

УДК 528.8:630
DOI: 10.18799/24131830/2025/4/4935
Шифр специальности ВАК: 25.00.26

Совершенствование метода инвентаризации земель рекреационных зон на примере парка Сосновка города Санкт-Петербург

В.Ф. Ковязин¹, О.А. Пасько^{2✉}, А.О. Борисова¹, Ч.А. Нгуен¹

¹ Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Россия, г. Санкт-Петербург

² Национальный открытый институт, Россия, г. Санкт-Петербург

✉ pasko@noispb.ru

Аннотация. Актуальность. Систематический сбор и анализ информации о количестве, состоянии, возрастном и видовом разнообразии городских насаждений, их распределении и использовании позволяют эффективно управлять зелеными насаждениями, разрабатывать мероприятия по их охране, защите, восстановлению и устойчивому использованию. Развитие технологий дистанционного зондирования Земли создает возможность использовать в качестве исходных материалов для инвентаризации насаждений космические снимки, благодаря которым можно проводить учет растительного покрова дистанционным методом, вместо наземного, что сокращает сроки проведения работ и уменьшает их объем, тем самым повышая эффективность учета земельных ресурсов города. **Цель.** Использование космических снимков для инвентаризации земельных ресурсов парка Сосновка при разработке цифрового паспорта объекта исследования. **Методы.** Расчет вегетационного индекса NDVI с использованием геоинформационной системы QGIS. **Результаты и выводы.** Проведен расчет значений индекса NDVI космического снимка. По полученным значениям выделены категории элементов ландшафта парка Сосновка (искусственно созданные объекты, насаждения, водные объекты и др.), определены их площадь, а также общая площадь всего парка. Проведено сравнение результатов инвентаризации, проведенной наземным и дистанционным методами. Расхождения не превышают 4 %, что соответствует нормативам лесоустройства, действующим в России. Разработана схема совершенствования метода инвентаризации земель рекреационных зон урбанизированных территорий с помощью дистанционного зондирования Земли. Сделан вывод о востребованности, применимости и эффективности усовершенствованного метода для инвентаризации зеленых насаждений. Его внедрение позволит сократить время, упростить выполнение работ и снизить их стоимость, повысить объективность и обеспечить доступ к архивным материалам для проведения мониторинга растительных ресурсов, выявления тенденций изменения и прогнозирования перспектив. Полученные результаты станут основой для исследований, связанных с инвентаризацией земель рекреационных зон в зависимости от доступных данных и целей исследования.

Ключевые слова: инвентаризация, мониторинг, зеленые насаждения, наземный метод, дистанционное зондирование Земли, NDVI

Для цитирования: Совершенствование метода инвентаризации земель рекреационных зон на примере парка Сосновка города Санкт-Петербург / В.Ф. Ковязин, О.А. Пасько, А.О. Борисова, Ч.А. Нгуен // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2025. – Т. 336. – № 4. – С. 169–178. DOI: 10.18799/24131830/2025/4/4935

UDC 528.8:630
DOI: 10.18799/24131830/2025/4/4935

Improving the method of inventory of lands of recreational zones on the example of Sosnovka Park in St. Petersburg

V.F. Kovyazin¹, O.A. Pasko^{2✉}, A.O. Borisova¹, Ch.A. Nguyen¹

¹ Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russian Federation

² National Open Institute, St. Petersburg, Russian Federation

✉ pasko@noispb.ru

Abstract. Relevance. Systematic collection and analysis of information on the quantity, condition, age and species diversity of green spaces, their distribution and use allow for effective management of the country green resources, development of measures for their protection, restoration and sustainable use. The development of Earth remote sensing technologies makes it possible to use space images as source materials for inventory of green spaces, thanks to which it is possible to conduct an inventory remotely instead of field survey, which reduces the time of work and its volume, thereby increasing the efficiency of land resources accounting. **Aim.** The use of satellite images to account for the land resources of Sosnovka Park in the inventory for the development of a digital passport of the object. **Methods.** Calculation of the NDVI using the QGIS geoinformation system. **Results and conclusions.** The authors have calculated the NDVI values of the satellite image. According to the obtained values, they identified the categories of elements of the park landscape of Sosnovka Park (artificially created objects, plantings, water bodies, etc.), determined their areas, as well as the total area of the park. The paper introduces the comparison of the results of the inventory conducted by ground and remote methods. The discrepancies do not exceed 4%, which corresponds to the forest management standards in force in Russia. The authors developed the scheme to improve the method of land inventory of recreational areas of urbanized territories using remote sensing of the Earth. The conclusion is made about the relevance, applicability and effectiveness of the improved method for the inventory of green spaces. Its implementation will reduce time, simplify the execution of works and reduce their cost, increase objectivity and provide access to archival materials for monitoring plant resources, identifying trends and forecasting prospects. The results obtained will form the basis for research related to the inventory of recreational areas, depending on the available data and the objectives of the study.

Keywords: inventory, monitoring, green spaces, ground-based method, remote sensing of the Earth, NDVI

For citation: Kovyazin V.F., Pasko O.A., Borisova A.O., Nguyen Ch.A. Improving the method of inventory of lands of recreational zones on the example of Sosnovka Park in St. Petersburg. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2025, vol. 336, no. 4, pp. 169–178. DOI: 10.18799/24131830/2025/4/4935

Введение

В большинстве стран стремительная урбанизация ведет к сокращению территорий, занятых естественными насаждениями [1]. Это негативно влияет на химический состав [2], температуру воздуха [3] и почвы [4], качество окружающей среды и в конечном итоге на благополучие людей, их заболеваемость и смертность [4, 5]. Зеленые насаждения в мегаполисах являются важным средством создания комфортной городской среды проживания [6], повышения качества жизни горожан, снижения уровня антропогенного воздействия на природную экосистему и поддержания биоразнообразия [7].

Наличие растительности в городе, независимо от категории и площади зеленых насаждений, рассматривается в качестве экономичного и экологичного условия для комфортного проживания населения и значимого фактора устойчивого развития территории. Согласно рекомендациям ВОЗ (Всемирная Организация Здравоохранения), площадь зеленых насаждений должна составлять на душу населения 9–50 м². Особое внимание уделяется качеству зеленых насаждений, контроль за которым осуществляется в рамках их инвентаризации. Отметим, что в Санкт-Петербурге наиболее озелененными являются Петродворцовый, Пушкинский и Курортный районы. В них на каждого жителя приходится от 51,69 до 91,96 м² земли зеленых насаждений, наименее – Василеостровский (6,91 м²) и Адмиралтейский (4,84 м²) районы [8].

Важным инструментом учета и оценки качественного и количественного состояния зеленых зон города, их составляющих, а также определения выполняемых ими экологических функций являет-

ся инвентаризация зеленых насаждений [9]. В ее рамках проводят комплекс работ, включающий обследование состояния зеленых насаждений, учет древесных и кустарниковых видов, оценку их влияния на городскую экосистему, составление тематических карт и планов [10]. Правила и порядок проведения инвентаризации зеленых насаждений, а также меры по охране и управлению озелененными землями определяет нормативно-правовая база [11]. В настоящее время она регламентирует только наземный метод инвентаризации [12, 13]. На наш взгляд, более информативен и перспективен метод, основанный на обработке данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [14, 15] с помощью геоинформационной системы QGIS, однако он применяется только для оценки лесных ресурсов [16] и нуждается в адаптации, связанной со спецификой объекта исследования.

Цель исследования – совершенствование метода инвентаризации земель рекреационной зоны на примере парка Сосновка города Санкт-Петербург путем использования данных дистанционного зондирования Земли.

Материалы и методы

Объект исследования – парк Сосновка, расположенный в Выборгском районе города Санкт-Петербург, один из самых крупных парков города. Его ограничивают проспекты Светлановский – с юго-востока; Тихорецкий – с востока, Северный – с севера; проспект Тореза – с юго-запада; границы парка проходят также по улицам Витковского, Жака Дюкло и Лиственная [16].

Парк условно разделен на две зоны: юго-западнее улицы Жака Дюкло расположена территория с развитой инфраструктурой, северо-восточнее – слабо подвергшаяся антропогенному воздействию. В западной части парка находятся спортивно-стрелковый клуб «Олимпиец» и стрельбище; в северо-западной части – шесть торфяных прудов [17]. На территории Сосновки имеется система осушительных каналов и водоемов, созданная в том числе в рекреационных целях (табл. 1). Площадь водоемов составляет: Собачий пруд – 0,97 га; Южный и Северный пруды на Тихорецком проспекте – 0,66 и 0,92 га соответственно; Восточный, Западный и Средний пруды на улице Лиственной – 0,46; 0,38 и 0,13 га. Средняя глубина варьирует в пределах 1,7–1,9 м, максимальная – от 2,1 до 2,4 м.

Преобладающими породами в парке являются сосна обыкновенная и береза пушистая, встречаются лиственница европейская, дуб черешчатый, липа мелколистная и клен остролистный. Изначально парк представлял собой чистый аборигенный сосновый лес. После осушения торфяников и изменения условий внешней среды произошла сукцессия и частичная экзогенетическая смена сосны на березу. В классическом лесоводстве этот процесс рассматривается как регрессивный, обесценивающий лесной фонд. Сосновая древесина более ценная, чем березовая. В настоящее время 55 % территории парка занято сосной, 43 % – березой и 2 % – прочими древесными породами [17].

В России инвентаризацию парковых земель осуществляют раз в пять лет в соответствии с требованием [12]. При наземном обследовании определяют преобладающую породу насаждений, состав, возраст деревьев, их диаметр на высоте 1,3 м, высоту, густоту древостоя, сомкнутость полога, санитарное состояние и другие таксационные (оценочные) показатели. На основании полученных результатов дают оценку о состоянии зеленых насаждений и мерах, необходимых для улучшения ситуации [18]. Также отмечают площадь элементов благоустройства: виды покрытий дорожек, площадь под спортивными и прочими строениями и сооружениями, под водоемами. Площадь объекта инвентаризации вычисляют по его тематическому плану одним из способов: разбивка на простейшие геометрические фигуры; использование планиметра или палетки, аналитически. Полученные сведения вносят в Паспорт объекта инвентаризации.

