

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

Кафедра геофизики

**«Построение одномерной геомеханической модели разреза скважины №  
180 ПО на месторождении А»**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 5 курса 532 группы  
направление 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
профиль «Геолого-геофизический сервис»  
геологического факультета  
Царегородцева Максима 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 2026

**Введение.** Развитие геомеханического моделирования в России позволило расширить применение данного типа моделирования для решения конкретных проблем недропользователей. Однако зачастую инженеры по геомеханике сталкиваются с проблемами, основной из которых является отсутствие необходимых и достаточных данных для моделирования и низкое качество их интерпретации.

В результате геомеханическое описание, построенная со значительными допущениями, имеет низкую достоверность и не решает поставленные задачи. Процесс геомеханического описания является малой частью всего спектра задач, обеспечивающих качественное внедрение модели.

Определение минимального набора необходимых комплексов геофизических исследований скважин (ГИС), исследований кернового материала, числа опорных скважин и объема необходимых дополнительных исследований для каждого типа скважин является базовым для начала формирования качественной геомеханической модели.

Вопрос изученности объекта или месторождения всеми необходимыми видами исследований поднимается уже на этапе разработки, что неизбежно приведет к увеличению затрат на эксплуатационное бурение. На проектах, сопровождаемых бурением, происходит вовлечение специалистов-геомехаников на этапе разведочных работ для обсуждения необходимых комплексов ГИС, интервалов отбора керна с учетом имеющихся проблем и последующих планов по разработке тех или иных целевых горизонтов.

Геомеханическое описание — это комплексное изучение напряженного состояния, деформационных и прочностных свойств горных пород. Оно является фундаментальной основой для прогнозирования поведения массива горных пород при техногенных воздействиях. Геомеханика объединяет принципы механики сплошных сред, структурной геологии и физики пород для обеспечения безопасности, и эффективности горнодобывающих, строительных и нефтегазовых работ.

**Целью** данной работы является построение одномерной геомеханической модели скважины № 180 ПО. Построение данной модели поможет произвести определение безопасных проходных условий «окна бурения» для строительства разведочной скважины № 180 ПО с АВПД, в частности **задачи**, которые необходимо решить в рамках выполнения основной цели являются:

- дать геолого-геофизическую характеристику Салмановского НГКМ;
- охарактеризовать методику получения безопасных проходных условий, так называемое «окно бурения»;
- провести посекционный выбор плотности бурового раствора, основанной на интерпретировании данных ГИС;
- произвести расчёт для расчётов градиентов давления гидроразрыва, поглощения и обрушения горных пород на всём разрезе скважины № 180 ПО.

**Объем и структура диссертации:** выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников. Общий объем ВКР 50 страниц. Список использованных источников содержит 15 наименований.

**Содержание работы. Раздел 1 «Краткая геологическая характеристика района работ».** Содержит 4 подраздела.

**Подраздел 1.1 должен содержать общие сведения о Салмановском НГКМ.** Содержит физико-географическое описание территории, в пределах которой расположено изучаемое месторождение. В физико-географическом плане месторождение газоконденсатное месторождение находится на территории Ямальского полуострова. В административном отношении участок расположено в Тазовском районе Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области. Месторождение открыто в 1979 г. поисково-оценочной скважиной 101ПО, при опробовании которой из пласта ТП1-3 был получен фонтан газа дебитом 141,9 тыс. м<sup>3</sup>/сут с незначительным содержанием воды.

На текущий момент месторождение находится на стадии разведки. По состоянию на март 2025 г. в пределах месторождения закончено бурением 1 параметрическая скважина (№ 130П) и 20 поисково-разведочных скважин.

