

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

Кафедра геофизики

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т М А Г И С Т Е Р С К О Й Р А Б О Т Ы

«Прогнозирование зон АВПД в процессе бурения на территории
Ковыктинского ГКМ»

Студента 2 курса 261 группы
направление 05.04.01 Геология
профиль «Геофизика при поисках нефтегазовых месторождений»
геологического ф-та

Мастрюкова Андрея Андреевича

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

подпись, дата

М.В.Калинникова

Зав. кафедрой
к.г.-м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2024

Введение. Актуальность исследований. Ковыктинское газоконденсатное месторождение (ГКМ) недостаточно изучено сточки зрения геологии, не выявлена изменчивость пластов коллекторов, как по латерали, так и горизонтали, что необходимо для обеспечения безопасности его эксплуатации, экономической эффективности, а также для количественного определения и прогнозирования зон аномально высокого пластового давления (АВПД).

На базе организации «Востокгазгеофизика», занимающейся геолого-технологическим исследованием скважин и геофизическим исследованием скважин, была внедрена методика оценки АВПД.

Объект исследования данной работ - вендские песчаные отложения (парфеновский продуктивный горизонт). Которые являются сложно построенным коллектором и требуют специально методики по их изучению.

Целью выпускной квалификационной работы является прогнозирование зон АВПД по данным ГТИ на примере скважины № 902 Ковыктинского ГКМ.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие **задачи:**

1. Изучить геологическую характеристику района исследований.
2. Рассмотреть теоретические основы возникновения зон АВПД.
3. Описать методику прогнозирования зон АВПД.
4. Провести опробование методики на скважине № 902.
5. Ковыктинского ГКМ.
6. Провести прогнозирование зон АВПД в песчаниках вендского возраста в СКВ №902.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения. Пяти разделов: геологическая характеристика района работ, методика исследования АВПД, методы определения зон АВПД, методы прогноза АВПД, результаты исследования, заключения, списка использованных источников и приложения.

Основное содержание работы. В разделе 1 Ковыктинское ГКМ расположено на территории Жигаловского и Казачинско-Ленского районов Иркутской области, в 350 км к северо-востоку от г. Иркутска. Ближайшими к месторождению населенными пунктами являются п. Чикан и п. Жигалово, расположенные соответственно в 50 и 90 км к юго-западу от месторождения (**подраздел 1.1**). Ковыктинское ГКМ расположено в пределах Лено-Ангарского плато, приуроченного к южной части Средне-Сибирского плоскогорья. Рельеф района резко пересечённый, склоны водоразделов крутые

В геологическом строении верхней части разреза исследуемого объекта садовый чехол составлен отложениями рифея, венда, кембрия и ордовика, (**подраздел 1.2**): Основной объем чехла занимают венд и кембрий. Согласно современному свитному расчленению отложений венда мотская свита, в частности, переведена в ранг серии, в составе которой выделяются чорская, катангская, собинская и тэтэрская свиты.

В тектоническом плане территория исследований (**подраздел 1.3**) расположен на Ангаро-Ленской ступени (югСибирской платформы) в пределах Ковыктинского выступа. Ступень имеет неправильную угловато-извилистую форму [9], являясь промежуточной структурой между Присяжно-Енисейской синеклизой на северо-западе, Катангской седловиной на севере, Непско-Ботубинской антеклизой на северо-востоке, Предпатомским региональным прогибом на востоке и горными обрамлениями на юго-востоке и юго-западе. Ковыктинское месторождение находится в Ангаро-Ленской нефтегазоносной области (**подраздел 1.4**). В современном структурном плане Ангаро-Ленская НГО представляет собой Ангаро-Ленскую ступень - моноклизу с пологим (2–5 м/км) погружением чехла платформы на север. В центральной части и восточной частях моноклиза деформирована и осложнена крупными разрывными нарушениями субмеридионального и северо-восточного направлений, с которыми устанавливается связь крупных -

Атовско-Радуйской (Верхнеангарский район) и Жигалово-Ковыктинской (Верхнеленский район) зон преимущественно углеводородного газоаккумуляции. По результатам глубокого бурения в южной и западной частях Ангаро-Ленской НГО были установлены обильные газопроявления, 257 дебитные залежи нефти и газа на Ахинской, Парфеновской, Осинской и других площадях.

