

**Буйволова Анна Юрьевна**

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ГОРОДА  
МОСКВЫ НА ПРИМЕРЕ ПРИРОДНО-ИСТОРИЧЕСКОГО ПАРКА  
«КУЗЬМИНКИ-ЛЮБЛИНО»**

**Специальность 03.02.08 - экология**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Москва 2016

Диссертационная работа выполнена на кафедре географии почв факультета почвоведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

**Научный руководитель:** **Трифонова Татьяна Анатольевна**  
доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник,  
профессор кафедры географии почв факультета почвоведения  
ФГБОУВО «Московский государственный университет имени  
М.В. Ломоносова»

**Официальные оппоненты:** **Минин Александр Андреевич**  
доктор биологических наук, руководитель НПО «Сохранения и  
развития природного комплекса» ГУП «НИ и ПИ Генплана г.  
Москвы»

**Репкин Роман Владимирович**  
кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и  
экологии ФГБОУВО «Владимирский государственный  
университет имени Александра Григорьевича и Николая  
Григорьевича Столетовых»

**Ведущая организация:** ФГБУ «Институт глобального климата и экологии  
Росгидромета и РАН».

Защита состоится «22» ноября 2016 года в 15:30 в аудитории М-2 на заседании диссертационного совета Д 501.001.57 при ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» по адресу: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы д. 1, стр. 12, МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения. С диссертацией можно ознакомиться на сайтах <http://soil.msu.ru/nauka/uchenyj-sovet> и <http://istina.msu.ru/dissertations/22274077/> и в Фундаментальной библиотеке МГУ имени М.В. Ломоносова.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью организации, просьба направлять по адресу 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы д. 1, стр. 12, МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, Учёный совет.

**Ученый секретарь**  
диссертационного совета Д 501.001.57,  
доктор биологических наук



Никифорова А.С.

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** Технический прогресс, способствующий развитию цивилизации, влечет за собой техногенное преобразование биосферы, следствием которого является замена естественных природных экосистем на антропогенно нарушенные или искусственно сформированные.

Вопросы трансформации естественных экосистем начинают активно подниматься учеными с середины 80-ых годов прошлого столетия. Известны работы Г.Н. Симкина, Д.Н. Кавтарадзе, В.С. Фридмана, О.П. Мелиховой, Е.Г. Коломыц, А.С. Керженцева, О.В. Глебовой и многих других, показывающие, что пути к решению проблемы оздоровления человека и городской среды пролегают через изучение и охрану природных экосистем. Исследования сотрудников Института лесоведения РАН (Рысин Л.П., Быков А.В., Меланхолин П. Н., Микляев В.И., Шашкова Г.В., Мазолевская Е.Г.) подчеркивают невозможность эффективного сохранения и воспроизводства биоресурсного потенциала без анализа данных, характеризующих состояние ландшафтного и биологического разнообразия до и после сильного антропогенного воздействия. Необходимость общеэкологической оценки и сохранения естественных участков природы в городах подтверждается работами отечественных и зарубежных исследователей, а также законодательными актами и стратегическими документами развития мегаполисов по всему миру (Постановление..., 2014; McDonnell, 1997; Carreiro, 2008; UN, 2008, 2015). Городские естественные экосистемы, которые в настоящее время сохранились на особо охраняемых природных территориях - это база для биологической регуляции и стабилизации окружающей городской среды. Следовательно, актуальность приобретают исследования степени воздействия человека на природу в городе, изменения скорости преобразования или распада природных комплексов, необходимых для своевременного обнаружения обратимых процессов антропогенной трансформации. Все более актуально проведение оценки степени трансформации природных экосистем в городской среде и решение проблем сохранения биоразнообразия в городе.

**Цель работы.** Выявление основных закономерностей трансформации лесных экосистем особо охраняемых природных территорий города Москвы на примере природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино».

### **Задачи исследования:**

1. Выявить характер антропогенного воздействия на естественные экосистемы природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино».
2. Оценить состояние почв лесных экосистем в природно-историческом парке «Кузьминки-Люблино».
3. Оценить состояние растительности лесных экосистем в природно-историческом парке «Кузьминки-Люблино» и в Приокско-Террасном биосферном заповеднике.
4. Оценить состояние почвенной мезофауны лесных экосистем в природно-историческом парке «Кузьминки-Люблино» и в Приокско-Террасном биосферном заповеднике.
5. Провести комплексную оценку изменений городских лесных экосистем относительно экосистем фоновой территории и выявить основные индикаторы их трансформации в условиях мегаполиса.
6. Предложить рекомендации по применению результатов исследований для повышения эффективности сохранения и развития сети особо охраняемых природных территорий в Москве.

### **Защищаемые положения.**

✓ Наименее нарушенные, удаленные от источников антропогенного воздействия участки в составе природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино» сохраняют структуру лесных экосистем, сходную с характерной для экосистем природной зоны.

✓ При установленном структурном экосистемном сходстве в городском парке отмечается внутрисистемная трансформация отдельных компонентов лесных экосистем: биомассы (фитомассы и зоомассы), биоразнообразия, накопления органического вещества, скорости биоразложения.

✓ Основными индикаторами трансформации городских естественных экосистем служат: уменьшение мощности почвенной подстилки, увеличение скорости разложения целлюлозы и стандартной подстилки, сокращение проективного покрытия мохового яруса, вплоть до его полного отсутствия, увеличение биомассы почвенной мезофауны, увеличение доли сапрофагов в ее составе, в том числе повышенная численность дождевых червей.

**Научная новизна.** Проведенные одновременные полевые исследования в природно-историческом парке «Кузьминки-Люблино» и в Приокско-Террасном государственном природном биосферном заповеднике позволили дать комплексную оценку изменений, происходящих в лесных экосистемах, находящихся в условиях городской среды в сравнении с эталонными природными комплексами и выявить индикаторы трансформации. Впервые на разноплановом экспериментальном материале показано, что в условиях города Москвы в особо охраняемых природных зонах и лесопарках происходят трансформации на фоне сохраняющихся основных характеристик малонарушенных экосистем. На примере сосновых и березовых лесов выявлены направления трансформации лесных экосистем, происходящие в условиях мегаполиса даже при минимальной рекреационной и иной видимой антропогенной нагрузке.

**Практическое значение.** Полученные данные и выявленные тенденции позволяют разработать более эффективные технологии содержания городских лесных экосистем, позволяющие сохранять высокие природные и эстетические качества лесных экосистем в крупных городских лесопарковых массивах при минимизации финансовых затрат. Показано, что технология восстановления и содержания лесных экосистем должна быть направлена на поддержание естественной способности природных сообществ к самовосстановлению и учитывать тенденции изменения экосистем в городской среде.

**Апробация работы.** Материалы диссертации доложены и обсуждены на российских и международных научных конференциях: Российском молодёжном форуме «Экология России и молодёжная экологическая политика» (Москва, 2010), 6-ой Международной научно-практической конференции "Экология речных бассейнов" (Владимир, 2011), молодежной конференции Ломоносов (Москва, 2012), 8th International Conference of the Working Group on Soils in Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas (SUITMA8), the National Autonomous University of Mexico (UNAM), Мексика (2015).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 9 научных работ, в том числе 3 в рецензируемых журналах из перечня ВАК РФ.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа изложена на 186 страницах, содержит 18 рисунков, 39 таблиц; состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы, включающего 228 источников (из них 25 на иностранном языке) и 2 приложений.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю благодарность за внимательное отношение и помощь на всех этапах работы научному руководителю д.б.н., профессору Т.А. Трифионовой. Особо благодарен за помощь в обсуждении результатов сотрудникам кафедры географии почв: к.б.н., старшему преподавателю А.А. Рахлеевой и к.б.н., доценту Т.В. Прокофьевой, а также

сотрудникам биологического факультета МГУ: ведущему научному сотруднику кафедры геоботаники, д.б.н. А.П. Серёгину, научному сотруднику кафедры гидробиологии, к.б.н. В.В. Марьинскому и научному сотруднику Приокско-Террасного биосферного заповедника, к.б.н. М.И. Попченко.

Спасибо всем сотрудникам кафедры географии почв факультета почвоведения МГУ за высказанные замечания в ходе подготовки работы и неизменную поддержку.

## **ГЛАВА 1. РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ МЕГАПОЛИСА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА МОСКВЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

Освоение природных территорий Москвы на основных этапах развития города происходило по-разному. До XX века город вписывался в естественный ландшафт. Ключевым этапом освоения столицы стал Генплан 1937 года, в котором человек начал активно и планомерно преобразовывать природные комплексы под свои нужды. В это же время началось формирование законодательной базы в сфере охраны природного комплекса Москвы.

Принятые законодательные региональные документы об особо охраняемых природных территориях (ООПТ) направлены на достижение главной цели - сохранение в пределах территории города природных сообществ со свойственными им флорой и фауной, как необходимое условие для обеспечения экологической безопасности Москвы и высокого качества жизни горожан. При этом на законодательном уровне сохраняется двойственное отношение к лесным территориям в границах города Москвы. Городские леса законодательно признаются природными и лесными территориями. Однако в ряде законодательных актов требования по уходу и содержанию этих участков даны либо как за искусственно созданными, либо как за заповедными, приравненными к естественным лесам.

При общем признании наличия антропогенных изменений, происходящих в функционировании городских лесных территорий, в научных публикациях нет единства в части их оценки и учета при ведении городского хозяйства. С одной стороны, ряд исследователей признают неизбежность трансформаций и необходимость их учета при содержании природных территорий в городской среде. А.В. Курбатова (2004) предлагает перейти к конструктивному подходу, предполагающему активное создание инженерно-экологических территориальных систем на базе природных комплексов. По ее мнению, необходимо формировать новые городские экосистемы с заданными качествами. Функционирование городских ООПТ в Москве более сложно, чем внегородских, за счет появления дополнительных антропогенных факторов, отсутствия буферных зон и ограничения перспектив расширения территории (Сивцова, 2005). С другой стороны мы видим сторонников концепции «заповедного невмешательства», согласно которой провозглашается тезис «природа знает лучше». Рекомендуются сохранять каждый участок территории с сохранившимися природными чертами. Основным тезисом здесь является сохранение и попытка восстановления утраченных под воздействием города качеств природной среды (Авилова, 2008; Морозова, 2012).

Несомненно, большой вклад в изучение природного комплекса Москвы внесли ученые Московского университета (Анненская, 1962, 1963, 1990; Казанская и др., 1977; Майоров, 2012; Варлыгина, 2007; Добровольский, Строганова, 1996; Прокофьева, Строганова, 2004; Прокофьева и др., 2008; Кузнецов, Стома, 2015 и т.д.).

Таким образом, анализ работ, посвященных изучению трансформаций в урбанизированной среде естественных экосистем и их компонентов, главным образом лесных территорий, показывает отсутствие единых подходов при описании характера изменений и в их оценке.

## **ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **2.1. Основной методологический подход**

Под естественными (природными) экосистемами мы понимаем «объективно существующую часть природной среды, которая имеет пространственно-территориальные границы и в которой живые (растения, животные и другие организмы) и неживые ее элементы взаимодействуют как единое функциональное целое и связаны между собой обменом веществом и энергией» (Федеральный закон..., 2002). В Москве такому определению соответствуют леса ООПТ и других природных территорий, формирующиеся без прямого воздействия человека, в отличие от искусственных экосистем, являющихся результатом его деятельности.

Для исследования трансформаций лесных естественных экосистем на ключевых участках в городской среде выбрана методология сравнения изучаемой экосистемы с природным региональным эталоном. Впервые в России В.В. Докучаев в книге «Русский чернозем» (1883) говорил о значении эталонных территорий. В 30-х годах XX века советский эколог В.В. Станчинский (1938), обосновывая важность заповедников для оценки происходящих изменений природной среды под воздействием человека, писал: «Чрезвычайно важное значение имеют заповедники, которые дают возможность сравнивать изменения, которые происходят в определенных хозяйственных условиях с тем, что происходит в природе». При выборе эталонной территории мы основывались на исследованиях ряда современных российских ученых, в частности А.В. Пчелкина (2002). Исследования компонентов экосистем проводились на территории природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино» с охранным режимом (ПИП, в таблицах ПИП К-Л) на участках с наименьшей антропогенной нагрузкой и в Приокско-Террасном биосферном заповеднике (БЗ, в таблицах ПТБЗ), как эталонной территории.

### **2.2. Физико-географическая характеристика территории исследования**

Расположенный на юге Московской области Приокско-Террасный БЗ по своим макроклиматическим условиям соответствует климатическим характеристикам Москвы (Пчелкин, Пчелкина, 2012; Локощенко, 2014; Николаев, Аблеева, 2015). В таблице 1 представлены основные физико-географические характеристики исследуемых территорий. Приокско-Террасный БЗ и ПИП «Кузьминки-Люблино» располагаются на надпойменных террасах крупных рек (Оки и Москвы), сложенных слабо дифференцированными дерново-подзолистыми почвами (ржавоземами) на флювиогляциальных песках (Заблоцкая, 1989; Вагнер, Манучарянц, 2003; Атлас карт Приокско-Террасного заповедника, 2005; Добровольский, Урусевская, 2006; Труды по экологии и биогеографии, 2011).

Несмотря на всю схожесть условий, выбранные территории испытывали и испытывают разную антропогенную нагрузку, как в исторический период, так и на современном этапе развития.

**Таблица 1.** Физико-географическая характеристика природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино» и Приокско-Террасного биосферного заповедника.

Характеристика	ПИП К-Л	ПТБЗ
Площадь ООПТ	1189 га	4945 га
Год присвоения статуса ООПТ	2006 год	1945 год
Год последних рубок и иных мер интенсивного антропогенного воздействия	1960 год	1945 год
Климат	Умеренно – континентальный, с теплым летом и холодной зимой. Среднегодовая температура воздуха +4°С, средняя температура июля +18°С, среднее количество осадков – 500-550 мм.	
Геологическое строение	Центральная часть Русской (или Восточно-Европейской) платформы	
Геоморфология	Надпойменная терраса крупной реки	
	Мещерская зандровая низменность	Москворецко-Окская моренно-эрозионная равнина
Почвообразующие породы	Флювиогляциальные пески	
Растительность	Московский ботанико-географический район Восточноевропейской ботанико-географической провинции	
Почвенная зона	Дерново-подзолистые почвы южной тайги	

### 2.3. Объекты и методы исследования

Основным объектом исследования явились городские естественные лесные экосистемы: спелые и старовозрастные сосновые леса и средневозрастные березовые леса. Выбор сосновых лесов в качестве модельных связан с тем, что, по мнению ряда ученых, сосна весьма пластичный и широко распространенный вид, является чутким индикатором антропогенной нагрузки, реагируя на воздействие дефолиацией и дехромацией, выживая даже при достаточно высоких уровнях загрязнения. Березовые леса, в данном случае, выбраны как производные леса, стадия восстановления после рубки. Изучаемые леса наиболее распространены по площади в ПИП «Кузьминки-Люблино» и в заповеднике.

Для выявления основных закономерностей трансформации естественных лесных экосистем в условиях города на территории ПИП «Кузьминки-Люблино» и на эталонной территории в Приокско-Террасном БЗ на аналогичных биотопах были заложены постоянные пробные площади прямоугольной формы по 1 га каждая. Они представляли собой относительно однородные по абиотическим факторам площади, занятые выбранным типом биоценоза. В ПИП «Кузьминки-Люблино» и в Приокско-Террасном БЗ были заложены по две постоянные пробные площади под сосновым и березовым лесами (рисунок 1). Описание площадей приводится ниже.



**Рисунок 1.** Схема расположения пробных площадок на изучаемых ООПТ



**Рисунок 2.** Сосняк сложный в ПИП «Кузьминки-Люблино»

**ПИП «Кузьминки-Люблино»: Сосняк сложный** (рисунок 2). В травостое преобладает ландыш майский (*Convallaria majalis* L.), а также встречаются недотрога мелкоцветковая (*Impatiens parviflora* DC.), купена душистая (*Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce), щитовник шартрский (*Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs) и др. Плевроциум Шребера (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt) встречается только на мертвой древесине и основании деревьев. Подлесок (сомкнутость крон – 10-20%) в основном состоит из клена остролистного (*Acer platanoides* L.), клена американского (*Acer negundo* L.), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.). Лесная подстилка сплошная, её мощность от 1 до 3 см. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – <5%, сомкнутость крон древесного яруса – 50%. Средний возраст сосняка – 70-100 лет.

**Березняк разнотравный приспевающий** (рисунок 3).



**Рисунок 3.** Березняк в ПИП «Кузьминки-Люблино»

В травостое преобладают вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), ландыш майский (*Convallaria majalis* L.), полевица тонкая (*Agrostis capillaris* L.). В подлеске единично встречаются рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.). Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 70 - 80%, сомкнутость крон древесного яруса – 5-30%. Средний возраст березняка – около 50 лет. Лесная подстилка фрагментарная, хорошо выражена только на приствольных повышениях.

**Приокско-Тerrasный БЗ: Сосняк сложный** (рисунок 4). В травостое преобладают ландыш майский (*Convallaria majalis* L.), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.), вейник тростниковый (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth.) В подлеске встречаются черёмуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosus* Scop.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.). Их кроны местами образуют полог. Моховой покров (преимущественно *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.) занимает до 90 % приземного яруса. Средний возраст сосняков – 100 лет. Проективное покрытие травяно-



**Рисунок 4.** Сосняк в Приокско-Тerrasном БЗ

40%. Средний возраст березняка – около 60 лет. Лесная подстилка сплошная, мощность 3 см.

