

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Дубини Никиты Владиславовича «РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОФИЛЕЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ОСНОВАНИИ СКВАЖИННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

Диссертация Н.В. Дубини посвящена актуальной проблеме оценки напряженного состояния в окрестности скважин. Основная цель исследования состояла в разработке и усовершенствовании методов анализа трещиноватости в окрестности стенок вертикальной скважины, которые бы позволили повысить точность и восполнить недостающие данные для оценок значений главных напряжений. Данному вопросу посвящена основная часть диссертации.

Актуальность диссертации не вызывает сомнений, т.к. точность определения напряженного состояния в значительной мере определяет устойчивость скважин, эффективность добычи и выбор технологий повышения нефтеотдачи. Учитывая сложности и высокую стоимость проведения скважинных измерений, разработка и усовершенствование методов их анализ является чрезвычайно важным.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка обозначений и списка литературы.

Во введении сформулированы цели и задачи исследования, обозначены *актуальность и новизна работы, описан вклад автора, приведены защищаемые положения* и описана структура диссертации.

В первой главе представлен анализ основных методов оценок напряженного состояния в окрестности скважины, которые используются в настоящее время, Выполнен критический анализ применимости и доступности использования различных методов.

В первом разделе главы рассмотрены некоторые практические проблемы, показывающие важность определения ориентации и значений горизонтальных напряжений, действующих в окрестности скважин. Фактически данный раздел демонстрирует актуальность и практическую значимость направления исследований.

Во втором разделе представлен обзор основных методов оценки тектонических напряжений, в первую очередь, ориентированных на месторождения углеводородов, отмечены основные гипотезы. Кратко изложен основной способ определения значений и ориентации минимального горизонтального напряжения с помощью мини ГРП и приемистости, что, по сути, является единственным прямым методом измерения, в основе которого является определение давления закрытия трещины. В разделе описаны реконструкции вертикальных напряжений, а также порового давления на основании данных геофизических исследований скважин.

Третий раздел посвящен вопросам применения косвенных методов определения напряженного состояния. Рассмотрена проблема оценки ориентации и значений горизонтальных компонент главных напряжений. Подробно описан метод, основанный на анализе состояния стенок скважины после бурения, в первую очередь – по вывалам. С помощью данного метода, применяя критерий Кулона-Мора, определяют значения максимальных горизонтальных напряжений. Показана высокая чувствительность способа к ошибке в интерпретации данных.

В следующей части раздела кратко описано применение акустического и температурного каротажа для оценки напряжений, а также керновые исследования. Отмечены особенности и возможности их применения, а также возникающие сложности. Последняя часть раздела посвящена вопросам экстраполяции данных и используемые гипотезы об изменении напряжений и деформации с глубиной, которые будут использованы в следующих главах для оценок напряженного состояния.

В последнем разделе главы рассмотрена реконструкция напряжений с использованием набора прямых измерений и разных гипотез об изменении параметров напряженно-деформированного состояния с глубиной. Показано, что для устранения неопределенности и повышения точности необходимо применение дополнительных данных, например, основанных на косвенных методах оценок.

В выводах главы отмечены, показанные в главе, ограничения применимости используемых методов реконструкции параметров напряженного состояния и необходимость их дополнения для повышения точности и расширения области применимости.

Вторая глава посвящена обоснованию предлагаемого подхода реконструкции горизонтальных напряжений, основанного на анализе трещиноватости, выявленной по данным ГИС.

В первом разделе обсуждаются оценки ориентации и проницаемости трещин по данным электрического и ультразвукового имиджеров, полученные при геофизических исследованиях скважины. Далее, учитывая данные известной работы (Barton et al., 1995) о связи между проводимостью трещины и ее напряженно-деформированным состоянием, вводится понятие критически напряженных трещин и принимается гипотеза о высокой их проницаемости. Критически напряженными считаются трещины, если сдвиговые напряжения могут преодолеть трение на ее бортах. При этом принимается, что трение между бортами постоянно и равно внутреннему трению, а в качестве основы берутся значения из экспериментов Байерли.

Во втором разделе рассматривается возможность оценки напряженного состояния с привлечением данных о критически напряженных трещинах. Здесь также использованы результаты работы (Barton et al., 1995). Построен общий алгоритм таких оценок, который включает: определение ориентации главных осей тензора напряжений по наличию вертикальных трещин «растяжения», выявленным по «микроимиджам» с помощью стандартного подхода; определение ориентации остальных трещин; выбор гипотезы о горизонтальных компонентах деформации или пропорциональности вертикальных и горизонтальных напряжений, определение значений главных напряжений; определение положения точки, соответствующей полученным значениям напряжениям на круге Мора. После чего, определяется доля проводящих трещин и оценивается их соответствие данным «микроимиджеров». В конечном счете, это снижает неопределенность определения напряжений.

