



УДК 911.375:528.88
<https://doi.org/10.26516/2073-3402.2022.42.29>

Оценка потенциала развития комфортности урбанизированных геосистем Волгограда и Оренбурга

С. А. Дубровская, Р. В. Ряхов, В. М. Павлейчик*

Институт степи УрО РАН, г. Оренбург, Россия

Аннотация. Представлены результаты оценки потенциала комфортности и перспектив развития урбанизированных геосистем Волгограда и Оренбурга на основе разработанного геоинформационного индекса потенциала развития комфортности городской. Осуществлен расчет индекса по показателям общей площади технических геосистем территории, состоящий из суммы площадей отдельных функциональных зон и соотношения существующих и проектируемых природно-антропогенных составляющих к территориям, пригодным для расширения зеленых зон. Построены картографические модели, отражающие дифференциацию городских ландшафтов. Выявлены районы с отрицательными индексными значениями, в которых практически невозможно озеленение территории ввиду высокой плотности существующих антропогенных геосистем. Показаны существенные различия, связанные с особенностями планировочной структуры, пространственно-временного развития инфраструктуры и рельефной составляющей ландшафта: город Волгоград характеризуется преимущественно отрицательными и низкочисленными значениями; индексные значения по определению потенциала развития комфортности города Оренбурга значительно выше.

Ключевые слова: комфортность городской среды, пространственная дифференциация, ландшафтная структура, зеленая инфраструктура, геоморфометрические показатели.

Благодарности. Работа выполнена в рамках плана НИР ИС УрО РАН № ГР АААА-А21-121011190016-1.

Для цитирования: Дубровская С. А., Ряхов Р. В., Павлейчик В. М. Оценка потенциала развития комфортности урбанизированных геосистем Волгограда и Оренбурга // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2022. Т. 42. С. 29–40. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2022.42.29>

Original article

Evaluation of the Comfort Development Potential in Urbanized Geosystems of Volgograd and Orenburg

S. A. Dubrovskaya, R. V. Ryakhov, V. M. Pavleychik*

Institute of Steppe UB RAS, Orenburg, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of assessing the comfort potential and development prospects of the urbanized geosystems of Volgograd and Orenburg on the basis of the developed geoinformation index of the urban environment comfort development potential (City Development Potential Index, CDPI). To ensure a comfortable and sustainable living environment in cities, it is necessary to carry out an active environmental impact to reduce the anthropogenic load. Urban green spaces are an important component for improving the well-being and health of citizens. An index was calculated based

© Дубровская С. А., Ряхов Р. В., Павлейчик В. М., 2022

*Полные сведения об авторах см. на последней странице статьи.
For complete information about the authors, see the last page of the article.

on indicators of the total area of technical geosystems of the territory, consisting of the sum of the areas of individual functional zones and the ratio of existing and projected natural-anthropogenic components to areas suitable for expanding green areas. Cartographic models have been constructed that reflect the differentiation of urban landscapes. Areas with negative index values have been identified where it is impossible (or minimally possible) to plant greenery on the territory due to the high density of existing anthropogenic geosystems. Low positive index values (from 0 to 0.5) refer to trees and shrubs relatively suitable for planting. The closer the positive value of the indicator to 1, the higher the potential for the development of recreational areas and the lower the existing anthropogenic load of the totality of technogenic subsystems. Calculations of index values for the studied cities showed significant differences related to the features of the planning structure, spatiotemporal development of infrastructure and the relief component of the landscape. The city of Volgograd is characterized by predominantly negative and low positive values of the index. Index values for determining the potential for the development of comfort in the city of Orenburg are much higher.

Keywords: comfort of the urban environment, spatial differentiation, landscape structure, green infrastructure, geomorphometric indicators.

For citation: Dubrovskaya S.A., Ryakhov R.V., Pavleychik V.M. Evaluation of the Comfort Development Potential in Urbanized Geosystems of Volgograd and Orenburg. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2022, vol. 42, pp. 29-40. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2022.42.29> (in Russian)

Введение

Накопленные знания в области урбоэкологии городских ландшафтов в сочетании с направлением, изучающим экологические риски на основе количественных оценок антропогенных факторов, раскрывают современные проблемы взаимоотношений человека и природы. Основные научные изыскания во многом обусловлены необходимостью разработки и реализации городских программ по эффективному управлению городской средой, мониторингу состояния биологических и ландшафтных систем с целью улучшения качества и сохранения комфорта. Так, в Приоритетном проекте «Формирование комфортной городской среды»¹ говорится о необходимости создания условий для повышения качества и комфорта городской среды путем реализации комплекса мероприятий по благоустройству и озеленению, совершенствованию объектов социально-экономической сферы. Городское пространство нуждается в разработке показателей для проведения комплексного анализа хозяйственной деятельности. Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ в рамках реализации Федерального проекта разработаны указания², предусматривающие определение уровня качества урбанизированных территорий посредством расчета интегрального показателя, основанного на отдельных ключевых критериях, выделенных в пределах соответствующего муниципального образования. Используются 36 индикаторов, характеризующих состояние городского пространства и условия проживания людей, одним из них являются озелененные пространства.

