

Картография и геоинформатика

Сергеева О.С., Пирожков С.П.

9. *Mlekopitayushchiye Rossii: sistematiko-geograficheskiy spravochnik* [Mammals of Russia: a systematic-geographical guide] (2012), M.: Publishing house Partnership editions of KMK, 604 p.
10. Prelovskiy, V.A. (2016), "Kartografirovaniye arealov redkih vidov pozvonochnykh zhitvnykh bassejna oz. Bajkal" [Mapping the ranges of rare species of vertebrates in the lake. Baikal], *Geodeziya i kartografiya*, no. 12, pp. 24–28.
11. Ravkin, Yu.S., Livanov, S.G. (2008), *Faktornaya zoogeografiya: principy, metody i teoreticheskie predstavleniya* [Factornaya zoogeography: principles, methods and theoretical concepts], Novosibirsk: Nauka.
12. Tupikova, N.V. (1976), "Kartografirovaniye zhitvnoogo naseleniya i yego rol' v razvitiy biogeografii" [Mapping of the animal population and its role in the development of biogeography], *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5 geografiya*, no. 5, pp. 47–51.
13. Tupikova, N.V., Komarova, L.V. (1979), *Printsipy i metody zoologicheskogo kartografirovaniya* [Principles and methods of zoological mapping], M.: Publ. Moscow University.
14. Cheltsov-Bebutov, A.M. (1976), "Zoogeograficheskoye kartografirovaniye: osnovnyye printsipy i polozheniya" [Zoogeographical mapping: basic principles and provisions], *Vestnik moskovskogo universiteta. Seriya 5 geografiya*, no. 2, pp. 50–56.
15. *Ekologicheskiy atlas Baykal'skogo regiona* [Ecological atlas of the Baikal region] (2017), Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, available at: <http://atlas.isc.irk.ru/> (Accessed 15.12.2018).
16. *Distribution of Mammalian Species in China*. Beijing: China Forestry publishing house (1997).
17. Kays, R.W., Wilson, D.E. (2002), *Mammals of North America*. Princeton University Press, 240 p.
18. Ravkin, Yu.S., Tsybulin, S.M., Livanov, S.G., Toropov, K.V., Kuranova, V.N., Starikov, V.P., Chesnokova, S.V. (2008), "Cartographic analysis of the population of amphibians, reptiles, and birds of the West Siberian plain and Altai", *Contemporary Problems of Ecology*, vol. 1, no. 5, pp. 568–573.
19. Sauer, J.R., Pendleton, G.W., Orsillo, S. (1995), *Mapping of bird distributions from point count surveys*, Monitoring bird populations by point counts. PSW-GTR-149. Albany: Pacific Southwest Research Station. Forestservice, US Departament of agriculture, 187 p.

Поступила в редакцию: 03.12.2020

Сведения об авторе

About the author

Владимир Александрович Преловский

кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН;
664033, Россия, г. Иркутск, л. Улан-Баторская, 1

Vladimir A. Prelovskiy

Candidate of Geographic Sciences, Senior Scientist, V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS;
1, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, Russia, 664033

e-mail: amadeo81@mail.ru

Пробьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Преловский В.А. Принципы разработки и построения карты «Фаунистические комплексы Байкальского региона» // Географический вестник = Geographical bulletin. 2021. №2(57). С. 163–170. doi: 10.17072/2079-7877-2021-2-163-170.

Please cite this article in English as:

Prelovskiy, V.A. Principles of designing and building a map "Faunistic complexes of the Baikal region" // *Geographical bulletin*. 2021. No 2(57). Pp. 163–170. doi: 10.17072/2079-7877-2021-2-163-170.

УДК 910.3:528.77

DOI: 10.17072/2079-7877-2021-2-170-181

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПЛОЩАДИ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Ольга Сергеевна Сергеева

e-mail: oikeo@mail.ru

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия***Семен Павлович Пирожков**

e-mail: logansvd@mail.ru

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

© Сергеева О.С., Пирожков С.П., 2021



В статье рассматривается возможность применения данных дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий для оценки площади зеленых насаждений города. Озелененные территории являются важным индикатором качества городской среды. Количественные сведения о площадях озеленения необходимы для расчета суммарного индекса качества городской среды, предоставляемого ежегодно в органы государственной статистики. Возможны различные методы получения таких данных, в том числе с помощью дешифрирования ортофотопланков, аэрофотосъемки, мобильного лазерного сканирования. Геоинформационные системы дают широкие возможности их применения в данной сфере, позволяют создавать карты, базы данных, поддерживать актуальную информацию. В работе приводится пример использования данных дистанционного зондирования для расчета площади озеленения в одном из микрорайонов г. Перми. Описаны особенности методики пересчета количества деревьев на площади озеленения. Дается также оценка площадей насаждений общего и ограниченного пользования, общей площади озеленения микрорайона. Рассчитаны доля озелененной территории и уровень озеленения микрорайона, необходимые для расчета индекса качества городской среды. Использование предлагаемой методики позволяет значительно сократить время и трудозатраты для нахождения показателей озеленения городской среды.

Ключевые слова: озеленение, древесные насаждения, геоинформационные системы, дистанционное зондирование, качество городской среды.

