Отзыв официального оппонента
д. ф.-м. н. Елены Ивановны Суетновой
на диссертационную работу Рагимли Парвин Ильгар кызы
«Математическое моделирование связанных процессов фильтрации в талой зоне и пьезопроводной среде с газогидратными включениями»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18- «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Актуальность исследования. Диссертационная работа П.И. Рагимли. посвящена математическому моделированию углеводородной флюидодинамики в коллекторах с газогидратными отложениями.Данное направление исследований, несомненно, является актуальным для изучения, эффективной эксплуатации и рационального промышленного освоения углеводородных месторождений.

Целью работы является разработка и реализация численных методов для моделирования процессов совместной фильтрации флюидов в талой и гидратной зонах.

Для достижения поставленной цели автор решил ряд задач: расширение известной флюидодинамической модели двухфазной фильтрации несмешивающихся компонент на случай наличия твердой газогидратной фазы, построение совместного семейства двухслойных полностью консервативных разностных схем с профилированными по пространству временными весами, реализация предложенных численных схем и математических моделей в виде программного комплекса.

Все эти задачи автором успешно решены.

Результаты работы могут быть использованы в научно-исследовательских и инженерных работах при исследовании и прогнозировании процессов намерзания и растаивания гидратов в коллекторах, в частности, вблизи добывающих скважин.

Общая характеристика работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5-ти глав, заключения и списка литературы.

Во введении рассматриваются актуальность темы диссертации, цели и задачи работы, аргументирована научная новизна исследований, показана практическая значимость полученных результатов, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен обзор литературы по газогидратной тематике с момента ее зарождения и до настоящего времени. Приводятся основные сведения о газовых гидратах и справочные данные, которые используются при решении поставленных в работе задач.

Во второй главе представлены модели процесса фильтрации флюидов при наличии газогидратных включений, описывающие его с математической и физической стороны. Приводится метод расщепления по физическим процессам исходной системы уравнений для пористой среды, содержащей

газогидраты. Исследуется представленная система уравнений и рассматривается метод ее решения.

В третьей главе рассматривается разностная схема для решения описанных уравнений процесса фильтрации флюидов в пористых средах при наличии газовых гидратов. В работе используются метрические сетки теории метода опорных операторов. На них построены дискретные алгоритмы со свободно-объемной аппроксимацией уравнения пьезопроводности. Благодаря расщеплению модели на функциональные блоки, полученная система уравнений разностно эквивалентна дискретным первым балансным принципам системы, которые записаны в дивергентной форме. Для создания такого подхода потребовалось ввести свободно-объемную нелинейную аппроксимацию сеточных функций по времени, которая зависит от доли объема в порах, занятом флюидами.

В четвертой главе описаны алгоритмы для моделирования течений в пористой среде, включающей твердые соединения природных газов (метана и т.д.) и воды. Такие соединения могут существовать при определенных термобарических условиях.

В пятой главе представлено компьютерное моделирование поставленной задачи, с использованием разработанного комплекса программ.

Проведены расчеты трансфазных динамически возникающих процессов совместной фильтрации в талой зоне и в среде, содержащей твердофазные газогидратные включения.

В последней части диссертации описаны основные результаты работы.

Научная новизна представленной работы состоит в том, что в ней:

1) разработан численный метод решения трансфазных задач в рамках многофазной модели фильтрации с учетом диссоциации газовых гидратов, основанный на расщеплении по физическим процессам, 2) разработан новый класс операторно-согласованных разностных схем решения начально-краевых задач для уравнений параболического типа на пространственных неструктурированных сетках общего вида, 3) осуществлена программная реализация на ПК разработанного метода в виде робастного программного комплекса для моделирования процессов фильтрации в талой зоне и среде с газогидратными включениями.

Обоснованность и достоверность результатов диссертации. Все положения и выводы диссертации достоверны и научно обоснованы. Обоснованность результатов подтверждена апробацией на международных научных конференциях, а также публикациями результатов исследования в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Основные публикации. Материалы диссертации опубликованы в 8 печатных работах, 5 из которых входят в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций, 3 работы входят в международные базы данных и системы цитирования Scopus, Web of Science.

Замечания.

По работе можно сделать следующие замечания:

1) В работе для расчетов трансфазных состояний дискретной среды, предложен некоторый набор алгоритмов: метод двойной каркасности, метод перегретого растепления и метод переохлажденной талой зоны. Однако, конкретные расчеты в 5 главе диссертации проводились только методом двойной каркасности. Представляет интерес численное исследование и других в теоретическом отношении разработанных в диссертации эволюционных трансфазных алгоритмов с перегретым растеплением и переохлажденной талой зоной.

2) Трансфазные алгоритмы, предложенные в работе, рассчитывают эволюционные переходы только между кривой трехфазного фазового равновесия и талой зоной, состоящей из воды и газа, где гидрат отсутствует. Представляет интерес также разработка и исследование алгоритмов по другую сторону от кривой фазового равновесия, т.е. переходы между трехфазным состоянием и двухфазной зоной, состоящей только из гидрата и воды или гидрата и газа. Разработка эволюционных трансфазных алгоритмов такого рода могла бы быть проведена в дальнейшем.

Заключение о диссертации. Отмеченные недостатки не снижают высокого качества исследования, они не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации, описанные выше.

Автореферат отражает основное содержание диссертации, содержит обоснованные выводы и рекомендации, отвечает требованиям ВАК РФ.

Диссертационная работа соответствует требованием, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а ее автор Рагимли Парвин Ильгар кызы заслуживает присуждения указанной степени.

Оппонент
Доктор физико-математических наук.
Ведущий научный сотрудник лаборатории теоретической геофизики
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН)
Е.И. Суетнова

19.11.2018.

Москва, 123242, Б. Грузинская ул., д. 10, стр. 1
E-mail: elena_suetnova@mail.ru
+7 (499) 766-26-56

Подпись д.ф.-м. н., в.н.с. Суетновой Е.И. заверяю

Ученый секретарь ИФЗ РАН
к.ф.-м.н. /В.В. Погорелов