СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-15

GEOMORPHOLOGICAL FEATURES OF THE TERRITORY OF VOLGOGRAD AS BASIC CHARACTERISTICS THAT AFFECT THE CITY'S HEAT ISLAND

R. S. Omarov^{1,2}, S. S. Shinkarenko^{1,2}, O. Yu. Kosheleva¹

¹*Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia*

²*Volgograd State University, Volgograd, Russia*

Received 17.02.2020

Submitted 12.03.2020

The work was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research and the Administration of the Volgograd region in the framework of the scientific project No. 19-45-343001

Summary

The article presents the results of the analysis of geomorphological features of the territory of the city of Volgograd. Indicators such as altitude, exposure, and slope steepness can influence the formation of circulation mechanisms in the atmosphere above the city, contributing to the formation of a «heat island» above the city.

Abstract

Introduction. Urban heat island – the effect of increasing the temperature of the city compared to the temperature of the surrounding countryside. The relevance of research on the geomorphological features of urban landscapes and their impact on the thermal and radiation balance of the territory is due to the great significance of the data obtained for the organization of landscaping and planning of new buildings. **Object.** The object of research is Volgograd – a city in the South-Eastern part of European Russia, the administrative center of the Volgograd region. **Materials and methods.** Morphometric analysis of the territory of Volgograd is performed in the QGIS software based on the digital terrain model SRTM 3 ArcSecond. **Results and conclusion.** It is established that the height difference in the territory of Volgograd is 135-140 m. The pronounced hilly terrain creates an analogy of mountain-valley circulation in the surface layer of the atmosphere, which leads to a greater difference in air temperatures between high and low areas and the formation of zones of stagnation. One of the most important features of the Volgograd layout is the distribution of functional zones along the high-altitude terrain tiers. Areas of concentration of industrial, municipal and transport infrastructure, which provide the main contribution to the thermal "pollution" of the city's atmosphere, prevail in the range of heights from 5 to 60 m. Residential areas, especially multi-storey buildings, are also distributed mainly on the lower tier of the city. More than 85 % of the recreational landscaping area is located in the height range of 85-135 m. Orientation of Volgograd in the meridional direction and crossing the gully network in the latitudinal direction, determined the prevalence in the city of north slopes and southern exposures, as the city was located on the eastern slopes of the Volga upland – a significant proportion of the slopes of eastern exposure. Most of the functional areas of Volgograd are confined to slopes up to 3°. Only low-rise residential and suburban buildings, as well as some special-purpose facilities are located on slopes of more than 3°.

Key words: *urban heat island, urban landscaping, digital terrain model, functional zoning, slope exposure, slope angle, atmospheric circulation, microclimate.*

Citation. Omarov R. S., Shinkarenko S. S., Kosheleva O. Yu. Geomorphological features of the territory of Volgograd as basic characteristics that affect the city's heat island. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 147-158 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-15.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 551.4.02:551.5(470.45)

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДА КАК БАЗОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ВЛИЯЮЩИЕ НА «ГОРОДСКОЙ ОСТРОВ ТЕПЛА»

Р. С. Омаров^{1,2}, лаборант-исследователь
С. С. Шинкаренко^{1,2}, кандидат сельскохозяйственных наук
О. Ю. Кошелева¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН», г. Волгоград

² Волгоградский государственный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.02.2020

Дата принятия к печати 12.03.2020

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований и Администрации Волгоградской области
в рамках научного проекта № 19-45-343001*

