протяжённого горизонтального фильтра, особенно в тех условиях, где механическая расходометрия не обеспечивает достоверного профиля притока.

Комплексное сопоставление термометрии, методов состава флюида, манометрии, расходомерии и шумомерии позволило повысить надёжность выделения работающих интервалов пласта ПК20.

Третий раздел «Результаты исследований скважины 00404Г и оценка эффективности спектральной шумомерии». Практическая часть работы выполнена на примере горизонтальной скважины 00404Г куста 122Н, эксплуатирующей пласт ПК20. Данный объект выбран для оценки возможностей спектральной акустической шумомерии, поскольку скважина характеризуется протяжённым горизонтальным фильтром, слабым притоком и многофазным характером движения флюида. Траектория исследуемой скважины приведена на рисунке 1.

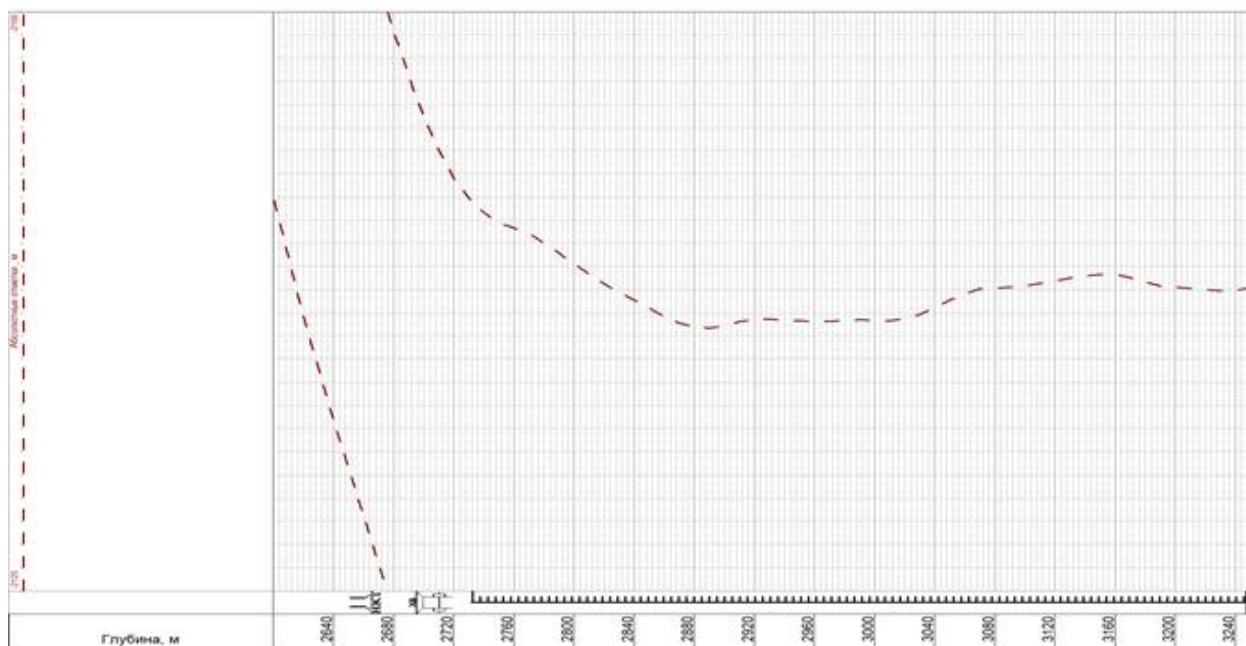


Рисунок 1 — Траектория скважины 00404Г

Исследования выполнялись в интервале фильтра 2732,0–3247,7 м. По конструктивным данным глубина спуска эксплуатационной колонны составляет 2736,0 м, хвостовик установлен в интервале 2694,8–3248,7 м, НКТ спущены на глубину 2664,7 м. Текущий забой находится на глубине 3247,4 м, искусственный забой — на глубине 3247,57 м. Эти сведения имеют важное значение для интерпретации, так как изменение диаметра потока, положения

хвостовика и условий движения флюида влияет не только на термогидродинамическую картину, но и на характер акустических сигналов.

Геофизические исследования проводились в период с 25.07.2023 по 12.08.2023 с применением колтюбинговой технологии доставки приборов. В состав комплекса входили термометрия, локальная и объёмная влагометрия, механическая расходометрия, резистивиметрия, манометрия, гамма-каротаж и спектральная акустическая шумометрия. Работы выполнялись с использованием геофизической колтюбинговой установки МК30Т, расходомера «Сова-3Р» №055J, комплексных приборов «Сова-9» №012L и «Сова-с9влб» №042L, а также шумометрического прибора ГЕО-МША №060.

Программа исследований включала замеры в остановленной скважине, режимы компрессирования, измерения после прорыва пусковых муфт, азотирование, повторные регистрации в остановленном и динамическом режимах, а также длительную запись кривой восстановления давления. Такая организация работ позволила сопоставить поведение скважины в разных режимах и отделить устойчивые пластовые проявления от временных режимных эффектов. Динамика забойных параметров во времени показана на рисунке 2.

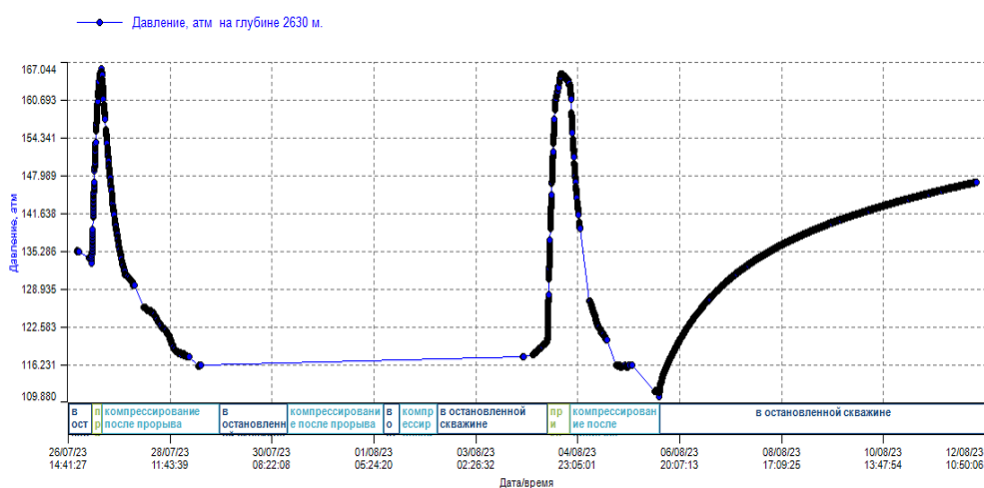


Рисунок 2 — Исходная диаграмма изменения забойных параметров во времени

По результатам комплексной интерпретации установлено, что техническое состояние скважины на момент проведения исследований было

удовлетворительным. Признаки негерметичности обсадной колонны, НКТ и забоя не выявлены. Также не установлены признаки заколонных и внутрискважинных перетоков. Это позволило связать зарегистрированные температурные, фазовые и акустические проявления не с нарушением конструкции скважины, а с работой перфорированного пласта ПК20.

Источник обводнения продукции был отнесён к самому пласту ПК20. Такой вывод основан на том, что признаки поступления воды из вышележащих или нижележащих интервалов отсутствуют, а основные температурные, влагометрические и акустические проявления локализуются в пределах работающей части фильтра. Следовательно, обводнённость связана с фазовым составом флюида, поступающего из продуктивного пласта.

Главной задачей интерпретации было выделение работающих интервалов в пределах горизонтального фильтра. При слабом притоке наиболее информативными оказались высокочувствительная термометрия и методы определения состава флюида. Механическая расходометрия в данных условиях не дала устойчивого профиля притока, что связано с малыми скоростями движения флюида и многофазной структурой потока. Поэтому её результаты использовались как вспомогательные, а основная интерпретация была выполнена по данным термометрии, влагометрии, резистивиметрии и спектральной шумометрии

Таблица 1 — Работающие интервалы пласта ПК20 по данным ПГИ

Интервал, м	Метод выделения	Состав притока
2732,0–2782,5	Термометрия	Вода + нефть*
2810,5–2855,5	Термометрия	Вода + нефть*
2882,0–2935,0	Термометрия	Вода + нефть
2968,0–3009,0	Термометрия	Вода + нефть
3065,6–3092,6	Термометрия	Вода + нефть
3166,0–3188,6	Термометрия	Вода + нефть

Как показано в таблице 1, в пределах фильтра пласта ПК20 выделено шесть работающих интервалов: 2732,0–2782,5 м; 2810,5–2855,5 м; 2882,0–2935,0 м; 2968,0–3009,0 м; 3065,6–3092,6 м; 3166,0–3188,6 м. Работа пласта имеет распределённый характер и не ограничивается одной локальной зоной.

Наиболее протяжённые интервалы приурочены к верхней и средней части фильтра, что указывает на неравномерное участие отдельных участков горизонтального ствола в формировании притока.

