

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-3-117-126>

УДК 630*181:712.4:502.175



ДИНАМИКА ЛЕСОВОДСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА

Д.С. Степанова , В.А. Савченкова, М.А. Лавренов

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал);
141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, 1, Россия

Аннотация. Исследования посвящены оценке состояния зеленых насаждений северо-восточной части г. Москвы, которые являются наглядным примером объектов, испытывающих повышенную антропогенную нагрузку и в то же время выполняющих свои главные функции – поглощение и переработку продуктов негативного воздействия. Цель исследований заключается в оценке динамики лесоводственно-экологического состояния насаждений в условиях мегаполиса путем определения степени деформации вегетативных органов основной лесообразующей породы, а также содержания в них и почве таких опасных химических элементов, как свинец и цинк. Для достижения поставленной задачи на территории парка «Лосиный остров» в 2022 г. были заложены две пробные площади, расположенные в пределах рекреационной зоны на разной удаленности от границ лесопарка и обследованные в 2001 г. ООО «Прима-М» в рамках общегородской программы мониторинга. Дано описание проведенных исследований по оценке динамики изменения лесоводственных характеристик зеленых насаждений Национального парка «Лосиный остров» от степени деформации листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth) и содержания в почве и листьях данной породы свинца и цинка. В результате актуализация данных, полученных в ходе исследований в 2022 г., и их сравнение с предыдущими в дополнение показателями измерений флуктуирующей асимметрии листьев позволяют сделать вывод об адаптации насаждений к свинцу и цинку. Результаты проведенных исследований могут служить обоснованием для установления новых ориентировочно допустимых концентраций свинца и цинка в почве и воздухе, а также позволят судить о высокой степени адаптации березы повислой к неблагоприятным экологическим условиям. Данные, полученные в ходе исследований, будут использованы в дальнейшем для сравнительного анализа в отношении результатов других природных объектов, расположенных в других административных округах г. Москвы (Природно-исторический парк «Кузьминки», Музей-заповедник «Коломенское», Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина).

Ключевые слова: антропогенное воздействие, озелененные территории, береза повислая, состав насаждения, категория состояния, бонитет древостоя, показатели качества окружающей среды, тяжелые металлы, накопительный эффект, показатель флуктуирующей асимметрии

Формат цитирования: Степанова Д.С., Савченкова В.А., Лавренов М.А. Динамика лесоводственно-экологического состояния насаждений в условиях мегаполиса // Природоустройство. 2025. № 3. С. 117-126. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-3-117-126>

Scientific article

DYNAMICS OF THE FORESTRY AND ECOLOGICAL STATE OF PLANTINGS IN A MEGALOPOLIS

D.S. Stepanova , V.A. Savchenkova, M.A. Lavrenov

Bauman Moscow State Technical University (Mytishchi Branch), 1-ya Institutskaya str., Mytishchi, Moscow Region, 141005, Russia

Abstract. The study is devoted to assessing the state of green spaces in the northeastern part of Moscow, which are a good example of facilities experiencing increased anthropogenic stress and at the same time performing their main functions – the absorption and processing of negative impact products. The purpose of the study is to assess the dynamics of the forestry and ecological state of plantations in a megalopolis by determining the degree of deformation of the vegetative organs of the main forest-forming rock, as well as the content of dangerous chemical elements such as lead and zinc in them and the soil. Research methodology: to achieve this goal, two test areas were laid on the territory of the Losiny Ostrov Park in 2022, located within the recreational zone at different distances from the boundaries of the forest park

and surveyed in 2001 by Prima-M LLC as part of a citywide monitoring program. A description is given of a study conducted to assess the dynamics of changes in the forestry characteristics of the green spaces of the Losiny Ostrov National Park depending on the degree of deformation of the leaves of the hanging birch (*Betula pendula* Roth) and the content of lead and zinc in the soil and leaves of this breed. The results obtained: updating the data obtained during the study in 2022 and comparing them with previous ones, in addition to the obtained measurements of fluctuating leaf asymmetry, allows us to conclude that the plantings are adapted to lead and zinc. Conclusions: the results of the study can serve as a justification for establishing new approximate permissible concentrations of lead and zinc in soil and air, as well as to judge the high degree of adaptation of the hanging birch to adverse environmental conditions. The data obtained during the study will be used in the future for comparative analysis with the results of other natural objects located in other administrative districts of Moscow (Kuzminki Natural History Park, Kolomenskoye Museum Reserve, N.V. Tsitsin Main Botanical Garden).

Keywords: anthropogenic impact, greened territories, hanging birch, composition of the plantation, category of condition, bonity of the stand, environmental quality indicators, heavy metals, cumulative effect, indicator of fluctuating asymmetry

Format of citation: Stepanova D. S., Savchenkova V.A., Lavrenov M.A. Dynamics of the forestry and ecological state of plantings in a megalopolis // *Prirodoobustroystvo*. 2025. № 3. P. 117-126. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-3-117-126>

Введение. В условиях высоких темпов развития мегаполисов особенно важно регулярно отслеживать физико-химические характеристики воздуха и почвы, а также состояние растительности, чтобы контролировать степень воздействия человека на природу, так как с каждым годом в крупных городах происходит рост населения и, как следствие, возрастает рекреационная нагрузка, увеличивается количество единиц автотранспорта.

Озелененные территории г. Москвы в настоящее время испытывают колоссальные нагрузки. Особенно это относится к насаждениям, расположенным вблизи магистралей и районов с плотной жилой застройкой. Наиболее крупные по площади насаждения выполняют функцию буферной зоны и являются объектами, поглощающими и перерабатывающими продукты негативного воздействия.

