ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шубенкова Ивана Сергеевича
«Конвекция одно- и многокомпонентных жидкостей в пористых слоях»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 - «Механика жидкости, газа и плазмы»

Диссертационное исследование Шубенкова Ивана Сергеевича посвящено актуальным фундаментальным проблемам гидродинамической устойчивости и нелинейной конвекции в пористых средах, насыщенных одно- и многокомпонентными жидкостями. Подобные исследования имеют большое значение для целого ряда практических приложений, включая эксплуатацию геотермальных резервуаров, моделирование фильтрации подземных вод, оценку миграции углеводородов в осадочных бассейнах, а также проектирование безопасных подземных хранилищ.

Автором проделан масштабный объем исследований. Использовалась обширная методологическая база: в работе эффективно сочетаются методы линейного анализа устойчивости (построение фундаментальной системы решений), численный метод конечных разностей для двумерных течений, а также трехмерное моделирование на базе программного пакета AnsysFluent. Достоверность полученных результатов подкреплена анализом сходимости решения с изменением шага расчётной сетки, верификацией алгоритмов и предельными переходами к известным частным случаям.

Научные результаты работы обладают новизной и теоретической ценностью. Особого внимания заслуживает обнаружение длинноволновой моды колебательной неустойчивости в горизонтальном пористом слое, подогреваемом снизу, для трехкомпонентной углеводородной смеси с эффектом Соре. Интересен анализ влияния высокочастотных вертикальных вибраций малой амплитуды с учетом вязких членов в уравнениях пульсаций, показавший расширение диапазона опасности длинноволновых возмущений.

Существенный вклад внесен в изучение конвекции в наклонных слоях: показано, что за потерю устойчивости состояния равновесия наклонного пористого слоя, насыщенного однокомпонентной жидкостью, во всем диапазоне углов наклона отвечают трехмерные возмущения в виде продольных валов. При этом обнаружен тонкий физический эффект – наличие ненулевой продольной компоненты скорости, из-за чего траектории частиц жидкости образуют наклоненные эллипсы.

Не менее значимы результаты трехмерного численного анализа многослойных систем, имитирующих геологические складки под действием геотермального градиента: выявлены режимы крупномасштабного течения, к которому при повышении проницаемостей слоёв добавляются структуры, соответствующие продольным валам.

Результаты исследования опубликованы в рецензируемых научных журналах, в том числе в изданиях, индексируемых в международных базах данных. Основные результаты работы прошли широкую апробацию на научных семинарах и конференциях различного уровня.

Вместе с тем следует указать на определенные недостатки работы:

1. В автореферате отмечено, что двумерная задача (раздел 1.2.4) решалась с помощью конечно-разностной схемы реализованной автором. При этом отсутствует информация о характеристиках этой схемы: явная/неявная, порядок аппроксимации, разностная сетка равномерная/неравномерная.
2. При обсуждении результатов прямого численного моделирования двумерной и трехмерной задач не указаны параметры дискретизации расчётной области.

Данные замечания не снижают общей высокой оценки работы. Автореферат написан четким научным языком, хорошо структурирован и исчерпывающе отражает основные положения диссертации. Работа Шубенкова Ивана Сергеевича является завершенным, самостоятельным и оригинальным научным исследованием, выполненным на высоком профессиональном уровне. Автореферат отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а автор диссертации Шубенков Иван Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 - «Механика жидкости, газа и плазмы».

Доктор физико-математических наук
(специальность –Вычислительная
математика), профессор, профессор
центра прикладной математики и физики
физико-математического института
ФГАОУ ВО «Пермский государственный
национально исследовательский университет» Русаков Сергей Владимирович

Адрес: 614000,Россия,
г.Пермь. ул.Букирева, 15,
ФГАОУ ВО ПГНИУ
Телефон: 89028388469 (моб),
E-mail: rusakov@psu.ru

«05» ноября 2026 года

Я, Русаков Сергей Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Подпись Русакова Сергей Владимировича заверяю:

Собственноручную подпись
Русакова С.В.
удостоверяю
Работник отдела кадров
Сайгова Б.М. Сайгова
06.11.2026г

ОТДЕЛ КАДРОВ