¹ Формирование комфортной городской среды : Приоритетный проект на 2018–2022 гг., утвержденный президентом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и приоритетным проектам от 18 апр. 2017 г. № 5. URL: <http://government.ru/projects/selection/649/>

² Методика формирования индекса качества городской среды : распоряжение Правительства РФ от 23 марта 2019 г. № 510-р. URL: <https://docs.cntd.ru/document/553937399>

Общепризнанных способов интегральной оценки городской среды не существует [Хомич, Какарека, Кухарчик, 2013]. Разработку и апробирование методик на региональном уровне проводили многие отечественные и зарубежные исследователи Г. М. Лаппо [1997], С. А. Епринцев [2013, 2014], Б. И. Кочуров [2016], В. С. Тикунов [1999, 2017], О. Е. Соколова, О. А. Бархатова, А. А. Макаров, Е. В. Потапова [Особенности структуры ... , 2018], А. А. Соколов, О. С. Руднева [2017], А. М. Kostin, S. A. Belov, I. V. Malev [2016], J. Bush, A. Doyon [2019], L. Jonathan [2002], M. Das, A. Das, S. Momin [2022], K. Gupta, P. Kumar, S. K. Pathan, K. P. Sharma [Urban Neighborhood Green ... , 2012], H. S. Belmahdi, A. Djemili [2022], M. A. Ruiz, E. N. Correa [2014] и др. Важным этапом интегрального анализа потенциала экологического развития городов является синтез различающихся значений отдельных диагностических показателей.

Комплексные географические исследования предусматривают изучение геоморфометрических условий, особенностей и тенденций развития геосистем на основе моделирования, районирования, классификаций, а также выявление корреляционных взаимосвязей ведущих факторов размещения и развития объектов и процессов [Лурье, 2008]. Геоинформационное картографирование, способное выявить пространственно-временную структуру техногеосистем и ее морфометрические особенности, является отображением дифференциации географической среды, закономерностей развития техногенных воздействий, процессов и динамики состояния городского пространства [Yermolaev, Selivanov, 2014]. Особое значение приобретает выработка научных методов для обеспечения экологического мониторинга городской территории с применением комплексных баз геоинформационных данных. Для решения подобных задач могут использоваться как традиционные ресурсозатратные математические модели, так и программные комплексы, специализирующиеся на обработке пространственной и географической информации.

Цель исследования – выделить типы городских ландшафтов, рассчитать существующую и перспективную антропогенную нагрузку и определить на основе разработанного индекса CDPI (City Development Potential Index, CDPI) [Dubrovskaya, Ryakhov, 2021], отражающего потенциал развития комфортности городской среды, возможности расширения озелененного пространства.

Объекты и методы исследования

Для проведения исследования и построения картографических моделей городов Волгограда и Оренбурга использована ранее разработанная и апробированная авторами для урбанизированных территорий Симферополя и Ростова-на-Дону методика вычисления геоинформационного индекса оценки потенциала развития комфортности городской среды CDPI. Оценка потенциала развития комфортности городов проводится на основе расчета соотношения существующих зон и зон перспективного градостроительного развития (по данным утвержденных генеральных планов развития муниципальных образований) природно-антропогенных составляющих урбогеосистемы к территориям, пригодным для расширения зеленой инфраструктуры.

Исходные данные для анализа потенциала экологического развития ландшафтной структуры и разработки индекса CDPI получены после поэтапной обработки географической информации. В качестве основы пространственной дифференциации урбогеосистемы по геоморфометрическим показателям приняты цифровые модели рельефа, построенные с использованием данных Aster/GDEM (Global Digital Elevation Model) [EarthExplorer, 2021]. Первоначально создана геоинформационная база данных, включающая особенности горизонтальной и вертикальной дифференциации, обработанной с помощью автоматизированного алгоритма искусственных нейронных сетей (ИНС) в программном комплексе ScanEx IMAGE Processor v.5.0. Использовалась геоморфометрическая информация, представленная отдельным слоем в виде значений высот, уклонов, экспозиций, кривизны склонов и др. С применением непараметрического метода на основе самоорганизующихся карт Кохонена (Self-Organizing Maps) [Kohonen, 2013] проведена классификация, определяющая порядок и степень сходства узлов ИНС, и выделены генетические типы рельефа (ландшафтная структура, S_{ls}). На базе вышеперечисленных принципов построены картографические модели геоморфологического районирования урбанизированных территорий, включающие 36 (Волгоград) и 15 (Оренбург) классов типологических ландшафтных единиц рельефа с однородным набором характеристик. Далее проведено совмещение картографической ландшафтной основы с современным и планируемым функциональным зонированием для получения пространственных моделей урбогеосистем, отражающее их геоэкологическое состояние.

