



ВЛАСОВ

Иван Игоревич

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ЭКОСИСТЕМ ПАРКА «ПОКРОВСКОЕ – СТРЕШНЕВО» С ПРИМЕНЕНИЕМ
КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ И БИОИНДИКАТОРНЫХ МЕТОДОВ

Специальность 03.02.08 – экология (биология)

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2015

Работа выполнена на кафедре «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московском Авиационном Институте (национальном исследовательском университете)»

Научный руководитель:

доктор биологических наук, профессор

Надежкина Елена Валентиновна

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор,
профессор кафедры биоэкологии
ФГБОУ ВПО «Российский государственный
аграрный заочный университет»

Зубкова Валентина Михайловна

кандидат биологических наук, старший научный
сотрудник кафедры общего почвоведения
ФГБОУ ВО «Московский
государственный университет
имени М.В. Ломоносова»

Семенюк Ольга Вячеславовна

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского»

Защита состоится «__» _____ 2015 г. в __ часов __ минут на заседании диссертационного совета Д 212.025.07 во Владимирском государственном университете имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, корп. 1, ауд. 335. E-mail: sahno_vlgu@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ВлГУ и на сайте diss.vlsu.ru.
Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просьба присылать по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, корп. 1, кафедра биологии и экологии.

Автореферат разослан «__» _____ 2015 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат биологических наук, доцент

Сахно О.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Крупные города и такие мегаполисы как Москва, характеризуются специфической и во многом неблагоприятной для жизнедеятельности человека экологической обстановкой.

В условиях непрерывного повышения техногенных нагрузок на жителя, покрытые растительностью пространства города становятся мощным средством частичной нейтрализации негативного воздействия отрицательных факторов жизни на урбанизированных территориях. При этом особая роль принадлежит лесопаркам, городским паркам, в том числе природно-историческим (Полякова, 2000; Владыченский, Семенюк, 2011).

Вместе с тем, антропогенная деятельность городов приводит к различным экологическим нарушениям и самим ландшафтов – почвы, растительности, водных объектов. В этих условиях необходима комплексная система слежения за изменением природной среды парков, которая должна включать в себя как важнейшую составляющую почвенно-экологический мониторинг, мониторинг состояния водных объектов и зеленых насаждений.

Использование биомониторинга и космических методов исследования позволяют выявить изменения, происходящие в экосистемах парков на ранних стадиях их проявления (Трифорова, Мищенко, Краснощеков, 2009). Эти методы недостаточно изучены, поэтому требуются дополнительные исследования при проведении мониторинга за состоянием почв, растительности и водных объектов парков.

Цели и задачи исследования. Цель работы – комплексная оценка экологического состояния экосистем парка «Покровское – Стрешнево» с применением космических снимков и биоиндикаторных методов.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- оценить природно-экологическую обстановку в районе проведения исследований с анализом интенсивности движения по транспортным магистралям, проходящих в непосредственной близости к парку;
- провести сбор, дешифрование данных космических изображений и разработать методические вопросы оценки состояния экосистем парка на основе анализа космических снимков и ГИС-технологий;
- проследить изменения физико-химических, химических и биологических свойств почв во времени и пространстве, составить карты-схемы подвижных форм элементов питания, тяжелых металлов и реакции почвенной среды;
- определить состояние водных объектов парка на основании дешифрирования космических снимков и анализов воды;
- выяснить возможность применения фитоиндикационных (морфолого-физиологических) показателей для анализа и прогноза деградационных процессов в растениях, происходящих под действием антропогенных факторов.

Научная новизна работы. Применительно к условиям парка «Покровское – Стрешнево» впервые проведено комплексное исследование состояния почвенного, растительного, снежного покровов и водных объектов парка с использованием космических снимков и ГИС-технологий. Адаптирована применительно к особо охраняемым природным территориям (ООПТ) методика дешифрирования космических снимков высокого пространственного разрешения, предложен геоинформационный комплекс программного обеспечения для конкретного объекта.

Изучено изменение эколого-агрохимических свойств почв в результате воздействия антропогенеза. Проведен учет валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почвах, снежном покрове и воде рек, прудов и роднике и дана оценка суммарного загрязнения объектов парка.

Определен ряд наиболее информативных показателей фитоиндикационных исследований влияния техногенеза на древесные насаждения.

Практическая значимость работы. Проведённая комплексная оценка экологического состояния ландшафта парка и выявленные изменения свойств почв, растительности и водных объектов позволяют разработать меры по их реабилитации. На основе космических снимков построены картографические схемы растительного покрова парка «Покровское – Стрешнево», отражающие как современное состояние территории, так и перспективы ее использования. При подготовке специалистов экологов в учебном процессе можно использовать геоинформационный комплекс на основе космических снимков. Использование метода биоиндикции и в первую очередь асимметрии позволяет без существенных затрат быстро выявить деградацию древесных пород на начальных этапах её проявления и предусмотреть меры по улучшению их состояния.

Положения, выносимые на защиту:

- использование космических снимков и ГИС-технологий в мониторинговых исследованиях по выявлению загрязнения городских ландшафтов;
- изменения химических, физико-химических и биологических свойств почв парка и состояния водных объектов под влиянием антропогенных факторов;
- обоснование методов биоиндикации для контроля состояния растений и прогноза их изменений под действием техногенеза.

Объект исследования. Программа исследования включала анализ состояния почв, водных объектов и растительности, снежного покрова по наиболее диагностируемым показателям негативного воздействия на экосистемы парка.

Предметом исследования является комплексный анализ качества водных, растительных и почвенных ресурсов парка. На основе эколого-химических анализов, дешифрирование космических снимков и математических методов.

Теоретическая и методологическая основа исследования базируется на трудах и разработках:

- в области изучения почвенного покрова парков М.М. Строгоновой (2003), Т.В. Прокофьевой (2008), В.О. Попутникова, И.А. Мартыненко, А.С. Владыченского (2008), М.И. Герасимовой (2003) и др.)
- в области изучения водных объектов (Ю.А. Насимович (2009), А.Г. Муравьев (2000), В.В. Алексеев (2006), В.А. Власов (2009), С.Н. Дубник (2013), С.Н. Дубник (2013), Г.Н. Мисейко (2001)).
- в области изучения растительности О.А. Неверова (2008), О.П. Мелехова (2008), Г.Н. Илькун (1978).

В основу методологии исследования тяжелых металлов в различных средах послужили идеи и научные труды В.Б. Ильина (1991), М.М. Овчаренко (1997), В.А. Черникова (2001), И.А. Черных (2002) и др.

Автором был учтен опыт региональных исследований А.В. Гладкова (2008), Г.А. Поляковой (2000) и др.

Для оценки состояния растительного и водного покрова с помощью космических снимков и их дешифрирования были учтены рекомендации и труды Т.В. Афанасьева и др. (1977), Л.А. Головина (2011), В.А. Данилова (2010), Т.А. Трифионовой (2005), Н.В. Мищенко (2011), А.Н. Краснощекова (2009).

Информационно-эмпирическая база исследования проводилась на нескольких ключевых участках и трансектах парка. В основу диссертационной работы были положены картографические материалы, космические снимки и средства геоинформационных систем, а также эколого-химические анализы, полевые наблюдения. В работе использовались космические снимки, полученные в компании «СОВЗОНД». Статистические данные обрабатывались с помощью интегральной системы для комплексного статистического анализа и обработки данных в системе Windows с применением программы «Statistica». Картосхемы, графические материалы и диаграммы выполнялись с применением геоинформационного программного обеспечения.

Надежность и достоверность результатов диссертационной работы обоснована репрезентативностью исходной и обобщенной информации, современными методами отработки данных (корреляционный, регрессионный, факторный и кластерный анализы), а также научной и практической апробаций работы.

