

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Баркова Святослава Олеговича «Геомеханическое моделирование механических и фильтрационных процессов в низкопроницаемых нефтегазовых пластах в условиях сложного нагружения», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела

Актуальность работы. По сравнению с удаленной от скважины зоной пласта, в прискважинной области возникает неоднородное поле напряжений, при котором все их компоненты имеют различные значения, что требует применения экспериментальных установок исследования керна позволяющих задавать различные нагрузки по всем трем осям. Весьма существенно анизотропия напряжений влияет на проницаемость трещиноватых коллекторов, в том числе и в низкопроницаемых пластах с естественной и техногенной трещиноватостью, вызванной трансформацией напряжений при бурении скважин, создании перфорационных каналов, трещин ГРП и т.д. Сложность экспериментального определения влияния напряженно-деформированного состояния низкопроницаемых пород-коллекторов на их проницаемость в условиях неравнокомпонентного нагружения обуславливает актуальность работы. Перспективными технологиями эффективной разработки месторождений с низкопроницаемыми коллекторами представляются технологии, основанные на геомеханическом подходе. Диссертационная работа Баркова С.О. направлена на создание научных основ данных технологий.

Обоснованность и достоверность научных положений, результатов, выводов и рекомендаций подтверждаются: корректностью постановки задач исследования; применением основных соотношений механики деформирования твердого тела, позволяющих определять напряжения вблизи скважины и перфорационных каналов; применением в экспериментах методического подхода, проверенного многолетней практикой; использованием сертифицированного испытательного и измерительного оборудования с высокими метрологическими характеристиками; применением образцов керна, отобранных из реальных продуктивных объектов нефтегазовых месторождений; применением широко используемого программного обеспечения для моделирования течения флюида в трещинах; строгой математической обработкой результатов экспериментальных исследований с применением хорошо апробированных методов.

Научная новизна работы заключается в применении новых современных методов по исследованию деформационных процессов в низкопроницаемых породах-коллекторах нефтегазовых месторождений, их

разрушения и фильтрации в них флюидов. В рамках работы была разработана методика проведения прямого физического моделирования на уникальной Испытательной системе трехосного независимого нагружения (ИСТНН) механических и фильтрационных процессов в окрестности скважин с различной геометрией забоя для условий исследуемых месторождений с низкопроницаемыми коллекторами. Были исследованы сложные схемы неравнокомпонентного деформирования, моделирующие условия, возникающие при понижении забойного давления в окрестности скважин с тремя возможными конструкциями забоя: необсаженный ствол, обсаженный и необсаженный ствол с перфорационными отверстиями. Для необсаженной скважины с перфорированным стволом были смоделированы напряженные состояния, возникающие в двух вертикальных точках на контуре перфорационного отверстия, расположенных на различном удалении от оси скважины. Для исследуемых пород-коллекторов определены зависимости их проницаемости от напряженно-деформированного состояния в условиях сложного трехосного нагружения. Разработана методика проведения томографических исследований низкопроницаемых пород-коллекторов. Проведенное численное моделирование фильтрационных процессов на трехмерных цифровых структурах испытанных образцов пород из исследуемых месторождений позволило оценить их конечную трещинную проницаемость после геомеханического воздействия.

Практическая значимость результатов. На основе результатов экспериментов сделаны выводы об оптимальных режимах работы скважин. Разработаны рекомендации по конструкции забоя скважин с точки зрения трансформации поля напряжений при изменении забойного давления для создания сети техногенных трещин и увеличения продуктивности скважин. Результаты полученных экспериментальных исследований образцов керна могут служить основой для создания геомеханических моделей месторождений и околоскважинных зон с учетом исследованных эффектов. Разработанные автором научно-методические решения анализа, обработки и моделирования результатов томографических исследований образцов керна могут быть применены для более достоверного моделирования фильтрации флюидов в естественных и техногенных трещинах и трансформации их проницаемости при изменении напряженного состояния пород.

