

Геоинформатика. 2023. № 3. С. 71–80.
Geoinformatika. 2023;(3):71–80.

Геоэкология

Научная статья
 УДК 911.375:528.88
<https://doi.org/10.47148/1609-364X-2023-3-71-80>

Геоэкологическая оценка перспективной системы развития городов Центрально-Черноземной зоны России на основе индексного метода

© 2023 г. — Светлана Александровна Дубровская

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение ФГБУН Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук; Россия, г. Оренбург
 skaverina@bk.ru

Аннотация: В статье представлены результаты оценки потенциала комфортности и перспектив развития урбанизированных территорий Центрально-Черноземной зоны России на основе разработанного и апробированного геоинформационного индекса потенциала развития комфортности городской среды (City Development Potential Index, CDPI). Выполнен расчет общего показателя площадей техногеосистем по эколого-функциональным структурам с последующим анализом соотношения существующих и проектируемых ландшафтных единиц к территориям, пригодным для расширения зеленой инфраструктуры. Впервые представлены картографические модели Воронежа, Белгорода и Курска, показывающие пространственное распределение городских геосистем с индексными значениями. На основе полученных геоинформационных значений, особенностей градостроительного развития и геоморфометрических показателей выделены ландшафтные структуры для развития комфортности городской среды. Расчеты индексных значений для представленных городов показали существенные различия; это обусловлено особенностями градостроительной структуры и пространственно-временным развитием территорий. В городе Воронеж значения индекса CDPI характеризуются отрицательными и низко положительными, территория относительно пригодна для посадки древесно-кустарниковых насаждений. Белгород отличается крайне низкими значениями индекса потенциала развития экологической комфортности среди выбранных городов. Индексные значения, направленные на определение потенциала развития комфортности города Курска значительно выше чем у Воронежа. В Курске зафиксированы положительные показатели индекса (выше 0,5) свидетельствующие о высоком уровне перспективности формирования зеленой инфраструктуры при низкой степени хозяйственной нагрузки на ландшафт.

Ключевые слова: природопользование, современные вызовы, комфортность городской среды, картографические модели, ландшафтная единица, геоморфометрические показатели, пространственная дифференциация, геоинформационный индекс комфортности

Для цитирования: Дубровская С.А. Геоэкологическая оценка перспективной системы развития городов Центрально-Черноземной зоны России на основе индексного метода // Геоинформатика. — 2023. — № 3. — С. 71–80. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2023-3-71-80>.

Geoeology

Original article

Geoeological assessment of the prospective system for the development of cities in the Central Chernozemic region of Russia based on the index method

© 2023 — Svetlana A. Dubrovskaya

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences – separate structural unit Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Orenburg, Russia
 skaverina@bk.ru

Abstract: The article presents the results of assessing the comfort potential and development prospects of the urbanized territories of the Central Chernozemic region of Russia based on the developed and tested geoinformation index of the urban environment comfort development potential (City Development Potential Index, CDPI). The calculation of the total indicator of the areas of technogeosystems by ecological and functional structures was carried out, followed by an analysis of the ratio of existing and planned landscape units to areas suitable for expanding green infrastructure. For the first time, cartographic models of Voronezh, Belgorod and Kursk are presented, showing the spatial distribution of urban geosystems with index values. On the basis of the obtained geoinformation values, features of urban development and geomorphometric indicators, landscape structures were identified to develop the comfort of the urban environment. Calculations of index values for the presented cities showed significant differences, due to the peculiarities of the urban structure and spatio-temporal development of the territories. In the city of Voronezh, the values of the CDPI index are characterized by negative and low positive, the territory is relatively suitable for

planting trees and shrubs. Belgorod is distinguished by extremely low values of the environmental comfort development potential index among the selected cities. Index values aimed at determining the potential for the development of comfort in the city of Kursk are significantly higher than those of Voronezh. Positive indicators of the index (above +0.5) were recorded, indicating a high level of prospects for the formation of green infrastructure with a low degree of economic pressure on the landscape.

Key words: *nature management, modern challenges, comfort of the urban environment, cartographic models, landscape unit, geomorphometric indicators, spatial differentiation, geoinformation index of comfort*

For citation: Dubrovskaya S.A. Geoecological assessment of the prospective system for the development of cities in the Central Chernozemic region of Russia based on the index method. *Geoinformatika*. 2023;(3):71–80. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2023-3-71-80>. In Russ.

Введение

Городская среда резко отличается от природной экологической системы. Следует отметить высокий риск возникновения опасностей, связанных с хозяйственной деятельностью людей. Каждый город образует уникальную сложную функциональную систему. Урбанизированные территории оригинальны в архитектурном стиле, имеют свои исторические и градостроительные условия развития, географические и климатические особенности, возможности развития промышленности по различным отраслям, характеру размещения и воздействия на городское пространство. Это все в совокупности определяет экологическую ситуацию в пределах города. Поэтому необходимо учитывать специфику развития каждого города на уровне региональной политики и реагировать на возникающие вызовы.

Экологические проблемы являются угрозами для комфортного развития будущего города. Возрастает необходимость улучшения качества сохраненных естественных ландшафтов, в которых заключена природно-техногенная составляющая урбанизированного пространства. Вопросы комфортности и перспектив развития городского пространства являются важными направлениями в современных научных исследованиях [1, 8, 10, 11, 15, 16]. В оптимальной модели городской среды предусмотрены все составляющие комфортной жизни: экологическая, социальная и экономическая. Экологическая привлекательность легко утрачивается при чрезмерном развитии промышленных техногеосистем (ТГС), при неправильном архитектурно-планировочном (градостроительном) решении застройки, как селитебной, так и зон специального назначения. Рост строительства в городах приводит к появлению территорий с неудовлетворительными условиями городской среды и нарушению нормативов по площади зеленой инфраструктуры на одного жителя. Благоприятное воздействие на искусственную городскую среду оказывают городские зеленые территории — лесные и парковые зоны, лесные коридоры и водные пространства, которые формируют экологический каркас (ЭК). Это совокупность природных ландшафтов, ядра которого сохраняют естественные связи в урбогеосистеме на фоне застроенных и запечатанных

участков. ЭК является инструментом регулирования, минимизации антропогенного воздействия на здоровье человека и улучшения комфортности городской среды для проживания и досуга. Генеральными планами исследуемых городов выделены зоны перспективного градостроительства и реставрации уже существующих функциональных зон с целью улучшения социально-экономических и экологических характеристик городских ландшафтов для повышения комфортности среды. В городском планировании этих территорий предусмотрена стабилизация средообразующих условий за счет зеленой инфраструктуры, в которую входят не только парки и скверы, но и вся система зеленых насаждений и водных объектов, т.е. городской экологический каркас.

