

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН Г.МИНСКА СПУТНИКОВЫМИ МЕТОДАМИ

В.В. Ольгомец, Д.Л. Иванов

ФГиГ БГУ, г. Минск, Республика Беларусь, leraolgomec@gmail.com

В работе рассмотрено понятие «остров тепла» и причины его формирования, связанные с антропогенными преобразованиями земной поверхности. Выявлены методические подходы к исследованию явления с целью выбора, наиболее оптимального для изучения. Описана технология получения данных о поверхностной температуре на основе снимков MODIS и Landsat с помощью облачной платформы для геопространственного анализа данных – Google Earth Engine. Обработка полученных данных производилась в приложении ArcMap ArcGIS путём различных преобразований. В результате составлены картосхемы, на основе которых сделаны выводы о распределении температур в г.Минске, определены районы с наиболее высоким показателем.

Ключевые слова: температура поверхности; MODIS; остров тепла; городские территории; ArcMap.

INNOVATIVE APPROACHES TO STUDYING THE SURFACE TEMPERATURE OF FUNCTIONAL ZONES OF MINSK USING SATELLITE METHODS

V.V. Olgomets, D.L. Ivanov

*Faculty of Geography and Geoinformatics, BSU, Minsk, Republic of Belarus,
leraolgomec@gmail.com*

The article examines the concept of “heat island” and the reasons for its formation associated with anthropogenic transformations of the earth’s surface. Methodological approaches to the study of the phenomenon are identified in order to select the most suitable one for the study. The technology for obtaining data on surface temperature based on MODIS and Landsat images using the cloud platform for geospatial data analysis - Google Earth Engine is described. The received data was processed in the ArcMap ArcGIS application through various transformations. As a result, maps were compiled, on the basis of which conclusions were drawn about the distribution of temperatures in Minsk, and areas with the highest indicators were identified.

Keywords: land surface temperature; MODIS; heat island; urban areas; ArcMap.

Более половины населения мира проживает в городских районах. С увеличением плотности инфраструктуры наблюдается локальное повышение температуры, которое требует смягчения последствий. Существует

термин «остров тепла» (ОТ), который имеет отношение к любой территории, участку территории, объекту, характеризующемуся более высокой, в сравнении с окружающей местностью, температурой земной поверхности или воздуха [1].

Выделяют множество методов определения температуры поверхности Земли (Land Surface Temperature, LST), включая применение данных дистанционного зондирования (ДЗЗ).

Целью работы является исследование температуры поверхности г. Минска в разрезе функциональных зон спутниковыми методами для дальнейшего определения наиболее комфортных и экстремальных районов для жизнедеятельности населения.

Основными причинами повышенных температур в городе являются антропогенные преобразования земной поверхности. Они проявляются в плотной застройке городской среды, покрытии естественной поверхности материалами, активно поглощающими тепловое излучение, сокращении площадей, занятых зелеными насаждениями, что ведет к изменениям в термических свойствах земной поверхности и понижает суммарное испарение. Формирование острова тепла связано с особенностями градостроительной планировки. Высокие здания имеют большую площадь поверхности для отражения и поглощения солнечного излучения, что увеличивает интенсивность нагрева городских территорий. Это явление носит название «эффект городских каньонов». Автомобили, промышленные предприятия и другие источники также вносят свой вклад в формирование избыточного тепла. Высокий уровень загрязнения городских территорий в свою очередь может усилить эффект ОТ [2].

На раннем этапе изучения ОТ делался акцент на наземных метеорологических наблюдениях, уделялось особое внимание сравнительному анализу полученных данных, однако данные методы очень трудоёмкие и времязатратные. За последние годы можно отметить значительный интерес к изучению островов тепла с помощью ДЗЗ. Для определения LST активнее всего используют тепловые датчики. Наиболее часто применяют данные тепловых датчиков Landsat и MODIS. Основные преимущества тепловых датчиков ДЗЗ – это широкий пространственный охват и высокое пространственное разрешение.

В тоже время из-за ограничений условий изображения существующие продукты дистанционного зондирования имеют противоречие между временным разрешением и пространственным разрешением [3]. Один набор данных не может одновременно удовлетворить запросы пространственно-временного мониторинга температуры поверхности Земли и особенности прикладных исследований. Например, полоса теплового инфракрасного датчика Landsat 8 (TIRS) имеет

пространственное разрешение 100 м и может быть передискретизирована до 30 м для согласования с мультиспектральными полосами. В то же время он имеет длительный период между полётами (около 16 дней), а также значительно зависит от погоды [4]. Напротив, спектрорадиометр MODIS с разрешением 1 км может получать изображения четыре раза в день.

