

ОТЗЫВ

на диссертацию на соискание ученой степени кандидата географических наук **Варенцова Михаила Ивановича** на тему «**Анализ и моделирование мезоклиматических особенностей Московской агломерации**»

Общая характеристика работы

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук по теме: «Анализ и моделирование мезоклиматических особенностей Московской агломерации» выполнена соискателем – Варенцовым Михаилом Ивановичем на кафедре метеорологии и климатологии географического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 256 наименований работ отечественных и зарубежных авторов, списка сокращений и обозначений. Она изложена на 212 страницах текста, включая 88 рисунков и 8 таблиц.

Глава 1 «Аномалии температуры и влажности Московской агломерации и их временная изменчивость» посвящена анализу особенностей метеорологического режима Московской агломерации по данным многолетних наблюдений. В этой главе рассмотрены основные причина формирования мезоклиматических аномалий на урбанизированных территориях по литературным данным. Для Московской агломерации (МА) приведены общие закономерности возникновения этих аномалий (острова тепла (ОТ), острова сухости и влажности (ОС и ОВ)) и выполнена количественная оценка их интенсивности. Эта оценка произведена с использованием данных наблюдений на метеорологических станциях, входящих в сеть Росгидромета, дополненных данными наблюдений сетью автоматических станций (АСКЗА) ГПБУ «Мосэкомониторинг», что позволило повысить пространственно-временной разрешение полей метеозаэlements. Анализ многолетних рядов наблюдений позволил автору не только подтвердить существование мезоклиматических аномалий на территории Московской агломерации, но и выявить их многолетние тренды на фоне изменений фонового метеорологического режима.

Глава 2 «Особенности пространственного распределения температуры и влажности в пределах Московской агломерации» содержит анализ пространственно-временной изменчивости мезоклиматических аномалий на территории Московской агломерации. Для этого показана возможность использования данных АСКЗА для анализа пространственного распределения среднесуточных и ночных значений температуры для всех сезонов года, а также влажности для дневных условий летом. В качестве примеров рассмотрены два периода с характерными погодными условиями – лето 2014 и 2015 гг. и зимы 2013/14 и 2014/15 гг. Далее на примере сделанных выборок наблюдений на метеостанциях СКЗА изучены факторы, определяющие пространственную структуру ОТ. С использованием коэффициентов множественной линейной регрессии и частных коэффициентов корреляции показано, что 90 % пространственной изменчивости температуры в пределах МА обусловлено двумя факторами – долей площади урбанизированной территории в окрестностях точки измерений и удаленностью от центра города. Показано, что ОТ и ОС по горизонтальному размеру (десятки км) соизмеримы с территорией МА, что соответствует мезомасштабу метеорологических процессов.

В главе 3 «Детализированное моделирование метеорологического режима Московской агломерации» представлена методика численного моделирования метеорологического режима МА. В начале главы автором обоснована возможность применения для мезомасштабного моделирования МА региональной негидростатической модели COSMO, дано описание ее уравнений, параметризаций и особенностей используемой версии COSMO-CLM, адаптированной для продолжительных экспериментов. Горизонтальный шаг сетки модели выбран равным 1 км. Далее описана конфигурация численных экспериментов с

использованием вложенных доменов. Такой подход позволяет перейти от крупномасштабных моделей ОЦА к моделированию в более мелком масштабе, более детально учитывающему свойства подстилающей поверхности и в явном виде моделировать подсеточные мезо- и микромасштабные процессы. Конфигурация настроек модели адаптирована автором для условий МА, что позволило максимально приблизить ее к реальным условиям и уменьшить систематические ошибки моделирования. Для описания городской поверхности использована параметризация TERRA_URB, в которой особенности теплового баланса, являющиеся одним из основных факторов формирования мезоклиматических аномалий на территории городов, воспроизводятся за счет коррекции свойств подстилающей поверхности с учетом характеристик застройки, специфики водного баланса и антропогенного потока тепла. Для получения необходимых параметров городской среды использованы данные OpenStreetMap. В заключении автором приведены результаты верификации модели на основе сравнения с фактическими данными наблюдений. Показано, что использованная модель реалистично воспроизводит временную и пространственную изменчивость городских мезоклиматических аномалий.

Глава 4 «Четырёхмерная структура городских аномалий метеорологического режима по данным моделирования» посвящена интерпретации пространственно-временной структуры мезомасштабных аномалий метеорологических элементов, полученных путем численного моделирования. Так, например, расчетные аномалии температуры и влажности имеют вертикальную протяженность более 1 км летними днем и вечером, причем ОТ наблюдается лишь до высоты 150 м, а выше до формируется отрицательная аномалия. Аномалии влажности характеризуются схожей с ОТ вертикальной протяженностью. Интерес также представляет явление ночного острова влажности, приподнятого над городом, в то время как в приземном слое днем и ночью воздух характеризуется пониженной влажностью. При этом отмечается, что результаты моделирования на качественном уровне согласуются с результатами анализа данных контактных измерений, что подтверждает применимость выбранной модели для воспроизведения и анализа мезомасштабных аномалий полей метеозлементов для городской застройки.

В главе 5 «Отклик городского климата на гипотетические сценарии развития Московской агломерации» рассматриваются четыре гипотетических варианта развития МА и их последствия для метеорологического режима урбанизированных территорий. Два варианта представляют интенсивное развитие городской застройки за счет увеличения ее плотности без выраженного территориального роста, и два – экстенсивное, т.е. предполагающее разрастание территории застройки при сохранении существующих показателей плотности. Для этих сценариев развития МА выполнены прогнозы изменения интенсивности аномалий метеозлементов – термического режима и летних осадков. Констатируется усиление эффекта городского ОТ и летних осадков для всех четырех предложенных автором сценариев развития МА. В этой же главе рассматривается возможное усиление острова тепла с точки зрения увеличения риска теплового стресса для населения.

В Заключении приводятся основные выводы по проведенному соискателем исследованию.

Актуальность представленной работы заключается в том, что без учета мезомасштабных аномалий метеозлементов и изучения механизмов их формирования невозможно решение многих народно-хозяйственных задач, прежде всего – выбора стратегии развития системы расселения в целом и градостроительных концепций развития отдельных крупных агломераций, в первую очередь – Московской. Особенно остро этот вопрос стоит в связи с ожидаемыми глобальными изменениями климата в сторону потепления и накладывающимися на него мезомасштабными изменениями климата в процессе увеличения площадей, затрагиваемых градостроительной деятельностью и также вызывающих повышение температуры в приземном слое атмосферы. Эти однонаправленные процессы

изменения температуры воздуха приводят к снижению биоклиматической комфортности территории городской застройки и требуют глубокой научной проработки с целью минимизации и компенсации этого негативного воздействия на среду обитания человека.

Научная новизна работы заключается, прежде всего, в том, что автором впервые была решена задача моделирование атмосферных процессов в Московском регионе с помощью негидростатической мезомасштабной модели атмосферы с использованием вложенных доменов, позволяющих интегрировать ее в модели ОЦА. При этом в явном виде учитывались механизмы взаимодействия урбанизированной территории с приземным слоем атмосферы. Кроме того, впервые выполнен анализ пространственно-временной структуры мезоклиматических аномалий по данным фактических наблюдений не только метеостанций Росгидромета, но и АМС и АСКЗА ГПБУ «Мосэкомониторинг».

Практическая значимость работы заключается в полученных выводах, касающихся возможности достаточно детального учета влияния урбанизированных территорий на метеорологический режим городов в широком спектре научных и прикладных задач, включая прогнозирование погоды и диагностики влияния различных сценариев развития городских агломераций на локальные изменения климата и экологическую обстановку на территории городской застройки. В частности, результаты работы могут быть использованы для улучшения качества численных прогнозов погоды для Московской агломерации.

Личный вклад автора не вызывает сомнений и прослеживается на всех этапах работы.

В то же время работа не лишена некоторых недостатков. **Замечания к работе** можно разделить на две группы: первая – недостаточная проработка градостроительной ситуации, которая учитывалась при моделировании в качестве граничных условий; вторая – незавершенность исследования с точки зрения интерпретации его результатов для основного субъекта этого исследования – человека, живущего на урбанизированной территории, его биоклиматической комфортности.

Автор отмечает, что : «Опыт использования и верификации данных версий COSMO для городских условий невелик»(с. 91), поэтому трудно сказать, насколько модель чувствительна к ошибкам в задании граничных условий, которыми являются геометрические и теплофизические характеристики городской застройки. Это не позволяет оценить качество получаемых результатов при применении «загрубленных» характеристик урбанизированных территорий, полученных с помощью OpenStreetMap – открытой картографической базы данных, наполняемой пользователями, т.е. ресурса, откровенно «любительского» уровня достоверности. В профессиональном сообществе градостроителей этот ресурс никогда не используется как не вызывающий доверия. Параметры застройки и характеристики градостроительной ситуации для получения практически значимых результатов автору следовало принимать на основе разработанной и утвержденной градостроительной документации в виде карт достаточно крупного масштаба (документы территориального планирования городов МА, Генеральный план города Москвы и т.д.), имеющих в свободном доступе на сайте Москомархитектуры¹ и других территориальных администраций.

Недостаточно обоснован выбранный пространственно-временной шаг модели. Шаг сетки 1 км выбран скорее формально, по техническим соображениям, чем исходя из характерного масштаба функциональных, административных, архитектурно-ландшафтных и иных территориальных единиц, морфометрии и функций различных территорий (селитебные, производственные, ООПТ, смешанные и т.д.). Временная изменчивость техногенного воздействия со стороны застройки также выглядит чрезмерно условной. Например, техногенный поток тепла в суточном ходе бимодален, причем его два максимума и два

¹ <https://www.mos.ru/mka/function/dlia-spetcialistov/dokumenty-territorialnogo-planirovaniia/>

минимума неодинаковы по величине и имеют сезонную изменчивость. Для выполнения представленной работы это обстоятельство имеет огромное значение, т.к. автором рассматриваются именно внутрисуточные «дневные» и «ночные» максимумы развития мезомасштабных аномалий метеорологических элементов.

