

Результаты публичной защиты

Дата защиты 26.05.2016

Соискатель: Гасилова Ирина Владимировна

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ С ГАЗОГИДРАТНЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ».

Специальность 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

На заседании председательствует – ПРЕДСЕДАТЕЛЬ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА, академик РАН, д.ф.-м.н., профессор Б.Н. ЧЕТВЕРУШКИН.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ – к.ф.-м.н., М.А. КОРНИЛИНА.

На заседании присутствовали 18 членов совета из 25 членов диссертационного совета, из них 8 специалистов по профилю рассматриваемой диссертации:

1.	ЧЕТВЕРУШКИН Б.Н.	д.ф.-м.н.	05.13.18
2.	КАЛИТКИН Н.Н.	д.ф.-м.н.	01.02.05
3.	КОРНИЛИНА М.А.	к.ф.-м.н.	05.13.18
4.	АНДРЕЕВ В.Б.	д.ф.-м.н.	01.01.07
5.	ВАСИЛЕВСКИЙ Ю.В.	д.ф.-м.н.	01.01.07
6.	ГАСИЛОВ В.А.	д.ф.-м.н.	01.02.05
7.	ДОЛГОЛЕВА Г.В.	д.ф.-м.н.	01.01.07
8.	ЗМИТРЕНКО Н.В.	д.ф.-м.н.	01.02.05
9.	КАРАМЗИН Ю.Н.	д.ф.-м.н.	01.01.07
10.	КОВАЛЕВ В.Ф.	д.ф.-м.н.	05.13.18
11.	КОЛЕСНИЧЕНКО А.В.	д.ф.-м.н.	05.13.18
12.	КУЛЕШОВ А.А.	д.ф.-м.н.	05.13.18
13.	ЛУЦКИЙ А.Е.	д.ф.-м.н.	01.02.05
14.	МАЖУКИН В.И.	д.ф.-м.н.	05.13.18
15.	МИХАЙЛОВ А.П.	д.ф.-м.н.	05.13.18
16.	ПОЛЯКОВ С.В.	д.ф.-м.н.	01.02.05
17.	ШПАТАКОВСКАЯ Г.В.	д.ф.-м.н.	05.13.18
18.	ЯКОВОВСКИЙ М.В.	д.ф.-м.н.	05.13.18

По результатам публичной защиты диссертационный совет принял следующее заключение:

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.024.03 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ
ИМ. М.В. КЕЛДЫША РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело N _____
решение диссертационного совета от 26 мая 2016 г., № 7

О присуждении **Гасиловой Ирине Владимировне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «**Моделирование диссипативных процессов в пористых средах с газогидратными отложениями**» по специальности 05.13.18 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 17 марта 2016 года, протокол № 5, диссертационным советом Д002.024.03 на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук», 125047, Москва, Миусская пл., д.4, приказ №105/нк от 11 апреля 2012 года.

Соискатель **Гасилова Ирина Владимировна**, 1987 года рождения.

В 2009 году соискатель окончила Московский инженерно-физический институт (государственный университет), факультет кибернетики, кафедру «Управляющие интеллектуальные системы», ей присуждена квалификация инженера по специальности «Автоматизированные системы обработки информации и управления».

В период 2009-2012 гг. соискатель обучалась в очной аспирантуре ИММ РАН, а затем ИПМ им. М.В. Келдыша РАН по специальности 05.13.18 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

В настоящее время работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт

прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук», отдел №13 «Математические модели и численные методы высокотемпературной гидродинамики».

Диссертация выполнена в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор **Повещенко Юрий Андреевич**, ведущий научный сотрудник отдела № 11 «Вычислительные методы и математическое моделирование» ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. Повещенко Ю.А. не является членом диссертационного совета Д002.024.03.

Официальные оппоненты:

1. **Каракин Андрей Владимирович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории нелинейной геодинамики Института проблем нефти и газа РАН.

2. **Лобанов Алексей Иванович**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры вычислительной математики Московского физико-технического института.

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Институт автоматизации проектирования РАН, в своем положительном заключении, подписанном **Семеновым Ильей Витальевичем**, кандидатом физико-математических наук, ведущим научным сотрудником отдела «Вычислительной математики и турбулентности» ИАП РАН указала, что «...в практическом отношении в диссертации развиваются востребованные в нефтегазовой отрасли новые средства численного решения задач, возникающих при проектировании технологий разработки залежей углеводородов.

Диссертация посвящена научно-технической проблеме построения математической модели, численной методики и программного обеспечения для моделирования процессов, протекающих при вскрытии продуктивного

углеводородного месторождения при наличии газогидратных включений. Результаты расчетов процесса фильтрации углеводородов в значительной степени зависят от качества и достоверности математической модели и ее компьютерной реализации, в частности, от учета фильтрационно-емкостных свойств пористой среды... Учитывая сказанное, можно сделать вывод, что представленная работа актуальна...»