Указанные выше сведения могут быть получены с помощью данных ДЗЗ, что частично показано в [19–22]. В данной работе предложена комплексная методика инвентаризации зеленых насаждений на примере парка Сосновка с использованием космоснимков [23], NDVI [24, 25] и геоинформационной системы QGIS, которая включает следующие этапы:

1. *Определение границ и площади.* Этап выполнен фотограмметрическим методом. Определено местоположение характерных точек границ парка Сосновка путем оцифровки космического снимка [26] и расчета площади в программном обеспечении ГИС [27].
2. *Определение породного состава естественных и искусственных насаждений.* Для качественной оценки земель парка и растительности применен синтез спектральных каналов, которые при определенных комбинациях позволили выделить и визуализировать некоторые характеристики пространственных объектов (породный состав насаждений, наличие определенного количества биомассы (запаса древесины) в насаждениях) [28]. Для идентификации видов древесно-кустарникового и растительного покрова использована комбинация спектральных каналов NIR-Red-Green «искусственные цвета». При ее применении ярко-красным цветом отображаются лиственные породы, красно-коричневым – хвойные деревья, светло-красным – кустарниковая и травянистая растительность; голубым – искусственно созданные объекты (здания, дороги, спортивные площадки), серым – земля без растительности, черным – водные объекты (пруды). Количество деревьев каждой породы определено глазомерно-измерительным методом при инвентаризации земель парка в ходе разработки паспорта зеленых насаждений объекта. Расчеты проведены статистическим методом и путем закладки на снимке в разных местах парка пяти пробных площадей размером 100×100 м. На них по форме кроны установлено количество хвойных и лиственных пород; затем найдено среднее значение на каждой площадке, переведено на всю площадь парка и определена доля каждой группы пород.
3. *Определение площадей элементов ландшафта.* После расчета вегетационных индексов определены площади различных по составу древостоев, а также иных объектов, расположенных на землях парка. Расчеты проведены путем векторизации полученного растрового изображения по значениям NDVI. Использованы космические снимки спутника Sentinel-2 на сайте ESA – Copernicus. Они отдельно импортированы в QGIS для дальнейшего анализа. Границы парка Сосновка определены путем их оцифровки по космическому снимку. Для этого в программе QGIS создан новый слой, в котором построен полигональный объект по расположению поворотных точек границ парка. Определение породного состава насаждений и дешифрирование земель парка Сосновка с помощью комбинации спектральных каналов NIR-Red-Green приведены на рис. 1.



Рис. 1. Этапы обработки космоснимков: А) выбор территории и установление необходимых параметров; Б) оцифровка границ парка Сосновка; В) синтез спектральных каналов NIR-Red-Green
Fig. 1. Stages of satellite image processing: A) selection of territory and establishment of necessary parameters; B) digitization of the boundaries of Sosnovka Park; C) synthesis of NIR-Red-Green spectral channels

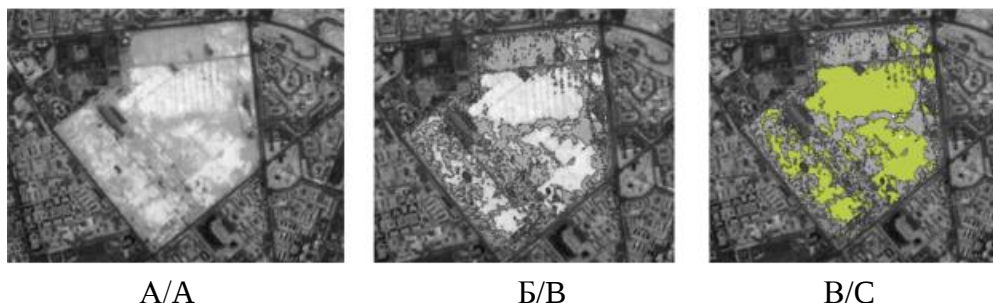


Рис. 2. Последовательные этапы обработки изображения для определения площадей исследуемых объектов: А) карта значений вегетационных индексов; Б) векторизованное изображение территории парка; В) выделение площадей, занятых хвойными насаждениями
Fig. 2. Consecutive stages of image processing to determine the areas of the objects under study: A) map of vegetation indices; B) vectorized image of the park territory; C) allocation of areas occupied by coniferous plantations

Для расчета площадей, занимаемых различными видами растительности и искусственными объектами, использован NDVI. Согласно полученной шкале, значения NDVI для хвойных деревьев $>0,6$, для лиственных деревьев находятся в пределах $0,6-0,3$, для водных объектов $0,3-(-0,15)$, для объектов искусственного происхождения $<-0,15$. Для определения площадей, занятых каждым из этих видов объектов, произведена векторизация полученной в растровом формате карты значений NDVI с помощью инструмента «Создание полигонов (растр в вектор)» (рис. 2).

Далее выделены участки, занятые различными насаждениями, и с помощью калькулятора растров рассчитана их общая площадь и площадь каждого выделенного участка. Аналогично определены площади, занятые лиственными деревьями, водными объектами – прудами, искусственно созданными объектами – в совокупности парковыми дорожками и благоустроенными площадками (рис. 3, 4). Количественные показатели, полученные в ходе инвентаризации парка Сосновка дистанционным и наземным методами, представлены в табл. 1.

