

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**Выделение обвалоопасных интервалов на основе комплекса геолого-
геофизических методов**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 261 группы

направления 05.04.01 Геология

геологического факультета

Руднева Сергея Александровича

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 2017

Введение. Бурение нефтегазовых скважин представляет собой весьма сложный и опасный технологический процесс, осложненный разнообразными типами аварий – от прихвата бурового инструмента до выброса пластового флюида. Так, в Оренбургской области сегодня особо остро стоит вопрос с повышенной аварийностью бурения, наблюдаемой в последние годы.

Для снижения аварийности, повышения безопасности, а также снижения затрат и повышения ликвидности месторождений рекомендуется своевременно проводить оценку обвалоопасности разбуриваемого геологического разреза при помощи построения геомеханических моделей. Однако, построение геомеханических моделей - трудоёмкий процесс, требующий крупных материальных инвестиций, большого объёма входной геолого-геофизической информации и привлечения высококвалифицированного персонала.

В условиях дефицита исходной информации, не позволяющего построить информативную геомеханическую модель, автором рекомендуется проводить выделение обвалоопасных интервалов изучаемого геологического разреза на основе комплекса доступной геолого-геофизической информации.

Предложенная методика не требует крупных материальных инвестиций, затрат времени и большого количества высококвалифицированного персонала, однако материальный эффект при применении полученной информации для оперативного решения поставленных задач, в условиях отсутствия полноценной геомеханической модели оказывается существенным.

Цель работы. Выделение обвалоопасных интервалов ствола скважины и выявление наиболее вероятной причины обвалообразования в условиях дефицита исходных данных..

Основные задачи работы.

1. Обосновать необходимость выявления обвалоопасных интервалов и изучения причин неустойчивости стенок скважин с помощью

построения геомеханической модели.

2. Показать крайне высокие требования геомеханического моделирования к составу, объёму и информативности исходных данных.

3. Разработать оптимальный комплекс геолого-геофизических исследований для выявления обвалоопасных интервалов и определения причин неустойчивости стенок скважины.

4. Задать необходимую теоретическую основу интерпретации результатов геолого-геофизических исследований, входящих в разработанный ранее комплекс, для выделения обвалоопасных интервалов и определения причин неустойчивости стенок скважины.

5. Изучить строение региона работы с выделением перспективнообвалоопасных интервалов и наработкой перечня допустимых причин возникновения обвалообразования.

6. На основе доступной геолого-геофизической информации выделить обвалоопасные интервалы и определить возможные причины неустойчивости стенок скважины.

7. Предоставить рекомендации для бурения в выделенных обвалоопасных интервалах, на основе проведённого исследования.

Научная новизна.

1. Обобщены теоретические сведения о выделении обвалоопасных интервалов на основе геолого-геофизической информации.

2. Впервые предложена методика комплексирования геофизических исследований скважин и литолого-петрофизических исследований каменного материала для выделения обвалоопасных интервалов и определения причин возникновения неустойчивости скважин.

3. Разработана программа, позволяющая провести подсчёт объёма обвалившейся породы с построением диаграммы вдоль ствола скважины с выделением наиболее неустойчивых интервалов разреза.

4. Основываясь на реальной геолого-геофизической информации и разработанных в процессе исследования положениях, выявлены

обвалоопасные интервалы, выделена предполагаемая причина возникновения неустойчивости стенок скважины и предоставлены рекомендации для бурения в аварийноопасных интервалах одного из месторождений Оренбургской области.

Научная значимость работы. Разработанная методика заложит основы нового направления геомеханического моделирования, позволяющего выделить обвалоопасные интервалы и предположить причины неустойчивости стенок скважины в условиях невозможности построения информативной геомеханической модели по причине дефицита исходных данных.

Объект исследований и фактический материал. Магистерская работа является результатом теоретических, методических и экспериментальных исследований обвалоопасных интервалов геологического разреза месторождений юго-восточной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. При подготовке работы привлекались фондовые материалы ООО НПО «СНГС», в том числе данные ГИС и ГТИ, литолого-петрофизические исследования каменного материала, а также геолого-промысловая информация об исследуемых месторождениях.

