

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИДГ РАН,

доктор физ.-мат. наук

профессор Ю.И. Зецер



2014г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института динамики геосфер Российской академии наук

Диссертация «Двухфазные струйные течения в пористых средах» выполнена в лаборатории геомеханики и флюидодинамики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института динамики геосфер Российской академии наук. В период подготовки диссертации соискатель Барышников Николай Александрович работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте динамики геосфер Российской академии наук с 2001 по 2004 гг. в должности техника, с 2004 г. по 2005г. В должности инженера 2-й категории, с 2005г. по 2012г. в должности младшего научного сотрудника и с 2012г. по настоящее время в должности научного сотрудника.

В 2005 г. соискатель окончил Московский физико-технический институт (государственный университет) по специальности прикладная математика и физика. В 2008 г. соискатель окончил очную аспирантуру Института динамики геосфер РАН по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук профессор Турунтаев Сергей Борисович, заведующий лабораторией геомеханики и флюидодинамики, заместитель директора по научным вопросам Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института динамики геосфер Российской академии наук. Научный консультант – кандидат физико-математических наук Беляков Георгий Васильевич, старший научный сотрудник

лаборатории геомеханики и флюидодинамики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института динамики геосфер Российской академии наук.

Представление диссертационной работы проводилось на геофизическом семинаре ИДГ РАН 25 декабря 2013 г. На заседании присутствовали: д.ф.-м.н., проф. Кочарян Г.Г., д.ф.-м.н. Спивак А.А., д.ф.-м.н. Турунтаев С.Б., д.т.н. Христофоров. Б.Д., д.ф.-м.н. Цветков В.В., д.ф.-м.н. Шувалов В.В., к.ф.-м.н. Беляков Г.В., к.ф.-м.н. Куликов В.И., к.ф.-м.н. Локтев Д.Н., к.ф.-м.н. Лосева Т.В., к.ф.-м.н. Павлов Д.В., к.ф.-м.н. Рыбаков В.А., к.ф.-м.н. Свинцов И.С., к.ф.-м.н. Сергеев В.Н., к.ф.-м.н. Усольцева О.А., к.ф.-м.н. и другие, всего 25 человек.

После доклада был задан ряд вопросов: д.ф.-м.н., Кочарян Г.Г. задал вопрос о применимости термина «насыщенность» в представленной работе; д.ф.-м.н. Спивак А.А. задал ряд вопросов по методике проведения эксперимента, а также ряд уточняющих вопросов, касающихся защищаемых положений задач исследования; к.ф.-м.н. Беляков Г.В. задал вопрос о возможности использования газов при проведении экспериментов; к.ф.-м.н. Куликов В.И. задал вопрос о методике определения водонасыщенности модельного коллектора; к.ф.-м.н. Локтев Д.Н. задал вопрос о применяемом в ходе работы программном обеспечении; к.ф.-м.н. Рыбаков В.А. задал уточняющий вопрос о причинах представленного в докладе искривления фронта вытеснения вязкой жидкости из пористой среды. На все вопросы Н.А. Барышниковым были даны исчерпывающие ответы.

В обсуждении выступили: д.т.н. Христофоров Б.Д. отметил общий высокий уровень представленной работы, порекомендовал принять её к защите; д.ф.-м.н. Спивак отметил хороший уровень экспериментального исследования, проделанного в рамках диссертационной работы, порекомендовал переформулировать некоторые защищаемые положения; д.ф.-м.н., Кочарян Г.Г. отметил хороший уровень работы, порекомендовал изменить формулировку целей работы, а также в более явном виде представить значимость результатов работы с геофизической точки зрения; д.ф.-м.н. Турунтаев С.Б. отметил практическую значимость исследования, рекомендовал принять работу к защите. В целом семинар отметил высокий научный уровень и актуальность диссертационной работы Н.А. Барышникова.

По результатам рассмотрения диссертации «Двухфазные струйные течения в пористых средах» принято следующее заключение:

Диссертационная работа соискателя посвящена экспериментальному исследованию и построению аналитической модели развития фильтрационной неустойчивости фронта вытеснения разновязких жидкостей из пористых сред с учётом влияния капиллярных сил. Данное направление исследований особо актуально в связи с большим вниманием, уделяемым в последнее время разработке и внедрению различных методов интенсификации нефтедобычи, главным из которых является метод заводнения. Эффективное применение данного метода связано с необходимостью решения сложных задач о взаимном течении несмешивающихся разновязких жидкостей в неоднородной пористой среде. Для прогнозирования динамики обводнения необходимо учитывать эффекты, связанные с неустойчивостью фронта вытеснения нефти водой. Существующие методы прогнозирования динамики обводнения коллекторов основаны главным образом на численных методах решения систем дифференциальных уравнений, использующих в качестве параметров кривые относительных фазовых проницаемостей и капиллярных давлений. Эти кривые должны быть определены экспериментально, на достаточно представительном материале и с достаточной точностью, что не всегда возможно, в связи со значительной фрагментированностью данных геофизических исследований нефтяного коллектора. Кроме того, выполнение высокоточных вычислений требует значительных вычислительных ресурсов и времени. Всё это обуславливает практическую важность изучения неустойчивости фронта вытеснения и актуальность задачи построения аналитической модели развития возмущений фронта вытеснения вязкой жидкости в пористой среде при помощи менее вязкой.

