

Заключение диссертационного совета МГУ.011.5
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «20» октября 2023 г. № 21

О присуждении Толмачёвой Кристине Игоревне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Развитие многоконтинуальных моделей фильтрации суспензии» по специальности 1.1.9 «Механика жидкости, газа и плазмы» принята к защите диссертационным советом 9 июня 2023 г., протокол № 21-П.

Соискатель Толмачёва Кристина Игоревна, 1993 года рождения, в 2019 году окончил очную аспирантуру отделения механики механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Соискатель работает инженером-исследователем в проектном центре по энергопереходу Сколковского института науки и технологий.

Диссертация выполнена на кафедре гидромеханики механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научные руководители – доктор физико-математических наук, Осипцов Андрей Александрович, профессор, директор Проектного центра по энергопереходу Сколковского института науки и технологий; доктор физико-математических наук, профессор, Карликов Владимир Павлович, заведующий кафедрой гидромеханики механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Смирнов Николай Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, профессор кафедры газовой и волновой динамики механико-математического факультета, профессор кафедры высокопроизводительных

вычислений; Федеральный научный центр НИИ системных исследований РАН, заместитель директора;

Индрупский Илья Михайлович, доктор технических наук, профессор, Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, заместитель директора по научной работе, главный научный сотрудник лаборатории газонефтеконденсатоотдачи пластов имени С.Н. Закирова;

Урманчеев Саид Федорович, доктор физико-математических наук, профессор, Институт механики имени Р.Р. Мавлютова — обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией “Механика многофазных систем”

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, все работы по теме диссертации, из них 7 статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности. Получен 1 патент.

1. K.I. Tolmacheva et al. Integrated modeling of fracturing-flowback-production dynamics and calibration on field data: Optimum well startup scenarios / S.A. Boronin, K.I. Tolmacheva, I.A. Garagash, I.R. Abdrakhmanov, G. Yu Fisher, A.L. Vainshtein, P.K. Kabanova, E.V. Shel, G.V. Paderin, A.A. Osiptsov // *Petroleum Science*. – 2022. – DOI: 10.1016/j.petsci.2022.12.009. – IF JCR: 4.76 (1.875 п.л. / авторский вклад 0.31 п.л.).

2. K.I. Tolmacheva et al. Effects of salinity and rock clogging on injectivity dynamics of flooding wells: Experiments, modeling and validation on field data / E.P. Redekop, S.A. Boronin, K.I. Tolmacheva, A.A. Burukhin, A.A. Osiptsov, E.V. Belonogov // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. – 2021. – Vol. 202. – P. 108504. – DOI: 10.1016/j.petrol.2021.108504. – IF JCR: 5.17 (1.125 п.л. / авторский вклад 0.31 п.л.).

3. K.I. Tolmacheva et al. Impact of Flowback Dynamics on Fracture Conductivity / A.A. Osiptsov, I.A. Garagash, S.A. Boronin, K.I. Tolmacheva, K. E. Lezhnev, G.V. Paderin // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2020. – Vol. 188. – P. 106822. – DOI: 10.1016/j.petrol.2019.106822. – IF JCR: 5.17 (1.75 п.л. / авторский вклад 0.375 п.л.).

4. K.I. Tolmacheva et al. Formation damage and cleanup in the vicinity of flooding wells: Multi-fluid suspension flow model and calibration on lab data / K.I. Tolmacheva, S.A. Boronin, A.A. Osiptsov // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2019. – Vol. 178. – P. 408 - 418. – DOI: 0.1016/j.petrol.2019.03.035. – IF JCR: 5.17 (0.6875 п.л. / авторский вклад 0.625 п.л.).

5. К.И. Толмачёва и др. Многоконтинуальная модель фильтрации суспензии в пористой среде / С.А. Боронин, А.А. Осипцов, К.И. Толмачёва // Механика жидкости и газа. Известия Российской академии наук. – 2015. – №. 6. – С. 50 - 62. Перевод: K.I. Tolmacheva et al. Multi-fluid model of suspension filtration in a porous medium / S.A. Boronin, A.A. Osiptsov, K.I. Tolmacheva // Fluid Dynamics. – 2015. – Vol. 50. – №. 6. – P. 759-768. – DOI: 10.1134/S0015462815060058. – IF SJR: 0.36 (0.625 п.л. / авторский вклад 0.58 п.л.).