Для получения индекса CDPI необходима комплексная информация по распределению функциональных зон и ландшафтных структур. В разработанной формуле используется показатель общей площади техногеосистем исследуемой территории, состоящий из суммы площадей отдельных функциональных зон:

$$S_{gts} = S_{ra} + S_{pb} + S_{ind} + S_{tr} + S_{sp} + S_{pd}, \quad (1)$$

где S_{gts} – площадь техногеосистем; S_{ra} – площадь селитебных зон, S_{pb} – площадь общественно-деловой застройки, S_{ind} – площадь зон промышленного назначения, S_{tr} – площадь транспортной инфраструктуры, S_{sp} – площадь земель специального назначения, S_{pd} – площадь зон потенциальной застройки, в том числе территорий, включенных в программу реновации.

Индекс CDPI рассчитывается по следующей формуле:

$$CDPI = \frac{S_{ls} - S_{gts} - S_g}{S_{ls}} - \frac{S_{gts} - S_g}{S_{ls} * (1 + \frac{S_{gts} + S_g}{S_{ls}})}, \quad (2)$$

где S_g – площадь зеленых зон общего пользования и естественные лесные массивы, S_{ls} – площадь единицы ландшафтной структуры.

Полученные результаты могут служить обоснованием увеличения площадей существующих рекреационных участков без изменения структуры землепользования, принятой в градостроительных документах. Индекс CDPI может принимать как положительные, так и отрицательные числовые значения,

характеризующие потенциал экологического развития городского пространства в пределах ландшафтной единицы. Чем ближе положительное значение показателя к единице, тем выше потенциал развития рекреационных зон и ниже существующая антропогенная нагрузка совокупности техногенных подсистем. И наоборот, отрицательные величины расчетных данных фиксируют высокий уровень хозяйственной деятельности и низкий уровень перспективности формирования зеленой инфраструктуры. Один из важных индикаторов комфортности городской среды – доля площади зеленых насаждений (S_g), роль которых экологически наиболее значима в условиях техногенного прессинга городского пространства. Внутригородские и пригородные зеленые массивы, парки, скверы городской агломерации являются базой для поддержания экологической стабильности урбогеосистем.

Полученные с использованием геоинформационных показателей результаты позволили осуществить объективную дифференциацию территории городского пространства и выделить ландшафтные единицы, в пределах которых необходимо и наиболее эффективно проведение экологических мероприятий, повышающих комфортность проживания. Они определяются максимальными показателями индекса (от 0,5 и более). На основе разработанной схемы идентифицируются районы, в которых невозможно (либо возможно в минимальной степени) озеленение территории ввиду высокой плотности существующих техногеосистем, характеризуемых отрицательными значениями (от -0,5 до 0). Низкоположительные индексные показатели (от 0 до 0,5) характеризуют урбогеосистемы, относительно пригодные для посадки древесно-кустарниковых насаждений. В них сочетаются плотно застроенные селитебные кварталы с лесопарковыми и садово-дачными массивами, что создает предпосылки для реконструкции и расширения зеленых зон.

Результаты и обсуждение

На основе методики расчета индекса CDPI нами построены картографические модели для городских территорий. Первый объект исследования – город Волгоград, характеризующийся преимущественно отрицательными и низкоположительными значениями индекса (рис. 1).

Пойменные аккумулятивные ландшафты пространственно разделены на две части, имеющие существенные различия в индексных показателях. В черту города включен речной остров Сарпинский, образованный рукавами р. Волги и аккумулятивные ландшафты которого по значениям рассчитанного индекса кардинально отличаются от основных районов застройки. В силу особенностей морфометрических характеристик правобережья (узкая береговая полоса, представленная гидротехническими сооружениями) и примыкающих вплотную к урезу воды промышленных и рекреационных техногенных подсистем нами при расчете получены низкие показатели индекса, и, следовательно, эта часть ландшафтной структуры непригодна для целей повышения комфортности городского пространства. Островная часть аккумулятивного пойменного ландшафта отличается положительными значениями индекса, в ее пределах целесообразно проведение проектных работ по восстановлению и улучшению экологического состояния.

