

СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА РАЗЛИЧНЫХ НАЗЕМНЫХ МЕТЕОДАТЧИКОВ ДЛЯ Г.МИНСКА И ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ

^{1,2}Шлендер Т. В., ²Бурченко Г. Д., ²Прокопчик Е. А., ²Чумаков Е. А.

¹Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ,

²Факультет географии и геоинформатики БГУ, г.Минск, Республика Беларусь, email:timajaya@mail.ru

Для изучения городского острова тепла г. Минска производилось сравнение и выборка полученных данных приземной температуры воздуха за 22-23 января 2021г. из различных наземных источников. В качестве эталона сравнения использовались данные приземной температуры воздуха автоматических метеостанций Белгидромет. Датчики проекта AirMQ завышают показания приземной температуры воздуха в 2-4 раза. Показания частных независимых метеостанций сайта rp5.by в целом схожи с количественными показаниями метеостанций Белгидромет, но на нескольких станциях зафиксировано превышение показаний в 2-3 раза. Все датчики имеют схожую суточную динамику. По выбранным датчикам были построены карты распределения приземной температуры воздуха в QGIS для г.Минска и пригородной зоны.

Ключевые слова: приземная температура воздуха; городской остров тепла; QGIS; сравнение данных; метеодатчики.

COMPARISON OF THE SURFACE AIR TEMPERATURE OF DIFFERENT GROUND WEATHER SENSORS FOR MINSK AND SUBURBAN AREA

^{1,2} Schlender T. V., ²Burchanka H. D., ²Prakopchyk Y. A., ²Chumakou E. A.

¹National Ozone Monitoring and Research Educational Center BSU ,

²Faculty of geography and geoinformatics BSU, Minsk, Republic of Belarus, email:timajaya@mail.ru

To study the urban heat island of Minsk, a comparison and selection of the obtained data of surface air temperature for 22-23 January 2021 was made from various sources. The data of the surface air temperature of the Belhydromet automatic meteo stations were used as a standart for comparison. AirMQ sensors overestimate the surface air temperature by 2-4 times. The sensors of private independent meteorological stations from the rp5.by website are generally similar to the quantitative sensors of the Belhydromet meteo stations, but at several stations the sensors were 2-3 times higher. All sensors have similar daily dynamics. Based on the selected sensors, maps of surface air temperature distribution in QGIS were built for Minsk and the suburban area.

Key words: surface air temperature; urban heat island; QGIS; comparison of data; weather sensors.

Введение. Давно известно, что в городах температура воздуха несколько выше, чем в пригородной, сельской зоне. Так называемый «городской остров

тепла» (ГОТ) [1] впервые был открыт Л. Ховардом в Лондоне в 1820г. Мощность ГОТ зависит от максимальной температуры в центре города и на окраине города. Он может изменяться во времени и пространстве в зависимости от метеорологических условий и характеристик города. В своей работе Оке [2] описывает несколько факторов, способствующих появлению ГОТ: поглощение коротковолновой радиации (особенно в полдень) бетонными зданиями, асфальтом и т.д.; уменьшение эффективного излучения вследствие большей закрытости горизонта; уменьшение затрат тепла на испарение почвой вследствие отведения воды канализационными системами; уменьшение потерь тепла за счет меньшей скорости ветра; выделение антропогенного тепла (сжигание топлива, отопление, работа электрических установок и приборов и т.д.) и как следствие развитие парникового эффекта. Подробное изучение климата Минска и других городов Беларуси проводилось до 1990 года Гольбергом М. А., Савиковским И. А и Швер Ц. А. [3,4]. В те времена население (с 0,8 до 1,6 млн. чел.) и площадь (с 150 до 300 км²) Минска выросла в 2раза с середины 60-х до начала 90-х. Максимальная амплитуда острова тепла г. Минска ночью зимой по данным Гольберга [4], тогда составляла 2,5 – 3,5⁰С.

По данным Белстат на 2019г площадь г.Минска составляет 348,84 км², а население 2,1 млн.чел. Сейчас происходит не такой быстрый рост населения и площади городской черты как это было в 20 веке, но в связи потеплением климата, роста промышленных зон и прочих событий изучение «городского острова тепла» представляет значительный интерес, так как подобные явления являются примером локального антропогенного изменения климата. Целью данной статьи является исследование городского острова тепла г. Минска. В связи с наличием различных наземных источников данных приземной температуры воздуха первой задачей было определить качество этих данных. Выбрать наиболее точные и оптимальные показания датчиков и построить пространственную карту распределения температуры воздуха для г. Минска и пригородной зоны.

Методы и данные. В качестве эталона температурных показаний использовались данные автоматических станций загрязнения и метеостанций Vaisala г. Минска (Белгидромет), которые измеряют температуру воздуха каждые 10 минут. Эти станции расположены в р-не Уручье, пр-т Независимости, ул.Тимирязева, ул.Бобруйская, ул.Богдановича, ул. Радиальная, ул. Шаранговича и ул. Корженевского.

Проект AirMQ – это независимый мониторинг качества воздуха в городах Беларуси, созданный группой инженеров и экологов [5]. Датчики AirMQ измеряют аэрозольные частицы различных размеров (PM1.0, PM2.5, PM10), температуру воздуха (сенсор BME280 фирмы Bosch Sensortec, диапазон - 40...+85⁰С, лучший сенсор по калибровке среди схожих сенсоров [6]), относительную влажность воздуха и атмосферное давление с открытым доступом. Имеется широкая сеть установленных датчиков по г.Минску. Для

сравнения были использованы 19 датчиков, которые предоставляли температуру воздуха в г.Минске каждые 15 минут.

Показания частных автоматических метеостанций (фирмы AcuRite, Airmar, Davis, Dyacon, Fine Offset, Hideki, LaCrosse, Oregon Scientific и др. автоматические метеостанции поддерживающие ПО WeeWX) были взяты с сайта rp5.by (далее датчики rp5), который разработан компанией (ООО) "Расписание Погоды" и является независимым сервисным порталом предоставления метеоданных в свободном доступе. Было использовано 30 датчиков, расположенных в черте г.Минска и в пригородной зоне, для сравнения с показаниями метеостанций Белгидромета. Измерения датчиков rp5 производятся каждые 20 минут.

Каждая метеостанция Белгидромета условно выступала центральной точкой для сравнения показаний на близлежащих территориях других метеодатчиков AirMQ и rp5. Из-за ограниченности доступа к полным архивам показаний всех датчиков для сравнения были выбраны только даты 22 – 23 января 2021 г. Все показания датчиков фиксировались в итоговых таблицах интервалом в 3ч местного времени (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21). В дальнейшем для сравнительного анализа применялся программный пакет MS Excel, где производился расчет коэффициентов корреляции, строились графики и сравнивались показания всех датчиков.

Для построения пространственных карт для ночного (средние значения температур за интервалы 21ч – 06ч) и дневного (средние значения температур за интервалы 09ч – 18ч) времени 23 января 2021г ГОТ г.Минска использовалась ГИС QGIS 2.3.2. Обработка уже выбранных датчиков, прошедших сортировку, производилась с помощью модулей Module Multilevel B-Spline Interpolation и Module Contour Lines from Grid в SAGA (SAGA QGIS). В качестве вспомогательных данных были использованы векторные данные Open Street Maps (OSM) (граница и постройки г. Минска). Система координат проекта: WGS 84 / UTM Zone 35N. Кодировка UTF-8. Согласно генплану г.Минска были выделены промышленные зоны г. Минска (рисунок 1).

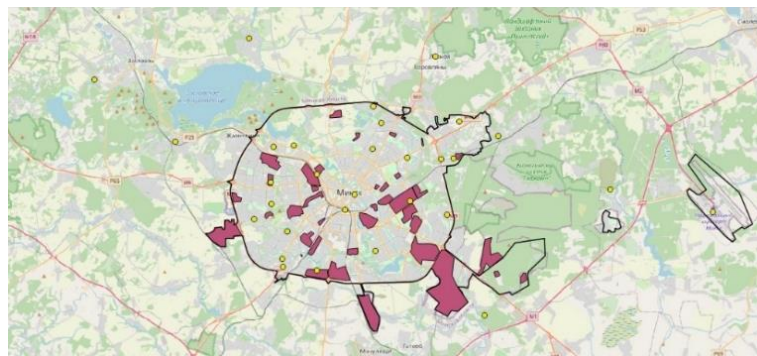


Рисунок 1 – Выбранная область интерполяции QGIS, промышленные зоны (красный цвет) и локация датчиков (желтые точки)

Результаты. По результатам корреляционного анализа большинство датчиков рп5 и AirMQ показали высокие значимые положительные коэффициенты корреляции с территориальными метеостанциями Белгидромет. Это означает, что динамика изменения температурного хода у всех одинаковая. Максимумы соответствуют максимумам, минимумы – минимумам. В среднем, датчики AirMQ показали более низкий показатель коэффициента корреляции, по сравнению с датчиками рп5 (таблица).

При сравнении только показаний метеостанций Белгидромет (рисунок 2) ночные зимние амплитуды ГОТ на 23 января 2021 г достигали 2,6 - 2,7 °С на станциях в Уручье (минимум -1,6°С) и ул. Тимирязева, ул. Бобруйска, ул. Независимости (максимум +1 – 1,1°С). Дневные зимние амплитуды достигали 1,6 °С между станциями ул. Корженевского (минимум +5°С) и ул. Тимирязева (максимум +6,6°С).

Таблица – Коэффициенты корреляции между автоматическими метеостанциями Белгидромет и датчиками AirMQ и рп5

Датчики	шаранговича AirMQ	Притыцко го Рп5	dom105м.Кам.г ор AirMQ	Тимошенко Рп5		
Шаранговича	0,82	0,96	0,92	0,96		
	Купревича Рп5	Каштаново й Рп5	Копище AirMQ	Боровлян ы Рп5	Колоди щи Рп5	Ф.Скори ны Рп5
Уручье	0,90	0,73	0,49	0,90	0,76	0,82
	Л.Беды рп5	Богдан-ча Рп5	с55 Червякова AirMQ			
Богдановича	0,91	0,93	0,85			
	Нестерова Рп5	Могил. шоссе AirMQ	Тракторная AirMQ	Пер-к Козлова AirMQ		
Радиальная	0,92	0,85	0,92	0,30		
	Масюковщи на AirMQ	Пер-к Княгин-й Рп5	Минск-Арена Рп5	Пионерская Рп5		
Тимирязева	0,82	0,90	0,94	0,97		
	Курасовщи на AirMQ	Дзержинск ого м.Малинов ка рп5				
Корженевского	0,83	0,97				

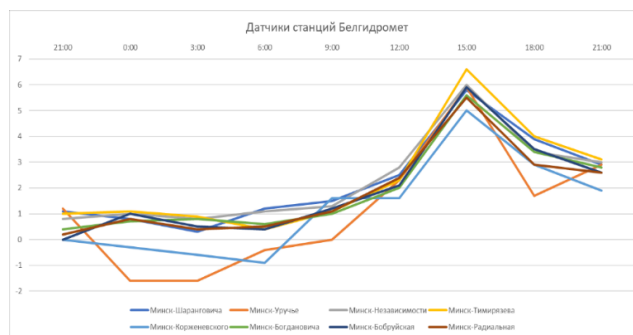


Рисунок 2 – Показания суточной динамики температуры воздуха (°C) автоматических метеостанций Белгидромет на 23 января 2021 г.

Сравнив значения датчиков рп5 и AirMQ с автоматическими метеостанциями Белгидромета получились следующие выводы. Почти все датчики AirMQ завышают температуру воздуха в 2-4 раза, а дневные максимумы, которые связаны с безоблачной солнечной погодой эти различия могут отличаться в 5-6 раз. Пример таких завышений можно увидеть на рисунке 3 для датчиков Шаранговича AirMQ, Масюковщина AirMQ и dom105 м.Камен.горка AirMQ. Оказалось, что все датчики AirMQ имеют темный защитный корпус и скорее всего были установлены частными лицами, не учитывая минимальные стандарты установки температурных фиксаторов (установка на солнечной стороне дома). И когда 23 января 2021г в районе с 13ч - 16ч небо прояснилось датчики дополнительно нагрелись и показали не верные показания температуры воздуха.

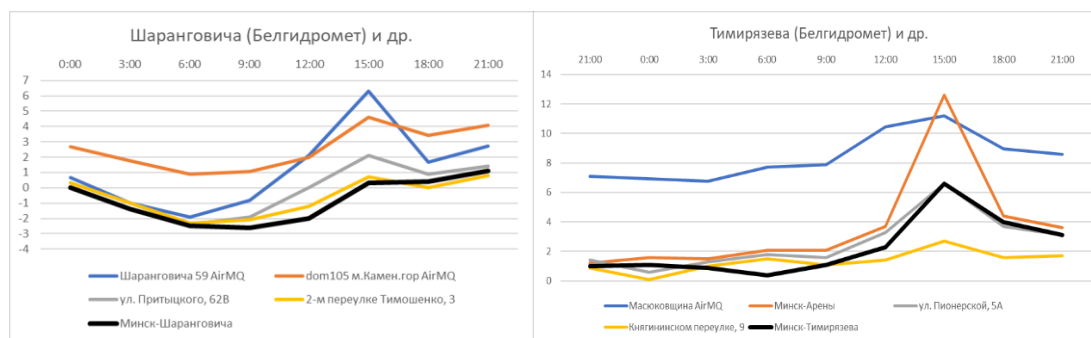


Рисунок 3 – Показания суточной динамики температуры воздуха (°C) автоматических метеостанций Белгидромет на ул.Шаранговича на 22 января 2021г., и на ул.Тимирязева на 23 января 2021г.