Личный вклад автора. В диссертации были использованы материалы, полученные автором в результате проведенных исследований и были собраны данные наблюдений по характеристике почвенно-растительного покрова осуществлены анализы и обобщены результаты.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на Международных и Всероссийских конференциях, в том числе: Современные проблемы загрязнения окружающей среды и пути их решения (Москва, 2012), Актуальные тенденции развития фундаментальных и прикладных наук на рубеже XXI века (Москва, 2013), Наука и образование для устойчивого развития экономики, природы и общества (Тамбов, 2013), Московская молодежная научно – практическая конференция «Инновации в авиации и космонавтике – 2013» (Москва, 2013), Экология речных бассейнов. VII конференции (Владимир, 2013), Фундаментальные и прикладные науки, проблемы и перспективы (Москва, 2014), IX Международная научно-практическая конференция "Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков" (Новосибирск, 2015), Московская молодежная научно – практическая конференция «Инновации в авиации и космонавтике – 2015» (Москва, 2015), Первый международный съезд в г. Калуге, 10-11 сентября 2015 г (Калуга, 2015).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ, в том числе 4 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы и 24 приложений. Работа изложена на страницах, из них основного текста страниц. В диссертации представлены 28 рисунков и 24 таблицы. Список литературы включает источники, из них на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю доктору биологических наук, профессору Елене Валентиновне Надежкиной за методические советы и поддержку при проведении исследований и подготовке диссертации. Глубокую признательность работникам государственного природоохранного бюджетного учреждения города Москвы «Мосприрода», дирекции природных территорий «Тушинский», «Покровское – Стрешнево» в лице начальника отдела экологического просвещения Графовой Светланы Николаевны за предоставление материалов и научные консультации. Особая признательность компании «СОВЗОНД» за помощь в выполнении научных исследований и за предоставленные космические снимки, а также студентам аэрокосмического факультета МАИ за помощь в отборе проб, проведении наблюдений за движением автотранспорта и лабораторных опытов.

Содержание работы.

Глава 1. Обзор литературы.

В главе представлен подробный обзор отечественной и зарубежной литературы по проблемам экологической обстановки мегаполисов и крупных городов. Роль почв, их функции и почвенно-экологический мониторинг. Обосновывается необходимость изучения тяжелых металлов в различных средах (объектах) как биохимических показателей мониторинга. Особое внимание уделено почвам парков, их особенностям и свойствам.

Показана роль водных объектов парков, которые являются важным показателям экологического благополучия городов. Обосновывается необходимость биоиндикационных исследований для решения задач экологического мониторинга. Раскрыта роль технологии, на основе дешифрирования космических снимков, которая может являться достаточной для изучения и оценки влияния антропогенного воздействия на городские парки.

Показана необходимость комплексной системы слежения за качеством природной среды парков, которая должна включать в себя как важнейшую составляющую почвенно-экологического мониторинга, так и мониторинг состояния водных объектов и зеленых насаждений.

Глава 2. Условия, объекты и методы исследований.

Исследования проводились в природно-историческом парке «Покровское – Стрешнево» в 2012-2014 гг., расположенном на северо-западе Москвы, занимающего площадь 238 гектар. В главе рассматривается краткая история парка, который в настоящее время относится к особо охраняемым природным территориям (ООПТ) регионального значения. Дается подробное описание природных условий парка: рельефа, гидрологии и геологии объектов исследования.

На территории парка представлены как естественные, так и антропогенно-трансформированные почвы (около 60% территории парка), в том числе урбаноземы – 10% и техноземы – 6%.

Насаждения лесопарка «Покровское – Стрешнево» исторически связаны с архитектурно-парковым ансамблем одноименной усадьбы, заложенным еще в середине XIX века. Флора парка насчитывает более 200 видов, из которых 27 видов занесено в Красную книгу Москвы.

Преобладанием сосны в первом ярусе занято 67% территории лесопарка (около 100 га). Значительно меньше насаждений с преобладанием других древесных пород: березы (около 10%), клена остролистного (8%), вяза (6%), липы (5%) и др. Одна треть древостоев сосны имеет двухсотлетний возраст, 60% – 80-140 лет. Остальные породы находятся в стадии роста и относятся к средневозрастной группе.

Природно-исторический парк «Покровское – Стрешнево» находится в двух административных округах Москвы – Северо-Западном (СЗАО) и Северном (САО). Северо-Западный округ считается самым чистым, так как на его территории нет крупных источников загрязнения атмосферного воздуха. В соответствии с розой ветров территория округа оказывается с наветренной стороны по отношению к основной части города, на пути перемещения основных воздушных масс. Поэтому территория его обладает высокими гигиеническими качествами и хорошими saniрующими свойствами.

Экологическая обстановка Северного округа близка к напряженной. На территории округа расположены 8 крупных промзон (одна из них в районе метро Войковская в непосредственной близости от парка). Территории промышленных зон составляют до 70% от площади района.

В настоящее время в непосредственной близости от границ парка находятся городские промышленные зоны, крупнейшие автотранспортные магистрали, окружная железная дорога, жилая застройка. Все эти объекты являются потенциальными источниками загрязняющих веществ, которые не могут не сказываться на экологическом состоянии парковых экосистем.

Наибольшее техногенное воздействие на экосистемы парка оказывают Волоколамское и Ленинградское шоссе, обеспечивающие перевозку около 20% всех грузов, поступающих на территорию Москвы.

Нами был проведен анализ движения транспорта по магистралям, прилегающим к парку. Исследования показали, что поток автомобилей по всем шоссе, окружающим парк, в 2014г. возрос по сравнению с 2012 г. в 1,2раза. Наиболее перегружено транспортом Ленинградское шоссе (в среднем 7282 автомобиля в час), количество транспорта на этой магистрали, превышает на 9% поток машин, двигающихся по Волоколамскому шоссе (6672) и 10,2 раза – по Ивановскому шоссе. Расчет количества загрязняющих веществ выделяемых транспортом на этих магистралях показал, что наибольшее загрязнение атмосферы происходит диоксидом углерода. При этом объем выбросов зависит от интенсивности движения транспорта.

Вокруг парка находится сразу несколько автозаправочных станций, которые также являются потенциальными загрязнителями и создают определенную угрозу зеленым насаждениям парка, так как в составе углеводородов в районах АЗС обнаружены высокотоксичные компоненты: бензол, толуол, этилбензол.

Важным фактором антропогенного воздействия на территорию парка является рекреационная нагрузка – показатель рекреационного воздействия, определяемый количеством посетителей на единицу площади, временем их пребывания и видом отдыха.

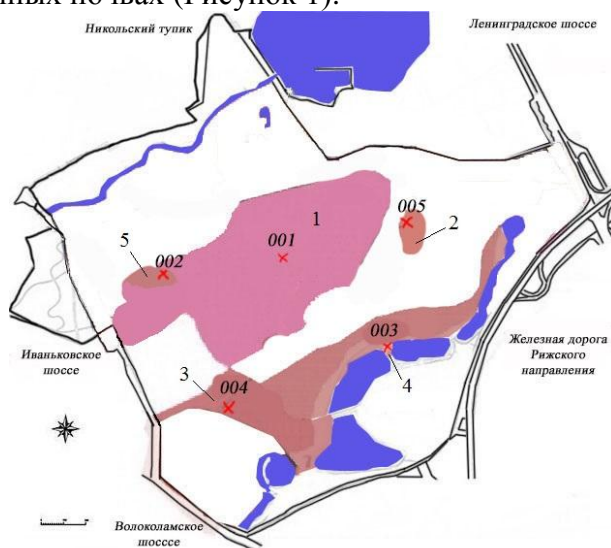
Наблюдения, проведенные в выходные и рабочие дни показали, что на сегодняшний день, рекреационная нагрузка объекта составляет 95 чел./га., что соответствует нормативным показателям для лесопарка (МГСН 1.02-02).

Экологическая обстановка в самом парке и в прилегающих к нему территориях, требует проведения комплексного мониторинга с целью разработки мер, сохраняющих уникальный ландшафт природно-исторического парка.