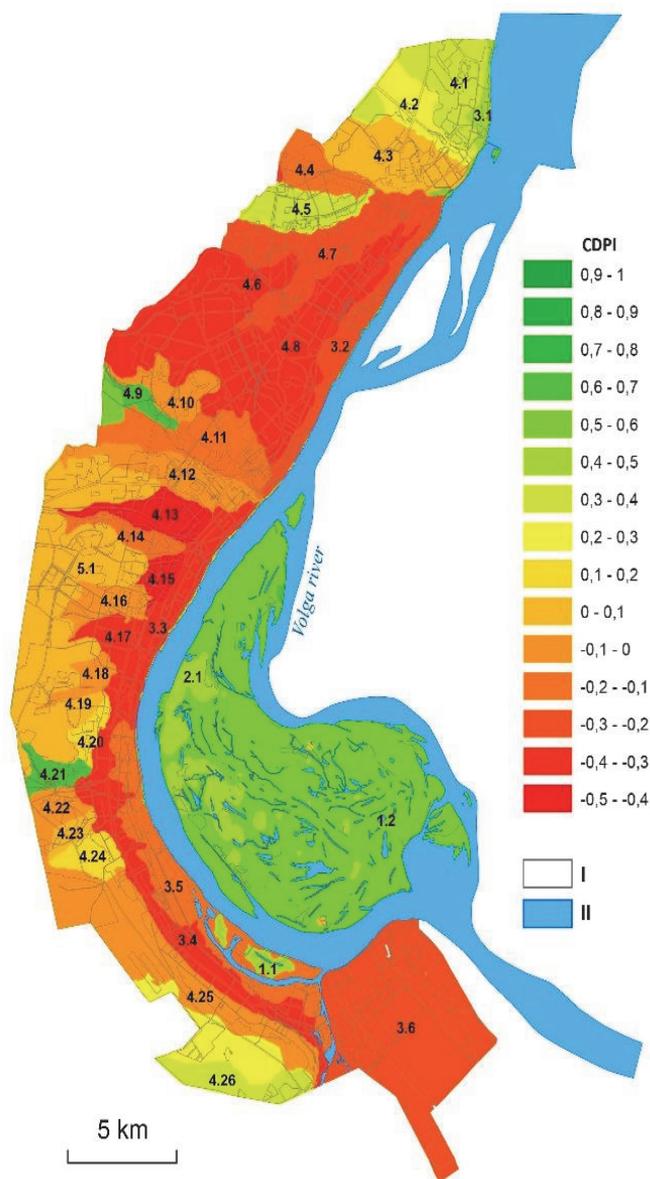


Рис. 1. Картограмма результатов расчета геоинформационного индекса потенциала развития комфортности городской среды на территорию урбосистемы Волгограда. Цифрами на карте обозначены типы рельефа: 1.1–1.2 – аккумулятивный (низкопойменный), 2.1 – аккумулятивный (высокопойменный), 3.1–3.6 – надпойменно-террасовый (хвалынские абразионные и аккумулятивные террасы), 4.1–4.26 – водораздельный (прибалочные и приводораздельные склоны Приволжской возвышенности), 5.1 – водораздельный (плато Приволжской возвышенности).

I – схема функционального зонирования; II – водные объекты

Высокая часть поймы острова Сарпинский характеризуется более низким потенциалом развития комфортности в результате сельскохозяйственного воздействия. Экосистемы речного острова имеют большое значение для повышения уровня комфортности урбогеосистемы. Наиболее низкие показатели индекса приурочены к надпойменным террасам и пологим придолинным и прибалочным склонам. Они повсеместно вмещают районы наиболее плотной капитальной застройки. Интенсивность значений повышается по мере продвижения с севера на юг (от $-0,4$ до $-0,2$) и с увеличением относительной высоты рельефа от уреза воды (от $-0,4$ до $0,6$). Наибольшие показатели индекса приурочены к прибалочным склонам южной экспозиции с высокими значениями уклона поверхности. Водораздельное плато Приволжской возвышенности характеризуется неоднородностью результатов расчета. Значения изменяются от $-0,4$ на участке, прилегающем к исторической части города, до $0,3$ в северной и южной частях. Территория плато включает высокую площадь древесно-кустарниковых насаждений, но при этом требуется их санация и расширение.

Второй объект исследования – город Оренбург. Индексные значения потенциала развития комфортности значительно выше, чем у Волгограда (рис. 2).

При расчете индекса в границах пологоволнистой водораздельной возвышенности Урало-Сакмарского междуречья выделяются устойчивые положительные значения (до $0,7$). В пределах данного типа рельефа располагаются территории потенциального развития урбогеосистемы, такие как планируемая многоэтажная, общественно-деловая, промышленная застройки, и большая часть существующих городских сельскохозяйственных угодий, в том числе садово-дачные массивы. Современные центры урбанизационной активности города приходятся на слабополгие приводораздельные склоны. В связи с этим они выделяются близкими к нулю (присакмарские) и отрицательными (приуральские) значениями индекса от $-0,4$ до $0,2$. Аккумулятивно-денудационный тип рельефа представлен двумя обрывистыми склонами в долинах рек Урала и Сакмары. В первом случае участок расположен в историческом центре города и входит в состав рекреационного комплекса городской набережной, включающего неплотный массив древесных насаждений (значение индекса $0,35$). Таким образом, при правильной градостроительной планировке этот объект имеет потенциал к развитию зеленой зоны.