METHODOLOGY DEVELOPMENT FOR CALCULATING THE AREA OF GREENERY IN A CITY, USING REMOTE SENSING DATA

Olga S. Sergeeva

e-mail: oikeo@mail.ru

Perm State University, Perm, Russia

Semen P. Pirozhkov

e-mail: logansvd@mail.ru

Perm State University, Perm, Russia

This article discusses the possibility of using Earth remote sensing data and GIS technologies for assessing the area of green spaces in a city. Green areas are an important indicator of the urban environment quality. Quantitative information on such areas is necessary to calculate the total index of the urban environment quality, which is provided annually to the state statistics authorities. Various methods of obtaining such data are possible, including by decoding orthophotomaps, aerial photography, and mobile laser scanning. GIS technologies provide ample opportunities in this area: they allow one to create electronic maps, attributive databases, and maintain up-to-date information. The paper provides an example of using space images to calculate green areas in one of the microdistricts in the city of Perm. We describe the technique for recalculating the number of trees in a landscaping area; assess the planting areas of general and limited use and the total area of green spaces in the microdistrict; calculate the share of green areas and the greening level of the microdistrict, which are necessary for calculating the urban environment quality index. The technique proposed in this work can significantly reduce the time and labor costs for finding indicators of the urban environment greening.

Keywords: green spaces, landscaping, tree plantations, foresty plantations, geographic information system, remote sensing, urban environment quality.

Введение

Актуальность проблемы оптимизации экологической обстановки в современном промышленном городе ни у кого не вызывает сомнения. Повышение качества городской среды достигается разными техническими и организационными мероприятиями. Одним из возможных путей решения проблемы является озеленение территорий. Организация зеленого хозяйства города требует разумного подхода как к выбору, так и к размещению зеленых насаждений и, конечно, их учета. При этом следует уточнить, что понятие учета зеленых насаждений подразумевает две различные процедуры. Это, во-первых,

инвентаризация деревьев и кустарников, установление их качественного состояния. Во-вторых, это – оценка площади, занимаемой всеми зелеными насаждениями, включающая не только деревья и кустарники, но и газоны, клумбы и т.п.

В 2019 г. распоряжением Правительства Российской Федерации была утверждена Методика формирования качества городской среды (от 23.03.2019 г. № 510-р), в которой дан перечень индикаторов для расчета индекса качества городской среды [12]. В числе прочих для расчета такого индекса названы такие показатели, как:

1. *Доля озелененных территорий общего пользования в общей площади зеленых насаждений* (в %). При этом учитываются только те озелененные территории, к которым применяются такие требования, как благоустройство, освещение, комфорт передвижения, безопасность пребывания и т.п. Эти территории предназначены для различных форм отдыха граждан.

2. *Уровень озеленения*, который рассчитывается с помощью дешифрирования космических снимков и определения соотношения площади, покрытой растительностью, к общей площади города (%).

Отчетность по этим показателям возложена на Федеральную службу государственной статистики (Росстат). Позднее был утвержден Приказ Росстата от 26.11. 2019 г. № 700, в котором приведена форма федерального статистического наблюдения с указаниями по ее заполнению «Сведения для расчета индекса качества городской среды», где в соответствии с пп. 23 и 24 в обязательном порядке должны быть представлены сведения по общей площади зеленых насаждений в пределах городской черты, в том числе насаждений общего пользования [16].

Инновацией в указанных документах является возможность и необходимость использования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для учета озеленения. Сама идея использования геоинформационных систем (ГИС) для оценки озеленения не нова. Результаты применения ГИС для решения данных задач оценены рядом авторов [2; 4; 7; 9; 21; 22]. Анализ работ показал, что авторами используются разные методы получения информации, ее обработки, представления в виде баз данных и электронных карт. В целом можно отметить, что единой общепринятой методики оценки площадей городских зеленых насаждений не существует.

В представленном исследовании предпринята попытка отработать методику оценки площадей озеленения города на основе ортофотоплана, полученного по данным аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) на примере одного из микрорайонов г. Перми. Конечной целью является оптимизация процесса пространственного учета зеленых площадей.

Особенности территории исследования

Пермь – один из крупнейших транспортных и промышленных центров Уральского Прикамья. Для г.Перми характерно наличие больших зеленых массивов – городских лесов, расположенных в пределах городской черты. Но зеленые массивы распределены очень неравномерно, а жилая часть города зачастую бедна зелеными насаждениями [1].

По официальным данным индекс качества городской среды для г. Перми в 2019 г. составил 168 баллов из 360 возможных, что свидетельствует о недостаточно благоприятной обстановке [8]. При этом озелененные пространства города оцениваются в 37 баллов из 60, т.е., согласно официально установленной в Российской Федерации шкале, являются благоприятными [1].

Наиболее подробная информация о зеленых насаждениях имеется по объектам общего пользования – скверам, паркам, бульварам и аллеям. Здесь постоянно осуществляются уход за насаждениями, благоустройство территории и ее охрана. Городской Администрацией

утвержден Перечень объектов озеленения общего пользования г. Перми, в котором содержатся все данные по площадям таких объектов [15]. Сведения в перечне постоянно обновляются. Но отметим, что многие отдельно стоящие деревья, кустарники, небольшие массивы не попадают в объекты благоустройства, хотя также расположены на территориях общего пользования и должны учитываться.

Наиболее сложной представляется задача учета площадей насаждений ограниченного пользования, которые находятся на придомовых территориях, при школах, детских садах, медицинских, образовательных и иных учреждениях.

Органами местного самоуправления г. Перми периодически проводится полная инвентаризация зеленых насаждений методом сплошного учета всех деревьев с занесением информации в специальную базу данных. Каждому дереву присваивается инвентарный номер, а в случае невозможного подсчета (например, заросли) обозначается массив, учитывается его площадь и также присваивается инвентарный номер. Данные таксации обозначаются на карте [24].