Национальный парк «Лосиный остров» представляет собой уникальное сочетание ландшафтных, климатических и биологических свойств. Московская часть лесопарка играет роль «щита», который защищает жителей города от выхлопов автотранспорта в районе МКАД между транспортными развязками с двумя из самых загруженных вылетных магистралей: Ярославским и Щёлковским шоссе. Юго-западная часть лесопарка, примыкающая к парку «Сокольники», с трех сторон окружена производственными зонами (далее – ПЗ), а также жилыми микрорайонами, являющимися источником рекреационной нагрузки.

В текущей ситуации особенно важно регулярно отслеживать физико-химические, физические и химические характеристики воздуха,

воды, почвы и живых организмов, чтобы контролировать влияние человека на природу. Основные показатели, которые позволяют выявить изменения, — это критерии оценки состояния окружающей среды. Их можно оценить по следующим параметрам: содержание тяжелых металлов в некоторых частях растений и почве города; деформация отдельных частей растений; санитарное состояние отдельных деревьев и насаждений в целом.

Принимая во внимание исследования В.С. Николаевского и Х.Г. Якубова, посвятивших свои работы проблемам охраны и воспроизводства зеленых насаждений на урбанизированных территориях [1, 2], а также данные ежегодных отчетов Мосэкомониторинга [3], содержащих актуальную информацию о состоянии зеленого фонда г. Москвы, можно с уверенностью говорить о необходимости регулярного контроля за степенью загрязнения и деградации растений, их отдельных вегетативных органов, почвы и водных ресурсов, а также предлагать меры по снижению негативных последствий, повышению устойчивости урбанизированных насаждений, улучшению их качества и защитных свойств.

Проследив динамику изменения состава насаждений и показателей в почве и вегетативных органах растений тяжелых металлов, присутствующих в составе атмосферного воздуха мегаполиса, можно сделать вывод о степени трансформации насаждения и отдельных его компонентов, прогнозируя последующие изменения экосистемы в целом.

Цель исследований: оценка динамики лесоводственно-экологического состояния насаждений в условиях мегаполиса путем

определения степени деформации вегетативных органов основной лесообразующей породы, а также содержания в них и в почве таких опасных химических элементов, как свинец и цинк.

Материалы и методы исследований. Для достижения поставленной цели проводился сбор экспериментальных данных на территории зеленых насаждений северо-восточной части Москвы, наиболее посещаемой населением и имеющей наибольшую по протяженности границу, прилегающую к жилым районам и, следовательно, подверженную интенсивной рекреационной нагрузке.

В целях сбора данных определены следующие природные объекты: Национальный парк «Лосиный остров», Природно-исторический парк «Кузьминки», Музей-заповедник «Коломенское». В рамках статьи приведены результаты обработки данных, полученных на территории Национального парка «Лосиный остров».

В качестве места для проведения исследований была выбрана рекреационная зона лесопарка «Лосиный остров» площадью 373 га, юго-западная часть которой расположена вблизи ПЗ «Алексеевские улицы», северо-западная – рядом с ПЗ «Калозино», восточная – вблизи ПЗ «Северянин» (рис. 1). По границе рекреационной зоны с севера до востока проходит улично-дорожная сеть северо-восточной хорды. Первая пробная площадь (далее – ПП) 0,5 га была заложена на периферии исследуемой части лесопарка, находящейся в зоне повышенной рекреационной нагрузки (прогулки населения и собирательство), а также под влиянием господствующих в г. Москве юго-западных ветров, переносящих продукты негативного воздействия (выбросы автотранспорта и предприятий). Вторая ПП аналогичного размера выбрана в центральной части лесного массива, где влияние негативных факторов на насаждение предположительно минимальное. На каждой ПП в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019 [4] на точках произрастания деревьев проводился отбор проб почв при помощи тростевого почвенного бура, обеспечивающего глубину отбора единичной пробы не менее 25 см. Гидролитическая кислотность почвы установлена по методу Каппена в соответствии с ГОСТ 26212-91 [5]. Измерения произведены на рН-метре/иономере Seven Compact S220. Определение валового содержания исследуемых тяжелых металлов – свинца и цинка в почве – выполнено на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Shimadzu» AA-7000 в соответствии с Методическими указаниями по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий

и продукции растениеводства [6]. Проведено сравнение результатов анализа почв со значением предельно-допустимой концентрации (далее – ПДК) валовых форм в соответствии с СанПин 1.2.3685-21 [7].

Одновременно с отбором проб почв было проведено лабораторное исследование листьев основной лесообразующей породы [6], собранных в аналогичных точках. Для определения в вегетативных органах показателей содержания свинца и цинка использовался также атомно-абсорбционный метод с применением аналогичного оборудования.

С применением определителей дано описание живого напочвенного покрова [8, 9], а также выполнена оценка его обилия по шкале Ж. Бран-Бланке [10]. На обеих ПП в соответствии с порядком отвода и таксации лесосек, утвержденным приказом Минприроды России [11], был осуществлен сплошной пересчет деревьев с глазомерной оценкой их санитарного состояния и последующим присвоением всему насаждению вычисленной средневзвешенной категории санитарного состояния [12], а также выполнено измерение диаметра и высоты каждого дерева.

После таксации насаждения в соответствии с Лесоустроительной инструкцией [13] на каждой ПП были отмечены модельные деревья, диаметр, высота и форма ствола которых наиболее близки к расчетным средним показателям для исследуемой части древостоя [14], по которым, согласно методике П.А. Соколова [15], был определен средний класс бонитета насаждения.