**Подраздел 1.2 «Литолого-стратиграфическую характеристику разреза».** Содержит литолого-стратиграфическую характеристику разреза. Основными системами, где необходимо произвести одномерное геомеханическое моделирование являются Юрская и Меловая. Юрские отложения представлены чередованием терригенных пород: серых алевритов, мелкозернистых песчаников и аргиллитов. В нижней части разреза встречаются прослой углей. Продуктивные пласты индексируются как ЮЯ<sub>2</sub>– ЮЯ<sub>4</sub> и относятся к малышевской свите. Ниже, во вымской свите, выделяются пласты ЮЯ<sub>7</sub> – ЮЯ<sub>9</sub>. Вышележащие и нижележащие юрские пласты разделены мощной глинистой пачкой (толщиной до 120 метров). В юрском разрезе присутствует хорошо выраженный в сейсморазведке баженовский горизонт, который активно изучается с применением современных технологий обработки геофизических данных. Меловая система наиболее продуктивная часть разреза. Нижний мел Берриас-аптские отложения. Сложены чередованием песчаников, алевритов и глин (мегитская, вартовская свиты). Песчаные пласты являются основными резервуарами газа и конденсата. Верхний мел Альб-сеноманские отложения. Представлены в основном песчано-алеваитовыми породами, перекрывающимися глинистыми толщами (кузнецовская свита — региональный флюидоупор).

**Подраздел 1.3 «Тектоника».** Содержит описание тектонических особенностей района работ. Кроме того, на месторождении имеются неопределенности, связанные с широким диапазоном изменчивости величины пластового давления по результатам замеров в пробуренных скважинах (отмечается тенденция увеличения Ка пластового давления в ачимовских пластах с востока на запад).

Так на примере пласта БГ<sub>2-12</sub> показана проблема неопределенностей при переносе свойств рисунки 1.3, 1.4. «Опорные» скважины №№ 182Р, 131ПО и 145

Р вскрыли кровлю пласта шельфовой части клиноформенного комплекса, где в верхней части встречается коллектор.

**Подраздел 1.4 «Нефтегазоносность».** Содержит характеристику и описание нефтегазоносности района. Нефтегазоносность Салмановского НГКМ характеризуется как чрезвычайно высокая, являясь одной из ключевых перспективных баз для развития СПГ-проектов в России. Гыданская нефтегазоносная область (НГО) сосредоточена преимущественно в апт-альб-сеноманских и неокомских отложениях, при этом основную ценность представляют запасы газа и конденсата. Юрские отложения: рассматриваются как перспективные резервуары. В отличие от Ямала, сеноманские залежи здесь менее значительны, а основной упор делается на более глубокие отложения.

**Раздел № 2 «Методика проведения работ».** Содержит 4 подраздела.

**Подраздел 2.1 «Методика по дополнительным исследованиям».** Включает цели и задачи геолого-технологических исследований при бурении скважины № 180 ПО. Следует показать, что для повышения точности 1D геомеханических моделей после бурения проектных скважин, качества прогноза предбуровых моделей по проектным поисково-разведочным и эксплуатационным скважинам, а также для геомеханического сопровождения в процессе бурения скважин месторождения и соседних площадей рекомендуется проведение следующих мероприятий и дополнительных исследований:

**Подраздел 2.2 «Методика построения 1D геомеханической модели характеристика и описание данных ГИС»** Посвящён описанию построения одномерных геомеханических моделей. должен содержать описание анализа данных ГИС в том числе АКШ. Для построения одномерных 1D геомеханических моделей наибольший интерес представляет информация по акустическому широкополосному и плотностному каротажам, так как они являются исходными данными для расчета упругих свойств горных пород. Кроме того, в расчетах могут использоваться стандартный комплекс ГИС, включая гамма-каротаж, каротаж сопротивлений, кавернометрию, и результаты

петрофизической интерпретации, включая пористость, проницаемость, литологию, насыщение.

### **Подраздел 2.3 «Анализ исследований микроимиджерами»**

Посвящён анализу исследований микроимиджерами. Указано, что скважинные имиджеры являются мощным инструментом для исследования сложнопостроенных коллекторов, предоставляя уникальную информацию о структурных и текстурных особенностях изучаемых пластов, в том числе информацию в масштабе кернового материала. Развитие методов обработки и интерпретации позволяет оптимизировать существующие подходы к оценке имиджей на качественном и количественном уровнях. Они также способствуют повышению эффективности и качества работы с имиджами за счёт новой пообъектной информации

### **Подраздел 2.4 «Анализ результатов испытаний, ГРП, ELOT (FIT)»**

Посвящён анализу результатов испытаний, ГРП, ELOT (FIT). Указано, что в пределах месторождения выполнено большое количество исследований по определению пластового давления в процессе испытания перспективных объектов (пласты ПК, ТП, БГ, Ач и Ю) в поисково-разведочных скважинах, где выявлены закономерности его роста с глубиной.

