

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

доктора физико-математических наук, члена-корреспондента РАН
Афанасьева Андрея Александровича

на диссертационную работу Черновой Анны Александровны
«Исследование многофазной фильтрации при водогазовом воздействии
на анизотропные нефтяные пласты с учётом гравитационных и
капиллярных эффектов», представленной на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 –
«Механика жидкости газа и плазмы»

Во время учёбы в аспирантуре механико-математического факультета МГУ и работы в лаборатории Общей гидромеханики НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова А.А. Чернова провела большую серию исследований нелинейных процессов, сопровождающих процессы водогазового воздействия на нефтяные пласты. Новизна научной работы обусловлена тем, что в ней проведено моделирование вытеснения нефти с учётом нескольких взаимовлияющих осложняющих факторов, таких как фазовые превращения, гравитационное расслоение многофазных жидкостей в анизотропной пористой среде и капиллярные эффекты. В рамках теоретического анализа этих процессов А.А. Черновой определены условия для эффективного применения водогазового воздействия. Полученные результаты актуальны в силу своей практической значимости для решения задач в области нефтяного инжиниринга. Результаты также характеризуются значительной теоретической значимостью, так как фактически они связаны с построением общей теории вытеснения тяжёлой жидкости из анизотропных пористых сред.

Диссертационная работа состоит из обзора литературы, четырёх глав и заключения. В обзоре литературы проводится исторический экскурс о развитии моделей фильтрации в нефтяном инжиниринге, а основное внимание уделяется моделям и результатам, связанным с газовыми методами увеличения нефтеотдачи.

В первой главе формулируются основные уравнения, описывающие чередующуюся закачку воды и газа в нефтяной пласт. В качестве вытесняющего нефть газа используется диоксид углерода. Подробно описывается постановка профильной задачи фильтрации и обсуждается её соответствие трёхмерным процессам вытеснения.

Во второй главе развивается теория несмешивающегося вытеснения тяжёлой жидкости с учётом анизотропной проницаемости и капиллярных эффектов. Выделяются предельные случаи режимов вытеснения,

соответствующие качественно различным течениям в пористой среде. Проводится сравнение эффективности режимов. Оцениваются положения скважин, позволяющих достичь максимального коэффициента извлечения нефти. Относительно простая постановка задачи во второй главе позволила провести подробное исследование процесса вытеснения и получить яркие результаты.

В третьей главе процесс чередующейся закачки воды и газа в пласт исследуется в одномерной постановке задачи трёхфазной фильтрации. В этой главе основное внимание уделяется влиянию на процесс вытеснения фазовых превращений при многостадийном смещении углекислого газа с нефтью. Для определения наиболее эффективных стратегий закачки гидродинамическая модель сопрягается с экономическими оценками. Развита метод оптимизации таких сопряженных процессов, основывающийся на использовании предложенного в данной работе нового критерия подобия.

В четвертой главе сопрягаются результаты второй и третьей глав диссертации. Водогазовое воздействие на нефтяной пласт исследуется в рамках решения профильной задачи трёхфазной фильтрации с учётом как фазовых превращений, так и значительного гравитационного расслоения фаз. Выявлено подобие в режимах вытеснения на этапах закачки воды и газа. Показано, что фазовые превращения могут в ряде случаев нарушать подобие, изменяя направление течения воды от добывающей скважины. Показано, что полученные в рамках одномерного моделирования объёмы и очередность закачки воды и газа, могут использоваться в качестве оптимальных в более сложных ситуациях, связанных с развитием двухмерных течений в анизотропных пластах.

В заключении формулируются выводы к диссертационной работе.

А.А. Чернова активно и упорно работала всё время обучения в аспирантуре, в результате чего она получила результаты мирового уровня. Она полностью овладела моделями течений в пористых средах, техникой проведения численного эксперимента в рамках различных моделей фильтрации и методами интерпретации и анализа их результатов.

Основные результаты диссертации изложены в 26 печатных работах, в том числе в 4 статьях в изданиях, индексируемых Web of Science, Scopus или RSCI, из которых 2 статьи опубликованы в журналах из первого квартиля (J. Petrol. Sci. Eng. и Transp. Porous Med.). Результаты работы были доложены и положительно оценены на множестве конференций, в том числе 12 дипломами за лучший научный доклад.

Диссертация Черновой А.А. выполнена на высоком научном уровне и носит законченный характер. Её содержание соответствует специальности

1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы» и удовлетворяет требованиям Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационная работа «Исследование многофазной фильтрации при водогазовом воздействии на анизотропные нефтяные пласты с учётом гравитационных и капиллярных эффектов» Черновой Анны Александровны может быть рекомендована к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Я, Афанасьев Андрей Александрович, даю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук (по специальности 01.02.05), член-корреспондент РАН, профессор РАН, профессор кафедры гидромеханики механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, заведующий лабораторией Общей гидромеханики НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова.

(119192, Москва, Мичуринский пр-т, д. 1, телефон +7(495)9395767, e-mail: afanasyev@imec.msu.ru)

А.А. Афанасьев

20 марта 2025 г.

Подпись А.А. Афанасьева заверяю:

И.о. директора

НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова

профессор

Д.В. Георгиевский