В ходе исследований была также выполнена оценка качества среды путем определения флуктуирующей асимметрии (далее – ФА) как наиболее доступного способа.

По результатам натурного обследования и согласно данным, полученным в ходе его проведения, основной лесообразующей породой на ПП1 и ПП2 является береза повислая (*Betula pendula* Roth) (далее – береза), поэтому исследования деформации вегетативных органов, а именно величины флуктуирующей асимметрии листовых пластин, в 2019 г. проводились именно для данной породы. Чтобы проследить динамику изменения ФА, данный показатель был определен повторно для образцов 2022 г. Исследования проводились по методу В.М. Захарова [16, 17]. Каждая выборка растительных образцов (листьев) по преобладающей породе произведена по точкам и включает в себя 50 листьев, отобранных с 10 модельных деревьев. Сбор материала осуществлен после остановки роста листьев. Равномерно выбирая ветки по всей окружности,

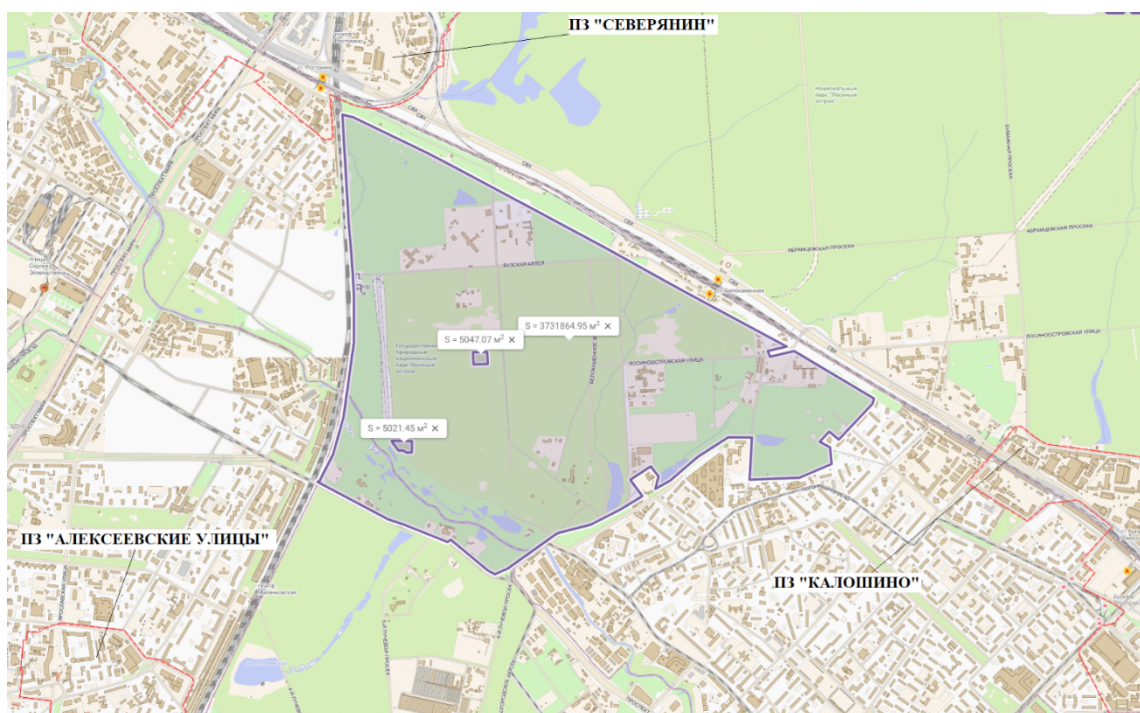


Рис. 1. Рекреационная зона НП «Лосиный остров», выбранная для проведения исследований, месторасположение пробных площадей и производственных зон (ПЗ)

Fig. 1. Recreational area of the Losiny Ostrov National Park selected for the study, location of test areas and production zones (PZ)

листовые пластинки собрали с нижней части кроны дерева только с укороченных побегов.

Результаты и их обсуждение. Выбор пробных площадей был осуществлен в зависимости от предположительно высокого уровня влияния антропогенных факторов на качественные характеристики древостоя: окружение жилой застройкой и улично-дорожной сетью; рекреационная нагрузка. По данным результатов исследований в период с 1998 по 2001 гг. [18], загрязнение почв тяжелыми металлами охватывало большую часть исследуемой территории лесопарка и характеризовалось как среднее.

В 2001 г. методом закладки ПП на аналогичных участках лесопарка в рамках общегородской программы мониторинга были детально изучены состав и качество древостоя. Для каждой ПП были определены модельные деревья, диаметр каждого из которых не отличался от вычисленного среднего диаметра древесной породы более чем на половину принятой при перечете градации ступени толщины, а высота выбранной модели не отклонялась от высоты, найденной для данной ступени, более чем на 5% [14]. В качестве модельных деревьев не использовались экземпляры, поврежденные стволовыми, кроновыми и верхушечными сломами, а также деревья согнутые, раздвоенные или деревья, у которых главная ось ствола разветвлена ниже,

чем 7 м, над землей, и сухостойные деревья. Отобранные деревья должны быть средними для деревьев данной ступени толщины по форме и размерам крон. Полученные результаты применены в целях определения степени трансформации насаждения, оценки изменения его качественных характеристик в зависимости от показателей свинца и цинка в почве и в листьях основной лесообразующей породы. Состав древостоя на ПП1 и ПП2 в 2001 и 2022 гг. представлен в таблицах 1-4.

