

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата технических наук Жигульский Светланы Владимировны
на тему: «Изучение взаимосвязи между раскрытостью и напряженно-
деформированным состоянием трещины на примере трещиноватого
коллектора нефти и газа» по специальности 25.00.10 – «Геофизика,
геофизические методы поисков полезных ископаемых»

Актуальность темы

Представленная работа посвящена изучению напряжённого состояния трещинных коллекторов и направлена на формирование решений, позволяющих увеличить эффективность бурения за счёт снижения рисков поглощения бурового раствора, локализовать зоны повышенной проницаемости и оценить изменение последней в процессе разработки месторождений. Автор ставит задачу исследовать связь критически напряжённого состояния трещин и их флюидопроводимости, а также разработать подход по оценке напряжённого состояния и раскрытости трещин в околоскважинном пространстве с верификацией результатов моделирования по данным микроимиджера.

В связи с тем, что в последнее время в разработку активно вовлекаются месторождения, где запасы сосредоточены в трещинных коллекторах со сложной структурой пустотного пространства, тему диссертационного исследования можно считать *актуальной*.

Общая характеристика работы и публикации

Диссертация Жигульский С.В. включает введение, 4 главы и заключение. Список литературы состоит из 124 наименований.

В **главе 1** проводится литературный обзор и излагаются существующие подходы к оценке напряжённого состояния трещины, критерии прочности трещин на сдвиг – линейный и нелинейный критерий Н. Бартона (1973), а также подходы к оценке напряжённого состояния пласта и околоскважинного пространства. Рассматривается модель раскрытости трещины Бартона-Бандиса (1983) и отмечаются ограничения в её применимости, связанные с эмпирическим

характером определения большинства параметров и неопределённостью в определении коэффициента шероховатости трещины.

В главе 2 проводится сравнение между различными критериями прочности, которые определяют переход трещины в критически напряженное состояние. Делается вывод о том, что использование правила Байерли (1978) или критерия сухого трения может привести к переоценке критически напряжённого состояния трещин. Автор показывает важность определения таких параметров как коэффициент шероховатости трещины и предела прочности на сжатие материала стенки трещины. Отмечается, что увеличение коэффициента шероховатости приводит к большей нелинейности предельной кривой, определяемой критерием прочности.

На примере трещинного коллектора нефти и газа одного из месторождений в Восточной Сибири автор демонстрирует связь между коэффициентом продуктивности скважины и такими параметрами как результирующее напряжение, длина фрагмента ствола в зоне критически напряженных трещин и количество критически напряженных трещин.

Автором показано, что модель критически напряжённых трещин может быть использована для анализа результатов микросейсмического мониторинга совместно с данными сейсморазведки.

Глава 3 посвящена исследованию модели раскрытости Бартона-Бандиса и численному моделированию напряжений, действующих на плоскости трещин.

Автором показано, что максимальная чувствительность механической раскрытости связана с такими параметрами как коэффициент шероховатости трещины, предел прочности на сжатие материала стенок разрыва, величины смыкания берегов трещины и начальной раскрытости.

В работе приведены результаты численного моделирования, позволяющие оценить сдвиговое перемещение, связанное с раскрытостью трещины. В результате получены оценки механической и гидравлической раскрытости трещины, и показано, что оценки раскрытости по модели Бартона-Бандиса не противоречат полученным экспериментальным данным.

Глава 4 является ключевой в диссертационной работе. В ней описывается подход к оценке критически напряжённого состояния и раскрытости трещины/системы трещин в околоскважинном пространстве в условиях известного напряженно-деформированного состояния пласта. Показывается высокая сходимость результатов моделирования раскрытости и критически напряженного состояния при сопоставлении с данными микроимиджера – видимая область трещины на имиджере является критически напряженной и характеризуется большей раскрытостью.

Представленный подход был продемонстрирован на примере интервала трещинного коллектора для двух скважин. Видимость трещин по окружности ствола неравномерная, в связи с чем автор делает допущение о том, что трещина при частичном прослеживании будет характеризоваться неравномерным раскрытием, а также будет испытывать различный уровень критического напряжения. Приводится подробное описание результатов сопоставления расчета раскрытости трещины по модели Бартона-Бандиса для различных коэффициентов шероховатости с данными микроимиджера. Сделан вывод о том, что при полученном уровне действующего эффективного нормального напряжения максимально раскрытыми будут трещины с большим коэффициентом шероховатости трещины. Было приведено несколько примеров с расчетом раскрытости и критически напряженного состояния системы трещин в случае вертикальной и горизонтальной скважин, показана чувствительность результатов расчета раскрытости при изменении давления внутри ствола и коэффициента шероховатости. В случае горизонтальной скважины большая часть трещин находилась в критически напряжённом состоянии и характеризовалась большим раскрытием.

В целом, следует отметить, что диссертационная работа Жигульской С.В. представляет собой самостоятельную законченную научно-исследовательскую работу, обладающую актуальностью и научной новизной. Основные положения и выводы диссертационной работы подтверждены на модельных и реальных примерах. Достоверность результатов научных исследований подкреплена комплексной интерпретацией геофизических данных. Автором получены практически значимые результаты.

К работе есть следующие замечания:

1. В обзорной главе 1 отсутствуют выводы и постановка задачи дальнейших исследований.

2. Отсутствует на количественном уровне сравнение кажущейся раскрытости трещины, полученной по данным микроимиджера и по рассчитанной автором методике.

3. Из работы неясно, как проникновение бурового раствора и его взаимодействие с породой может сказаться на параметрах модели, к которым раскрытость трещины показывает наибольшую чувствительность – шероховатость трещины и прочность ее стенок на сжатие.

4. Из работы неясно, как на параметр шероховатость трещины влияет литологический состав горных пород.

5. Из работы неясно, как изменение пластового давления в процессе разработки будет влиять на раскрытость трещин.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Институтом физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» (по техническим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Институте физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук.

Таким образом, соискатель Жигульский Светлана Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор

заведующий кафедрой разведочной геофизики и компьютерных систем факультета геологии и геофизики нефти и газа Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»).

РЫЖКОВ Валерий Иванович

Дата: 11 августа 2022 г.

Контактные данные:

тел.: +7 (499) 507 83 27, e-mail: ryzhkov.v@gubkin.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
25.00.10 - «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых»

Адрес места работы:

119991, Москва, Ленинский просп., д. 65, корп. 1

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», факультет геологии и геофизики нефти и газа, кафедра разведочной геофизики и компьютерных систем

Тел.: +7 (499) 507-88-88; e-mail: com@gubkin.ru

Подпись работника факультета геологии и геофизики нефти и газа ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина»

В.И. Рыжкова удостоверяю:

