

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Варенцова Михаила Ивановича «Анализ и моделирование мезоклиматических особенностей Московской агломерации», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология, агрометеорология»

Диссертация М. И. Варенцова посвящена решению *актуальной и важной в научном и практическом отношении* задачи – комплексному анализу урбанистических мезоклиматических аномалий Московской агломерации, их пространственно-временной изменчивости и чувствительности к реализации возможных сценариев развития города.

Современные изменения климата планетарного масштаба, а также сосредоточение населения в городских агломерациях и их стремительное развитие приводят к тому, что городская среда становится менее комфортной для проживания. Необходимость прогнозировать аномалии метеорологического режима городской агломерации за счет усиливающейся урбанизации и минимизировать её негативные последствия делает *актуальными* работы по изучению особенностей микро- и мезоклимата городов.

Подобные работы, в том числе применительно к Московской агломерации, активно велись и получены многие важные результаты, в частности, мезометеорологические масштабы аномалий. Однако использованные при этом экспериментальные результаты, как правило, немногочисленны и получены по данным разрозненных и преимущественно непродолжительных измерений, что затрудняет понимание общей картины влияния большого города на мезоклимат. Это делает особенно *актуальным* применение комплексного подхода, основанного на использовании данных наблюдений в сочетании с мезомасштабным моделированием с помощью региональной модели атмосферы COSMO. Применение технологии мезомасштабного моделирования к изучению мезоклиматических особенностей Московской агломерации позволили автору получить результаты, обладающие несомненной *научной новизной*.

Диссертация М.И. Варенцова общим объемом 212 страниц, включая 88 рисунков и 8 таблиц, хорошо структурирована, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка используемой литературы из 256 наименований (из них 183 на английском языке). Облегчает знакомство с диссертацией приведенный в ней список сокращений и обозначений.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи, которые необходимо решить для ее достижения, раскрыты научная новизна и практическая значимость результатов работы, изложены положения, выносимые на защиту, указан личный вклад автора, приведены сведения об апробации работы.

В первой главе рассмотрены аномалии температуры и влажности Московской агломерации и их временная изменчивость по данным измерений весьма ограниченного числа стандартных метеорологических станций, имеющих наиболее продолжительные ряды наблюдений. При этом приведены как результаты обзора литературы и анализа особенностей метеорологического режима и климатических особенностей Московской агломерации, так и оригинальные, полученные автором результаты. В частности, выявлены значимые положительные тренды интенсивности «острова тепла» для центра города и городских парков, обусловленные как крупномасштабными изменениями фонового метеорологического режима, так и урбанистическими изменениями. Показано, что интенсификация «острова тепла» ярче выражена летом, особенно для условий жаркой погоды. Подчеркнуто, что такая тенденция представляется *значимой и опасной для населения*, что требует более детального изучения наблюдаемых и ожидаемых изменений городских климатических аномалий Московской агломерации.

Во второй главе, следуя логике построения диссертации, автор для детального изучения внутригородской изменчивости температуры и влажности в приземном слое дополнительно привлекает данные наблюдений сетей автоматических метеорологических станций (АМС) ФГБУ «Центральное УГМС» и автоматических станций контроля качества загрязнения атмосферы (АСКЗА) ГПБУ «Мосэкомониторинг». Однако возможность использования данных измерений АСКЗА для решения поставленной задачи далеко не очевидна в силу того, что используемая ими методика не соответствует стандартам проведения метеорологических наблюдений. В этой связи заслуживает всяческого одобрения тщательно выполненная диссертантом оценка репрезентативности метеорологических измерений станций АСКЗА ГПБУ «Мосэкомониторинг». В результате им показана возможность использования данных АСКЗА для анализа пространственного распределения значений температуры и влажности для определенных условий и обоснована возможность проведения изолиний по данным новых сетей мониторинга.

Это позволило диссертанту получить достаточно детальную пространственную структура температуры и влажности, показать, что они выражены как мезомасштабные аномалии, значения которых определяются не только локальными особенностями местности,

но и интегральным влиянием городской агломерации. Полученные во второй главе результаты имеют *самостоятельную научную ценность* и необходимы для верификации результатов моделирования.

