УДК 581.5

Сравнительная оценка экологического состояния лесопарковых зон Тимирязевского района города Москвы

Андреева И.В., Морев Д.В., Таллер Е.Б., Васенев И.И.

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация

В статье приведены результаты сравнительной экологической оценки качества среды в центральных и окраинных зонах двух лесопарков, контрастных по площади, видам и величине антропогенной нагрузки – Лесной опытной дачи и парка культуры и отдыха «Дубки», расположенных в Тимирязевском районе города Москвы. Качество среды в ненарушенном лесном биоценозе в центре Лесной опытной дачи соответствовало качеству среды в сельской местности Подмосковья, тогда как экологическая обстановка в окраинных зонах обоих лесопарков, граничащих с различными объектами городской инфраструктуры, в различной степени отклонялась от условной нормы. Наихудшие показатели качества среды и состояния древостоя отмечены в рекреационных зонах, находящихся на III – IV стадии дигрессии, а также в зонах, граничащих с автодорогами, в пределах которых степень флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой и показатель целлюлозолитической активности почвы были в 1,5 – 2,5 раза ниже фоновых. Сочетание рекреационной и транспортной нагрузок снизило качество среды в парке «Дубки» до критического уровня.

Ключевые слова: ЛЕСОПАРК, ОКРАИННАЯ ЗОНА, АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА, ЗАГРЯЗНЕНИЕ, РЕКРЕАЦИЯ, ДЕГРАДАЦИЯ, ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ, ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ, МЕТОД АППЛИКАЦИЙ, АЭРОЗОЛЬНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ, СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ

Введение

Тимирязевский район находится на севере Москвы и считается самым зеленым в Северном административном округе. Лесопарковые зоны занимают более 50% территории района [1]. Здесь находится один из старейших природных комплексов Москвы - Лесная

опытная дача (ЛОД), которая уже 158 лет является научно-образовательной и производственной базой Тимирязевской академии для подготовки специалистов лесного хозяйства и других профилей.

Антропогенное воздействие на лесные насаждения Лесной опытной дачи началось еще до обустройства Петровской земледельческой и лесной академии и выражалось в бессистемных рубках, неконтролируемом сенокошении и выпасе скота. После проведения в 1862 – 1865 гг. первых лесоустроительных работ и присоединения в 1880 году территории ЛОД к городу Москве усилилось рекреационное воздействие на нее. На рубеже XIX – XX веков 9 га лесных насаждений по юго-западной границе были переданы под строительство железной дороги. Впоследствии при эксплуатации железнодорожной линии древесные насаждения ЛОД, в особенности хвойные, страдали от загрязнения воздуха сажей, пылью и сернистыми соединениями. Начиная с 20-х годов XX века, началась массовая застройка вдоль южной и восточной границ ЛОД, которая значительно усилилась в послевоенные годы. В результате к середине XX века Лесная опытная дача оказалась в самом центре огромного мегаполиса. Около 85% периметральных зон лесопарка граничат с городской инфраструктурой. С севера и северо-запада ЛОД окружают опытные поля и питомники Тимирязевской академии, оживленная Тимирязевская улица проходит вдоль восточных кварталов лесопарка, с юга и юго-востока прилегает улица Вучетича и плотная городская застройка, вдоль западной границы ЛОД проходит линия железной дороги Рижского направления с платформой «Гражданская», там же находятся несколько промышленных объектов и многоэтажные новостройки.

Между тем лесопарки урбанизированных территорий выполняют важную роль по экологической оптимизации и стабилизации городской среды. Так, подсчитано, что в год древостой Лесной опытной дачи производит около 2,5 тыс. т кислорода, поглощает около 3 тыс. т углекислого газа, осаждаст 135 т пыли, обладает высокой антимикробной активностью, обогащая атмосферный воздух в течение вегетационного периода порядка 130 т фитонцидов [2]. Из средостабилизирующих функций следует отметить терморегуляцию, снижение скорости ветра, участие в перераспределении влаги. Почвенный покров лесопарка выступает в роли санитарного барьера и сорбента вредных примесей при контакте с загрязненным воздухом и водами.

В 170 м восточнее Лесной опытной дачи находится Государственное автономное

учреждение культуры города Москвы «Парк культуры и отдыха «Дубки» общей площадью 16 га. Предполагают, что еще в XVIII веке парк составлял единое целое с лесным массивом Лесной опытной дачи. Он имеет свободную планировку с развитой дорожно-тропиночной сетью. На территории парка имеются детские игровые и спортивные площадки. Украшением парка служат дубовая аллея, пруд и восстановленный в 1997 году храм Николая Чудотворца, построенный в 1915 г. архитектором Ф.О. Шехтелем. Как и в случае с Лесной опытной дачей, по мере роста населения Тимирязевского района рекреационная нагрузка на парк в последние годы значительно возросла. Исследуемые лесопарковые зоны имеют сходный доминирующий породный состав деревьев, но контрастны по площади, функциональному назначению, величине испытываемой рекреационной и иной антропогенной нагрузки.

Цель данной работы состояла в комплексной сравнительной экологической оценке лесопарковых зон Тимирязевского района города Москвы - Лесной опытной дачи (в центральных и окраинных кварталах) и городского парка «Дубки».