**Методы изучения почв.** Проведены полевые морфологические описания почв. Выполнен ряд химических и физико-химических исследований. Определение плотности, влажности,  $pH_{\text{водн.}}$ , содержания органического углерода ( $C_{\text{орг.}}$ ), обеспеченности основными питательными веществами (NPK), загрязнения тяжелыми металлами (ТМ) выполнялись по общепринятым в почвоведении методикам (Аринушкина, 1970; Полевые и лабораторные методы..., 2001). При характеристике

фонового уровня загрязнения использованы данные, полученные Институтом глобального климата и экологии Росгидромета и РАН на станции комплексного фонового мониторинга в Приокско-Тerrasном БЗ. Названия почв в автореферате приведены в соответствии с современной российской классификацией почв (Классификация и диагностика почв России, 2004).

Оценка скорости разложения хвойного опада (стандартной подстилки) и целлюлозы в подстилке осуществлялась по биоиндикационному методу, принятому в практике международной совместной программы комплексного мониторинга (ICP IM, 2010).

Для характеристики техногенной (ТГ) нагрузки на почвы ПИП "Кузьминки-Люблино" использовалась система оценки неоднородности территории по грациям магнитной восприимчивости поверхностного почвенного покрова Москвы (Гладышева, 2007). Рекреационная нагрузка определялась стандартным методом (ОСТ 56-100-95).

**Методы изучения растительности.** Для диагностики трансформации городских лесов были выполнены геоботанические описания в пределах ключевых участков в пятикратной повторности. Названия типов леса на пробных площадях приведены согласно типологической классификации групп типов леса Московской области (Постановление..., 2002). Проективное покрытие определено визуально и выражено в процентах, обилие – по шкале обилия растений Браун-Бланке. Видовое разнообразие растительных сообществ изучалось с помощью выделения альфа-, бета- и гамма-разнообразия (Whittaker, 1960). Для определения эколого-ценотической группы (ЭЦГ) и отношения вида к отдельным экологическим факторам (Ellenberg et al., 1991) использовалась база данных "Флора сосудистых растений Центральной России" (Флора сосудистых растений..., URL: <http://www.jcibi.ru/eco1/index.shtml> от 01.09.2014). Запасы надземной фитомассы определялись методом укусов (Родин и др., 1968). При оценке синантропизации использовались градации по Л.М.Абрамовой (2004).

кустарничкового яруса – 20%, сомкнутость крон первого древесного яруса– 50-60%. Подстилка мощностью от 3 до 5 см выражена хорошо по всей площади биотопа.

Березняк разнотравный приспевающий (рисунок 5). В травостое преобладают осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.), вейник тростниковый (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth), костяника (*Rubus saxatilis* L.). Подлесок изрежен, полог не образуется. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 70-80%, сомкнутость крон древесного яруса – 30-



**Рисунок 5.** Березняк в Приокско-Тerrasном БЗ

**Методы изучения мезофауны.** Исследование почвенной мезофауны проводилось в весенне-осенний период. Образцы отбирались в пятикратной повторности на пробных площадях каждого ООПТ с разницей в один день. Пробы изучались методом послойных почвенных раскопок с ручной разборкой на площадках 0,25 м<sup>2</sup> до глубины 30 см (Гиляров, 1975). В отобранных образцах определялись состав, численность и биомасса мезофауны. На основе количественных данных выделены доминантные комплексы групп мезофауны. Трофическая специализация видов почвенных беспозвоночных устанавливалась согласно литературным данным по соответствующим группам животных (Козловская, 1976; Стриганова, 1980). Кроме того, были определены индексы разнообразия Шеннона, Пиелу и Симпсона, а также показатель доминирования Бергера-Паркера (Мэгарран, 1992).

### ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ПАРКА МЕГАПОЛИСА И БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

#### 3.1 Антропогенное воздействие на естественные лесные экосистемы природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино»

Естественные экосистемы природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино» при разрастании города Москвы испытывали антропогенное воздействие различной интенсивности в разные периоды. Так территория, на которой располагается ключевой участок, занятый березняком, в 60-е годы XX века являлась полигоном для испытания химического оружия. Здесь же проводилось захоронение отравляющих веществ, в том числе иприта и бытовых отходов (Федоров, 2002). Ключевой участок, занятый сосновым лесом, является памятником природы. Он представляет собой типичный участок соснового леса, отражающий первоначальный породный состав обширных лесных массивов Мещерской низменности (Культура средневековой Москвы, 2005). Показатели, отражающие степень антропогенной нагрузки отображены в таблице 2.

**Таблица 2.** Антропогенная нагрузка на экосистемы ПИП «Кузьминки-Люблино» и Приокско-Террасного БЗ

	Сосняк		Березняк	
	ПИП К-Л	ПТБЗ	ПИП К-Л	ПТБЗ
Стадия дигрессии*	II (1-5%)	I (<1%)	I (<1%)	I (<1%)
Степень ТГ нагрузки**	слабонагруженный	ненагруженный	средненагруженный	ненагруженный
Степень ТГ контрастности**	среднеконтрастный	неконтрастный	сильноконтрастный	неконтрастный
Уровень загрязнения Cd и Pb***	средний	допустимый	высокий	допустимый
Уровень загрязнения остальными ТМ***	допустимый	допустимый	допустимый	допустимый

\*согласно стандарту ОСТ 56-100-95, по % площади, вытопанной до минерального горизонта поверхности почвенного покрова;

\*\*согласно градациям М.А.Гладышевой по измерению магнитной восприимчивости;

\*\*\*Загрязнение почв тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязненных почв, 2009.

Антропогенная нагрузка в березняке ПИП «Кузьминки-Люблино» выше, чем в сосняке. Березняку соответствуют степень ТГ нагрузки - средненагруженная и высокий уровень загрязнения кадмием, в то время как в сосняке степень ТГ нагрузки слабая, а уровень загрязнения кадмием средний. Однако рекреационная нагрузка выше в сосняке, так как он располагается в приусадебной части парка, а березняк располагается в лесопарковой зоне.

Валовое содержание ТМ сравнивалось со значениями ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) и с фоновыми значениями (МУ 2.1.7.730-99, 1999; Мотузова, 2007). Показано, что значения концентрации относительно ОДК превышены в 1,4 - 3,9 раз только по Pb и Cd, однако превышения относительно фоновых значений имеют все изученные ТМ (в 2 – 81 раз) (таблица 3). Следовательно, на экосистему городского парка оказывается более высокое антропогенное воздействие, чем на экосистемы фоновых территорий.

По данным Мосэкомониторинга значения содержания загрязняющих веществ на автоматических станциях мониторинга в юго-восточном административном округе не превышают значений предельно допустимой среднесуточной концентрации (ПДКсс), за исключением превышений по озону в 1,1 раз на станции «Марьино» (Доклад о состоянии окружающей среды, 2014). Озон образуется в результате химических реакций, в которые вступают оксиды азота (NO<sub>x</sub>) и летучие органические соединения. Поэтому следует обратить внимание на то, что содержание диоксида азота приближается к значению ПДКсс. Известно, что соединения азота оказывают влияние на биогеохимический круговорот веществ, вследствие чего происходит трансформация компонентов экосистемы.

Опираясь на данные по содержанию загрязняющих веществ в атмосферном воздухе организации Мосэкомониторинг (увеличение концентрации оксидов азота) и собственные данные по загрязнению напочвенного покрова (повышенные значения магнитной восприимчивости, превышения показателей по ТМ только в верхнем почвенном пятисантиметровом слое в обоих биотопах) можно сделать вывод, что основной источник загрязнения наименее нарушенных лесных экосистем ПИП «Кузьминки-Люблино» – атмосферные выпадения, поступающие от различных источников загрязнения: автотранспорта, промышленных предприятий.

**Таблица 3.** Валовое содержание тяжелых металлов в почвах пробных площадей ПИП «Кузьминки-Люблино» \*С – концентрация элемента

Биотоп	Глубина слоя, см	Показатель	Элемент				
			Pb	Cd	Zn	Cu	Ni
Березняк	0-5	С*/ОДК	<b>5,0</b>	<b>8,1</b>	0,7	0,3	0,2
	5-10		0,6	<b>3,5</b>	0,7	0,3	0,1
	10-20		нд	нд	0,6	0,2	0,1
	0-5	С/Фон	<b>26,9</b>	<b>81,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>	0,7
	5-10		3,2	<b>35,2</b>	<b>1,4</b>	<b>1,1</b>	0,5
	10-20		нд	нд	<b>1,2</b>	0,7	0,5
Сосняк	0-5	С/ОДК	0,4	<b>3,5</b>	<b>1</b>	0,4	0,3
	5-10		0,3	0,2	0,7	0,3	0,1
	10-20		нд	нд	0,8	0,3	0,6
	0-5	С/Фон	<b>2,3</b>	<b>35,2</b>	<b>2</b>	<b>1,6</b>	<b>1</b>
	5-10		1,8	<b>2,1</b>	<b>1,4</b>	<b>1,2</b>	0,5
	10-20		нд	нд	<b>1,6</b>	<b>1,2</b>	<b>2</b>

Таким образом, несмотря на охранный режим и внешнее благополучие, экосистемы ПИП «Кузьминки-Люблино» испытывают опосредованное антропогенное воздействие, способствующее их трансформации и формированию специфической лесной экосистемы.

### 3.2. Оценка состояния почв природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино»

Для изучения трансформации природных экосистем были исследованы её компоненты: почвы, растительность и почвенная мезофауна. Почвы - один из самых устойчивых и инерционных компонентов экосистем относительно факторов среды. Наиболее динамичными компонентами экосистем являются растительность и почвенная мезофауна.

Почвы ПИП «Кузьминки-Люблино» были определены как природные, так как они сформированы на естественных ненарушенных почвообразующих породах и полнопрофильны. Погребенных гумусовых горизонтов при закладке разрезов выявлено не было. Рассмотрим химические и физико-химические свойства изучаемых почв. Характеристики представлены в таблице 4.

Почвы, как в березняке, так и в сосняке имеют кислую реакцию среды. Если под березняком наблюдается незначительное увеличение кислотности от верхних горизонтов к породе, то под сосняком наблюдается обратная ситуация. Это может объясняться более кислым характером опада в сосновом лесу, что в сочетании с легким гранулометрическим составом обеспечивает сквозное промывание профиля с выносом обменных оснований в более низкие слои. В почвах под березняком наблюдается резкое падение содержания органического углерода, а под сосняком показатели органического углерода вплоть до 26 см довольно высоки, далее происходит резкое падение.

**Таблица 4.** Некоторые физико-химические свойства почв природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино»

Биотоп, название почвы		Горизонт	Мощность	pH <sub>вод</sub>	C <sub>орг.</sub> , %	K мг/кг	P, мг/кг	N, %	W <sub>пол.</sub> , %	Плотность, г/см <sup>3</sup>
Березняк	Ржавозём типичный мелкий турбированный на флювигляциальных отложениях	AУ	(1-8)7	5,2	2,7	16,8	12,3	0,13	20,4	0,9
		AУВ	(8-18)10	5,2	0,9	12,9	11,0	0,05	13,4	-
		BFM	(18-29)11	5,0	0,7	10,1	16,7	0,05	6,5	-
		[BFMf]	(29-41)12	4,7	0,1	8,1	209,0	0,02	6,4	-
		[BFMf2]	(41-68)27	4,9	0,1	9,0	198,5	0,01	4,3	-
		BCf	(68-120)52	4,6	0,2	10,6	261,8	0	2,2	-
Сосняк	Ржавозём оподзоленный средне мелкий на флювигляциальных отложениях	AУ	(3-6)3	5,0	6,7	32,7	26,6	0,4	20,4	0,9
		Aye	(6-11)5	4,7	5,4	21,6	40,2	0,31	13,3	-
		AУВ	(11-15)4	4,7	2,7	14,9	34,5	0,11	6,5	-
		AУВе	(15-27)12	4,7	1,4	11,7	12,1	0,17	6,4	-
		BFM1	(27-45)18	5,4	0,4	7,6	9,4	0,08	4,3	-
		BFM2	(44-67)22	5,0	0,2	6,6	7,6	0,03	2,3	-
		BCf	(67-127)70	5,2	0,1	4,9	6,0	0,02	2,2	-

Из агрохимических свойств в таблице 4 представлены содержания подвижных форм фосфора и калия, а также общего азота. Содержание подвижных форм калия схоже с литературными данными (Ковда, Розанов, 1988) по ржавозёмам с максимумом в пределах верхних горизонтов. Содержание азота в верхних горизонтах соответствует природным ржавозёмам.

Для характеристики степени устойчивости почв к антропогенному воздействию использовался ряд показателей, предложенных А.В. Раппопортом и М.Н. Строгановой (2005). Все показатели попадают в градацию высокой степени устойчивости (таблица 5).

**Таблица 5.** Степень устойчивости почв к антропогенному воздействию природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино»

Градация, показатели	Значение в березняке (в сосняке)	Степень устойчивости
<i>Показатель состояния поверхности</i>		
Захламленность, %	0(5)	Высокая
Запечатанность, %	0(0)	Высокая
<i>Морфологические показатели</i>		
Снижение мощности гумусового горизонта, %	<10	Высокая
Каменистость, %	<10	Высокая
<i>Физические показатели</i>		
Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	0,9	Высокая
<i>Химические показатели</i>		
Запасы C <sub>орг.</sub> (снижение в %)	<10	Высокая
Величина рН <sub>водн.</sub>	5,2(5,0)	Средняя
Содержание НРК (снижение в %)	<10	Высокая
Засоление, определяемое по электропроводности, дСм/м	0,4	Высокая
<i>Биологические показатели</i>		
Численность мезофауны, экз./м <sup>2</sup>	450(550)	Высокая

Таким образом, почвы природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино», не находящиеся под прямым антропогенным воздействием, в режиме ООПТ в основном сохраняют как морфологические, так и физико-химические черты своих естественных аналогов. Анализ изученных характеристик дает нам право подтвердить тезис о том, что почва, как консервативное природное тело, обладает большой устойчивостью и медленно изменяется под влиянием поверхностных антропогенных воздействий. Следовательно, на данных почвах потенциально возможно формирование естественной экосистемы.

На пробных площадях соснового леса ПИП «Кузьминки-Люблино» и Приокско-Террасного БЗ были заложены мешочки с целлюлозой и сосновыми иголками для определения интенсивности биоразложения. В разложении участвуют микроорганизмы и почвенные беспозвоночные животные размером до 1 мм (таблица 6).

В 2014 году скорость микробиологического разложения как хвойного опада, так и чистой целлюлозы в сосняке городского парка выше, чем в Приокско-Террасном БЗ. Различия значимые, доверительные интервалы не пересекаются. Однако в 2015 году результаты показали меньшие различия, следовательно, эти показатели флуктуируют по годам. В 2015 году различия оказались статистически недостоверны.

**Таблица 6.** Интенсивность микробиологического разложения хвойного опада и целлюлозы в сосняках ПИП «Кузьминки-Люблино» и Приокско-Тerrasного БЗ

	N	% разложения хвой, 2014 г. (sd)	% разложения хвой, 2015 г. (sd)	N	% разложения целлюлозы, 2014 г. (sd)
ПТБЗ	4	33,6 (2,7)	37,3 (4,9)	8	28,7 (18,4)
ПИП К-Л	4	45,2 (3,6)	41,6 (3,5)	14	77,7 (30,8)
t-критерий Стьюдента		4,5	1,2		4,4

\*sd – стандартное отклонение, N-повторность

Установлено, что высокое содержание ТМ приводит к снижению скорости микробиологического разложения. В ряде исследований отмечается связь увеличения скорости разложения подстилки с ростом выпадений азота, усвояемого растениями и микромицетами. Именно увеличение численности микромицетов и азотфиксирующих бактерий может явиться причиной возрастания скорости разложения подстилки. Известна связь данного явления с температурой и влажностью почв, однако установление этих закономерностей требует дополнительных исследований.

### 3.3. Оценка состояния растительности природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино»

Целью данного этапа исследований была оценка трансформации растительного покрова на участках лесных экосистем наименее подверженных рекреационной нагрузке ПИП «Кузьминки-Люблино». Для характеристики выделенных ключевых участков растительных сообществ использовались данные геоботанических описаний. Сведения о возрасте древостоя получены на основании лесотаксационных данных исследуемых ООПТ, по диаметру и высоте древостоя. Приведем характеристику типов растительности ключевых участков.

Сравнительная характеристика древостоя березняков изучаемых ООПТ представлена в таблицах 7 и 8.

**Таблица 7.** Сравнительная характеристика древостоя березняков ПИП «Кузьминки-Люблино» и Приокско-Тerrasного БЗ

ООПТ	Состав	Высота, м	Возраст, лет	Сомкнутость, %	Бонитет	Полнота древостоя
ПИП К-Л	Б9С1	25	40-60	5-30	I	0,6
ПТБЗ	Б8Ос1С1	25	50-70	30-40	I	0,7

**Таблица 8.** Сравнительная характеристика нижних ярусов березняков ПИП «Кузьминки-Люблино» и Приокско-Тerrasного БЗ

ООПТ	Подрост (густота, высот)	Подлесок (густота)	ПП тр.-куст. яр	Доминант тр.-куст. яруса	Всего видов (адв.)	ПП,% мохового яруса
ПИП К-Л	Кл+Ос (редко, 1м.)	Ряб., Круш., Лещ. (ред.)	70-80%	вейник наземный, ландыш майский, полевица тонкая	73 (1)	Нет
ПТБЗ	Дуб+Ос+Бер (редко, 1м.)	Берескл., Дрок (ред.)	70-80%	осока волосистая, вейники наземный и тростниковый	54 (0)	Нет

Основным различием в древостое изучаемых ООПТ являются показатели сомкнутости крон. В ПИП «Кузьминки-Люблино» данные показатели ниже в два раза, что повлекло за собой разницу в подросте и травяном ярусе. Для характеристики и идентификации лесных экосистем парка использовались виды - эдификаторы и доминанты. Они являются строителями растительных сообществ и во многом определяют их состав, структуру, возобновительные и обменные процессы (Рысин, Савельева, 2002).

