

ЛОКАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ЗОНЫ Г. МИНСКА

LOCAL CLIMATE ZONES OF MINSK CITY

Т. В. Шлендер¹, М. В. Буруков², Е. А. Ярош², Е. А. Прокопчик², Н. В. Жуковская²
T. Schlender¹, H. Birukou², Y. Yarash², Y. Prakopchyk², N. Zhukovskaya²

¹Национальный научно-исследовательский центр озоносферы БГУ

²Белорусский государственный университет, Факультет географии и геоинформатики

г. Минск, Республика Беларусь

timajaya@mail.ru

maxbirukov2004@gmail.com

ogurchikop7@gmail.com

zenya2004.6@gmail.com

zhukovskaya@bsu.by

¹National Ozone Monitoring and Research Center BSU

²Faculty of geography and geoinformatics BSU, Minsk, Republic of Belarus

Рассматривается понятие локальных климатических зон. Построена карта локальных климатических зон города Минска по международной классификации WUDAPT (World Urban Database and Access Portal Tools) на основе данных генерального плана столицы. Использовалась методика определения поверхностной температуры с помощью интернет ресурса Google Earth Engine. Показано распределение поверхностного температурного поля г. Минска за период 2013–2021 гг. с учетом различных зон генерального плана столицы, полученные спутниковым аппаратом Landsat-8. Выделены наиболее теплые зоны города Минска по градации поверхностной температуры с помощью программного пакета QGIS.

The concept of local climatic zones is considered. A map of the local climatic zones of the city of Minsk according to the WUDAPT (World Urban Database and Access Portal Tools) international classification was built based on the data of the general plan of the capital. The method of determining the land surface temperature using the Google Earth Engine was used. The distribution of the land surface temperature field in Minsk for the period 2013–2021 is shown, taking into account the various zones of the general plan of the capital, obtained by the satellite Landsat-8. The warmest zones of the city of Minsk are identified according to the gradation of surface temperature using the QGIS software package.

Ключевые слова: LCZ, городской остров тепла, поверхностная температура, Landsat-8, генплан, Google Earth Engine.

Keywords: LCZ, urban heat island, land surface temperature, Landsat-8, general plan, Google Earth Engine.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-409-412>

В глобальном масштабе наиболее ярким примером проекта по построению базы данных о структуре и свойствах городов является WUDAPT (World Urban Database and Access Portal Tools, <http://www.wudapt.org>) [1]. WUDAPT представляет собой открытый общественный международный проект, нацеленный на подготовку, обобщение и хранение данных о городах мира, полученных из открытых источников с помощью свободного программного обеспечения.

WUDAPT предполагает выделение нескольких уровней подготовки данных о структуре и свойствах города по мере повышения детализации и перехода от зонирования города к характеристикам отдельных объектов. На самом крупномасштабном уровне данных используется подход, основанный на концепции локальных климатических зон (local climate zones, LCZ). Выделение локальных климатических зон на территории городов и их окрестностей обеспечивает возможность простого и универсального описания структуры городов в различных регионах планеты в наиболее удобном виде для использования в климатических исследованиях.

Таким образом, в WUDAPT формируется единый набор категорий (LCZ), обеспечивая некую унификацию и возможность сравнительного анализа результатов, получаемых при подготовке данных и моделировании для различных городов. Конкретные локальные климатические зоны связаны с измеримыми характеристиками городской территории и процессов функционирования города, а также с отличительными температурными особенностями локального городского климата, которые обусловлены свойствами городской поверхности и интенсивно изучались в рамках исследований феномена городского острова тепла для различных городов. Наконец, было показано, что выбранные типы LCZ могут быть легко идентифицированы на основе различных данных наблюдений, включая как спутниковые, так и радарные измерения с воздуха [1].