Актуальность. В статье представлены результаты анализа геоморфологических особенностей территории города Волгограда. Такие показатели, как высота над уровнем моря, экспозиция и крутизна склонов могут влиять на формирование циркуляционных механизмов в атмосфере над городом, внося определенный вклад в формирование «теплового острова» над городом. **Объект.** Объектом исследования является Волгоград – город в юго-восточной части европейской России, административный центр Волгоградской области. **Материалы и методы.** Функциональное зонирование территории города осуществлялось ручной векторизацией Генерального плана 2007 года. Морфометрический анализ территории Волгограда выполнен в программном обеспечении QGIS на основе цифровой модели рельефа SRTM 3 ArcSecond. **Результаты и выводы.** Установлено, что перепад высот на территории Волгограда составляет 135-140 м. Ярко выраженный холмистый рельеф создает в приземном слое атмосферы аналогию горно-долинной циркуляции, которая приводит к большому различию температур воздуха между повышенными и пониженными участками и образованию зон застоя. Одной из важнейших особенностей планировки Волгограда является распределение функциональных зон по высотным ярусам рельефа. Ареалы сосредоточения производственно-коммунальной и транспортной инфраструктуры, обеспечивающие основной вклад в тепловое «загрязнение» атмосферы города, преобладают в диапазоне высот от 5 до 60 м. Жилая зона, особенно многоэтажная застройка, также распределена преимущественно на нижнем ярусе города. Более 85 % зоны озеленения рекреационного назначения расположено в диапазоне высот 85-135 м. Ориентация Волгограда в меридиональном направлении и пересечение его овражно-балочной сетью в широтном направлении предопределили преобладание на территории города склонов северной и южной экспозиций, а положение города на восточных склонах Приволжской возвышенности – значительную долю склонов восточной экспозиции. Большинство функциональных зон Волгограда приурочено к склонам до 3°. Только малоэтажная жилая и дачная застройки, а также часть объектов специального назначения расположены на склонах более 3°.

Ключевые слова: городской остров тепла, городское озеленение, цифровая модель рельефа, функциональное зонирование, экспозиция склона, угол наклона склона, атмосферная циркуляция, микроклимат города.

Цитирование. Омаров Р. С., Шинкаренко С. С., Кошелева О. Ю. Геоморфологические особенности территории Волгограда как базовые характеристики, влияющие на городской остров тепла. *Известия НВ АУК.* 2020. 1(57). 147-158. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-15.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В работах по антропогенному ландшафтоведению постоянно отмечается специфичность климата городов и его отдельных частей [9, 13, 14]. Для крупных российских городов можно говорить о мезоклиматическом эффекте, так как особенности атмосферной циркуляции над агломерациями, занимающими площадь в несколько сотен или даже тысяч квадратных километров, могут определять сезонный ход и повторяемость синоптических процессов на этих территориях, а также способны создавать собственные, более мелкие циркуляционные механизмы, трансформируя свойства приходящих на эту территорию воздушных масс [5]. Следствием этого становится существование такого явления, как «городской остров тепла» – эффект повышения температуры города по сравнению с температурой окружающей сельской местности.

Основными факторами, определяющими мезо- и микроклиматические различия в городе, являются экспозиция подстилающей поверхности, неровности мезорельефа, характер и распределение застройки и растительного покрова. Под действием этих и других факторов происходят преобразования радиационного и теплового баланса подстилающей поверхности в так называемом деятельном слое атмосферы [5, 9]. При этом каждый город уникален своим сочетанием физико-географических и урбанистических характеристик [1].

Актуальность исследований геоморфологических особенностей урболандшафтов и их влияния на тепловой и радиационный баланс территории обусловлена большой значимостью получаемых данных для организации озеленительных работ и планировки новостроек. Установлено, что с помощью такого мощного инструмента градостроительного планирования, как озеленение, возможно оказывать влияние на тепловые характеристики подстилающих поверхностей и приземного слоя воздуха, компенсируя, таким образом, негативные следствия перегрева в летний период [3, 9, 14].

Одним из наиболее эффективных методов при анализе вклада геоморфологических особенностей территории в функционирование геосистем является морфометрический анализ. Применение геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли позволяет существенно упростить получение количественных данных по рельефу, тем более что цифровые модели рельефа (ЦМР), такие как ASTER, GDEM и SRTM, находятся в свободном доступе в сети Интернет. С использованием ЦМР, в свою очередь, возможно быстрое создание серии тематических карт важнейших морфометрических показателей: гипсометрической карты, карт крутизны и экспозиций склонов и т.п.

Целью данного исследования является проведение геоморфологического анализа территории города Волгограда для установления естественных причин формирования «городского острова тепла».

Объект исследования. Волгоград – город в юго-восточной части европейской России, административный центр Волгоградской области с населением более 1 млн человек.

Рельеф города формируют овражно-балочная сеть и долины малых рек волжского склона Приволжской возвышенности. Непосредственно прилегающая к Волге часть города – Хвалынская абразионно-аккумулятивная терраса – низменная с абсолютными отметками 0-40 м. Западнее Волги на удалении 1-3 км находится цепь пологих холмов с абсолютными отметками 50-100 м – непосредственно восточный склон Приволжской возвышенности. Максимальная высота водоразделов на западных границах города достигает 120-140 м. На севере города по склонам речных долин Сухой и Мокрой Мечетки, Орловки, Царицы, на Мамаевом кургане средние углы наклона склонов составляют 4,5°–6,5°. Максимальная крутизна склонов наблюдается южнее долины балки Отрадной и составляет 6,5°–7,5°. В районе судоходного канала Волго-Дон Приволжская воз-

вышенность переходит в Ергени и денудационно-аккумулятивную Сарпинскую низменность, что обуславливает равнинный характер территории самого южного – Красноармейского – района города.

Климат города формируется под влиянием континентальности: лето продолжительное, жаркое и сухое, зима холодная и малоснежная. За год выпадает около 400-420 мм осадков. Вторжение на территорию южных циклонов и стационарирование азиатского антициклона в зимнее время определяют преобладание широтного переноса воздушных масс. Летом циркуляция ослаблена, преобладают ветры западных и северо-западных румбов [7]. Средние температуры июля достигают отметки +23,6 градуса. Летом могут быть засухи и суховеи. Средняя температура января составляет -6,3 °С. На начало нынешнего столетия приходится несколько абсолютных температурных максимумов: январь и май 2007 года, август, сентябрь и ноябрь 2010 года, июль 2011 года, а также апрель, июнь и декабрь 2012 года. Эти месяцы стали самыми тёплыми за всю историю метеонаблюдений за климатом в Волгограде.

Материалы и методы. Геоморфологический анализ территории Волгограда выполнен в программном обеспечении QGIS в системе координат WGS-84 в проекции UTM Zone 38N на основе цифровой модели рельефа SRTM 3 ArcSecond.

Функциональное зонирование территории города осуществлялось ручной векторизацией Генерального плана 2007 года [6] в системе координат WGS-84 в проекции UTM Zone 38N. В нем выделено 8 функциональных зон: 1 – жилая, 2 – общественно-деловая, 3 – производственно-коммунальная зона, 4 – зона озелененных территорий рекреационного назначения (городские парки, скверы, бульвары, лесопарки, городские леса, зоны отдыха), 5 – зона инженерной и транспортной инфраструктур, 6 – зона озелененных территорий специального назначения (озеленение санитарно-защитных зон, питомники), 7 – зона коллективных садов и дач, 8 – зона объектов специального назначения (кладбища, полигоны ТКО, военные и иные режимные объекты).

Анализ расположения территорий функциональных зон в различных диапазонах высот выполняется с использованием цифровой модели рельефа ЦМР SRTM 3 ArcSecond и шейп-файлов, соответствующих границам функциональных зон. Извлечение свойств растра для отдельных полигонов (функциональных зон) происходит с помощью инструментов зональной статистики в QGIS. Полученный растр конвертируется в векторный слой, из которого производится выборка значений атрибутов по размахам высот.

Для анализа экспозиции склонов в QGIS проводится преобразование ЦМР в растровый слой экспозиции (Растр → Анализ → Экспозиция). Затем осуществляется фильтрация по 8 румбам экспозиции с помощью инструмента SimpleFilter. Отфильтрованный растр экспозиции векторизуется (Растр → Преобразование → Создание полигонов). Затем выполняется пересечение слоя векторизованной экспозиции со слоем административных районов или функциональных зон (Вектор → Геообработка → Пересечение), где в качестве исходного слоя выступает слой экспозиции, а слоя пересечения – административные районы или функциональные зоны. В результирующем слое пересечения в таблице атрибутов вычисляется площадь полученных контуров. После выполнения пересечения создаются центроиды полигонов по данному слою (Вектор → Обработка геометрии → Центроиды), которые разбиваются по румбам экспозиции (Вектор → Управление данными → Разбить векторный слой), где исходный слой – центроиды, признак классификации – поле со значениями румбов экспозиции, целевой каталог – папка, в которую будут сохранены результаты разбития. Затем проводится подсчет точек в полигоне (Вектор → Анализ → Подсчитать точки в полигоне). В данном случае удобно использовать пакетный режим обработки 8 окон для всех румбов.

Анализ углов наклона склонов выполняется аналогично алгоритму подсчета экспозиции, но для преобразования ЦМР в растр угла наклона необходимо использовать другую последовательность операций: Растр → Анализ → Крутизна.

Результаты и обсуждение. С одной стороны, «городской остров тепла» можно рассматривать как один из самых наглядных примеров мезомасштабного изменения климата в результате деятельности человека, так как основной причиной его возникновения называют модификацию подстилающей поверхности застройкой, повышенную концентрацию загрязняющих веществ, удерживающих уходящее излучение, и выделение техногенного тепла [12, 15]. Однако, с другой стороны, говорить о полностью антропогенном происхождении теплового эффекта над городом нельзя. Последние достижения дистанционного зондирования окружающей среды городов показали наличие циклической конвекции в атмосфере над крупными городами [4, 5, 10]. К тому же известны работы [2], рассматривающие геоморфологические особенности территории города как существенный фактор формирования мезо- и микроклиматической неоднородности.

Дело в том, что при существенном перепаде высот поле температуры в приземном слое воздуха неоднородно по вполне естественным причинам. В условиях холмистого рельефа ночью и зимой в тихую погоду при ясном небе охлажденный воздух, образовавшийся на выпуклых формах рельефа, как более тяжелый, стекает вниз по склону и скапливается в понижениях, образуя так называемые «озера холода». Для Волгограда такими «озерами холода», в первую очередь, становятся балки и овраги. Начало стоковых явлений возможно уже при углах наклона порядка нескольких градусов и при относительных превышениях 10-12 м [7]. Верхняя часть холма при этом становится более теплой, чем его подножие, так как стекающий воздух заменяется более теплым из прилегающих слоев атмосферы. За счет такого перераспределения холодного воздуха в холмистом рельефе возникают весьма большие градиенты ночных и зимних температур.

С градостроительной точки зрения на тепловой режим влияют размер и взаиморасположение функциональных зон относительно друг друга, особенно таких контрастных, как производственная и рекреационная. Поэтому создание схем функционального зонирования и их актуализация является многофункциональным средством анализа городских ландшафтов по различным показателям, в том числе и мезо- и микроклиматическим. Функциональные зоны являются удобными территориальными еди-

ницами для проведения морфометрического анализа территории Волгограда для целей градостроительства и озеленения. К тому же в рамках функциональных зон, как правило, известно соотношение застроенных и озелененных территорий, непосредственно влияющих на формирование теплового баланса урболандшафтов. Городские насаждения являются особым фактором, который стабилизирует окружающую среду, снижает суммарную нагрузку городской среды, а также обеспечивает устойчивое развитие экологического каркаса территории Волгограда. Для Волгограда составлена цифровая схема функционального зонирования (рисунок 1), состоящая из 8 shape-полигонов границ функциональных зон.

Рисунок 1 – Функциональное зонирование г. Волгограда

Figure 1 – Functional zoning of Volgograd

Территория Волгограда, за исключением самой южной её части, имеет ярко выраженный холмистый рельеф с перепадом высот до 135-140 м. Это обуславливает четко выраженную ярусность территории, а одной из особенностей планировки города является приуроченность функциональных зон к тем или иным высотным ярусам, имеющим долготное простираание параллельно реке (рисунок 2).

Основные функциональные зоны, обеспечивающие существенный вклад в тепловое «загрязнение» атмосферы города: производственно-коммунальная, транспортная, общественно-деловая, сосредоточены в диапазоне высот от 5 до 60 м. Жилая зона, особенно многоэтажная застройка, также распределена преимущественно на нижнем ярусе города. В первом приближении данная территория является местом постоянного столкновения двух потоков воздушных масс. Особенно ясно это выражено в ночное время, когда по выше-описанному механизму начинается стоковое движение воздушных масс с восточных склонов Приволжской возвышенности, а навстречу им дует ночной бриз с Волги.