Ковыктинское газоконденсатное месторождение (ГКМ) открыто нефтепоисковым бурением в 1987 г. ПГО «Востсибнефтегазгеология»; с 1992 г. доразведку осуществляет ОАО «Русия Петролеум». На месторождении отработано 2600 км сейсморазведочных профилей, пробурено 46 поисково-разведочных скважин, из них 38 скважин вскрыли продуктивный горизонт. Изученная часть месторождения (Ковыктинский и Хандинский участки) составляет 6 тыс. км².

Газоконденсатная залежь выявлена в парфеновском горизонте, залегающем в верхней части чорской свиты венда. В разрезе месторождения установлены терригенно-карбонатные отложения рифея – венда, перекрытые галогенно-карбонатными и терригенными образованиями кембрия и ордовика. В структурном отношении Ковыктинская газоносная площадь – это крупная литологически ограниченная ловушка на моноклиналии, полого погружающейся в северо-западном направлении склоне Ангаро-Ленской ступени; градиент падения от 1,0 до 2,8 м/км. В погруженной ее части моноклиналия постепенно переходит в малоамплитудную седловину, сопредельную с Усть-Кутским сводовым поднятием. Оно приурочено к полого воздымающемуся и расширяющемуся в юго-восточном направлении выступу фундамента с градиентом подъема пород 0,35 м/км.

Раздел 2 посвящен теоретическим основам и методике исследования АВПД

Пластовые давления, превышающие гидростатическое, т.е. давление столба пресной воды (плотностью 103 кг/м³), по высоте равного глубине пласта

в точке замера, называют аномально высокими (АВПД), меньше гидростатического -- аномально низкими (АНПД).

Аномально пластовое давление существует в изолированных системах. Природу возникновения и связь аномальных давлений не могут объяснить до сих пор. Основными причинами образования аномально пластового давления считают уплотнение глинистых пород, катагенетического преобразования пород и содержащегося в них органического вещества, процессы тектогенеза и геотермические условия земных недр. Каждый из этих факторов может преобладать в зависимости от геологического строения и истории развития региона. Однако, по мнению некоторых исследователей, важнейшим, повидимому, является температурный фактор, т.к. коэффициент теплового расширения различных флюидов, заключённых в изолированном объёме пород, значительно больше, чем у минеральных компонентов горных породах. Для определения и возникновения АВПД (**подраздел 2.1**) нужно выделить аномальное поровое давления. Это давление, действующее на флюиды (воду, нефть, газ), содержащиеся в поровом пространстве породы, величина которого отличается от нормального, т.е. гидростатического. Понятие аномально высокого пластового давления (АВПД) появилось в отечественной литературе на рубеже 40-50-х гг., когда на месторождениях Азербайджана впервые удостоверились в реальном существовании пластовых давлений, в 1,5-2 раза превышающих условное гидростатическое давление. Однако работы 40-50-х годов не удалось найти в открытом доступе. Важный фактор, от которого зависит начальное пластовое давление, – горное давление. Горное давление – следствие суммарного влияния на пласт геостатического и геотектонического давлений (напряжений). Геостатическим называется давление, оказываемое весом вышележащей толщи горных пород. Величина его зависит от мощности и плотности пород. Геостатическое давление передается породами, а внутри породы – зернами

(скелетом), слагающими пласт. Ему противодействует поровое давление жидкости, насыщающей горную породу.

Давления (напряжения), образующиеся в пластах в результате непрерывно-прерывистых тектонических процессов, называют геотектоническими напряжениями (геотектоническими давлениями). Наличие АВПД благоприятно сказывается на коллекторских свойствах вмещающих пород, увеличивает время естественной эксплуатации нефтяных и газовых месторождений без применения дорогостоящих вторичных методов, повышает удельные запасы газа и дебиты скважин, является благоприятным в отношении сохранности скоплений углеводородов, свидетельствует о наличии в нефтегазоносных бассейнах изолированных участков и зон.

Аномально высокие давления почти всегда сопровождаются повышением пористости глин, понижением солености поровых вод, а также повышением температуры. Наряду с этим отмечается уменьшение электрического сопротивления, увеличение электропроводности и времени пробега звуковой волны, уменьшение объемного веса пород и ослабление сигналов импульсного нейтронного каротажа.