Объекты и методы

Объектом исследований выступил древостой Лесной опытной дачи и парка «Дубки». В обеих лесопарковых зонах древостой смешанного типа с насаждениями естественного и искусственного происхождения. Преобладающие породы: сосна и дуб – на ЛОД, дуб, береза, клен – в парке «Дубки». Исследования проводили на участках площадью 100 кв. м каждый. Участки на Лесной опытной даче выделяли по близости к объектам городской инфраструктуры, функционирование которых связано с повышенным экологическим риском. В парке «Дубки» ввиду небольшой площади и значительной рекреационной нагрузки практически на всей его территории участки выбирали по близости/удаленности от детских и спортивных площадок, дорожно-тропиночной сети, окраинных зон. Схема расположения участков обследования приведена на рис. 1.

Всего было выделено шесть участков в центральной (участки 1 и 7) и окраинных (участки 2–6, 8, 9) зонах ЛОД и парка «Дубки». Участки 1 и 7 в центре ЛОД и парка «Дубки» соответственно выступили в качестве условно фоновых. Состояние древостоя на участке оценивали по пятибалльной шкале визуальной оценки деревьев по внешним признакам, учитывающим состояние листьев (хвои) и коры, поражение их болезнями и вредителями,

густоту кроны, наличие усыхающих ветвей, наличие в составе лесного биоценоза сухостоя прошлых лет и т.д. На основе присвоенных баллов вычисляли среднее арифметическое по каждой породе деревьев на участке, а затем коэффициент состояния лесного древостоя по всем породам К. Для характеристики состояния древостоя использовали следующие градации К: <1,5 – здоровый древостой; 1,6 - 2,5 – ослабленный древостой, 2,6 – 3,5 – сильно ослабленный лес; 3,6 – 4,5 – усыхающий лес, >4,6 – погибший лес.

Рис. 1. Участки обследования на Лесной опытной даче (1–6, слева) и в парке «Дубки» (7–9, справа) (снимки Google)

Примечание: Римскими цифрами обозначены номера кварталов

Для установления степени рекреационной дигрессии лесных биоценозов Лесной опытной дачи на участках обследования использовалась 5-стадийная шкала Н.С. Казанской и др. [3], в которой учитывались такие показатели, как площадь дорожно-тропиночной сети, мощность и состояние лесной подстилки, степень нарушенности структуры почвенного покрова, изреживание верхнего полога древостоя, подроста и подлеска, наличие и состояние травянистого яруса, санитарное состояние деревьев и т.д.

Качество окружающей среды в пределах участков обследования определяли методом биоиндикации по флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой в соответствии с методическими рекомендациями Министерства природных ресурсов РФ от 16 октября 2003 года № 460-р [4], что позволило провести экспресс-оценку экологического состояния изучаемых территорий и выявить участки с максимальной нарушенностью. В основе метода лежит определение степени морфогенетических изменений листьев березы повислой, в норме обладающих билатеральной симметрией. На каждом участке было собрано по 25 листьев березы повислой примерно одинакового размера на уровне поднятой руки в средней части кроны. На условно фоновом участке 1 в центре Лесной опытной дачи количество листьев было увеличено до 40. Каждый лист измеряли по пяти признакам с левой и правой стороны от центральной жилки:

1 – ширина половинки листа (лист складывали поперек пополам, соединяли верхушку листовой пластинки с ее основанием и по образовавшейся складке производили измерения);

2 – длина второй жилки второго порядка от основания листа;

3 – расстояние между концами первой и второй жилки;

4 – расстояние между основаниями первой и второй жилки;

5 – угол между центральной жилкой и жилкой второго порядка.

Далее рассчитывали среднее относительное различие на признак Y между значениями каждого признака X слева (X_L) и справа (X_P) по формуле: $Y = |X_L - X_P| / |X_L + X_P|$. Среднее относительное различие на признак между сторонами каждого листа Z рассчитывали по формуле: $Z = (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5) / N$, где N – число признаков. Среднее значение (степень) асимметрии для всей выборки из 25 листьев, собранных на каждом участке, рассчитывали по формуле: $X_{\text{участок } n} = (Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n) : n$, где n – число значений Z (число листьев). Расчеты производили при помощи программы Microsoft Excel и с использованием языка программирования R. Статистическую значимость различий между выборками по величине интегрального показателя стабильности развития (величина среднего относительного различия между сторонами на признак) устанавливали с помощью дисперсионного анализа. Проверку условий применимости анализа проводили с использованием различных критериев (Бартлетта, Пирсона и др.).

Чтобы с помощью полученных значений асимметрии оценить качество окружающей среды на участках, применяли пятибалльную шкалу оценки отклонений состояния организма от условной нормы, представленную в табл. 1.

Таблица 1. Пятибалльная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для березы повислой (*Betula pendula*)

Баллы	Степень асимметрии Z	Качество окружающей среды
1	Менее 0,055	Условно нормальное
2	0,055 – 0,060	Начальные (незначительные) отклонения от нормы
3	0,060 – 0,065	Средний уровень отклонений от нормы
4	0,065 – 0,070	Существенные (значительные) отклонения от нормы
5	Более 0,070	Критическое состояние

Для ранней диагностики развития негативных процессов в почве часто используют показатель ее биологической активности, которую в данной работе мы определяли по интенсивности разложения целлюлозы аппликационным методом. Для этого стерильную льняную ткань шириной около 18 и длиной 25 см взвешивали на весах с точностью до одной тысячной грамма для определения начального веса. После взвешивания ткань пришивали к стерильной полимерной пленке такого же размера. В почве делали свежий разрез и к его вертикальной стенке плотно прижимали ткань. С обратной стороны полиэтилен придавливали почвой, разрез засыпали. Исследование биологической активности почвы проводили в трех повторностях. Через 30 дней полотно извлекали, освобождали от полиэтилена, отмывали от почвы и продуктов полураспада, подсушивали и взвешивали. Рассчитывали убыль массы ткани за месяц в процентах и по этому показателю судили об интенсивности процесса разрушения клетчатки, используя оценочную шкалу (% разложившегося полотна): очень слабая < 10%, слабая – 10 - 30%, средняя – 30 - 50%, сильная – 50 - 80%, очень сильная > 80%. Исследования проводили в осенний период 2020 года (02 – 31 октября) и летний период 2021 года (16 июня – 15 июля и 30 июня – 29 июля).

В качестве интегрального показателя загрязненности атмосферного воздуха в данном исследовании был использован метод оценки аэрозольного загрязнения снежного

покрова на территории участков обследования на Лесной опытной даче и в парке «Дубки», который был дополнен определением величины рН талой воды, ее электропроводности и общей жесткости. Загрязнение снега твердыми частицами происходит преимущественно за счет техногенного фактора через осаждение пыли, золы, сажи (агломераты углеродных частиц), дыма. В феврале 2021 года на каждом участке были отобраны смешанные пробы снега весовым снегомером ВС-43 на всю глубину снежного покрова методом конверта. Одна проба по всей толще снежного покрова дает представительные данные о загрязнении в период от образования устойчивого снежного покрова до момента отбора пробы. После таяния образцы снеговой воды фильтровали. Содержание взвешенных веществ определяли гравиметрическим методом [5], водородный показатель – на рН-метре-иономере «Эксперт-рН», электропроводность – на кондуктометре «Эксперт-002, общую жесткость – TDS метром TDS-3.

Характеристика исследуемых участков

Лесная опытная дача

Участок 1 расположен в центре Лесной опытной дачи, в юго-восточной части VI квартала на вершине сглаженного моренного холма. Квартал частично огорожен сеткой-рабицей, дорожно-тропиночная сеть на участке отсутствует, проявлений антропогенной активности не выявлено. Древостой смешанный с преобладанием дуба, березы, сосны, клена, много валежника. Сомкнутость крон высокая, подлесок развит только в окнах крон. Травянистый ярус представлен преимущественно папоротниками и осокой волосистой. Лесная подстилка хорошо развита, не нарушена, мощностью 5 - 7 см, пружинящая, рыхлая и влажная. Состояние ярусов лесного биоценоза соответствует данному типу леса. Участок относится к I стадии рекреационной дигрессии.

Участок 2 расположен в IV квартале Лесной опытной дачи у северо-восточной границы. В 5 м восточнее находится асфальтированная пешеходная дорога, в 10 м – Тимирязевская улица с интенсивным автомобильным движением, в 200 м - автозаправочная станция. Участок расположен в нижней равнинной части пологого склона моренного холма северной экспозиции. Древостой смешанный с преобладанием лиственных пород. Подлесок и травянистый покров не развиты. Лесная подстилка мощностью 2 - 3 см. По санитарному состоянию деревья участка относятся к ослабленным, среди них много

усыхающих. На стволах встречаются древоразрушающие грибы, морозобойные трещины, листья клена поражены черной пятнистостью (возбудитель — гриб *Rhytisma acerinum*). Виды антропогенной нагрузки на участок – рекреационная и транспортная. Рекреационная нагрузка проявляется в виде дорожно-тропиночной сети площадью 9,9 м², выраженном уплотнении почвы, захламлении бытовым мусором, вытаптывании растительности, гибели подлеска. По совокупности указанных признаков участок относится к III стадии рекреационной дигрессии.

Участок 3 расположен в северо-западной части ЛОД, в I квартале. Лесные насаждения I и II кварталов испытывают наиболее сильные антропогенные нагрузки на территории Лесной опытной дачи, так как недалеко находится жилая зона, Большой Академический пруд, устроена рекреационная зона - детская и спортивная площадки, места для барбекю. Фитоценоз участка отличается выраженной мозаичностью, в котором лесные фитоценозы (плотные древесно-кустарниковые куртины) чередуются с фитоценозами открытых полей. В результате рекреационной активности выбитые площади достигают 70% от общей площади участка, из-за изреженности дубово-березово-соснового древостоя увеличена освещенность под пологом. Присутствуют усыхающие деревья и сухостой. Стволы дубов искривлены, с большим количеством отмирающих и сухих сучьев. Виды антропогенной нагрузки – рекреационная, коммунально-бытовая (имеются организованные точки складирования мусора, рекреационная инфраструктура, развитая дорожно-тропиночная сеть). На участке фиксируются уплотнение почвы, захламенность, кострища, повреждение коры и корней деревьев, причем последние обнажены и выступают над поверхностью почвы. Лесная подстилка на выбитых площадях и полянах полностью отсутствует, травянистая растительность представлена редкими однолетними растениями и сорными травами. Участок относится к IV стадии рекреационной дигрессии.