**Раздел 3 «Результаты исследований».** Содержит анализ и описание построения одномерной геомеханической модели. Основными неопределенностями и рисками при расчете 1D геомеханической модели проектной скважины № 180ПО является правильный и корректный перенос необходимых каротажей (DTP, DTS, RHOV, GR, RT/УЭС, литология) и механических свойств пород (упруго-прочностные свойства) с «опорных» скважин, так как отложения ахской свиты характеризуются сложным геологическим строением с наличием клиноформ, зон выклинивания, конусов выноса, развитием отдельных питающих каналов, которые в связи с низкой разбуренностью ачимовского комплекса на месторождении не могут быть уверенно спрогнозированы. В результате при попытке переноса свойств с

«опорной» скважины на проектную в пределах одноименных пластов согласно геологическим разбивкам возникает некорректная ситуация, когда зарегистрированный сигнал каротажа по «опорной» скважине № 182Р с глубины 2806-2982 м (АО) переносится на АО 3060-3129 м по проектной скважине № 182Р, где уплотнение горных пород, и соответственно отклик сигнала ГИС, должно быть выше большой глубины залегания БГ<sub>21</sub> в проектной скважине с одинаковым, как получается при переносе по пластам. В итоге после проведения вышеописанных исследований получены результаты 1 D геомеханического моделирования.

По результатам интерпретации FMI в скважинах №№ 132ПО и 140Р определено направление минимального горизонтального напряжения (80-110°/260-290°) и максимального горизонтального напряжения (170-200°/350-20°). На рисунке 2.8 представлены результаты интерпретации данных электрического микроимиджера в скважине №№ 132ПО и 140Р, где направление вывалов соответствует азимуту минимального горизонтального напряжения.

Выполненные записи кросс-дипольного АКШ в скважинах месторождения также подтверждают характер распространения направлений горизонтальных напряжений, выявленных в скважинах № 132ПО и № 140Р, что также согласуется с региональным развитием напряжений в Западной Сибири. В целом величина акустической анизотропии по данным АКШ составляет 1-5%. Методы выделения трещин, основанные на основе классических градиентных фильтров, неустойчивы к шумам, а также обладают слабой предсказательной способностью. Графовые алгоритмы, предложенные в работе, позволяют, помимо выявления трещин, выделять также компоненты изображения, связанные с вывалами пород и их текстурой.

В итоге после проведения вышеописанных исследований получены результаты 1 D геомеханического моделирования, представленные на рисунке 1