При проектно-планировочных решениях в области экологизации городского пространства необходимо сформировать комплекс мероприятий, ведущих к устойчивому развитию городских ландшафтов для удовлетворения потребностей жителей в настоящее время и сохранения природной комфортной среды для будущих поколений.

Для решения актуальных задач в области природопользования необходим оперативный анализ и качественное представление большого объема геоинформационной информации. В связи с этим основным инструментом является набор геоинформационных систем, представляющих структурируемый комплекс пространственных и тематических согласованных данных на исследуемую территорию, созданную при помощи картографического инструментария [7, 12, 17]. Применение геоинформационного анализа с набором необходимой информации по мониторингу городских пространств позволит оценить современную экологическую обстановку [4], провести исследование пространственной дифференциации городских ландшафтов [5, 15], анализ и прогноз потенциально возможных опасных ситуаций характерных для определенного регионального объекта природных и техногенных рисков [6], зонирование городской территории, основанное на выявлении взаимосвязи селитебных участков со значением вегетационного индекса (NDVI), характеризующего степень озеленения территорий [13]. Цель исследования — на основе разработанного геоинформационного

индекса потенциала развития комфортности городской среды (City Development Potential Index, CDPI) дать оценку потенциала развития комфортности городской среды, с учетом существующей и перспективной антропогенной ситуации в городах Центрально-Черноземной зоны России. Для реализации поставленной цели выделены типы городских ландшафтов; рассчитана существующая и перспективная антропогенная нагрузка; определена, на основе разработанного индекса CDPI, отражающего потенциал развития комфортности городской среды, возможность расширения озелененного пространства; выполнено построение интегральных картографических моделей для урбанизированных территорий — Воронеж, Белгород и Курск. При геоинформационной обработке использовались официально утвержденные и действующие Генеральные планы городов, в которых выделены участки функциональных зон, планируемых или перспективных для застройки, а также реставрации уже существующих

Материалы и методы исследования

Последовательность обработки геоинформационных материалов: получение морфометрических характеристик рельефа исследуемых городских объектов; обработка с применением автоматизированной классификации нейросетевым алгоритмом (искусственные нейронные сети, ИНС) непараметрического метода на основе самоорганизующихся карт Кохонена (Self-Organizing Maps) [20] в программном комплексе ScanEx IMAGE Processor v.5.0 для обозначения генетических форм рельефа и ландшафтных структур, которые в разработанной формуле обозначены как S_{ls} ; обобщение картографических данных функционального районирования городов с ландшафтной основой и геоинформационными материалами для выявления особенностей пространственной дифференциации урбогеосистемы. Полученные на основе нейросетевого алгоритма результаты прошли верификацию с геоинформационными и картографическими данными, полученными С.В. Харченко в работе «Геоморфологический фактор формирования городов Черноземья» [14] Подробная методика оценки потенциала развития комфортности городской среды отражена в авторских научных материалах [3, 18].

В разработанной формуле индекса CDPI используется показатель общей площади ТГС 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 ТГС; S_{ra} — селитебных зон; S_{pb} — общественно-деловой застройки; S_{ind} — зон промышленного назначения; S_{tr} — транспортной инфраструктуры; S_{sp} — земель специального назначения;

S_{pd} — зон потенциальной застройки, в том числе территорий, включенных в программу реновации.

Индекс CDPI рассчитывается по следующей формуле:

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

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

Индекс CDPI направлен на определение ландшафтов, в пределах которых возможно благоустройство городской среды, связанное с повышением доли зеленой инфраструктуры. Шкала индексных значений от отрицательных (невозможно планирование работ по озеленению в пределах выделенной ландшафтной единицы с высокой долей антропогенной нагрузки) до положительных (высокий потенциал для рекреационных мероприятий с низким уровнем антропогенной нагрузки) единиц дают возможность определить потенциал геоэкологического развития в пределах одного типа ландшафта. В математических расчетах следует обратить внимание на количественные данные по площадям зеленых насаждений (S_g), которые в условиях высокой антропогенной нагрузки являются основой для формирования комфортных условий для проживания горожан, а также позволяют улучшать окружающую среду и внешний облик городского ландшафта. Разнотипные геоинформационные данные дают возможность провести пространственную дифференциацию по ландшафтным единицам с целью улучшения геоэкологической ситуации. При значениях $CDPI \geq 0,5$ и более (положительные) — необходимо проведение реконструкции существующих насаждений или создание новых рекреационных зон в пределах выделенной ландшафтной структуры; $CDPI$ от 0 до 0,5 (низко положительные) — относительно пригодны для улучшения зеленой инфраструктуры урбанизированных ландшафтов; от $-0,5$ до 0 (отрицательные) — не пригодны для осуществления рекреационной деятельности из-за высокой степени хозяйственной деятельности и трансформации ландшафтной структуры антропогенным воздействием. Отрицательные величины расчетных данных фиксируют высокий уровень хозяйственной деятельности и низкий уровень перспективности формирования зеленой инфраструктуры.