Участок 4 находится во II квартале, в окраинной части ЛОД по ее западной границе. Участок расположен в нижней части пологого моренного холма северо-западной экспозиции, рельеф – равнинный с выраженным микрорельефом. В 30 метрах западнее вплотную к ограждению лесопарка примыкает небольшая промышленная зона, на которой находятся гаражный кооператив, станция техобслуживания автомобилей, склады, сразу за ними – городские кварталы. Древостой смешанный, состоит из дубов, сосен, берез и кленов, присутствует подлесок, травянистый покров хорошо развит. Имеются признаки

ослабленности древостоя – старый сухостой и обилие усыхающих деревьев II и III ярусов, усыхающих ветвей на соснах, частая встречаемость древоразрушающих грибов, листья клена поражены черной пятнистостью, много валежника. Из видов антропогенной нагрузки можно выделить рекреационную (площадь дорожно-тропиночной сети на участке составила 13,5 м²), промышленную (промзона) и коммунально-бытовую - территория участка захламлена мусором. В напочвенном покрове присутствует лесная подстилка мощностью около 3 см, состоит из полуразложившейся коры, листьев, хвои, ветвей. Участок относится к III стадии рекреационной дигрессии.

Участок 5 расположен в IX квартале Лесной опытной дачи вдоль западной границы, в нижней части пологого моренного холма западной экспозиции. Рельеф – равнинный, микрорельеф представлен мелкими западинками, приподнятыми участками почвы вокруг стволов деревьев. Менее чем в 60 м западнее находится электрическая подстанция № 835 «Гражданская» ОАО «Московской объединенной электросетевой компании», которая функционирует с 1993 года. Древостой смешанный с преобладанием лиственных пород, имеется негустой подлесок, травянистый покров не развит, бурелом. Лесная подстилка мощностью 1 - 2 см, состоит из листового и хвойного опада, рыхлая. На участке присутствуют сухостойные, буреломные и ветровальные деревья. Единично фиксируется наличие древоразрушающих грибов. Отмечено поражение листьев клена черной пятнистостью. Виды антропогенной нагрузки: рекреационная, промышленная, транспортная, коммунально-бытовая. На участке развита дорожно-тропиночная сеть площадью 10,0 м², имеются несанкционированные свалки мусора.

Участок 6 находится в XII квартале, в нижней части пологого моренного холма западной экспозиции, вдоль западной границы ЛОД. В 20 метрах западнее находятся железнодорожные пути Московской железной дороги Рижского направления и железнодорожная платформа «Гражданская». Фитоценоз участка фрагментирован на лесной и луговой биоценозы, разделенных сетью тропинок. В лесном фрагменте подстилка выражена слабо, мощностью до 2 см. Дубово-березовый древостой находится в ослабленном состоянии, на взрослых дубах много усыхающих ветвей в нижнем и среднем ярусе. Много поваленных деревьев, обилие морозобойных трещин на стволах, часто встречаются дуплистые деревья и древоразрушающие грибы. Из-за разреженности древостоя нижний ярус представлен куртинами подроста клена и кустами лещины.

Травянистый покров представлен на опушках лугового типа. Виды антропогенной нагрузки: рекреационная, промышленная, транспортная, коммунально-бытовая (мусор). Рекреационная нагрузка проявляется в развитой дорожно-тропиночной сети площадью 32,4 м², что объясняется близостью к железнодорожной платформе «Гражданская» и высотным жилым комплексам, обилии бытового и строительного мусора. Напочвенный покров участка захламлен камнями, арматурой, стеклом, остатками бетона, битым кирпичом. Участок относится к IV стадии рекреационной дигрессии.

Парк «Дубки»

Рельеф парка равнинный за исключением искусственно созданных альпийских горок, микрорельеф не выражен. Потенциально опасных для экологического состояния парка промышленных объектов поблизости нет. С северной стороны вплотную к парку прилегает улица Немчинова, с восточной – непроезжая пешеходная дорога, с южной стороны на расстоянии 380 м находится оживленный перекресток между Ивановской улицей и улицей Костякова. В 2019 году парк перенес масштабную реконструкцию: произведено его благоустройство, фрагментарно подсыпан почвогрунт и посажены молодые деревья и кустарники, появились новые виды травянистых растений. Рекреационная нагрузка на парк велика и с каждым годом по мере застройки прилегающих к парку территорий значительно возрастает.

В парке «Дубки» были выделены три участка для исследования:

Участок 7 выступил в качестве условно фонового, так как расположен в центральной зоне парка, вдали от автомобильных дорог, детских и спортивных площадок, с минимально возможной рекреационной нагрузкой (ближайшая тропа или дорожка находилась не ближе 4 - 5 м). В пределах участка травянистый покров естественный, развит сильно, под кронами деревьев - умеренно. Древостой состоял из дубов, берез, лиственниц, кленов, акации. Кустарниковый ярус отсутствует. Состояние деревьев ослабленное: у берез и акации отмечены механические повреждения коры, обдиры, трещины, много сухих ветвей. Лесная подстилка хорошо сформирована, мощностью 2-3 см.

Участок 8 находится в окраинной зоне парка у южной границы, непосредственно у входа в парк. На участке разветвленная дорожно-тропиночная сеть. Рекреационная

нагрузка очень высокая - травянистый покров полностью вытоптан, почва уплотнена. Древостой представлен березой, дубом, лиственницей, тополем.

Участок 9 расположен с противоположной стороны от участка 8 рядом с северным входом в парк между улицей Немчинова и спортивной площадкой. По участку проходит тропинка, используемая для выгула собак. Древостой представлен кленом, березой, дубом, имеются искусственные посадки кустарников, травянистый покров практически полностью вытоптан. Почва уплотнена, с низкой влажностью. Дубы с усохшими ветвями в нижнем ярусе, присутствуют морозобойные трещины на стволах, листья поражены мучнистой росой. Участок находится под влиянием интенсивной рекреационной и транспортной нагрузки.