# 180ПО\_пилот

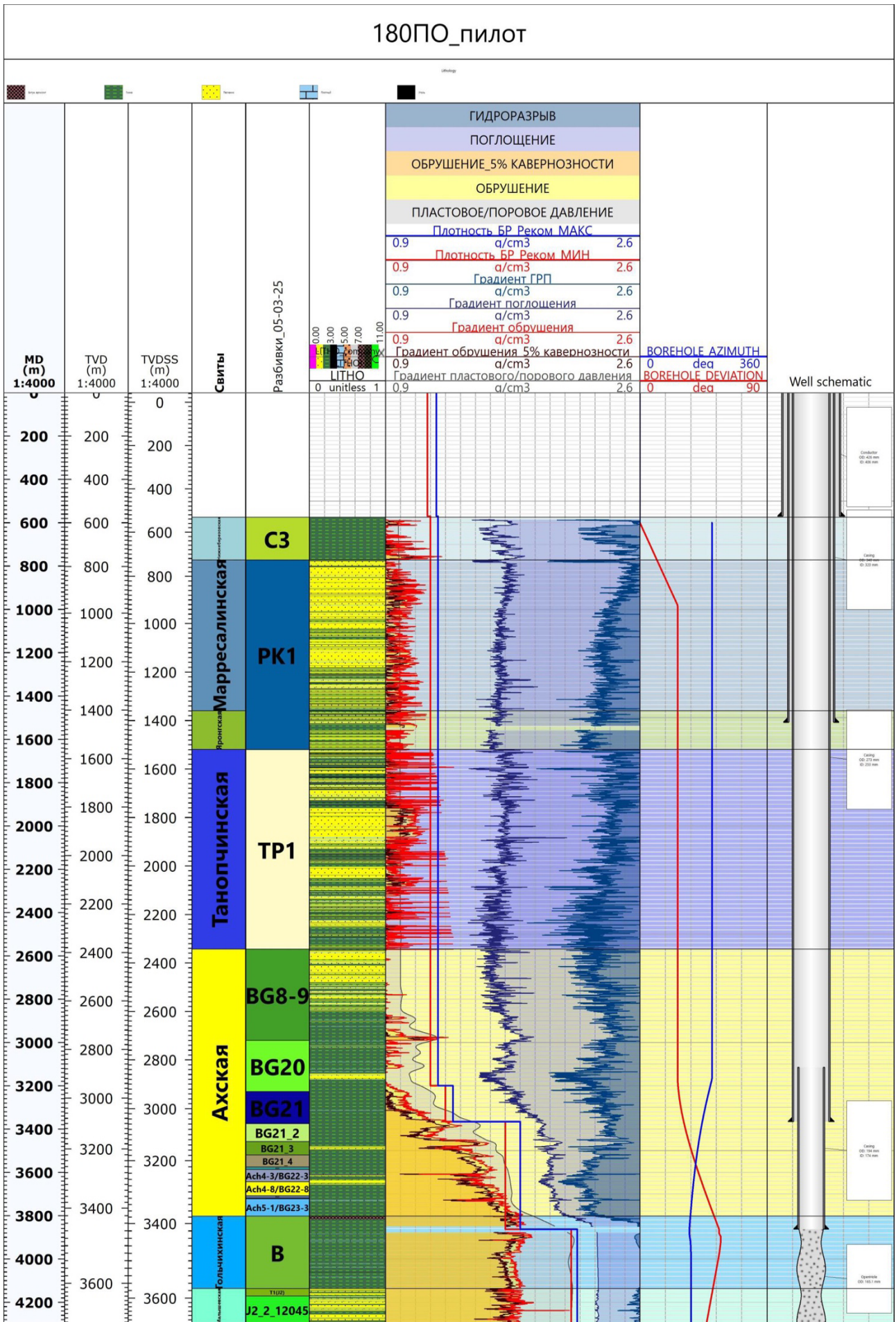


Рисунок 1 – 1 D геомеханическая модель скважины

**Заключение.** Рассмотрев данные, полученные от непосредственно пробуренных скважин, проведенных в них ГИС. Таким образом на месторождении был изучен комплекс исследований в реальных горно-геологических условиях. В ходе выполнения работы были изучены технологические, газовые, литологические и гидравлические параметры, а также получены навыки по инженерной поддержке, геомеханическому моделированию, инженерному геологическому сопровождению, и другим важным направлениям.

Основная задача работы, а именно построение одномерной геомеханической модели скважины № 180 ПО выполнена в полном объеме. На диаграммах с учётом глубины скважины указаны градиенты обрушения, начала поглощения и гидроразрыва пластов. Определена плотность бурового раствора на каждый интервал скважины для безопасного бурения в условиях АВПД. Так в секции под техническую колонну с учётом обновлённой геомеханической модели «безопасная» плотность бурового раствора составляет  $1,49 \text{ г/см}^3$ , в секции эксплуатационная колонна  $1,70 \text{ г/см}^3$ , в секции потайной колонны  $2,05 \text{ г/см}^3$  и в секции под хвостовик  $2,08-2,10 \text{ г/см}^3$ .

Также в работе решены все задачи а именно: изучено геологическое строение, особенности продуктивных горизонтов; рассмотрены теоретические основы и современные методы ГИС. Выполнен детальный анализ данных, полученных при бурении скважин установлены ключевые факторы, влияющие на качество и информативность горно-геологических наблюдений.

Проведенные исследования позволили провести комплексное геомеханическое описание для оптимизации процесса бурения и конструкции скважины № 180ПО. Анализ геологических и геофизических данных, а также учет неопределенностей, связанных с изменчивостью пластового давления и геологическим строением ачимовских отложений, позволили подготовить рекомендации для безопасного строительства скважины.