Сравнительный анализ березняков разнотравных Приокско-Террасного БЗ и ПИП «Кузьминки-Люблино» показал следующие основные отличия:

1. Березняк в ПИП «Кузьминки-Люблино» представлен одновозрастными породами, в то время, как березняк в Приокско-Террасном БЗ представлен разновозрастными;

2. При схожих показателях полноты древостоя, сомкнутость крон резко отличается. Разреженность крон определило присутствие на пробных площадках ПИП «Кузьминки-Люблино» светлюбивого травянистого покрова. Встречается один адвентивный вид - недотрога мелкоцветковая;

3. Обращает на себя внимание отсутствие адвентивных видов как в березняке разнотравном Приокско-Террасного БЗ, так ПИП «Кузьминки-Люблино». При этом, удельное видовое разнообразие в ПИП существенно выше, чем Приокско-Террасном БЗ.

Сравнительный анализ сложных сосняков (таблица 9 и 10) парка и заповедника показал следующие основные отличия:

1. Если в сосняке заповедника моховый ярус составляет 90 %, то в ПИП «Кузьминки-Люблино» зафиксировано почти полное его отсутствие;

2. В подросте ПИП «Кузьминки-Люблино» одним из основных видов является адвентивный вид клён американский;

3. На пробных площадках обеих ООПТ был обнаружен адвентивный вид недотрога мелкоцветковая. Если в парке данный вид встречается повсеместно на каждой площадке описания растительности, то в заповеднике широкого распространения вид не получил и встретился однажды около гниющей древесины.

**Таблица 9.** Сравнительная характеристика древостоя сосняков изучаемых ООПТ

ООПТ	Состав	Высота, м	Возраст, лет	Сомкнутость, %	Бонитет	Полнота древостоя
ПИП К-Л	С7Кл2Б1+Е	30	100	40-60	I	0,7
ПТБЗ	С10+Б	30	100	50-60	I	0,7

**Таблица 10.** Сравнительная характеристика подроста и напочвенного ярусов сосняков изучаемых ООПТ

ООПТ	Подрост (густота, высота)	Подлесок (густота)	ПП тр.-куст.ярус	Доминант тр.-куст. яруса	Всего видов (адв.)	ПП,% мохового яруса
ПИП К-Л	Кл.остр+Дуб+ Кл.Ам ( ср.густ (до 30%), 7м)	Рябина, Бересклет, Бузина ( ср.густ, 10%)	<5%	ландыш майский, ожика волосистая, недотрога мелкоцветковая	34 (1)	Нет
ПТБЗ	Дуб+Бер ( ср.густ (до 20%), 10м)	Ряб., Круш., Бузина, ( ср.густ, 10%)	7-25%	ландыш майский, брусника, вейник тростниковый	28 (1)	90

Главной целью изучения ЭЦГ сосудистых растений было выявление адвентивной и нитрофильной флоры. Участие этой флоры в сообществе менее 5% от общего числа видов говорит о том, что влияние загрязняющих веществ на лесные экосистемы городского парка не превысили критических нагрузок по азоту, и экосистема не перешла в стадию «насыщения» (Аверкиева, 2012).

Для более точной характеристики растительности была проведена оценка местообитаний (сосняка сложного и березняка разнотравного) как для городского парка, так и для заповедника. Для сравнения типов местообитаний сравнивались экологического пространства, под которым в фитоиндикации понимаются различные диапазоны экологических факторов, определяющих специфику экологических режимов изучаемых местообитаний. Была проведена обработка геоботанических описаний по экологической шкале Г. Элленберга (Ellenberg et al., 1991). Данные расчета среднего балла экологического параметра местообитания представлены в таблице 11.

**Таблица 11.** Характеристика местообитаний ПИП «Кузьминки-Люблино» и Приокско-Террасного БЗ по шкале Элленберга

Биотоп	ООПТ	t°	Контин.	Увл.почв.	Кисл.почв.	Азотообесп.	Освещ.
Сосняк	ПИП К-Л	5,3	3,9	4,8	4,8	4,9	4,8
	ПТБЗ	5,3	4,7	4,4	3,9	3,9	4,9
Березняк	ПИП К-Л	5,1	4,0	4,3	5,3	4,0	6,6
	ПТБЗ	5,3	4,1	4,6	6,3	4,1	6,1

Расчет экологических условий для сосняка и для березняка методом фитоиндикации показал, что баллы по температуре, увлажненности и кислотности почв, азотообеспеченности и освещенности для лесов в обоих ООПТ показали сходные средние значения. Несмотря на то, что в некоторых случаях геоботанические описания для городского лесопарка и заповедника довольно различались, опираясь на шкалу Элленберга можно сделать вывод о том, что растительность, выбранных для исследования фитоценозов обоих ООПТ, можно рассматривать, как довольно выровненную в отношении к экологическим факторам.

*Видовое разнообразие растительных сообществ.* Альфа-разнообразие внутри сообщества определяется следующими показателями: видовое богатство – общее количество видов (ОКВ) и видовая насыщенность на единицу площади (кол-во видов/10м<sup>2</sup>) (таблица 12).

**Таблица 12.** Альфа- и бета-разнообразие флоры пробных площадей

Биотоп	ООПТ	Видовая насыщенность	ОКВ	Жаккара	Мера Уиттекера
Березняк	ПИП К-Л	39,2 ± 2,1	73	0,24	0,86
	ПТБЗ	23,6 ± 2,7	54		1,29
Сосняк	ПИП К-Л	20,4 ± 1,5	34	0,24	0,67
	ПТБЗ	15,8 ± 1,1	28		0,77

Самая высокая видовая насыщенность характерна для березняка разнотравного ПИП «Кузьминки-Люблино», что связано с преобладанием здесь лугово-опушечной растительности. Достаточно высок данный показатель и в березняке разнотравном Приокско-Террасного БЗ. Для сосняка ПИП «Кузьминки-Люблино» также более высок показатель видовой насыщенности, чем для Приокско-Террасного БЗ. Потеря биоразнообразия растительного покрова не выявлена.

Бета-разнообразие растительных сообществ показывает степень дифференцированности распределения видов (таблица 12).

Величины индекса Уиттекера для растительности изучаемых сообществ обеих ООПТ показывают, что флористическая неоднородность выше в городском парке, чем в заповеднике. Схожесть сообществ заповедника и парка оценивалась также через коэффициенты сходства Жаккара. Анализ показал, что коэффициенты сходства для обоих растительных сообществ равны и составляют 0,24 (таблица 13).

Для оценки влияния антропогенного фактора на растительный покров в ПИП «Кузьминки-Люблино» были изучены закономерности процессов синантропизации растительности травяно-кустарничкового яруса. Изучение степени синантропизации проводилось вне пределов пробных площадей для уточнения синантропизации растительности территории в целом. Увеличение санантропных видов в парке не выявлено. Растительность лесопарковой зоны ПИП «Кузьминки-Люблино» относится к естественным сообществам.

В таблице 13 представлено сравнение биопродуктивности травяно-кустарничкового яруса березняка разнотравного ПИП «Кузьминки-Люблино» и эталонной территории.

**Таблица 13.** Биопродуктивность травяно-кустарничкового яруса березняков ПИП «Кузьминки-Люблино» и Приокско-Террасного БЗ

	Влажность 100%				Высушенный образец			
	ПИП К-Л		ПТБЗ		ПИП К-Л		ПТБЗ	
Год	м,ц/га	V,%	м, ц/га	V,%	м, ц/га	V,%	м, ц/га	V,%
2014	29,2	24,0	35,1	14,0	11,4	16,0	14,3	11,0
2013	47,0	39,0	54,9	6,0	13,3	15,0	18,0	7,0

Показатели общей надземной фитомассы травяно-кустарничкового яруса за 2014 и 2013 года показали более высокие значения фитомассы в Приокско-Террасном БЗ за счет присутствия осоки волосистой. Главное различие в показателе биопродуктивности – различия в коэффициенте вариации (V). Вариативность биопродуктивности в пределах одного растительного сообщества в городском лесопарке выше, чем в заповеднике.

Таким образом, исследование растительности в ПИП «Кузьминки-Люблино» в сравнении с эталонной территорией показало, что, несмотря на то, что геоботанические описания биотопов обеих территорий различались (коэффициент Жаккара равен 0,24), полученные значения по шкале Элленберга свидетельствуют о том, что растительность выбранных для исследования фитоценозов обеих ООПТ можно рассматривать как выровненную в отношении к экологическим факторам.

Обнаружены следующие черты сходства:

*Моховой и травяно-кустарничковый ярус:*

- 1) Показатели фитомассы травяно-кустарничкового яруса обеих ООПТ схожи;
- 2) На пробных площадках степень синантропизации определена как естественная (доля участия синантропных видов менее 10%).

*Подлесок и подрост:* Представлены типичными видами подтаежной зоны.

*Древесный ярус:* Характеризуются одинаковыми видами-эдификаторами.

Обнаружены следующие различия:

*Моховой и травяно-кустарничковый ярус:*

- 1) Если в сосняке Приокско-Террасного БЗ моховый ярус составляет 90 %, то в ПИП «Кузьминки-Люблино» зафиксировано почти полное его отсутствие (распространение мха приурочено к приствольным повышениям или гниющей древесине);

- 2) На пробных площадках обеих ООПТ был обнаружен адвентивный вид - недотрога мелкоцветковая. Если в ПИП «Кузьминки-Люблино» данный вид встречается довольно часто, то в Приокско-Террасном БЗ широкого распространения этот вид не получил.

### Подлесок и подрост:

1) Подлесок в сосновом лесу ПИП «Кузьминки-Люблино» лучше развит за счет широколиственных пород, основу которого составляет клен остролистный, постепенно осваивающий первый ярус;

2) Одним из основных видов подрост ПИП «Кузьминки-Люблино» является адвентивный вид клён американский, а подрост Приокско-Террасного БЗ представлен естественными видами.

### Древесный ярус:

1) Древостой в березняке ПИП «Кузьминки-Люблино» представлен одновозрастными породами, в то время, как древостой в Приокско-Террасном БЗ представлен разновозрастными. Следовательно, поток поколений в заповеднике более устойчив, чем в городском лесопарке.

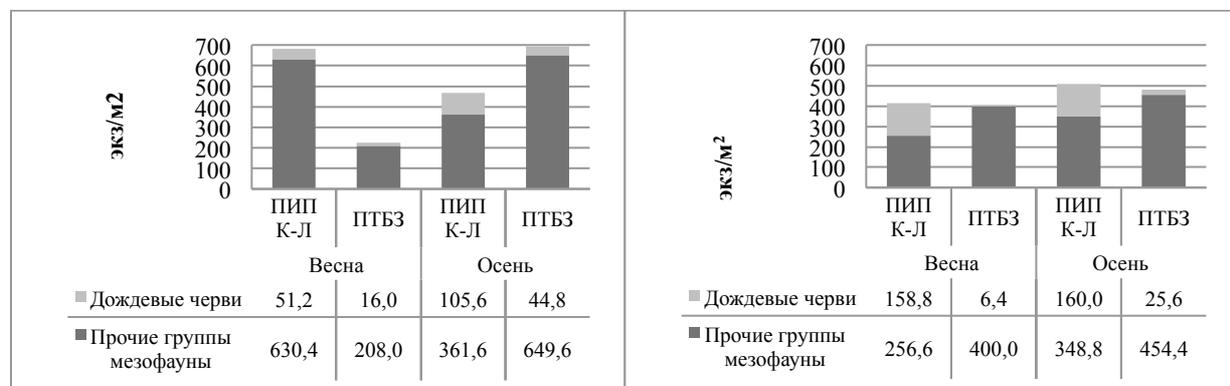
2) При схожих показателях полноты древостоя на пробных площадках изучаемых биотопов (0,6 – 0,7) сомкнутость крон резко отличается (на 20-40%). Исключение составляют участки городского лесопарка, где клён остролистный вышел в первый ярус.

## 3.4. Исследование состояния почвенной мезофауны природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино» по сравнению с Приокско-Террасным биосферным заповедником

Большой интерес при изучении и оценке состояния наземных экосистем представляет почвенная мезофауна (Матвеева, 1970; Тихомирова и др., 1979; Захаров, Вызова, 1989; Рахлеева, Строганова, 2008). Для оценки трансформации естественных экосистем на пробных площадках в парке и в заповеднике проводилось единовременное сравнительное изучение комплексов почвенной мезофауны.

**Численность и биомасса мезофауны.** На всех участках изученных ООПТ обилие почвенной мезофауны составило в среднем от 400 до 700 экз/м<sup>2</sup> (рисунок 6). Сравнительный анализ значений численности в исследованных почвах показал, что в большинстве случаев численность мезофауны в сосняках превышала таковую в березняках. Наивысшие показатели численности зафиксированы в весенний период в сосняке ПИП «Кузьминки-Люблино» (680 экз/м<sup>2</sup>) и в осенний период в сосняке Приокско-Террасного БЗ (694 экз/м<sup>2</sup>).

В почвах ПИП «Кузьминки-Люблино» численность дождевых червей существенно выше, чем в почвах Приокско-Террасного БЗ. Это подтверждает общую тенденцию увеличения численности дождевых червей в городских почвах лесопарковой зоны (Рахлеева, Строганова, 2008; Auwae, 2010).

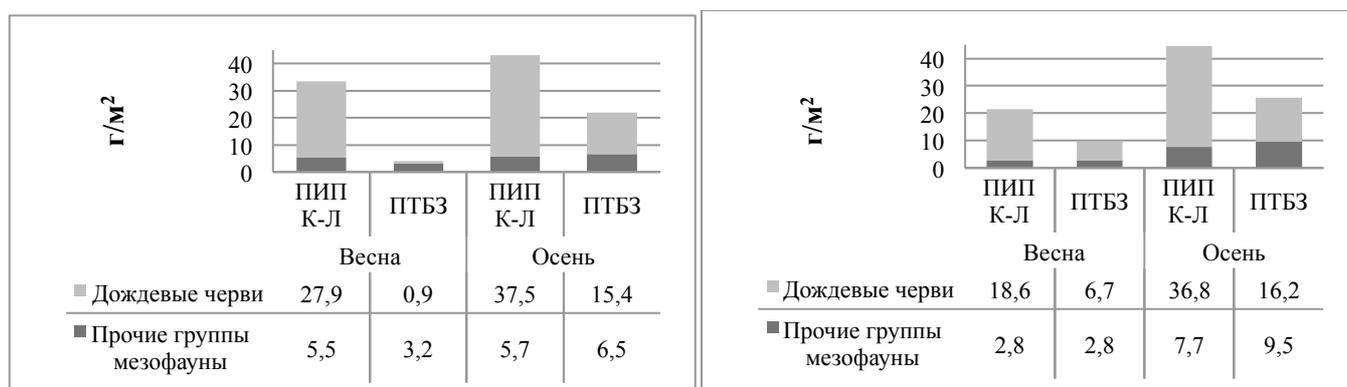


**Рисунок 6.** Гистограмма сравнения численности мезофауны в почвах исследованных сосняков (слева) и березняков (справа)

В целом, значения численности почвенной мезофауны как в черте города, так и за его пределами сопоставимы между собой, а также с результатами предыдущих исследований в лесных биотопах Приокско-Тerrasного БЗ (Рыбалов, 1979; Тихомирова и др, 1979).

Показатели общей биомассы мезофауны на пробных площадях изменяются от 0,9 до 37,5 г/м<sup>2</sup> (рисунок 7). Изменения биомассы без учета дождевых червей не столь значительны: от 2,8 до 9,5 г/м<sup>2</sup>. Отмечено увеличение биомассы мезофауны в осенний период, как в парке, так и в заповеднике.

Необходимо отметить, что по показателям численности и биомассы почвенной мезофауны исследованные почвы парка «Кузьминки-Люблино» и Приокско-Тerrasного заповедника имеют как общие черты, так и отличия. Независимо от местоположения территории отмечено естественное увеличение численности и биомассы мезофауны в осенний период на большинстве исследованных участках.



**Рисунок 7.** Гистограмма сравнения биомассы мезофауны в почвах исследованных сосняков (слева) и березняков (справа)

Статистическая обработка результатов количественных учетов педобионтов подтвердила вывод о том, что общая биомасса беспозвоночных выше в ПИП «Кузьминки-Люблино» за счёт повышенной биомассы дождевых червей (таблица 14).

**Таблица 14.** Статистическая оценка средних значений показателей биомассы мезофауны за весь год

	ПИП К-Л			ПТБЗ			t-критерий
	$\bar{x}$ г/м <sup>2</sup>	$m_{\bar{x}}$ г/м <sup>2</sup>	V %	$\bar{x}$ г/м <sup>2</sup>	$m_{\bar{x}}$ г/м <sup>2</sup>	V %	
Сосняк							
Общая численность	32,9	5,6	57,2	17,8	4,5	76,4	<2
Дождевые черви	27,7	6,1	70,1	11,6	3,5	90,8	2,29
Прочие группы мезофауны	5,2	1,0	58,4	6,2	1,5	74,9	<2
Березняк							
Общая численность	38,3	5,4	44,8	13,0	3,8	92,8	3,23
Дождевые черви	32,7	5,8	56,0	8,1	3,5	127,9	3,16
Прочие группы мезофауны	5,6	2,0	114,9	4,8	0,8	51,8	<2

**Состав мезофауны.** В исследованных почвах обнаружена разнообразная фауна крупных почвенных беспозвоночных (всего 17 таксономических групп). По набору выделяемых групп почвы исследованного городского лесопарка и природного заповедника практически не различаются и отражают типичный состав представителей мезофауны зоны смешанных лесов. Только две группы, представители мокриц и пластинчатоусых, не отмечены в почвах Приокско-Террасного БЗ, а в почвах парка «Кузьминки-Люблино» не было обнаружено личинок чешуекрылых.