Из работы невозможно понять, откуда и какие привлекались данные о теплофизических характеристиках городской застройки, прежде всего – теплоемкости, теплопроводности и интегрального альбеда застройки. Каким образом автором получены эти параметры с шагом сетки 1×1 км в работе даже не поясняется. Очевидно, для определения пространственной структуры некоторых из этих параметров необходимо было бы использовать данные дистанционного зондирования (спутниковые снимки) в различных диапазонах волн.

Не вполне правомерно применено максимально возможное значение антропогенного потока тепла для модельных ячеек (150 Вт/кВ.м, с. 105), характерное для центра Лондона. В Москве этот показатель, называемый «теплотностью застройки», составляет около 200 Вт/кВ.м в среднем для всей застроенной территории города (МГСН 1.01-99), а в зависимости от плотности застройки может различаться более чем в 4 раза, т.е., например, в градостроительных узлах он может достигать 400 и более Вт/кВ.м. Такая погрешность в задании граничных условий выглядит неоправданно большой.

Говоря о «плотности застройки» следует отметить неверное применение этого термина в тексте диссертации. В нормативном употреблении этот термин (коэффициент плотности застройки) обозначает общую поэтажную площадь зданий, тыс.кв.м/га. Но автор, очевидно, употребляя этот термин имеет в виду «застроенность» (коэффициент застройки) – долю территорий, занятых застройкой в габаритах наружных стен от общей площади территории участка.

С точки зрения биоклиматической комфортности в тексте диссертации также присутствуют разночтения. Так например, в п. 5.3.3, который называется «Отклик характеристик термического комфорта» речь идет о «метеорологической комфортности» (с. 183), а далее по тексту – вообще не о комфортности а опасности с точки зрения теплового стресса. Понятие «метеорологической комфортности» автором не раскрывается, но в литературе по биоклиматическим показателям этим термином чаще всего обозначается степень патогенности погоды. Если всё же автор имеет в виду биоклиматическую комфортность (на физиологическом уровне), то для ее обсуждения в диссертации нет достаточного количества данных, поскольку она зависит не только от температуры и влажности воздуха, но также и от скорости его движения и радиационной температуры, не говоря уже о степени одетости и физической активности человека (ГОСТ Р ISO 7730-2009).

Отсюда возникают смысловые ошибки. Например, автор пишет: «Однако, мы видим, что эффект острова сухости лучше всего выражен для более дождливых прохладных периодов. А для наиболее жарких и сухих периодов он выражен слабо и не оказывает существенного влияния на условия комфортности» (с. 87) при этом не принимается во внимание, что в «фоне» комфортность обеспечивается в вечерние и ночные часы, чего в городе не происходит, т.к. этому препятствует максимальное развитие ночью ОТ в городе. При низких температурах комфортность больше зависит от скорости ветра, чем от влажности, которая на комфортность почти не влияет.

С точки зрения городской климатологии было бы интересно подтвердить существование на урбанизированной территории ещё одной мезоклиматической аномалии, которая в работе не упоминается – эффект «острова холода». На этом эффекте базируется традиционная гелиотермическая застройка стран с жарким сухим климатом. Именно поэтому она представляет особый интерес для развития климата по сценарию глобального потепления параллельно с усилением мезомасштабного городского ОТ как возможный способ смягчения

воздействия этих неблагоприятных тенденций на территорию города и его население.

Таким образом, с точки зрения градостроительства и биоклиматической архитектуры полученные результаты представляют скорее теоретический, чем практический интерес. Тем не менее следует отметить, что все высказанные замечания ни в коей мере не снижают научную ценность и практическую значимость выполненной соискателем диссертационной работы, а сделанные замечания можно рассматривать как рекомендации автору для будущих исследований.

Вывод. Выполненная Варенцовым М.И. диссертационная работа несомненно актуальна, имеет высокую научную ценность и практическую значимость и отвечает требованиям, предъявляемым к диссертационным работам, выдвигаемым на соискание ученой степени кандидата наук.

Кандидат технических наук,
доцент градостроительства,
профессор кафедры «Архитектурная физика»
ФГБОУ ВО «Московский архитектурный институт (государственная академия)»

Мягков Михаил Сергеевич

«25» 04 2018 г.



ПОДПИСЬ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский архитектурный институт (государственная академия)» (МАРХИ)
107031, Москва, улица Рождественка, дом 11/4, корпус 1, стр. 4

<http://www.marhi.ru>

E-mail: office@markhi.ru

Раб. тел.: +7 495 625-18-61

Я, Мягков Михаил Сергеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«25» 04 2018 г.

М.П.



ПОДПИСЬ

Подпись Мягкова М.С. заверяю:

Подпись

Мягкова М.С.

Начальник общего отдела