Основное содержание работы. В разделе «Краткая геолого-геофизическая характеристика» содержится обоснование выбора объектом исследования одного из месторождений, расположенных в юго-восточной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, рассмотрены основные черты тектонического и литолого-стратиграфического строения, выделены ведущие нефтегазоносные комплексы.

В тектоническом отношении территория находится в сочленения крупных тектонических элементов: Волго-Уральской антеклизы, Предуральского прогиба, Урала и Прикаспийской впадины. В данном горно-геологическом районе присутствуют повышенные напряжения в земной коре, формирующие напряженно-деформированную среду (НДС), что является одной из первопричин возникновения неустойчивости стенок

скважины.

В осадочном чехле исследуемого месторождения установлены палеозойские и мезозойские осадочные образования, подстилают их метаморфические и магматические породы кристаллического фундамента архейско-раннепротерозойского возраста. В исследуемом геологическом разрезе представлены интервалы, сложенные аргиллитами, и являющиеся перспективнообвалоопасными.

В разделе «Геомеханическое моделирование – современный инструмент проектирования строительства скважин» показано, что геомеханическое моделирование является важным, перспективным с экономической точки зрения инструментом повышения эффективности разработки углеводородных месторождений.

Особенно остро вопрос применения геомеханического моделирования встал в последние годы, когда основным инструментом разработки нефтяных и газовых месторождений стала технология бурения наклонных и горизонтальных скважин, в том числе, и на депрессии. На первое место вышли вопросы устойчивости стволов скважин. Для обеспечения устойчивости стенок скважины выявлены закономерности между направлением ствола скважины относительно максимального горизонтального напряжения и устойчивость стенок скважины, изучена аварийность при бурении скважин в зависимости от пересечения стволом тектонических элементов, таких как разрывные нарушения.

Всё это характеризует высокую значимость геомеханического моделирования в современном процессе разработки месторождений углеводородного сырья. Однако, построение геомеханической модели крайне сложный процесс, требующий колоссального объёма входных данных. При построении геомеханической модели необходимы результаты специфических исследований, таких как: в первую очередь – лабораторные исследования керна, а также кросс-дипольный акустический каротаж, результаты микросканирования стенки скважины (микроимиджеры FMI) и пр. Подобные

исследования достаточно дорогостоящие, поэтому их распространённость оставляет желать лучшего.

В работе представлен перечень необходимой геолого-геофизической информации, используемой для построения информативной 1D геомеханической модели. Собрать полный комплекс данных, необходимых для геомеханического моделирования, весьма затруднительно, а зачастую фактически невозможно. Построение геомеханико-фильтрационной модели увеличивает объём необходимых данных в два раза, по сравнению с классической геомеханической моделью, а при увеличении размерности модели объём данных и вовсе возрастает по экспоненте. Таким образом, стоимость полноценного комплекса исследований, позволяющих на основе полученной информации построить информативную постоянно-действующую 4D геомеханико-фильтрационную модель, составляет сотни миллионов рублей.

Предлагаемая автором методика позволяет в несколько раз сократить объём необходимых исследований, на основе которых можно провести прогнозирование обвалоопасных интервалов. Естественно, информативность подобного подхода гораздо ниже, но это оправдывается сокращением затрат на проведение необходимого комплекса исследований.

В разделе «Оптимальный комплекс геофизических исследований при построении геомеханической модели геологической среды» обобщены теоретические сведения о выделении обвалоопасных интервалов на основе геолого-геофизической информации. Кроме того, в разделе представлен оптимальный комплекс геолого-геофизических исследований, применяемый для выделения обвалоопасных интервалов геологического разреза и включающий в себя три группы методов:

- площадные методы;
- промыслово-геофизические;
- геолого-технологические и лабораторные исследования.