Результаты исследований

Результаты определения качества среды по коэффициенту состояния древостоя и степени флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой, представленные в таблице 2, свидетельствуют о том, что экологическая обстановка в пределах исследуемых участков существенно различалась, а данные степени асимметрии по результатам проведенного дисперсионного анализа группируются в соответствии с категориями качества окружающей среды.

Поскольку оба исследуемых лесопарка находятся в городской черте, показатели, полученные даже на ненарушенных участках, можно считать условно фоновыми. Фоновое значение асимметрии листьев было получено при их отборе в сельской местности Истринского района Подмосковья (74 км от МКАД), которое оказалось самым низким из всех обследованных участков городских лесопарков и составило 0,032. Близкое к этому значение (0,037) было получено для условного фона на территории участка 1 в VI квартале Лесной опытной дачи. Качество среды на фоновых участках характеризуется как условно нормальное, а значение коэффициента 1,4 свидетельствует о здоровом состоянии древостоя. Следовательно, даже в пределах мегаполиса крупный городской лесопарк успешно справляется со своей экологической функцией сохранения качества среды на уровне дальнего Подмосковья. Для сравнения качества среды в лесопарках с участками в пределах городской инфраструктуры был обследован небольшой сквер в 400 м севернее парка «Дубки» между домом № 9 и Красностуденческим проездом - районной автодороги

со средней интенсивностью движения, который выступил в качестве городского фона. Степень асимметрии листьев, собранных на этом участке, составила 0,063, что почти в два раза выше, чем в пределах фонового участка в Подмоскowie и условно фоновых участков в лесопарках. Такое качество среды является средним отклонением от условной нормы. Условно фоновое значение степени асимметрии в центре парка «Дубки» занимало промежуточное положение между условным фоном на Лесной опытной даче и городским фоном, и приближалось к верхней границе условно нормального качества среды.

Таблица 2. Состояние древостоя, степень флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой (*Betula pendula*) и качество окружающей среды в пределах участков обследования на территории городских лесопарков

Номер участка	Коэффициент состояния древостоя К	Состояние древостоя	Степень асимметрии	Качество окружающей среды
Фон (74 км от Москвы)				
-	1,2	Здоровый	0,032d*	Нормальное
Лесная опытная дача (г. Москва)				
1	1,4	Здоровый	0,037d	Нормальное
2	2,2	Ослабленный	0,058bc	Незначительные отклонения от нормы
3	3,1	Сильно ослабленный	0,069ab	Значительные отклонения от нормы
4	2,3	Ослабленный	0,050cd	Нормальное
5	2,7	Сильно ослабленный	0,060abc	Между незначительным и средним уровнем отклонения от нормы
6	2,8	Сильно ослабленный	0,057bc	Незначительные отклонения от нормы
Парк «Дубки» (г. Москва)				
7	1,9	Ослабленный	0,052c	Нормальное
8	2,8	Сильно ослабленный	0,057bc	Незначительные отклонения от нормы
9	3,0	Сильно ослабленный	0,074a	Критическое состояние
Городской фон (г. Москва, Красностуденческий проезд, у д. 9)				
-	н/д	-	0,063abc	Средний уровень отклонения от нормы

Примечания: * значения степени асимметрии с различными буквенными индексами являются статистически значимыми (критерий НСР Фишера, $P \leq 0,05$).

Значения степени асимметрии листьев, собранных в пределах окраинных зон Лесной опытной дачи, в разной степени отклонялись от условной нормы. Степень асимметрии для участков 2 (0,058) и 6 (0,057), расположенных соответственно вдоль Тимирязевской улицы по восточной границе ЛОД и вдоль железнодорожных путей у западной границы ЛОД, оказалась близкой, качество среды на этих участках характеризовалось как незначительное отклонение от нормы. Коэффициенты состояния древостоя показывают ослабленное состояние деревьев, произрастающих вдоль Тимирязевской улицы, и сильно ослабленное – вблизи железной дороги. Небольшая промышленная зона, расположенная вдоль западной границы ЛОД, не оказала существенного влияния на экологическую обстановку в пределах участка 4, для которого степень асимметрии составила 0,050. По всей видимости, сказалась невысокая транспортная нагрузка на прилегающей к участку территории и ее удаленность от крупных автомагистралей. Хотя качество среды на данном участке относится к категории условной нормы, степень асимметрии здесь в 1,4 раза выше, чем для условного фона в центре Лесной опытной дачи, древостой ослаблен. Наибольшее значение асимметрии в окраинной зоне по западной границе ЛОД установлено для участка 5, непосредственно у границ которого длительно функционирует электроподстанция «Гражданская». Здесь показатель асимметрии оказался равным 0,060, что является граничным значением между незначительным и средним уровнем отклонения качества среды от условной нормы, что нашло отражение и в сильной ослабленности древостоя.

Таким образом, качество среды в окраинных зонах Лесной опытной дачи, находящихся рядом с транспортными объектами – магистральной улицей районного значения и железнодорожными путями - оказалось близким и характеризовалось как незначительное отклонение от нормы, а показатели степени асимметрии листьев березы на данных участках превысили условно фоновое значение для центра ЛОД на 57 – 62%. В то же время они были незначительно, но ниже аналогичного значения на городском фоне, что указывает на то, что экологическая обстановка даже на периферийных участках крупного лесопарка хоть и приближается к городской, но является более благоприятной, чем в жилых зонах.