Рисунок 2 – Распределение функциональных зон Волгограда по высотным ярусам, в % от площади функциональной зоны (обозначение функциональных зон см. в тексте)

Figure 2 – Distribution of functional zones of Volgograd by high-rise tiers, in % of the area of the functional zone (see the text for functional zones)

Значительный вклад в площадь жилой и производственной застройки, а также транспортной инфраструктуры вносит «северо-западный клин» территории Дзержинского и частично Краснооктябрьского районов города, который расположен на высотах более 80 м. Большая часть (более 85 %) зоны озеленения рекреационного назначения расположена в диапазоне высот 85-135 м – это преимущественно территория лесопаркового комплекса вдоль западных границ города, лесные насаждения так называемого «Зеленого кольца» Волгограда. За пределы жилой и общественно-деловой застройки также вынесены объекты специального назначения: кладбища и полигоны ТКО расположены, в основном, на территориях выше 80 м.

Таким образом, сложный рельеф города создает в приземном слое атмосферы аналогию горно-долинной циркуляции [2]. Это приводит к образованию зон застоя и выхолаживания воздушных масс в понижениях и к большому различию температур воздуха между повышенными и пониженными участками. При этом наибольший вклад в образование нисходящих потоков воздуха вносят открытые пространства (сельхозугодья), а древесно-кустарниковая растительность из-за высокого уровня шероховатости препятствует движению воздушных масс.

Наряду с высотой над уровнем моря, тепловой баланс территории определяется также экспозицией и крутизной склонов. Ориентация Волгограда в меридиональном направлении и пересечение его овражно-балочной сетью в широтном направлении предопределили преобладание на территории города склонов северной и южной экспозиций, а положение города на восточных склонах Приволжской возвышенности – значительную долю склонов восточной экспозиции (рисунок 3).

В средних широтах северного полушария на склонах южной экспозиции угол падения солнечных лучей ближе к прямому, чем на горизонтальной поверхности. Склоны северной экспозиции получают прямые лучи под очень острыми углами («скользящие» лучи), а при большой крутизне в дневные часы получают только рассеянную радиацию. Отсюда существенные различия в прогревании воздуха и почвы, режиме увлажнения (в частности, скорости снеготаяния и иссушения почвы) и других

элементах микроклимата. Разность температур на южных и северных склонах холмов в дневное время и ясную погоду может достигать у земной поверхности несколько градусов [8]. При этом в пасмурную погоду различия в температуре на склонах сглаживаются. Если склоны ориентированы на восток, то максимальная температура достигается утром, а если на запад – то вечером [5]. Наложение функциональных зон максимального антропогенного воздействия и с минимальным озеленением (производственно-коммунальная, транспортная и общественно-деловая) на теплые склоны южных экспозиций может усилить тепловой эффект земной поверхности.

Рисунок 3 – Распределение функциональных зон по экспозициям склонов, в % от общей площади района

Figure 3 – Distribution of functional zones by slope exposures, in % of the total area of the district

Изменение температуры поверхности также зависит от угла наклона склона, так как меняется угол падения солнечных лучей. В целом, чем круче склон, тем большему нагреванию он подвергается. Большинство функциональных зон Волгограда приурочено к склонам до 3° [5]. Плотность застройки, как правило, уменьшается с увеличением углов наклона земной поверхности [11]. Только малоэтажная жилая и дачная застройки, а также часть объектов специального назначения расположены на склонах более 3° (рисунок 4).

В случае с Волгоградом не происходит большого наложения производственных и жилых пространств на участки с большой крутизной склона, поэтому говорить о существенном влиянии данного геоморфологического фактора на усугубление «тепловых аномалий» в городе не приходится.