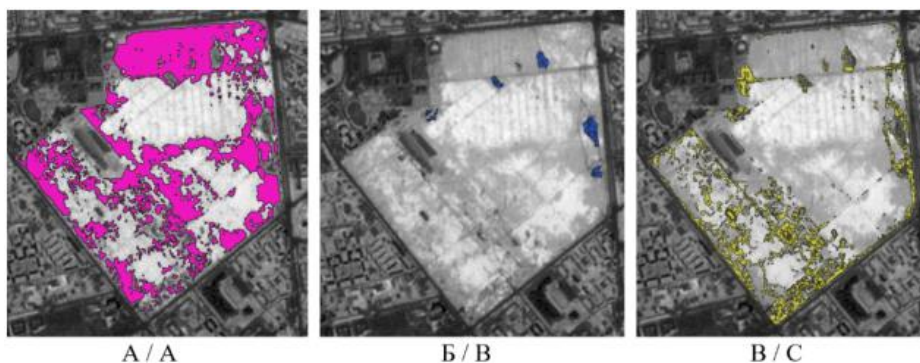


Рис. 3. Выделение площадей, занятых лиственными насаждениями (А), водными объектами (Б) и объектами искусственного происхождения (В)

Fig. 3. Identification of areas occupied by deciduous plantings (A), water bodies (B) and objects of artificial origin (C)

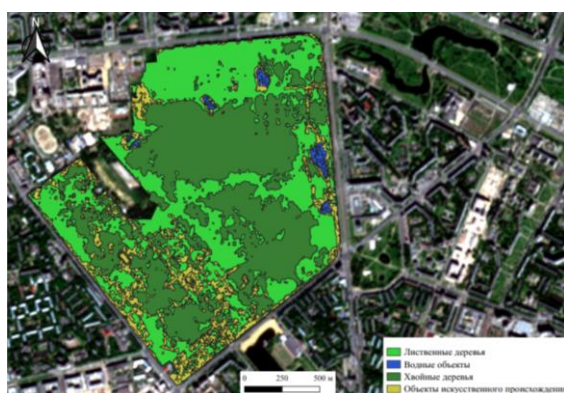


Рис. 4. Дешифрирование космоснимка парка Сосновка
Fig. 4. Interpretation of a satellite image of Sosnovka Park

Таблица 1. Сопоставление количественных показателей, полученных в ходе инвентаризации парка Сосновка дистанционным и наземным методами

Table 1. Comparison of quantitative indicators obtained during the inventory of Sosnovka Park using remote and ground methods

Площадь, га Area, ha	Дистанционный метод Distance method	Наземный метод Ground method
Общая/Total	290,22	289,63
Занятая хвойными насаждениями Occupied by coniferous plantations	124,58	133,81
Занятая лиственными насаждениями Occupied by deciduous plantings	114,18	104,61
Занятая водными объектами Occupied by water bodies	3,39	3,52
Занятая искусственными объектами Occupied by artificial objects	46,48	46,34

Анализ данных табл. 1 показывает, что наибольшие расхождения между данными дистанционного и наземного методов наблюдаются в

площадях, занимаемых древесными насаждениями. Они могут быть обусловлены недостаточно высоким спектральным разрешением космических снимков. В [29] содержится информация о значениях точности определения координат характерных точек границ земельных участков. Согласно им, для земельных участков, отнесенных к землям населенных пунктов, средняя квадратическая погрешность определения координат (местоположения) характерных точек не должна превышать 0,10 м. Размер проекции пикселя на местности для аэрофотоснимков и космических снимков, используемый в данном исследовании, равен 0,05 м (5 см).

В соответствии с [30], городские леса, скверы, парки, сады, относят к землям рекреационного назначения, которые входят в категорию «земель населенных пунктов». Следовательно, для использования данных ДЗЗ в целях инвентаризации земель необходимы снимки с пространственным разрешением менее 1 м. Космические снимки сверхвысокого пространственного разрешения в свободном доступе отсутствуют и приобретаются у поставщиков на коммерческой основе. Для решения задач инвентаризации земель рекреационной зоны нами рекомендована последовательность, представленная на рис. 5.

В соответствии с планом инвентаризации парка Сосновка установлено, что древесно-кустарниковой растительностью покрыто 84 % от его общей площади; 16 % территории занимают дорожки, водные объекты (пруды) и благоустроенные спортивные площадки. Породный состав древесной растительности представлен в табл. 2.

С помощью данных ДЗЗ установлено, что в парке Сосновка растительностью занято 84 % площади, на остальной территории находятся дороги, поляны, пруды и болота. В центральной части на песчаных почвах доминирует сосна обыкновенная, в северо-западной – береза пушистая. Декоративная растительность представлена одиночными деревьями лиственных и хвойных пород.



Рис. 5. Последовательность этапов проведения инвентаризации земель рекреационной зоны урбанизированной территории

Fig. 5. Sequence of stages of conducting an inventory of lands of the recreational zone of an urbanized territory

Таблица 2. Видовое разнообразие древесных пород в парке Сосновка

Table 2. Biological diversity of tree species in Sosnovka Park

Древесные породы/Wood species			
Хвойные/Conifers		Лиственные/Deciduous	
Название породы/Name	Число, шт. Quantity, pcs.	Название породы/Name	Число, шт. Quantity, pcs.
Кедр сибирский (Pinus sibirica)/Siberian cedar	48	Береза пушистая (Betula pubescens)/Fluffy birch	80849
Сосна обыкновенная (Pinus sylvestris) Scots pine	119817	Дуб черешчатый (Quercus robur)/English oak	1533
Лиственница сибирская (Larix sibirica) Siberian larch	1295	Ива козья (Salix caprea)/Goat willow	107
		Клен остролистный (Acer platanoides)/Norway maple	5718
		Липа мелколистная (Tilia cordata)/Small-leaved linden	650
Ель европейская (Picea abies) European spruce	20913	Рябина обыкновенная (Sorbus aucuparia)/Rowan	15005
		Клен татарский (Acer tataricum)/Tatar maple	103959
Всего/Total	152873		256832

По периферии парка на торфянистых почвах произрастают лиственные деревья, что связано с их более высокой устойчивостью к торфянистым почвам и антропогенному загрязнению атмосферы, характерному для местонахождения парка Сосновка [9]. Лиственные деревья ежегодно меняют листву, аккумулирующую загрязнители, а хвойные деревья – раз в пять лет.