Яркие различия между территориями городского парка и заповедника выявлены в составе доминантов (таблица 15, 16). В пределах пробных площадей, в зависимости от времени и места отбора проб, количество групп менялось от 11 до 15 (таблица 17). В Приокско-Террасном БЗ в состав доминантного комплекса входят характерные для лесных ненарушенных биотопов обитатели подстилочных горизонтов – пауки (Aranea), многоножки-костянки (Lithobiidae), кивсяки (Diplopoda), жуки-стафилиниды (Staphylinidae), личинки двукрылых (Diptera). В гумусово-аккумулятивном горизонте обильны многоножки-землянки (Geophilidae). В условиях городского лесопарка доминантный комплекс сезонно существенным образом меняется. Практически в любой сезон основу доминантного комплекса составляют дождевые черви (Lumbricidae). Кроме того, весной, среди многочисленных групп отмечены жуки-долгоносики (Curculionidae) и клопы (Heteroptera), представители полужесткокрылых (Hemiptera). В целом, число доминантных групп в заповеднике выше, чем в городском лесопарке (таблица 15, 16).

**Таблица 15.** Состав и обилие (%) доминирующих систематических групп почвенной мезофауны пробных участков в весенний период наблюдений

Биотоп	ООПТ	Доминанты (10-20%)	Эудоминанты (> 20%)
СОСНЯК	ПТБЗ	Aranea (14,7) Staphylinidae (14,7) Lithobiidae (13,2) Diplopoda (13,2) Geophilidae (13,2)	НЕТ
	ПИП К-Л	Curculionidae (13,8)	Hemiptera (20,7)
БЕРЕЗНЯК	ПТБЗ	Lithobiidae (18,3) Diplopoda (16,7) Diptera (16,7) Elateridae (10)	НЕТ
	ПИП К-Л	Geophilidae (13,4)	Lumbricidae (36,6)

Обнаружены различия в соотношении доминантов и эудоминантов на исследованных территориях. В Приокско-Террасном БЗ эудоминанты отмечены только осенью. В то время, как в ПИП «Кузьминки-Люблино» эта группа, как правило, представленная дождевыми червями, отмечается на каждой пробной площадке.

**Таблица 16.** Состав и обилие (%) доминирующих таксономических групп почвенной мезофауны пробных участков в осенний период наблюдений

Биотоп	ООПТ	Доминанты (10-20%)	Эудоминанты (> 20%)
СОСНЯК	ПТБЗ	Staphylinidae (12) Elateridae (10,2)	Lithobiidae (24) Aranea (20,3)
	ПИП К-Л	Lithobiidae (17,1) Diptera (17,1)	Lumbricidae (22,6)
БЕРЕЗНЯК	ПТБЗ	Diptera (16) Geophilidae (14)	Lithobiidae (21,3)
	ПИП К-Л	Aranea (10) Staphylinidae (11,5)	Lumbricidae (33,8)

Для сравнения параметров разнообразия выделенных комплексов мезофауны были рассчитаны индексы биоразнообразия (таблица 17).

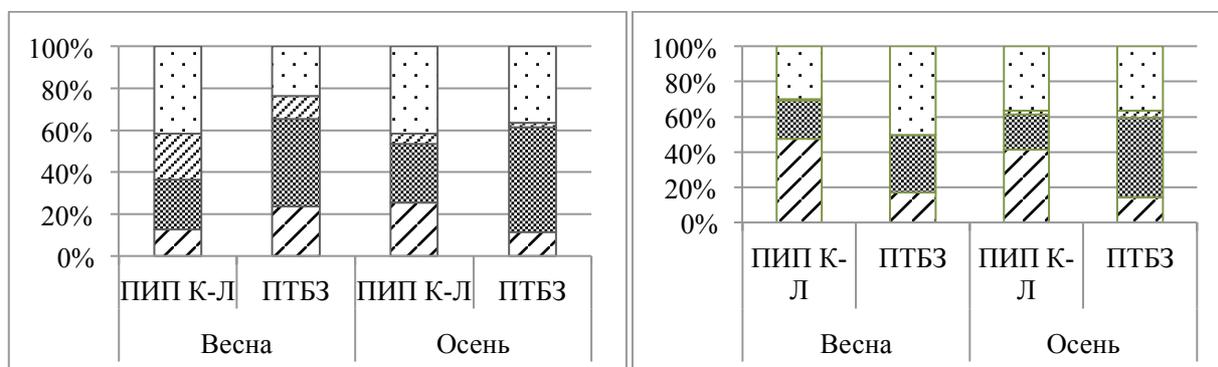
**Таблица 17.** Показатели и индексы разнообразия почвенной мезофауны

Показатели и индексы разнообразия	ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД				ОСЕННИЙ ПЕРИОД			
	Сосняк		Березняк		Сосняк		Березняк	
	ПИП К-Л	ПТБЗ	ПИП К-Л	ПТБЗ	ПИП К-Л	ПТБЗ	ПИП К-Л	ПТБЗ
Число групп	14	11	14	11	15	13	13	13
Индекс Шеннона	1,61	2,27	2,06	2,2	2,17	2,3	2,15	2,14
Индекс Пиелу	0,61	0,95	0,8	0,92	0,82	0,9	0,82	0,84
Индекс Симпсона	9,34	5,35	5,35	7,97	7,52	6,3	6,39	7,91
Индекс Бергера-Паркера	0,21	0,15	0,37	0,18	0,23	0,24	0,33	0,21

Число групп мезофауны в городском парке выше, чем в заповеднике. Индекс разнообразия Шеннона показывает наиболее оптимальное распределение групп мезофауны в почвах заповедника. Напротив, значения индекса Бергера-Паркера, учитывающие долю наиболее обильной группы, максимальны в почвах городского лесопарка. Показатель Пиелу отражает степень выравненности распределения обилия между группами. На всех участках этот показатель выше в заповеднике, чем в парке.

Таким образом, установлено, что в условиях парка доминирует небольшое число таксономических групп, а на эталонной территории – обилие распределено более равномерно между группами. Сравнительная оценка с использованием индекса Симпсона свидетельствует о том, что в ПИП «Кузьминки-Люблино» групповое разнообразие выше по сравнению с эталоном или такое же.

**Трофическая структура.** По набору трофических групп между исследованными территориями городского лесопарка и заповедника отмечены некоторые различия (рисунок 8). В городском парке соотношение хищников и сапрофагов либо равное (как на участке сосняка), либо повышена доля сапрофагов (как на участке березняка). В исследованных биотопах Приокско-Террасного БЗ среди трофических групп выделяются хищники, чья численность превышает таковую сапрофагов и фитофагов. Существенная доля хищников в трофических группировках педобионтов зоны смешанных лесов характерный показатель.



**Рисунок 8.** Трофическая структура мезофауны (по численности) исследованных сосняков (слева) и березняков (справа)

Фитофаги в изученных почвах за весь период исследований были малочисленны, за исключением учетов мезофауны в весенний период в сосняке на территории ПИП «Кузьминки-Люблино», где они составили более 20% от общей численности всех групп.

Таким образом, параметры почвенной мезофауны в городских лесных экосистемах в целом сохраняя естественные характеристики, несут на себе черты антропогенной трансформации. Проведенные исследования состояния почвенной мезофауны ПИП «Кузьминки-Люблино и Приокско-Тerrasного БЗ выявили следующие черты сходства и различия:

*Сходства:*

- показатели общей численности мезофауны сопоставимы между собой и соответствуют фоновым значениям;
- показатели общей численности и биомассы выше в осенний период, чем в весенний;
- показатели биомассы без учета дождевых червей схожи между собой;
- происходит увеличение группового состава в осенний период.

*Различия:*

- как правило, показатели биомассы почвенной мезофауны за счет высокой численности дождевых червей выше в ПИП «Кузьминки-Люблино»;
- существенное сезонное изменение состава доминантных комплексов в ПИП «Кузьминки-Люблино», в заповеднике доминантный комплекс стабилен;
- максимальные значения индекса Бергера-Паркера в парке говорят о доминировании в групповом составе почвенной мезофауны только одной обильной группы в общем составе: дождевых червей;
- индекс Симпсона показывает выровненное распределение почвенных индивидов между таксономическими группами на территории заповедника;
- в ПИП «Кузьминки-Люблино» в трофической структуре отмечена повышенная роль сапрофагов, что связано с увеличенной численностью дождевых червей.

#### **ГЛАВА 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЧЕТУ ТЕНДЕНЦИЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ПРАКТИКЕ СОДЕРЖАНИЯ МОСКОВСКИХ ООПТ**

Настоящим исследованием было показано, что наименее нарушенные антропогенным воздействием лесные экосистемы ПИП «Кузьминки-Люблино», расположенного внутри одного из самых крупных мегаполисов Европы, трансформируются, сохраняя преимущественно черты естественной экосистемы. В условиях увеличения антропогенной нагрузки на биосферу, общего роста урбанизации, природные экосистемы, попавшие в границы городов, будут распространяться по планете, занимая все большие территории. То есть, изученные ключевые участки и биоценозы, сформированные на них, могут стать отправной точкой для разработки мониторинга подобных экосистем.