В настоящий момент в WUDAPT содержатся предоставленные участниками проекта данные по разбиению на LCZ для ряда городов мира, и этот перечень постоянно расширяется. Предлагаемый алгоритм подготовки

данных по умолчанию основывается на использовании находящихся в свободном доступе спутниковых данных Landsat в сочетании с «локальными данными» о рассматриваемом городе, при этом для обработки используется свободная ГИС.

Выделение категорий LCZ в WUDAPT основывается на следующих критериях [2]:

1. Высота объектов (зданий и растительности);
2. Плотность размещения объектов (зданий и растительности);
3. Характер поверхности вокруг объектов (проницаемые поверхности из низкой растительности или почвы, непроницаемые каменные или бетонные поверхности);
4. Тепловые свойства строительных материалов (высокая или низкая тепловая инерция).

Полный перечень LCZ приводится в таблице 1.

С помощью Google Earth Planet были выделены полигоны локальных климатических зон г. Минска согласно классификации WUDAPT. Готовый файл (формата kml, kmz) был отправлен на интернет-ресурс LCZ-Generator [2], который автоматически сгенерировал итоговую карту локальных климатических зон.

Распределение поверхностной температуры г. Минска было получено на основе снимков спутника Landsat – 8 за период 2013–2021 гг. на интернет-ресурсе Google Earth Engine, где прописывался скрипт итоговой карты поверхностной температуры, Land Surface Temperature (LST) [3]. Полученная карта LST далее редактировалась в QGIS, где выбирались цветовые заливки, рисовались необходимые слои и редактировалась итоговая карта. Разрешение карты – 30 метров в одном пикселе.

Таблица 1 – Перечень локальных климатических зон WUDAPT [2]

LCZ №	Название	Описание
1	Компактная высокоэтажная застройка	<ul style="list-style-type: none"> ● Плотно расположенные здания высотой в десятки этажей ● Деревья малочисленны или отсутствуют ● Зелёные зоны малые или отсутствуют ● Стройматериалы: бетон, сталь, камень и стекло ● Малые изменения температуры в течение суток
2	Компактная средневысотная застройка	<ul style="list-style-type: none"> ● Плотно расположенные здания высотой от 3 до 9 этажей ● Деревья малочисленны или отсутствуют ● Зелёные зоны малые или отсутствуют ● Стройматериалы: камень, кирпич, плитка и бетон ● Малые изменения температуры в течение суток
3	Компактная низково́сотная застройка	<ul style="list-style-type: none"> ● Плотно расположенные здания высотой от 1 до 3 этажей ● Деревья малочисленны или отсутствуют ● Зелёные зоны малые или отсутствуют ● Стройматериалы: бетон, сталь, камень и стекло ● Средние изменения температуры в течение суток
4	Открытая высокоэтажная застройка	<ul style="list-style-type: none"> ● Свободно стоящие здания высотой в десятки этажей ● Изобилие деревьев и растительного покрова ● Стройматериалы: бетон, сталь, камень и стекло ● Малые изменения температуры в течение суток
5	Открытая среднеэтажная застройка	<ul style="list-style-type: none"> ● Свободно стоящие здания высотой 3-9 этажей ● Изобилие деревьев и растительного покрова ● Стройматериалы: бетон, сталь, камень и стекло ● Средние изменения температуры в течение суток
6	Открытая низкоэтажная застройка	<ul style="list-style-type: none"> ● Свободно стоящие здания высотой 1-3 этажа ● Изобилие деревьев и растительного покрова ● Стройматериалы: дерево, кирпич, камень, плитка и бетон
7	Легкая малоэтажная застройка	<ul style="list-style-type: none"> ● Лёгкие строительные материалы, высота 1-2 этажа ● Деревья малочисленны или отсутствуют ● Земная поверхность плотно утрамбованная ● Большие изменения температуры в течение суток
8	Крупная низково́сотная застройка	<ul style="list-style-type: none"> ● Крупные, свободно стоящие здания высотой 1-3 этажа ● Деревья малочисленны или отсутствуют ● Земная поверхность в основном с покрытием (асфальт или др.) ● Средние изменения температуры в течение суток
9	Редкая застройка	<ul style="list-style-type: none"> ● Редко расположенные малые или средние здания ● Естественный ландшафт ● Изобилие земной поверхности без покрытия (проницаемой) ● Большие изменения температуры в течение суток
10	Промышленная зона	<ul style="list-style-type: none"> ● Низкие или средние по высоте промышленные объекты ● Деревья малочисленны или отсутствуют ● Поверхность в основном с покрытием или плотно утрамбованная ● Стройматериалы: сталь и бетон
A	Густой лес	Густой лес из листопадных и/или вечнозелёных деревьев. Земная поверхность в основном проницаемая (низкая растительность).
B	Редкий лес	Редкий лес из листопадных и/или вечнозелёных деревьев. Земная поверхность в основном проницаемая (низкая растительность).