Методы определения зон АВПД делятся на прямые, оценочные и косвенные. **(раздел 3)** Прямой метод - испытание пласта. Оценочные методы: 1-по величине избыточного давления на устье закрытой скважины, 2 - (+ гидростатическое давление); 3 по величине давления начала поглощения (теоретическая верхняя граница пластового давления); 4 по эквивалентной плотности бурового раствора (с учетом гидродинамических давлений) на момент поступления газа из пласта в скважину. Косвенные методы - методы в процессе бурения: 1-D - экспоненты - определение в мягких пластичных породах (глинах). Метод основан на зависимости нормализованной скорости проходки от дифференциального давления между скважиной и пластом. 2-) Метод Итона. Итон предложил использовать переменное геостатическое

давление и эмпирически полученный коэффициент Пуассона в качестве контролирующего фактора для градиента давления гидроразрыва.

Метод *Итона* наиболее широко распространен в нефтяной промышленности. Он представляет собой вариант метода Хьюберт-Виллиса, в котором допускается, что давление вышележащих пород и коэффициент Пуассона - переменные величины. Коэффициент Пуассона характеризует свойство горной породы изменять свои размеры в направлении, перпендикулярном к приложенному напряжению. Таким образом, учитывается действие напряжений в двух измерениях.

Формула расчета метода Итона:

$$\overline{grad \text{ Итона}}(i) = (\overline{gradRock}(i) - \overline{gradPoreP}(i)) * (\overline{coefPuas} / (1 - \overline{coefPuas})) + \overline{gradPoreP}(i) \quad (1)$$

$\overline{coefPuas}$ – коэффициент Пуассона;

$\overline{gradRock}$ – градиент горного давления (плановый);

$\overline{gradPoreP}$ – градиент расчетный по d-exp;

При бурении в зонах АВПД буровой раствор для предупреждения выбросов из скважин утяжеляют, то есть давление бурового раствора в скважине поддерживают несколько большим пластового во время бурения такой зоны. (**подраздел 3.1**). Из обычных тин не удастся получить буровые растворы плотностью выше 1,3 г / см³ из-за сильного повышения вязкости. Повысить плотность можно только путем добавления к этой системе утяжелителей - тонко размолотых порошков тяжелых минералов. В качестве утяжелителей чаще всего применяют барит, гематит и магнетит.

По методам прогноза пластовых давлений до начала бурения базируются на использовании результатов разведочной геофизики и проведения аналогий. (**раздел 4**). Согласно теоретическим основам прогнозирования аномальных давлений (**подраздел 4.1**). Не все тектонические процессы в земной коре приводят к образованию аномальных

давлений. Методы прогноза пластовых давлений до начала бурения базируются на использовании результатов разведочной геофизики и проведения аналогий. Наиболее отработанной является методика прогноза пластовых давлений по данным сейсморазведки. (подраздел 4.2). Рассмотрим два метода. В основу первого метода прогноза пластовых давлений, базирующегося на использовании изменения интервальной скорости распространения упругой волны с глубиной, положена методика эквивалентных глубин. Второй метод прогноза пластовых давлений по данным сейсморазведки представляет собой корреляционную зависимость между избыточным давлением и приращением интервальной скорости распространения упругой волны, построенную по результатам исследований, проведенных по изучаемому региону.

Прогноз и оценка АВПД по данным сейсморазведки (подраздел 4.3). Метод реализуется следующим образом. В разрезе скважины выделяется и определяется удельное электрическое сопротивление чистых некарбонатных глин. Затем строится график изменения удельного сопротивления глин от глубины. В зоне нормального давления все точки лягут на прямую линию, так как в этой зоне породы нормально уплотнены. В зоне АВПД точки будут отклоняться от этой линии уплотнения. На графике определяется эквивалентная глубина - минимальная глубина (точка В), в которой значения удельного сопротивления равны значению этого же сопротивления на искомой глубине (точка А) в зоне АВПД. Так как эффективные напряжения на глубине $H_{эkv}$ и H равны, то можно определить искомое АВПД, как показано на рисунке 1.

Как следует из рисунка 9 в зонах от А до Б в пределах полупокрышки происходит ускоренное возрастание АВПД, а глубже Б, в крупном газонефтяном скоплении темпы возрастания АВПД резко снижаются. литологический " барьер ", сверху ограничивающий полупокрышки, обозначен пунктирной кривой внутри 2-ой зоны.