Поскольку основной лесообразующей породой в составе древостоя ПП1 является береза, при анализе полученных данных за 2001 и 2022 гг. можно сделать выводы о повышении категории санитарного состояния деревьев основной лесообразующей породы от ослабленных до здоровых одновременно с сохранением класса бонитета, увеличении площади проективного покрытия на 20-30% за счет появления новых видов травянистой растительности, изменении видового состава подлеска: вместо крушины ломкой (*Frangula alnus* Mill.) (далее – крушина) и жимолости лесной (*Lonicera xylosteum* L.) (далее – жимолость) теперь растут лещина обыкновенная (*Corylus avellana* (L.) H. Karst.) (далее – лещина), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) (далее – дуб), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.) (далее – рябина), клен остролистный (*Acer*

Таблица 1. Характеристика древостоя на ПП 1

Table 1. Characteristics of the stand on TA 1

Год	Состав 1 яруса <i>Composition of 1st tier</i>	Тип леса <i>Type of forest</i>	Происхождение <i>Origin</i>	Возраст, лет <i>Age, years</i>	Бонитет <i>Forest site quality</i>	Высота, м <i>Height, m</i>	Диаметр, см <i>Diameter, cm</i>	Полнота <i>Fullness</i>	Категория санитарного состояния <i>Category of the sanitary condition</i>
2001	9Б1Л+Д+ +Л+Я+К	Березняк разнотравный <i>Birch forest of different herbs</i>	Искусственное <i>Artificial</i>	35	1	28±0,2	26±0,5	0,8±0,1	Ослабленные <i>Weakened</i>
2022	8Б+1Л1Д	Березняк разнотравный <i>Birch forest of different herbs</i>	Искусственное <i>Artificial</i>	55	1	20±0,2	28±0,5	0,6±0,1	Здоровые <i>Healthy</i>

Таблица 2. Состав травянистой и молодого поколения
древесно-кустарниковой растительности на ПП 1

Table 2. Composition of herbaceous and young generation of tree and shrub vegetation on TA 1

Год	Напочвенный покров; растения-индикаторы <i>Soil cover; plants-indicators</i>	Подлесок <i>Underwood</i>	Подрост <i>Undergrowth</i>	Молодняк (1-2 классы возраста) <i>Young generation (1-2 classes of age)</i>
2001	Проективное покрытие не превышает 50%; <i>Designed covering does not exceed 50%;</i> осока волосистая (<i>Carex pilosa</i> Scop.), сныть обыкновенная (<i>Aegopodium podagraria</i> L.), копытень европейский (<i>Asarum europaeum</i> L.), яснотка зеленчуковая (<i>Lamium galeobdolon</i> subsp. <i>galeobdolon</i> L.)	Крушина ломкая (<i>Frangula alnus</i> Mill.), жимолость лесная (<i>Lonicera xylosteum</i> L.)	Отсутствует <i>Is absent</i>	Отсутствует <i>Is absent</i>
2022	Проективное покрытие составляет 70-80%; <i>Designed covering makes 70-80%;</i> осока волосистая (<i>Carex pilosa</i> Scop.), зверобой продырявленный (<i>Hypericum perforatum</i> L.), земляника лесная (<i>Fragaria vesca</i> L.), пижма обыкновенная (<i>Tanacetum vulgare</i> L.), золотарник обыкновенный (<i>Solidago virgaurea</i> L.), девясил высокий (<i>Inula helenium</i> L.), недотрога обыкновенная (<i>Impatiens noli-tangere</i> L.)	Лещина обыкновенная (<i>Corylus avellana</i> L.), рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i> L.), калина обыкновенная (<i>Viburnum opulus</i> L.), бересклет бородавчатый (<i>Euonymus verrucosus</i> Scop.), черемуха обыкновенная (<i>Prunus padus</i> L.)	Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i> L.), липа мелколистная (<i>Tilia cordata</i> Mill.) (H ср = 7 м)	Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i> L.) (d = 10-12 см)

platanoides L.) (далее – клен), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.) (далее – липа), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosus* Scop.) (далее – бересклет), черемуха обыкновенная (*Prunus padus* L.) (далее – черемуха) и калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.) (далее – калина). На этом участке появился подрост клена и липы, а также молодняк дуба (рис. 2). Исчезновение крушины и жимолости из подлеска подтверждает тот факт, что на ПП1 увеличилась площадь

проекции крон первого яруса насаждения ввиду их более высокой сомкнутости [19, 20].

Основной лесобразующей породой в составе древостоя ПП2 также является береза, а полученные качественные характеристики насаждения указывают: на увеличение числа деревьев липы, так как теперь она присутствует в формуле древостоя; на повышение категории санитарного состояния деревьев основной лесобразующей породы от ослабленных до здоровых наряду

с сохранением класса бонитета; на появление на ПП подроста клена и липы; увеличение площади проективного покрытия на 20-30% за счет появления новых видов травянистой растительности; частичную смену видового состава подлеска (появление лещины и калины вместо крушины и жимолости) с сохранением в его составе рябины; появление на ПП молодых деревьев клена (рис. 3).

В ходе исследований на основании информации, полученной от работников парка, выявлено, что хозяйственная деятельность на изучаемом участке не проводилась, а насаждение не подвергалось массовому ветровалу, бурелому, а также проявлениям иных природных процессов. Это позволяет сделать вывод о том, что изменение на исследуемой территории происходило естественным путем.

С 2019 по 2022 гг. изучались свойства почвы и ее состав, которые влияют на перемещение тяжелых металлов.