LCZ №	Название	Описание
C	Кустарники	Свободно располагающиеся кусты и низкорастущие деревья. Земная поверхность в основном пронизываемая (почва или песок).
D	Трава, сельскохозяйственные растения	Ландшафт, покрытый травой или низкорастущими / сельскохозяйственными растениями. Деревья малочисленны или отсутствуют.
E	Свободная каменистая поверхность	Свободная каменистая поверхность или поверхность с покрытием (асфальт и др.). Деревья малочисленны или отсутствуют.
F	Свободная поверхность почвы или песка	Свободная поверхность почвы или песка. Деревья или другие растения малочисленны или отсутствуют.
G	Водные объекты	Крупные открытые водоёмы (моря, озёра) или малые водоёмы (реки, водохранилища и лагуны).

В качестве исходных данных для выделения зон и районов города был использован генеральный план г. Минска (2016 г. редакция) и векторные данные Open Street Maps (OSM) (границы и районы г. Минска), по которым и строились карты средних значений поверхностной температуры для каждого района и зоны в программе QGIS методом зональной статистики. То есть для каждой зоны были получены своя средняя поверхностная температура в рамках границ этой зоны. После была сделана градуированная заливка по полученным средним значениям зон и районов г. Минска. Система координат проекта: EPSG 4326 - WGS 84.

Карта локальных климатических зон (см. рис. 1) показывает, что в г. Минске больше всего по площади занимает зона 5 – открытая средневысотная застройка – 245 км², далее – зона 10 – промышленная территория – 100 км², и зона 6 – открытая низковысотная застройка – 89 км². Остальные зоны занимают менее 25 км². В целом, классификация WUDAPT детализирует зоны г. Минска с учетом расположения высотности, компактности застройки и наличия природных территорий, в отличие от генерального плана столицы, где жилые застройки делятся только на смешанные, многоквартирные и усадебные, без учета их компактности и наличия растительности. В тоже время в генеральном плане более детально представлены промышленные территории в зависимости от их санитарной зоны.