Самое высокое значение степени асимметрии листьев на Лесной опытной даче – 0,069 - зафиксировано на участке 3, расположенном в зоне активного отдыха в I квартале. По шкале качества окружающей среды это значение относится к категории значительного

отклонения от нормы, а коэффициент состояния древостоя – 2,9 – является самым высоким по сравнению с другими участками ЛОД, что указывает на его сильную ослабленность. Таким образом, из всех видов антропогенной нагрузки самой опасной для состояния древостоя лесопарка оказалась рекреационная. Следует отметить, что в дополнение к загрязнению атмосферного воздуха, вызванного промышленными и транспортными выбросами, рекреанты уплотняют верхние горизонты почвы, вытаптывают и уничтожают травянистую растительность и лесную подстилку, загрязняют почву бытовыми отходами, оставляют кострища, наносят механические повреждения деревьям. Не только в рекреационной зоне, но и на исследованных периферийных участках Лесной опытной дачи наблюдались такие негативные проявления ослабленности древостоя, как кривоствольность, суховершинность у хвойных, поражение патогенными и древоразрушающими грибами и т.д. Результаты многолетних исследований на Лесной опытной даче показали значительное увеличение рекреационной нагрузки на ее территории за последние 20-30 лет [6]. Так, доля тропиной сети в период с 2010 по 2014 годы возросла в 1,5 – 2 раза по сравнению с 80 - 90 годами XX века. Это привело к почти двукратному увеличению площади вытоптанных территорий, а в I квартале - почти полному уничтожению живого напочвенного покрова. Как следствие, признаки угнетения деревьев отмечались на 50 – 60% площади ЛОД.

Как было отмечено ранее, на участке 7 в парке «Дубки» качество среды характеризовалось как условно нормальное, а значение степени асимметрии листьев (0,052) примерно соответствовало аналогичному показателю для окраинного участка территории Лесной опытной дачи, примыкающего к промзоне. Значение степени асимметрии для участка 8 у южного входа в парк составило 0,057, что является незначительным отклонением от нормы. Удаленность на 380 м от ближайшей дороги обусловило приоритет рекреационной нагрузки на данный участок. Степень асимметрии для участка 9 у противоположного, северного входа в парк со стороны улицы Немчинова оказалась равной 0,074. Это был единственный участок из всех исследованных на Лесной опытной даче и в парке «Дубки», который по качеству среды оказался в критической зоне. Очевидно, это произошло вследствие сочетания высокой транспортной и рекреационной составляющих антропогенной нагрузки, поскольку с одной стороны участок непосредственно граничит с проезжей частью, а с другой – со спортивной инфраструктурой парка.

Растительный напочвенный ярус лесного биоценоза является чувствительным индикатором изменений лесной экосистемы. Он подвергается воздействию антропогенных факторов не только через загрязненный атмосферный воздух, но и через почву – как путем поверхностного механического повреждения (вытаптывания), так и опосредованно через изменение физико-химических и биологических свойств почвы [7]. Известно, что изменения микробиологических параметров почвы в ответ на внешние возмущения предшествуют изменению биопродуктивности экосистемы, а показатель биологической активности почвы в значительной мере определяет величину экологического потенциала лесных ландшафтов, их устойчивость к рекреационной нагрузке. В настоящем исследовании для ранней диагностики негативного влияния антропогенных факторов на эдафический компонент лесопаркового биогеоценоза, от которого во многом зависит состояние древостоя, была определена степень разложения клетчатки льнополотна в почве обследованных участков Лесной опытной дачи и парка «Дубки» в разные по гидротермическим условиям периоды года. Показатели убыли массы льняных полотен после 30-дневной экспозиции в почве участков на Лесной опытной даче в осенний (октябрь) и летний (июнь – август) периоды представлены на рис. 2. В целом в октябре 2020 года интенсивность разрушения клетчатки по оценочной шкале была слабой или очень слабой, очевидно, вследствие пониженной температуры и высокой влажности в этот период. Наибольшая убыль массы льняного полотна – 16% отмечалась на условно фоновом участке в центре ЛОД, на остальных обследованных участках была ниже. К категории со слабой интенсивностью разрушения клетчатки ниже фона (порядка 11%) относился участок 2, примыкающий к Тимирязевской улице, очень слабой (7,4 – 9,8) – все окраинные участки 4 – 6 по западной границе ЛОД. Низкой убылью массы льнополотна на Лесной опытной даче отличалась рекреационная зона (7,0%) и территория участка рядом с электроподстанцией (7,4%). В парке «Дубки» наибольшая целлюлозолитическая активность (13,6%) наблюдалась на условно фоновом участке, вдвое более низкое значение регистрировалось в активно посещаемой зоне у северного входа в парк рядом со спортплощадкой (6,4%). Хуже клетчатка разлагалась только на дополнительно исследованном, полностью вытоптанном, лишенном напочвенного покрова участке рядом с детской игровой площадкой (5,2%).

Рис. 2. Целлюлозолитическая активность почв обследованных участков Лесной опытной дачи в разные периоды года

Летом степень разложения клетчатки при той же экспозиции повторяла тенденции осеннего периода, однако абсолютные значения убыли массы льнополотен оказались в 1,6 – 2,7 раз выше осенних в зависимости от участка. За 30-дневный период экспозиции льнополотен в наиболее благоприятный по гидротермическому режиму летний период интенсивность их разложения на всех участках была слабой, за исключением условно фонового участка 1 и участка 6 у железной дороги в июне – июле, где убыль массы тканей составила соответственно 31,8 - 34,4 и 45,7%, что соответствует средней интенсивности процесса разрушения клетчатки. Последнее значение можно объяснить тем, что вследствие отмеченной выше фрагментации фитоценоза на данном участке отдельные полотна были заложены на олуговелых полянах со сформированной дерниной, в пределах которых биологическая активность почв стимулировалась развитой корневой системой луговых трав, а также более высокой прогреваемостью почвы опушек по сравнению с почвой лесного биоценоза. Таким образом, в методических подходах к определению биологической активности и других показателей почвы в лесных биогеоценозах, находящихся на IV - V стадиях рекреационной дигрессии, необходимо учитывать особую

фрагментарную структуру почвенного покрова, вследствие которой наличие пограничных, «опушечных» микросред может привести к значительному варьированию полученных результатов, трудностям при статистической обработке и некорректным выводам при их трактовании.

