ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТЧЕТ

Наименование грантового проекта: «Исследования географического явления городского «острова тепла» в городах и малых населённых пунктах Московского региона».

Грантополучатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова (географический факультет).
Дата создания: 22.06.1993 г.
ОГРН 1037700258694
ИНН 7729082090
КПП 772901001
Юридический адрес: 119234, город Москва, тер Ленинские Горы, д.1
Фактический адрес: 119234, город Москва, тер Ленинские Горы, д.1
Декан географического факультета: Добролюбов Сергей Анатольевич.

Отчет о реализации проекта за период с «01» сентября 2022 г. по «30» сентября 2023 г., осуществленного за счет средств, полученных от Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» в рамках гранта по Договору № 47/2022-И о предоставлении гранта от «25» августа 2022 г.

Научная новизна проекта *(согласно ТЗ проекта)***:**

Новизна проекта заключается:

1. в экспериментальном исследовании «островов тепла» малых населённых пунктов (городов и деревень) Московского региона с использованием большого числа измерительных пунктов;
2. в сравнении натурных и спутниковых данных об интенсивности этого явления с использованием спутниковых снимков разных систем и разрешения;
3. в экспериментальном исследовании циркуляции «городского бриза» в большом городе при антициклональной погоде с использованием данных о ветре передвижного содара Scintec SFAS и стационарного содара MODOS.

Экспериментальные исследования «островов тепла» многократно проводились во многих городах с помощью и сетевых наблюдений, и маршрутных съёмок, и спутниковых данных. Однако в подавляющем большинстве случаев объектом исследований были лишь крупные и крупнейшие города. Данных об «островах тепла» малых населённых пунктов в литературе крайне мало. Спутниковые данные радиометрических измерений температуры поверхности также широко используются для оценки интенсивности «островов тепла», однако исследований её многолетних (за 20 последних лет) изменений по полной выборке доступных космических снимков в литературе также почти нет. Наконец, экспериментальные данные о циркуляции «городского бриза», связанной с явлением «острова тепла», в литературе также отсутствуют. Настоящий проект восполняет эти пробелы.

Социальная и/или экономическая значимость проекта *(согласно ТЗ проекта)***:**

Исследования «островов тепла» имеют большое практическое значение, поскольку учёт этого явления позволяет уточнить прогнозы погоды для отдельных городов, оценки теплопотерь зданиями в холодный период года, энергетических затрат на их отопление и кондиционирование, оценки степени комфортности населения и возможного теплового стресса во время сильной жары иои сильного мороза, изменение сроков наступления фенологических фаз растений, включая городские плодовые культуры, по сравнению с фоновой местностью и пр.

Цель (цели) проекта *(согласно ТЗ проекта)***:**

Исследование явления «островов тепла» городов Московского региона, включая Москву, в аспектах уточнения суточного и годового хода их интенсивности, проведение маршрутных съёмок в городах и деревнях региона и сравнение данных in situ об интенсивности их «островов тепла» с данными радиометров разных спутников среднего и высокого разрешения (MODIS,

Landsat-8). Организация экспериментов по дистанционным измерениям профилей ветра в разных местах для исследования влияния города на ветровой режим.

Задачи проекта *(согласно ТЗ проекта)***:**

1. Исследование интенсивности «островов тепла» малых городов и деревень Московского региона по данным маршрутных съёмок и радиометрических измерений с борта спутников. Планируется сравнение прямых измерений интенсивности «островов тепла», полученных в ходе экспериментов в отдельных населённых пунктах (преимущественно в ночные и утренние часы) с данными спутников разного разрешения.
2. Уточнение характеристик «островов тепла» Москвы, в частности – подробное исследование суточного хода интенсивности и его сезонных особенностей с высоким разрешением (5-10 мин) по данным АМК метеорологических станций Московского региона и с оценками статистической достоверности внутрисуточных изменений. Столь подробное исследование будет проведено впервые (ранее, до внедрения на сети АМК, данные с высоким разрешением были недоступны).
3. Исследование циркуляции «городского бриза» над Москвой как одного из проявлений «островов тепла» с помощью передвижного доплеровского лидара и доплеровского содара.

I. Мероприятия и работы, выполненные в рамках проекта:

<table>
<tr><td colspan="3">Сбор данных, приобретение и подготовка оборудования, первые серии экспериментов по исследованию «островов тепла» малых населённых пунктов.</td></tr>
<tr><td>Плановый срок реализации:</td><td colspan="2">01.09.2022–31.12.2022</td></tr>
<tr><td>Фактический срок реализации:</td><td colspan="2">01.09.2022–30.12.2022</td></tr>
<tr><td>Место:</td><td colspan="2">Москва и Московская область.</td></tr>
<tr><td>Работы в рамках этапа:</td><td colspan="2">Сбор и обработка исходных данных станционных измерений метеорологической сети Москвы и Московского региона. Приобретение портативных датчиков температуры для их использования в натурных экспериментах. По возможности – проведение первых серий натурных измерений температуры воздуха в приземном слое в г. Верее. Сбор и анализ спутниковых данных о «поверхностных островах тепла» отдельных населённых пунктов во время проведения экспериментов. По возможности – предварительное сравнение данных о ветровом режиме доплеровского содара MODOS и доплеровского лидара ИВЛ-5000 в Метеорологической обсерватории МГУ.</td></tr>
<tr><td></td><td>Ответственные лица:</td><td>Локощенко М.А., Алексеева Л.И., Енукова Е.А., Константинов П.И.</td></tr>
<tr><td></td><td>Участники:</td><td>Локощенко М.А., Алексеева Л.И., Енукова Е.А., Константинов П.И.</td></tr>
<tr><td></td><td>Партнеры:</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>Результаты работ:</td><td>Проведены первые эксперименты, получены предварительные результаты.</td></tr>
<tr><td></td><td>Даты работ или мероприятий:</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Сбор и обработка исходных данных станционных измерений метеорологической сети Москвы и Московского региона. Приобретение портативных датчиков температуры для их использования в натурных экспериментах. По возможности – проведение первых серий натурных измерений температуры воздуха в приземном слое в г. Верее. Сбор и анализ спутниковых данных о «поверхностных островах тепла» отдельных населённых пунктов во время проведения экспериментов. По возможности – предвари-</td></tr>
</table>

	тельное сравнение данных о ветровом режиме доплеровского содара MODOS и доплеровского лидара ИВЛ-5000 в Метеорологической обсерватории МГУ.	
	Ответственные лица:	*Локощенко М.А., Алексеева Л.И., Енукова Е.А., Константинов П.И.*
	Участники:	*Локощенко М.А., Алексеева Л.И., Енукова Е.А., Константинов П.И.*
	Партнеры:	
	Результаты работ:	
	Даты работ или мероприятий:	
Задачи проекта, решенные в ходе работ или мероприятий этапа:	Проведены первые эксперименты, получены предварительные результаты.	
Примечания:		
Продолжение экспериментов по натурным синхронным измерениям температуры в приземном слое воздуха в отдельных населённых пунктах (предположительно, в г. Верее и в дер. Афанасово). Подробный анализ суточного хода интенсивности «острова тепла» Москвы.		
Плановый срок реализации:	01.01.2023–31.08.2023	
Фактический срок реализации:	31.12.2022–30.08.2023	
Место:	Москва и Московская область.	
Работы в рамках этапа:	Продолжение экспериментов по синхронным измерениям температуры в приземном слое воздуха в отдельных населённых пунктах (предположительно, в г. Верее и в дер. Афанасово). Сравнение результатов со спутниковыми данными. Подробный анализ суточного хода интенсивности «острова тепла» Москвы по данным измерений метеорологической сети с шагом 10 мин. По возможности – проведение маршрутных и стационарных измерений профилей ветра с помощью передвижного доплеровского лидара ИВЛ-5000 и стационарного доплеровского содара MODOS в ярко выраженных антициклональных условиях.	
	Ответственные лица:	*Локощенко М.А., Алексеева Л.И., Енукова Е.А., Терешонок Н.А., Константинов П.И.*
	Участники:	*Локощенко М.А., Алексеева Л.И., Енукова Е.А., Терешонок Н.А., Константинов П.И.*
	Партнеры:	
	Результаты работ:	1. Приобретение оборудования (датчиков температуры). Результаты первых серий экспериментов в малых населённых пунктах и сравнение полученных натурных оценок интенсивности «островов тепла» со спутниковыми данными. Сбор и систематизация данных наземной метеорологической сети о температуре воздуха в Москве и Московском регионе за несколько лет, предварительные оценки интенсивности «острова тепла» Москвы по этим данным. 2. Обобщение результатов серий экспериментов по анализу «островов тепла» малых населённых пунктов, проведённых в разные сезоны года, и сравнение оценок интенсивности с данными спутников систем MODIS и Landsat. Расчёты суточного хода интенсивности «острова тепла» Москвы с высоким разрешением во времени. Анализ поля скорости и