К площадным методам относятся сейсмические методы,

предоставляющие важную информацию, как для оценки структуры геологического разреза, так и для корреляции данных, полученных в соседних скважинах и распространения этих свойств в межскважинное пространство.

Рекомендованный комплекс ГИС, включает методы электрического каротажа, акустический каротаж, нейтрон-нейтронный каротаж, гамма-каротаж, гамма-гамма каротаж плотностной, акустическое микросканирование, инклинометрию и профилометрию.

В подгруппе методов ГТИ используются как технологические, так и геологические параметры. Наиболее информативными технологическими параметрами являются ДМК и фильтрационные методы.

Тем не менее, наибольшей информативностью пользуются методы исследования каменного материала. По отобранному керну проводится микро- и макроскопическое описание, минерально-петрографический анализ, оценка плотности, пористости и проницаемости (в т.ч. в термобарических условиях).

Однако охарактеризовать весь изучаемый разрез при помощи керна затруднительно по причине низкого объёма отбора. Для восполнения интервалов, не представленных керном, проводятся исследования шлама. Существуют исследования двух групп шлама: забойного и обвального. При описании забойного шлама проводится люминесцентно-битуминологический анализ, определение плотности и пористости.

Для оценки поля естественных напряжений геологической среды крайне информативны исследования обвального шлама с определением его формы, а также анализом литотипов на принадлежность к определенным участкам разреза.

Форма шлама не является случайной величиной, а обусловлена при прочих равных условиях литологией разбуриваемых пород и напряжённо-деформированным состоянием среды. Среди обвальной породы выделяют три морфологических типа: угловатый, пластинчатый (блочный) и

осколочный.

Раздел «Предполагаемая причина неустойчивости стенок скважин обвального месторождения» посвящён анализу реальной геолого-геофизической информации, на основе выделенных в предыдущих главах положений. В процессе подготовки работы была систематизирована и проанализирована информация по нескольким десяткам скважин. Был сделан вывод, что обвалы и осыпания стенок скважин стали причиной ряда аварий, произошедших в процессе их строительства. К примеру, при строительстве скважины 5330 зафиксирован прихват бурового инструмента на глубине более 3000 м.

Наиболее подробный анализ был проведён по скважинам № 5330, 5335, 5351, ввиду наличия максимально широкого комплекса доступной геолого-геофизической информации среди всех исследуемых скважин, а так же расположения скважин на разных гипсометрических отметках исследуемой структуры.

Анализ данных профилометрии подтвердил неустойчивость стенок скважины. Увеличение диаметра ствола скважины в отдельных случаях превышало 200 мм: так, в интервале 690-755 м. в 2-х их 3-х анализируемых скважин диаметр ствола достигал 600 мм, против 295 мм номинального.

Интервалы обвалообразования во всех анализируемых скважинах коррелируются друг с другом. Глины и ангидриты гидрохимической свиты (P_{2g}), известняки заволжского (D_{3zv}) и аргиллитами муллинского горизонтов, подвержены обвалообразованию во всех исследуемых скважинах. Описанная ситуация не ограничивается представленными примерами.

Для оценки объёма обвалообразования был произведён подсчёт объёма обвалившейся породы, с помощью специально разработанной автором для этой цели программы. Для чистоты эксперимента из анализа были исключены интервалы, представленные солями, подверженными растворению буровым раствором при бурении.

Максимальный объём обвалившейся породы на 1 м длины ствола

скважины был зафиксирован в интервалах 710-720 м и 740-750 м. и достигал $0,08\text{м}^3/\text{м}$ длины ствола скважины. Данный интервал представлен ангидритами гидрохимической свиты биармийского отдела. Кроме того, в интервале 3570-3580, представленном аргиллитами муллинского горизонта среднего девона, объём обвалившейся породы в скважине 5351 достигал $0,08\text{м}^3/\text{м}$ длины ствола скважины.

Учтя коррелируемость объёма обвалившейся породы по всем исследованным скважинам в пределах Обвального месторождения, можно сделать вывод о подверженности обвалообразованию конкретных стратиграфических горизонтов.