Методы исследования. Работа основывалась на системном методологическом подходе к экологической оценке экосистем парка с использованием ГИС-технологий, методов дистанционного зондирования и автоматизированного дешифрования космических снимков, анализа картографических и статистических данных, мониторинговых показателей, полученных в результате полевых и лабораторных исследований.

Дешифрирование проводилось с мультиспектральным четырехканальным изображением (Red, Green, Blue, Nir), сделанным со спутника «World View-2». Площадь покрытия космосъемкой – 25 км², угол отклонения от надира 9,26°, при нулевой облачности. Снимки были предоставлены компанией СОВЗОНД в формате «tiff», при комплексном использовании растрового графического редактора Envi и полевых работ в парке, были составлены картографические схемы загрязнения снежного и растительного покровов парка с учетом розы ветров.

Для изучения изменений химических, физико-химических и биологических свойств почв были заложены в 2012 году пять площадок размером 25 x 25 метров каждая на естественных и нарушенных почвах (Рисунок 1).



1 – Ржавозем типичный супесчаный; 2 – урбанозем супесчаный; 3 – урборжавозем супесчаный; 4 – ржавозем постагрогенный супесчаный; 5 – Ржавозем типичный легкосуглинистый.

Рисунок 1 – Схематическая карта парка

На всех площадках в 2012 г. были заложены почвенные разрезы. Ежегодно дважды за сезон в мае и октябре отбирались образцы почв тростевым буром в тридцати точках площадки для определения агрохимических показателей, ферментов и подвижных форм

тяжелых металлов. Для составления картограмм в 2013 г. проведен отбор проб почвы на площади 192 га на 42 индивидуальных участках тростевым буром в соответствии с ГОСТ.

В почве определяли: гумус по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО с фотометрическим окончанием на Spekol 211, лабильные гумусовые вещества – извлечением 0,1N раствором $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ при pH-7; фракционно-групповой состав гумуса по И.В. Тюрину в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой; общую характеристику гумусного состояния почв по Гришиной Л.А. и Орлову Д.С. подвижные формы фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО, калий с окончанием на пламенном фотометре, фосфор– Spekol 211; pH_{KCl} - потенциометрическим методом на pH-метре; фосфотазу по Штефанику, каталазу инвертазу по Галстян, уреазу по Щербаковой; тяжелые металлы: подвижные кислоторастворимые формы (медь, цинк, кадмий, свинец) РД 52.18.191-89 методом атомно-адсорбционной спектроскопии на спектрометре МГА-915, валовые формы - ренгенофлуоресцентным методом по методике М049-П/04 на спектрометре Спектроскан-Макс GFIE.

Образцы снега отбирали в местах отбора почвенных проб в соответствии с методическими рекомендациями.

Растительный покров изучали на тех же площадках и по трем трансектам, проходящим через весь парк. В качестве тест-объектов использовались рябина обыкновенная (*Sórbus aucupária*), клен остролистный (*Ácer platanóides*), липа мелколистная (*Tília cordáta*), береза повислая (*Bétula péndula*).

Определялись морфологические показатели: площадь листьев, средняя площадь некрозов, хлорозов и объеданий в процентах от площади листовой поверхности, плотность листа, и изменение формы и флуктуирующая асимметрия листовой пластины – методика А.И. Федоровой - А.Н. Никольской.

Для оценки состояния водных объектов парка анализировалась вода, пробы которой отбирались из рек Химка и Чернушка, родника «Царевна – Лебедь» и прудов. Отбор проб воды проводился в соответствии с ГОСТом 17.1.05-85. Образцы анализировались в аккредитованных лабораториях Главного контрольно – испытательного центра питьевой воды (ЗАО «ГИЦ ПВ»), ООО «Экотех – Москва» и экологическом классе Московского Авиационного Института (Национальный исследовательский университет).

Комплексная оценка качества воды рассчитывалась, исходя из индекса загрязнения воды (ИЗВ) по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \div n$$

Результаты исследований обрабатывались математически, использовался дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализ пакета программ Statistica Stagrafica.

Глава 3. Почвы парка и особенности изменения их свойств.

Специфической особенностью почвы, по сравнению с другими средами (вода, воздух), является способность выполнять санитарно-защитные функции относительно различного рода загрязняющих веществ. В почвах происходит закрепление поллютантов (сорбция, комплексообразование и т.д.), что снижает поступление токсикантов в растения.

Характерной особенностью всех почв парка являлось накопление органического углерода ($C_{\text{орг}}$) в верхних горизонтах. Содержание $C_{\text{орг}}$ в естественных почвах колебалось от 2,48 до 2,92%. В агрогенно-преобразованных $C_{\text{орг}}$ изменялось– от 2,40 до 2,61%, в горизонтах урбик от 2,14 до 2,73%. Количество гумуса в верхнем слое изменялось от 2,63-4,09% в природных почвах до 2,15 - 3,07% в агрогенно-измененных почвах. Вниз по профилю почв наблюдалось уменьшение содержания гумуса, причем характер снижения количества $C_{\text{орг}}$ определялся антропогенной трансформацией почвы и её гранулометрическим составом.

Трансформация органических остатков и синтез гумуса сопровождаются образованием в почве лабильных форм органического вещества. Анализ полученных нами

данных показывает, что содержание водорастворимого органического углерода в верхних горизонтах изучаемых почвах парка изменялось в среднем от 0,081% в ржавоземе типичном легкосуглинистом до 0,028% от массы почвы урборжавоземе супесчаном (Таблица 1).

Содержание $C_{\text{вов}}$ изменялось в зависимости от погодных условий (рисунок 2). Благоприятные условия увлажнения способствовали большему образованию водорастворимых органических веществ и большей их миграции по профилю почв.

В почвах наблюдалась сезонная динамика углерода лабильных гумусовых кислот, содержание их уменьшалось от весны к осени, что возможно связано с минерализацией их микроорганизмами.

Трансформация органического вещества зависела от погодных условий, как в течение теплого времени года, так и по годам исследований. Увеличение осадков, следовательно, и запасов влаги в почвах в 2012 году приводило к некоторому снижению $C_{\text{лгк}}$ и в то же время к увеличению $C_{\text{вов}}$. В 2014 году низкая влажность и высокая температура способствовали снижению количества как $C_{\text{вов}}$, так $C_{\text{лгк}}$. Возможно, это связано с тем, что происходило более быстрое закрепление углерода в составе сложных соединений.

Данные проведенных анализов, показывают, что в нарушенных почвах обогащение гумуса азотом снижается на 29,0-36,6% по сравнению с природными почвами, уменьшается доля подвижных форм углерода, как водорастворимого, так и в составе лабильных гумусовых кислот, что может отражаться на состоянии растительного покрова парка.

Для оценки состояния почв парка при антропогенном воздействии необходимо знать изменения реакции среды и содержания обменно-поглощенных катионов в почвенном поглощающем комплексе. Реакция среды является одним из индикаторов изменений свойств почв урбанизированных территорий. Определение величины рН в почвах парка показало большой разброс её показателей в поверхностных горизонтах почв: рН_{вод} от 5,28 в ржавоземе типичном супесчаном до 7,64 ед. в урбаноземе супесчаном; рН_{ксл} от 4,22 в ржавоземе типичном легкосуглинистом до 7,13 ед. в урбаноземе супесчаном.