Исследование естественных экосистем на территории городского парка выявили основные закономерности и индикаторы их трансформации. Почва - фундамент для формирования экосистемы - не претерпевает сильного структурного изменения, сохраняя не только естественное расположение генетических горизонтов, но и физико-химические характеристики.

*Индикаторами трансформации почв естественных лесных экосистем города при неинтенсивном антропогенном воздействии можно считать:*

- 1) увеличение скорости биологического разложения целлюлозы и стандартной подстилки;
- 2) фрагментация и уменьшение мощности лесной подстилки.

Растительный покров - менее устойчивый и более динамичный компонент экосистем.

Сравнительный анализ древостоя изучаемых ООПТ выявил основные различия в изменении его доминантного состава и подроста.

*В целом, индикаторами трансформации растительности естественных лесных экосистем города можно считать:*

- 1) фрагментация или отсутствие мохового яруса в сосновых лесах;
- 2) увеличение контрастности показателей фитомассы травяно-кустарничкового яруса;
- 3) изменение пространственного распределения адвентивных и нитрофильных видов в травяно-кустарничковом ярусе: адвентивные виды произрастают либо рассеянно (на пробных площадях в парке), либо приурочены к местам гниения древесины (на пробных площадях в заповеднике);
- 4) наличие клена остролистного в первом ярусе;
- 5) уменьшение сомкнутости крон за счет дефолиации.

Самый динамичный из изученных компонентов экосистем - почвенная мезофауна. Показано, что почвенная мезофауна в лесах городского лесопарка также сохраняет свои естественные черты, претерпевая изменения в структуре комплексов.

*Индикаторами трансформации сообществ мезопедобионтов естественных лесных экосистем города можно считать:*

- 1) увеличение биомассы мезофауны за счет увеличения количества дождевых червей;
- 2) существенное сезонное изменение состава доминантных комплексов (в заповеднике доминантный комплекс стабилен);
- 3) доминирование по обилию одной или двух групп в общем составе;
- 4) повышение роли сапрофагов в трофической структуре.

Таким образом, лесные экосистемы ПИП «Кузьминки-Люблино» находятся на начальном этапе трансформации, на котором возможны сохранение и восстановление их естественных характеристик. Выявленные индикаторы могут явиться основой управления и поддержания природных лесных экосистем городских парков. Следовательно, необходимо проводить биологический мониторинг компонентов лесных экосистем с целью обнаружения неблагоприятных тенденций изменения их параметров. Такой подход не только улучшит свойства экосистем, но и уменьшит издержки на их содержание.

Также на основе полученных данных и наблюдений по уходу за парком автором были сделаны следующие практические рекомендации по благоустройству территории, занятой естественными лесными экосистемами природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино». При обустройстве пешеходных дорожек использовать настилы для посетителей парка, которые не приводят к запечатыванию почвы. Не удалять опавшую древесину из экосистем. Убирать твердые бытовые отходы. Организовать многокомпонентный биологический мониторинг состояния экосистем с использованием методов биоиндикации.

## ВЫВОДЫ

1. Несмотря на отсутствие интенсивной рекреационной нагрузки и удаленность от источников техногенного воздействия, лесные экосистемы природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино» отличаются повышенным валовым содержанием соединений ТМ (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni) относительно фоновых значений и повышенными значениями показателей магнитной восприимчивости почв; в совокупности с загрязнением воздуха оксидами азота и озоном, это свидетельствует о наличии загрязнения экосистем, связанным в том числе с транзитно-воздушным переносом загрязняющих веществ от источников, расположенных за пределами парка.

2. Почвы природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино», испытывающие малую, преимущественно опосредованную антропогенную нагрузку, сохраняют как морфологические, так и физико-химические черты своих естественных аналогов. Отличительной чертой почв парка, индикатором антропогенной трансформации естественных экосистем, являются уменьшение мощности лесной подстилки (от 3 см до полного отсутствия) и увеличение скорости ее разложения на 10-50% в сравнении с почвами эталонной территории.

3. Индикаторами антропогенной трансформации растительности природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино» являются: сокращение проективного покрытия мохового яруса вплоть до его полного отсутствия (0-5%), увеличение мозаичности травяного покрова, увеличение густоты и разнообразия подроста за счет появления клена американского и остролистного, сокращение сомкнутости крон древостоя.

4. Показано, что почвенная мезофауна лесных экосистем в природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино» сохраняет свои естественные черты, имея схожую общую численность (от 218 до 694 экз/м<sup>2</sup>) и одинаковый групповой состав. По сравнению с заповедной территорией в городском парке отмечается увеличение численности дождевых червей (от 40 до 160 экз/м<sup>2</sup>) при снижении численности представителей остальных групп мезофауны. Характерно увеличение общей биомассы мезофауны (от 13 до 40 г/м<sup>2</sup>), возрастание роли сапрофагов при уменьшении доли хищников и меньшая устойчивость доминантных комплексов групп мезофауны к сезонным колебаниям. Индикаторами антропогенной трансформации естественных экосистем парка следует считать: увеличение биомассы почвенной мезофауны, увеличение доли сапрофагов в ее составе, в том числе повышение численности дождевых червей.

5. Лесные экосистемы природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино», находящиеся в условиях городской среды, в основном сохраняют черты своих естественных аналогов по почвенным показателям, биомассе мезопедобиионтов, фитомассе и биотической структуре, но претерпевают внутривидовые преобразования, в том числе изменение доминантного комплекса растительности и мезофауны, увеличение скорости разложения подстилки и целлюлозы, изменение в трофических связях.

6. Выявленные индикаторы трансформаций компонентов экосистемы показывают, что лесные экосистемы природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино» находятся на начальном этапе антропогенной трансформации. Введение многокомпонентного биологического мониторинга даст возможность своевременно обнаружить и контролировать обратимые изменения в экосистемах городских лесов.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### В изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Трифонова Т.А., Буйволов Ю.А., **Буйволова А.Ю.**, Быкова Е.П.. Особенности функционирования природных экосистем в природно-историческом парке "Кузьминки-Люблино" и природном заказнике "Долина реки Сходни в Куркино. // Экология урбанизированных территорий, (2):81–89, 2013.

2. Трифонова Т.А., **Буйволова А.Ю.**, Буйволов Ю.А., Быкова Е.П.. Сезонная динамика параметров почвенной мезофауны лесных экосистем Приокско-Террасного государственного природного биосферного заповедника // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение, (4):56–61, 2015.

3. **Буйволова А.Ю.**, Рахлеева А.А., Буйволов Ю.А., Быкова Е.П. Структура комплексов мезофауны почв лесопарковой зоны Москвы - сходство и различия с естественными аналогами (на примере парка "Кузьминки-Люблино" и Приокско-Террасного биосферного заповедника // Почвоведение, №12, 2016. (в печати).

### Статьи в журналах, не входящих в список ВАК:

4. Трифонова Т.А., Быкова Е.П., Матекина Н.П., **Буйволова А.Ю.** Оценка особенностей функционирования природных экосистем природно-исторического парка «Кузьминки-Люблино» // Тр. Ин-та экологического почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, вып.12, - М:МАКС Пресс, 2012. - С. 61-70

### Тезисы:

5. **Буйволова А.Ю.** Особенности природных экосистем Москвы на примере ландшафтного заказника Долина реки Сходни в Куркино и природно-исторического парка Кузьминки-Люблино // Российский молодежный форум Экология России и молодежная экологическая политика (Москва, 9–11 декабря 2010): материалы и доклады. — Изд-во Центра охраны дикой природы Москва, 2010. — С. 111–112.

6. Трифонова Т.А., Быкова Е.П., Матекина Н.П., **Буйволова А.Ю.** Влияние антропогенного фактора на формирование растительных сообществ природно-исторического парка Кузьминки-Люблино и заказника Долина реки Сходни в Куркино // Материалы третьей Международной научно-практической конференции Экология речных бассейнов". — ВГУ г. Владимир, 2011. — С. 180–184.

7. **Буйволова А.Ю.** Влияние антропогенного фактора на растительные сообщества и почвы особо охраняемых природных территорий города // Материалы конференции "Ломоносов-2012". — МГУ Москва, 2012. — С. 45.

8. **Буйволова А.Ю.** Влияние антропогенного фактора на почвы и растительные сообщества природных экосистем в природно-историческом парке "Кузьминки-Люблино и природном заказнике "Долина реки Сходни в Куркино" // Материалы XVI Докучаевских молодежных чтений "Законы почвоведения: новые вызовы". — Санкт-Петербург, 2013.

9. **Buyvolova A.Y.**, Trifonova T.A., Rakhleeva A.A., Buyvolov Y.A. Soil macrofauna communities among the city park ecosystems and their reference area // CD SUITMA8 abstracts. — Mexico, 2015.



Подписано в печать: 17.05.2016  
Объем: 0,8 п.л  
Тираж: 100 экз. Заказ № 17  
Отпечатано в типографии "Реглет"  
г.Москва, ул. Фридриха Энгельса  
3-5с2  
8 (499) 267-54-64