Возможности применения ГИС-технологий для учета зеленых насаждений

С появлением и развитием цифровых технологий процесс учета зеленых насаждений совершенствуется. На основе таксации создаются атрибутивные базы данных, цифровые карты. Все это дает широкие возможности статистической обработки информации, составления выборок, анализа состояния древостоя, планирования мероприятий по сносу и посадкам насаждений.

Создание электронных карт по зеленым насаждениям и использование атрибутивных баз данных в г. Перми применяется достаточно давно. Так, в 2000–2001 гг. была осуществлена полная инвентаризация всей древесно-кустарниковой растительности, в которой принимали участие авторы данного исследования [24]. Работа проводилась по заказу Муниципального управления по экологии и природопользованию г. Перми с привлечением средств местного бюджета. Были созданы картографическая и атрибутивная базы данных с достаточно подробными сведениями не только о количестве, но и о состоянии деревьев, их возрасте, морфологических характеристиках. Сведения созданных баз данных постоянно обновляются в соответствии с изменениями древостоя, новых посадок и сноса деревьев [11].

Основным недостатком использованной методики инвентаризации являются значительный объем трудовых и материальных затрат на осмотр и сплошной пересчет деревьев на территории города, а также на обработку и представление полученных результатов. Помимо этого, процесс инвентаризации древесных и кустарниковых насаждений не дает информации о площадях озеленения, которая необходима в соответствии с указанными выше нормативными требованиями. Использование данных ДЗЗ, в отличие от традиционной методики инвентаризации зеленых насаждений, обеспечивает получение площадных характеристик озеленения.

Для учета зеленых насаждений применяются данные ДЗЗ с различных платформ и сенсоров:

1. Космическая съемка. В зависимости от типа космического аппарата разрешение съемки может быть от 1 м до 30 м, но при этом охватываются достаточно большие площади. В связи с постоянной работой аппаратов информация постоянно обновляется, т.е. ей свойственны оперативность и актуальность. Съемка может быть как монохромной (черно-белой), так и спектро-зональной (цветной). Радарная съемка со спутников позволяет получить данные с высоким разрешением о небольших географических участках. Опыт применения ортофотопланов для учета городских зеленых насаждений известен [4; 9; 13; 14; 20]. В исследованиях использовались изображения с космических спутников QuikBird

фирмы DigitalGlobe [4], мультиспектральные ортотрансформированные снимки WorldView-2 [9], мультиспектральные спутниковые снимки Landsat [16], материалы геопорталов Google Earth, Yandex [13; 14].

2. Аэрофотосъемка с самолетов или беспилотных летательных аппаратов позволяет получить изображения более высокого разрешения (до 5 см) и оценить не только количество, но и состояние насаждений. При этом возможно также проведение лазерного сканирования, дающего более точные пространственные изображения. Беспилотные летательные аппараты предпочтительны для инвентаризации и оценки состояния зеленых насаждений [10].

3. Мобильное лазерное сканирование может проводиться с крыши автомобиля. Такое сканирование дает возможность сбора цифровой трехмерной информации, что особенно актуально при инвентаризации насаждений. Точность такой съемки 3–5 см, дальность сканирования достигает 200 м. Данные, полученные с помощью лазерного сканера (лидара), гораздо выше по точности, чем при аэрофотосъемке. Возможен не просто количественный учет, но и качественная оценка состояния древостоя. Успешная лидарная съемка зеленых насаждений с крыши легкового автомобиля проведена в г. Краснодаре [19].

Обобщая результаты исследований по учету зеленых насаждений, можно сделать вывод о том, что они в основном направлены на проведение инвентаризации древостоя. Известны также работы по определению площадей полигонов, покрытых растительностью. Например, такие исследования проводилась в Оренбурге с использованием сервиса «Yandex Карты» [25, 26]. Какой-либо общепринятой разработанной методики, позволяющей сделать выводы о площадях озеленения, не описано.

Материал и методика исследования

Для получения информации о площадях зеленых насаждений г. Перми было решено использовать информационную систему обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД). Эта геоинформационная система (ГИС) основана на данных из ArcGIS (семейства геоинформационных программных продуктов американской компании ESRI) [18; 23].

ИСОГД разработана как комплексная информационная система градостроительной деятельности, которая обеспечивает требования Градостроительного кодекса РФ и иных нормативных актов, реализуемые органами местного самоуправления г. Перми при выполнении обязанностей по организации территориального планирования и регулирования развития территории. Формирование информационных ресурсов о состоянии и использовании территории осуществляется на основе совмещения картографических и семантических данных. Данная ГИС имеет ряд преимуществ для учета зеленых насаждений, так как позволяет достаточно детально в трехмерном измерении оценить как отдельно стоящие деревья, так и зеленые массивы. Сопровождение и поддержка ИСОГД позволяют сохранить данные в актуальном состоянии.

На текущий момент система доступна для всех желающих и открывается по ссылке [23]. Интерфейс ИСОГД показан на рис. 1.

На сегодняшний день наиболее детальный ортофотоплан в ИСОГД представлен для центрального планировочного района г. Перми.

Ортофотоплан был построен в 2018 г. в ходе проекта по созданию подробной цифровой модели Центрального планировочного района на основе аэрофотосъемки, происходившей при помощи БПЛА самолетного типа, аппарат был собственного изготовления, ближайший его аналог – это БПЛА ГеоСкан 201, характеристики которого представлены в табл. 1.

Картография и геоинформатика
Сергеева О.С., Пирожков С.П.

