

ПРОТОКОЛ № 108 - П

заседания диссертационного совета Д 501.001.89
о принятии к защите диссертации **Афанасьева Андрея Александровича**
«Термогидродинамическое исследование фильтрации бинарной смеси в широком диапазоне давлений и температур» на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

от 18 марта 2016 г.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 25 человек.
Присутствовали на заседании ___20___ человек.

Председатель: д. физ.-мат.наук, профессор Карликов Владимир Петрович

Присутствовали: д. физ.-мат.наук, профессор Осипцов Александр Николаевич, д. физ.-мат.наук, профессор Любимов Григорий Александрович, д.технических наук Дьяченко Александр Иванович, д. физ.-мат.наук, профессор Смирнов Николай Николаевич, д. физ.-мат.наук, профессор Полянский Виталий Александрович, д. физ.-мат.наук, профессор Краснобаев Константин Васильевич, д. физ.-мат.наук Никитин Николай Васильевич, д. физ.-мат.наук, профессор Куликовский Андрей Геннадиевич, д. физ.-мат.наук, профессор Баранов Владимир Борисович, д. физ.-мат.наук, профессор Голубятников Александр Николаевич, д. физ.-мат.наук, профессор Тирский Григорий Александрович, д. физ.-мат.наук Измоленов Владислав Валерьевич, д. физ.-мат.наук, профессор Формальский Александр Моисеевич, д. физ.-мат.наук Кубасова Наталия Алексеевна, д. физ.-мат.наук Полежаев Андрей Александрович, д. физ.-мат.наук, профессор Карликов Владимир Петрович, д. физ.-мат.наук, доцент Сахаров Владимир Игоревич, д.ф.-м.н. профессор Смолянинов Владимир Владимирович, д.ф.-м.н. профессор Шкадов Виктор Яковлевич, д. физ.-мат.наук, профессор Левин Владимир Алексеевич.

СЛУШАЛИ: Принятие к защите и утверждение официальных оппонентов и ведущей организации по диссертации Афанасьева Андрея Александровича «Термогидродинамическое исследование фильтрации бинарной смеси в широком диапазоне давлений и температур» на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Соискателем были представлены следующие документы:

1. Заявление соискателя на имя председателя диссертационного совета Д 501.001.89 на базе ФГБОУ ВО МГУ имени М.В.Ломоносова профессора Карликова Владимира Павловича -1 экз.
2. Анкета с фотокарточкой, заверенная в установленном порядке -2 экз.
3. Заверенная в установленном порядке копия диплома кандидата наук -2 экз.
4. Диссертация – 7 экз. (один экз.не переплетен)
5. Автореферат диссертации
6. Заключение Секции научно-технического Совета по физико-химической гидромеханике НИИ механики МГУ имени М.В.Ломоносова от 10 марта 2016 года (протокол № 2) -2 экз.
7. Отзыв научного консультанта д.ф.-м. н., члена-корреспондента РАН Мельника Олега Эдуардовича (Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова) – 2 экз.
8. 4 маркировочных почтовых карточки с указанием адреса соискателя и адреса диссертационного совета.

Диссертационный совет принял к предварительному рассмотрению диссертацию Афанасьева Андрея Александровича «Термогидродинамическое исследование фильтрации бинарной смеси в широком диапазоне давлений и температур», так как все представленные документы соответствуют перечню, утвержденному Минобрнауки РФ и 11.03 2016 г. создал комиссию в составе: академик РАН Куликовский А.Г. (председатель) , д.ф.-м.н., профессор Голубятников А.Н., д.ф.-м.н., профессор Полянский В.А.

Учитывая наличие положительного заключения организации, где была выполнена диссертация (НИИ механики МГУ имени М.В.Ломоносова), тот факт, что полный текст диссертации размещен на сайте механико-математического факультета (<http://mech.math.msu.su>) 10.03.2016 г., положительное заключение комиссии совета в составе: академик РАН Куликовский А.Г. (председатель) , д.ф.-м.н., профессор Голубятников А.Н., д.ф.-м.н., профессор Полянский В.А. совет принял решение принять диссертацию к защите.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ

докторской диссертации А.А.Афанасьева

«Термогидродинамическое исследование фильтрации бинарной смеси в широком диапазоне давлений и температур»

Комиссия диссертационного совета Д.501.001.89 в составе акад. РАН Куликовского А.Г., членов комиссии д.ф.-м.н., проф. Голубятникова А.Н. и д.ф.-м.н., проф. Полянского В.А. на основании рассмотрения диссертации А.А. Афанасьев пришла к следующему заключению.

Тема диссертации актуальна для развития методов моделирования неизотермической фильтрации бинарных смесей в широком диапазоне до- и сверхкритических давлений и температур с учётом усложнённых многофазных парожидкостных равновесий. Полученные результаты могут быть использованы для расчёта показателей эксплуатации недр Земли, в том числе при разработке месторождений нефти и газа и при подземном захоронении углекислого газа, для прогнозирования активности геотермальных систем и для уточнения геологического строения кимберлитовых трубок.

В **главе 1 (введение)** обоснована актуальность исследования, определены его цели и задачи, показана научная и практическая значимость работы.