56,3 % территории жилой зоны сосредоточено на высотах до 80 м и 81,1 % – к склонам до 3°, что благоприятно с точки зрения планировки и размещения транспортных объектов. Высокий процент жилой зоны (30,1%) на высотах свыше 115 м обусловлен большим клином застройки в Дзержинском районе (Жилгородок, Семь ветров, Ангарский). В распределении участков общественно-деловой и производственно-коммунальной зоны наблюдается та же особенность: большая часть (свыше 33 %) сосредоточена на высотах до 35 м и уклонах до 3° с выклиниванием Дзержинского района. Зоны озеленения четко приурочены к различным высотным ярусам. Зона озеленения специального назначения расположена в диапазоне высот 5-56 м – это парки, скве-

ры, бульвары и зоны отдыха, чередующиеся с элементами жилой, общественно-деловой и производственной зон города. 89,9 % зоны озеленения рекреационного назначения приурочены к западным границам города и восточным склонам Приволжской возвышенности – это городские леса и лесопарки «Зеленого кольца». Зона коллективных садов и дач (71,0 %), а также объекты специального назначения (83,4 %) вынесены за границы жилой и общественно-деловой застройки на высоты свыше 60 м.

Рисунок 4 – Распределение функциональных зон Волгограда по участкам с различным углом наклона склонов местности, в % от площади функциональной зоны

Figure 4 – Distribution of functional zones of Volgograd by areas with different slope angles of the terrain, in % of the area of the functional zone

Выводы. В геоморфологическом отношении город Волгоград представляет собой холмистую местность, расчлененную густой овражно-балочной сетью. Выровненные поверхности приурочены к абразионно-аккумулятивной террасе вдоль правого берега Волги и Сарпинской низменности на юге. В этих условиях особенности функционального зонирования, которое отражает распределение застройки, озеленения, промышленной и транспортной инфраструктуры, накладываются на геоморфологическую специфику урбанизированной территории, создавая уникальные микро- и мезоклиматические сочетания.

Жилая зона сосредоточена на высотах до 80 м (56,3 % территории) и склонах до 3° (81,1 %). Общественно-деловая (33,2 %) и производственно-коммунальная (46,2 %) зоны также приурочены к участкам с высотами до 35 м и углами наклонов склона до 3°. Зоны озеленения четко приурочены к различным высотным ярусам: зона озеленения специального назначения (52,1 %) расположена в диапазоне высот 5-56 м, большая часть зоны озеленения рекреационного назначения (89,9 %) приурочена к западным границам города. Зона коллективных садов и дач (71,0 %) и объекты специального назначения (83,4 %) вынесены за границы жилой и общественно-деловой застройки на высоты свыше 60 м.

Исследования показали, что такие геоморфологические параметры, как высота над уровнем моря, экспозиция и крутизна склонов сами по себе, без учета промышленного и транспортного теплового загрязнения, потенциально могут оказывать и, несомненно, оказывают значительное влияние на формирование теплового баланса территории и распределение его элементов, и их необходимо учитывать при дальнейшем изучении эффекта «теплового острова» города Волгограда, а также при планировании системы городского озеленения.