Анализ общего объёма обвалившейся породы по всему стволу скважины показал: больше всего породы обвалилось в скважине 5335, расположенной в своде структуры.

Следует отметить, что при анализе причин обвалообразования были проанализированы материалы ГТИ, которые показали отсутствие технологических нарушений при бурении представленных скважин. Таким образом, можно сделать вывод об отсутствии влияния технологических причин на неустойчивость стенок скважин Обвального месторождения.

Для выявления геологической причины обвалообразования скважин были проанализированы материалы акустического каротажа. Интервальное время пробега продольной волны в интервалах обвалов скважины № 5335, расположенной в своде структуры, больше времени пробега продольной волны в аналогичных пластах скважины № 5351, расположенной на крыле структуры. На основании данной информации можно сделать вывод о наличии повышенной трещиноватости в своде структуры.

Масштаб 1:500
Условные обозначения:

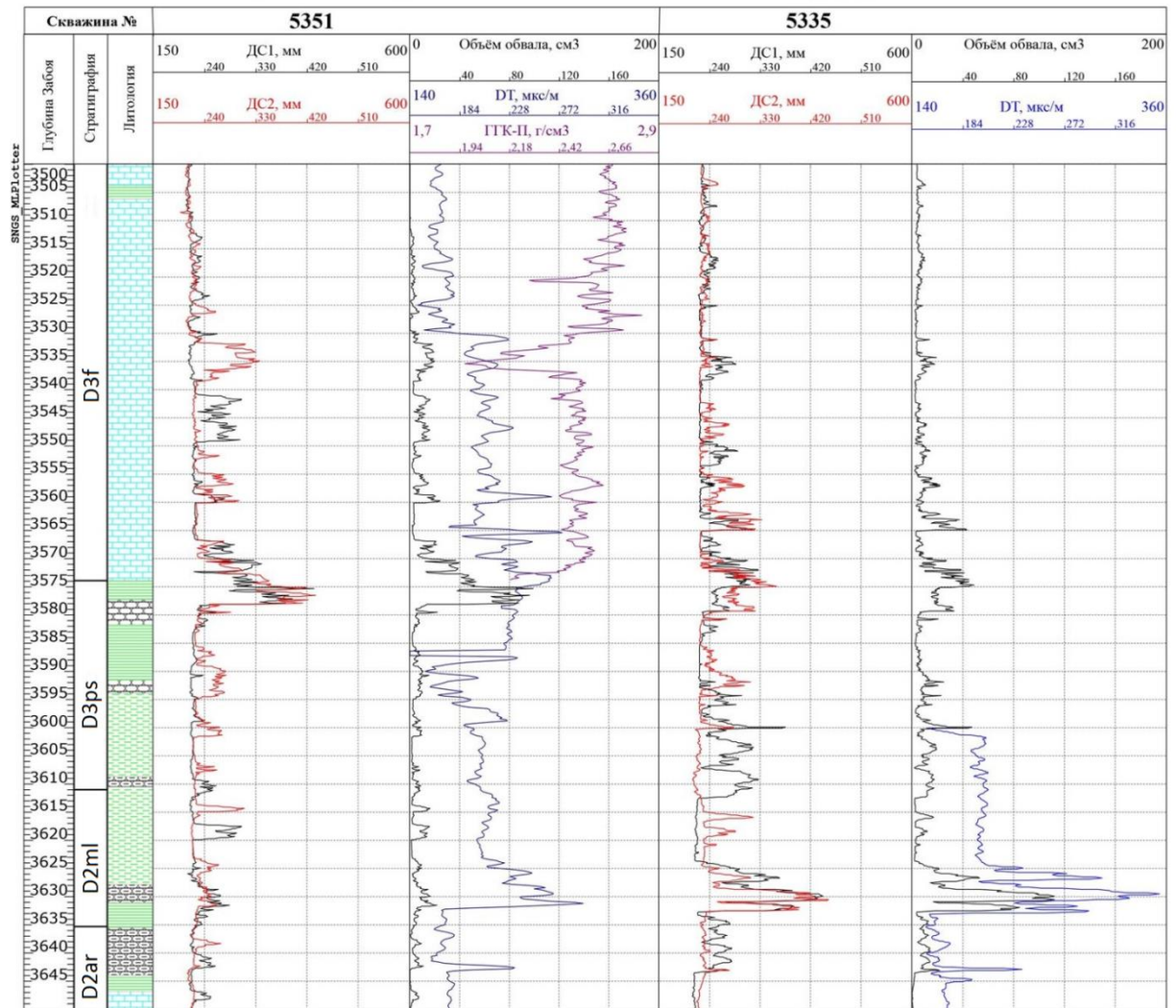


Рисунок 2 – Материалы акустического каротажа в интервалах обвала

Анализ обвального шлама, отобранного при строительстве скважины 5330, характеризовался размерами более 1 см и характерной осколочной, либо пластинчатой формой. Согласно полученной ранее информации пластинчатый тип обвальной породы представлен фрагментами ранее существовавших зон трещиноватости, что ещё раз подтверждает сделанные на основе анализа данных акустического каротажа выводы. В свою очередь осколочный тип обвальной породы образуется в результате воздействия растягивающих напряжений.



Рисунок 3 – Обвальный шлам со скважины № 5330

На основе комплекса представленной информации можно сделать предварительный вывод о геологической причине обвалообразования при бурении скважин Обвального месторождения. Предполагаемой причиной неустойчивости стенок скважины является повышенная трещиноватость горных пород, слагающих разрез исследуемого месторождения, образованная вследствие воздействия растягивающих напряжений, возникших в процессе роста структуры. Причём свод представленной структуры характеризуется повышенной трещиноватостью, по сравнению с крыльями.

По результатам проведённой работы представлен ряд рекомендаций как для дальнейшего изучения интервалов обвалообразования, так и для проектирования и бурения новых скважин на месторождении.