Наиболее существенные результатов, полученные лично автором:

1. Разработанные по результатам теоретического анализа распределения напряжений в окрестности скважин с различной геометрией забоя программы неравнокомпонентного трехосного нагружения образцов породы, позволяющие проводить на установке ИСТНН физическое моделирование механических и фильтрационных процессов, протекающих в околоскважинной зоне при понижении забойного давления.

2. Новые экспериментально установленные для исследуемых низкопроницаемых пород-коллекторов зависимости проницаемости от напряженно-деформированного состояния в условиях сложного нагружения

3. Экспериментально определенные условия и параметры геомеханического воздействия на низкопроницаемые коллектора рассматриваемых месторождений, приводящие к значительному повышению их проницаемости.

4. Определены оптимальные: параметры сканирования на рентгеновском микротомографе низкопроницаемых пород-коллекторов и обработки получаемых изображений; подход к численному моделированию фильтрационных процессов на трехмерных цифровых моделях образцов и способ оптимизации вычислений, позволившие добиться хорошего соответствия значений рассчитываемой трещинной проницаемости результатам ее лабораторного измерения.

5. Подтверждение правомерности проведения испытания пород-коллекторов на установке ИСТНН в эффективных напряжениях.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы составляет 150 страниц, включая 42 рисунка и 4 таблицы. Список литературы содержит 186 наименований. Работа хорошо скомпонована, материал ясно, четко и последовательно излагается.

Соответствие автореферата диссертационной работе и апробация результатов. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации. Апробация работы вполне приемлемая. Полученные в диссертационной работе результаты докладывались на всероссийских и международных конференциях. Основное содержание диссертационной работы, ее главные результаты в полной мере представлены в 9 статьях, 4 из которых опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 5 – в научных сборниках, индексируемых в Scopus. Диссертация соответствует специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твердого тела».

К работе имеются следующие **замечания:**

1. По мнению оппонента, у диссертации слишком общее название. Его следовало конкретизировать с точки зрения экспериментальных исследований образцов керна.

2. В обзорной главе следовало больше внимания уделить существующим современным исследованиям по изучению фильтрационно-емкостных и физико-механических свойств пород низкопроницаемых коллекторов.

3. На данный момент к низкопроницаемым относятся породы с проницаемостью ниже 2 мД, однако у автора проницаемость некоторых из образцов несколько выше данного значения.

4. Автор говорит о том, что ООО «Газпром бурение» разрабатывает исследуемые продуктивные объекты. Однако, данная компания только

разбурирует данные пласты. Разрабатывают данные месторождения Астраханское ГКМ – ООО «Газпром добыча Астрахань», Верхневилучанское - ООО «Газпром добыча Ноябрьск».

5. В заключительной части диссертации следовало сформулировать – как спроецировать полученные результаты численного моделирования трещин, непосредственно, в околоскважинную зону и их влияние на работу скважин.

Заключение. Несмотря на вышеперечисленные замечания, диссертационная работа Баркова Святослава Олеговича «Геомеханическое моделирование механических и фильтрационных процессов в низкопроницаемых нефтегазовых пластах в условиях сложного нагружения» **заслуживает положительной оценки**, является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне с использованием современных методов исследований. Полученные автором экспериментальные результаты и разработанные методики имеют практическое значение и могут использоваться для создания научных основ новых эффективных экологически чистых технологий добычи трудноизвлекаемых запасов нефти и газа. Выполненная работа удовлетворяет квалификационным требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертационным работам, в том числе соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013, а ее автор Барков Святослав Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твердого тела».

Согласен на обработку своих персональных данных

Официальный оппонент:

Попов Сергей Николаевич

доктор технических наук

(специальность 25.00.17 – разработка и

эксплуатация нефтяных и газовых месторождений),

заведующий лабораторией, главный научный сотрудник

лаборатории нефтегазовой механики и физико-химии пласта

ФГБУН «Институт проблем нефти и газа Российской академии наук»

Телефон: +7 (916) 561-27-75

e-mail: popov@ipng.ru

адрес: 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3

 Попов С.Н.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Российской академии наук			» 11 2024 г.
Подпись (и) 	заверяю 		
Начальник организационного отдела В.Д. Батаев			
тел.: +7 499 135 72 63	дата 20.11.2024		