Почвы с высоким содержанием илстых частиц лучше удерживают тяжелые металлы, поэтому растения в таких почвах меньше подвержены их вредному влиянию. На глинистых и суглинистых почвах токсичность тяжелых металлов проявляется слабее, чем на песчаных и супесчаных почвах [21]. На ПП1 и ПП2 согласно данным, полученным в 2001 г., почвы определены как легкие суглинки.

В ходе исследований были взяты образцы почвы под пологом основной лесобразующей породы, проведен лабораторный анализ и получены средние показатели концентрации свинца и цинка на пробных площадях (согласно ГОСТ Р 58595-2019). Полученные в 2001 и 2022 гг. результаты анализа проб почв представлены в таблице 5.

При сравнении полученных данных можно сделать вывод о том, что показатели исследуемых элементов в составе почвы в 2022 г. повысились в 5,5 раза для свинца и в 1,2 раза для цинка. В то же время значения, полученные при исследовании листьев, уменьшились в 3,8 раза для свинца и остались неизменными для цинка по сравнению с данными 2001 г. Это может указывать на то, что несмотря на 21-летний период накопления свинца и цинка в почве, визуальная оценка древостоя показала, что санитарное состояние деревьев не ухудшилось. Уменьшение аналогичных показателей для листьев коррелируется с переходом насаждения в категорию состояния здоровых деревьев. Это может свидетельствовать о том, что при увеличенной концентрации свинец и цинк оказывают стимулирующее действие на растительность.

Для определения степени деформации отдельных вегетативных органов растений как третьего показателя, позволяющего установить



Рис. 2. Пробная площадь № 1,
НП «Лосиный остров»

Fig. 2. Test area No 1, NP "Losiny Ostrov"

Таблица 3. Характеристика древостоя на ПП 2

Table 3. Characteristics of the forest stand on TA 2

Год	Состав 1 яруса <i>Composition of 1st tier</i>	Тип леса <i>Type of forest</i>	Проис- хождение <i>Origin</i>	Возраст, лет <i>Age, years</i>	Бонитет <i>Forest site quality</i>	Высота, м <i>Height, m</i>	Диаметр, см <i>Diameter, cm</i>	Полнота <i>Fullness</i>	Категория санитарного состояния <i>Category of the sanitary condition</i>
2001	10Б+Л+Кл+ +Я+В+Д	Березняк желтозе- ленчуковый <i>Birch Zeken- chuk forest</i>	Семенное <i>Seeds</i>	55	1	24±0,2	26±0,5	1,1±0,1	Ослаб- ленные <i>Weakened</i>
2022	9Б1Л+К+Д	Березняк разнотравный <i>Birch forest of different herbs</i>	Семенное <i>Seeds</i>	75	1	20±0,2	22±0,5	0,7±0,1	Здоровые <i>Healthy</i>

Таблица 4. Состав травянистой и молодого поколения
древесно-кустарниковой растительности на ПП 2

Table 4. Composition of herbaceous and young generation of tree and shrub vegetation at TA 2

Год	Напочвенный покров; Растения индикаторы <i>Soil cover; plants-indicators</i>	Подлесок <i>Underwood</i>	Подрост <i>Undergrowth</i>	Молодняк (1-2 классы возраста) <i>Young generation (1-2 classes of age)</i>
2001	Проективное покрытие составляет 60%; <i>Designed coverage makes 60%;</i> осока волосистая (<i>Carex pilosa</i> Scop.), сныть обыкновенная (<i>Aegopodium podagraria</i> L.), копытень европейский (<i>Asarum europaeum</i> L.), яснотка зеленчуковая (<i>Lamium galeobdolon</i> subsp. <i>galeobdolon</i> L.)	Крушина ломкая (<i>Frangula alnus</i> Mill.), жимолость лесная (<i>Lonicera xylosteum</i> L.)	Липа мелколистная (<i>Tilia cordata</i> Mill.), Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i> L.), клен остролистный (<i>Acer platanoides</i> L.) (H cp = 4 м)	Отсутствует <i>Is absent</i>
2022	Проективное покрытие составляет 80-90%; <i>Designed coverage makes 80-90%</i> фиалка селькирка (<i>Viola selkirkii</i> Pursh ex Goldie), осока волосистая (<i>Carex pilosa</i> Scop.), птитовник мужской (<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott), ландыш майский (<i>Convallaria majalis</i> L.), хвоц полевой (<i>Equisetum arvense</i> L.), кочедыжник обыкновенный (<i>Athyrium</i> Roth)	Лещина обыкновенная (<i>Corylus avellana</i> (L.) H. Karst.), рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i> L.), калина обыкновенная (<i>Viburnum opulus</i> L.)	Липа мелколистная (<i>Tiliacordata</i> Mill.), клен остролистный (<i>Acer platanoides</i> L.), (H cp = 5 м)	Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i> L.) (d = 6-8 см), Липа мелколистная (<i>Tiliacordata</i> Mill.) (d = 10-12 см)

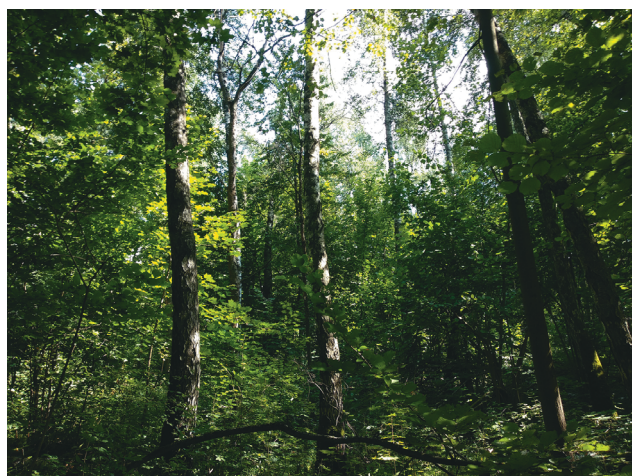
Рис. 3. Пробная площадь № 2,
НП «Лосиный остров»

