

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА

о работе Афанасьева Андрея Александровича по докторской диссертации «Термогидродинамическое исследование фильтрации бинарной смеси в широком диапазоне давлений и температур» представленной к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

С 2005 года, со студенческой скамьи, Афанасьев А.А. непрерывно работает в лаборатории «Общей гидромеханики» Научно-исследовательского института механики МГУ имени М.В. Ломоносова. В 2006 году он с красным дипломом окончил механико-математический факультет МГУ и поступил в аспирантуру того же факультета. Его кандидатская работа, защищенная в 2008 году через 1.5 года после поступления в аспирантуру, посвящена исследованию нелинейных волн в многофазных однокомпонентных течениях воды и пара в пористой среде. После защиты кандидатской диссертации Афанасьев А.А. продолжил самостоятельную научно-исследовательскую работу в НИИ механики МГУ, работая с 2011 года в должности ведущего научного сотрудника.

В докторской диссертации Афанасьев А.А. существенно развил научное направление, связанное с моделированием фильтрации бинарных смесей (вода-углекислый газ, смесей углеводородов) в широком диапазоне температур и давлений, включая до- и сверхкритические значения, и с учётом сложных многофазных парожидкостных равновесий. Актуальность диссертации связана с тем, что её результаты востребованы в проблемах рационального природопользования, в частности, при захоронении углекислого газа, добычи углеводородного сырья и получения геотермальной энергии, а также при изучении природных процессов. Принципиальная сложность моделирования этих процессов связана с сильной нелинейностью зависимости теплофизических свойств от температуры и давления, особенно в окрестности критических параметров, необходимостью учета реального геологического строения проницаемых пластов, фазовых переходов и изменений компонентного состава фильтрующегося флюида. Афанасьев А.А. умело учёл всё это в диссертации, что делает её тематику и результаты современными и актуальными.

В диссертации Афанасьева А.А. теория многофазной фильтрации получила существенное развитие как в теоретическом, так и практическом плане. Сформулирована общая постановка задач многофазной фильтрации, получено обобщение формулировки Годунова для гиперболических систем на случай систем смешанного типа, описывающих неизотермическую фильтрацию. Выведено уравнение и получено условие неотрицательного производства энтропии, разработан класс конечно-разностных схем, удовлетворяющих этому условию. Разработан оригинальный метод расчета теплофизических свойств бинарных смесей в широком диапазоне температур и давлений, включая до- и сверхкритические значения. На его основе создан уникальный комплекс программ для трехмерного моделирования неизотермических задач фильтрации, превосходящий по своим возможностям имеющиеся коммерческие и научно-исследовательские пакеты программ. С использованием этого комплекса проведены обширные разносторонние исследования захоронения углекислого газа в водонасыщенных пластах, конвекции в геотермальных

системах, питающихся флюидами из магматического очага, и остывания кимберлитовых трубок с учетом минеральных реакций.

В проведенных исследованиях Афанасьев А.А. успешно совместил аналитические и численные методы решения сложных нелинейных задач фильтрации. Результаты работы, вошедшие в диссертацию, опубликованы в высокорейтинговых российских и зарубежных журналах. Они неоднократно докладывались на ведущих международных конференциях. Программный комплекс, разработанный Афанасьевым А.А. в процессе работы над диссертацией, используется учеными России, Германии, Италии и Великобритании для проведения расчетов в различных геофизических задачах, не ограничивающихся приложениями, рассмотренными в диссертации. Он неоднократно приглашался в научно-исследовательские институты и университеты данных стран, для проведения совместных исследований в области многофазной фильтрации и семинаров по использованию разработанного комплекса программ.

А.А. Афанасьев лауреат медали и премии РАН для молодых учёных, премии Международной академической издательской компании «НАУКА/ИНТЕРПЕРИОДИКА» за лучшую публикацию в журналах РАН, призёр конкурса молодых учёных НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова (2004 – 2015); в 2009, 2010, 2012, 2013, 2015, 2016 награждался стипендией МГУ имени М.В. Ломоносова. В 2014 получил диплом 1-й степени на VI молодёжной научно-практической конференции «Моделирование газовых и нефтегазоконденсатных месторождений», ООО «Газпром ВНИИГАЗ». Он является руководителем гранта РФФИ для ведущих молодёжных коллективов. Он руководит дипломными и курсовыми работами студентов механико-математического факультета.

Андрей Александрович Афанасьев является сложившимся ученым мирового класса. Выполненная им диссертационная работа безусловно является серьезным вкладом в исследования в области механики фильтрационных течений. Считаю, что А.А. Афанасьев безусловно заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

**Научный консультант:**

**заведующий лабораторией общей гидромеханики**

**НИИ Механики МГУ им. М.В. Ломоносова**

**(119192, Москва, Мичуринский проспект, д. 1, к. 323,**

**тел. (495)939-31-21, факс (495)939-01-65**

**e-mail: common@imec.msu.ru, сайт: www.imec.msu.ru)**

**доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН**

**(тел. (495)939-54-76, e-mail: melnik@imec.msu.ru)**

**О.Э. Мельник**

Подпись О.Э. Мельника удостоверяю

**Директор НИИ Механики МГУ**

**им. М.В. Ломоносова**

**Ю.М. Окунев**