		направления ветра на разных высотах по данным маршрутных съёмок с использованием доплеровского содара.
	Даты работ или мероприятий:	
Задачи проекта, решенные в ходе работ или мероприятий этапа:	Приобретение оборудования (датчиков температуры). Результаты первых серий экспериментов в малых населённых пунктах и сравнение полученных натурных оценок интенсивности «островов тепла» со спутниковыми данными. Сбор и систематизация данных наземной метеорологической сети о температуре воздуха в Москве и Московском регионе за несколько лет, предварительные оценки интенсивности «острова тепла» Москвы по этим данным. Обобщение результатов серий экспериментов по анализу «островов тепла» малых населённых пунктов, проведённых в разные сезоны года, и сравнение оценок интенсивности с данными спутников систем MODIS и Landsat. Расчёты суточного хода интенсивности «острова тепла» Москвы с высоким разрешением во времени. Анализ поля скорости и направления ветра на разных высотах по данным маршрутных съёмок с использованием доплеровского передвижного содара.	
Примечания:		
Подготовка научного отчёта.		
Плановый срок реализации:	01.10.2023–31.10.2023	
Фактический срок реализации:	30.08.2023–30.09.2023	
Место:	Москва.	
Работы в рамках этапа:	Написание отчёта.	
	Ответственные лица:	*Локощенко М.А.*
	Участники:	*Локощенко М.А.*
	Партнеры:	
	Результаты работ:	Написанный отчёт.
	Даты работ или мероприятий:	
Задачи проекта, решенные в ходе работ или мероприятий этапа:	В ходе выполнения проекта было проведено семь экспериментов по микроклиматическим съёмкам в трёх населённых пунктах Московского региона (маленьком городе и двух деревнях) и в фоновой местности в их окрестностях. Все этапы работы и результаты подробно описанны в Научном отчете.	
Примечания:		

II. Анализ результатов осуществления проекта:

II.1. Анализ соответствия проекта уставным Целям и Задачам Русского географического общества:

Проект соответствует цели РГО, а также задаче:

Сбор, обработка и распространение достоверных общемировых и национальных географических, экологических, этнографических и статистических сведений в России и за рубежом.

II.2. Анализ хода реализации и достижения целей проекта:

В ходе выполнения проекта было проведено семь экспериментов по микроклиматическим съёмкам в трёх населённых пунктах Московского региона (маленьком городе и двух деревнях) и в фоновой местности в их окрестностях. Эксперименты проведены в разные сезоны года и в разных погодных условиях, что обогатило полученные выводы. На основе полученных

результатов прямых измерений температуры воздуха исследованы «острова тепла» малых населённых пунктов на примере Московского региона. Построены карты «острова тепла» для каждого из этих пунктов, исследован суточный ход их интенсивности. Был проведён анализ спутниковых снимков систем MODIS и Landsat, отобраны пригодные снимки для оценок интенсивности «острова тепла» малых населённых пунктов и проведено сравнение прямых и дистанционных оценок этого показателя.