Fig. 3. Test area No 2, NP "Losinyi Ostrov"

Таблица 5. Средние валовые показатели ТМ
на пробных площадях, мг/кгTable 5. Mean gross HM values
on test areas, mg/kg

Год сбора данных <i>Year of data collection</i>	в почве <i>in soil</i>		в листьях <i>in leaves</i>	
	Pb	Zn	Pb	Zn
2001	4,7	34	7,8	43
2022	25,6 ± 4,2	41,7 ± 12,3	2,1 ± 0,4	42,7 ± 3,35

Таблица 6. Показатели ФА на ПП1 и ПП2

Table 6. Indicators FA on TA1 and TA2

Год сбора данных <i>Year of data collection</i>	ПП1 / TA1		ПП2 / TA2	
	Коэффициент ФА <i>The FA coefficient</i>	Балл состояния качества среды <i>Environmental quality status score</i>	Коэффициент ФА <i>The FA coefficient</i>	Балл состояния качества среды <i>Environmental quality status score</i>
2019	0,104 ± 0,005	>IV	0,083 ± 0,004	>IV
2022	0,082 ± 0,004	IV	0,059 ± 0,003	IV
Разница показателей <i>Difference in indicators</i>	0,021 ± 0,001	I	0,023 ± 0,001	I

отклонение от установленной нормы удовлетворительного состояния окружающей среды, были собраны и измерены листья березы в приложении ImageJ [22].

Полученные средние показатели ФА в листьях березы и соответствующий им балл состояния качества среды (по шкале Захарова) на пробных площадях представлены в таблице 6.

Качество среды на ПП1 и ПП2 в 2019 г., согласно полученным показателям, оценивалось как имеющее более чем значительные

отклонения от нормы (выше IV балла): 0,104 и 0,083 соответственно. Аналогичные показатели ФА на исследуемых пробных площадях в 2022 г. составили 0,082 и 0,059, что свидетельствует о незначительном улучшении качества среды (рис. 4):

Таким образом, показатель коэффициента ФА листьев основной лесобразующей породы на каждой ПП уменьшился в среднем на 0,023 за 3 года, что свидетельствует о повышении балла качества среды.

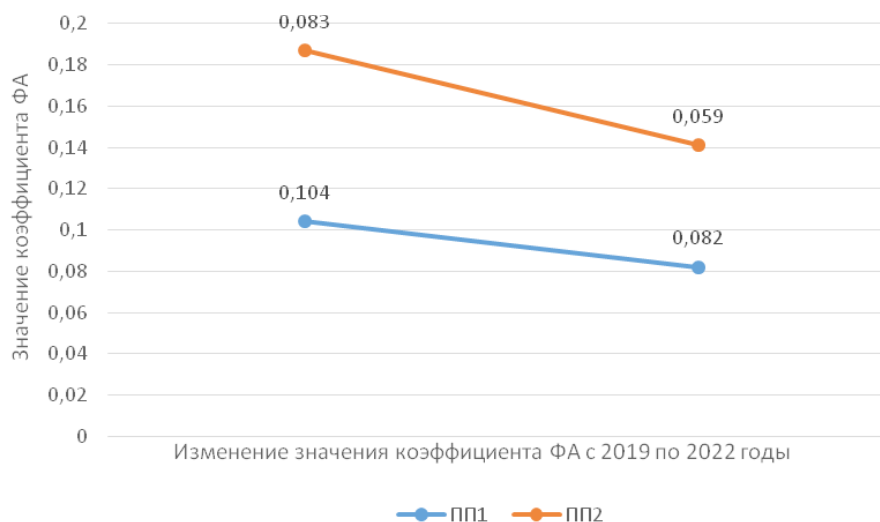


Рис. 4. Динамика изменения показателя ФА на пробных площадях с 2019 по 2022 гг.

Fig. 4. Dynamics of changes in the FA indicator on test areas from 2019 to 2022

Выводы

В процессе исследований определены показатели, которые позволили сделать выводы об изменении состава древостоя и его преобразовании по причине усиленного влияния человека: рекреационной нагрузки и освоения прилегающих территорий для производственных целей. Полученные данные свидетельствуют о повышении категории санитарного состояния насаждения на обеих ПП наряду с увеличением площади проективного покрытия, а также смене видового состава подлеска и появлением молодняка. Это свидетельствует о протекании естественных природных процессов, мониторинг за которыми позволит более точно предсказывать динамику изменения состояния зеленых насаждений в дальнейшем и планировать мероприятия по уходу за ними.

По количественным характеристикам свинца и цинка в почве показатели исследуемых элементов в 2022 г. повысились в 5,5 раза для свинца и в 1,2 раза для цинка, а в листьях уменьшились в 3,8 раза для свинца и остались неизменными для цинка по сравнению с данными 2001 г. Несмотря на продолжительный

период накопления свинца и цинка в почве, уменьшились аналогичные показатели для листьев, что при проведении таксационного обследования подтверждает переход насаждения из ослабленного в категорию состояния здоровых деревьев. Можно предположить, что выявленная зависимость при установленных в 2022 г. концентрациях является результатом воздействия свинца и цинка в качестве стимулятора. В ходе дальнейшего исследования эксперимент будет повторен для подтверждения достоверности результатов.