Таблица 1 – Обобщенная характеристика гумусного состояния почв (средние данные)

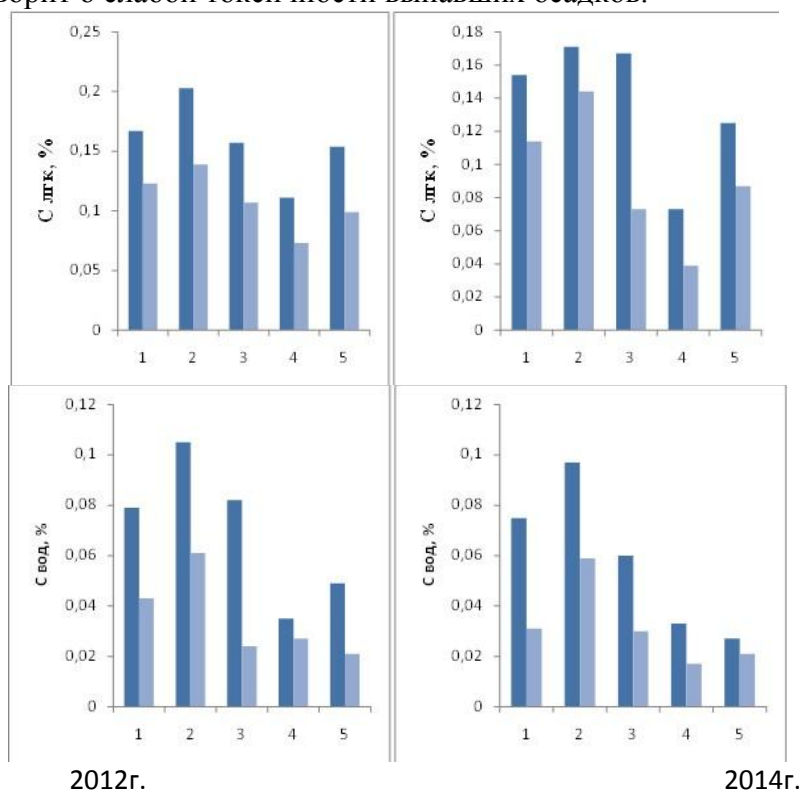
Признак	Почва				
	Ржавозем			урборжа возем	урбано- зем
	типичный легкосуг- линистый	типичный супесча- ный	пост- агроген.- супесчаный		
Мощность гумусного горизонта, см	20	16	20	16	22
Содержание $C_{\text{орг}}$ в верхнем 0-20см слое,%	2,95	2,69	2,50	2,23	2,71
Запасы гумуса в 0-20см слое, кг/м ²	5,20	4,73	4,96	2,87	5,60
Профильное распределение гумуса	постепен- ное	резкое	постепен- ное	резкое	резкое
Содержание азота,%	0,205	0,186	0,226	0,215	0,296
Обогащенность гумуса азотом, C:N	14,4	14,5	11,9	10,3	9,2
$C_{\text{вов}}$, %	0,081	0,056	0,049	0,028	0,030
$C_{\text{вов}}$, % К $C_{\text{орг}}$.	2,75	2,08	1,22	1,96	1,11
$C_{\text{лгк}}$, %	0,164	0,143	0,126	0,074	0,116
$C_{\text{лгк}}$, % К $C_{\text{орг}}$.	5,56	5,32	5,04	3,32	4,28

Исследования показали, что на территории парка 46,8% почв имели рН_{ксл} от 6,1 до 8,0 и более единиц, 50,9% слабо- и среднекислую и 2,3% – сильнокислую реакцию.

Полученные нами данные еще раз подтверждают утверждения многих исследователей о том, что антропогенно-нарушенные и антропогенно-трансформированные почвы подщелачиваются и имеют высокие показатели $pH_{\text{вод}} - 8,0$ и выше.

Считается, что снег является одним из наиболее информативных и удобных индикаторов техногенного воздействия на экосистемы через атмосферу. Определение водородного показателя показало, что в первые сутки после выпадения его, реакция среды была на уровне 6,63-6,89 независимо от мест отбора проб. Через три недели после выпадения выявлено изменение реакции талой снежной воды. Она колебалась от нейтральной ($pH = 6,8$) до щелочной ($pH = 8,4$). По мере удаления от источников загрязнения показатель pH уменьшался. В центральной части парка реакция приближалась к нейтральной.

Анализ на токсичность снега для живых организмов с помощью дафний, который показал, что в растворах талой снежной воды, в образцах, взятых для анализа в день выпадения снега, за 96 часов погибали около 20% дафний (независимо от мест отбора проб), что говорит о слабой токсичности выпавших осадков.



1 - ржавозем типичный супесчаный, 2 - ржавозем типичный легкосуглинистый, 3 - ржавозем постагрогенный супесчаный, 4 - урборжавозем супесчаный, 5 - урбоназем супесчаный
 Рисунок 2 – Динамика изменений содержания подвижных форм углерода в поверхностном слое почв парка.

Почвы парка существенно отличаются по количеству катионов, находящихся в обменно-поглощенном состоянии. В верхнем (0-20см) слое ржавозема супесчаного сумма оснований кальция + магния колебалась в пределах от 10,70 мг до 8,12 мг-экв/100г почвы, в ржавоземе типичном легкосуглинистом от 9,69 до 7,85 мг-экв/100г почвы. В нарушенных почвах содержание суммы оснований увеличивалось. Так, в горизонте АУра ржавозема постагрогенного супесчаного количество $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ составило в среднем 8,66, в горизонте урбик –10,48 мг-экв/100г.

Во всех почвах большая доля в ППК приходилась на катионы кальция (85,6-98,4%). Степень насыщенности основаниями в поверхностном слое изменялась от 62,5 до 96,8 %. Она зависела от гранулометрического состава почв. Сумма обменно-поглощенных оснований вниз по профилю постепенно снижалась почти во всех почвах. Исключением был

урбанозем маломощный супесчаный, где при переходе от горизонта U в горизонт A_{Уг} количество оснований увеличилось.

Содержание подвижных форм элементов минерального питания не входит в систему диагностических показателей экологического состояния почв, но учитывая рекреационное значение парка, где необходимо постоянно поддерживать хорошее состояние растительного покрова, мы провели определение доступных растениям форм азота, фосфора и калия в почвах.

Результаты определения щелочногидролизуемой формы азота показали, что наибольшее содержание его приходилось на поверхностный (0-20 см) слой. Количество N_{щг} в ржавоземе типичном легкосуглинистом в среднем за годы исследований составляло 148 мг/кг почвы. Далее в убывающем порядке шли ржавозем постагрогенный супесчаный (143 мг) – ржавозем типичный супесчаный (134 мг) – урбанозем супесчаный (132 мг/кг) – урборжавозем супесчаный (127 мг/кг почвы) (Таблица 2). Эти данные свидетельствуют о том, что верхние горизонты почв имеют низкую обеспеченность подвижной формой азота.

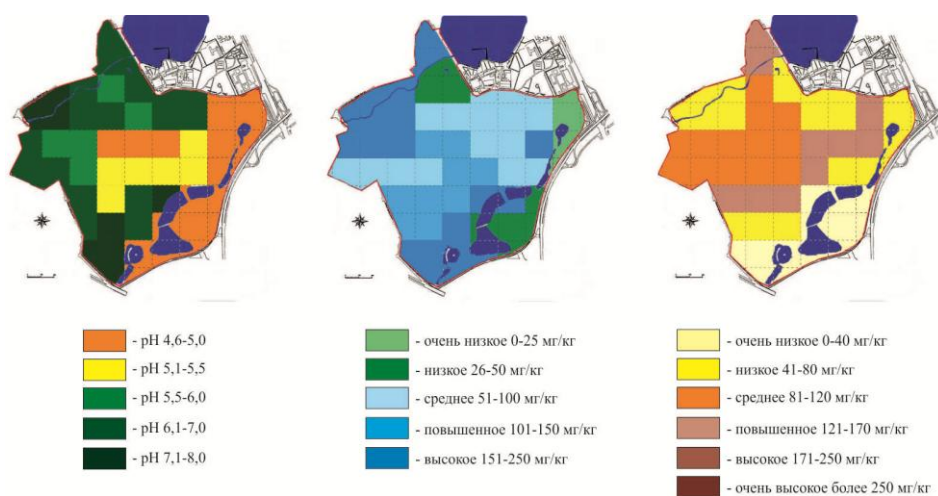


Рисунок 3. Картограммы реакции почвенной среды парка, подвижного фосфора и обменного калия

Количество щелочногидролизуемого азота в поверхностных слоях почвы изменялось по годам исследований. Наибольшее его содержание отмечалось в 2012 году, в среднем по всем почвам за вегетационный период количество его составляло 151 мг/кг почвы. Наименьшее количество N_{щг} 119 мг/кг почвы было обнаружено в 2014 году, что вероятно связано с низкой влажностью почвы в вегетационный период этого года.