Датчики рп5 показали более высокую схожесть количественного изменения температуры воздуха с данными станций Белгидромета. Например, датчики на 2-й переулок Тимошенко и ул.Пионерская. Некоторые датчики рп5 завышали максимумы температуры, что связано с неправильной установкой (солнечная сторона) самих автоматических метеостанций частными лицами либо их плохой настройкой работы (грубые ошибки данных).

В итоге, для построения пространственных карт из 30 датчиков рп5 были выбраны 23 датчика, где максимумы не отличаются свыше 25 % от данных

станций Белгидромета. Все датчики AirMQ не использовались в дальнейшем. Итоговые карты были построены из 31 точки показаний датчиков рп5 и станций Белгидромета.

На ночной карте (рисунок 4) 23 января 2021г. видно, что основные зоны холода были расположены на севере и востоке от г.Минска. Там температура достигала своего минимума $-1,4 - 1,5^{\circ}\text{C}$. В основном это лесные зоны заказников Прилепски и Глебковка. В черте города – Цна, Лесопарк Новинки, парк Курасовщина. Ночной остров тепла растянут с юго-востока на северо-запад с черте города, с небольшими максимумами в районе Шабаны, Кирова, район ТЦ Риги и Минск-Арены. Таким образом, мощность ГОТ составила свыше $3,2^{\circ}\text{C}$ по отношению к северной и восточной пригородной зоне, и $0 - 1^{\circ}\text{C}$ к южной пригородной зоне.

В дневное время ГОТ (рисунок 5) имеет схожие черты, что и в ночное, но с более сглаженным температурным полем. Максимумы температур расположены на юго-востоке (районы Чижевка и Шабаны) и центр города (Кирова, ТЦ Рига). Примечательно, что и днем и ночью дул слабый южный ветер, что заметно в некотором смещении острова тепла на север (ТЦ Рига, Тимирязева). Мощность ГОТ также составила около $3,4^{\circ}\text{C}$ по отношению к лесной зоне в районе Аэропорт Минск-2, а для остальной территории либо от 0 до 2°C .

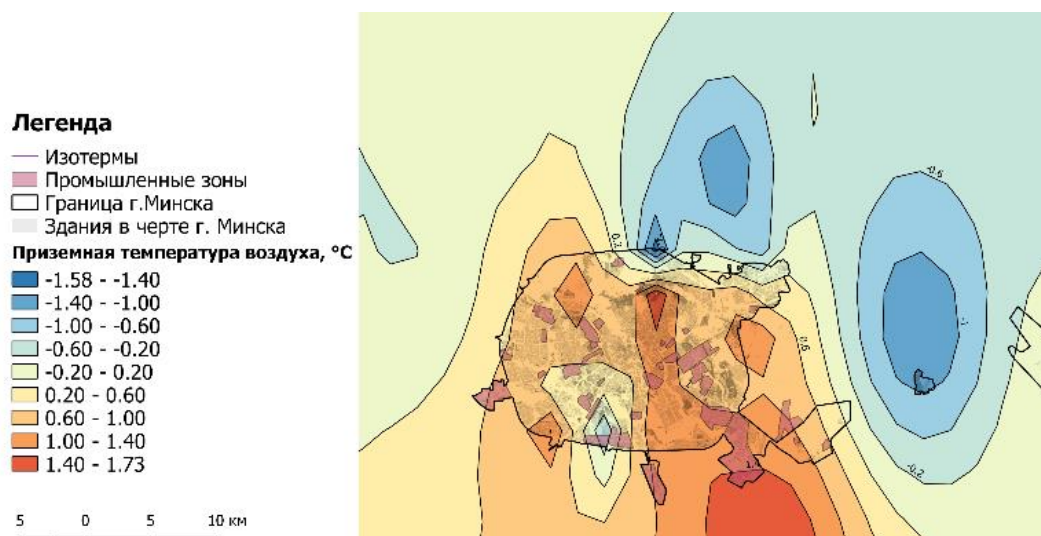


Рисунок 4 – Пространственное распределение приземной температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) по данным датчиков Белгидромет и рп5 для ночи 23 января 2021г.