Во втором случае территория по морфометрическим показателям отличается уклонами поверхности более 7 градусов и относительной изолированностью, в связи с этим имеет высокоположительный индексный показатель – $0,74$. Среди объектов аккумулятивного комплекса основной потенциал для расширения и улучшения состояния зеленых зон имеют низкие поймы рек Урала и Сакмары (значения индекса до $0,75$). Участки высокой поймы характеризуются неоднородностью показателей. Наименьший потенциал отмечается на территориях перспективного освоения в долине Урала (до $-0,2$), которые периодически затапливаются в паводковый период. Несмотря на это, планируется активное увеличение доли селитебных зон и преобразование садово-дачных массивов в коттеджные поселки. Индекс в пределах надпойменных

террас, относящихся к староосвоенным территориям с устоявшейся структурой техногеосистем, принимает исключительно отрицательные значения. Ресурсное увеличение площади зеленых зон на речных террасах за счет отсутствия перспективных участков нецелесообразно.

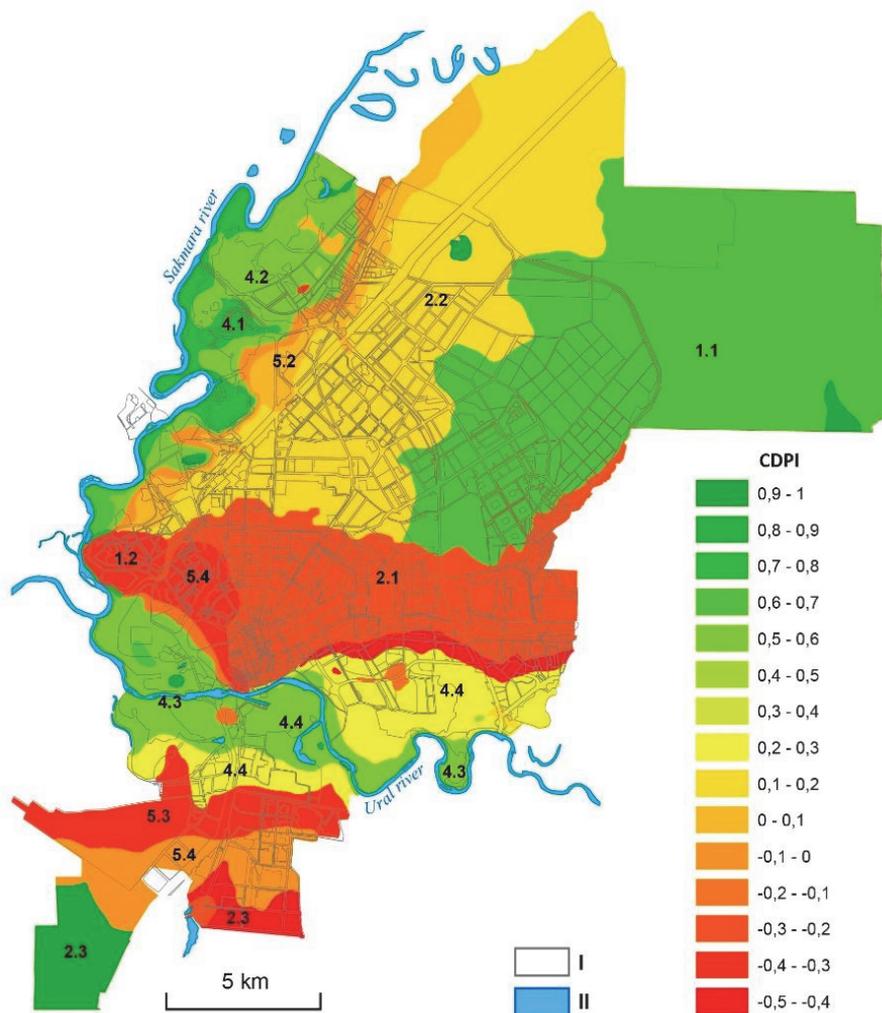


Рис. 2. Картограмма результатов расчета геоинформационного индекса потенциала развития комфортности городской среды на территорию урбосистемы Оренбурга.