Установлено, что показания индекса флутуирующей асимметрии листьев основной лесобразующей породы в период за 3 года, согласно шкале Захарова, продемонстрировали улучшение качества среды.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод об улучшении экологической обстановки исследуемой части лесопарка.

Разница показателей исследуемых тяжелых металлов в почве в период с 2001 по 2022 гг. и их влияние на повышение категории санитарного состояния древостоя позволяют сделать вывод о том, что древостои на обеих пробных

площадях, несмотря на накопительный эффект, адаптировались к присутствию свинца и цинка в почве и в листьях. Данный факт является основанием для принятия полученных значений в качестве приемлемых в составе урбанозема и соответствующих хорошему состоянию произрастающих на них растений. Следовательно, ориентировочно допустимые концентрации исследуемых химических элементов в почве могут быть пересмотрены.

Динамика изменения количественных характеристик свинца и цинка в листьях основной лесобразующей породы и степень деформации ее вегетативных органов свидетельствуют о том, что состав насаждения, смена пород и высокий процент проективного покрытия (живой напочвенный покров) оказывают положительное

влияние на качественные показатели насаждения в целом.

Практическая значимость результатов исследований заключается в выявлении причин изменения состава и качества древостоя с помощью определения его санитарного состояния, а также в расчете показателей флуктуирующей асимметрии листьев основной лесобразующей породы наряду с определением степени накопления ими исследуемых тяжелых металлов. Обнаруженная связь может применяться для оперативного контроля за состоянием окружающей среды, а также для прогноза о состоянии растительности и разработки рекомендательных предложений по восстановлению почв в условиях населенных пунктов, на территории которых произрастают зеленые насаждения.

Список использованных источников

1. Николаевский В.С. Биологические основы газостойчивости растений. Новосибирск.: Наука. 1979. 280 с.
2. Якубов Х.Г. Экологический мониторинг состояния зеленых насаждений в крупном городе на примере г. Москвы: диссертация д-ра биол. наук. Москва, 2006. 284 с.
3. Департамент природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы <https://mosecom.mos.ru/publications/>
4. ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор проб. Дата введения 01.01.2020. М.: Стандартинформ, 2019. 6 с.
5. ГОСТ 26212-91. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. Дата введения 01.07.1993. М.: Издательство стандартов, 1992. 8 с.
6. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственной и продукционной растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 40 с.
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 января 2021 г. № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Минюст России, 2021. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022>
8. Алексеев Ю.Е. Определитель высших растений БАССР в двух томах / Алексеев Ю.Е., Алексеев Е.Б., Габбасов К.К. и др. М.: Наука, 1988. 316 с.
9. Губанов И.А. Определитель сосудистых растений центра европейской России, 2-е изд. доп. / И.А. Губанов, К.В. Киселева, В.С. Новиков, В.И. Тихомиров. М.: Аргус, 1995. 560 с.
10. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde. 3., neubearb. und wesentlich verm. Aufl. Springer-Verlag 1964, 865 p.
11. Министерство природных ресурсов Российской Федерации https://www.mnr.gov.ru/activity/oopt/losinyy_ostrov_natsionalnyy_park_2/
12. Постановление Правительства Российской Федерации от 09 дек. 2020 г. № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах. Правила санитарной безопасности в лесах». М.: ЦентрМаг, 2023. 20 с.
13. Приказ Минприроды России от 05.08.2022 г. № 510 «Об утверждении Лесоустроительной инструкции».

References

1. Nikolaevsky V.S. Biological bases of gas resistance of plants. Novosibirsk. Science. 1979. 280 p.
2. Yakubov H.G. Environmental monitoring of the state of green spaces in a large city using Moscow as an example: dissertation... doctor of biological sciences. Moscow, 2006. 284 p.
3. Department of Nature Management and Environmental Protection of Moscow <https://mosecom.mos.ru/publications/>
4. GOST R58595-2019. Soils. Sampling. Effective date 01.01.2020. Moscow: Standartinform, 2019. 6 p.
5. GOST 26212-91. Soils. Determination of hydrolytic acidity by the Kappen method as modified by the Central Institute of Agrochemistry. Date of introduction 01.07.1993. Moscow: Publishing House of Standards, 1992. 8 p.
6. Guidelines for the determination of heavy metals in agricultural soils and plant products. Moscow: TSINAO, 1992. 40 p.
7. Resolution of the Russian Federation Government on January 28, 2021 No. 2 "On approval of sanitary rules and regulations SanPiN1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans." Ministry of Justice of Russia, 2021. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022>
8. Alekseev Yu.E. The determinant of higher plants of the BASSR in two volumes / Yu.E. Alekseev, E.B. Alekseev, K.K. Gabbasov and others. M.: The science, 1988. 316 p.
9. Gubanov I.A. The determinant of vascular plants of the Center of European Russia, 2nd edition supplemented and revise / I.A. Gubanov, K.V. Kiseleva, V.S. Novikov, V.I. Tikhomirov. Moscow: Argus, 1995. 560 p.
10. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde. 3., neubearb. und wesentlich verm. Aufl. Springer-Verlag. 1964. 865 p.
11. Ministry of Natural Resources of the Russian Federation https://www.mnr.gov.ru/activity/oopt/losinyy_ostrov_natsionalnyy_park_2/
12. Resolution of the Government of the Russian Federation dated December 09, 2020 No. 2047 "On approval of the Rules of sanitary safety in forests. Rules of sanitary safety in forests" Moscow: Tsentr Mag, 2023. 20 p.
13. Order of Russian's Ministry of Natural Resources dated 05.08.2022 No. 510 "On approval of the Forest

Минюст России, 2022. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202209300058>

14. Приказ Минприроды России от 17.10.2022 г. № 688 «Об утверждении Порядка отвода и таксации лесосею» и «О внесении изменений в Правила заготовки древесины и особенности заготовки древесины в лесничествах, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации, утвержденный приказом Минприроды России от 01.12.2020 г. № 993. Минюст России, 2022. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202211300033>

15. Соколов П.А. Таксация леса. Электронное учебно-методическое пособие. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2007. 212 с.