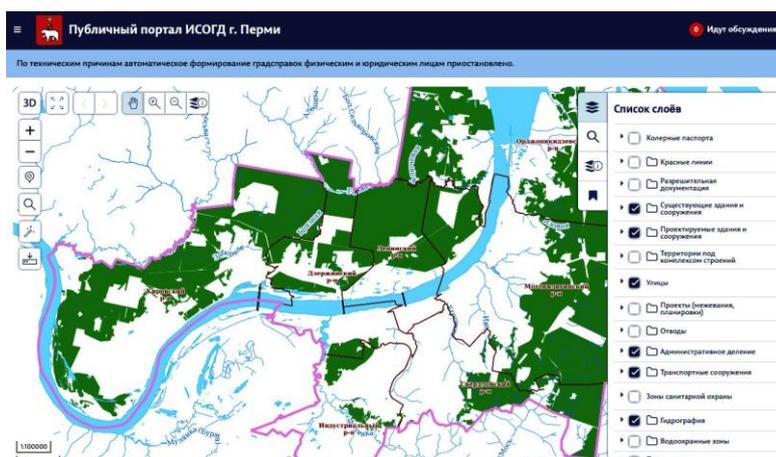


Рис. 1. Публичный портал ИСОГД города Перми
Fig. 1. Public portal ISOGD (Urban planning information system) of the city of Perm

Первый использовался для выполнения основных полетов, так как имеет большую скорость и полосу захвата, а второй применялся для дополнительной съемки отдельных участков территории, которые было невозможно правильно смоделировать на основе данных, полученных с БПЛА самолетного типа.

Таблица 1

Спецификация БПЛА, используемого для аэрофотосъемки
Specification of the UAV used for aerial photography

Длительность полета	До 3 ч.
Максимальная протяженность маршрута	До 210 км
Площадь съемки за 1 полет	7–22 км ²
Рекомендуемая допустимая скорость ветра	До 10 м/с
Максимально допустимая скорость ветра	До 12 м/с
Скорость полета	8–40 м/с
Максимальная взлетная масса	8,5 кг
Макс. масса полезной нагрузки	1,5 кг
Размах крыльев	222 см
Мин. безопасная высота полета	100 м
Максимальная высота полета	4000 м
Температура эксплуатации	От –20 до +40 °С
Двигатель	Электрический, бесколлекторный
Взлет/ посадка	С катапульты / на парашюте, в автоматическом режиме
Время подготовки к взлету	10 мин



Рис. 2. Схема ортофотоплана исследуемого района с выделенными границами
Fig. 2. Orthophotoplan diagram of the study area with the highlighted boundaries

В качестве съемочной аппаратуры использовались бытовые цифровые беззеркальные фотокамеры Sony RX 1 и OlympusPen-E, которые получили широкое применение в фотограмметрии. Пространственное разрешение ортофотоплана составляет 2 см на пиксель [5].

Исходя из имеющихся данных для обследования и отработки методики был выбран микрорайон Центр, являющийся частью центрального планировочного района г. Перми (рис. 2).

Картография и геоинформатика
Сергеева О.С., Пирожков С.П.

Микрорайон Центр представляет собой часть города, где расположены такие социально значимые объекты, как здания городской и краевой администрации, городская эспланада, драматический театр согласно ортофотоплану другие объекты досуга. Территория достаточно благоустроена, ухожена, здесь проводятся все городские празднования. В микрорайоне Центр расположены 3 сада и 7 скверов [15]. Общая площадь составила 480 га. С помощью ортофотоплана ИСОГД в микрорайоне Центр был произведен подсчет отдельно стоящих деревьев и рассчитаны площади небольших зеленых массивов (рис. 3).

В соответствии с задачами, которые определены Росстатом, необходимо было выявить площади, занятые зелеными насаждениями. При этом нужно было охватить площади насаждений не только общего пользования, но и ограниченного пользования на придомовых участках, возле школ, детских садов, больниц и т.д.



Рис. 3. Внешний вид деревьев для их подсчета в микрорайоне Центр Ленинского района г. Перми.

Fig. 3. The appearance of trees for the count in the Center microdistrict of the Leninsky district in the city of Perm

сельских поселений» озелененные территории общего пользования должны быть благоустроены, т.е. освещены, оборудованы пешеходными дорожками, малыми архитектурными формами, лестницами, мусоросборниками и т.п. [3].

По ГОСТу 28329-89 зеленые насаждения представляют собой совокупность древесных, кустарниковых и травянистых растений на определенной территории [17]. Сложность исследования заключалась в том, что помимо количества деревьев нужно было оценить площади, занимаемые как самими деревьями, так и кустарниками, газонами, элементами инфраструктуры озелененных площадей.

Было принято решение проводить работу в несколько этапов:

1-й этап. Подсчет количества деревьев в скверах и садах с заданной площадью озеленения.

2-й этап. Расчет индекса озеленения (I_{03}) площади скверов и садов, зависящего от количества деревьев. Этот показатель позволяет решить проблему учета всех элементов озеленения. Такой индекс озеленения представляет собой отношение общей площади скверов и садов к количеству произрастающих на них деревьев. То есть, как видим, это примерный показатель площади озеленения, приходящейся на одно дерево, включающей в себя все элементы инфраструктуры озелененных площадей.

3-й этап. Подсчет количества деревьев на территориях общего, ограниченного и специального пользования в микрорайоне (кроме скверов и садов).

4-й этап. Оценка площади озеленения микрорайона с учетом индекса озеленения (I_{03}).

Согласно ГОСТу 28329-89 «Озеленение городов» все озеленение города включает в себя насаждения общего, ограниченного и специального пользования [17]. Озелененные территории общего пользования предназначены для различных форм отдыха. К ним относят лесопарки, сады, скверы, бульвары, благоустроенные городские леса. В этом отношении нужно осторожно относиться к вопросу о включении всей площади городских лесов к насаждениям общего пользования, так как большая их часть, во всяком случае в г. Перми, не является благоустроенной и не превращена в лесопарки. В соответствии со СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и

5-й этап. Расчет уровня озеленения микрорайона и доли озелененных территорий общего пользования.