Заключение

Инвентаризацию рекреационных объектов (парков, садов) в Санкт-Петербурге и других городах Российской Федерации проводят глазомерно-измерительным методом, который имеет ряд существенных недостатков. Он субъективен, точность и интерпретация данных во многом зависят от опыта и квалификации инженера. Как правило, при длительном учете растений из-за переутомления или

небрежности записей появляются ошибки. Трудоемкость метода обусловлена большим объемом измерений и необходимостью индивидуального перечета деревьев на учетной (пробной) площади, на которые разбита вся территория парка. Возможность наземного обследования во многом лимитируется погодными условиями. Использование неупреждающих инструментов и приборов, а также выбор неверных таблиц ведет к появлению систематических ошибок в получаемых оценочных данных.

Применение дистанционного метода инвентаризации земель имеет ряд существенных преимуществ перед наземным методом:

- меньшие затраты времени на выполнение работ в связи с отсутствием необходимости выезда на местность;
- отсутствие необходимости проведения работ в труднодоступных локациях в связи с возможностью дистанционного получения исходных материалов, в т. ч. за предыдущие годы;

- ускорение и упрощение выполнения работ при использовании программного обеспечения ГИС в качестве инструмента по сравнению с проведением измерений в полевых условиях вручную с помощью дорогостоящего оборудования.

Расхождение расчетных параметров по предложенной схеме не превышает 5 %, что соответствует нормативам лесоустройства. Для получения более точных результатов рекомендуется использовать космоснимки со сверхвысоким пространственным разрешением (1 м и более), которые можно приобрести, в частности, у Госкорпорации «Роскосмос».

Таким образом, применение дистанционного метода для проведения работ по инвентаризации рекреационных зон урбанизированных территорий является перспективным и востребованным научно-практическим направлением. Использование дистанционного метода вместо наземного значительно сокращает время и снижает стоимость работ при росте их эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каппушева М.Б. Зеленые насаждения и их роль в современном городе // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – № 4-3 (79). – С. 21–24. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zelenye-nasazhdeniya-i-ih-rol-v-sovremennom-gorode> (дата обращения: 12.12.2024).
2. Son N.T., Thanh B.X. Decadal assessment of urban sprawl and its effects on local temperature using Landsat data in Cantho city, Vietnam // Sustainable Cities and Society. – 2018. – Vol. 36. – P. 81–91. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.10.010> (дата обращения: 12.12.2024).
3. Hamada S., Ohta T. Urban Forestry & Urban Greening Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas // Urban Forestry & Urban Greening. – 2019. – Vol. 9 (1). – P. 15–24. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.10.002> (дата обращения: 12.12.2024).
4. Толовёнок Д.В. Градоэкологический каркас как основа создания здоровых городов // Оздоровление городской среды. – 2022. – № 1. – С. 108–117.
5. Psychophysiological responses and restorative values of wilderness environments / C.-Y. Chang, P.-K. Chan, W.E. Hammett, L. Machnik // USDA Forest Service Proceedings RMPS. – 2007. – P. 479–484. URL: <http://www.fs.fed.us/24/04/2010> (дата обращения: 12.12.2024).
6. Gagliardi C., Piccinini F. The use of nature – based activities for the well-being of older people: An integrative literature review // Archives of Gerontology and Geriatrics. – 2019. – Vol. 83. – P. 315–327.
7. Vitamin G: effects of green space on health, well-being, and social safety / P.P. Groenewegen, A.E. Van den Berg, S. De Vries, R.A. Verheij // BMC Public Health. – 2006. – Vol. 6. – № 149. URL: <http://www.narcis.nl/publication/RecordID19/12/2011> (дата обращения 12.12.2024).
8. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2023 году / под ред. А.В. Германа, И.А. Серебрицкого. – СПб: Изд-во правительства СПб, 2024. – 221 с.
9. Алексеев А.С. Теоретические основы организации и проведения государственной (национальной) инвентаризации лесов // Тр. С.-Петербургского научно-исслед. инст. лесн. хоз-ва. – 2010. – Вып. 1 (21). – С. 163–184.
10. Изучение состояния и роста лесных культур в зеленой зоне г. Астаны / С.А. Кабанова, Е.П. Вибе, М.Н. Кабанов, М.А. Данченко, П.В. Шахматов, В.А. Борцов // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. – 2024. – № 1. – С. 21–28. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-sostoyaniya-i-rosta-lesnyh-kultur-v-zelenoy-zone-g-astany> (дата обращения 12.12.2024).
11. Архипов В.И., Перепечина Ю.И., Глушенков О.И. Государственная инвентаризация российских лесов // Лесотехнический журнал – 2014. – Т. 4. – № 2. – С. 60–67. URL: <https://doi.org/10.12737/42-4> (дата обращения 12.12.2024).
12. Порядок, утвержденный распоряжением Комитета от 07.02.2020 № 5-р «О порядке осуществления инвентаризации территорий зеленых насаждений и признании утратившими силу распоряжений Государственной инспекции по контролю за использованием объектов недвижимости Санкт-Петербурга и Комитета по контролю за имуществом Санкт-Петербурга». URL: <https://docs.cntd.ru/document/564233403> (дата обращения: 12.12.2024).
13. Тесаловский А.А., Анисимов Н.В. Система мониторинга зелёных насаждений на урбанизированных территориях // Московский экономический журнал. – 2023. – № 1. – С. 71–75. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-monitoringa-zelyonyh-nasazhdeniy-na-urbanizirovannyh-territoriyah> (дата обращения 12.12.2024).
14. Методика сегментации изображений беспилотных летательных аппаратов с помощью нейронных сетей / М.Ю. Катаев, Е.Ю. Карташов, В.В. Рябухин, Е.В. Макаров, О.А. Пасько // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2023. – Т. 20. – № 1. – С. 55–66. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-1-55-66.
15. Мониторинг состояния растительного покрова территории Центрального Ирака с использованием спутниковых данных LANDSAT-8 / О.С. Токарева, О.А. Пасько, С.М. Маджид, П. Кабраль // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – № 6. – С. 19–31.