Цифрами на карте обозначены типы рельефа: 1.1–1.2 – денудационный (вершинные водораздельные поверхности Урало-Сакмарского междуречья), 2.1–2.3 – эрозионно-денудационный (субгоризонтальные приводораздельные склоны Урало-Сакмарского и Урало-Илекского междуречий), 3.1–3.2 – аккумулятивно-денудационный, 4.1–4.4 – аккумулятивный (пойменный комплекс рек Урал и Сакмара), 5.1–5.4 – аккумулятивный (террасовый комплекс рек Урал и Сакмара).

I – схема функционального зонирования; II – водные объекты

При сходных климатических условиях степной зоны рассматриваемые города имеют существенное расхождение по индексу. Это связано с историческими, ландшафтными и административными особенностями развития территорий. Расширение Волгограда происходило за счет увеличения протяженности города вдоль аккумулятивных террас при слабом охвате водораздельного пространства. Вся площадь муниципального образования сформирована по схеме функционального назначения, что не способствует дальнейшему расширению экологического каркаса в пределах административных границ. При этом наличие крупных объектов овражно-балочной сети создает сеть естественных коридоров, соединяющих пойменные и водораздельные пространства. Историческая часть Оренбурга находится в достаточно ограниченном пространстве (место слияния двух речных систем) и расположена у западной границы города. Генеральным планом предусмотрено перспективное расширение территориальных зон на восток в сторону бывших сельскохозяйственных угодий на пологих склонах Урало-Сакмарского междуречья. Не на все проектируемые участки имеются в настоящее время сведения о характеристиках использования земель. Высокая плотность капитальной застройки речных террас не позволяет на территории города создавать экологические коридоры по направлению от пойменных к водораздельным ландшафтам.

Заключение

Городская среда – постоянно развивающаяся природно-техногенная геосистема, особенности функционирования которой непредсказуемы вследствие недостаточной изученности процессов взаимодействия ее многокомпонентной структуры. В связи с этим возрастает необходимость максимального сохранения природной компоненты путем снижения степени техногенного воздействия на ландшафтную составляющую или его исключения. На основе существующей функциональной раздробленности городского пространства целесообразно создание новых, в отдельных случаях – реконструкция старых зеленых зон, которые улучшают степень комфортности урбогеосистемы.

По результатам исследования применение индекса CDPI позволило определить особенности дифференциации урбанизированных территорий. Главное свойство разработанного индекса – учет интенсивности антропогенного воздействия и выделение территорий, наиболее благоприятных для проведения мероприятий по улучшению комфортности городской среды. Он конкретизирует территориальные структуры, подходящие для формирования пространственной связи культурных и природных ландшафтов, реновации существующих и создания новых лесопарковых массивов и организации природно-экологического каркаса городов. На практике расчеты индексных значений для исследуемых урбанизированных территорий показали существенные различия, связанные с особенностями планировочной структуры, пространственно-временного развития инфраструктуры и рельефной составляющей ландшафта. Разработанная методология позволяет определить соотношение сложнодифференцирующихся функциональных зон урбогеосистемы и потенциальную возможность увеличения существующих площадей зеленой инфраструктуры без изменения утвержденной структуры землепользования в генеральных планах муниципальных образований.

Список литературы

Епринцев С. А. Геоэкологические аспекты качества окружающей среды урбанизированной территории // Вестник Томского государственного университета. 2013. Т. 18, № 2. С. 596–601.

Епринцев С. А. Оценка экологической комфортности населения урбанизированной территории // Вестник Томского государственного университета. 2014. Т. 19, № 5. С. 1410–1412.

Кочуров Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие : учеб. пособие 2 изд., испр. и доп. М. : ИНФРА-М, 2016. 362 с.

Ланно Г. М. География городов : учеб. пособие для геогр. факультетов вузов. М. : ВЛА-ДОС, 1997. 480 с.

Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков : учебник. М. : КДУ, 2008. 423 с.

Особенности структуры и озеленения поселений / О. Е. Соколова, О. А. Бархатова, А. А. Макаров, Е. В. Потапова // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2018. Т. 26. С. 99–113. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.26.99>

Соколов А. А., Руднева О. С. Рейтинг крупнейших и крупных городов России по уровню комфортности проживания // Народонаселение. 2017. № 3. С. 130–143. <https://doi.org/10.26653/1561-7785-2017-3-10>

Тихунов В. С., Черешня О. Ю. Индекс загрязнения и индекс напряженности экологической ситуации в регионах Российской Федерации // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 34–38.

Тихунов В. С. Устойчивое развитие территории: картографо-геоинформационное обеспечение. М. ; Смоленск : Изд-во Саратов. гос. ун-та, 1999. 176 с.

Хомич В. С., Какарка С. В., Кухарчик Т. И. Городская среда: геоэкологические аспекты. Минск : Белорусская наука, 2013. 316 с.