В данном исследовании не ставилась задача оценки качества озеленения, состояния древостоя, соответствия нормам посадок и т.п., что возможно осуществить, используя ортофотоплан ИСОГД. Основной задачей для первого этапа работ была отработка методики учета площадей озеленения для расчета индекса качества городской среды и предоставления данных в органы Росстата.

Полученные результаты

1-й этап. В результате произведенного подсчета было выявлено порядка 750 деревьев в скверах и садах микрорайона. Часть скверов находилась на территориях сразу двух микрорайонов, поэтому мы брали их площади не полностью. Общая учтенная площадь скверов составила 112207,7 м². Площадь участков озеленения рассчитывалась как вручную после поштучного подсчета деревьев и определения их средней площади, так и посредством инструментов самого ресурса ИСОГД, которые автоматически высчитывают площадь выделенной территории.

2-й этап. Был подсчитан индекс отношения площади озеленения к количеству деревьев: $I_{оз} = 112207,7 \text{ м}^2 : 750 = 149,6 \text{ м}^2$. То есть каждому дереву соответствует примерно 150 м² площади озеленения сквера вместе с остальными элементами озеленения. Таким образом, зная количество деревьев, мы можем рассчитать общую площадь озеленения.

Для справки: средний диаметр кроны деревьев первой величины составляет более 10 м. Согласно ранее известным данным в микрорайоне Центр преобладают деревья первой величины: липы, березы, тополя, ивы и др. [10]. Соответственно, если площадь такой кроны будет составлять около 78 м², то можно сделать вывод о том, примерно половину площадей озеленения составляют кустарники, газоны и элементы благоустройства.

3-й этап. Подсчитаны все деревья на остальной территории микрорайона, включая насаждения общего, ограниченного и специального пользования. Получилось около 1950 деревьев на территории общего пользования микрорайона, которые растут вдоль дорог, бульваров, возле зданий, вдоль берега реки. Около 2 300 деревьев находились на территориях ограниченного пользования и специального назначения.

4-й этап. Используя полученный индекс озеленения ($I_{оз}$), мы подсчитали примерную площадь озеленения территории микрорайона. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Площади озеленения в микрорайоне Центр г. Перми
Landscaping areas in the Center district of Perm

Площади озеленения	Количество деревьев, шт.	Площадь озеленения, га
Территории скверов и садов	750	11,2
Территории общего пользования (кроме скверов и садов)	1950	29,3
Насаждения ограниченного пользования (дворы, школы, д/сады, больницы, отдельно стоящие деревья) и специального назначения	2300	34,5
ВСЕГО	5 000	75,0

5-й этап. Была рассчитана доля насаждений общего пользования в общей площади зеленых насаждений микрорайона. В микрорайоне Центр это этот показатель равен 54%.

Отношение всей площади озелененных территорий к общей площади микрорайона составляет 15,6%.

По нормам, установленным Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), хорошими по условиям озеленения считаются города, где растительность занимает 40–60% площади города, а озеленение менее 10% свидетельствует о плохой экологической обстановке.

Картография и геоинформатика
Сергеева О.С., Пирожков С.П.

Зеленый фонд г. Перми занимает 45 390,41 га, т.е. 56,7% площади города, но при этом большую часть зеленых насаждений составляют городские леса (83,7% всей площади озеленения). Есть микрорайоны, где площадь лесов занимает больше половины территории. Но еще раз подчеркнем, что эти леса в основном выполняют эколого-защитную и санитарно-защитную функцию, т.е., являясь объектами озеленения, они не всегда пригодны для отдыха жителей города, во многих случаях их нельзя отнести к насаждениям общего пользования. На долю городских зеленых насаждений приходится только 7 418,41 га, т.е. 9,3% площади города. Эти подсчеты проведены в рамках подготовки генерального плана г. Перми, поэтому носят ориентировочный характер [1].

Для сравнения приведем данные по близкому по климатическим условиям г. Оренбургу, где для одного из центральных районов общая площадь зеленых насаждений составила 25,25%, а по микрорайонам разброс этого показателя был от 0,58 до 90,28% [25]. По районам г. Оренбурга показатель доли озеленения колеблется от 4,77 до 49% [26].

Таким образом, показатель общего озеленения 15,6% для микрорайона Центр является весьма скромным. Такой результат можно объяснить тем, что для территории характерны плотная застройка, большое количество объектов городской инфраструктуры. Но если учесть, что в микрорайоне нет городских лесов, то этот показатель выше, чем в среднем по городу (9,3%). Более половины (54%) составляют насаждения общего пользования – это хороший показатель, который свидетельствует о доступности и благоустройстве этих территорий. Такая ситуация обусловлена большим количеством социально значимых объектов, находящихся на территории микрорайона.

Заключение

Впервые для г. Перми была проведена работа по подсчету деревьев с помощью данных дистанционного зондирования Земли. Предложенная методика позволяет использовать эти данные для определения площади озеленения исследуемой территории. Учитываются все участки, на которых находятся как отдельно стоящие деревья, так и их комплексы.

Подсчет деревьев может дополняться определением по измерению площадей полигонов растительности. Это предпочтительно осуществлять там, где деревья растут плотно и подсчет их представляет определенную сложность. Такие участки в городе встречаются редко, это могут быть заросли по берегам рек, в оврагах и неудобьях.