Результаты и их обсуждение

В результате геоинформационных исследований обследована группа городов Центрально-Черноземного региона России, входящих в лесостепную зону. Воронеж, Белгород и Курск за-

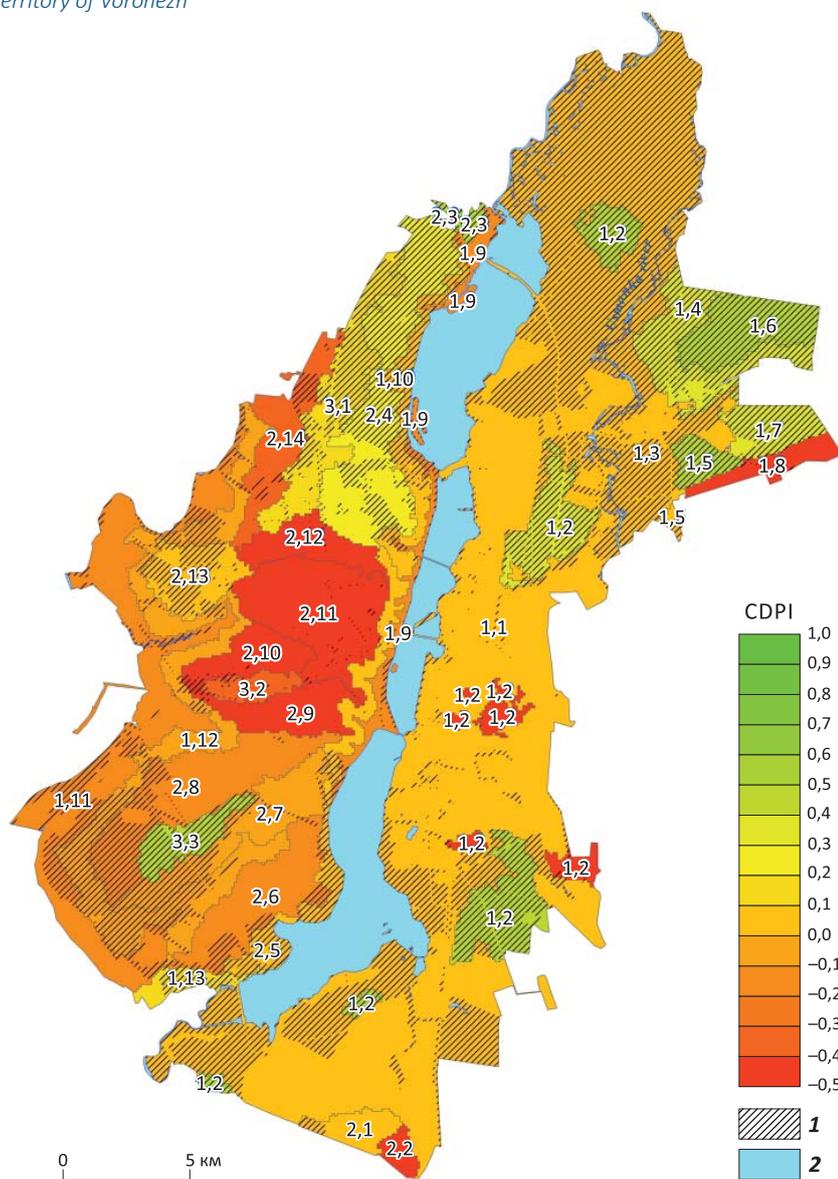
нимают территорию Среднерусской возвышенности, представляющей собой возвышенную равнину с отметками высот 220–280 м, местами пологоволнистую или пологоувалистую водораздельную поверхность. Эти городские территории в морфоскульптурном плане расчленены речной и овражно-балочной сетью (глубина вреза речных долин 50–150 м). Представленные урбанизированные пространства — старейшие исторические, промышленные и социально-экономические центры развития Российского государства.

Первый объект исследования — Воронеж. По геоинформационным данным, предоставленным

Роскосмосом, был составлен рейтинг городов-миллионников по уровню озеленения [18] и проведена оценка экологической ситуации. Учитывалась общая площадь зеленых зон, их качество и обеспеченность в пересчете на число жителей. Город Воронеж как столица Черноземья занял 5 место, и доля зеленых насаждений составила 23,3%. По данным расчета индекса CDPI диапазон значений варьирует от –0,5 до 0,5 (рис. 1).

Распределение расчетных значений индекса CDPI по городу следующее: урбанизированные участки на левом берегу р. Воронеж характеризуются высокими числовыми показателями по

Рис. 1. Картограмма результатов расчета геоинформационного индекса потенциала развития комфортности городской среды на территорию г. Воронежа
Fig. 1. A map of the results of calculating the geoinformation index of the potential for developing the comfort of the urban environment on the territory of Voronezh



Типы рельефа (обозначены на карте цифрами): 1,1–1,12 — аккумулятивный (пойменный и надпойменно-террасовый комплексы речных долин); 2,1 — Зандровая равнина; 2,2–2,14 — эрозионно-денудационный (приводораздельные склоны речных долин и прибалочные склоны эрозионной сети); 3,1–3,3 — водораздельный (пологая поверхность локального водораздела рек Дон и Воронеж).

Types of relief (the numbers on the map): 1,1–1,12 — accumulative (floodplain and above-floodplain-terrace complexes of river valleys); 2,1 — Zandrovaya plain; 2,2–2,14 — erosional-denudation (river valley slopes and ravine slopes of the erosion network); 3,1–3,3 — watershed (sloping surface of the local watershed of the Don and Voronezh rivers)..

1 — зеленая инфраструктура города; 2 — водные объекты.
 1 — green infrastructure of the city; 2 — water objects.

сравнению с противоположным. В этой же части располагается наибольшая площадь зеленой инфраструктуры. Левобережные аккумулятивные надпойменно-террасовые склоны р. Усманка (рис. 1. п. 1,4–1,8) на северо-востоке отличаются низкположительными значениями и являются значимыми территориями для проведения проектных работ по восстановлению и улучшению экологического состояния зеленых насаждений в этой части города. Нами выделены фрагменты аккумулятивных склонов второй надпойменной террасы междуречья рек Воронеж и Усманка на участках рекреационных зон, где индексные значения положительные (CDPI от 0,491 до 0,497), а также функциональные зоны с отрицательными показателями — аккумулятивные склоны четвертой надпойменной террасы р. Усманка, фрагменты второй надпойменной террасы междуречья рек Воронеж и Усманка, придолинный северо-восточный склон реки Воронеж (от -0,5 до -0,4), где активно ведется хозяйственная деятельность по перспективной малоэтажной застройке, сельскохозяйственному и промышленному освоению городских земель. Оставшаяся территория характеризуется слабopоложительными значениями — от 0,04 до 0,07. Индекс CDPI на правобережной промышленной части города принимает как

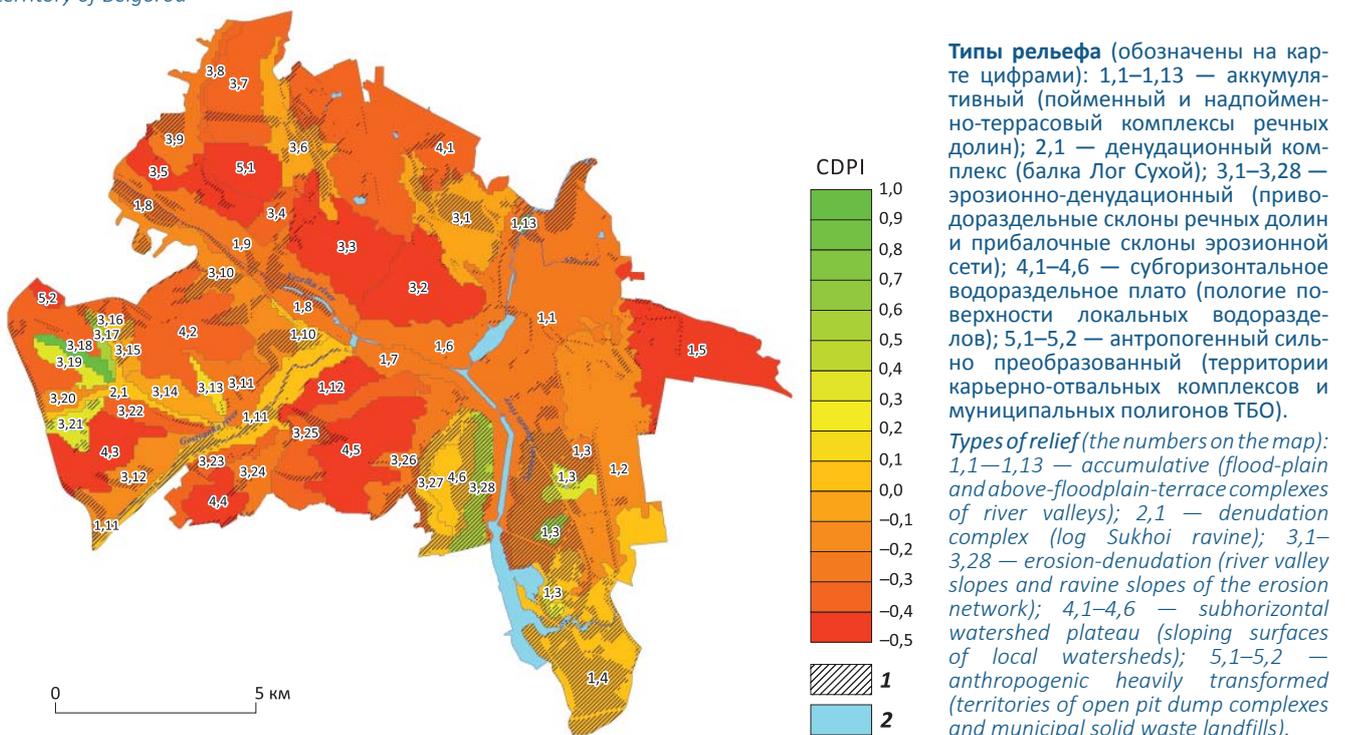
крайне отрицательные значения (-0,495) — это участки водораздельных склонов балки Лог Песчаный, юго-восточный и северо-западные придолинные склоны р. Дон; так и низкположительные (большая часть территории левого берега реки Воронеж) — от 0,08 до 0,25. Рекреационные участки пологой поверхности локального водораздела рек Дон и Воронеж и восточного придолинного склона р. Воронеж выделены с положительными показателями — 0,46 и 0,48 соответственно.

Второй объект исследования — Белгород, в нем величина площадей городских ландшафтов с перспективным потенциалом развития зеленой инфраструктуры значительно меньше чем в Воронеже. Доля озелененных пространств по статистическим показателям за 2019 г. составила 51,4% [9]. Диапазон полученных индексных значений CDPI варьирует от -0,5 до 0,98 (рис. 2).

По итогам анализа результатов расчетов в пределах аккумулятивных склонов пойменных и надпойменно-террасовых комплексов рек Северный Донец, Везёлка и Разумная установлен низкий потенциал для улучшения состояния зеленой инфраструктуры. Данная структура ландшафта вмещает в себя старые освоенные ТГС — рекреационные участки по поймам речных систем, селитебные

Рис. 2. Картограмма результатов расчета геоинформационного индекса потенциала развития комфортности городской среды на территорию г. Белгорода

Fig. 2. A map of the results of calculating the geoinformation index of the potential for developing the comfort of the urban environment on the territory of Belgorod



1 — зеленая инфраструктура города; 2 — водные объекты.
 1 — green infrastructure of the city; 2 — water objects.

