

ОТЗЫВ

Официального оппонента, доктора физико-математических наук
Климовой Екатерины Георгиевны на диссертационную работу

Алиповой Ксении Александровны

«Система ансамблевого прогноза погоды с учетом неопределенностей
модели»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.2.2 - Математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ.

Актуальность темы исследования. Прогноз погоды и климата является одной из самых приоритетных задач в настоящее время. Для ее решения требуется применение современных технологий, в том числе с использованием систем усвоения данных и моделирования ансамблей прогноза погоды.

В диссертационной работе К.А. Алиповой представлено описание системы моделирования ансамбля среднесрочных прогнозов погоды по глобальной модели ПЛАВ и системы усвоения данных, основанной на ансамблевом фильтре Калмана (алгоритм LETKF). Ансамбль ошибок прогноза моделируется за счет введения возмущений как в начальных данных, так и в параметрах модели. В работе предложены и реализованы методы задания случайных возмущений параметров модели, при этом полученные алгоритмы внедрены в систему ансамблевого среднесрочного прогноза Гидрометцентра России. Данное направление исследований является безусловно актуальным, а дальнейшее развитие и поддержка системы ансамблевого прогноза погоды важным и перспективным.

Структура и содержание работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и четырех приложений.

Во введении отмечается актуальность исследования, приводятся его цели и задачи, а также основные положения, выносимые на защиту, излагаются научная новизна полученных результатов и практическая значимость работы.

В первой главе приводится обзор современных подходов и методов, применяемых при моделировании ансамблей прогнозов.

Во второй главе приводится описание системы ансамблевого среднесрочного прогноза погоды, включающей в себя систему усвоения данных, основанную на методе детерминированного ансамблевого фильтра Калмана (LETKF), а также описание модели ПЛАВ.

Глава 3 посвящена методам генерирования случайных ошибок модели за счет внесения возмущений в параметры блока параметризаций подсеточного масштаба. Представлены результаты численных экспериментов по оценке точности ансамблевых прогнозов погоды, полученных с применением описанной методики моделирования возмущений.

В четвертой главе рассматриваются методы задания возмущений в модели в алгоритме ее реализации, в частности, при вычислении полулагранжевых траекторий. Кроме того, приводятся результаты численных экспериментов по оценке влияния задаваемых возмущений на качество получаемого ансамблевого прогноза. Представлены результаты оперативных испытаний версии системы среднесрочного прогноза погоды, в которой внедрен алгоритм стохастических возмущений полулагранжевых траекторий.

В заключении формулируются основные выводы работы.

Список литературы состоит из 166 ссылок.

В приложении А содержится список возмущаемых параметров модели ПЛАВ.

В приложении Б приводятся оценки качества ансамблевых прогнозов.

В приложении В приводится акт внедрения технологии ансамблевого прогноза.

В приложении Г приводятся 2 свидетельства о государственной регистрации программ.

Научная новизна. В диссертации предложены новые алгоритмы задания стохастических возмущений при моделировании ансамблей прогнозов. Проведена реализация разработанных стохастических алгоритмов задания неопределенностей модели при вычислении ансамбля прогнозов в системе усвоения данных, основанной на ансамблевом фильтре Калмана, для модели ПЛАВ.

Практическая и научная значимость работы. Полученные в диссертационной работе алгоритмы внедрены в систему ансамблевого среднесрочного прогноза погоды для оперативного применения в Гидрометцентре России. Разработанные в диссертации новые алгоритмы моделирования стохастических возмущений параметров модели могут быть использованы при создании систем усвоения данных, основанных на ансамблевом подходе.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов. Обоснованность и достоверность научных положений диссертации подтверждается проведенным в работе анализом существующих в мире современных подходов к решению задачи усвоения данных и моделированию возмущений при прогнозировании ансамблей, а также результатами проведенных численных экспериментов по оценке точности полученных средних по ансамблю прогнозов и сравнению полученных результатов с результатами других авторов.

Замечания по работе.

1. В главе 2 на стр.41 говорится, что в алгоритме LETKF (вариант ансамблевого фильтра Калмана) «усвоение спутниковых данных невозможно в силу их существенной нелокальности». Это не совсем верно. Возможны варианты реализации алгоритма LETKF с использованием спутниковых данных, хотя при этом требуется усложнение алгоритма за счет применения методов локализации.
2. Ансамбль возмущений анализа в алгоритме LETKF формируется в соответствии с ковариациями ошибок анализа, которые, в свою очередь,

зависят от ошибок прогноза и ошибок наблюдений. Поскольку фактически среднее по ансамблю анализов является оперативным анализом Гидрометцентра России, то ковариации используемых возмущений не соответствуют ковариациям ошибок среднего по ансамблю анализа.

3. В заключении к 3 главе говорится о перспективности развития системы ансамблевого прогнозирования, в которой одновременно задаются стохастические возмущения в начальных данных и в модели атмосферы. В целом это, безусловно, верно. Но следует заметить, что фильтр Калмана и его ансамблевое приближение являются оптимальной оценкой в случае линейной модели и гауссовских случайных полей ошибок модели и наблюдений. В случае нелинейной модели атмосферы ошибка ансамблевого прогноза становится негауссовской, а соответствующая оценка на шаге анализа субоптимальной. Это следует учитывать при дальнейшем развитии системы ансамблевого прогноза.

Общая оценка работы. Отмеченные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации. Диссертация Алиповой К.А., представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, является оригинальной, завершенной научно-квалификационной работой, в которой представлены новые научные и практически значимые результаты при разработке системы ансамблевого прогноза погоды с учетом неопределенностей модели.

Основные результаты работы докладывались на научных семинарах и международных и всероссийских конференциях. По результатам диссертационного исследования опубликовано 7 печатных работ, в том числе 3 научные статьи в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, а также 4 статьи в журналах из «Белого списка». Имеется акт о внедрении результатов диссертационной работы. В публикациях достаточно полно отражены основные результаты диссертации.

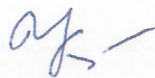
Представленная диссертация и автореферат К.А. Алиповой соответствуют установленным требованиям к специальности 1.2.2 –

«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а выполненная работа соответствует поставленным цели и задачам. Оформление диссертации удовлетворяет требованиям ВАК.

Таким образом, диссертационная работа Алиповой Ксении Александровны отвечает всем квалификационным требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а сама Алипова Ксения Александровна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник лаборатории
аэрокосмического мониторинга и обработки
данных (совместно с АлтГУ)



Климова Екатерина
Георгиевна

«8» сентября 2025 г.

Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий, Россия, Новосибирск, 630090, проспект Академика Лаврентьева, 6. klimova@ict.nsc.ru

Подпись ведущего научного сотрудника лаборатории аэрокосмического мониторинга и обработки данных (совместно с АлтГУ) Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий доктора физ.-мат. наук Климовой Екатерины Георгиевны заверяю

Ученый с
к.ф.-м.н.

ИЦ ИВТ



Киланова Наталья Владимировна

«8» сентября 2025 г.