Преимущество метода состоит также в том, что учитываются все элементы озеленения – газоны, клумбы, кустарники, дорожки и т.п. Применение индекса пересчета на площади озеленения позволяет оценить такие показатели, как уровень озеленения территории в целом и доля насаждений общего пользования. Эти показатели необходимо ежегодно предоставлять в органы Росстата для определения индекса качества городской среды.

На примере подсчета площади озеленения одного из микрорайонов города показано, что методика представляется наиболее простой, требующей наименьших трудозатрат. Подсчет деревьев можно проводить в любой период года, нет необходимости использования натурных исследований. В дальнейшем планируется использовать данную методику для подсчета площадей озеленения на всей территории города.

Библиографический список

1. Аткина Л.И., Шарафеева А.С. Структура зеленого фонда города Перми // Успехи современного естествознания. 2020. №11. С. 7–12.
2. Горяева Е.В., Мохирев А.П. Инвентаризация зеленых насаждений с использованием ГИС-технологий на примере города Лесосибирска // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2015. № 2(344). С. 80–89.
3. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. СНиП 2.07.01-89* [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200163> (дата обращения: 20.01.2021).

Картография и геоинформатика

Сергеева О.С., Пирожков С.П.

4. *Ефремова Т.М.* Автоматизированное дешифрование спектральных космических снимков с целью инвентаризации зеленых насаждений урбанизированной территории на примере г. Сыктывкара // Юбилейные чтения: сб. мат. науч.-практ. конф. Сыктывкарского лесного института по итогам научно-исследовательской работы в 2009 г.: Научное электронное издание. Сыктывкар, 2010. С. 292–301.
5. *Зарипов А.С.* Особенности создания трехмерной цифровой модели Центрального планировочного района города Перми по данным аэрофотосъемки. // Вестник СГУГиТ. 2020. Т. 25. № 3. С. 160–168.
6. Зеленый фонд – Муниципальное образование город Пермь [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gorodperm.ru/actions/ecology/citynature/greenfund> (дата обращения: 12.01.2021).
7. *Ивлиева Н.Г., Долгачева Т.А., Манухов В.Ф., Бучацкая Н.В.* Применение ГИС-технологий для оценки социальной комфортности проживания населения в городе // ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС. 2010. Т. 16. С. 140–144.
8. Индекс качества городской среды [Электронный ресурс] URL: <https://индекс-городов.рф/#/> (дата обращения: 12.02.2021).
9. *Кавайос Ф., Рамос Ю., Бойе А.* Инвентаризация городских зеленых насаждений и их мониторинг с использованием данных WORLDVIEW-2 // Геоматика. 2011. № 3. С. 67–73.
10. *Ковязин В.Ф., Богданов В.Л., Гарманов В.В., Осипов А.Г.* Мониторинг зеленых насаждений с применением беспилотных летательных аппаратов // Аграрный научный журнал. 2016. № 4. С. 14–19.
11. *Кулакова С.А.* Учет зеленых насаждений г. Перми // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2014. Т. 16. № 1–3. С. 769–771.
12. Методика формирования качества городской среды: распоряжение Правительства РФ от 23 марта 2019 г. № 510-р. [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_320891/ (дата обращения: 20.01.2021).
13. *Муллаярова П.И.* О модернизации существующей методики инвентаризации зеленых насаждений с учетом современных достижений аэрокосмических исследований и ГИС-технологий // Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий. 2018. Т. 23. № 1. С. 132–141.
14. *Муллаярова П.И., Трубина Л.К., Николаева О.Н.* Использование материалов дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий для экологического мониторинга зеленых насаждений урбанизированных территорий // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. 2018. Т. 1, С. 144–148.
15. Об утверждении Перечня объектов озеленения общего пользования города Перми: постановление Администрации г. Перми от 29 апреля 2011 г. № 188. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/428681751> (дата обращения: 20.01.2021).
16. Об утверждении формы федерального статистического наблюдения с указаниями по ее заполнению для организации Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации федерального статистического наблюдения об индексе качества городской среды: приказ Росстата от 26 ноября 2019 г. № 700. [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_338787/ (дата обращения 20.01.2021).
17. Озеленение городов. ГОСТ 28329-89. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-28329-89> (дата обращения: 20.01.2021).
18. *Пирожков С.П.* Использование ГИС-технологий в развитии урбанизированных территорий на (примере города Перми) // ОГАРЁВ-ONLINE [Электронный ресурс]. 2019. Вып. 15. URL: <http://journal.mrsu.ru/earth> (дата обращения: 10.02.2021).
19. *Погорелов, А.В., Брусило В.А., Граник Н.В.* Моделирование объектов озеленения города по данным мобильного лазерного сканирования // ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС. 2018. Т. 24. № 2. С. 5–17.
20. *Погорелов, А.В., Литилин Д.А.* Зеленые насаждения города Краснодара, оценка и многолетние изменения // Вестник ПНИПУ. 2017. № 3(27). С. 192–205.
21. *Подгорная Н.А.* Разработка информационного обеспечения аэрокосмического мониторинга зеленых насаждений мегаполиса: автореф. дис. ... канд. тех. наук Моск. гос. ун-т геодезии и картографии. М., 2008. 24 с.
22. *Попова И.В., Бурак Е.Э., Воробьева Ю.А.* Применение геоинформационных систем для мониторинга и развития системы зеленых насаждений города // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2018. № 4(7). С. 67–75.
23. Публичный портал ИСОГД г. Перми. [Электронный ресурс]. URL: <https://isogd.gorodperm.ru/#/map> (дата обращения: 12.01.2021).
24. *Сергеева О.С., Пьянков С.В., Соболева Е.Б.* Применение ГИС-технологий для инвентаризации зеленых насаждений (на примере г. Перми) // ИнтерКарто 8: ГИС для устойчивого развития территорий. СПб., 2002. С. 263–267.
25. *Степанов А.С., Тухтаназарова К.Р., Маркин Д.А.* Применение пространственных методов анализа при оценке степени озеленения Ленинского административного района г. Оренбурга // SCIENTETIME. 2016. № 4(28). С. 796–801.