Таким образом, объединение данных дистанционного зондирования из нескольких источников на основе их соответствующих преимуществ в разрешении для получения изображений как с высоким пространственным разрешением, так и с высоким временным разрешением является популярной темой исследований в области изучения температуры поверхности Земли [3].

Работа по получению информации о поверхностной температуре началась с обработки снимков MODIS. Для этого необходимо было выбрать соответствующее программное обеспечение.

Google Earth Engine (GEE) – это облачная платформа для геопространственного анализа данных в планетарных масштабах. Она позволяет использовать вычислительные мощности компании Google для изучения самых разнообразных проблем: потерь лесов, засух, стихийных бедствий, эпидемий, продовольственной безопасности, управления водными ресурсами, изменения климата и защиты окружающей среды.

Каталог Earth Engine содержит множество общедоступных наборов геопространственных данных: космо- и аэрофотоснимки, сделанные в различных диапазонах электромагнитного спектра; модели прогноза погоды и параметры климата; карты земного покрова и др. Пользователи могут запрашивать и анализировать данные из общедоступного каталога или загружать свои собственные. Доступ к Earth Engine API осуществляется либо через библиотеку Python, либо через веб-IDE, построенный поверх клиентской библиотеки на JavaScript [5].

Для использования Earth Engine нужно иметь аккаунт Google, после чего пользователь может запросить доступ к платформе на странице создания учётной записи Earth Engine. Общедоступный каталог данных Earth Engine представляет собой архив часто используемых наборов геопространственных данных. Большая часть каталога состоит из изображений дистанционного зондирования Земли, включая весь архив Landsat. Карта (*Map*) – объект, на котором данные располагаются слоями (*layer*). Сюда отображаются данные, полученные в результате запуска написанного сценария (программного кода). Преимущество получения снимков с помощью выбранной платформы в том, что они требуют минимальной дальнейшей обработки в сторонних программах. Благодаря написанию кода, ещё до получения снимка задаются необходимые

параметры: ключевой показатель для обработки, разрешение изображения, координаты исходного полигона, даты, способ экспорта и др.

Общий вид сценария для получения данных MODIS был разработан кафедрой почвоведения и ГИС факультета географии и геоинформатики БГУ. Для получения карты определённой территории, отображающей температуру поверхности, использовалась команда `landSurfaceTemperature`. В качестве полигона был выбран четырёхугольник, в границах которого расположен город Минск, площадью около 320 км², включающий, помимо столичного города, пригородные территории.

Для создания первого изображения в окно набора кода вводились координаты четырёх точек – углов полигона (широта и долгота). А также выбран временной период получения снимка – год (усреднённый показатель за 21 год: с 2001 г. по 2022 г.) и месяц получения изображения, устанавливалось пространственное разрешение.

Запуск сценария производится с помощью кнопки *Run*. После успешного выполнения, карта приобрела вид с цветовой гаммой от синего до красного, что коррелирует с общепринятой шкалой температур поверхности Земли. Таким образом, были получены данные для всего мира. Однако благодаря определению искомого участка, экспорт снимка производился строго в выставленных координатах. Полученное изображение в формате GeoTIFF по умолчанию является чёрно-белым. Преобразования производились в приложении ArcMap ArcGIS. Изображение имеет низкое качество и выглядит менее детализированным, что связано с относительно низким пространственным разрешением у MODIS (1000 м) (рис. 1).