массивы, общественно-деловые зоны, территории специального назначения и промышленные предприятия. Следует выделить аккумулятивный пойменный остров, образованный р. Северский Донец (на севере города) с индексным значением $CDPI=0,64$, и рекреационный комплекс (старица в пределах второй надпойменной террасы левобережья р. Северный Донец) с индексным значением $CDPI=0,51$. Данные ландшафтные структуры имеют неплотный массив древесно-кустарниковых насаждений и обладают высоким потенциалом развития для расширения новых рекреационных участков в пределах существующих. Денудационный склон в пределах балки Лог Сухой ($CDPI=0,03$) не пригоден для проведения градостроительных мероприятий, но может стать территорией для создания новых зеленых зон. Водораздельные эрозионные склоны Северного района г. Белгорода (южной и юго-восточной экспозиции правого берега р. Северский Донец, юго-западной экспозиции левого берега р. Везёлка, восточной, юго-западной и юго-восточной экспозиции балки Осколочный Лог, западной и восточной экспозиции балки Шевелев Лог) относятся к территориям с низким потенциалом комфортности с индексными значениями $CDPI$ от $-0,06$ до $-0,43$. Причиной отрицательных расчетных данных является высокая степень застроенности данной территории — общественно-деловая и жилая застройка, зоны специального назначения и промышленные объекты, — развитая транспортная сеть и небольшая по площади рекреация. Ландшафтная структура Западного района города представлена водораздельными эрозионными склонами с индексными показателями от $-0,38$ до $0,9$. Положительные перспективные ландшафты для озеленения городского пространства нами выделены на эрозионных прибалочных склонах: восточной экспозиции балки Лог Грушовой ($CDPI=0,56$), северо-западной экспозиции балки Лог Романов ($CDPI=0,30$), северо-восточной и юго-западной экспозиции балки Лог Антонов ($CDPI$ от $0,99$ до $0,32$) и юго-восточной экспозиции правобережья р. Северский Донец ($CDPI=0,43$). Данные участки в функциональном отношении заняты неиспользуемыми землями сельскохозяйственного назначения, пустырями, овражной сетью, которые в перспективе могут быть использованы для застройки и размещения объектов хозяйственной инфраструктуры. Субгоризонтальное (столовое) водораздельное плато, выделенное нейронной сетью в Северном районе города как ландшафтная единица, характеризуется низкими значениями рассчитываемого индекса (от $0,02$ до $-0,45$). В функциональном отношении эта территория является максимально освоенной и стратегически важной частью урбогеосистемы. Использование данных ландшафтов для улучшения экологической ситуации за счет зеленой компо-

ненты невозможно. Рельеф г. Белгорода трансформирован промышленными ТГС — карьерами по добыче мела и суглинков и городским полигоном ТБО. Представленные объекты при расчете индекса дают отрицательные значения ($CDPI= -0,5$), это самое минимальное значение среди показателей на территории городских пространств.

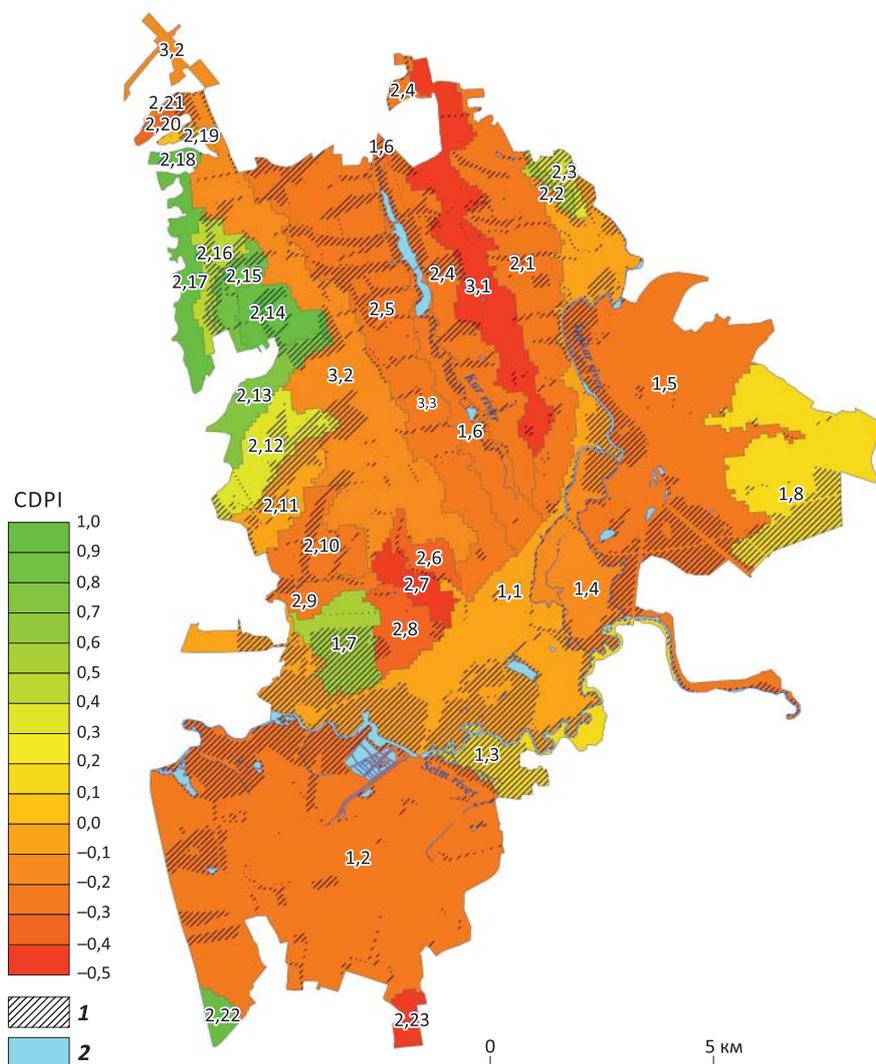
Третий объект — Курск, здесь основу зеленого каркаса города образуют городские леса, расположенные на водораздельных пространствах по периферии и занимающие 13,6% площади [2]. Диапазон индексных значений $CDPI$ в городе варьирует от $-0,5$ до 1 (рис. 3).