«...Новизна результатов диссертации определяется тем, что в ней: разработана новая математическая модель флюидодинамики в пористой среде с учетом диссоциации газовых гидратов...» «Применительно к геофизическим задачам с разрывными свойствами пласта и разномасштабной структурой коллекторной зоны разработан новый класс операторно-согласованных разностных схем решения начально-краевых задач для уравнений параболического типа на трехмерных неструктурированных сетках...» «Создано новое программное обеспечение для моделирования процессов в углеводородных залежах с газогидратными включениями...» «Моделирование с использованием разработанного программного обеспечения позволило получить новые данные по формированию депрессионной воронки в зоне разработки пласта с газогидратными отложениями...»

«...Разработанный эффективный метод моделирования можно использовать при проведении расчетов течений в осадочных бассейнах с газогидратными включениями с учетом конкретных фильтрационно-емкостных свойств среды, в том числе для прогноза дебитов углеводородов на залежах с поровым либо трещиновато-пористым типом коллектора.

Созданный комплекс программ с незначительными доработками можно также использовать для изучения других моделей углеводородных месторождений, например, с более сложной, нелинейной зависимостью потоков флюидов от параметров пласта и градиента давления.

Результаты диссертации могут быть использованы в Институте проблем нефти и газа РАН, Российском государственном университете нефти и газа им. И.М. Губкина, Институте физики Земли им. О.Ю. Шмидта, ООО «Газпром

ВНИИГАЗ", Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, МФТИ, Сургутском институте нефти и газа, Тюменском индустриальном университете, Новосибирском ГУ, а также в отраслевых исследовательских институтах и лабораториях, занимающихся проблемами математического моделирования углеводородных месторождений...»

В отзыве отмечены следующие замечания по работе:

- 1) Автором не рассмотрены границы применимости модели или возможности применения разработанного программного обеспечения для другого типа месторождения (шельфы, отсутствие-наличие свободного газа в месторождении и т.д.)
- 2) В диссертационной работе предложено новое решение актуальной задачи по устойчивому вычислительному алгоритму. Однако к недостатку работы следует отнести тот факт, что не все тестовые задачи являются многомерными. Например, сатурационный блок можно было бы попытаться рассмотреть в 2D-3D варианте.
- 3) В диссертации создано программное обеспечение для моделирования задач газогидратной тематики на основе операторно-согласованных разностных схем. Однако интересно было бы сравнение, например, аналогичных вычислительных экспериментов при применении конечно-элементного подхода к аппроксимации систем уравнений. Это увеличило бы аргументацию в пользу выбора именно операторно-согласованных разностных схем применительно к данному классу задач.
- 4) В главе 4 недостаточно детально представлена технология распараллеливания расчетной методики, указана только использованная технология MPI.
- 5) Для задач, рассмотренных в главе 5, желательно было бы привести результаты работы программного комплекса на разном числе вычислительных ядер с указанием ускорения и эффективности. В качестве дальнейшего развития предложенной модели желательно провести расчеты совместных задач с учетом работы обоих блоков модели.

Дана следующая общая оценка работы: «Приведенные замечания не меняют общей положительной оценки выполненной диссертационной работы. В работе рассмотрены актуальные научные задачи. Постановка и методики решения задач ясны и обоснованы. Результаты работы обладают научной новизной и практической ценностью. Материал изложен логично и понятно, разделы работы взаимосвязаны. Автореферат диссертации полностью соответствует ее содержанию.»

Соискатель имеет 9 опубликованных статей по теме диссертации, из которых 4 в журналах перечня ВАК, остальные – в рецензируемых изданиях и сборниках трудов научных конференций. В рецензируемых журналах, включенных в список ВАК:

1. Гасилов В.А., Гасилова И.В., Клочкова Л.В., Повещенко Ю.А., Тишкин В.Ф. Разностные схемы на основе метода опорных операторов для задач динамики флюидов в коллекторе, содержащем газогидраты. Журнал вычислительной математики и математической физики, Т. 55, № 8, с. 57-71, 2015.
2. Повещенко О.Ю., Гасилова И.В., Галигузова И.И., Дорофеева Е.Ю., Ольховская О.Г., Казакевич Г.И. Об одной модели флюидодинамики в пористой среде, содержащей газогидраты. Математическое моделирование, Т. 25, № 10, с. 32-42, 2013.
3. Повещенко Ю.А., Галигузова И.И., Гасилова И.В., Дорофеева Е.Ю., Ольховская О.Г., Казакевич Г.И. Математическое моделирование автоколебательных режимов формирования месторождений нефти и газа. Математическое моделирование, Т. 25, № 11, с. 44-52, 2013.
4. Колдоба А.В., Повещенко Ю.А., Гасилова И.В., Дорофеева Е.Ю. Разностные схемы метода опорных операторов для уравнений теории упругости. Математическое моделирование, Т. 24, № 12, с. 86-89, 2012.

