

**Отзыв официального оппонента**  
**на диссертационную работу Ярцевой Елены Павловны «Разработка и численные исследования рекурсивно-итерационных методов и алгоритмов в задаче моделирования переноса примесей в атмосфере», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико – математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

**Актуальность темы диссертационного исследования**

В диссертации ставится цель, и решаются задачи, состоящие в разработке и исследовании вычислительных моделей для расчета значений поля концентрации загрязняющих примесей в пограничном слое атмосферы. На основе разработанных вычислительных методов и моделей в диссертации создается алгоритмическая система компьютерного моделирования пространственно – временной изменчивости поля концентрации загрязнений в атмосфере и соответствующее программное обеспечение, которые могут использоваться при разработке информационно-вычислительного обеспечения систем оперативного контроля и прогноза экологического состояния воздушного бассейна, что, несомненно, актуально.

Объектом исследований диссертационной работы является пространственно – временное распределение поля концентрации загрязнений в турбулентной атмосфере в пределах её пограничного слоя и соответствующее уравнение диффузного переноса, описывающее этот процесс. Предметом исследования выступают методы моделирования диффузного переноса примесей, соответствующие численные методы и модели, программно - алгоритмическое обеспечение. В качестве методов исследования применяются теория и методы математического моделирования, численные методы решения линейных многомерных дифференциальных уравнений в частных производных, теории аппроксимации, теории решения некорректных задач, а также технология алгоритмизации и программирования.

Актуальность темы диссертационного исследования также определяется и другими факторами. Прежде всего, необходимо заметить, что разработка вычислительных моделей для уравнения диффузного переноса является достаточно сложной задачей в силу его многомерности и поэтому создание новых эффективных алгоритмов решения остается актуальной задачей в области математического моделирования природных явлений, несмотря на наличие большого количества разработок в этой области. Задача осложняется еще и тем, что моделируются процессы, протекающие в турбулентной атмосфере и при этом создаваемые модели должны воспринимать данные мониторинга. Мониторинг атмосферы в пределах пограничного слоя приводит к тому, что в результате сбора данных к исследователям попадает разнородная информация, с разных сторон характеризующая наблюдаемые явления. В этом случае возникает необходимость совместного использования этой приближенной информации и математических моделей. Известно, что проблема обеспечения математических моделей исходными данными является актуальной и

современной в вычислительной математике. Кроме того, в связи с развитием современных вычислительных и информационных технологий, решение этих задач становится особенно актуальным, поскольку открывается возможность создания на их основе современных систем моделирования на ЭВМ. Подобные системы должны, по мнению автора диссертации, найти свое применение при решении задач контроля и прогноза экологического состояния воздушного бассейна вблизи промышленных предприятий. Это также обуславливает актуальность темы диссертационной работы и полученных в ней результатов.

#### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений диссертационного исследования**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений диссертационной работы обусловлена корректным использованием известных теоретических положений и методов математического моделирования, теории численных методов, теории уравнений математической физики, дифференциальных уравнений. Достоверность результатов определяется также полученными результатами численных исследований сходимости и устойчивости разработанных алгоритмов в ходе вычислительных экспериментов.

#### **Научная новизна проведенных исследований и полученных результатов**

Основные положения диссертации, отличающиеся научной новизной, заключаются в следующем:

1. В рамках проблемы обеспечения математических моделей исходными данными для одномерного параметризованного уравнения переноса предложены две качественные расчетно-аналитические модели, что позволяет выполнять качественную оценку значений параметров в задачах математического моделирования явления переноса примесей в системе атмосфера - подстилающая поверхность, решать проблему неопределенности исходных данных, получать простые аналитические решения и строить соответствующие алгоритмы исходной задачи, использовать полученные результаты моделирования в других более сложных вычислительных схемах, как некие предварительные исходные данные; разработаны соответствующие итерационные и рекурсивные вычислительные алгоритмы, устойчивые к погрешностям в исходных данных;

2. Для трехмерного параметризованного уравнения переноса примесей в атмосфере с учетом уравнения неразрывности построены вычислительные алгоритмы на основе численного метода покоординатного расщепления, в структуру которых включены итерационные и рекурсивные алгоритмы решения соответствующих одномерных задач;

3. На основе разработанного алгоритмического и программного обеспечения проведен вычислительный эксперимент, включающий тестирование алгоритмов и программ с помощью специально созданных тестовых примеров, а также исследование влияния скорости ветра, турбулентности и других состояний пограничного

слоя атмосферы на пространственно-временное распределение поля концентрации загрязняющих примесей, получены соответствующие результаты расчетов;

4. Предложена концепция информационно-вычислительного обеспечения задач экологического прогноза состояния воздушной среды, которая может быть включена, например, в состав системы «автоматизированное место специалиста-эколога» на станции экологического контроля, в соответствии с которой разработана система компьютерного моделирования пространственно-временной изменчивости поля концентрации загрязняющих примесей.