На основе расчета индекса $CDPI$ для г. Курска выделены ландшафтные структуры с высокими показателями, что свидетельствует о перспективности развития городского пространства для расширения и создания зеленых зон. Положительная динамика наблюдается на территории прибалочных (эрозионных) склонов балок Сухой Лог, Овраг Сечной, Лог Моква и Рогатый Лог ($CDPI$ от $0,37$ до $0,99$) — северо-западная и западная периферия города. Согласно функциональному зонированию данные участки занимают сельскохозяйственные ТГС (индивидуальные садово-дачные массивы), зеленые насаждения общего пользования и овражно-балочная территория памятника природы регионального значения «Урочище “Крутой Лог”». На окраине южной части города максимальное индексное значение фиксируется на участках придолинного склона северной экспозиции р. Сейм ($CDPI=1$), который занимают садово-дачные участки. На северной периферии водораздельные склоны балки Паровая и северо-восточный склон правого берега р. Тускарь (земли сельскохозяйственного назначения) пригодны для повышения комфортности городского пространства. Пойменные аккумулятивные ландшафты отличаются от водораздельных участков более низкими показателями и относительно пригодны для улучшения зеленой инфраструктуры урбанизированных ландшафтов. Пологие водораздельные пространства междуречий Тускарь и Кур, Кур и Моква Центрального района города выделены как непригодные для осуществления рекреационной деятельности участки из-за высокой степени хозяйственной деятельности и трансформации ландшафтов.

Сравнивая распределение числовых индексных значений по типам ландшафтов относительно пригодных для проведения проектных работ по восстановлению и улучшению геоэкологического состояния в городе Воронеж, следует отметить высокую степень корреляции месторасположения объектов капитального строительства и зеленой инфраструктуры. Согласно соотношениям распределения ТГС большая часть территории города при-

Рис. 3. Картограмма результатов расчета геоинформационного индекса потенциала развития комфортности городской среды на территорию г. Курска

Fig. 3. AA map of the results of calculating the geoinformation index of the potential for developing the comfort of the urban environment on the territory of the city of Kursk



Типы рельефа (обозначены на карте цифрами): 1,1–1,8 — аккумулятивный (пойменный и надпойменно-террасовый комплексы речных долин); 2,1–2,23 — эрозионно-денудационный (приводораздельные склоны речных долин и прибалочные склоны эрозионной сети); 3,1–3,2 — водораздельный (пологие поверхности локальных водоразделов).

Types of relief (the numbers on the map): 1,1–1,8 — accumulative (floodplain and above-floodplain-terrace complexes of river valleys); 2,1–2,23 — erosion-denudation (river valley slopes and ravine slopes of the erosion network); 3,1–3,2 — watershed (flat surfaces of local watersheds).

1 — зеленая инфраструктура города;
2 — водные объекты.

1 — green infrastructure of the city; 2 — water objects.

годна для озеленения общественного пространства (индексные показатели от 0 до 0,5). Положительные значения (0,5 и более) отсутствуют на территории Воронежской агломерации (табл. 1).

В результате расчета потенциала развития комфортности городской среды в пределах ландшафтных структур для г. Белгорода отмечается, что основная территория города непригодна для улучшения зеленой инфраструктуры. Площадь зеленых зон в пределах городского пространства, принимающих отрицательные значения, составляет более половины от общей. Ландшафты, в границах которых возможно благоустройство рекреационных участков, составляют менее 1% и фактически вклю-

чают незначительные участки зеленых зон общего пользования (табл. 1).

По полученным индексным параметрам в г. Курске, относительно предыдущих урбанизированных территорий, отмечается наибольший процент площади ландшафтов (с положительными значениями), наиболее подходящих для проведения реконструкции существующих насаждений или создания новых рекреационных зон (табл. 1). Участки, непригодные для озеленения, занимают подавляющую площадь города. Частично возможно проведение озеленения на 10% площади города. Таким образом, территория г. Курска обладает наибольшим ресурсным потенциалом для повышения комфортности проживания граждан.

Табл. 1. Соотношение распределения площадей ландшафтных структур и зеленых зон общего пользования к величине индекса
Tabl. 1. The ratio of the distribution of areas of landscape structures and green areas of common use to the value of the index

Город	Типы техногеосистем	Общая площадь, га	CDPI, % от общей площади		
			–0,5–0	0–0,5	0,5–1
Воронеж	S_{ls}	53208,2	32,8	67,2	0
	S_g	25175,3	16,9	83,1	0
Белгород	S_{ls}	15716,8	84,3	14,8	0,9
	S_g	3259,1	63,9	34,5	1,5
Курск	S_{ls}	18484,1	83,6	9,9	6,5
	S_g	4585,1	76,9	15,7	7,4

Заключение

Представленные города являются крупными промышленными центрами с многолетней сложной историей развития и расселения. Для создания геоинформационной базы данных исследуемых территорий были получены картосхемы геоморфометрического районирования с выделением ландшафтных структур на основе нейросетевой классификации. Далее в каждом из городов было идентифицировано и верифицировано следующее количество ландшафтных единиц: в Воронеже — 39, в Белгороде — 55, в Курске — 33. По данным нейросетевой обработки установлено, что активная трансформация естественных ландшафтов проходила по пойменным и надпойменно-террасовым комплексам, поэтому границы этих морфологических структур нивелированы.

В результате проведенных геоинформационных расчетов с применением индекса CDPI нами выделены следующие особенности пространственной дифференциации урбанизированных территорий:

1. Непригодными для осуществления мероприятий по озеленению из-за высокой интенсивности хозяйственной деятельности и трансформации ландшафтной структуры антропогенным воздействием определены исторические центры городов, нуждающиеся в реконструкции.