16. Оценка состояния припоселковых кедровников Томской области с использованием данных дистанционного зондирования Земли / О.А. Пасько, О.С. Токарева, Д.А. Алшаиби, Т.Ю. Черникова, П. Кабраль // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 1. – С. 98–109. DOI 10.18799/24131830/2019/1/54
17. Материалы комплексного экологического обследования планируемой к организации особо охраняемой природной территории «Парк «Сосновка» – истоки Мурунского ручья. – СПб.: ООО «Аконит» исследования, изыскания, проектирование, 2009. – 246 с.
18. Мониторинг земель лесного фонда провинции Кон Тум Вьетнама по данным ДЗЗ / В.Ф. Ковязин, О.А. Пасько, Е.М. Лоос, Ч.А. Нгуен // Геодезия и картография. – 2023. – Т. 84. – № 2. – С. 57–64. DOI: 10.22389/0016-7126-2022-984-6-54-63.
19. Ковязин В.Ф., Нгуен Ч.А., Нгуен Т.Ч. Мониторинг земель лесного фонда провинции Кон Тум Вьетнама по данным ДЗЗ // Геодезия и картография. – 2023. – № 2. – С. 57–64.
20. Проблемы управления лесными ресурсами в Арктической зоне Российской Федерации / В.Ф. Ковязин, О.Ю. Лепихина, П.М. Демидова, О.А. Колесник, С.О.П. Шобайри, Ч.А. Нгуен // Лесной журнал. – 2023. – № 3. – С. 185–194.
21. USGS (2016) Landsat 8 (L8) Data Users Handbook (LSDS-1574 version 2.0) / USGS Landsat User Services. U.S. Geological Survey. URL: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8-data-users-handbook> (дата обращения: 12.12.2024).
22. Mudede A., Nkongolo N. Estimating urban greenness index using remote sensing data: a case study of an affluent vs. poor suburbs in the city of Johannesburg // Egypt. J. Remote Sens. Space Sci. 2021. – Vol. 24 (3). – P. 343–351. URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85088218271&origin=inward&txGid=fd01114d46fa622e41e689a38b4d9a56> (дата обращения: 12.12.2024).
23. Monitoring urban green space using remote sensing derived-vegetation indices in Colombo District, Sri Lanka / L.M. Zahir, M.H.F. Nuskiya, P.S. Ven, A.L. Iyoob, M.L.F. Ameer // Procedia Computer Science. – 2024. – Vol. 236. – P. 248–256. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.05.028> (дата обращения: 12.12.2024).
24. Individual tree-based forest species diversity estimation by classification and clustering methods using UAV data / X. Li, Z. Zheng, C. Xu, P. Zhao, J. Chen, J. Wu, X. Zhao, D. Zhao, Y. Zeng // Frontiers in Ecology and Evolution. – 2023. – Vol. 11. – P. 1–14. DOI: 10.3389/fevo.2023.1139458.
25. Laze K. Preliminary findings on remote sensing of forest cover change, forest and tree health in southeastern Europe // Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B4-2022. – P. 133–139. URL: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2022-133-2022>, 2022 (дата обращения: 12.12.2024).
26. Космический снимок парка Сосновка. URL: <https://browser.dataspace.copernicus.eu> (дата обращения: 12.12.2024).
27. LLAM-MDCNet for detecting remote sensing images of dead tree clusters / Z. Li, Y. Ruoli, C. Weiwei, X. Yongfei, H. Yaowen, L. Li // Remote Sensing. – 2022. – Vol. 14. – № 15:3684. URL: <https://doi.org/10.3390/rs14153684> (дата обращения: 12.12.2024).
28. Comparison of field survey and remote sensing techniques for detection of bark beetle-infested trees / B. Vojtěch, J. Hanus, L. Dobrovolný, L. Homolova // Forest Ecology and Management. – 2022. – Vol. 506. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811272101077X> (дата обращения: 12.12.2024).
29. Приказ Росреестра от 23.10.2020 N П/0393 (ред. от 29.10.2021) «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места» (Зарегистрировано в Минюсте России 16.11.2020 N 60938). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=412794> (дата обращения: 12.12.2024).
30. «Земельный кодекс Российской Федерации» от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 08.08.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 19.08.2024). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773 (дата обращения: 12.12.2024).