На автореферат диссертации поступило 4 отзыва: от **Коньшина Игоря Николаевича**, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника Института вычислительной математики РАН; **Ермолаева Александра Иосифовича**, доктора технических наук, профессора, заведующего

кафедрой Разработки и эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений ФГБОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина»; **Ширяпова Дмитрия Игоревича**, кандидата технических наук, начальника Лаборатории методического обеспечения предпусковых и пусковых операций Центра технологий строительства, ремонта и защиты от коррозии ООО «Газпром ВНИИГАЗ»; **Хайдиной Марии Павловны**, кандидата технических наук, доцента кафедры Разработки и эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений ФГБОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина». Все отзывы **положительные**. В них имеются замечания.

В отзыве *Коньшина И.Н.*:

1. В тексте автореферата не нашлось места для освещения большого количества проведенных численных экспериментов, которым уделено достаточно внимания в тексте самой диссертационной работы.
2. Отсутствуют ссылки на описания разработанных автором программных модулей в рамках программного комплекса MARPLE.

В отзыве *Ермолаева А.И.*:

3. Следовало бы более четко определить область параметров, в которых моделирование депрессионных воронок на основе диссипативного блока имеет самостоятельное значение.

В отзыве *Ширяпова Д.И.*:

4. Не вполне очерчена область практического применения результатов исследования, в частности неясно, могут ли использоваться полученные модели для математического моделирования месторождения различных типов, помимо газогидратных.
5. В автореферате отсутствуют иллюстрации, которые бы визуализировали результаты проведенных вычислительных экспериментов и способствовали их более полному восприятию.

В отзыве *Хайдиной М.П.*:

6. Движение флюидов в пористой среде моделируется законом Дарси, что ведет к ограничениям на скорости фильтрации и градиенты давления соответственно,

которые могут быть корректно реализованы в предлагаемой модели. В автореферате не четко выписаны и оговорены эти ограничения.

7. В автореферате говорится о многокомпонентном течении, но, отсутствует пояснение, имеется ли в виду многокомпонентный состав газа, или под этим подразумевается то, что называется многофазным течением: газовая и водная фаза.

8. В автореферате не раскрыто, какие результаты дали исследования, проведенные с использованием созданного программного комплекса, в частности для коллекторов и скважин Мессояхского газо-газогидратного месторождения. Хотя эти исследования означены в Целях и задачах работы, а также в части Научная новизна.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации объясняется их широко известной компетенцией в разработке методов вычислительной математики применительно к численному решению задач механики сплошных сред, в том числе, с использованием многопроцессорной вычислительной техники.

Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований:

- **разработана** и исследована двухблочная математическая модель флюидодинамики, описывающая многофазное течение в пористой среде с учетом диссоциации газовых гидратов.
- **получено** основное диссипативное уравнение - уравнение пьезопроводности, описывающее эволюцию давления в пласте с газогидратными включениями, вскрытом добывающими скважинами;
- **построены** и исследованы разностные схемы операторно-согласованной аппроксимации уравнений параболического типа на нерегулярных расчетных сетках;
- **созданы** программы для расчетов на многопроцессорных ЭВМ, с помощью которых разработанная модель диссипативных процессов в пористой среде с учетом диссоциации газовых гидратов реализована и апробирована в расчетах

депресссионных воронок и в пластовых течениях при различных расположениях добывающих скважин;

- **выполнены**, на основе новых постановок задач пластовой флюидодинамики, вычислительные эксперименты, в которых показан коллективный эффект влияния энергии разложения гидратов на распределение давления в центральной зоне разработки газогидратного месторождения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что полученные в нем результаты вносят существенный вклад в теорию математического моделирования задач гидродинамики в пористых средах с газогидратными включениями, равно как и в практику математического программного обеспечения расчетов эксплуатируемых углеводородных месторождений.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики определяется перспективой применения разработанных методик и комплексов программ к оценке эффективности и прогнозу объемов добычи природного газа в месторождениях, содержащих углеводородные включения в твердой фазе. Результаты могут быть также полезны при анализе экспериментальных данных.

Достоверность результатов исследования подтверждается их повторяемостью при измельчении расчетной сетки, совпадением с точными решениями в одномерных задачах, качественным соответствием немногим имеющимся экспериментальным данным, а также публикациями в рецензируемых научных журналах и выступлениями на авторитетных международных и всероссийских конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в равноправном участии в постановке задач, разработке моделей, выборе численных методов, анализе результатов, и полностью – в разработке разностных схем двухблочной математической модели флюидодинамики с учетом диссоциации газогидратов, проектировании и создании программ, проведении серий расчетов с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и обработке полученных результатов.

Диссертация является целостным законченным научным исследованием, содержащим решение актуальной задачи математического моделирования физического явления и внесшим вклад в теорию и практику моделирования флюидодинамических процессов при эксплуатации месторождений с газогидратными включениями.

На заседании 26 мая 2016 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Гасиловой И.В. представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, которые установлены Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Гасиловой Ирине Владимировне ученую степень кандидата физико-математических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 8 докторов наук по специальности представленной диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против нет, недействительных бюллетеней 1.

Председатель диссертационного совета

Д 002.024.03, академик РАН _____ Б.Н. Четверушкин

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 002.024.03, к.ф.-м.н. _____ М.А. Корнилина

26 мая 2016 года.