Основное содержание *третьей главы* посвящено методике численного моделирования метеорологического режима Московской агломерации. Диссертант детально разобрался в тонкостях модели COSMO и используемой версии COSMO-CLM. Им проведена большая работа по калибровке модельных настроек и подбору «оптимальной» конфигурации модели. Выявлены ограничения использования модели для решения поставленных задач. Так подчеркнуто, что в используемой версии COSMO никак не учитываются городские особенности газового и аэрозольного состава атмосферы и их влияние на метеорологические процессы.

Тщательно проведена верификация результатов модели для загородных и городских условий путем сравнения с данными измерений температуры и влажности всей совокупности метеорологических станций, включая АМС и АСКЗА.

В целом показано, что модель реалистично воспроизводит метеорологический режим Московского региона, включая «остров тепла» и другие мезоклиматические аномалии Московской агломерации. При этом выявлен ряд проблем модели, требующие решения в ближайшее время.

В четвертой главе представлен анализ пространственно-временной структуры урбанистических аномалий метеорологического режима по данным моделирования, позволяющий получить более детализированную и комплексную картину по сравнению с данными наблюдений. Суть анализа состоит в том, что особенности городской атмосферы рассматриваются как отклики модели на появление города, т.е. как разность значений между результатами моделирования с включенным и выключенным урбанистическим воздействием.

Показано, что городские мезоклиматические аномалии температуры, влажности и ветрового режима простираются на сотни метров вверх и на десятки километров за пределы Московской агломерации и характеризуются сложной пространственно-временной изменчивостью. Причем температурные аномалии могут распространяться по высоте до 1.5 км. Важно отметить, что диссертантом проведен анализ экспериментальных данных о вертикальной протяженности «острова тепла», включая данные контактных и дистанционных измерений, и показано, что результаты моделирования на качественном уровне хорошо согласованы с данными различных наблюдений и общими представлениями о суточной изменчивости АПС.

Важным *научным результатом*, имеющим *практическое приложение*, представляются выявленные мезоклиматические особенности Московской агломерации, заключающиеся в усилении радиальной, направленной к центру компоненты ветра на юго-востоке города. Это может приводить к усиленному переносу загрязняющих веществ от промышленных предприятий, расположенных на юго-востоке. При этом отмечено, что механизм данного эффекта не до конца ясен.

Наконец, *в пятой главе* для условий современного климата рассматривается опыт применения методики мезомасштабного моделирования для оценки изменений климата Московской агломерации в случае реализации гипотетических сценариев ее развития. Рассмотрены 4 сценария: два экстенсивных сценария развития агломерации при удвоении численности ее населения путем расширения города и два интенсивных – изменение параметров застройки без увеличения площади города.

На основе моделирования показано, что локальные урбанистические изменения приводят к усилению мезомасштабных аномалий метеорологического режима и формированию нелокальных (удаленных) откликов в поле температуры и летних сумм осадков. При этом отклики термического режима на урбанистические изменения значительно усиливаются в условиях жары и могут существенно ухудшать показатели метеорологической комфортности.

В рамках используемой системы моделирования летний режим температуры и осадков наиболее чувствителен к изменению площади урбанизированной территории по сравнению с изменениями морфологических параметров застройки. Это позволило автору высказать предположение, что интенсивное развитие города по сравнению с экстенсивным является более благоприятным с точки зрения воздействия на мезоклимат.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Оценивая диссертацию в целом, следует сказать, что проведенные автором исследования и полученные результаты обладают несомненной *научной новизной*. Главная отличительная особенность и преимущество примененных в диссертации методов и полученных на их основе результатов по сравнению с ранее проведенными исследованиями состоит в комплексном подходе к решению поставленных задач и использовании самых передовых программных и технических решений: мезомасштабной модели COSMO и принципиально новой технологии получения параметров городской среды на основе ГИС-анализа картографических данных OpenStreetMap.

Заслуга автора состоит также в том, что им удачно синтезированы указанные передовые технологии, адаптированы под условия Московского региона, успешно применены для решения поставленных задач, а полученные результаты тщательно проанализированы, грамотно проинтерпретированы и убедительно обоснованы.

Отчетливо просматривается *практическая значимость* полученных результатов в плане учета урбанистических мезо-аномалий метеорологического режима для решения широкого спектра прикладных задач, включая прогноз погоды и качества воздуха для урбанизированных территорий, детализацию ожидаемых климатических изменений и разработку оптимальных сценариев развития городов. Для решения конкретных практических задач с учетом роли урбанистических мезо-аномалий метеорологического режима следует рекомендовать дальнейшее развитие разработанных методов и используемых средств.

