

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата географических наук Енуковой Евгении Александровны на
тему: «Городские «острова тепла» в поле температуры поверхности по
данным космических снимков»
по специальности 1.6.21 геоэкология.**

Работы геоэкологического профиля заняли одно из основных мест в системе географических исследований. Их тематика носит междисциплинарный характер, а результаты имеют важное практическое значение. Все это относится к рассматриваемой работе Е.А.Енуковой. Нарастающий процесс урбанизации, современные климатические изменения, усиливающаяся антропогенная нагрузка на городские экосистемы заметно проявляется в микроклиматических характеристиках городских территорий, важнейшей из которых является изменение температуры приземного слоя воздуха и поверхности, выраженная в формировании феномена «островов тепла». Это явление имеет определенные социальные, экономические и экологические последствия, что подчеркивает важность междисциплинарного подхода к его изучению и анализу возможных последствий.

Автор рассматриваемой работы анализирует пространственные характеристики формирования «островов тепла», изучая температуру земной поверхности. При этом базу данных для исследования Е.А.Енукова формирует на основе изучения многолетних спутниковых измерений и разрабатывает новые методы интерпретации пространственных и временных спутниковых данных для этих целей. На примерах убедительно продемонстрированы ограничения в их использовании при проведении геоэкологических исследований. Достоверность результатов, полученных с использованием этих методов, Е.А.Енукова проверяет данными наземных наблюдений. В связи с вышеизложенным, актуальность и методических подходов проводимого исследования, направленного на выявление

пространственных и временных показателей «острова тепла», не вызывает сомнений, тем более, что в центре внимания автора «острова тепла» Москвы, уже неоднократно испытывавшей на себе неблагоприятные последствия их формирования.

Положения, выносимые на защиту, вполне обоснованы актуальностью тематики исследования и используемой базой данных. Для достижения поставленной цели исследования решается 5 взаимосвязанных, но разноплановых задач, сопряженных как с изучением закономерностей развития этого явления для различных типов земной поверхности («запечатанных», водных, «зеленых» и др. пространств города), с оценками интенсивности поверхностного «острова тепла», обусловленной суточным ходом температур и другими факторами., а также с разработкой методики работы с данными дистанционного зондирования о температуре поверхности и способов их применения для расчета показателей поверхностного «острова тепла». Автор не ограничивается изучением этого феномена для территории Москвы, а проводит сопоставление условий формирования «островов тепла» в крупных и малых городах Центрального региона, а также городах тропических широт на примере Индии. Выявление существенных различий в условиях формирования «островов тепла» в разных районах Земли очень интересна по географической интерпретации особенностей развития этого феномена, что весьма значимо для комплексных геоэкологических исследований.

Научную новизну рецензируемой работы определяет ряд полученных результатов, важнейшими из которых представляются следующие:

- Получены средние оценки интенсивности поверхностного «острова тепла» и её годового хода для Москвы по многолетним данным спутников и расчетов индекса NDVI.
- Выявлены пороговые значения доли покрытия территории облаками, превышение которых ограничивает возможность проведение оценок интенсивности «острова тепла» по спутниковым снимкам.

- Определены необходимые поправки на дискретное время пролёта спутников (приведение интенсивности к среднесуточным значениям и на антициклональные условия ясного неба)
- Дан детальный анализ неоднородной термической структуры городской поверхности и прилегающих территорий, условий формирования локальных «островов тепла и холода», отличительных характеристик рассматриваемых процессов в городах, различающихся по площади и числу жителей, расположенных в разных географических зонах.

Научная значимость работы определяется выявлением статистически достоверных зависимостей между различными факторами среды и интенсивностью «островов холода» и «островов тепла», ограничениями в использовании спутниковой информации для этих целей.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования её результатов в городском планировании, направленном на повышение комфортности проживания горожан, оптимизации затрат энергоресурсов на отопление и кондиционирование, а также внедрения её результатов в вузовские учебные курсы по экологической климатологии, урбоэкологии, дистанционного зондирования.