Библиографический список

1. Бруслова Н. Е., Кузнецова И. Н., Нахаев М. И. Тепловое возмущение мегаполиса на фоне региональной неоднородности поля приземной температуры // Труды Гидрометцентра России. 2017. Вып. 365. С. 22-34.
2. Геоморфологические факторы формирования «острова тепла» в г. Апатиты / В. И. Демин, Б. В. Козелов, Н. И. Елизарова, Ю. В. Меньшов // Physics of Auroral Phenomena: proc. XXXIX Annual Seminar, Apatity. 2016. С.154-157.
3. Кошелева О. Ю. Зелёный пояс Волгограда как объект мониторинга // Научно-агрономический журнал. 2017. № 2. С. 42-44.
4. О циркуляции воздушных масс в «тепловых островах» городов / В. И. Горный, В. К. Донченко, Д. А. Самуленков, М. В. Сапунов, О. В. Бровкина, С. Г. Крицук, И. Ш. Латыпов, А. А. Тронин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14., № 4. С. 207-212.
5. Попова И. В., Куролап С. А., Виноградов П. М. Моделирование «городского острова тепла» средствами геоинформационного анализа // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2018. № 2(5). С. 87-95.
6. Решение об утверждении Генерального плана Волгограда (с изменениями на 28.06.2017) [Электронный ресурс] // Волгоград. Официальный сайт администрации г. Волгограда. – Режим доступа: <http://www.volgadmin.ru/d/branches/grad/citybuilding/genplan/> (дата обращения 14.02.2019).
7. Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И. Погода и климат Волгоградской области. Волгоград: ФНИЦ агроэкологии РАН, 2017. 333 с.
8. Соколова Г. Г. Влияние высоты местности, экспозиции и крутизны склона на особенности пространственного распределения растений // Acta Biologica Sibirica. 2016. № 2 (3). С. 34-45.
9. Спутниковое картирование риска перегрева поверхности городской среды (на примере Санкт-Петербурга) / С. Г. Крицук, В. И. Горный, И. Ш. Латыпов, А. А. Павловский, А. А. Тронин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16., № 5. С. 34-44.
10. Теплофизические свойства поверхности городской среды (по результатам спутниковых съемок Санкт-Петербурга и Киева) / В. И. Горный, С. Г. Крицук, И. Ш. Латыпов, А. А. Тронин, А. В. Киселев, О. В. Бровкина, В. Е. Филиппович, С. А. Станкевич, Н. С. Лубский // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14., № 3. С. 51-66.
11. Харченко С. В. Морфометрическая обусловленность застройки крупных городов Черноземья // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География и геоэкология. 2013. № 2. С. 71-78.
12. Huang Q., Lu Y., Ulhoi J. The effect of urban heat island on climate warming in the Yangtze river delta urban agglomeration in China // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2015. No. 12 (8). P. 8773-8789.
13. Hu L., Brunsell N. A. A new perspective to assess the urban heat island through remotely sensed atmospheric profiles // Remote Sensing of Environment. 2015. V. 158. P. 393–406.
14. Keshtkaran R. Urban landscape: a review of key concepts and main purposes // International Journal of Development and Sustainability. 2019. Vol. 8, № 2. P. 141-168.
15. Wang G. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: methods, applications, and trends // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2009. Vol. 64, № 4. P. 335-344.

Conclusions. In geomorphological terms, the city of Volgograd is a hilly area, divided by a dense gully-beam network. The leveled surfaces are confined to the abrasive-accumulative terrace along the right Bank of the Volga and the Sarpinsk lowland in the South. In these conditions, the features of functional zoning, which reflects the distribution of development, landscaping, industrial and transport infrastructure, are superimposed on the geomorphological specifics of the urbanized territory, creating unique micro- and mesoclimatic combinations.

The residential area is concentrated at altitudes up to 80 m (56,3 % of the territory) and slopes up to 3° (81,1 %). Public-business (33,2 %) and industrial-communal (46,2 %) zones are also confined to areas with heights up to 35 m and slope angles up to 3°. Landscaping zones are clearly confined to different high-rise tiers: the special purpose landscaping zone (52,1 %) is located in the range of heights of 5-56 m, most of the recreational landscaping zone (89,9 %) is confined to the western borders of the city. The zone of collective gardens and cottages (71,0 %) and special-purpose objects (83,4 %) were moved beyond the boundaries of residential and public-business buildings to heights of more than 60 m.

Studies have shown that geomorphological parameters such as altitude, exposure and slope steepness alone, without taking into account industrial and transport thermal pollution, can potentially have and undoubtedly have a significant impact on the formation of the thermal balance of the territory and the distribution of its elements, and they must be taken into account when further studying the effect of the "heat island" of the city of Volgograd, as well as when planning the urban landscaping system.