Основные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, *убедительно обоснованы и доказаны*. Личный вклад автора в обработку и анализ данных наблюдений, проведение численных экспериментов с моделью COSMO-CLM, анализу и интерпретации результатов моделирования достаточно убедительно отражен в диссертации.

Диссертация написана хорошим литературным языком и в целом производит очень благоприятное впечатление. Следует особенно отметить великолепное оформление диссертации и автореферата.

В тоже время к тексту диссертации есть *ряд замечаний*.

1. Далеко не везде приводятся СКО значений температуры и влажности, а также их аномалий, рассчитанных путем усреднения по ансамблю станций или по времени. (особенно это касается глав 1 и 2).

2. Недостаточно убедительным представляется вывод в третьей главе диссертации (с. 131) о том, что роль газового и аэрозольного состава городской атмосферы не является определяющей в формировании особенностей городского климата. Как показано в ряде работ, основная роль в формировании городского «острова тепла» принадлежит антропогенным потокам тепла и *парниковому эффекту*, вызванному поглощением ИК излучения подстилающей поверхности водяным паром, углекислым газом и сажевыми аэрозолями. Не учет последнего в модельных расчетах и реалистичное воспроизведение при этом городского «острова тепла» не может служить серьезным аргументом в пользу упомянутого вывода.

3. В силу того, что в используемой версии модели COSMO отсутствует учет влияния особенностей газового и аэрозольного состава атмосферы на метеорологические процессы к

некоторым выводам главы 5 следует относиться с осторожностью. В частности, при интенсивном сценарии развития города и увеличении численности населения в 2 раза количество автотранспорта должно существенно возрасти, что вызовет заметное повышение загрязненности города и, следовательно, увеличение интенсивности «острова тепла». Это может в корне изменить соотношение между экстенсивным и интенсивным сценариями развития города с точки зрения воздействия на мезоклимат.

4. Несколько неожиданным представляется лучший результат верификации модели для городских условий, чем для загородных и отсутствие объяснения этому (глава 3).

5. Странными выглядят некоторые выражения:

- «...за счет этого эффекта в отдельные *безветренные вечера и ночи* в городе может наблюдаться большая скорость ветра, чем за его пределами» (стр. 147, речь идет о городском бризе);

- «...обычно в метеорологии ... параметры облачности рассматриваются как *двумерные приповерхностные* характеристики» (стр. 157).

6. Трудно поверить, что представленное на рис. 4.9 чередование положительных и отрицательных аномалий скорости ветра (± 0.1 м/с) с пространственным масштабом ~ 1 км может проявляться в действительности.

7. Имеются и другие мелкие недочеты, в частности:

- на стр. 9 автореферата ошибочно указан раздел 1.5 вместо 1.4;

- рисунки главы 2, где показано пространственное распределение аномалий температуры, слишком мелкие, чтобы увидеть на них описываемые в тексте локальные микроклиматические особенности.

Отмеченные недостатки не являются принципиальными и нисколько не умаляют достоинств выполненной работы и не принижают ценность основных результатов, полученных автором.

Автореферат и опубликованные работы в полной мере отражают основное содержание диссертации.

Заключение

Изложенное выше позволяет сделать вывод о том, что диссертация Варенцова Михаила Ивановича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной в научном и практическом отношении задачи – комплексному анализу урбанистических мезоклиматических аномалий Московской агломерации, их пространственно-временной изменчивости и чувствительности к реализации возможных

сценариев развития города. Задача имеет существенное значение для развития климатологии, как отрасли знаний, а сама диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.30 – «метеорология, климатология, агрометеорология» (по географическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертация оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Варенцов Михаил Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 – «метеорология, климатология, агрометеорология».

Официальный оппонент
доктор физ.-мат. наук, зам. директора
Института экспериментальной метеорологии
ФГБУ «НПО «Тайфун» по научной работе

Нерушев
Александр Федорович

Контактные данные:

тел.: 8 (484) 3971721, e-mail: nerushev@rpatyphoon.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация: 25.00.29 – «физика атмосферы и гидросферы»

Адрес места работы:

Россия, 249038, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы 4.

Тел. 8 (484) 3971540, post@rpatyphoon.ru

Подпись Нерушева Александра Федоровича заверяю.

Ученый секретарь
ФГБУ «НПО «Тайфун», к.ф.м.н.



А.И. Бурков
«05» мая 2018 г.