В **главе 2** известное представление в форме Годунова для гиперболическим систем обобщено на случай смешанных систем уравнений, описывающих фильтрацию. Из представления определены требования к корректным постановкам задач неизотермической фильтрации. Сформулировано достаточное условие неотрицательного производства энтропии для конечно-разностных схем расчёта фильтрации и разработана схема, удовлетворяющая данному условию.

В **главе 3** изложен метод ускоренного расчёта теплофизических параметров бинарных смесей в широком диапазоне до- и сверхкритических давлений и температур в переменных давление-энтальпия-состав. Описано применение метода для расчёта свойств бинарной смеси углекислый газ-вода и приведены результаты сравнения расчётов с экспериментальными данными, доступными из литературных источников.

В **главе 4** сформулирована замкнутая модель фильтрации бинарной смеси, в которой теплофизические свойства определяются по методу, изложенному в главе 3. Проведён дисперсионный анализ уравнений и определено число действительных характеристик в областях однофазной, двухфазной и трёхфазной фильтрации. Исследована эволюционность сильных разрывов (фронтов фазового перехода и температурных фронтов) и рассмотрено поведение адиабаты разрыва на фазовой плоскости.

В **главе 5** разработан асимптотический метод решения задачи Римана, описывающей процессы в призабойной зоне скважины при нагнетании углекислого газа в водонасыщенный пласт. На основе результатов главы 4 построена диаграмма решений задачи и оценена точность построенной асимптотики. Изложены результаты исследования трёхфазных течений и температурных эффектов, связанных с фазовыми переходами между жидким и газообразным углекислым газом. Приведены результаты трёхмерного численного моделирования фильтрации при подземном захоронении в реальных геологических пластах.

В **главе 6** приведены результаты приложения модели к природным процессам. Проведено параметрическое исследование конвекции в геотермальных системах. Разработана расширенная модель для случая фильтрации в кимберлитовых трубках с учётом минеральной реакции между

флюидом и породой. Исследованы термогидродинамические процессы при остывании трубок и проведён линейный анализ пространственной устойчивости протекания реакции.

В главе 7 дан обзор разработанного комплекса программ для численного моделирования неизотермической фильтрации. Описана архитектура программных модулей, функциональные возможности и используемые алгоритмы расчёта. Приведены результаты верификации комплекса программ в рамках расчёта тестовых задач по разработанной модели фильтрации бинарных смесей, а также по классическим моделям фильтрации.

Достоверность результатов обеспечена использованием классических уравнений механики сплошной среды; корректной, опирающейся на современные представления о нелинейных волнах и сильных разрывах, постановкой задач; аналитическим решением ряда задач; получением результатов, согласующихся в частных случаях с результатами других исследователей; совпадением результатов расчётов теплофизических свойств бинарной смеси углекислый газ-вода с данными лабораторных измерений, доступных из литературных источников; совпадением результатов расчёта конвекции в геотермальных системах с натурными измерениями потоков газа и тепла на поверхности Земли и с измерениями температуры в геотермальных скважинах;

Основные результаты диссертации опубликованы в 27 работах, в том числе, в 17 статьях в журналах из списка ВАК Минобрнауки РФ.

Диссертация соответствует профилю Совета, удовлетворяет всем требованиям ВАК и может быть принята к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Предлагаем назначить оппонентами д.ф.-м.н., профессора **Губайдуллина Амира Анваровича** (директор Тюменского филиала ИТПМ СО РАН, Тюмень), д.т.н., профессора **Дмитриева Николая Михайловича** (профессор РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, Москва), д.ф.-м.н., профессора **Ильичёва Андрея Теймуразовича** (ведущий научный сотрудник Математического института имени В.А. Стеклова РАН, Москва), а ведущей организацией – Институт механики и машиностроения Казанского научного центра РАН (Казань).

Достоверность результатов обеспечена использованием хорошо апробированных моделей классической гидродинамики, анализом контроля точности используемых численных методов и сравнением численных результатов с данными других авторов.

Предполагаемая дата защиты диссертации – 24 июня 2016 г

ПОСТАНОВИЛИ: Принять к защите, утвердить официальных оппонентов и ведущую организацию и разрешить печатать авторефераты по докторской

диссертации Афанасьева А.А. Направить объявление о защите, электронные варианты текста автореферата, а также ссылку на сайт механико-математического факультета, где размещен полный текст диссертации, в Министерство образования и науки РФ.

Диссертация к защите представляется впервые.
Соискателем разрешена публикация автореферата.

Комиссии совета в том же составе подготовить проект заключения совета по диссертации.

Результаты голосования по вопросу принятия к защите диссертации Афанасьева Андрея Александровича «Термогидродинамическое исследование фильтрации бинарной смеси в широком диапазоне давлений и температур» по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, назначения официальных оппонентов, ведущей организации и предварительной даты защиты: за - 20, против – нет, воздержавшиеся – нет.

Принято единогласно.

Председатель диссертационного совета
Д 501.001.89 при МГУ имени М.В.Ломоносова *Карлик*
доктор физико-математических наук, профессор В.П.Карликов

Ученый секретарь совета
доктор физико-математических наук В.В.Измоленов