### **Теоретическая и практическая значимость полученных результатов**

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в построении и численном исследовании вычислительных моделей оценки концентрации загрязняющих примесей в турбулентной атмосфере. Используемые автором методы и подходы могут применяться также и в других областях вычислительной математики и математической физики, например, в задачах гидро- или термодинамики. С другой стороны вычислительное, алгоритмическое и программное обеспечение, а также методика постановки и проведения вычислительного эксперимента, технология построения алгоритмической системы компьютерного моделирования, созданные в диссертации, могут быть использованы в учебном процессе. Главное назначение работы состоит в разработке такого информационно-вычислительного обеспечения, которое могло бы стать основой для создания автоматизированной системы контроля и прогноза экологического состояния атмосферы в пограничном слое.

Практическая значимость диссертации определяется тем, что основные алгоритмы и программы зарегистрированы в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, они свободны для распространения и доступны для использования специалистам в области математического моделирования и создания информационно – вычислительного обеспечения систем экологического мониторинга и прогноза, решения других прикладных задач охраны окружающей среды.

### **Оформление диссертации и автореферата**

Материал диссертации изложен корректно, хорошим научным языком. Оформление, в целом, соответствует требованиям национального стандарта РФ ГОСТ Р 7.0.11 – 2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

### **Публикация основных результатов**

Из текста диссертации и автореферата, списка трудов диссертанта следует, что исследования выполнены автором в значительной степени самостоятельно. Это касается в частности построения вычислительных моделей и их детальной алгоритмизации, создания программного обеспечения, реализации на ЭВМ вычислительного эксперимента, представления и интерпретации полученных результатов. Все выносимые на защиту научные положения диссертации разработаны лично ав-

тором. Основные положения и результаты диссертационного исследования достаточно полно отражены в опубликованных работах. По теме диссертации опубликована 21 работа. К основным публикациям можно отнести 16 работ: 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК; 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Без соавторства опубликовано 11 работ, что свидетельствует о достаточном личном вкладе диссертанта в работу.

### **Соответствие диссертации и автореферата требованиям «Положения о присуждении ученых степеней»**

Содержание диссертации достаточно полно отражено в автореферате. В нем обоснована актуальность диссертационного исследования, сформулирована цель и задачи, содержатся основные результаты диссертации, показана научная новизна и практическая значимость результатов исследований, приведен список основных публикаций по теме диссертации, отражен личный вклад автора в исследования. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что диссертация и автореферат Ярцевой Е.П. в полной мере соответствуют требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям.

### **Замечания по диссертации**

1. Диссертация содержит довольно много хорошо известных фактов, которые, на мой взгляд, не следовало бы столь подробно описывать, особенно это касается первой и третьей глав.

2. В диссертационной работе достаточно часто используются такие выражения, как «вычислительная модель», «вычислительная схема» и «вычислительный алгоритм». При этом автором не дается четкого разграничения этих понятий, что было бы не лишним сделать, например, во введении.

3. В диссертации очень большой объем приложений. Разумно было бы его сократить, ссылаясь при этом на соответствующие публикации диссертанта, в частности, на свидетельства о регистрации программ для ЭВМ (Приложение 3).

### **Общая характеристика диссертационной работы**

Диссертационная работа Ярцевой Е.П. является научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и содержащей результаты, обладающие научной новизной, практической значимостью и имеющие существенное значение в области математического моделирования поля концентрации загрязняющих примесей в атмосфере и соответствующих информационно-вычислительных технологий применительно к задачам экологического контроля и прогноза воздушного бассейна.

Приведенные в отзыве замечания не снижают общей положительной оценки работы и носят дискуссионный характер.

Работа выполнена на высоком научном уровне, её содержание в достаточном объеме представлено в автореферате и публикациях автора.

Диссертационная работа и автореферат удовлетворяет всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор – Ярцева Елена Павловна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент,  
заведующий кафедрой  
вычислительной математики  
Кабардино-Балкарского  
государственного университета  
им. Х.М. Бербекова,  
доктор физико-математических  
наук, профессор

 М.Х. Шхануков-Лафишев

Шхануков-Лафишев Мухамед Хабалович  
Тел.: (8-8662) 47-74-86, 8-928-714-54-64  
E-mail: [Lafishev@yandex.ru](mailto:Lafishev@yandex.ru)  
360004, КБР, г. Нальчик, ул. Чернышевского 173

"ЗАВЕРЯЮ"  
Ученый секретарь  
"16" апреля