References

1. Brusova N. E., Kuznecova I. N., Nahaev M. I. Teplovoe vozmuschenie megapolisa na fone regional'noj neodnorodnosti polya prizemnoj temperatury // Trudy Gidrometcentra Rossii. 2017. Vol. 365. P. 22-34.
2. Geomorfologicheskie faktory formirovaniya "ostrova tepla" v g. Apatity / V. I. Demin, B. V. Kozelov, N. I. Elizarova, Yu. V. Men'shov // Physics of Auroral Phenomena: proc. XXXIX Annual Seminar, Apatity. 2016. P.154-157.
3. Kosheleva O. Yu. Zel'nyj pojas Volgograda kak ob'ekt monitoringa // Nauchno-agronomicheskij zhurnal. 2017. № 2. P. 42-44.
4. O cirkulyacii vozdukhnykh mass v "teplovykh ostrovakh" gorodov / V. I. Gornyy, V. K. Donchenko, D. A. Samulenkova, M. V. Sapunov, O. V. Brovkina, S. G. Kricuk, I. Sh. Latypov, A. A. Tronin // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2017. Vol. 14., № 4. P. 207-212.
5. Popova I. V., Kurolap S. A., Vinogradov P. M. Modelirovanie "gorodskogoostrova tepla" sredstvami geoinformacionnogo analiza // Zhilishchnoe hozyajstvo i kommunal'naya infrastruktura. 2018. № 2(5). P. 87-95.
6. Reshenie ob utverzhdenii General'nogo plana Volgograda (s izmeneniyami na 28.06.2017) [Elektronnyj resurs] // Volgograd. Oficial'nyj sayt administracii g. Volgograda. - Rezhim dostupa: <http://www.volgadmin.ru/d/branches/grad/citybuilding/genplan/> (data obrascheniya 14.02.2019).
7. Sazhin A. N., Kulik K. N., Vasil'ev Yu. I. Pogoda i klimat Volgogradskoj oblasti. Volgograd: FNC agrojekologii RAN, 2017. 333 p.
8. Sokolova G. G. Vliyanie vysoty mestnosti, jekspozicii i krutizny sklona na osobennosti prostranstvennogo raspredeleniya rastenij // Acta Biologica Sibirica. 2016. № 2 (3). P. 34-45.
9. Sputnikovoe kartirovanie riska peregreva poverhnosti gorodskoj sredy (na primere Sankt-Peterburga) / S. G. Kricuk, V. I. Gornyy, I. Sh. Latypov, A. A. Pavlovskij, A. A. Tronin // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2019. Vol. 16., № 5. P. 34-44.
10. Teplofizicheskie svojstva poverhnosti gorodskoj sredy (po rezul'tatam sputnikovykh s'emok Sankt-Peterburga i Kiev) / V. I. Gornyy, S. G. Kricuk, I. Sh. Latypov, A. A. Tronin, A. V. Kiselev, O. V. Brovkina, V. E. Filippovich, S. A. Stankevich, N. S. Lubskij // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2017. Vol. 14., № 3. P. 51-66.
11. Harchenko S. V. Morfometricheskaya obuslovlennost' zastrojki krupnykh gorodov Chernozem'ya // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geografiya i geojekologiya. 2013. № 2. P. 71-78.
12. Huang Q., Lu Y., Ulhoi J. The effect of urban heat island on climate warming in the Yangtze river delta urban agglomeration in China // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2015. No. 12 (8). P. 8773-8789.

13. Hu L., Brunsell N. A. A new perspective to assess the urban heat island through remotely sensed atmospheric profiles // Remote Sensing of Environment. 2015. V. 158. P. 393–406.
14. Keshtkaran R. Urban landscape: a review of key concepts and main purposes // International Journal of Development and Sustainability. 2019. Vol. 8, № 2. P. 141-168.
15. Wang G. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: methods, applications, and trends // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2009. Vol. 64, № 4. P. 335-344.

Authors Information

Omarov Roman Sergeevich, laboratory researcher of laboratory of geoinformation modeling and mapping of agroforestlandscapes of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), master's student of the department of geography and cartography, Volgograd State University (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 100), tel. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: omarov-r@vfanc.ru.

Shinkarenko Stanislav Sergeevich, researcher of the laboratory of geoinformation modeling and mapping of agroforestlandscapes of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), associate professor of the department of geography and cartography, Volgograd state University (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 100), candidate of agricultural sciences tel. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: vnialmi@bk.ru.

Kosheleva Olga Yurievna, senior researcher of the laboratory of geoinformation modeling and mapping of agroforestlandscapes of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), candidate of agricultural sciences, tel. 8(917)640-50-31, e-mail: olya_ber@mail.ru.

Информация об авторах

Омаров Роман Сергеевич, лаборант-исследователь лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), магистрант кафедры географии и картографии Волгоградского государственного университета (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 100), тел. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: omarov-r@vfanc.ru.

Шинкаренко Станислав Сергеевич, научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доцент кафедры географии и картографии Волгоградского государственного университета (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 100), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: vnialmi@bk.ru.

Кошелева Ольга Юрьевна, старший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8(917)640-50-31, e-mail: olya_ber@mail.ru.