Достоверность полученных результатов определяется большим числом обработанного материала (за период с 2000 по 2020 годы изучено 15342 снимка), проведением численных экспериментов с имитацией облаков над Московским регионом, созданием векторных слоев для анализа городского «острова тепла» в Москве и оценки внутренней структуры поля температуры поверхности города, подкреплении полученных при этом результатов натурными измерениями. Степень обоснованности научных положений и выводов представляется высокой. Вся совокупность полученных данных и характеристик является логически закономерной как в фактологической, так и в интерпретационной областях. Полученные выводы логично проистекают

из собранных и проанализированных данных в соответствии с поставленными в диссертационной работе задачами.

Апробация работы проводилась на почти двух десятках российских и международных конференциях и совещаниях, её результаты отражены в 27 публикациях, включая 6 статей в рецензируемых журналах, 4 из которых входят в перечень рецензируемых научных изданий в базах данных Scopus, Web of Science и RSCI. В опубликованных работах по теме диссертации представлены основные научные положения защищаемой работы

Работа включает 5 глав, введение и заключение, изложенные на 231 странице, включая рисунки, таблицы. Библиографический список содержит 120 литературных источника, из них 52 на английском языке. Автореферат по форме, основному содержанию, формулировке выводов соответствует тексту диссертационной работы.

Дадим краткую оценку содержания исследования по главам.

Глава 1 посвящена характеристике модельной территории и методическим приемам использования спутниковых данных, отражающих особенности измерений в инфракрасном диапазоне электромагнитных волн с анализом получаемых радиометрических продуктов, Она построена на обзоре тематических публикаций. Наибольший интерес представляет собой подробный тематический обзор в разделе этой главы: «Городские «острова тепла»: причины их образования, методы изучения».

В главе 2 содержится описание методики исследования, использованной автором, для изучения поверхностного «острова тепла» Москвы (и других районов) и его характеристик. Приведена общая информация о данных радиометра MODIS, особенностях съемки со спутников TERRA и AQUA. Поражает объем собранной спутниковой информации за 21 год. Глава очень содержательна по структуре и интересна по сделанным выводам и заключениям. Автору удалось выявить несколько методических проблем использования спутниковой информации для исследования «острова тепла», а также предложить пути их решения.

Установлено необходимое расстояние удаленности референтных территорий при характеристике «островов тепла». В ходе эксперимента выявлены различия спутниковых данных поверхностных температур и аналогичных для метеообсерватории МГУ. Очень важным являются разработки автора, посвященные влиянию облачности на возможность использования спутниковых снимков, для чего проведены численные эксперименты

Изучение 1379 снимков для общей характеристики поверхностного «острова тепла» Москвы, закономерностей годового и суточного хода его интенсивности дали возможность получить выводы о влиянии площади зеленого покрова в теплый период и альбедо зимой в городе и пригородной территории на формирование «островов тепла», определить многолетние изменения интенсивности поверхностного «островов тепла» Москвы и вегетационного индекса Москвы и Подмосковья за последние 20 лет.

В главе 3 автор исследует влияние различных типов городской поверхности (парки, водная поверхность, застройка и т.п.) на пространственную структуру поверхностного «острова тепла» Москвы и создаёт её классификацию на основе изучения термической неоднородности. Дается детальная характеристика распределения поверхностных температур и «островов холода» в 28 парковых зонах Москвы, при этом выявлены интересные закономерности их формирования и сезонные вариации. Для подтверждения полученных результатов был проведен анализ статистической значимости различий температуры трёх типов поверхности с использованием критерия Стьюдента. Представленные оценки, чрезвычайно важные для геоэкологических исследований городов, отражены в четких выводах.

Глава 4 посвящена изучению среднего многолетнего поля температур поверхности в Московской и соседних областях, части которых входят в зону сравнения. Регрессионный анализ зависимости поверхностной температуры от географического положения, лесистости территории, состояния растительного покрова (по индексу NDVI с уточнениями по индексу

листовой поверхности LAI), открытости почвы, наличия водной поверхности и т.д. выявил наиболее тесную зависимость с состоянием растительного покрова, лесистостью и плотностью населения. Сравнительный анализ был продолжен на примере малых городов Московского региона, Твери, Рязани, который подтвердил полученные выводы о влиянии структуры типов поверхностей, выявленные для Москвы. Интересным представляется вывод об отсутствии статистически значимого изменении поверхностных температур в Московском регионе и Москве за 21 год.