6. K.I. Tolmacheva et al. Multi-fluid model for suspension filtration in porous media: Effects of particle trapping and mobilization / K.I. Tolmacheva, S.A. Boronin, A.A. Osiptsov // WIT Transactions on Engineering Sciences. – 2017. – Vol. 115. – P. 153–159. – DOI: 10.2495/MPF170161. – IF SJR: 0.211 (0.4375 п.л. / авторский вклад 0.4 п.л.).

7. K.I. Tolmacheva et al. Damage to formation surrounding flooding wells: Modelling of suspension filtration with account of particle trapping and mobilization / S.A. Boronin, K.I. Tolmacheva, A.A. Osiptsov, A.N. Sitnikov, A.A. Yakovlev, B.V. Belozarov, E.V. Belonogov, R.R. Galeev // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – Vol. 925. – №. 1 – P. 012009. – DOI: 10.1088/1742-6596/925/1/012009. – IF SJR: 0.183 (0.375 п.л. / авторский вклад 0.25 п.л.).

На диссертацию и автореферат поступило 2 дополнительных отзыва, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался компетентностью данных ученых в области механики жидкости, газа и плазмы, имеющимися у них научными публикациями по теме диссертации и способностью определить научную и практическую значимость исследования.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получены новые научные результаты. В диссертации были развиты многоконтинуальные модели фильтрации суспензии. Построена модель фильтрации с одной жидкой фазой, учитывающая перенос, захват и вымывание твердых частиц суспензии. Новым элементом модели является учет течения жидкости внутри упаковки осажденных частиц, то есть учет различия между скоростями взвешенных частиц и жидкости. Модель была реализована численно и откалибрована на экспериментах по загрязнению и очистке пористых образцов. Выбор формулы для описания интенсивности захвата частиц был предложен в зависимости от параметров среды и суспензии. Модель фильтрации с двумя жидкими фазами была использована для описания заводнения и очистки прискважинной зоны. Был предложен алгоритм для определения возможности, эффективности и оптимальной максимальной продолжительности очистки. В диссертации также была построена сопряженная гео- и гидромеханическая модель для описания процесса очистки трещины гидроразрыва. Проведено параметрическое исследование влияние гео- и гидромеханических эффектов на суммарную добычу нефти при разных скоростях снижения граничного давления.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на

защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Для достаточно мелких частиц, переносимых вместе с жидкостью в пористой среде (отношение диаметров частиц и зерен породы менее 10^{-2}), формула с экспоненциальной зависимостью коэффициента коагуляции от концентрации осажденных частиц лучше всего описывает процесс осаждения частиц; для описания одновременного захвата и осаждения включений в пористой среде формула с линейной зависимостью интенсивности захвата частиц от концентрации осажденных частиц и степенной зависимостью от координаты подходит лучше всего; для переноса более крупных включений (отношение диаметров переносимых частиц и зерен породы более 10^{-2}) лучше всего подходит формула с линейной зависимостью интенсивности захвата частиц от концентрации осажденных включений.

2. В заданном диапазоне параметров, характерном для терригенного нефтяного пласта Западной Сибири, максимальная добыча нефти в результате очистки трещины ГРП достигается при быстром падении давления в скважине (отношение проницаемости пласта к проницаемости трещины менее 10^{-6}); при увеличении проницаемости пласта давление должно падать тем медленнее, чем меньше начальная толщина трещины ГРП; при ненулевом пределе текучести жидкости ГРП давление в скважине должно падать медленнее, чем в случае с нулевым пределом текучести.

3. Для выбранного диапазона параметров течения, чем выше концентрация захваченных частиц в пористой среде, тем быстрее падает проницаемость породы вблизи скважины и тем больше оптимальная продолжительность очистки прискважинной зоны в процессе циклического заводнения пласта.

На заседании 20 октября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Толмачёвой Кристине Игоревне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 16 докторов наук по специальности 1.1.9 «Механика жидкости, газа и плазмы», участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета МГУ.011.5
доктор физико-математических наук, профессор

Осипцов А.Н.

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.011.5
кандидат физико-математических наук

Пелевина Д.А.

Подписи удостоверяю:
декан механико-математического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор физико-математических наук,
профессор, член-корреспондент РАН

Шафаревич А.И.

20 октября 2023 г.