В целом результаты определения целлюлозолитической активности почвы в обоих лесопарках указывают на наличие тенденции ее снижения на участках с заметной нарушенностью живого напочвенного покрова, что выражается в маломощности или полном отсутствии лесной подстилки, неразвитости травянистого яруса и подлеска, повышенной плотности дорожно-тропиночной сети и, как следствие, вытоптанности и уплотнении верхних горизонтов почвы. По данным, приведенным в работе [8], влияние рекреации распространяется на глубину 20 - 30 см почвенного профиля, а на тропях достигает 30 – 40 см. Наибольшие изменения в структурно-функциональной организации фиксируются в верхнем 0 - 5 см слое почвы, причем, чем выше уровень рекреационной нагрузки, тем сильнее меняются почвенные свойства.

Результаты исследования снежного покрова на участках Лесной опытной дачи и парка «Дубки» представлены в таблице 3. Наиболее низкое значение содержания взвешенных веществ в снеге было установлено для условно фонового участка в центре ЛОД, которое составило 24,7 мг/дм³. Это в 3,4 раза ниже содержания взвешенных веществ в снеге условного фона в центре парка «Дубки». В образце снега, отобранном на участке 2, расположенном вдоль Тимирязевской улицы, наблюдалось наибольшее содержание взвешенных веществ, которое составило 505,1 мг/дм³, что на порядок выше, чем у других образцов снега, отобранных на ЛОД. В то же время это значение вдвое меньше аналогичного показателя на городском фоне (1012,3 мг/дм³). Заметное повышение содержания взвешенных веществ в снеге с участков 8 и 9 в парке «Дубки», скорее всего, связано с их частой посещаемостью рекреантами по сравнению с территорией Лесной опытной дачи, нарушением структуры снегового покрова и дополнительным попаданием в него твердых примесей. Значения содержания взвешенных веществ в остальных образцах варьировали в пределах от 14,9 до 95,9 мг/дм³.

Наши исследования показали, что образцы снега на участках, выступающих условным фоном в обоих лесопарках, а также на окраинном участке 4 рядом с промзоной на Лесной опытной даче, имели слабокислую реакцию среды (6,0 – 6,2), тогда как на

периферийных участках лесопарков значения рН возрастали. Самые высокие значения водородного показателя талой воды – 6,9 - 7,0 зафиксированы на городском фоне, окраинных зонах парка «Дубки» и на границе Лесной опытной дачи с Тимирязевской улицей. Подобную закономерность повышения рН талой воды вследствие содержания в снеге щелочных продуктов сжигания топлива от стационарных и подвижных источников отмечали в своих работах и другие исследователи [9, 10].

Таблица 3. Физико-химические свойства талого снега, отобранного в пределах участков обследования на Лесной опытной даче и в парке «Дубки»

Номер участка	Содержание взвешенных веществ, мг/дм ³	рН, ед.	Электропроводность Ес (мкСм/см)	Общая жесткость, мг-экв/л
Лесная опытная дача				
1	24,7	6,0	22,4	0,24
2	505,1	7,0	288,2	2,88
3	59,9	6,5	34,8	0,38
4	63,8	6,0	26,2	0,30
5	95,9	6,5	17,7	0,20
6	14,9	6,4	35,9	0,36
Парк «Дубки»				
7	83,7	6,2	16,1	0,18
8	139,6	6,9	73,8	0,80
9	117,0	6,9	30,6	0,34
Городской фон				
-	1012,3	7,0	40,3	0,44

Самый высокий показатель электропроводности на Лесной опытной даче был установлен для участка 2 и составил 288,2 мкСм/см, что более чем в 7 и 13 раз выше электропроводности талого снега соответственно на городском фоне и условном фоне в центре лесопарка. Практически не вызывает сомнений, что такой результат обусловлен попаданием в снежный покров противогололедных реагентов. По нашим наблюдениям, во время механизированной уборки снега с проезжей части Тимирязевской улицы были нередки ситуации, когда собранный снег вместо вывоза на снегоплавильные пункты без очистки сбрасывался коммунальными службами города за ограждение на территорию Лесной опытной дачи. Электропроводность образцов снега, отобранных в других периферийных зонах ЛОД, расположенных вдали от автодорог, была невысокой и

варьировала в пределах от 17,7 до 35,9 мкСм/см. Рекреационная зона и участок вдоль железнодорожного полотна по электропроводности снега приближались к городскому фону. В окраинных зонах парка «Дубки» полученные значения электропроводности хоть и были выше условно фоновых, но не превышали 100 мкСм/см. Это связано с тем, что в парке не применяют противогололедные реагенты и их возможное попадание в снеговой покров обусловлено привнесением рекреантами с близлежащих улиц и тротуаров.