Картография и геоинформатика

Сергеева О.С., Пирожков С.П.

26. Степанов И.А., Гарицкая М.Ю., Тухтамазарова К.Р., Шулаев С.В. Мониторинг зеленых территорий города Оренбурга // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016 № 4(60). С. 181–184.

References

1. Atkina, L.I., Sharafieva, A.S. (2020), *Struktura zelenogo fonda goroda Permi* [Green fund structure in Perm city], *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, no. 11. pp. 7–12.
2. Goryaeva, E.V., Mohirev, A.P. (2015), *Inventarizacija zeljonyh nasazhdenij s ispol'zovaniem GIS-tehnologij na primere goroda Lesosibirskaja* [GIS technologies assisting of green spaces inventory on example of Lesosibirsk city], in *Higher education institutions News. Forest magazine*, no. 2(344), pp. 80–89.
3. *Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastrojka gorodskih i sel'skih poselenij SNIIP 2.07.01-89* [Urban development. Planning and development of urban and rural settlements. Building regulations 2.07.01-89], available at: <http://docs.cntd.ru/document/5200163> (accessed 20.01.2021).
4. Efremova, T.M. (2010), “Avtomatizirovanoe deshifrovanie spektral'nyh kosmicheskikh snimkov s cel'ju inventarizacii zeljonyh nasazhdenij urbanizirovannoj territorii na primere g. Syktyvkar” [Automated decryption of spectral space images for urban area green spaces inventory on the example of Syktyvkar], in *Anniversary Readings: materials science.-practical. Syktyvkar Forest Institute conference on the results of work research in 2009: electronic scientific edition*. Syktyvkar, pp. 292–301.
5. Zaripov, A.S. (2020), “Osobennosti sozdaniya trekhmernoj cifrovoj modeli Central'nogo planirovochnogo rajon agoroda Permi po dannym aerofotos'emki” [Features of creating a three-dimensional digital model of the central planning area of Perm city based on aerial photography data], *Vestnik SGUGiT*, vol. 25, no. 3, pp. 160–168.
6. *Zelenyj fond – Municipal'noe obrazovanie gorod Perm'* [Green fund- Perm city municipality], available at: <https://www.gorodperm.ru/actions/ecology/citynature/greenfund> (accessed 12.01.2021).
7. Ivlieva, N.G., Dolgacheva, T.A., Manukov, V.F., Buchatskaya, N.V. (2010), “Primenenie GIS-tehnologij dlja ocenki social'noj komfortnosti prozhivaniya naselenija v gorode” [GIS technologies using to the assessment of social comfort living in the city], *INTERCARTO. INTERGIS*, vol. 16, pp. 140–144.
8. *Indeks kachestva gorodskoj sredy* [Urban environment quality index], available at: <https://индекс-городов.рф/#/> (accessed 12.02.2021).
9. Cavayas, F., Ramos, Y., Boyer, A. (2011), “Inventarizaciya gorodskih zelenich nasazhdenij i ich monitoring s ispol'zovaniem dannyh WORLDVIEW-2” [Urban vegetation cover inventory update and monitoring from space using WorldView-2 imagery], *Geomatica*, no. 3, pp. 67–73.
10. Kovyazin, V.F., Bogdanov, V.L., Garmanov, V.V., Osipov, A.G. (2016), “Monitoring zeljonyh nasazhdenij s primeneniem bespilotnyh letatel'nyh apparatov” [Monitoring of green plantations with the use of unmanned aerial vehicles], *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, no. 4, pp. 14–19.
11. Kulakova, S.A. (2014), “Uchjot zeljonyh nasazhdenij g. Permi” [Accounting of green planting in Perm city], *Samara Research Center of the Russian Academy of Sciences News*, vol. 16, no. 1–3, pp. 769–771.
12. *Metodika formirovaniya kachestva gorodskoj sredy: rasporjazhenie Pravitel'stva RF ot 23 marta 2019 g. № 510-r* [Urban environment quality formation method], available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_320891/ (accessed 20.01.2021).
13. Mullayarova, P.I. (2018), “O modernizacii sushhestvujushhej metodiki inventarizacii zeljonyh nasazhdenij s uchjotom sovremennyh dostizhenij ajerokosmicheskikh issledovanij i GIS-tehnologii” [On the necessity of improving technique for urban green space inventory taking into account of modern achievements of aerospace research and GIS technologies], *Siberian State University of Geosystems and Technology News*, vol. 23, no. 1, pp. 132–141.
14. Mullayarova, P.I., Trubina, L.K., Nikolaeva, O.N. (2018), “Ispol'zovanie materialov distancionnogo zondirovaniya zemli i GIS-tehnologij dlja ekologicheskogo monitoringa zeljonyh nasazhdenij urbanizirovannyh territorij” [Using of remote sensing data and GIS-technologies for environmental monitoring of urban green spaces], *Regulation of land-property relations in Russia: legal and geospatial provision, assessment of real estate, ecology, technological solutions*, vol. 1, pp. 144–148.
15. *Ob utverzhdenii Perechnja ob'ektov ozelenenija obshhego pol'zovanija goroda Permi: postanovlenie Administracii g. Permi ot 29 aprelya 2011 g. № 188* (s izmenenijami na 6 sentjabrja 2019 goda) [List of public landscaping objects of Perm city: Decree of the of Perm city Administration, April 29, 2011 No. 188 (with changes from September 6, 2019)], available at: <http://docs.cntd.ru/document/428681751> (accessed 20.01.2021).
16. *Ob utverzhdenii formy federal'nogo statisticheskogo nabljudenija s ukazanijami po ee zapolneniju dlja organizacii Ministerstvom stroitel'stva i zhilishhno-kommunal'nogo hozjajstva Rossijskoj Federacii federal'nogo statisticheskogo nabljudenija ob indekse kachestva gorodskoj sredy : Prikaz Rosstata ot 26 nojabrja 2019 g. № 700* [On the approval of the form of federal statistical observation with instructions on its completion for the organization of the Ministry of Construction and Housing and Utilities of the Russian Federation federal statistical observation on the index of urban environment quality], available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_338787/ (accessed 20.01.2021).
17. *Ozelenenie gorodov. GOST 28329-89* [City Landscaping.State Standard 28329-89], available at: <http://docs.cntd.ru/document/gost-28329-89> (accessed 20.01.2021).