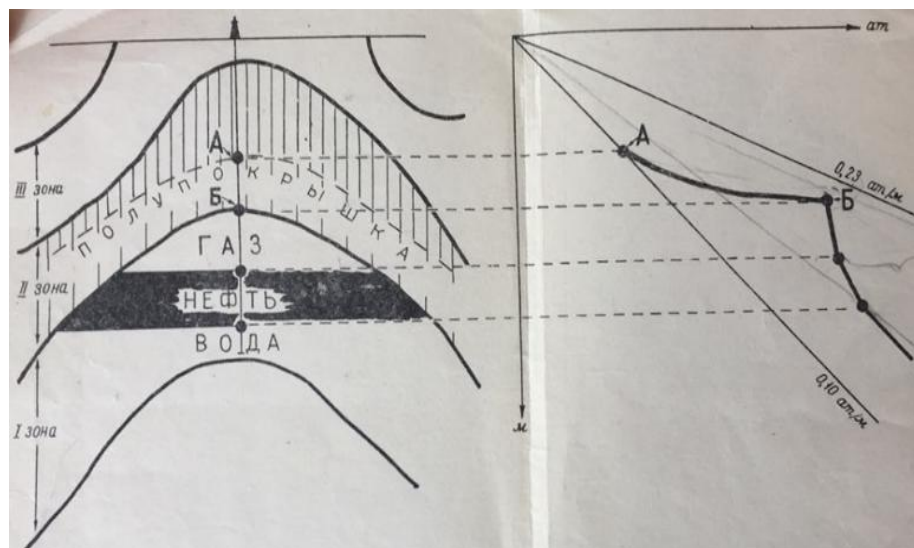


Рисунок 1 - Изменение АВПД с глубиной по зонам давления

Для прогноза распределения зон повышенных и аномально высоких пластовых давлений по исследуемому разрезу выбирается изученный разрез который по основным параметрам соответствует исследуемому. (**подраздел 4.4**). По зависимости, характеризующей изменение пластового давления с глубиной, построенной для эталонного разреза, с учетом разности мощности размыва, прогнозируется распределение пластового давления для исследуемого разреза с отбивкой глубин, соответствующих основным пластам флюидоупорам. Методы для оценки пластовых давлений в процессе бурения скважин с остановкой углубления ствола скважины (**подраздел 4.5**) бывают: по параметрам определения по данным ГИС, определение АВПД по керну. Большой группой представлены методы оценки пластовых давлений в процессе бурения (без остановки углубления ствола скважины), которые в качестве исходной информации используют данные о гидродинамическом взаимодействии пласта с промывочной жидкостью, технологические данные бурения, результаты обработки шлама (**подраздел 4.5**).

Выполнение работ по прогнозированию зон АВПД по даны ГТИ проводилось на базе СКВ 902 Ковыктинского КГМ (**раздел 5**). Для определения аномальности был выбран интервал продуктивного пласта от 3500 метров и более, находящийся в горизонтальной плоскости, как показано на рисунке 2.

Продуктивный пласт пролегает на территории Чёрской свиты, Парфеновского горизонта (П1 и П2) и сложен глинистого песчаника, алевролитов и минимального содержания аргелитов. На рисунке 4 пласт располагается в интервалах П1= с 3830 по 3970 метров, П2 с 3980 по 4240 метров.

Анализ внутрискважинных давлений выполнен по данным ГТИ методами д-экс и методом Итона.

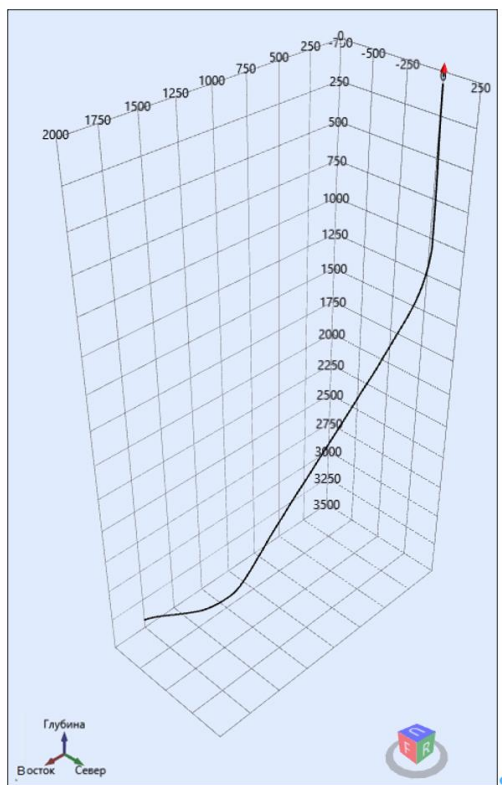


Рисунок 2 - 3D-модель

В ходе работы рассчитаны нормализованные скорости проходки по методам d-экспоненты (d-*exp*). Данные нормализованных скоростей проходки скорректированы по дифференциальному давлению, смене рейсов, смене литологии.