Результаты исследования показали, что содержание подвижного фосфора в почвах парка определялось содержанием гумуса, степенью нарушенности и трансформации природных почв, гранулометрическим составом, физико-химическими свойствами. Наибольшее содержание подвижного фосфора приходилось на поверхностные (0-20см) слои урбанозема, урборжавозема и ржавозема постагрогенного, где количество его составляло 128, 117 и 108 мг/кг почвы соответственно, т. е эти почвы характеризуются повышенным содержанием доступного растениям фосфора.

Природные почвы – ржавозем типичный супесчаный и ржавозем типичный легкосуглинистый по содержанию подвижного фосфора в верхнем (0-20 см) слое характеризовались как среднеобеспеченные этим элементом питания и содержали в среднем 83-96 мг/кг почвы соответственно.

В почвах, подверженных разному антропогенному воздействию, содержание подвижного фосфора превышалось в верхнем слое по сравнению с природными почвами, в среднем в 1,18 раза, что, возможно, связано с привнесением в эти почвы веществ различного происхождения, содержащих фосфор, а также с выносом его из нижележащих горизонтов растениями.

Содержание подвижного фосфора (y) в определенной мере зависело от гумусированности почвы (x). Эта связь в природных почвах парка описывалась следующим уравнением регрессии:

$$y = (34,1202) + (65,2506) * x + (-11,464) * x^2 \quad r^2 = 0,439.$$

При этом в верхнем (0-20 см) слое изучаемых почв в интервале роста содержания гумуса от 0,8 до 2,5% рост гумусированности на 0,2 % вызывает увеличение содержания фосфорной кислоты на 7-8 мг/кг почвы. Наибольшее содержание P₂O₅ характерно для содержания гумуса в интервале 2,5-3,5%.

По результатам обследования всей территории парка на содержание подвижного фосфора было установлено, что примерно 53% всех почв имело среднюю, 15% повышенную и 32% высокую обеспеченность подвижным фосфором (рисунок 3).

Таблица 2 – Содержание щелочногидролизуемого азота в поверхностном слое (0-20см) почв парка, мг/кг почвы

Почва	2012г.		2013г.		2014г.	
	весна	осень	весна	осень	весна	осень
Ржавозем типичный супесчаный	183	120	160	104	154	84
Ржавозем типичный легкосуглинистый	209	136	167	123	144	108
Ржавозем постагрогенный супесчаный	172	129	170	131	148	107
Урборжавозем супесчаный	157	124	141	107	149	86
Урбанозем супесчаный	146	131	164	139	151	61
НСР ₀₅ , мг/кг	8,73	6,21	9,12	4,87	5,94	2,70

Наибольшим содержанием обменного калия отличались урбанизированные горизонты, где количество калия изменялось в среднем за вегетационный период от 115 мг в горизонте АУра ржавозема постагрогенного до 141 мг/кг почвы в горизонте U урбанозема супесчаного. В горизонтах АУ природных почв содержание калия изменялось в среднем от 76 мг в ржавоземе супесчаном до 99 мг/кг почвы в ржавоземе легкосуглинистом.

Результаты определения калия в поверхностном слое (0-20 см) почв показало, что количество его по годам изменялось в среднем по всем почвам с 127 мг/кг в 2012 г. до 112 мг/кг почвы – 2014 г., то есть снижение произошло в 1,1 раза. Это ниже по сравнению с изменениями азота и фосфора, которые произошли по азоту в 1,4, по фосфору – в 1,5 раза.

При определении весной содержание калия по всем почвам составляло в среднем 120 мг, осенью 110 мг/кг почвы, то есть снижение было в 8,3%, несмотря на вынос элемента растениями. Возможно, это связано с тем, что в почвах происходит переход необменного калия в обменное состояние, и тем самым пополняется фонд доступного калия для растений. Вместе с тем, ряд авторов утверждают, что источником усвояемого растениями калия могут служить не только обменные, но и необменные его формы. На основании определения обменного калия в верхнем 0-20-ти сантиметровом слое почв на всей территории парка можно заключить, что 60% почв имеют повышенное содержание обменного калия, 40% – среднее (Рисунок 3).

Из большого числа разнообразных веществ, поступающих в почву и другие сферы окружающей среды, особое место занимают тяжелые металлы (ТМ).

В почвах парка в результате определения содержания тяжелых металлов выявлено, что наибольшее загрязнение почв парка связано со свинцом и цинком. Количество валового Рb в верхнем (0-20 см) слое колебалось от 109-114 мг/кг почвы – ржавозема среднемелкого супесчаного, до 387-405 мг/кг почвы урбанозема мелкого супесчаного. Эти данные свидетельствуют о превышении ОДК в почвах парка в 3,5-12,4 раза соответственно. Существенные превышения ОДК отмечались и по содержанию цинка во всех изучаемых почвах.

Корреляционный анализ полученного нами материала выявил сильную зависимость содержания меди, свинца и цинка (Y) от количества органического углерода (x) в природных почвах парка (рисунок 4). Зависимость для этих элементов, находящихся в верхнем (0-20 см) слое ржавозема типичного супесчаного, описывалась следующими уравнениями:

$$\text{меди} - Y = -0,6085 + 0,89449 * x \quad r = 0,881;$$

$$\text{цинка} - Y = 0,19212 + 0,00959 * x \quad r = 0,854;$$

$$\text{свинца} - Y = -0,6378 + 0,2747 * x \quad r = 0,854.$$

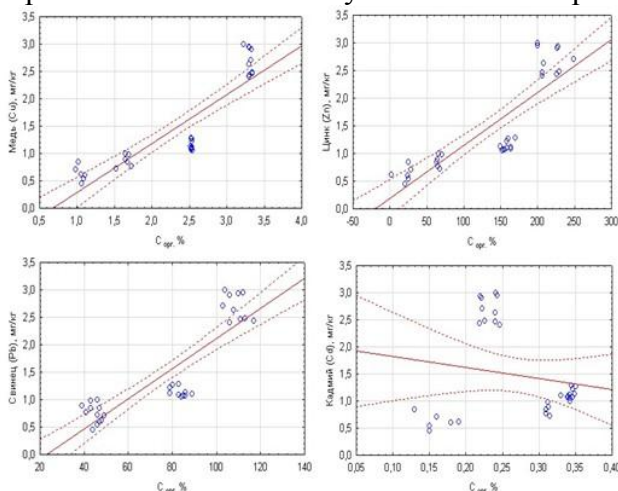
В ржавоземе типичном легкосуглинистом отмечена аналогичная зависимость Сb, Zn, Рb и Cd от $C_{орг}$. Коэффициенты корреляции составили 0,798; 0,867; 0,802; 0,127 соответственно.

Зависимость содержания кадмия от $C_{орг}$ в обеих почвах была несущественной. Математический анализ выявил зависимость содержания тяжелых металлов от реакции почвенной среды.

Эта зависимость содержания тяжелых металлов от $pH_{ксл}$ выражалась следующими коэффициентами корреляции в природных почвах парка для:

меди $r = 0,881$, цинка – $0,673$, свинца – $0,724$, кадмия – $0,668$. В нарушенных почвах коэффициенты корреляции составили для: меди, цинка, свинца и, кадмия $0,512$, $0,878$, $0,598$, $0,644$ соответственно.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в поверхностных слоях почв происходит накопление тяжелых металлов, поступающих в основном аэрогенным путем. Наибольшее накопление свинца отмечено в горизонте урбик урбанозема супесчаного, находящегося на площадке 5, которая ближе всего расположена к Ленинградскому шоссе. В центре парка загрязнение ржавозема типичного супесчаного - в 4 раза меньше.



Ржавозем типичный среднемелкий супесчаный

Рисунок 4– Графики зависимости содержания тяжелых металлов от количества $C_{орг}$ в верхнем (0-20 см) слое почв.

