

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы  
Кряжева Ярослава Александровича  
на тему: «Моделирование устойчивости процесса неизотермического вытеснения  
нефти», представленной на соискание  
ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника

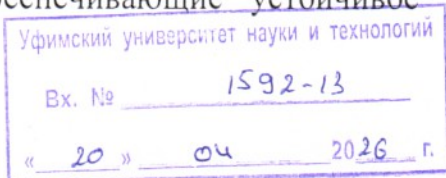
Диссертационная работа Кряжева Я. А. посвящена исследованию устойчивости фронтов вытеснения нефти при изотермической и неизотермической фильтрации флюидов в пористой среде. В условиях разработки месторождений с осложненными геолого-физическими характеристиками, высокой вязкостью нефти, значительной неоднородностью коллекторов и применением тепловых методов воздействия задача обеспечения устойчивости фронта вытеснения приобретает ключевое значение для повышения коэффициента извлечения нефти и снижения рисков преждевременного прорыва вытесняющего агента.

Автором проделана значительная по объёму и содержанию работа. На основе анализа классических и современных подходов к описанию многофазной фильтрации разработана оригинальная методика критериального анализа устойчивости фронта вытеснения. Важным достоинством работы является учёт совместного действия гравитационных и капиллярных сил, что позволило перейти от упрощённых моделей к более реалистичному описанию процесса. В частности, автором не только воспроизведено известное условие неустойчивости по соотношению подвижностей, но и количественно оценены стабилизирующие факторы. Существенным научным результатом является установление наличия критической фильтрационной скорости. Показано, что даже при неблагоприятном соотношении подвижностей возможно подавление гидродинамических возмущений за счёт капиллярно-гравитационных эффектов, если скорость фильтрации не превышает критического значения.

Особый интерес представляет создание трехфазной двухкомпонентной модели неизотермической фильтрации нефти, воды и пара с использованием уравнения состояния Лихачёва–Фогельсона и корреляций Эйнштейна для вязкости фаз. Предлагаемый подход позволяет более точно и физически обоснованно описывать изменение свойств флюидов в широком диапазоне температур и давлений, что критически важно при моделировании закачки пара.

Научная новизна работы не вызывает сомнений. Она выражается в формировании единой системы безразмерных критериев для оценки устойчивости фронта вытеснения. Для неизотермической задачи автором проведен анализ влияния безразмерного комплекса  $A$ , характеризующего отношение интенсивности тепловых потерь в кровлю и подошву пласта к скорости подвода тепла в пласт, на параметры модели трехфазной фильтрации. Установленная в ходе численных экспериментов корреляционная зависимость времени начала «образования языков» паровой фазы от этого комплекса имеет существенное значение для понимания механизмов неустойчивости при тепловых методах воздействия.

Практическая значимость результатов диссертации очевидна. Разработанная методика критериального анализа позволяет на этапе проектирования разработки оценить риск возникновения неустойчивости и выбрать параметры закачки (давление, температуру, расход теплоносителя), обеспечивающие устойчивое



вытеснение. Предложенный критерий  $A$  может быть использован для экспресс-оценки эффективности теплового воздействия без проведения трудоёмких полномасштабных расчётов.

Автореферат написан грамотным научным языком, хорошо структурирован и в полной мере отражает содержание диссертации. Основные положения, выносимые на защиту, соответствуют содержанию работы.

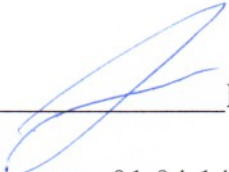
Замечания:

В автореферате имеются опечатки, например уравнение (31) неверно указан индекс "к," уравнение (34) пропущено верхнее подчеркивание над обозначением температуры, которые носят оформительскую неточность и не влияют на ценность полученных результатов.

Считаю, что по актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов диссертационная работа соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям (в действующей редакции), а её автор, Кряжев Ярослав Александрович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

*Согласен на обработку моих персональных данных, размещение персональных данных и моего отзыва на сайте ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» и в Федеральной информационной системе государственной научной аттестации (ФИС ГНА).*

«09» апреля 2026 г.

 Макаров Сергей Сергеевич

Доктор технических наук (специальность 01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника), доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химической механики Института механики Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»

Адрес: Россия, 426067, г. Ижевск, ул. им. Т. Барамзиной, д. 34

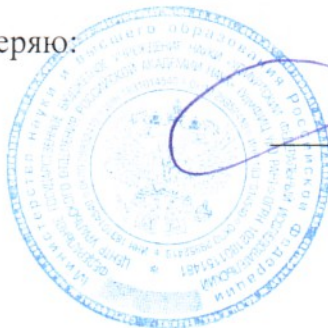
Телефон: +7 (3412) 50-82-00

E-mail: makarovss@udman.ru

Подпись Макарова С.С. удостоверяю:

Директор УдмФИЦ УрО РАН

д.ф.-м.н., профессор



 Альес М.Ю.