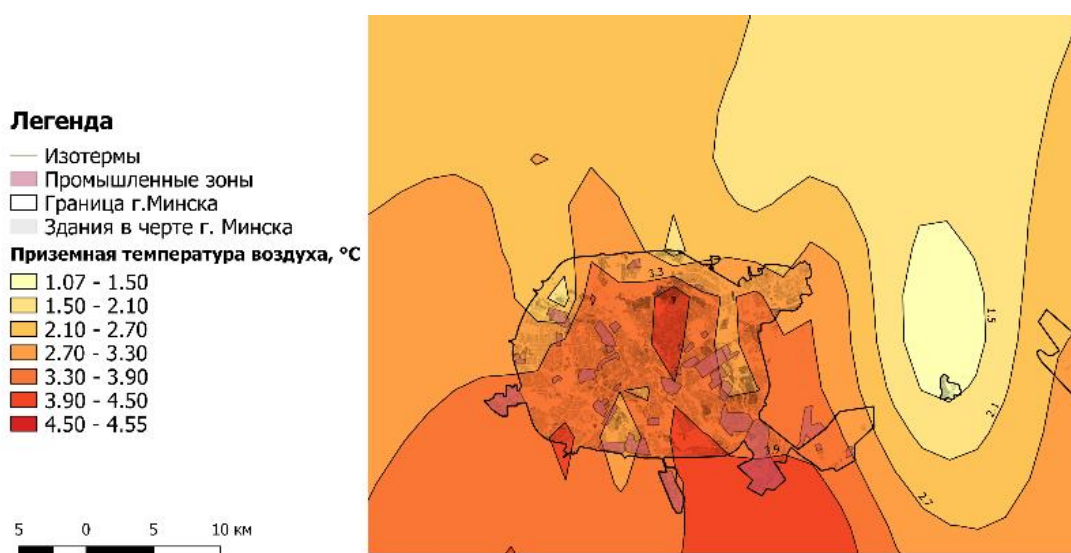


Рисунок 5 – Пространственное распределение приземной температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) по данным датчиков Белгидромет и рп5 для ночи 23 января 2021г.

Заклучение. Таким образом, можно сделать следующие выводы относительно выбора данных приземной температуры и зимнего острова тепла г.Минска. Датчики AirMQ не подходят для использования в научном анализе ГОТ, так как они сильно отличаются от показаний станций Белгидромета. Датчики рп5 можно использовать, но необходимо учитывать завышения температуры некоторых датчиков, особенно в солнечные дни. Так как датчики и станции показывают только температуру в локальной точке местности, то построенные карты лишь отчасти отражают остров тепла. В целом, для промышленных территорий г. Минска, которые имеют высокую плотность на востоке и юго-востоке города, характерен более теплый воздух (рисунки 4 и 5). Мощность зимнего ГОТ г.Минска ночью ($3,2^{\circ}\text{C}$) больше, чем днем ($0-2^{\circ}\text{C}$). Использование спутниковых снимков поможет более детально отразить температурное поле в рамках города с учетом конкретной местности, в частности промышленных зон, трасс с высоким трафиком машин и локальных тепловых выбросов воздуха и примесей, лесных и парковых зон [7]. А использование численной атмосферной мезомасштабной модели позволит делать комплексный анализ структуры ГОТ и его прогноз [8].

Библиографические ссылки

1. Mills, G. Luke Howard and The Climate of London. / G. Mills // Weather, 2008. – 63. – 153 - 157. 10.1002/wea.195.
2. Oke T.R. The energetic basis of the urban heat island. / T.R. Oke // Q J R Meteorological Soc., 1982. – PP. 1–24.
3. Гольберг М.А. Климат Минска / М.А. Гольберг. – Минск: Выш. шк., 1976. — 288 с.
4. Климат Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова. – Минск: Ин-т геологич. наук АН РБ, 1996. – 234 с.
5. Узнай, чем ты дышишь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://airmq.by>. – Дата доступа: 12.12.2020

6. Wide range of Hygrometers:DHT22, AM2302, AM2320, AM2321, SHT71, HTU21D, Si7021, BME280 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kandrsmith.org/RJS/Misc/Hygrometers/calib_many.html. – Дата доступа: 12.11.2020

7. Бурченко, Г.Д. Изучение теплового поля территории г. Могилева по данным спутника Landsat-8. / Г.Д. Бурченко, Е.А. Прокопчик, Е.А. Чумаков // ГИС-технологии в науках о Земле: Мат-лы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 18 нояб. 2020 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: Н. В. Жуковская (гл. ред.), О. М. Ковалевская. – Минск: Изд-во БГУ, 2020. – С.171-177.

8. Chen, F. The integrated WRF/urban modelling system: development, evaluation, and applications to urban environmental problems. / F. Chen [et al.] // John Wiley & Sons, Ltd.; International J. of Climatology. – 31 (2). – 273-288.