Особого пояснения требуют интервалы 2732,0–2782,5 м и 2810,5–2855,5 м, где состав притока указан как «вода + нефть*». В режиме принудительного притока объёмная влагометрия не зафиксировала углеводородную фазу уверенно, однако в остановленной скважине и после азотирования отмечалось накопление углеводородов в вертикальной части ствола и в верхних точках горизонтального участка. Поэтому для данных интервалов принят смешанный состав притока по совокупности температурных, фазовых и режимных признаков. В остальных работающих интервалах признаки совместного притока воды и нефти выражены более уверенно и подтверждаются согласованием термометрии с методами состава флюида.

Материалы КВД подтвердили слабодобитный характер объекта. Продолжительность регистрации составила 139 ч, при этом позднерадикальный режим фильтрации не был достигнут, поэтому проницаемость и скин-фактор оценены приближённо. Пластовое давление на глубине замера 2630,0 м составило 165,77 атм, при приведении к кровле пласта ПК20 — 166,89 атм. Проницаемость оценена на уровне 0,28 мД, полный скин-фактор составил - 6,42, радиус исследования — 43,0 м, коэффициент продуктивности — 0,11 м³/сут/атм. Эти данные объясняют низкую информативность механической расходомерии при исследовании скважины.

Оценка эффективности спектральной акустической шумомерии выполнялась через сопоставление акустических проявлений с результатами термометрии, влагометрии, конструкцией скважины и режимами исследования. По данным шумомерии в пределах фильтра пласта ПК20 выделены устойчивые низкочастотные акустические проявления в интервалах 2732–2747 м, 2842–2855 м и 2967–2983 м. Они интерпретированы как зоны фильтрации флюида по пластам и пропласткам и согласуются с работающими

интервалами, выделенными по температурному полю и данным состава флюида.

Наиболее важный результат применения спектральной шумометрии заключается в уточнении активных участков внутри более протяжённых зон притока. Термометрия позволила выделить работающие интервалы по изменению теплового поля, а шумометрия дополнительно подтвердила движение флюида через проницаемые участки пласта. При этом акустические данные оценивались с учётом конструкции скважины, так как изменение геометрии ствола и условий течения также влияет на частоту и амплитуду шумов.

В результате установлено, что спектральная акустическая шумометрия повышает достоверность выделения работающих интервалов пласта ПК20 в условиях слабого притока. Метод не заменяет весь комплекс ПГИ, но существенно дополняет термометрию, влагометрию и манометрию, позволяя локализовать зоны фильтрационной активности там, где механическая расходометрия не даёт надёжного профиля притока.

Заключение. В настоящей работе рассмотрено применение спектральной акустической шумометрии при исследовании горизонтальной скважины 00404Г. Объектом анализа являлся пласт ПК20, характеризующийся литолого-фациальной неоднородностью и слабым притоком.

По результатам комплексной интерпретации установлено, что техническое состояние скважины удовлетворительное: признаков негерметичности обсадной колонны, НКТ, забоя, заколонных и внутрискважинных перетоков не выявлено. Источник обводнения связан с перфорированным пластом ПК20.

В интервале фильтра 2732,0–3247,7 м выделено шесть работающих интервалов: 2732,0–2782,5 м; 2810,5–2855,5 м; 2882,0–2935,0 м; 2968,0–3009,0 м; 3065,6–3092,6 м; 3166,0–3188,6 м. Основную роль при их выделении сыграли термометрия и методы определения состава флюида, поскольку

механическая расходомерия при слабом притоке оказалась малоинформативной.

По данным спектральной шумомерии устойчивые низкочастотные акустические проявления зафиксированы в интервалах 2732–2747 м, 2842–2855 м и 2967–2983 м. Их совпадение с работающими зонами, выделенными по термометрии и влагомерии, подтвердило связь этих проявлений с фильтрацией флюида.

Материалы КВД дополнительно подтвердили слабодобитный характер объекта: поздне радиальный режим фильтрации не достигнут, проницаемость оценена на уровне 0,28 мД, коэффициент продуктивности составил 0,11 м³/сут/атм.

Проведённое исследование показало, что спектральная акустическая шумомерия является эффективным элементом комплекса ПГИ для горизонтальных скважин со слабым притоком. Метод не заменяет термометрию, влагометрию и гидродинамические исследования, но повышает достоверность выделения работающих интервалов и позволяет уточнять локальные зоны фильтрационной активности там, где прямые расходные измерения недостаточно информативны.