Заключение. Проведённые исследования позволили сделать следующие основные выводы:

1. Для сокращения аварийных ситуаций в процессе бурения необходимо проводить выделение обвалоопасных интервалов на основе информации по соседним скважинам.

2. Существующие методики геомеханического моделирования крайне требовательны к входной геолого-геофизической информации, однако зачастую её объём крайне ограничен, что не позволяет построить информативную модель.

3. Впервые разработан оптимальный комплекс геолого-

геофизических исследований, позволяющий проводить выделение обвалоопасных интервалов и определять предполагаемую причину неустойчивости стенок скважины.

4. Ведущими методами выделения обвалоопасных интервалов являются оперативные методы исследования каменного материала, выполняемые в рамках геолого-технологических исследований. Использование комплекса методов ГИС позволяет уточнить интервал обвала.

5. На основе комплекса геолого-геофизических данных и выделенных в процессе работы положений выявлены интервалы обвалообразования.

6. Разработана программа, позволяющая провести подсчёт объёма обвалившейся породы с построением диаграммы вдоль ствола скважины с выделением наиболее неустойчивых интервалов разреза. Объём обвала охарактеризован количественно.

7. Предполагаемой причиной неустойчивости стенок скважины стала повышенная трещиноватость горных пород, образованная вследствие воздействия растягивающих напряжений, возникших в процессе роста структуры, что доказано проведёнными исследованиями.

8. Даны рекомендации как для дальнейшего изучения интервалов обвалообразования, так и для проектирования и бурения новых скважин на месторождении.

Выполнение изложенных положений позволяет снизить аварийность бурящихся скважин, что в свою очередь положительно скажется на повышении безопасности персонала и оборудования, а также повысит ликвидность разрабатываемого месторождения, исключив значительные затраты на ликвидацию осложнений. Кроме того, описанные исследования не требуют крупных материальных инвестиций, затрат времени и большого количества высококвалифицированного персонала, однако материальный эффект от построения предложенной модели оказывается существенным.