Belmahdi H. S., Djemili A. Urban landscape structure anatomy: Structure patterns and typology identification in the space-time of Setif City, Algeria // Frontiers of Architectural Research. 2022. Vol. 11, Iss. 3. P. 421–439. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.12.004>

Bush J., Doyon A. Building urban resilience with nature-based solutions: How can urban planning contribute? // Cities. 2019. Vol. 95. 102483. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102483>

Das M., Das A., Momin S. Quantifying the cooling effect of urban green space: A case from urban parks in a tropical mega metropolitan area (India) // Sustainable Cities and Society. 2022. 104062. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104062>

Dubrovskaya S. A., Ryakhov R. V. Assessment of comfort potential and prospects for environmental development of cities in steppe Russia using the index method // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 9th International Symposium Steppes of Northern Eurasia. 2021. Vol. 817. 012030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/817/1/012030>

EarthExplorer: USGS Spatial Information Database. URL: <http://www//earthexplorer.usgs.gov> (date of access: 11.09.2021).

Jacobs J. The Death and Life of Great American Cities. N. Y. : Vintage books, 1961. 473 p.

Jonathan L. Living planet report 2002 // World Wild Fund: Gland, 2002. 35 p.

Kohonen T. Essentials of the self-organizing map // Neural networks. 2013. Vol. 37. P. 52–65. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2012.09.018>

Kostin A. M., Belov S. A., Malev I. V. Peculiar Features of Influence of the Modern Ecological State of the City of Chelyabinsk on Economic and Architectural Indexes of the Territory // International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016. P. 2025–2030. <https://doi.org/10.1016/j.pro-eng.2016.07.287>

Ruiz M. A., Correa E. N. Developing a Thermal Comfort Index for Vegetated Open Spaces in Cities of Arid Zones // Energy Procedia. 2014. Vol. 57. P. 3130–3139. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.06.056>

Urban Neighborhood Green Index – A measure of green spaces in urban areas / Gupta K., Kumar P., Pathan S. K., Sharma K. P. // Landscape and Urban Planning. 2012. Vol. 105. Iss. 3. P. 325–335. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.01.003>

Yermolaev O. P., Selivanov R. N. The use of automated geomorphological clustering for purposes of urban planning (the example of the city of Kazan) // *World Applied Sciences Journal*. 2014. N 30(11). P. 1648–1655. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2014.30.11.14229>

References

Eprincev S.A. Geojekologicheskie aspekty kachestva okruzhajushhej sredy urbanizirovannoj territorii [Geoecological aspects of the quality of the environment of an urbanized area]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Tomsk state university Journal], 2013, vol. 18, no. 2, pp. 596-601. (in Russian)

Eprincev S.A. Ocenka jekologicheskoj komfortnosti naselenija urbanizirovannoj territorii [Assessment of the environmental comfort of the population of an urbanized area]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Tomsk state university Journal], 2014, vol. 19, no. 5, pp. 1410-1412. (in Russian)

Kochurov B.I. *Jekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitie* [Ecodiagnosics and balanced development]. Moscow, INFRA-M Publ., 2016, 362 p. (in Russian)

Lappo G. M. *Geografija gorodov* [Geography of cities]. Moscow, VLADOS Publ., 1997, 480 p. (in Russian)

Lur'e I.K. *Geoinformacionnoe kartografirovanie. Metody geoinformatiki i cifrovoj obrabotki kosmicheskikh snimkov* [Geoinformation mapping. Methods of geoinformatics and digital processing of space images]. Moscow, KDU Publ., 2008, 423 p. (in Russian)

Sokolova O.E., Barhatova O.A., Makarov A.A., Potapova E.V. Osobennosti struktury i oze-lenenija poselenij [Features of the structure and landscaping of settlements] *Izvestija Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija Nauki o Zemle* [The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences], 2018, vol. 26, pp. 99-113. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.26.99> (in Russian)

Sokolov A.A. Rudneva O.S. Rejting krupnejshih i krupnyh gorodov Rossii po urovnju komfortnosti prozhivaniya [Rating of the largest and largest cities in Russia according to the level of comfort of living]. *Narodonaselenie* [Population], 2017, no. 3, pp. 130-143. <https://doi.org/10.26653/1561-7785-2017-3-10>. (in Russian)

Tikunov V.S., Chereshnja O.Ju. Indeks zagryaznenija i indeks naprjazhennosti jekologicheskoj situacii v regionah Rossijskoj Federacii. [Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya]. *Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija* [Theoretical and applied ecology]. 2017, no. 3, pp. 34-38. (in Russian)

Tikunov V. S. *Ustojchivoje razvitie territorii: kartografo-geoinformacionnoe obespechenie* [Sustainable development of the territory: cartographic and geoinformation support]. Moscow; Smolensk, Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta Publ., 176 p. (in Russian)

