

## ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертацию Мизяка Василия Геннадьевича «Ансамблевая система усвоения данных с использованием спутниковых наблюдений ветра», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 «Науки об атмосфере и климате»

**Актуальность темы.** Численные модели атмосферы, построенные на уравнениях гидродинамики, играют ключевую роль в получении детерминированного и ансамблевого прогноза погоды на средние сроки (до 10 суток). Эти прогнозы являются массовыми, широко используемыми в народном хозяйстве и для информирования населения. В настоящее время возможности вычислительной техники позволяют создавать оперативные численные прогностические гидродинамические модели с шагом менее 10 км. Это повышает точность и заблаговременность прогноза, однако переход на столь высокое пространственное разрешение влечет за собой высокие требования и к начальным данным модели. Недостовверные, содержащие большие ошибки исходные данные о начальном состоянии атмосферы и деятельного слоя земной поверхности ухудшают качество и точность самой совершенной численной модели. Дальнейшее развитие численных прогнозов погоды невозможно без решения научной проблемы усвоения разнородной и разноформатной метеорологической информации, поступающей за пределами стандартных сроков наблюдения, с разнообразных измерительных платформ. Часто такие данные позволяют получить эксклюзивную метеорологическую информацию по труднодоступным и необитаемым местам планеты. Сложность задачи многократно возрастает из-за большого объема поступающей информации. Собранные по всей планете за последние 3 часа метеорологические данные содержат  $10^{14}$  чисел. Растет и объем данных о прогнозируемой погоде. Обобщение и структуризация прогностических данных повышает осведомленность потребителя о характере погодных условий, позволяет перевести задачу выбора решения в плоскость экономической эффективности через оценку риска, и, в конце концов, обеспечивает рост точности прогноза погоды и эффективность его использования. Актуальность темы диссертации определяется необходимостью решения стохастической задачи эффективного усвоения данных спутниковых измерений характеристик движения воздушных течений для задачи ансамблевого прогноза погоды.

**Новизна исследования и полученных результатов.** Автор провел исследование стохастических методов усвоения данных глобального мониторинга, имеющих иные формы данных, чем начальные поля

гидродинамической модели. Предложенное автором решение использует современные подходы и впервые применяется для создания системы усвоения данных о ветре применительно к отечественной оперативной модели. Локальный ансамблевый фильтр Калмана сочетает в себе возможность выполнения параллельных вычислительных процедур с возможностью создания ансамбля начальных полей. Расширение системы усвоения данных за счет локального ансамблевого фильтра Калмана для полулагранжевой модели, основанной на уравнении абсолютной завихренности (ПЛАВ) создает возможность сравнительного анализа этого математического метода и счета модели в сопоставлении с другими системами ансамблевого прогноза, созданными ведущими исследовательскими коллективами в мире. Автором применяется интересный и перспективный способ создания ансамбля полей скорости ветра методом аддитивной инфляции с добавлением к полученным членам ансамбля анализов на каждом шаге случайного шума. Созданные программные комплексы с использованием фильтра Калмана и методов ансамблирования впервые применены в глобальной гидродинамической модели ПЛАВ. Получены новые данные о преимуществе использования разработанных математических и вычислительных методов.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений.** Все научные положения сформулированы корректно, с внимательным отношением к деталям. Полученные выводы подтверждают обоснованность и достоверность защищаемых положений. Основной инструмент представленного исследования метод математического моделирования, реализованный через стохастические уравнения. Сопоставление результатов численных экспериментов с данными наблюдений подтверждает надежность и эффективность предложенных методов и решений.

Главное достижение автора — работающая в оперативном режиме ансамблевая модель атмосферы с технологией ансамблевого усвоения спутниковых данных о скорости ветра.

Диссертационная работа обобщила результаты многолетних исследований. По теме диссертационной работы опубликовано 20 работы, из которых 4 статьи в научных рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ. Необходимость оперативного использования разработанных методов позволило автору создать программные комплексы, на три из них получены свидетельства о регистрации программ для электронных вычислительных машин Роспатента.

Автореферат и опубликованные работы соответствуют тексту диссертации и отражают ее содержание.

#### **Замечания по работе.**

1. В диссертации есть некоторое количество опечаток:

Стр. 46 — пропущена закрывающая скобка в выражении.

Стр. 49 — пропущена открывающая скобка в выражении.

стр. 64 — «Гпа».

стр. 67 — «0000 ч».

стр. 84 — «срок 00».

Стр. 102 — «на величину от от 5 до 13 %».

Стр. 109 — Повтор слова «оценкой».

2. Погрешности в оформлении рисунков:

1. Рис. 3.3. и рис. 3.4. - одинаковые подписи у рисунков, лишь по порядку указания в тексте можно попытаться догадаться о принадлежности рисунков к соответствующим полушариям. Здесь можно указать, что в этой части автор отказался от обсуждения рисунков. Если автор не проводит сравнения верификации в двух полушариях, то вполне можно было сделать один рисунок характеризующий всю планету.

2. В этой части текста упомянут рис. 3.5. Первое: судя по подписи, он не иллюстрирует улучшение точности модели по отношению к полям объективного анализа — в нем приведены данные радиозондирования. Второе не ясно для какой части планеты получены зависимости.

3. Подпись к рис. 4.18 и текст на стр. 124 содержит противоречивую информацию (1. Отрицательная или положительная аномалия? 2. Больше или меньше одного стандартного отклонения?).

3. Автор приводит оценки точности диагноза и прогноза на разных высотах в атмосферы в разных широтных зонах в виде графиков и диаграмм. Обнаруживается некоторое отставание точности прогноза ПЛАВ от английской ансамблевой модели УКМО. Осталось неясно, почему в качестве сравнения была выбрана именно эта модель, а не ECMWF или NCEP? Более того автор не попытался сделать предположения о причинах отставания в точности прогноза. Такие рассуждения, учитывая уровень квалификации автора, могли бы быть полезны для улучшения отечественной модели и поиска наилучшей конфигурации настройки других моделей, как таковых.

Наличие опечаток и погрешностей в оформлении не снижает ценность установленных фактов, значимость и актуальность положений, выводов и результатов.

#### **Общая оценка и заключение по диссертационному исследованию.**

Диссертация Мизяка Василия Геннадьевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу и соответствует пунктам 9-11, 13, 14 Положения о присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. (с изменениями в редакции постановлений Правительства РФ № 335 от 21.04.2016, № 748 от 02.08.2016, № 650 от 29.05.2017, № 1024 от 28.08.2017, № 1168 от 01.10.2018), а ее автор, Мизяк Василий Геннадьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 «Науки об атмосфере и климате» за решение важной научной задачи по исследованию методов усвоения метеорологической информации со спутников для подготовки начальных полей

гидродинамической модели и создание на их базе комплекса глобального ансамблевого прогноза.

Официальный оппонент, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы географического факультета ФГАОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

Ветров Андрей Леонидович

15 ноября 2024 г.

Адрес места работы: 6146068, г. Пермь, ул. Букирева, 15, ФГАОУВО

«Пермский государственный национальный исследовательский университет»,

географический факультет, <http://www.psu.ru>, e-mail: [info@psu.ru](mailto:info@psu.ru),

тел. 8(342)239-62-17

Подпись Ветрова А.Л. удостоверяю:

Ученый секретарь, ФГАОУВО

«Пермский государственный национальный  
исследовательский университет»

  
Е.П. Антропова