Оценка почв по загрязнению тяжелыми металлами была проведена по суммарному показателю загрязнения (СПЗ).

Расчеты показали, что суммарный показатель загрязнения природных почв составлял 6 - 7, то есть они имеют допустимый уровень загрязнения; ржавозем постагрогенный супесчаный – 11,2 (низкий уровень), урбанизированные почвы – урборжавозем

среднемощный супесчаный и урбанозем маломощный супесчаный, имеющие СПЗ 21 и 20 соответственно, были отнесены к почвам со средним загрязнением ТМ.

Проведенный нами корреляционный анализ данных содержания ТМ в почвах показал зависимость элементов друг от друга. Установлено, что наибольшая связь наблюдается между Cu и Zn, Cu и Pb ($r=0,802$ и $0,832$), наименьшая ($r=-0,139$ и $-0,322$) между Cd и Cu; Cd и Zn (таблица 3). Анализ полученных данных позволяет заключить, что содержание изученных тяжелых металлов определенным образом связано между собой.

В отличие от валовых форм ТМ количество подвижных соединений тяжелых металлов, таких как цинк и свинец, было выше в почвах с кислой средой.

На основании проведенных анализов и применении ГИС технологий, были составлены карты – схемы содержания валовых форм тяжелых металлов, на которых обозначены выделы с превышением содержания ТМ, в сравнении с ОДК.

Таблица 3– Корреляционная матрица взаимосвязей тяжелых металлов

Показатели	Cu	Zn	Pb	Cd
Cu	1.000	0.802	0.832	-0.139
Zn	0.802	1.000	0.256	-0.322
Pb	0.832	0.256	1.000	0.446
Cd	-0.139	-0.322	0.446	1.000

Установлены уровни загрязнения почв тяжелыми металлами, которые показывают низкий уровень загрязнения почв кадмием и медью, средний – цинком, средний – для природных почв и высокий для антропогенно-преобразованных почв свинцом.

Почвенные ферменты играют важную роль в мобилизации элементов питания растений. Результаты исследования показали, активность уреазы в поверхностных слоях агрогенно-преобразованных почв ниже на 9,8-56,5%, чем в естественных почвах парка, активность каталазы практически была одинакова во всех почвах.

Активность фосфатазы в верхних слоях изменялась в среднем от 0,46 мг до 0,32 мг $P_2O_5/100г$ почвы за 24 часа и эти изменения были значимыми ($НСР_{05}=0,04$ мг).

Активность инвертазы в преобразованных почвах снизилась на 54,1-32,8% по сравнению с её активностью в поверхностных слоях природных почв.

Корреляционный анализ показал, что такие изменения связаны в постагрогенном ржавоземе и урборжавоземе со снижением количества гумуса ($r= 0,756$ и $0,649$ соответственно), а в урбаноземе с $pH_{ксл}$ среды, где она составила в среднем в горизонте урбик 8,67 ($r=0,801$).

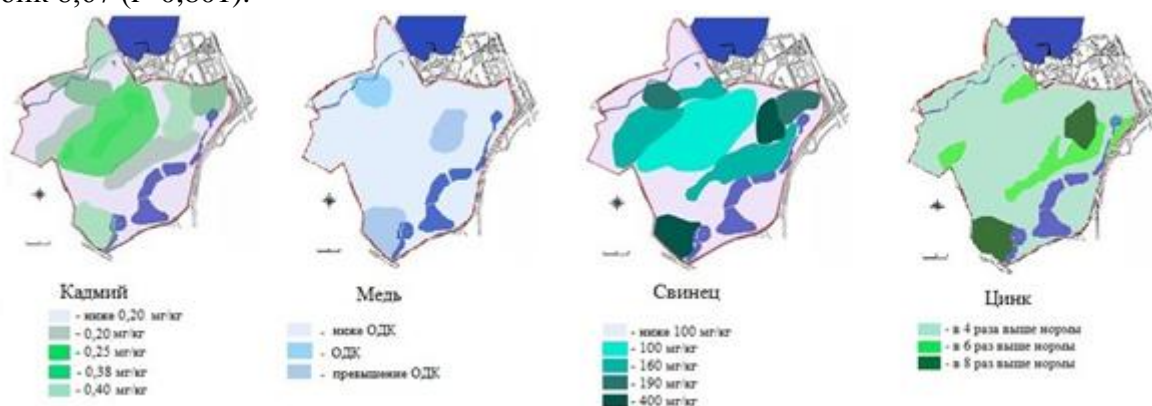


Рисунок 5 – Карты – схемы содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах парка

Связь активности ферментов с количеством гумуса в почве выражалась следующими коэффициентами корреляции, уреазы 0,897, инвертазы 0,896, для: каталазы 0,456 фосфатазы 0,251, то есть она была сильная для первых двух ферментов, средняя для каталазы и слабая для фосфатазы.

Активность ферментов зависела от загрязнения почв тяжелыми металлами (рисунок 5). Так, связь уреазы (Z) зависела от содержания цинка (X) и меди (Y) и выражалась следующим уравнением регрессии:

$$U_{pZ} = 3,23 - 0,999x + 0,051y - 0,316x^2 + 0,024xy - 0,0004y^2 \quad R^2 = 0,653;$$

а связь уреазы (Z) зависимости содержания свинца (X) и кадмия (Y) выражалась уравнением регрессии:

$$U_p = -9,37 + 128x - 0,128y - 216x^2 - 0,100xy + 0,0014y^2 \quad R^2 = 0,518.$$

Ферментативная активность почв парка изменялась как по годам, так и в течение вегетационного периода.

Аномально жаркая погода 2014 года с низким количеством осадков резко снижала активность всех ферментов, по сравнению с другими годами. Наибольшее снижение отмечено активности уреазы 42,8 - 64,2% и каталазы на 37,0 - 61,4%, меньше всего изменялась активность инвертазы 19,5 - 32,3% по сравнению с 2012 годом.

Проявлялась не только средняя годовая изменчивость активности ферментов, но и сезонная их динамика.

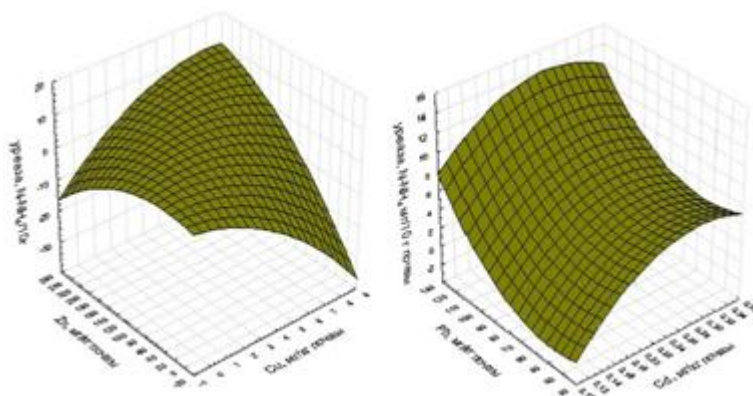


Рисунок 6 – Зависимость содержания уреазы в почве от содержания тяжелых металлов

Глава 4. Водные объекты парка и оценка их экологического состояния.

Водные экосистемы - наиболее чувствительное звено природной среды при негативном антропогенном воздействии. Пруды в парке выполняют экологические и хозяйственные функции. Они являются местом отдыха населения, в пруду № 4 купаются, ловят рыбу. Пруды и их окружение несут эмоционально-эстетическое наслаждение. Это местообитание водоплавающих птиц, водных животных и растений.

Исследования показали, что качество воды в изучаемых водных источниках различалось как по органолептическим свойствам, так и по гидрохимическим показателям в зависимости от вида водоема. Наиболее устойчивыми были показатели в родниковой воде. Все пробы, взятые в 2012 – 2014 гг., не превышали норматив и соответствовали качеству питьевой воды.

