

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.13, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 30 декабря 2015 года публичной защиты диссертации Дилия Дениса Олеговича «Численное моделирование движения смеси газов при затоплении отработанных угольных шахт» по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Время начала заседания: 10.00

Время окончания заседания: 11.30

На заседании присутствовали 21 из 26 членов диссертационного совета, из них 7 докторов наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы:

1.	Христенко Юрий Федорович, заместитель председателя диссертационного совета	д-р техн. наук	01.02.04
2.	Васенин Игорь Михайлович, заместитель председателя диссертационного совета	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
3.	Пикущак Елизавета Владимировна, ученый секретарь диссертационного совета	канд. физ.-мат. наук	01.02.05
4.	Архипов Владимир Афанасьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
5.	Биматов Владимир Исмагилович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
6.	Бубенчиков Алексей Михайлович	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
7.	Бутов Владимир Григорьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
8.	Герасимов Александр Владимирович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
9.	Глазунов Анатолий Алексеевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
10.	Глазырин Виктор Парфирьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
11.	Зелепугин Сергей Алексеевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
12.	Крайнов Алексей Юрьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
13.	Люкшин Борис Александрович	д-р техн. наук	01.02.04
14.	Прокофьев Вадим Геннадьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
15.	Скрипняк Владимир Альбертович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
16.	Смоляков Виктор Кузьмич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
17.	Старченко Александр Васильевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
18.	Тимченко Сергей Викторович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
19.	Черепанов Олег Иванович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
20.	Шрагер Геннадий Рафаилович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
21.	Якутенко Владимир Альбертович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05

**Заседание провёл заместитель председателя диссертационного совета доктор технических наук, старший научный сотрудник Христенко Юрий Федорович.**

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 21, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить Д.О. Дилию учёную степень кандидата физико-математических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.13**  
**на базе федерального государственного автономного образовательного**  
**учреждения высшего образования**  
**«Национальный исследовательский Томский государственный университет»**  
**Министерства образования и науки Российской Федерации**  
**по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 30.12.2015 г., № 249

О присуждении **Дилю Денису Олеговичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Численное моделирование движения смеси газов при затоплении отработанных угольных шахт»** по специальности **01.02.05** – Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 26.10.2015 г., протокол № 241, диссертационным советом **Д 212.267.13** на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 203-161 от 08.02.2008 г.).

Соискатель **Диль Денис Олегович**, 1989 года рождения.

В 2011 году соискатель окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет».

В 2015 году соискатель очно окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности ассистента кафедры теоретической механики механико-математического факультета в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре теоретической механики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Бубенчиков Алексей Михайлович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра теоретической механики, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

**Бушланов Владимир Петрович**, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова», кафедра «Ремонт судовых машин и механизмов», профессор

**Кузнецов Гений Владимирович**, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», кафедра теоретической и промышленной теплотехники, заведующий кафедрой

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, в своем положительном заключении, подписанном **Шелухиным Владимиром Валентиновичем** (доктор физико-математических наук, профессор, лаборатория фильтрации, заведующий лабораторией) и **Пеньковским Валентином Ивановичем** (доктор физико-математических наук, лаборатория фильтрации, ведущий научный сотрудник), указала, что актуальность темы диссертации обусловлена тем, что имеющиеся на данный момент математические модели затопления шахтных выработок носят

упрощённый характер: в них, как правило, пренебрегается движением газовой фазы при описании общего характера темпов затопления и его влияния на экологическую обстановку регионов. Одновременный учёт миграции жидкой и газовой фазы, как более сложный во всех отношениях процесс, построение математической модели, постановка задач, разработка алгоритмов их численной реализации, представленные в диссертации, являются новыми и основными результатами работы. Проведённые исследования могут быть использованы проектными организациями, осуществляющими мониторинг экологической обстановки в районах добычи угля, затопления шахт и их восстановления дренажными системами.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 6 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 2, в сборниках материалов всероссийских и международных научных конференций – 4. Общий объем работ – 1.03 п.л., личный вклад автора – 0.94 п.л.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук:

1. **Диль Д. О.** Двухфазная фильтрация в анизотропном пространстве / Д. О. Диль, А. М. Бубенчиков // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2013. – № 6 (26). – С. 70–78. – 0,28 / 0,04 п.л.

