

ОТЗЫВ

на диссертационную работу
Ладохиной Екатерины Михайловны
«Численное моделирование влияния свойств городской застройки
Санкт-Петербурга на метеорологические поля»,
представленной на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате

Диссертационная работа Е.М. Ладохиной посвящена актуальной научно-технической задаче — совершенствованию мезомасштабного прогнозирования метеорологических полей в условиях мегаполиса. Развитие прогностических моделей с более адекватными параметризациями городского приземного подслоя должна способствовать существенному улучшению прогноза погоды в городах. Это становится особо важным в условиях глобального потепления, когда своевременное предсказание аномальных температур, обусловленных городским островом тепла, может спасти чью-то жизнь. К тому же, учитывая, что достаточно часто опасные явления имеют гидрометеорологическую природу, более точные модели становятся инструментом, позволяющим повысить уровень техносферной безопасности в городах.

Особую научную ценность данной работе придает учет физико-географического положения Санкт-Петербурга, где мезомасштабная циркуляция формируется в условиях контраста между плотной застройкой и обширными водными поверхностями. Объект и предмет исследования полностью соответствуют современным исследованиям в области городской климатологии, отказу от грубых оценок и переходу к детальному моделированию городской погоды.

Методологически работа характеризуется высокой математической строгостью. Ключевым элементом новизны является адаптация метода полного анализа чувствительности Соболя с использованием суррогатного моделирования. Автором показано, что применение аппроксимации на основе алгоритмов машинного обучения — Гауссовой модели регрессии (GP), метода опорных векторов (SVR) и деревьев решений с градиентным усилением (GBR) — позволяет достичь коэффициента детерминации более 80%. Это обеспечило сокращение числа необходимых запусков мезомасштабной модели WRF-ARW более чем в 12 раз (с 3072 до 240), сделав количественный анализ чувствительности вычислительно реализуемым. Также следует отметить, что впервые в рамках мезомасштабной модели погоды Санкт-Петербурга использовались данные с сайта OpenStreetMap для более точного описания свойств подстилающей поверхности, а именно отношение суммарной площади оснований зданий к площади ячейки, вертикальное

распределение площади зданий по высотам от 0 до 75 м, а также средняя высота зданий, взвешенная по площади оснований.

В процессе исследования пограничного слоя автор показал, что суточном цикле параметр шероховатости доминирует в формировании полей ветра и влажности в ночные часы, тогда как в дневное время определяющее влияние на температуру и высоту пограничного слоя оказывает альбедо. Подробный анализ физических процессов позволил автору ранжировать по важности параметры подстилающей поверхности.

В работе проведено детальное сравнение модели с упрощенной параметризацией (SLAB) и многоуровневой системы BEP_BEM. Для верификации полей температуры поверхности (LST) привлечен значительный объем эмпирических данных: 80 безоблачных сцен спутникового продукта MODIS (MOD11_L2). Применение критерия Фишера позволило автору статистически подтвердить значимость различий в дисперсиях ошибок моделей, а использование показателя Fractions Skill Score (FSS) — определить пространственные масштабы, на которых прогноз достигает порога полезности.

Практическая значимость диссертации подтверждается следующими результатами:

Уточнение морфологии: на основе данных с сервера OpenStreetMap для Санкт-Петербурга параметры горизонтального и вертикального распределения городских зданий интегрированы в мезомасштабную модель погоды.

Прогноз ветра: показано, что детальный учет геометрии застройки (отношение площади оснований зданий к ячейке сетки) позволяет сократить среднеквадратическую ошибку (СКО) скорости ветра в городской черте примерно на 1 м/с.

Внедрение: разработанная конфигурация WRF-ARW с шагом сетки 0,6 км внедрена в оперативную практику ФГБУ «Северо-Западное УГМС», что указывает на высокую степень завершенности исследования.

Следует отметить ряд дискуссионных моментов (замечаний):

— В разделе 4.2 отмечено, что модель SLAB не способна адекватно воспроизвести интенсивность острова тепла в аномально жаркий период июня 2021 года. Это ограничение, по-видимому, обусловлено не только подбором параметров поверхности, но и фундаментальными недостатками схемы: отсутствием трехмерного описания каньонов и использованием достаточно грубой параметризации влагосодержания почвы, что может быть критично для летнего сезона.

– Результаты верификации ВЕР_ВЕМ в холодный период (январь, март) указывают на систематическое завышение интенсивности острова тепла. По-видимому, это связано со спецификой моделирования влагообмена при наличии снежного покрова и неопределенностью в задании суточного хода антропогенных источников тепла, что требует дальнейшей проработки.

Указанные замечания не снижают научной ценности диссертации и могут рассматриваться как перспективы для развития заложенного автором подхода.

Диссертация Ладохиной Екатерины Михайловны является законченной научно-квалификационной работой, в которой на высоком теоретическом и прикладном уровне решена важная задача метеорологического обеспечения мегаполиса. Работа полностью соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 «Науки об атмосфере и климате».

К. ф.-м.н. (01.04.12), с.н.с. (геофизика), доцент (вычислительная математика),
ведущий геофизик
отдел динамической метеорологии и климатологии
ГГО им. А.И. Воейкова
Фролькис Виктор Абрамович

10.09.2026

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Главная геофизическая обсерватория им А.И. Воейкова»
Россия, 194021 С.-Петербург, ул. Карбышева, д.7,
<http://voeikovmgo.ru/>
+7 (812) 297-43-90

Подпись руки

заверяю



Handwritten signature