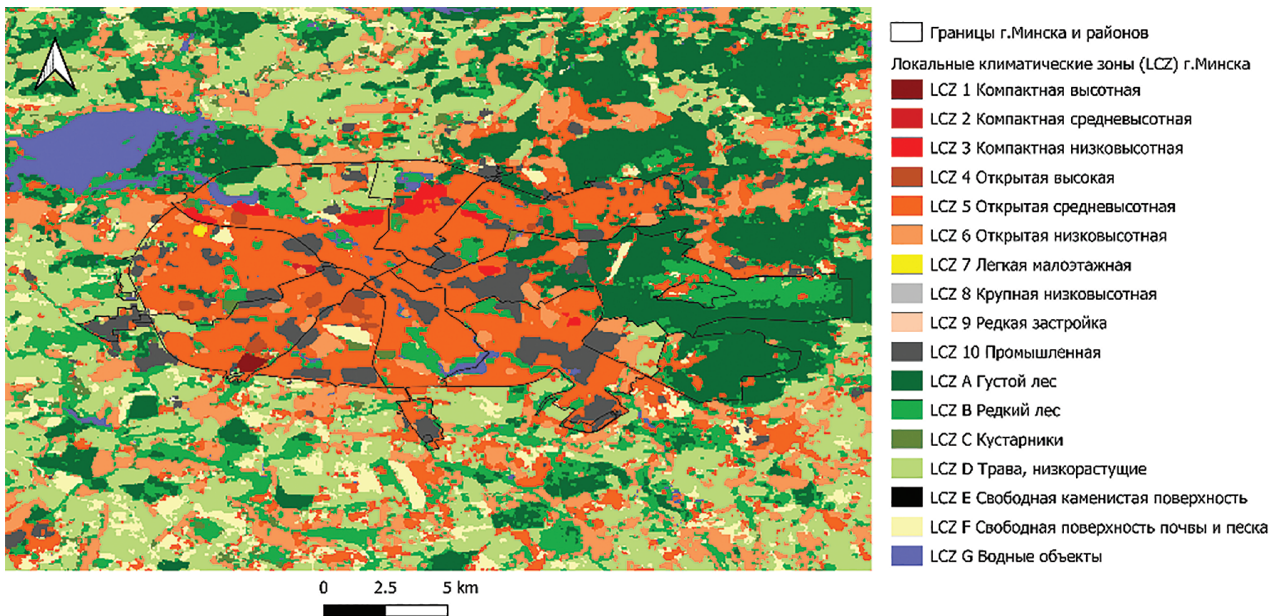


Рисунок 1 – Карта локальных климатических зон г. Минска на момент 22.02.2022 г.

Выделив все зоны г. Минска по генеральному плану, были получены средние поверхностные температуры (за период 2013–2021 гг. для каждой зоны столицы (см. рис. 2). В итоге, наиболее теплые зоны представляют все промышленные территории (от 23,5 °С и выше, центр города от 21,5 до 23,5 °С. Более прохладными зонами являются территории, где расположены природные объекты – реки, водоемы, парковые зоны с густым и редким лесом и площади, занятые травой и сельскохозяйственными угодьями (от 15 до 19,5 °С). Это север, юг, восток и северо-запад Минска. Большая часть г. Минска имеет диапазон поверхностных температур в пределах от 19,5 до 21,5 °С

На рисунке 3 представлена градуированная заливка по слою пространственных районов столицы. Наиболее теплый регион – центр (от 21 °С и выше). Наименее – северный (от 19 до 19,5 °С). Спальные районы юго-запада и запада имеют диапазон поверхностных температур от 20,5 до 21 °С. Юго-восточный район является не самым теплым, хотя по зонам генерального плана там наблюдаются самые высокие поверхностные температуры в рамках МКАДа, потому что в эту часть входят природные, более прохладные объекты, согласно пространственному выделению границ районов в данном случае. Использование слоя границ административных районов г. Минска,

в отличие от пространственного районирования территории города Минска, не отразило максимальных поверхностных температур центральной части столицы.