2. **Диль Д. О.** Двухфазная фильтрация в трубе, заполненной пористым материалом / Д. О. Диль, А. М. Бубенчиков // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2013. – № 5 (25). – С. 45–52. – 0,21 / 0,02 п.л.

На автореферат поступило 5 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **Т.Г. Елизарова**, д-р физ.-мат. наук, главный научный сотрудник института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, *без замечаний*.
2. **О.Б. Кудряшова**, д-р физ.-мат. наук, доц., профессор кафедры методов и средств измерений и автоматизации Бийского технологического института

(филиала) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, *с замечаниями*: при формулировке задач исследования несколько нарушен логический порядок; следовало подробнее описать сравнение полученных теоретических результатов с экспериментальными; одна из формулировок не совсем ясна. 3. **В.А. Демин**, д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой теоретической физики Пермского государственного национального исследовательского университета, *с замечанием*: хотелось бы видеть более детальную физическую интерпретацию результатов, представленных на рисунках. 4. **А.И. Сафронов**, д-р физ.-мат. наук, доц., профессор кафедры «Нанотехнологии, материаловедение и механика» Тольяттинского государственного университета, *с замечаниями*: не ясно, как решена проблема масштабирования в трех разномасштабных процессах описываемых единой системой уравнений; используются ли при численном решении задачи математические условия для выбора расчетного шага из условия устойчивости расчетной схемы. 5. **А.М. Гудов**, д-р техн. наук, доц., декан математического факультета Кемеровского государственного университета, *с замечаниями*: не совсем явно описана вычислительная технология для расчета параметров математической модели; не представлено описание инструментария, который использовался для программной реализации численных экспериментов; не представлены рекомендации по использованию и практическому применению результатов исследования.

В отзывах отмечается, что при закрытии шахт возникает возможность выбросов метано-воздушных смесей на шахтных полях, проникновения газов в здания и сооружения и создания опасности жизнедеятельности людей. Необходимость прогнозирования и математического моделирования процесса движения воды и газов в пришахтной области и во всей покрывающей породе с учетом процессов адсорбции и диффузии газов в угольных породах обусловила актуальность диссертационного исследования Д.О. Дила. Автором разработана новая численная модель, учитывающая диффузионный и конвективный перенос при описании двухфазной многокомпонентной фильтрации в анизотропных по проницаемости трещиновато-пористых средах. Численное решение реализовано

методом конечных объемов, что подразумевает высокую степень точности расчетов в плане выполнения законов сохранения массы для всех рассматриваемых компонентов. Расчеты выполнены для реалистичных значений параметров, что придает еще большую практическую значимость полученным данным. Автором получен ряд новых научных результатов, включая модель многоуровневой пористости и проницаемости для наиболее полного описания процессов фильтрации, диффузии и адсорбции газов, возникающих при затоплении отработанных угольных шахт. Работа представляет интерес для инженеров и научных работников, занимающихся теоретическими и прикладными разработками в области геофизики. Вычислительная технология для получения распределения концентраций компонентов может использоваться при решении экологических задач мониторинга метана в отработанных шахтах и получении оптимальных стратегий по использованию различного шахтного оборудования в закрытых выработках.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **В.П. Бушланов** является специалистом в области исследований теоретических и практических аспектов фильтрационных течений в пористых средах различной структуры, а также в сфере теоретических исследований в механике гетерогенных сред; **Г.В. Кузнецов** является высоко цитируемым специалистом в области теоретических и экспериментальных исследований двухфазных течений капельных жидкостей в газе, а также в сфере численных экспериментов в различных областях механики жидкости и газа; **Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН** известен своими достижениями в области механики жидкости, газа и плазмы и в нём ведутся исследования в соответствующих диссертации сферах науки, а именно: математического и физического моделирования процессов многофазной фильтрации в пористых и трещиновато-пористых средах; методов численного эксперимента в механике жидкости, газа и плазмы.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