Информация об авторах

Василий Федорович Ковязин, доктор биологических наук, профессор кафедры землеустройства и кадастров, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Россия, 199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, 2; vfkedr@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3118-851X>

Ольга Анатольевна Пасько, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат биологических наук, проректор по научной работе Национального открытого института г. Санкт-Петербург, Россия, 197183, г. Санкт-Петербург, ул. Сестрорецкая, 6; pasko@noispb.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8322-834X>

Арина Олеговна Борисова, студент кафедры землеустройства и кадастров, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Россия, 199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, 2; arina-borisova2002@mail.ru

Чьонг Ан Нгуен, аспирант кафедры землеустройства и кадастров, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Россия, 199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, 2; annguenthebeatles1997@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4881-794X>

Поступила в редакцию: 13.12.2024

Поступила после рецензирования: 17.01.2025

Принята к публикации: 19.03.2025

REFERENCES

1. Kappusheva M.B. Green spaces and their role in a modern city. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2023, no. 4-3 (79), pp. 21–24. (In Russ.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/zelenye-nasazhdeniya-i-ih-rol-v-sovremennom-gorode> (accessed 12 December 2024).
2. Son N.T., Thanh B.X. Decadal assessment of urban sprawl and its effects on local temperature using Landsat data in Cantho city. Vietnam. *Sustainable Cities and Society* 201836 (2018):81–91. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.10.010> (accessed 12 December 2024).
3. Hamada S., Ohta T. Urban forestry & urban greening seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2019, no. 1, pp.15–24. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.10.002> (accessed 12 December 2024).
4. Tolovenkova D.V. The urban ecological framework as the basis for creating healthy cities. *Improving the urban environment*, 2022, no. 1, pp. 108–117. (In Russ.)
5. Chun-Yun Chang, Ping-Kan Chan, Hammett W.E., Machnik L. Psychophysiological responses and restorative values of wilderness environments. *USDA Forest service Proceedings RMPS*, 2007, pp. 479–484. Available at: <http://www.fs.fed.us/24/04/2010> (accessed 12 December 2024).
6. Gagliardi C., Piccinini F. The use of nature – based activities for the well-being of older people: An integrative literature review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 2019, vol. 83, pp. 315–327.
7. Groenewegen P.P., Van den Berg A.E., De Vries S., Verheij R.A. Vitamin G: effects of green space on health, well-being, and social safety. *BMC Public Health*, 2006, vol. 6, no. 149. Available at: http://www.narcis.nl/publication/RecordID_19/12/2011 (accessed 12 December 2024).
8. German A.V., Serebriksky I.A. *Report on the environmental situation in St. Petersburg in 2023*. St. Petersburg, Government of St. Petersburg Publ., 2024. 221 p. (In Russ.).
9. Alekseev A.S. Theoretical foundations of the organization and conduct of the state (national) forest inventory. *Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research. Institute of Forestry households*, 2010, Iss. 1 (21), pp. 163–184 (In Russ.).
10. Kabanova S.A., Vibe E.P., Kabanov M.N., Danchenko M.A., Shakhmatov P.V., Bortsov V.A. Study of the state and growth of forest crops in the green zone of Astana. *MGUL Bulletin is a forest bulletin*, 2024, no. 1. (In Russ.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/izucheniye-sostoyaniya-i-rosta-lesnyh-kultur-v-zelenoy-zone-g-astany> (accessed 12 December 2024).
11. Arkhipov V.I., Perepetchina Yu.I., Glushenkov O.I. State inventory of Russian forests. *Forestry Journal*, 2014, vol. 4, no. 2, pp. 60–67. (In Russ.) Available at: <https://doi.org/10.12737/42-4> (accessed 12 December 2024).
12. *The procedure approved by the Order of the Committee dated 02/07/2020 No. 5-r "On the procedure for carrying out an inventory of green areas and invalidating the orders of the State Inspectorate for Control over the Use of Real Estate in St. Petersburg and the Committee for the Control of Property of St. Petersburg."* Available at: <https://docs.cntd.ru/document/564233403> (accessed 12 December 2024).
13. Tesalovsky A.A., Anisimov N.V. Monitoring system of green spaces in urbanized territories. *Moscow Economic Journal*, 2023, no. 1, pp. 71–75. (In Russ.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-monitoringa-zelyonyh-nasazhdeniy-na-urbanizirovannyh-territoriyah> (accessed 12 December 2024).
14. Kataev M.Yu., Kartashov E.Yu., Ryabukhin V.V., Makarov E.V., Pasko O.A. Methods of image segmentation of unmanned aerial vehicles using neural networks. *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*, 2023, vol. 20, no. 1, pp. 55–66. (In Russ.) DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-1-55-66.
15. Tokareva.S., Alshaibi A.D.A., Pasko O.A. Assessment of the regenerative dynamics of forest vegetation cover using data from LANDSAT satellites. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2021, vol. 332, no. 7, pp. 191–199. (In Russ.) DOI 10.18799/24131830/2021/07/3283.
16. Pasko O.A., Tokareva O.S., Al shaibi ADA., Chernikova T.Yu., Kabral P. Assessment of the condition of near-village cedars of the Tomsk region using Earth remote sensing data. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2019, vol. 330, no. 1, pp. 98–109. (In Russ.) DOI: 10.18799/24131830/2019/1/54
17. *Materials of a comprehensive environmental survey of the planned organization of a specially protected natural area "Sosnovka Park" – the sources of Murinsky Creek*. St. Petersburg, Akonit LLC research, surveys, design Publ., 2009. 246 p. (In Russ.)
18. Kovyazin V.F., Pasko O.A., Loos E.M., Nguyen C.A. Monitoring of the lands of the forest fund of the Con Tum province of Vietnam according to remote sensing data. *Geodesy and cartography*, 2023, vol. 84, no. 2, pp. 57–64. (In Russ.) DOI: 10.22389/0016-7126-2022-984-6-54-63.
19. Kovyazin V.F., Nguyen C.A., Nguyen T.H. Monitoring of the lands of the forest fund of the province of KonTum Vietnam according to remote sensing. *Geodesy and cartography*, 2023, no. 2, pp. 57–64.
20. Kovyazin V.F., Lepikhina O.Yu., Demidova P.M., Kolesnik O.A., Shobairi S.O.R., Nguyen C.A. Problems of forest resources management in the Arctic zone of the Russian Federation. *Lesnoy zhurnal*, 2023, no. 3, pp. 185–194.
21. *USGS (2016) Landsat 8 (L8) Data Users Handbook (LSDS-1574 version 2.0)*. In *USGS Landsat User Services. U.S. Geological Survey*. Available at: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8-data-users-handbook> (accessed 12 December 2024).
22. Mudede A., Nkongolo N. Estimating urban greenness index using remote sensing data: A case study of an affluent vs. poor suburbs in the city of Johannesburg. *Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.*, 2021, vol. 24 (3), pp. 343–351. Available at: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85088218271&origin=inward&txGid=fd01114d46fa622e41e689a38b4d9a56> (accessed 12 December 2024).
23. Zahir L.M., Nuskiya M.H.F., Ven P.S., Iyooob A.L., Ameer M.L.F. Monitoring urban green space using remote sensing derived-vegetation indices in Colombo District, Sri Lanka. *Procedia Computer Science*, 2024, vol. 236, pp. 248–256. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.05.028> (accessed 12 December 2024).
24. Li X., Zheng Z., Xu C., Zhao P., Chen J., Wu J., Zhao X., Zhao D., Zeng Y. (2023). Individual tree-based forest species diversity estimation by classification and clustering methods using UAV data. *Frontiers in Ecology and Evolution*, DOI: 10.3389/fevo.2023.1139458.