Для построения тренда d-*exp* использовалась экспоненциальная функция вида:

$$dexp_{norm} = a * \exp(b * D_{MD}) + c * \exp(d * D_{MD}) \quad 13$$

где $\overline{dexp_{norm}}$ – тренд нормальных значений; d-expr, $\overline{D_{MD}}$ – глубина по стволу.

Принятые коэффициенты $a=1.141$; $b=0.0001633$; $c=0.1263$; $d=0.0003868$.

Имея все значения, производим расчет линии тренда в привязке к глубине. Результаты расчётов по исследуемому интервалу П1(с 3830 по 3970) и П2(с 3980 по 4240).

Эти данные послужили основой для расчетов АВПД по Методу Итона, который в свою очередь является контрольным методом для точности данных градиента давления. Для получения значений по методу Итона была применен вариант формулы:

$$\overline{grad \text{ Итона } (i)} = (\overline{gradRock(i)} - \overline{gradPoreP(i)}) * (\overline{coefPuas} / (1 - \overline{coefPuas})) + \overline{gradPoreP(i)}$$

(14)

$\overline{coefPuas}$ – коэффициент Пуассона;

$\overline{gradRock}$ – градиент горного давления (плановый);

$\overline{gradPoreP}$ – градиент расчетный по d-expr;

Для применения данного варианта формулы необходимо знать коэффициент Пуассона, который в глинистых песчаниках на территории Ковыктинского ГКМ принято считать 0,38. Плановое значение градиента горного давления было взято из таблицы давлений по территории бурения.

По результатам расчетов поровых давлений (Приложение 1) был составили сводный планшет как показано на рисунке 4. На планшете отражаются все основные показатели, такие как градиент горного давления, градиент пластового давления, градиент по методу Итона, градиент пластового давления по d-expr, Основные параметры бурения (мех. скорость, нагрузка на долото, и градиента давления. плотность на выходе, расход ПЖ на входе, обороты долота.), а так же показатели суммы газов на ввыбуренный метр.

После составления, было обнаружено, что в процессе бурения скважины №902 Ковыктинского ГКМ в зоне возможного появления АВПД, не наблюдается значительных отклонений параметров бурения.

Заключение. В процессе написания данной работы была изучена геологическая характеристика района исследований. Рассмотрены теоретические основы возникновения зон АВПД, описаны методики прогнозирования зон АВПД.

Проведено прогнозирование зон АВПД в песчаниках вендского возраста в СКВ №902. (парфеновский продуктивный горизонт).

Интервал исследований в интервале П1(с 3830 по 3970) и П2(с 3980 по 4240). В данных интервалах мы обнаружили:

Градиенты давлений по d-ехр и Итону изменялись в минимальных пределах, где d-ехр варьировалась от 1,098 до 1,423, и по методу Итона в пределах от 0,01431 до 0,01444.

Данные не имеют значительных отклонений параметров бурения и градиента давления, и говорит об отсутствии АВПД в процессе бурения.

Данное обстоятельство позволяет определить, что из условий максимального сохранения природного состояния коллектора, наиболее перспективным технико-технологическим решением обеспечивающим вскрытие пластов в условиях АВПД является бурение на равновесии или минимально допустимой репрессии с использованием оперативной информации поступающей с забоя скважины. Данная методика прогнозирования была введена на нескольких скважинах территории Ковыктинского КГМ и уже на данный момент обеспечивает безопасность и прогнозирование внештатных ситуаций в процессе бурения скважин связанных с АВПД.

Аномально-высокие пластовые давления могут быть вызваны рядом факторов. Однако все эти факторы можно объединить в две основные группы: первая группа связана с процессами, обусловленными конседиментационными, а вторая- с постседиментационными механизмами формирования АВПД. Такое разделение обусловлено результатами воздействия аномальных пластовых давлений на пористость горных пород при одной и той же величине АВПД.

Полученные результаты позволяют автору ВКР надеяться, что удалось достигнуть заявленную цель исследования.

ПЛАНШЕТ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА ДАВЛЕНИЙ

Месторождение: Ковыктинское ГКМ

масштаб 1: 10000
 глубины в метрах от стола ротора