Третий раздел посвящен апробации подхода на синтетических данных. В результате было показано возможность достаточно хорошего восстановления данных.

По результатам главы сделан вывод, что предложенный подход анализа данных о трещиноватости, полученных с помощью геофизических методов исследования скважин, существенно снижает неопределенность при реконструкции горизонтальных напряжений.

В третьей главе рассмотрено применение предложенного подхода при отсутствии данных по определению минимальных горизонтальных напряжений.

В первом разделе главы вводится понятие полигона напряжений, который характеризует возможные значения горизонтальных компонент главных напряжений, которые соответствуют известному значению вертикальных напряжений и прочностным свойствам. Для иллюстрации предложенного подхода оценке горизонтальных напряжений

на основе анализа трещиноватости рассмотрен пример определения критически напряженных трещин.

Второй и третий разделы посвящены рассмотрению примеров реконструкции горизонтальных напряжений для скважин месторождений нефти

Основным результатом является предложенная методика применения «полигона напряжений» с использованием анализа трещиноватости для оценки горизонтальных напряжений.

Четвертая глава посвящена проблеме реконструкции горизонтальных напряжений по данным о трещиноватости при ограниченном количестве геофизических исследований скважин.

В первом и втором разделах обсуждаются вопросы требований к набору данных для успешного применений подхода, а также возможность сокращения количества исходных данных с помощью параметра связности трещин.

В третьем разделе выполнена реконструкция горизонтальных напряжений для исследовательской скважины, в тектонически активном регионе Японии с использованием модифицированного подхода, предложенного автором. Полученные результаты показали преимущества подхода.

Основной вывод главы касается возможности применения предложенного подхода анализа трещиноватости по геофизическим исследованиям скважин для оценки горизонтальных напряжений в вертикальных скважинах.

Главным результатом диссертации является сформулированный и верифицированный подход по использованию геофизических исследований скважин для анализа трещиноватости с целью оценки напряженного состояния в окрестности вертикальных скважин.

Выводы диссертации основаны на полученных результатах и являются новыми. Обоснованность защищаемых положений и выводов обеспечивается результатами выполненных исследований по реконструкции горизонтальных напряжений по синтетическим и реальным данным скважинных измерений. Все материалы, привлеченные автором из других источников, сопровождаются корректными ссылками.

Практическое применение разработанного автором подхода анализа трещиноватости целесообразно в сервисных компаниях нефтегазового сектора для оценки напряженного состояния в окрестности скважин. Учитывая продемонстрированные возможности подхода, их применение возможно также для реконструкции напряжений в исследовательских целях.

Вопросы и замечания

1. Стиль изложения достаточно тяжелый. Встречаются повторы некоторых положений, в то же время не везде дается развернутое изложение достаточно важных и интересных моментов, в том числе при записи некоторых уравнений, например, (4.2).
2. Формула (3.1) состоит из двух эквивалентных неравенств.
3. Рисунок (5.1) и аналогичные были бы нагляднее при их трехмерном изображении, где по третьей оси отложено вертикальное напряжение.
4. Имеется противоречие между данными рисунка (4.2) и выводами о снижении модуля упругости в критически напряженных трещинах.
5. Несколько удивляет, что в списке литературы из 104 ссылок лишь 23 на русском языке.

Указанные замечания не умаляют достоинства полученных результатов и общего уровня исследований. Следует также отметить, что в работе серьезное внимание уделяется критическому отношению к полученным результатам, указываются ограничения применимости предложенного подхода, что говорит о хорошем понимании всех аспектов проблемы.

Результаты работы достаточно полно представлены в печати, они опубликованы в 31 работе, в том числе 3 статьях в журналах, включенных в список ВАК, 8 публикаций материалов международных конференций, индексируемых в базе SCOPUS и докладывались на множестве конференций, в том числе международного уровня.

Диссертация является логичным, законченным исследованием, имеющим как научную, так и практическую значимость, Выводы диссертации тщательно обоснованы и достоверны.

Автореферат и научные публикации в полной мере отражают ее содержание.

Диссертация Дубини Никиты Владиславовича «Реконструкция профилей горизонтальных напряжений на основании скважинных исследований трещиноватости» соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Дубиня Никита Владиславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Подтверждаю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и дальнейшую их обработку.

Официальный оппонент

Стефанов Юрий Павлович

доктор физико-математических наук

ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН)

630090, г. Новосибирск,
проспект Академика Коптюга, д. 3

yu_st@mail.ru;

StefanovYP@ipgg.sbras.ru

тел. +7 903 950 38 69

Ю.П. Стефанов

26.11.2018 г.

Подпись Ю.П. Стефанова заверяю:

Учёный секретарь ИНГГ СО РАН



М.П. Козлова