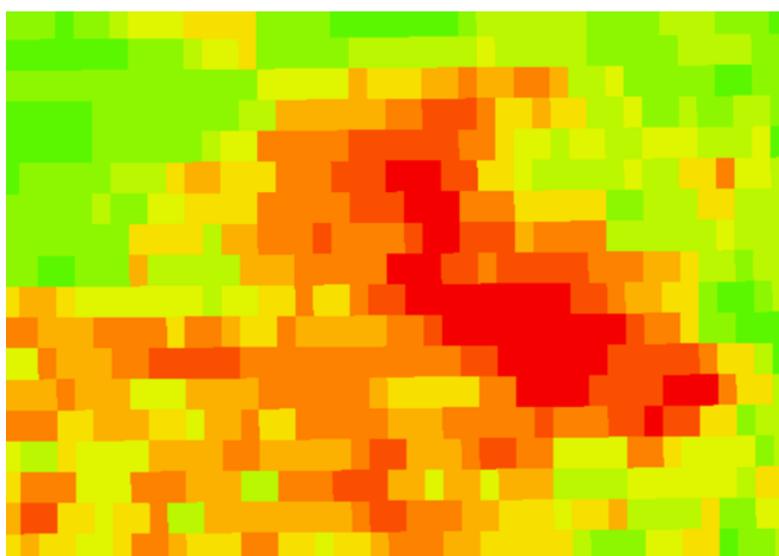


Рис. 1. Распределение температуры поверхности г. Минска по данным MODIS

Дальнейшая работа заключалась в улучшении и детализации полученного изображения:

1. Установлена СК WGS_1984_UTM_Zone_35N;
2. Показатели температуры LST были пересчитаны в градусы по Цельсию с помощью Калькулятора растра.
3. Проведена интерполяция, для чего применялась следующая последовательность команд: преобразование «Растр в точки» - инструмент «Проецировать» - интерполяция «Топо в растр»;
4. Значения символизировались исходя из полученных температурных показателей.

В результате составлена картосхема распределения температуры поверхности г. Минска в январе 2001-2022 гг., представленная на рис. 2.

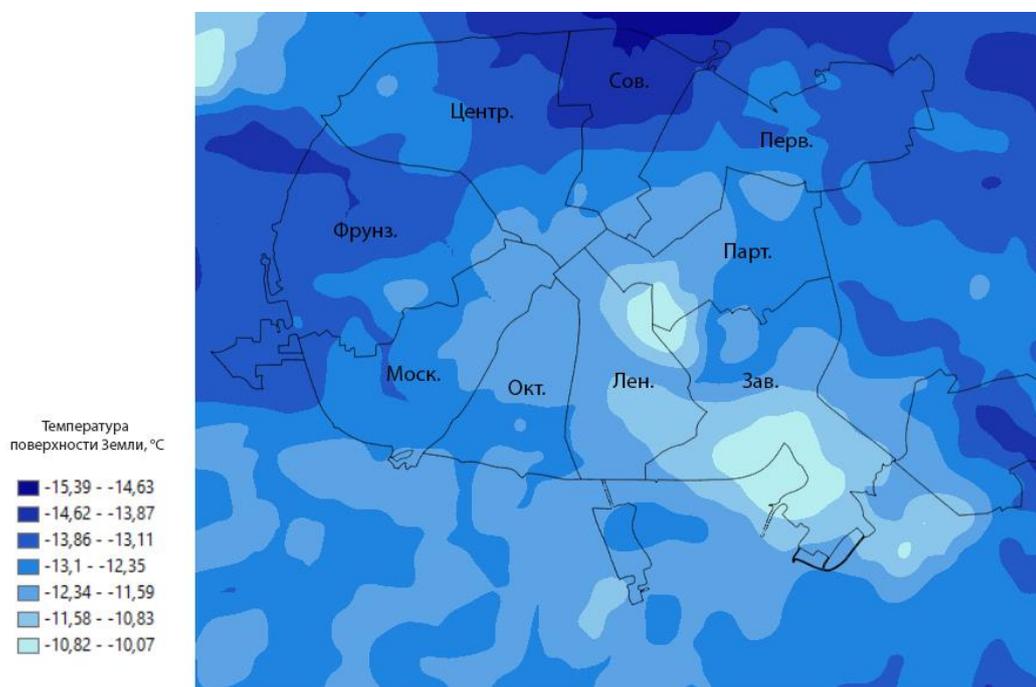


Рис. 2. Картосхема распределения температуры поверхности г. Минска в январе (за период 2001-2022 гг.)

Следующая часть исследования заключалась в получении данных о температуре поверхности с помощью снимков спутника Landsat – 8. Для этой цели использовалась та же платформа – GEE. Скрипт для получения и обработки снимков Landsat был разработан автором. В результате полученные изображения были более детализированные, благодаря пространственному разрешению до 30 метров, однако зависимы от погодных условий и облачности, поэтому требовали атмосферной коррекции (рис. 3).