Дешифрование космических снимков водных объектов парка «Покровское – Стрешнево» и обследование объектов в натуре позволяют судить об их состоянии. Водная гладь первого пруда, как и северная часть второго пруда покрыта ряской зеленых водорослей, что является результатом перегрузки водоемов биогенными веществами, попадающими в пруды в основном со стоками.

Цветение воды можно наблюдать в пруду №5 и в реке Химке. Возрастание объема биомассы водорослей приводит к связыванию кислорода, растворенного в воде; создаются анаэробные условия, при которых образуются разнообразные газы – сероводород, метан, аммиак, ацетилен и другие. Это может приводить к гибели зооценозов водоема и делает воду непригодной для употребления.

Запах относится к органолептическим показателям качества воды и служит индикатором загрязнения водоема. Высокий балл загрязнения воды по запаху имеют пруды

шестой и седьмой, а также река Чернушка 4,0 и 3,7 балла соответственно, при нормативе 5,0 балла.

Цвет воды в водоемах парка обусловлен органическими веществами и трехвалентным железом, присутствующими в почвах. Наибольший балл по цветности получила вода из пятого, шестого и седьмого прудов (18,0; 16,3 и 19,0) и реки Чернушки (17,0 баллов), при нормативном балле цветности двадцать баллов.

Мутность воды может быть связана с наличием неорганических и органических мелкодисперсных примесей и растворимых частиц различного происхождения. Результаты определения её в воде прудов свидетельствуют о том, что наибольшей мутностью отличалась вода седьмого пруда.

Изучение удельной электропроводности водных объектов парка показало, что в основном она соответствует норме (ПДК 10^{-3} См/см), исключение составляла вода прудов 6 и 7.

От величины рН зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металлы и бетон. В водных экосистемах парка реакция среды в основном была близкой к нейтральной. Высокие показатели рН отмечены в прудах шестом и седьмом, а также в речке Чернушке. В исследуемой воде всех водоемов парка отмечается достаточно высокое содержание железа от 2,8 до 6,0 мг/л (норматив 3мг/л), что возможно связано с химическим составом почв и почвообразующих пород.

Органолептические, как и другие показатели качества воды, менялись в течение теплого времени года. Летом происходит самоочищение воды. В это время мутность снижалась на 27%, цветность на 28,1% по сравнению с этими же показателями в весенних пробах. Количество взвесей изменялось довольно в широких пределах от 4,78 мг/л в первом пруду, до 12,2 мг/л в реке Химке.

Определение хлоридов показало, что они присутствуют практически во всех пресных поверхностных и даже грунтовых водах. Концентрации хлорид-иона колебались от 9,0 до 20 мг/л. Изучение ХПК показало, что превышение ПДК для культурно – бытовых источников было почти во всех объектах, исключение составляли пруды первый и четвертый. Однако превышение этого показателя согласно ГОСТа для рыбохозяйственных водоемов (ПДК 30мг $O^2/дм^3$) отмечалось только для рек и первого пруда.

Изучение содержания минеральных форм азота (ионов аммония, нитратов и нитритов), относящихся к числу биогенных веществ, проводилось во все годы исследований, т.к. по их содержанию в воде можно судить как о загрязнении водных экосистем, так и о протекании процессов их самоочищения. Средняя по всем объектам концентрация аммония составляла 0,89 мг/дм³ (при ПДК 2,0 мг/дм³). Наибольшее количество NH_4^+ наблюдалось в водах реки Чернушки и во втором пруду.

Количество нитратов в природных водах зависит от комплекса факторов (биологические, гидрохимические, физико-химические свойства почв водосборной территории). Содержание нитратов в поверхностных водах существенно меняется в зависимости от вида деятельности человека (Рисунок 7). Наибольшая концентрация NO_3^- наблюдалась в прудах (18,0 – 18,9 мг/дм³).

Мониторинг концентрации соединений азота в воде выявил сезонную динамику изменений их в водоемах парка. Загрязнение воды нитрит – ионом происходило в основном весной и осенью, когда были наиболее благоприятные условия для восстановления NO_3^- до NO_2^- .

Важной характеристикой антропогенных, эрозийных и аккумулятивных процессов, происходящих в ландшафтах парка, служат показатели накопления тяжелых металлов в водных объектах. Наиболее загрязнены тяжелыми металлами – медью, цинком и свинцом – пруды шестой и седьмой, где превышение ПДК составляет в среднем 30, 20 и 10% соответственно.

Содержание органических веществ в водных источниках парка показало превышение ПДК в реке Чернушке, 6 и 7 прудах. Состояние седьмого Иваньковского пруда, в который плавно переходит в шестой пруд, можно оценить как «катастрофическое», ибо это пруд, по сути, превратился в болото и требует мер по его очистке.

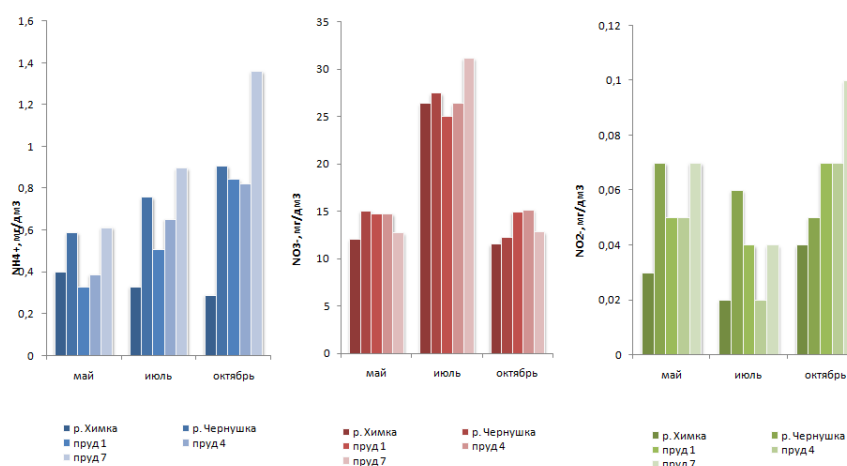


Рисунок 7 – содержание ионов азота в водных объектах парка

Глава 5. Эколого-биологическое состояние растительного покрова парка.

Одним из факторов улучшения экологической среды мегаполиса являются зеленые насаждения. Деревянные насаждения парка «Покровское – Стрешнево» занимают площадь 176,2 гектара или 72,8 % всей территории парка. Находясь в окружении жилищной застройки, крупнейших транспортных магистралей и промышленных предприятий, зеленые насаждения испытывают антропогенную нагрузку.

Дешифрование космических снимков позволяет заключить, что в настоящее время большая часть древесных растений парка находятся в хорошем состоянии, не имеют существенных признаков повреждения или незначительно повреждены.

Вместе с тем, в отдельных участках парка ситуация с состоянием растений оказалась различной.

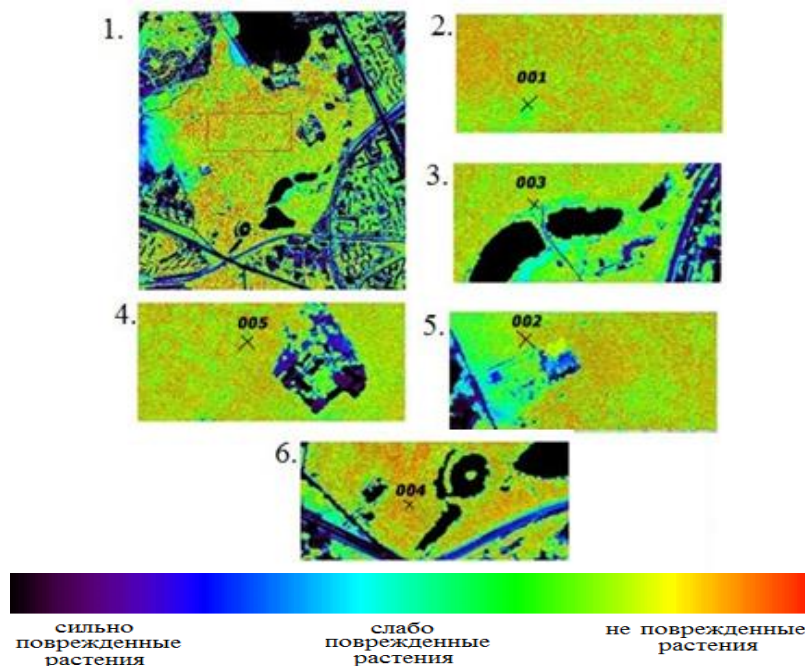
В центральной части парка на площадке 001, а также площадке 002 (рисунок 8-2 и 8-5) древесные культуры находятся в хорошем состоянии. И как показывают наземные наблюдения, только в одном случае было выявлено усыхание вершины сосны. На площадке 003 (рисунок 8-3) отмечается некоторое увеличение количества слабоповрежденных растений. Как показал, проведенный анализ листьев растений с этой площадки, значительно уменьшилась площадь листовой пластины, и увеличилось количество некрозов.