Homich V.S., Kakareka S.V., Kuharchik T.I. *Gorodskaja sreda: geojekologicheskie aspekty* [Urban environment: geoecological aspects]. Minsk, Belorusskaya nauka Publ., 2013, 316 p. (in Russian)

Belmahdi H.S., Djemili A. Urban landscape structure anatomy: Structure patterns and typology identification in the space-time of Setif City, Algeria. *Frontiers of Architectural Research*, 2022, vol. 11, iss. 3, pp. 421-439. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.12.004>

Bush J., Doyon A. Building urban resilience with nature-based solutions: How can urban planning contribute? *Cities*, 2019, vol. 95, 102483. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102483>

Das M., Das A., Momin S. Quantifying the cooling effect of urban green space: A case from urban parks in a tropical mega metropolitan area (India). *Sustainable Cities and Society*, 2022, 104062. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104062>

Dubrovskaya S.A., Ryakhov R.V. Assessment of comfort potential and prospects for environmental development of cities in steppe Russia using the index method. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 9th International Symposium Steppes of Northern Eurasia*, 2021, vol. 817, 012030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/817/1/012030>

EarthExplorer: USGS Spatial Information Database. Available at: <http://www/earthexplorer.usgs.gov> (date of access: 11.09.2021).

Jacobs J. *The Death and Life of Great American Cities*. New York, Vintage books, 1961, 473 p.

Jonathan L. *Living planet report 2002*. World Wild Fund, Gland, 2002, 35 p.

Kohonen T. Essentials of the self-organizing map. *Neural networks*, 2013, vol. 37, pp. 52–65. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2012.09.018>

Kostin A.M., Belov S.A., Malev I.V. Peculiar Features of Influence of the Modern Ecological State of the City of Chelyabinsk on Economic and Architectural Indexes of the Territory. *International Conference on Industrial Engineering, ICIE*, 2016, pp. 2025-2030. <https://doi.org/10.1016/j.pro-eng.2016.07.287>

Ruiz M.A., Correa E.N. Developing a Thermal Comfort Index for Vegetated Open Spaces in Cities of Arid Zones. *Energy Procedia*, 2014, vol. 57, pp. 3130-3139. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.06.056>

Gupta K., Kumar P., Pathan S.K., Sharma K.P. Urban Neighborhood Green Index – A measure of green spaces in urban areas. *Landscape and Urban Planning*, 2012, vol. 105, iss. 3, pp. 325-335. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.01.003>

Yermolaev O.P., Selivanov R.N. The use of automated geomorphological clustering for purposes of urban planning (the example of the city of Kazan). *World Applied Sciences Journal*, 2014, no. 30 (11), pp. 1648-1655. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2014.30.11.14229>

Сведения об авторах

Дубровская Светлана Александровна

кандидат географических наук
старший научный сотрудник
Институт степи УрО РАН
Россия, 460000, г. Оренбург,
ул. Пионерская, 11
e-mail: skaverina@bk.ru
ORCID: 0000-0002-1361-6942

Ряхов Роман Васильевич

младший научный сотрудник
Институт степи УрО РАН
Россия, 460000, г. Оренбург,
ул. Пионерская, 11
e-mail: remus.rv@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4762-3286

Павлейчик Владимир Михайлович

кандидат географических наук
ведущий научный сотрудник
Институт степи УрО РАН
Россия, 460000, г. Оренбург,
ул. Пионерская, 11
e-mail: pavleychik@rambler.ru
ORCID: 0000-0002-2846-0442

Information about the authors

Dubrovskaya Svetlana Aleksandrovna

Candidate of Science (Geography)
Senior Researcher
Institute of Steppe UB RAS
11, Pionerskaya st., Orenburg,
460000, Russian Federation
e-mail: skaverina@bk.ru
ORCID: 0000-0002-1361-6942

Ryakhov Roman Vasilievich

Junior Researcher
Institute of Steppe UB RAS
11, Pionerskaya st., Orenburg,
460000, Russian Federation
e-mail: remus.rv@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4762-3286

Pavleichik Vladimir Mikhailovich

Candidate of Science (Geography)
Leading Researcher
Institute of Steppe UB RAS
11, Pionerskaya st., Orenburg,
460000, Russian Federation
e-mail: pavleychik@rambler.ru
ORCID: 0000-0002-2846-0442

Код научной специальности: 1.6.21.

Статья поступила в редакцию **06.08.2022**; одобрена после рецензирования **07.11.2022**; принята к публикации **08.12.2022**

The article was submitted **August, 6, 2022**; approved after reviewing **November, 11, 2022**; accepted for publication **December, 8, 2022**