

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу **Ладохиной Екатерины Михайловны** **«Численное моделирование влияния свойств городской застройки** **Санкт-Петербурга на метеорологические поля»**

представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
1.6.18 Науки об атмосфере и климате

Диссертационная работа Е.М. Ладохиной посвящена созданию оптимальной конфигурации мезомасштабной прогностической модели WRF-ARW для территории Санкт-Петербурга, учитывающей реальные характеристики городской застройки. Для этого модель WRF-ARW последовательно объединялась с двумя параметризациями городского подслоя: более простой моделью SLAB, описывающей урбанизированную поверхность пятью параметрами (альбедо, излучательная способность, влагосодержание почвы, шероховатость, тепловая инерция), и многоуровневой моделью BEM_BEM с уточненными геометрическими характеристиками городской застройки.

Актуальность темы. Актуальность выбранной для диссертационного исследования темы совершенно очевидна, поскольку, как четко указано в тексте диссертации, стремительная урбанизация в условиях антропогенного изменения климата требует развития новых видов метеорологического обслуживания, направленных на повышение устойчивости городов к опасным погодно-климатическим воздействиям, а большинство природных бедствий в больших городах обусловлены гидрометеорологическими процессами. Особенно актуальным и важным представленное в диссертации исследование является для таких мегаполисов как Санкт-Петербург со сложными гидрогеологическими и метеорологическими условиями, обусловленными близостью крупных акваторий, создающих специфические требования к оценке влияния городской застройки на атмосферные процессы.

Новизна полученных результатов

Новизна полученных результатов заключается в оптимизации мезомасштабной модели WRF-ARW с учетом реальных характеристик застройки городской агломерации Санкт-Петербурга. Для решения этой задачи автору пришлось разработать методику анализа чувствительности приземных метеорологических полей к параметрам урбанизированной поверхности Санкт-Петербурга, а также

существенно оптимизировать численные расчёты для сокращения вычислительных затрат при анализе чувствительности мезомасштабной модели.

Важно отметить, что в работах автора диссертации впервые для территории Санкт-Петербурга разработана конфигурация мезомасштабной прогностической модели WRF-ARW с многоуровневой параметризацией городского подслоя ВЕР_ВЕМ для реальных геометрических характеристиках городской застройки.

Достоверность выносимых на защиту положений и выводов.

Достоверность результатов работы подтверждается использованием моделей городского подслоя, проанализированных в научных работах автора и успешно применённых для решения задач численного моделирования влияния урбанизации на метеорологические величины. Согласно справке о внедрении, направленной ФГБУ «Северо-Западное УГМС» в Диссертационный совет ГМЦ РФ, разработанная автором модель используется синоптиками в оперативной практике для краткосрочного прогноза. Оценка успешности прогноза с помощью этой модели за 2025 год показала ее полезность, в особенности для прогноза приземной температуры в тёплый период года.

Научная и практическая значимость результатов.

Научная значимость полученных результатов заключается в сравнительном анализе целого набора различных параметризаций городского подслоя в мезомасштабных моделях типа WRF-ARW и обоснования выбора оптимальной параметризации для наиболее полного учета особенностей влияния городской застройки Санкт-Петербурга на метеорологические процессы в нижней атмосфере, а также определение направлений необходимых уточнений данных о характеристиках урбанизированной поверхности.

Практическая значимость работы состоит во внедрении конфигурации мезомасштабной модели WRF-ARW с многоуровневой параметризацией городского подслоя и уточнёнными параметрами урбанизированной поверхности в оперативную практику, что подтверждается приведенной в диссертации справкой о внедрении, направленной ФГБУ «Северо-Западное УГМС» в Диссертационный совет Гидрометцентра РФ.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 142 наименований работ отечественных и зарубежных авторов, списка сокращений и обозначений. Она изложена на 142 страницах текста, включая 45 рисунков, 11 таблиц и 1 приложение.

В введении четко обозначены объект, предмет и цель исследования: объектом исследования являются мезомасштабные процессы в атмосфере над территорией Санкт-Петербурга, предметом исследования выступает оценка влияния свойств урбанизированной поверхности Санкт-Петербурга на метеорологические величины с помощью параметризаций городского подслоя в мезомасштабной прогностической модели, а главной целью работы является создание оптимальной конфигурации мезомасштабной прогностической модели для территории Санкт-Петербурга, учитывающей реальные характеристики городской застройки.

В главе 1 приведен достаточно полный и обстоятельный обзор состояния современных исследований влияния городской застройки на метеорологические поля.

Глава 2 посвящена очень важному с практической точки зрения вопросу определения периодов высокоинтенсивных аномалий метеорологических условий в Санкт-Петербурге по данным наблюдений, в том числе оценке периодов проявления высокой интенсивности городского острова тепла и воздействия застройки Санкт-Петербурга на скорость и направление приземного ветра.

В главе 3 приводятся результаты анализа чувствительности прогнозируемых с помощью модели WRF-ARW метеорологических полей к изменению параметров городской подстилающей поверхности.

Глава 4 подводит итоги диссертационного исследования, в ней приведены результаты численного моделирования влияния Санкт-Петербурга на метеорологические поля с помощью прогностической мезомасштабной модели WRF-ARW, адаптированной автором к условиям Санкт-Петербурга.

Основные итоги диссертации опубликованы в четырех научных статьях, включенных в перечень ВАК и семи публикациях в материалах научных конференций.

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

Замечания. Главное замечание оппонента относится к длительности срока верификации модели. В диссертации написано, что «верификация результатов численных экспериментов проведена за четыре месяца 2021 года с контрастными внешними условиями (уровень инсоляции, облачность, наличие снежного покрова и т. д.). Раз упоминается снежный покров, то очевидно речь идет о январе-марте 2021 г. А как работает модель в другие сезоны и достаточно ли четыре месяца для верификации?

Более мелкие замечания.

Для создания выборки расчетов WRF-ARW в работе использовался метод Морриса, разработанный для города Кланг (Малайзия), он подробно описан в диссертации, но не очень понятно, насколько он применим для далекого от Малайзии Санкт-Петербурга.

В самой диссертации правильно указано, что ее основные итоги опубликованы в 4-х научных статьях, включенных в перечень ВАК (по состоянию на 25.11.2025 года), но в автореферате написано (по состоянию на 30.10.2024 года), хотя последняя из указанных работ опубликована в 2025 г.

Общая оценка и заключение. Диссертационная работа Екатерины Михайловны Ладохиной является обобщением многолетних исследований автора и представляет собой законченную научно-квалификационную работу и соответствует паспорту специальности 1.6.18 - Науки об атмосфере и климате.

Диссертация Ладохиной Е.М. удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями на 25.01.2024 г.), а Ладохина Екатерина Михайловна заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 Науки об атмосфере и климате за решение научной задачи создания, апробации и внедрения методики анализа чувствительности приземных метеорологических полей к параметрам урбанизированной поверхности Санкт-Петербурга.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник,
заведующий Лабораторией математической экологии
ФГБУН «Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН»

Гинзбург Александр Самуилович

16 сентября 2026 г.

Подпись Гинзбурга А.С. удостоверяю:
Ученый секретарь ФГБУН «ИФА им. А.М. Обухова РАН»
к.ф.-м.н.

Ю.В. Киселева

16 сентября 2026 г.