Отдельно был исследован «острова тепла» крупного города – Москвы. Впервые по многолетним данным наземной метеорологической сети с высоким разрешением (10 мин) подробно исследован суточный ход «острова тепла» Москвы, его сезонные особенности и межгодовые изменения. Получены оценки средней и наибольшей во времени интенсивности «острова тепла» Москвы за несколько последних лет.

Впервые проведена серия маршрутных экспериментов с помощью передвижного содара по измерению профилей ветра в антициклональных условиях в тёмное время суток в разных точках города.

Методы и подходы:

Организация и проведение цикла натурных экспериментов по микроклиматическим съёмкам, а также экспериментов с передвижной содарной установкой. Синоптический анализ условий проведённых экспериментов. Статистический анализ с оценками значимости полученных оценок и выявленных эффектов. Методы обработки и анализа спутниковых снимков со средним и высоким разрешением данных радиометрических измерений температуры поверхности. Создание баз данных и алгоритмов критического контроля рядов данных метеорологической сети.

Научные мероприятия:

International Conference on Urban Climate (ICUC11), Sydney, Australia, 28 August - 02 September 2023.

На конференции руководителем проекта М.А.Локощенко очно сделаны два доклада со ссылками на проект РГО № 47/2022:

1. Lokoshchenko M.A. and Alekseeva L.I. Urban Heat Island in Moscow: its long-term changes and relations with meteorological conditions.
2. Lokoshchenko M.A. and Enukova E.A. Surface Urban Heat Islands in Moscow and small towns of Moscow Region.

Степень реализации рабочего плана:

Реализовать рабочий план проекта и выполнить все запланированные в заявке на проект виды работ удалось в полном объёме.

Трудности:

Основные трудности были связаны с тем, что в начале действия проекта двое заявленных в нём исполнителей неожиданно отказались от участия. Это означало также невозможность использования в проекте заявленного в заявке оборудования для проведения экспериментов: доплеровского лидара. Преодолеть трудности удалось в результате нахождения доплеровского содара Scintec, заменившего в запланированных экспериментах доплеровский лидар. Ещё одна трудность возникла при централизованной закупке для выполнения проекта научного оборудования: набора автоматических датчиков температуры воздуха. Вследствие бюрократических препон и проволочек датчики были получены лишь в мае 2023 года - незадолго до окончания проекта. Преодолеть эту трудность помог П.И.Константинов, любезно предоставивший для проведения микроклиматических измерений имевшиеся у него аналогичные датчики.

Достаточность ресурсов:

Ресурсов для реализации проекта было достаточно.

II.3. Анализ эффективности проекта:

Наибольший эффект от реализации проекта – фундаментальный научный. Результаты проекта имеют также экологическое и экономическое значение, поскольку позволяют точнее оценивать, например, затраты на отопление малых населённых пунктов с учётом их «островов тепла».

II.4. Выводы:

Научные результаты:

1. «Острова тепла», т.е. положительные аномалии в поле температуры приземного воздуха на высотах 1,5-2,5 м, обычно существуют даже в малых населённых пунктах средних широт.
2. «Острова тепла» усиливаются, если населённые пункты полностью или частично окружены лесными массивами, за счёт природного фактора, не связанного с деятельностью человека: микроклиматических различий между лесом и открытой местностью. На примере деревни Бяконтово интенсивность «острова тепла» при сравнении территории деревни с окружающим её лесом составила около 1 ºС, а с фоновыми условиями поля – на порядок меньше: лишь 0,1- 0,2 ºС.
3. Если малый населённый пункт окружён лесом, то интенсивность «острова тепла» наибольшая летом и наименьшая – зимой при отсутствии листвы и повсеместном наличии снежного покрова.
4. Суточный ход интенсивности «островов тепла» придорожных малых населённых пунктов, при сравнительно слабых тепловых выбросах стационарных источников (обогрева зданий в условиях неплотной деревенской застройки) часто отмечен заметным влиянием тепловых выбросов проезжающего автомобильного транспорта. Это проявляется в его двухвершинном виде с утренним и вечерним максимумами в часы-пик автомобильного движения.
5. В условиях сплошного покрова низких облаков зимой «острова тепла» малых деревень отсутствуют (не проявляются в данных измерений).
6. Интенсивность городского «острова тепла» Москвы в последние годы составляет в среднем ~2 ºС. Максимальная во времени интенсивность этого явления в ярко выраженных антициклональных условиях может достигать 11-12 ºС, а разности Т на отдельных станциях – 17 ºС.
7. Средние значения интенсивности «острова тепла» Москвы в любое время суток и во все сезоны года положительны; явление утреннего «острова холода» Москве не присуще.
8. Суточный ход интенсивности «острова тепла» Москвы отмечен максимумом вечером и ночью и минимумом в утренние и дневные часы. Наибольшая амплитуда суточного хода наблюдается летом, слабее всего он выражен зимой. Переходные сезоны неравнозначны: весной амплитуда суточного хода существенно больше по сравнению с осенью.
9. В приземном слое воздуха над крупным городом (Москвой) в антициклональных условиях в ночные часы поле направления ветра неоднородно; в слое Экмана выше 60-80 м оно приближается к направлению основного крупномасштабного потока.

Материальные результаты:

Lokoshchenko, M.A.; Alekseeva, L.I. Influence of Meteorological Parameters on the Urban Heat Island in Moscow. Atmosphere, 2023, Vol.14, Issue 3, 507. https:// doi.org/10.3390/atmos14030507.

Новые знания и технологии:

Оценки интенсивности «островов тепла» малых населённых пунктов и их суточного хода. Уточнённые оценки интенсивности «острова тепла» Москвы, её суточного и годового хода.

Практическое использование:

Результаты проекта могут быть использованы в экономическом планировании, в геоурбанистике.

III. Освещение деятельности по проекту в СМИ:

№	СМИ / сайт / портал	Ссылка	Заголовок	Дата
1	Сайт РГО	https://www.rgo.ru/ru/article/geografy-mgu-izuchili-vliyanie-meteousloviy-na-ostrov-tepla-v-moskve	ГЕОГРАФЫ МГУ ИЗУЧИЛИ ВЛИЯНИЕ МЕТЕОУСЛОВИЙ НА «ОСТРОВ ТЕПЛА» В МОСКВЕ.	23 марта 2023 г.
2	Портал «Научная Россия»	https://scientificrussia.ru/articles/geografy-mgu-vyasnili-kakie-meteorologiceskie-parametry-silnee-vsego-vliaut-na-gorodskoj-ostrov-tepla-v-moskve	ГЕОГРАФЫ МГУ ВЫЯСНИЛИ, КАКИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СИЛЬНЕЕ ВСЕГО ВЛИЯЮТ НА ГОРОДСКОЙ «ОСТРОВ ТЕПЛА» В МОСКВЕ	27 марта 2023 г.
3	Ведомости.ру	https://www.vedomosti.ru/esg/climate/articles/2023/03/21/967448-uchenie-viyasnili-kakie-meteorologicheskie-parametri-silnee-vsego-vliyayut-na-gorodskoi-ostrov-tepla-v-moskve	Ученые выяснили, какие метеорологические параметры сильнее всего влияют на городской «остров тепла» в Москве	21 марта 2023 г.

IV. Научные публикации по проекту:

Lokoshchenko, M.A.; Alekseeva, L.I. Influence of Meteorological Parameters on the Urban Heat Island in Moscow. Atmosphere, 2023, Vol.14, Issue 3, 507. https:// doi.org/10.3390/atmos14030507.

V. Приложения:

1. Научный отчет.
2. Электронная презентация проекта.
3. Печатная презентация проекта.

VI. Считаете ли Вы возможным и необходимым в дальнейшем самостоятельно продолжать работу в поддержанном Русским географическим обществом направлении?

Считаем продолжение данного проекта возможным.

VII. Пожелания:

Отсутствуют.

Подтверждаем, что все указанные в данном отчете сведения нами проверены и являются верными.