Предложенная в рамках диссертационной работы новая методика проведения эксперимента позволяет в реальном времени наблюдать процессы, возникающие при вытеснении вязких жидкостей из пористых сред. Благодаря этому получены новые данные о структуре двухфазного потока в течение продолжительного неустойчивого фильтрационного процесса. Впервые обнаружено и описано явление скачкообразного изменения доли суммарного объёма струй вытесняющей жидкости в объёме порового пространства коллектора на переднем крае фронта вытеснения при соотношениях вязкостей жидкостей много меньших 1. В результате выполнения диссертационного исследования предложена аналитическая модель одномерного двухфазного струйного течения, основанная на применении модельного распределения доли суммарного объёма струй вытесняющей жидкости вдоль пористого массива. Эти и другие результаты, полученные в ходе работы, расширяют возможности аналитического моделирования процессов двухфазной фильтрации.

Практическая значимость работы обусловлена её направленностью на решение актуальных задач нефтедобывающей промышленности. Применение модели двухфазного струйного фильтрационного течения, учитывающей влияние капиллярных сил на границах раздела фаз, позволяет более адекватно описывать явления, возникающие при продвижении фронта вытеснения в нефтегазовом коллекторе в процессе его заводнения. В работе продемонстрировано хорошее соответствие между оценками изменения обводнённости нефтедобывающей скважины со временем, полученными в результате математического моделирования, и данными, полученными измерениями на реальном месторождении.

Основным подтверждением достоверности научных выводов служит сопоставление полученных теоретических результатов с данными лабораторных и натурных экспериментов. Достоверность уравнений аналитической модели обусловлена строгим выводом её положений из общих законов и уравнений гидродинамики, физически обоснованных гипотезах и упрощениях. Достоверность результатов лабораторного моделирования подтверждается повторяемостью и воспроизводимостью полученных данных в пределах погрешности лабораторных измерений.

Рассматриваемая диссертационная работа соответствует формуле специальности 25.00.10 – «геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Материалы диссертации изложены в 14 научных работах, в том числе 3 статьи в журналах из перечня ВАК, 11 статей в научных сборниках и трудах конференций. Публикации полностью освещают содержание работы.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Барышников Н.А.**, Беляков Г.В., Турунтаев С.Б., Филиппов А.Н. Лабораторное моделирование двухфазных струйных течений.// Труды РГУ имени И.М.Губкина, – 2013 г., – №3(272), – с.15-29.
2. **Барышников Н.А.**, Беляков Г.В., Турунтаев С.Б. Экспериментальное исследование вытеснения вязких жидкостей из пористых сред.// Изв. РАН. МЖГ. – 2005 г. № 1. – с.115-122.
3. **Барышников Н.А.**, Беляков Г.В., Таирова А.А., Турунтаев С.Б. Осаждение частиц в каналах с проницаемыми стенками.// Изв. РАН. МЖГ. – 2010 г., №4, – с.107 – 117.
4. **Барышников Н.А.**, Турунтаев С.Б., Беляков Г.В., Таирова А.А., Виноградов Е.А. Экспериментальное изучение неустойчивых двухфазных течений// Сборник научных

трудов ИДГ РАН "Динамические процессы в геосферах", Москва, «Геос», – 2013 г.,
Вып.4, – с.164-174.

При подготовке диссертации автор принимал участие в создании и совершенствовании экспериментальной установки: им был разработан и успешно внедрён метод непрерывного измерения водонасыщенности порового пространства массива, основанный на оптических свойствах модели пористого коллектора, разработано оригинальное программное обеспечение, позволяющее автоматизировать процесс регистрации экспериментальных данных. Автором была проведена серия опытов по вытеснению вязкой жидкости из модели пористого коллектора при помощи менее вязкой, обработаны и проанализированы экспериментальные данные. На основании результатов проведённых экспериментов автором предложена аналитическая модель описания двухфазных струйных течений. Автором был проведён анализ данных эксплуатации ряда скважин Приобского нефтяного месторождения. В результате был предложен аналитический метод описания роста обводнённости добывающих скважин со временем.

Диссертационная работа Н.А. Барышникова представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне, содержит новые интересные и важные научные результаты, отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – «геофизика, геофизические методы поиска полезных ископаемых».

Рекомендовано проводить защиту диссертации на заседании диссертационного совета Д002.050.01 при ИДГ РАН.

Заключение подготовил:

Ученый секретарь ИДГ РАН,
кандидат физ.-мат. наук

А.А. Калмыков

30.01.2014г.