

Отзыв научного руководителя  
доктора физико-математических наук, профессора Смирнова Николая  
Николаевича

на диссертационную работу Скрылевой Евгении Игоревны по теме  
«Исследование влияния неустойчивости Саффмана-Тейлора, капиллярных  
эффектов и химических взаимодействий между фазами на процесс  
вытеснения вязкой жидкости из пористой среды», представленную на  
соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по  
специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

Все годы обучения в аспирантуре и работы на кафедре Скрылеву Евгению Игоревну выделяют научная любознательность, целеустремлённость и трудолюбие. В представленной работе исследуется актуальная проблема гидромеханики – влияние на процесс многофазной фильтрации таких явлений, как: неустойчивость вытеснения, капиллярные эффекты, химические взаимодействия между фильтрующимися флюидами. Следует отметить, что вопросы численного моделирования неустойчивого вытеснения вязкой жидкости из пористой среды рассматривались во многих исследованиях, также хорошо изучена фильтрация с учётом капиллярных эффектов, фильтрация с учётом химических реакций между фазами и внутрипластовое горение, но проблемы переноса совместного влияния нескольких факторов на мелком масштабе на моделирование процессов на более крупных масштабах до настоящего момента не находила решения.

В первой главе диссертации рассматривается неустойчивое вытеснение вязкой жидкости из пористой среды, математические модели и программные пакеты валидированы на экспериментальном базисе. Предложен метод оценки площади поверхности раздела фаз, растущей за счёт неустойчивости Саффмана-Тейлора. Также в главе описан метод многомасштабного моделирования нелинейных процессов подземной гидродинамики, запатентованный Скрылевой Евгенией Игоревной с соавторами. Метод реализован на задаче моделирования термогазового способа нефтедобычи (когда между фильтрующимися флюидами происходят экзотермические химические реакции) с учётом мелкомасштабной неустойчивости.

Во второй главе исследуется капиллярная пропитка пористой среды в условиях микрогравитации. Проведена обработка и анализ экспериментальных данных. Проведено численное моделирование процесса многократной пропитки пористой среды в условиях непостоянной гравитации и валидация программного пакета на экспериментальном базисе. Описан новый вид неустойчивости: «капиллярная» неустойчивость. Исследовано

влияние нестационарного члена в уравнении импульса на результаты моделирования капиллярной пропитки. В работе предложен новый безразмерный критерий, характеризующий соотношение вынужденной конвекции и дисперсии за счет капиллярных сил, показывающий, при каких условиях необходим учёт капиллярного давления при моделировании фильтрационных процессов.

В третьей главе проводится вычислительное исследование влияния области повышенной пористости и проницаемости на вытеснение нефти из модельного коллектора. В результате ряда численных экспериментов показано, что трещина гидроразрыва пласта лишь интенсифицирует нефтедобычу, но не увеличивает коэффициент извлечения нефти. В коротких трещинах гидроразрыва процесс очистки трещины идет быстрее и процесс фильтрации происходит более равномерно. В случае, когда жидкость гидроразрыва имеет более высокую вязкость, чем вытесняющий агент, возможно, что при очистке прорыв нефти произойдет около скважины, а не через трещину. То есть трещина гидроразрыва пласта оказывается не полностью подключенной к процессу сбора нефти.

Результаты диссертации опубликованы в 21 научной статье, 11 из которых опубликованы в рецензируемых научных журналах, индексируемых в базах данных RSCI, Web of Science, Scopus. Также часть результатов представлена в главах двух коллективных монографий и одном учебном пособии. Результаты, полученные в работе, защищены 1 патентом и 2 свидетельствами о регистрации прав на программное обеспечение

По результатам диссертации было сделано более 50 докладов на российских и международных научных конференциях.

Содержание диссертации обсуждалось на научных семинарах кафедр механико-математического факультета:

- Научно-исследовательский семинар кафедры газовой и волновой динамики, МГУ имени М.В. Ломоносова, 2022 г.
- Научно-исследовательский семинар кафедры аэромеханики и газовой динамики, МГУ имени М.В. Ломоносова, 2022 г.
- Семинар по механике сплошных сред под руководством А.Г. Куликовского, В.П. Карликова, О.Э. Мельника и А.Н. Осипцова, МГУ имени М.В. Ломоносова, 2023 г.

Диссертационная работа Скрылевой Евгении Игоревны «Исследование влияния неустойчивости Саффмана-Тейлора, капиллярных эффектов и химических взаимодействий между фазами на процесс вытеснения вязкой жидкости из пористой среды» выполнена на высоком научном уровне и имеет характер законченного научного исследования. Она соответствует

специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы». Работа удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова.

Диссертация «Исследование влияния неустойчивости Саффмана-Тейлора, капиллярных эффектов и химических взаимодействий между фазами на процесс вытеснения вязкой жидкости из пористой среды» Скрылевой Евгении Игоревны может быть рекомендована к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Я, Смирнов Николай Николаевич, даю 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)

Профессор кафедры газовой и волновой динамики

механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

(119991, Ленинские горы, д. 1, телефон +7(495) 939-37-54

«21» ноября 2022 г.

Смирнов Н.Н.

Подпись удостоверяю

Декан механико-математического факультета

МГУ имени М.В. Ломоносова,

Член-корр. РАН, профессор

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

Шафаревич А.И.