Картография и геоинформатика

Сергеева О.С., Пирожков С.П.

18. Pirozhkov, S.P. (2019), *Ispol'zovanie GIS-tehnologij v razvitii urbanizirovannyh territorij (na primere goroda Permi)* [GIS technologies using for urban areas development (on example of Perm city)], *OGAREV-ONLINE*, no. 15, available at: <http://journal.mrsu.ru/earth/> (accessed 10.02.2021).
19. Pogorelov, A.V., Brusilo, V.A., Granik, N.V. (2018), "Modelirovanie ob'ektov ozelenenija goroda po dannym mobil'nogo lazernogo skanirovanija" [Modeling of urban green spaces based on mobile laser scanning data], *INTERCARTO, INTERGIS*, vol. 24, no. 2, pp. 5–17.
20. Pogorelov, A.V., Lipilin, D.A. (2017), "Zeljonye nasazhdenija goroda Krasnodara, ocenka i mnogoletnie izmenenija" [Green spaces of Krasnodar city, evaluation and multi-year changes], *PNIPU News*, no. 3(27), pp. 192–205.
21. Podgornaja, N.A. (2008), *Razrabotka informacionnogo obespechenija ajerokosmicheskogo monitoringa zelenyh nasazhdenij*: autoref. Diss.Kand. Technical. Ph.D. [Development of information support for aerospace monitoring of green spaces of the metropolis, autoref. Dis.], Moscow State University of Geodesy and Cartography.
22. Popova, I.V., Burak, E.E., Vorobyeva, Y.A. (2018), "Primenenie geoinformacionnyh system dlja monitoringa i razvitiya systemy zeljonyh nasazhdenij goroda" [Using GIS for monitoring and development of green planting of the city], in *Housing and public infrastructure*, no. 4(7), pp. 67–75.
23. *Publichnyj portal ISOGD g. Permi* [Information systems for urban planning activities] Perm Public portal, available at: <https://isogd.gorodperm.ru/#/map> (accessed 12.01.2021).
24. Sergeeva, O.S., Pyankov, S.V., Soboleva, E.B. (2002), "Primenenie GIS- tehnologij dlja inventarizacii zeljonyh nasazhdenij (na primere g. Permi)" [GIS technologies using for green spaces inventory (on example of Perm city)], *InterCarto 8: GIS for Sustainable Territories Development*. St. Petersburg, pp. 263–267.
25. Stepanov, A.S., Tuhtanazarova, K.R., Markin, D.A. (2016), "Primenenie prostranstvennyh metodov analiza pri ocenke stepeni ozelenenija Leninskogo administrativnogo rajona g.Orenburga" [Spatial analysis methods application in assessing the degree of landscaping in the Leninsky municipal district of Orenburg city], *SCIENCE TIME*, no. (28), pp. 796–801.
26. Stepanova, I.A., Garickaya, M.Yu., Tuhtanazarova, K.R., SHulaev, S.V. (2016), "Monitoring zelenyh territorij goroda Orenburga" [Monitoring of green areas in the Orenburg city], *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 60, pp. 181–184.

Поступила в редакцию: 05.03.2021

Сведения об авторах

About the authors

Ольга Сергеевна Сергеева

кандидат биологических наук,
доцент кафедры картографии и геоинформатики,
Пермский государственный национальный
исследовательский университет;
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Olga S. Sergeeva,

Candidate of Biology Sciences,
Associate Professor, Department of Cartography and
Geoinformatics, Perm State University;

15, Bukireva Str., Perm, Russia, 614990

e-mail: oikeo@mail.ru

Семен Павлович Пирожков

аспирант направления подготовки «Науки о Земле»
кафедры картографии и геоинформатики;
Пермский государственный национальный
исследовательский университет;
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Semen P. Pirozhkov

Post-graduate student in the field of Earth Science of the
department of Cartography and Geoinformatics, Perm
State University;

15, Bukireva Str., Perm, Russia, 614990;

e-mail: logansvd@mail.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Сергеева О.С., Пирожков С.П. Разработка методики расчета площади озеленения города с применением данных дистанционного зондирования земли // Географический вестник = Geographical bulletin. 2021. № 2(57). С. 170–181. doi: 10.17072/2079-7877-2021-2-170-181.

Please cite this article in English as:

Sergeeva, O.S., Pirozhkov, S.P. (2021). Methodology development for calculating the area of greenery in a city, using remote sensing data. *Geographical bulletin*. No. 2(57). Pp. 170–181. doi: 10.17072/2079-7877-2021-2-170-181.