Общая жесткость талой воды характеризует содержание в ней солей кальция и магния. Данный показатель значительно варьировал в зависимости от места взятия образцов снега. По жесткости талая вода на всех исследованных участках относится к классу мягких вод (0,18 – 0,80 мг-экв/л). Максимальное значение общей жесткости, как и в случае с показателями рН и электропроводности, отмечено для образца снега, отобранного на участке 2 у Тимирязевской улицы, и составило 2,88 мг-экв/л.

Выводы:

1) Комплексная сравнительная оценка экологического состояния лесопарковых зон Тимирязевского района города Москвы на основе определения флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой, целлюлозолитической активности почвы и аэрозольного загрязнения снежного покрова показала ослабленное и сильно ослабленное состояние древостоя в окраинных частях Лесной опытной дачи и парка «Дубки» (2 и 3 категории санитарного состояния), находящихся под воздействием антропогенной нагрузки различного происхождения. Экологическая обстановка на условно фоновом участке в центре Лесной опытной дачи оказалась в пределах нормы и по степени асимметрии была близка к фоновым значениям для сельской местности в 74 км от Москвы, что свидетельствует об эффективности выполнения этим крупным лесопарком своих экологических функций.

2) Рекреационные зоны со спортивной инфраструктурой и детскими игровыми площадками характеризовались значительным отклонением качества среды от нормы на Лесной опытной даче, и ее критическим состоянием – в парке «Дубки», в пределах которых степень асимметрии листьев березы повислой составила соответственно 0,069 и 0,074 против 0,037 и 0,052 на условном фоне каждого из изученных лесопарков.

3) Результаты определения целлюлозолитической активности почвы

свидетельствуют о тенденции ее снижения в 1,5 – 2,5 раза во всех периферийных зонах обоих лесопарков по сравнению с фоновыми значениями независимо от сложившихся гидротермических условий, связанных с сезоном года. Наименьшая убыль массы льнополотен наблюдалась на участках с признаками нарушенности живого напочвенного покрова и деградацией лесной подстилки (вытоптанностью, развитой дорожно-тропиночной сетью, изреженностью древостоя, гибелью подлеска и травянистого яруса, захламливанием). К ним относятся интенсивно эксплуатируемые рекреационные зоны, участки, расположенные вдоль автомобильных дорог и граничащие с отдельными промышленными объектами (электроподстанция).

4) Исследования аэрозольного загрязнения снежного покрова показали, что наибольшими показателями содержания взвешенных веществ и электропроводностью – 505,1 мг/дм³ и 288,2 мкСм/см соответственно отличались образцы снега с участка Лесной опытной дачи, граничащего с Тимирязевской улицей, что соответственно в 20,4 и 12,9 раза выше, чем в снеге из центра лесопарка, и связано с попаданием противогололедных реагентов в процессе снегоудаления с дорожного полотна. Значения рН талой воды почти всех образцов снега, отобранных с периферийных участков обоих лесопарков, показали тенденцию к повышению на 0,4 – 1,0 ед. рН по сравнению с условным фоном, что свидетельствует о преобладании в загрязненном городском воздухе щелочных компонентов.

Список использованных источников

1. Официальный сайт мэра Москвы. Тимирязевский район [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mos.ru/moi-raion/timiryazevskij>
2. Дубенок Н.Н., Кузьмичев В.В., Лебедев А.В. Экологические функции насаждений в условиях мегаполиса на примере Лесной опытной дачи Тимирязевской сельскохозяйственной академии // Матер. межд. научно-практ. конф. «Экономические аспекты развития АПК и лесного хозяйства». - Нижний Новгород. - 2019. – С. 150-155.
3. Казанская Н.С., Ланина В.В., Марфенин Н.Н. Рекреационные леса. - М.: Лесная промышленность, 1977. - 96 с.
4. Распоряжение Министерства природных ресурсов Российской Федерации № 460-р от 16.10.2003 г. «Об утверждении методических рекомендаций по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ» - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901879474>

5. ПНД Ф 14.1:2.110-97 Методика выполнения измерений содержания взвешенных веществ и общего содержания примесей в пробах природных и очищенных сточных вод гравиметрическим методом. - М. - 1997. - 11 с.

6. Мосина Л.В., Журовский В.В. Применение почвенно-микробиологического мониторинга для оценки экологического состояния лесных и лесопарковых ландшафтов мегаполиса Москва // Доклады ТСХА. - 2018. - Вып. 240. - Ч. 2. - С. 22-24.

7. Сибгатуллина М.Ш. Рекреационная дигрессия растительного покрова на территории заказника «Голубые озера» // Российский журнал прикладной экологии. - 2015. - № 2. - С. 15–19.

8. Захаров С.Г., Кулик И.В. Тропа и рекреационная нагрузка: новый метод определения уплотнения почв на тропах // Географический вестник. - 2017. - № 2 (41). - С. 109–117.

9. Машкин Д.В., Гущин А.А., Извекова Т.В., Боровова Ю.Г. Опыт использования снежного покрова в качестве универсального показателя загрязнения урбанизированных территорий // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. - 2016. - № 18. - С. 58-73.

10. Белова Е.А., Ковальчук Н.В. Оценка загрязненности снежного покрова города Гродно [Электрон. ресурс] // Живые и биокосные системы: Научное электронное периодическое издание Южного федерального университета. - 2013. - № 3. – Режим доступа: <http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-11>.

=====

Цитирование:

Андреева И.В., Морев Д.В., Таллер Е.Б., Васенев И.И. Сравнительная оценка экологического состояния лесопарковых зон Тимирязевского района города Москвы [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/6/st_630.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20216630>.