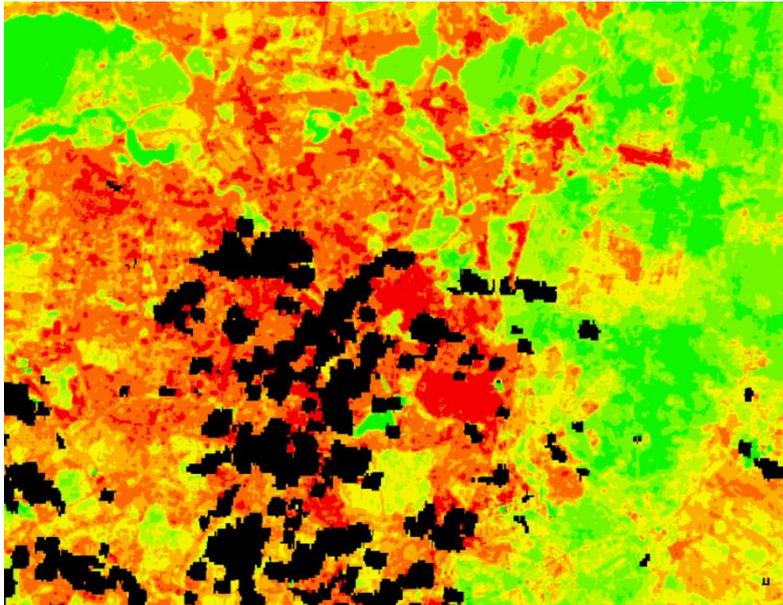


Рис. 3. Распределение температуры поверхности г. Минска по данным Landsat-8

Данные алгоритмы были применены для получения изображений распределения температуры г. Минска на каждый месяц за период 2001-2022 гг. для снимков MODIS и 2015-2023 гг. для снимков Landsat. На основе составленных картосхем можно сделать выводы о распределении температур в границах города Минска. Наиболее высокие температуры поверхности наблюдаются в промышленных районах (Заводском районе (в частности, микрорайон Шабаны); на границе Ленинского, Партизанского и Заводского районов). Общеизвестно, что именно производственные предприятия из-за особенностей технологического процесса оказывают наибольшее влияние на повышение температуры, на данной территории примером является территория МТЗ.

Чётко прослеживается увеличение температуры с северо-запада на юго-восток, что, помимо наличия крупных предприятий, объясняется плотной высокоэтажной застройкой (преимущественно центральная часть г. Минска, Ленинский район, северные части Московского и Октябрьского районов). Кроме того, в центральной части столицы плотная автомобильно-дорожная сеть и интенсивные потоки движения, характеризующиеся большим количеством выбросов в атмосферу, что также вызывает повышение температуры.

Можем сделать вывод, что зимой остров тепла формируется за счет антропогенных выбросов (автомобили, ТЭЦ, промышленные предприятия), а также из-за особенностей теплообмена над водными объектами и

рекреационными зонами. Большинство крупных температурных положительных аномалий совпадает с расположением производственных зон на картах областных городов.

Описанная методика позволит в дальнейшем выделить зоны комфортности для проживания, что может использоваться в сфере недвижимости для корректировки стоимости жилья в зависимости от благоприятности температурного режима, а также для внедрения комплекса мер по улучшению экологии города.

Библиографические ссылки

1. Балдина, Е. А. Изучение городского острова тепла на примере Москвы / Е. А. Балдина, М.Ю. Грищенко, Ю.В. Федоркова // [Электронный ресурс]. – Лаборатория аэрокосмических методов, Географический факультет МГУ – Режим доступа: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/karta/materials/heat_img/files/3/start.htm – Дата доступа: 03.08.2022
2. Балдина, Е. А. Исследование городских территорий по тепловым снимкам / Е. А. Балдина, М. Ю. Грищенко, Ю. В. Федоркова // [Электронный ресурс]. – Лаборатория аэрокосмических методов, Географический факультет МГУ – Режим доступа: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/karta/materials/heat_img/files/2/urbanizirovannye_territorii.htm. Дата доступа: 12.09.2022
3. Wang R. Downscale MODIS Land Surface Temperature Based on Three Different Models to Analyze Surface Urban Heat Island: A Case Study of Hangzhou / R. Wang, W. Gao, W. Peng. // [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/13/2134/htm>. – Date of access: 10.02.2022.
4. Quan, J.; Zhan, W.; Chen, Y.; Liu, W. Downscaling remotely sensed land surface temperatures: A comparison of typical methods. *Yaogan Xuebao J. Remote Sens.* 2013, 17, 361-387. [Google Scholar]
5. Earth Engine от Google – уникальная платформа для анализа больших геоданных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/500020/>. – Дата доступа: 02.03.2023