2. Установлено, что причиной полученных при расчете отрицательных показателей CDPI для Воронежа является компактность планировочной структуры, которая определяет необходимость разумного использования городских ландшафтов в современном градостроительном развитии и

рациональный подход при перепрофилировании функциональных особенностей урбанизированных объектов в пользу озелененного пространства.

3. Белгород отличается крайне низкими значениями индекса потенциала развития экологической комфортности. Здесь самая крупная планировочная зона — агроселитебная жилая застройка с приусадебными участками (по площади это треть урбанизированной территории), в которой полностью исторически сформирована зеленая инфраструктура. Перспективной территорией города для роста, развития и создания новых рекреационных участков является Западный район города Белгорода. Особенностью планировочной структуры является наличие в городе пустырей, малоиспользуемых и неиспользуемых в сельском хозяйстве земель, в пределах которых перспективно обустройство пространства для озеленения пойменных комплексов р. Северский Донец, эрозионно-денудационных склонов балок на западе и юго-восточной части урбанизированной территории.

4. На территории г. Курска ежегодно проводятся мероприятия по созданию, уходу и восстановлению зеленых насаждений в рекреационных зонах. Как перспективные районы для повышения комфортности выделены западная и южная границы городских пространств (эрозионные субгоризонтальные прибалочные склоны, аккумулятивные надпойменные террасы р. Сейм и эрозионные ландшафты р. Тускарь). В итоге, при правильной градостроительной планировке этот объект имеет наибольший потенциал к развитию зеленой инфраструктуры по сравнению с Воронежем и Белгородом.

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

Список источников

1. Владимиров В.В., Микулина Е.М., Яргина З.Н. Город и ландшафт. – М. : Мысль, 1986. – 238 с.
2. Волжина Т.А., Балабан Д.В., Семенова А.Е. Парки и скверы Курска — как фактор создания благоприятной окружающей природной среды города // Поколение будущего: взгляд молодых ученых — 2021: сборник научных статей 10-й Международной молодежной научной конференции (Курск, 11-12 ноября 2021 г.). – Т. 3. – Курск : ЮЗГУ, 2021. – С. 333–336.
3. 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. DOI: 10.26516/2073-3402.2022.42.29.
4. Истомин Е.П., Колбина О.Н., Яготинцева Н.В., Адамацкий К.Д. ГИС поддержки принятия решения в системе городского хозяйства мегаполиса на основе экологического мониторинга // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2019. – № 4(36). – С. 78–82.
5. Казаков С.Г., Харченко С.В. Использование 3D-моделирования при изучении морфодинамики рельефа городских территорий на примере г. Курска // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2009. – № 4 (12). – С. 66–72.
6. Любимова А.В., Диковский И.А. ГИС-анализ и типизация природных и техногенных факторов и рисков на территории Российской Федерации // Геоинформатика. – 2011. – № 2. – С. 61–68.
7. Любимова А.В., Хромова Н.Ю. Комплексный анализ возможностей ГИС-пакетов для решения картографических задач в сфере природопользования // Геоинформатика. – 2020. – № 2. – С. 11–19.
8. Морозова Г.Ю., Дебелая И.Д. Анализ проблем озеленения современного города (на примере Хабаровска) // Вестник Дальневосточного отделения Российской Академии наук. – 2018. – № 4 (200). – С. 38–48.
9. Паспорт города Белгорода – 2019: статистический сборник / Сост.: А.Б. Махмутова, В.В. Абрамов, А.В. Костыря, А.В. Корецкая. – Белгород: Белгородская областная типография, 2020. – 76 с.
10. Подойницына Д.С. Критический анализ концепции «Зеленая инфраструктура» // Архитектура и современные информационные технологии. – 2016. – № 1 (34). – С. 34/16-12.
11. Тетиор А.Н. Городская экология. – М. : Академия, 2008. – 330 с.
12. Финкельштейн М.Я., Деев К.В. Создание геоинформационной системы для решения задач природопользования // Геоинформатика. – 2006. – № 3. – С. 30–33.
13. Хайбрахманов Т.С. Геоинформационное картографирование функциональных зон городских территорий по космическим снимкам // Геоинформатика. – 2014. – № 2. – С. 55–62.
14. Харченко С.В. Геоморфологический фактор формирования городов Черноземья : дис. ...канд. геогр. наук. – М., 2014. – 184 с.
15. Харченко С.В. Оценка геоморфологического фактора комфортности жизни в городах // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах : материалы VI Междунар. науч. конф. (Белгород, 12–16 октября 2015 г.). – Белгород: ПОЛИТЕРРА, 2015. – С. 120–124.
16. Хомич В.А. Экология городской среды. – Омск: СибАДИ, 2002. – 267 с.
17. Черемисина Е.Н., Спивак И.Л., Спивак Л.Ф., Соколов А.С. ГИС-технологии сравнения карт и управление развитием территории // Геоинформатика. – 2014. – № 4. – С. 29–37.
18. Шестнадцать зеленых мегаполисов [Электронный ресурс] // Геопространственная аналитика / Роскосмос, АО «Терра Тех». – 28.07.2022. – Режим доступа: <https://geonovo.sti.terratech.ru/ecology/shestnadsat-zelenykh-megapolisov/> (Дата обращения: 19.07.2023).
19. 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 Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 817, Ninth International Symposium “Steppes of Northern Eurasia” (Orenburg, 7–11 June 2021). – 2021. – Vol. 817. – 012030. DOI:10.1088/1755-1315/817/1/012030.
20. Kohonen T. Essentials of the self-organizing map // Neural networks. – 2013. – Vol. 37. – pp. 52–65. DOI: 10.1016/j.neunet.2012.09.018.