16. Захаров В.М. Здоровье среды: методика оценки. Методическое руководство для заповедников / Захаров В.М. и др. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.

17. Захаров В.М. Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях / В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили. М.: Центр экологической политики России, 2001. 148 с.

18. Авсиевич Н.А. Состояние зеленых насаждений в Москве по данным мониторинга 2001 г. / Н.А. Авсиевич, С.Л. Антоненко, Л.А. Атрошенко и др. Вып. 5. М: Прима М.: 2002. С. 101-130.

19. Салий Н.Г. Биологические особенности крупшины ломкой и жостера слабительного / IV Международная студенческая научная конференция «Студенческий научный форум 2012». Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2012/article/2012000479>

20. Скоропудов В.Н. Экологические особенности жимолости синей / В.Н. Скоропудов, А.Е. Соловьев, О.П. Шестакова // Научные ведомости. 2006, № 3 (23), вып. 4. С. 167-171.

21. Большаков В.А. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами / В.А. Большаков, Н.Я. Гальпер, Г.А. Клименко, Т.И. Лыткина, Е.В. Башта. М.: ВНИИ информации и технико-экономических исследований по сельскому хозяйству, 1978. 52 с.

22. Конюхов А.Л. Руководство к использованию программного комплекса ImageJ для обработки изображений: Учебное методическое пособие. Томск: кафедра ТУ. ТУСУР. 2012. 105 с.

Management Instructions". Ministry of Justice of Russia, 2022.

14. Order of the Russian Federation Ministry of Natural Resources dated 17.10.2022 No. 688 "On Approval of the Procedure for Allotment and Taxation of cutting areas" and "On Amendments to the Rules of timber harvesting and Features of timber harvesting in forestry specified in Article 23 of the Forest Code of the Russian Federation, approved by order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation from 01.12.2020 № 993. Ministry of Justice of the Russian Federation. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202211300033>

15. Sokolov P.A. Forest taxation. Electronic teaching aid for full-time and part-time students majoring in 250201 "Forestry". Izhevsk State Agricultural Academy. Izhevsk, 2007. 212 p.

16. Zakharov V.M., and others. Environmental health: assessment methodology. Moscow: Center for Environmental Policy of Russia. 2000, 68 p.

17. Zakharov V.M. Monitoring the health of the environment in protected natural areas / V.M. Zakharov, A.T. Chubinishvili. Moscow: Center for Environmental Policy of Russia, 2001. 148 p.

18. Avsievich N.A. The state of green spaces in Moscow according to monitoring data. 2001 / N.A. Avsievich, S.L. Antonenko, L.A. Atroshchenko and others. Moscow: Prima M., no. 5. pp. 101-130.

19. Saliy N.G. *Biological features of buckthorn brittle and joster laxative*. IV International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum 2012". Available at: <https://scienceforum.ru/2012/article/2012000479>.

20. Skoropudov V.N. Ecological features of blue honeysuckle / V.N. Skoropudov, A.E. Solov'ev O.P. Shestakov // Scientific bulletin. 2006, № 3 (23), no 4, P. 167-171.

21. Bolshakov V.A. Pollution of soils and vegetation by heavy metals / V.A. Bolshakov N.Ya. Galper, G.A. Klimenko, T.I. Lytkina, E.V. Bashta. Moscow: All-Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Agriculture, 1978. 52 p.

22. Konyukhov A.L. Guidelines for using the ImageJ software package for image processing: A textbook. Tomsk: Department of TU. TUSUR. 2012. 105 p.

Об авторах

Дарья Сергеевна Степанова, аспирант; ResearcherID: LJL-3730-2024; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9220-4886>, lapi_dus@mail.ru

Вера Александровна Савченкова, д-р с.-х. наук, проф.; ResearcherID: Y-3167-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8593-7887>, v9651658826@yandex.ru

Максим Александрович Лавренов, канд. с.-х. наук, доцент; ResearcherID: E-2995-2018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9708-9037>, lavrenov@bmstu.ru

About the authors

Darya S. Stepanova, post graduate student; ResearcherID: LJL-3730-2024; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9220-4886>, lapi_dus@mail.ru

Vera A. Savchenkova, DSc (Agro), professor; ResearcherID: Y-3167-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8593-7887>, v9651658826@yandex.ru

Maxim A. Lavrenov, candidate of Agricultural Sciences, docent; ResearcherID: E-2995-2018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9708-9037>

Критерии авторства / Authorship criteria

Степанова Д.С., Савченкова В.А., Лавренов М.А. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Степанова Д.С., Савченкова В.А., Лавренов М.А. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов / The authors declare no conflicts of interest

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / All authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 22.01.2025

Поступила после рецензирования и доработки / Received after review and revision 23.03.2025

Принята к публикации / Accepted for publication 23.03.2025

Stepanova D.S., Savchenkova V.A., Lavrenov M.A. performed theoretical research, on the basis of which they generalized and wrote a manuscript. Stepanova D.S., Savchenkova V.A., Lavrenov M.A. have copyright on the article and are responsible for plagiarism.