Глава 5 посвящена изучению поверхностного «острова тепла» в условиях тропиков на примере Дели и Бангалора (Индия) по спутниковым данным 2017-2018 гг. Формирование «острова тепла» в этот период не выявлено. Кроме ранее полученных зависимостей по умеренному поясу, описано влияние еще одного фактора на поверхностные температуры – рельефа. Рассмотрена региональная специфика соотнесения полученных спутниковых данных с результатами наземных наблюдений.

Сделанные выводы в целом свидетельствуют об успешном решении поставленных задач.

К общим замечаниям по работе можно отнести следующие:

- При детальном рассмотрении типов климата модельных районов в разных классификациях нет четкого обоснования выбора автора.
- Автор использует собственную классификацию климатического зонирования города, соотносит её с типами поверхностей, никак не сопоставляя их с принятым функциональным зонированием, что имело бы прямой практический выход на использование результатов.
- Нет достаточного обоснования выбора референтных парковых территорий Москвы, куда попали и Национальный парк «Лосиный остров», и растительность Ваганьковского кладбища, разные по размерам, расположению, структуре поверхности, а также очень разные для

сравнения населенные пункты (от Подольска и Твери до деревень Афансьево и Бяконтово).

К прочим замечаниям относятся следующие:

- Автор не делает различия между малыми и средними городами, Московским и Центральным регионом, т.е. достаточно "вольно" обращается с экономико-географическими терминами.
- Отсутствуют четкие комментарии соответствия поверхностного слоя, изучаемого автором, и ландшафтной трактовки этого понятия.
- Выявление влияния фактора рельефа на температуру поверхности ограничено Бангалором, при отсутствии аналогичных комментариев для Можайска и Дмитрова (перепады высот в ряде случаев сопоставимы).
- При анализе влияния различных факторов распределения температуры поверхности по территории Московского региона использованы некоторые данные разных временных периодов: Атласа 1976 г.(лесистость) и спутниковой съемки 2000-2020 г. (NDVI).
- Имеются редакционные погрешности, особенно заметные в подписях к некоторым рисункам, а также курьезным фразам типа: «До недавнего времени люди уничтожали древесную растительность» (с.99), излишне пространном описании известных вещей, например, индексов LAI и NDVI, понятия «муссоны», климатов в разных классификациях, неправильном использовании термина «тип почвы», нарушением алфавитного порядка в списке литературы и т.д.

В целом диссертационная работа Енуковой Е.А. содержит решение задач, имеющих большое научное и практическое значение для оптимизации городского планирования, затрат города на отопление и кондиционирование,

совершенствования методики использования результатов данных дистанционного зондирования температур поверхности. Получены новые научные результаты, основанные на обработке большого объема первичной информации и собственных экспериментальных данных, позволившие автору не только выявить пространственные закономерности распределение тепла на модельных территориях, но и усовершенствовать методику интерпретации спутниковых данных в этих целях. Эти результаты весьма значимы для развития эколого-климатического направления геоэкологии, совершенствования приемов дистанционного зондирования в этом направлении.

Указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.21 – Геоэкология (Географические науки), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Енукова Евгения Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21 Геоэкология.

Официальный оппонент:

Доктор географических наук,
профессор кафедры физической географии мира
и геоэкологии географического факультета

МГУ имени М.В. Ломоносова

КРАСОВСКАЯ Татьяна Михайловна

21.04. 2025

Контактные данные:

тел.: +74959393842, e-mail: krasovsktex@yandex.ru

Специальности, по которой официальным оппонентом

защищена диссертация: 25.00.36 – Геоэкология и

25.00.24 - Экономическая, социальная и политическая география

Адрес места работы:

119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д.1, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет.

Тел.: +7 495 939 21 45, e-mail: info@geogr.msu.ru

Подпись сотрудника Красовской Т.М.
удостоверяю:

Декан географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, академик РАН

С.А.Добролюбов

21 апреля 2025 г.