References

1. Vladimirov V.V., Mikulina E.M., Yargina Z.N. Gorod i landschaft [City and landscape]. Moscow: Mysl'; 1986. 238 p.
2. Volzhina T.A., Balaban D.V., Semenova A.E. Parki i skvery Kurska — kak faktor sozdaniya blagopriyatnoi okruzhayushchei prirodnoi sredy goroda [Parks and squares of Kursk as a factor in creating a favorable natural environment for the city]. In: Pokolenie budushchego: vzglyad molodykh uchenykh- 2021: sbornik nauchnykh statei 10-i Mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii (Kursk, 11-12 November 2021). Vol. 3. Kursk: YuZGU; 2021. pp. 333–336.
3. 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;42:29–40. DOI: 10.26516/2073-3402.2022.42.29.
4. Istomin Y.P., Kolbina O.N., Yagotintseva N.V., Adamatsky K.D. GIS decision support in the urban economy of the metropolis on the basis of environmental monitoring. *Informatsionnye tekhnologii i sistemy: upravlenie, ehkonomika, transport, pravo.* 2019;4(36):78–82.
5. Kazakov S.G., Kharchenko S.V. Ispol'zovanie 3D-modelirovaniya pri izuchenii morfodinamiki rel'efa gorodskikh territorii na primere g. Kurska [The use of 3D-modeling in the study of the morphodynamics of the relief of urban areas on the example of the city of Kursk]. *Uchenye zapiski. Ehlektronnyi nauchnyi zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta.* 2009;12:66–72.
6. Lyubimova A.V., Dikovskiy I.A. GIS-analysis and classification of natural and technogenic hazards in Russian Federation. *Geoinformatika.* 2011;(2):61–68.

7. Lyubimova A.V., Khromova N.Yu. Comprehensive analysis of GIS package features for solving cartographic problems in the field of natural resource management. *Geoinformatika*. 2020;(2):11–19.
8. Morozova G.Yu., Debelaya I.D. The analysis of the modern city gardening problems (on an example of Khabarovsk). *Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences*. 2018;200:38–48.
9. Makhmutova A.B., Abramov V.V., Kostyrya A.V., Koretskaya A.V. (comp.) *Pasport goroda Belgoroda — 2019: statisticheskii sbornik [Passport of the city of Belgorod — 2019: statistical collection]*. Belgorod: Belgorodskaya oblastnaya tipografiya; 2020. 76 p.
10. Podoyntsyna D.S. Critical analysis of the Green Infrastructure concept. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2016;(34):34/16–12.
11. Tetior A.N. *Gorodskaya ehkologiya [Urban ecology]*. Moscow: Akademiya; 2008. 330 p.
12. Finkelstein M.Ya., Deev K.V. Creation of a geoinformation system designed for solution of nature-use problems. *Geoinformatika*. 2006;(3):30–33.
13. Khaybrakhmanov T.S. Geoinformatsionnoe kartografirovaniye funktsional'nykh zon gorodskikh territorii po kosmicheskim snimkam [Geoinformation mapping of functional zones of urban areas based on satellite images]. *Geoinformatika*. 2014;(2):55–62.
14. Kharchenko S.V. Geomorfologicheskii faktor formirovaniya gorodov Chernozem'ya [Geomorphological factor in the formation of the cities of the Chernozem region]: dis. ...kand. geogr. nauk. Moscow, 2014. 184 p.
15. Kharchenko S.V. Otsenka geomorfologicheskogo faktora komfortnosti zhizni v gorodakh [Assessment of the geomorphological factor of the comfort of life in cities]. In: *Problemy prirodopol'zovaniya i ehkologicheskaya situatsiya v Evropeiskoi Rossii i sopredel'nykh stranakh : materialy VI Mezhdunar. nauch. konf. (Belgorod, 12–16 October 2015)*. Belgorod: POLITERRA; 2015. pp. 120–124.
16. Khomich V.A. *Ehkologiya gorodskoi sredy [Ecology of the urban environment]*. Omsk: SibADI; 2002. 267 p.
17. Cheremisina E.N., Spivak I.L., Spivak L.F., Sokolov A.S. GIS technology maps comparison and management of territory development. *Geoinformatika*. 2014;4:29–37.
18. *Shestnadsat' zelenykh megapolisov [Sixteen green megacities] // Geoprostranstvennaya analitika*. 07.28.2022. Available at: <https://geonovosti.terratech.ru/ecology/shestnadsat-zelenykh-megapolisov/> (Accessed 19.07.2023).
19. 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 Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 817, *Ninth International Symposium "Steppes of Northern Eurasia"* (Orenburg, 7–11 June 2021). 2021; 817:012030. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012030.
20. Kohonen T. Essentials of the self-organizing map. *Neural networks*. 2013;37:52–65. DOI: 10.1016/j.neunet.2012.09.018.

Статья поступила в редакцию 28.12.2022, одобрена после рецензирования 17.07.2023, принята к публикации 21.09.2023.
The article was submitted 28.12.2022; approved after reviewing 17.07.2023; accepted for publication 21.09.2023.

Информация об авторах

Дубровская Светлана Александровна

Кандидат географических наук, старший научный сотрудник

Институт степи Уральского отделения
Российской академии наук

460014 Оренбург, ул. Набережная, д. 29

e-mail: skaverina@bk.ru

ORCID: 0000-0002-1361-6942

Scopus: 57194900916

Research: J-6401-2018

SPIN-код: 3523-6108

Information about authors

Svetlana A. Dubrovskaya

Candidate of Geographic Sciences, Senior Researcher

Institute of Steppe of the Ural Branch of the
Russian Academy of Sciences

29, Naberezhnaya str., Orenburg, 460014, Russia

e-mail: skaverina@bk.ru

ORCID: 0000-0002-1361-6942

Scopus: 57194900916

Research: J-6401-2018

SPIN-код: 3523-6108