25. Laze K. Preliminary findings on remote sensing of forest cover change, forest and tree health in southeastern Europe, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII-B4-2022, pp. 133–139. Available at: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2022-133-2022>, 2022. (accessed 12 December 2024).
26. *Satellite image of Sosnovka Park*. Available at: <https://browser.dataspace.copernicus.eu> (accessed 12 December 2024).
27. Li Z., Ruoli Y., Weiwei C., Yongfei X., Yaowen H., Liu Jun Li. LLAM-MDCNet for Detecting Remote Sensing Images of Dead Tree Clusters. *Remote Sensing*, 2022, vol. 14, no. 15:3684. Available at: <https://doi.org/10.3390/rs14153684>. (accessed 12 December 2024).
28. Vojtěch B., Hanus J., Dobrovolný L., Homolova L. Comparison of field survey and remote sensing techniques for detection of bark beetle-infested trees. *Forest Ecology and Management*, 2022, vol. 506. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811272101077X> (accessed 12 December 2024).
29. Order of the Federal Register of 23.10.2020 N P/0393 (ed. from 10/29/2021) "On approval of requirements for accuracy and methods for determining the coordinates of characteristic points of the boundaries of the land plot, requirements for accuracy and methods for determining the coordinates of characteristic points of the contour of a building, structure or an object under construction on the land plot, as well as requirements for determining the area of a building, structure, premises, parking space". *Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 11.16.2020 no 60938* (In Russ.) Available at: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=412794> (accessed 12 December 2024).
30. "Land Code of the Russian Federation" dated 10/25/2001 No. 136-FZ (as amended on 08.08.2024) (with amendments and additions, intro. effective from 08.19.2024) (In Russ.) Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773 (accessed 12 December 2024).

Information about the authors

Vasily F. Kovyazin, Dr. Sc., Professor, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, 2, Vasilievsky Island, 21st line, Saint Petersburg, 199106, Russian Federation. vfkedr@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3118-851X>

Olga A. Pasko, Dr. Sc., Cand. Sc., Vice-Rector for Research of the National Open Institute of St. Petersburg, 6, Sestroretskaya street, St. Petersburg, 197183, Russian Federation. pasko@noispb.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8322-834X>

Arina O. Borisova, Student, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, 2, Vasilievsky Island, 21st line, Saint Petersburg, 199106, Russian Federation. arina-borisova2002@mail.ru

An T. Nguyen, Postgraduate Student, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, 2, Vasilievsky Island, 21st line, Saint Petersburg, 199106, Russian Federation. annguyenthebeatles1997@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4881-794X>

Received: 13.12.2024

Revised: 17.01.2025

Accepted: 19.03.2025