*построена* новая математическая модель процесса вытеснения смеси газов при затоплении шахтной выработки, в которой наиболее точно по сравнению с

существующими моделями для расчётов течения смеси газов и воды в угольном пласте описываются процессы диффузии и адсорбции в микро- и макропорах пород;

*продемонстрирована* эффективность предложенной вычислительной технологии для расчёта процесса двухфазной многокомпонентной фильтрации в анизотропном по проницаемости пространстве;

*показана* важность учёта и точности описания диффузионных процессов при затоплении отработанных угольных шахт.

**Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:**

в работе получены результаты фундаментального характера, которые дополняют теоретические представления о математических моделях движения газов и воды в угольных породах, а также вносят вклад в развитие численных методов решения задач двухфазной многокомпонентной фильтрации в анизотропных по проницаемости трещиноватых и трещиновато-пористых средах.

**Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:**

Разработана математическая модель и соответствующая вычислительная технология позволяющая получать распределения концентрации компонентов одной из фаз при двухфазном фильтрационном течении, которая может быть полезна при решении ряда экологических задач по мониторингу скоплений метана при затоплении отработанных угольных шахт.

Разработанная численная модель позволяет не только предсказать последствия выхода газов при затоплении шахтных выработок, но и рассмотреть и проанализировать возможные сценарии затопления с целью разработки оптимальной стратегии и рекомендаций по использованию погружных насосов на закрытых угольных шахтах.

**Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования.** Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в учреждениях РАН и высших учебных заведениях, таких как Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН (г. Новосибирск), Институт

теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича (г. Новосибирск), Институт горного дела СО РАН (г. Новосибирск), Научно-исследовательский Институт прикладной математики и механики (г. Томск), Российский государственный университет нефти и газа им. Губкина (г. Москва), Кемеровский научный центр СО РАН, Институт вычислительных технологий СО РАН (Кемеровский филиал) и др.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

*использованы* корректные физическая и математическая модели описания движения воды и смеси газов в угольных породах;

*проведены* исследования сеточной сходимости, проверено выполнение законов сохранения массы при численном решении тестовых задач двухфазной фильтрации;

*проведено* сравнение полученных результатов численных расчётов с имеющимися аналитическими решениями и их сопоставление с экспериментальными данными, полученными другими авторами.

**Новизна результатов диссертационного исследования:**

*разработана* вычислительная технология, позволяющая проводить исследования процессов двухфазной многокомпонентной фильтрации в трещиновато-пористом анизотропном пространстве и обладающая необходимыми возможностями для обобщения на случаи учёта явлений диффузии и адсорбции газов в порах угольной породы;

*сформулирована* модель тройной пористости и двойной проницаемости, наиболее полно описывающая процессы фильтрации, диффузии и адсорбции газов, а также фильтрации воды в угольной породе;

*впервые* с помощью математического моделирования проанализировано вытеснение метана из угольной породы при затоплении шахты грунтовыми водами.

**Личный вклад автора заключается в** разработке математических моделей и вычислительных методик для их численной реализации, создании компьютерных программ и проведении расчётов.



Диссертация соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, является научно-квалификационной работой, в которой содержится численное решение задачи отслеживания миграций рудничных газов, выделяющихся при затоплении отработанных угольных шахт, имеющей значение для развития механики жидкости, газа и плазмы.

На заседании 30.12.2015 г. диссертационный совет принял решение присудить **Дилю Д.О.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 7 докторов наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 21, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя  
диссертационного совета  
Ученый секретарь  
диссертационного совета



Христенко Юрий Федорович

Пикушак Елизавета Владимировна

30 декабря 2015 г.