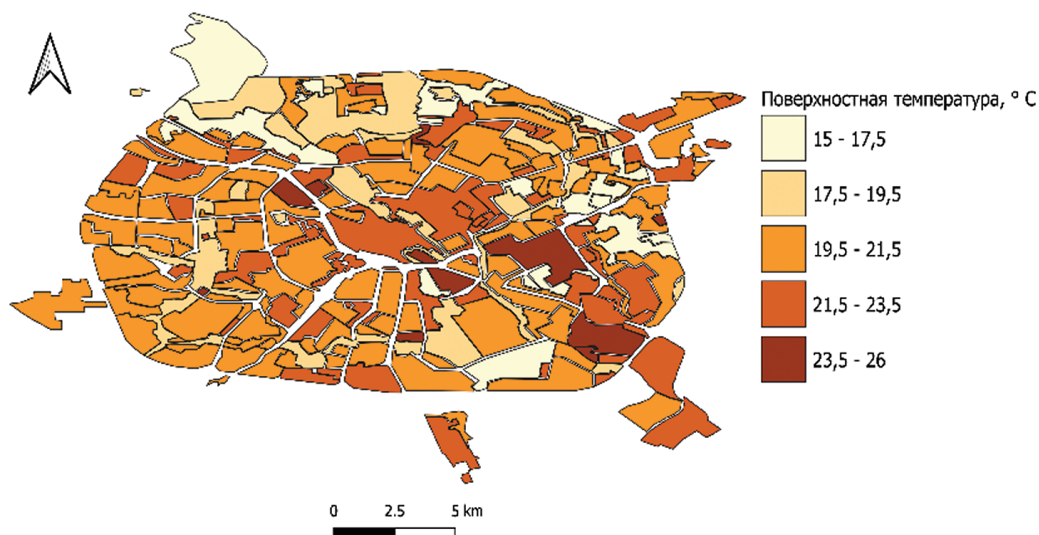


Рисунок 2 – Карта средней поверхностной температуры (LST) за период 2013–2021 гг. каждой зоны г. Минска согласно генеральному плану (2016 г. редакции)

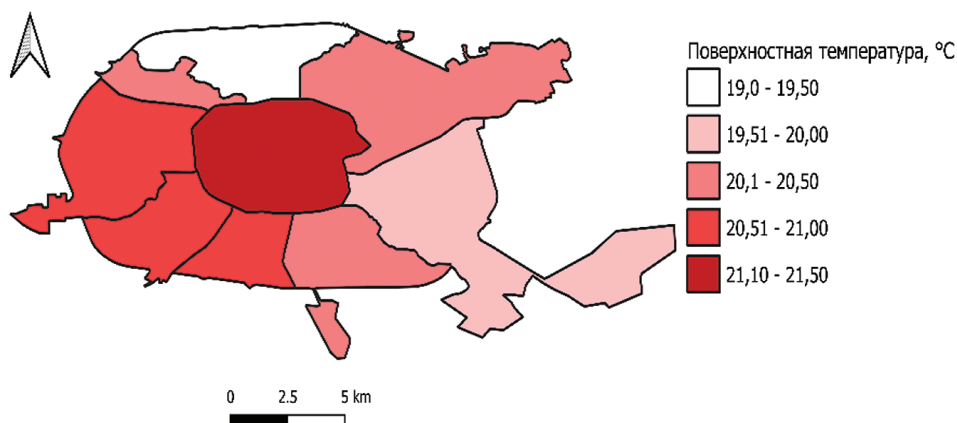


Рисунок 3 – Градация средней поверхностной температуры (LST) для районов г. Минска

В итоге, наиболее теплые районы г. Минска – центр и промышленные территории. Наименее теплые – север города, лесопарковые и водные зоны.

Таким образом, классификацию локальных климатических зон можно использовать для исследования изменений микроклимата различных городских зон, городского острова тепла, параметров термальной комфортности населения, зон проветривания города.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bechtel, B., Alexander, P., Böhner, J., Ching, J., Conrad, O., Feddema, J., Stewart, I.* (2015). Mapping Local Climate Zones for a Worldwide Database of the Form and Function of Cities. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(1), 199–219. <https://doi.org/10.3390/ijgi4010199>
2. *Demuzere, M., Kittner, J., Bechtel, B.* (2021). LCZ Generator: a web application to create Local Climate Zone maps. *Frontiers in Environmental Science* 9:637455. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.637455>
3. *Ermida, S.L., Soares, P., Mantas, V., Göttsche, F.-M., Trigo, I.F.* (2020) Google Earth Engine Open-Source Code for Land Surface Temperature Estimation from the Landsat Series. *Remote Sens.* 12, 1471. <https://doi.org/10.3390/rs12091471>.