На площадках 004 и 005 (рисунок 8-6, 8-4) количество слабоповрежденных растений возросло на 15-20 % по сравнению с центральной частью парка.

В результате наземных исследований наблюдали поражение листовых пластинок деревьев уже в июне месяце на участках, подверженных сильному антропогенному воздействию, то есть уже в начале вегетации наблюдалось появление «медной росы», возникновения хлороза, изменения окраски листьев, искривления пластинок. Все отрицательные изменения проходили в условиях жары. Наиболее сильно некротические повреждения и хлороз были выражены у клена остролистного, более чувствительного к недостатку влаги и березы повислой. У хвойных деревьев наблюдалась суховершинность и деформация. Наиболее сильно признаки повреждения растений (особенно некрозы) проявлялись в наиболее загрязненных участках парка, в районе 004 и 005 площадок.

На стволах древесных растений произрастающих на площадках 004 и 005 и находящихся под воздействием выбросов автомобильного транспорта, движущегося по Ленинградскому и Волоколамскому шоссе, наблюдалось «позеленение» стволов и нижних ветвей. Что свидетельствует о повышенном содержании в воздухе оксидов азота, который

способствует интенсивному разрастанию на коре деревьев мелких водорослей зеленого цвета, получающих необходимое им азотное питание непосредственно из воздуха.



1. Состояние растений: 2. на площадке 001, 3. на площадке 003, 4. на площадке 005, 5. на площадке 002; 6. на площадке 004.

Рисунок 8 – Расположение площадок, трансект и космические снимки состояния растений в парке «Покровское – Стрешнево»

В районе автомагистралей и железной дороги наблюдалось для всех видов деревьев и кустарников снижение относительного жизненного состояния древостоя, увеличивалось количество «ослабленных» и даже несколько деревьев к категории «сильно ослабленных». Площадь листьев различных деревьев изменялась как по годам исследования, так и в зависимости от мест произрастания растений.

Низкая обеспеченность влагой влияла на площадь листьев всех растений, которая значительно снижалась – у рябины на 1 см^2 , у березы на $9,82 \text{ см}^2$, у липы на $42,05 \text{ см}^2$, у клена остролистного на $33,1 \text{ см}^2$.

Изучение химического состава листьев показало, что содержание питательных элементов варьировало в зависимости от состава разных видов деревьев в различных экологических зонах.

Зеленые насаждения по-разному способны накапливать тяжелых металлов и проявлять к ним толерантность. Содержание тяжелых металлов в листьях растений показало, что оно зависело как от вида растения, так и от места сбора растительного материала. Так, содержание меди колебалось от 0,12 до 1,51 мг/кг, цинка от 0,16 до 3,01, никеля от 0,48 до 6,08, железа от 11,93 до 470,99 мг/кг сухого вещества. Наибольшим накоплением меди характеризовался клен остролистный, наименьшим – рябина. Та же тенденция наблюдалась и для цинка, никеля и железа. Содержание тяжелых металлов в листьях различных деревьев возрастало в экологически неблагополучных зонах парка на площадках 004 и 005.

Одним из важнейших биоиндикационных показателей служит определение показателя флуктуирующей асимметрии, который оценивает качество среды во всем многообразии факторов, ее пригодность для человека.

Условия произрастания влияют на показатель флуктуирующей асимметрии. В районе Ленинградского шоссе он был очень высоким - 0,18, что свидетельствует о значительном отклонении от нормы. Меньшей степенью загрязнения характеризовались растения в районе площадки 001 и по трансектам 1 и 3, в районе родника «Царевна – Лебедь». На площадке

около Волоколамского шоссе значение показателя асимметрии соответствовало 4 баллам по шкале отклонения.

Выводы.

На основании комплексного изучения состояния экосистем парка «Покровское – Стрешнево» можно сделать следующие выводы:

1. Использование космических методов исследования при экологическом мониторинге состояния ландшафта позволило выявить изменения, происходящие в водных объектах и растительном покрове парка.
2. Мониторинг некоторых химических, физико-химических свойств почв парка «Покровское – Стрешнево» позволил установить, что в антропогенно-преобразованных почвах снизилась обогатенность гумуса азотом и увеличилась щелочность, в основном, за счет аэрогенного загрязнения в зимнее время года.
3. Выявлена сезонная динамика изменения подвижных форм органического вещества ($C_{\text{лгк}}$ и $C_{\text{вов}}$), доступных форм азота, фосфора и калия в верхних горизонтах почв. Процессы минерализации органических азотсодержащих соединений ослаблены, особенно в нарушенных почвах, и в связи с этим растительному покрову парка недостаёт азотного питания для нормального роста и развития
4. Определенные уровни $pH_{\text{ксл}}$, содержания подвижного фосфора и обменного калия на площади 192 гектаров территории парка и составленные картограммы, позволяют при мониторинговых исследованиях проследить пространственно-временные изменения этих показателей.
5. Агрохимическое обследование территории парка свидетельствуют о том, что 46,8 % почв имели $pH_{\text{ксл}}$ от 6,1 до 8,0 и более единиц, в 50,9% почв отмечена слабо- и среднекислая среда и 2,3% – сильнокислая; около 53% всех почв средне обеспечены подвижным фосфором, 15 % имели повышенную и 32% высокую обеспеченность; 60% почв характеризовались повышенным содержанием и % 40 были средне обеспечены обменным калием.
6. На основании проведенных анализов с применением ГИС – технологии составлены карты-схемы содержания валовых форм тяжелых металлов, на которых обозначены выделы с превышением количества ТМ по сравнению с ОДК. Установленные уровни загрязнения почв тяжелыми металлами показывают низкий уровень загрязнения почв кадмием и медью, средний – цинком, средний свинцом для природных почв и высокий уровень свинцом – для антропогенно-преобразованных почв
7. Почвы парка имеют бедную обогатенность ферментами уреазой и фосфатазой, среднюю – инвертазой; между гумусным состоянием естественных и антропогенно-преобразованных почв и их ферментативной активностью существует тесная связь: высокая ферментативная активность характерна для горизонтов, содержащих наибольшее количество органического вещества.
8. Вода в прудах шесть и семь относится к категории «загрязненная» (класс качества IV). Состояние седьмого Ивановского пруда оценивается как «катастрофическое». В реке Химка и прудах с первого по пятый вода «умеренно загрязненная» (класс качества III). В настоящее время она не представляет опасности для обитающих в ней организмов и для человека, использующего пруды как место отдыха.
9. Снимки со спутников позволяют достаточно точно определить состояние древесных пород парка. Наземные анализы уточняют состояние растений и выявляют основные признаки угнетения или их гибели. Использование метода биоиндикации по показателям асимметрии позволяет установить начальные признаки деградации растений под действием антропогенного фактора.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи, опубликованные в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных журналов и изданий:

1. Власов И.И., Надежкина Е.В. Оценка водных объектов парка «Покровское – Стрешнево» / И.И. Власов, Е.В. Надежкина // «Проблемы региональной экологии». - №1, 2015. С. 164 – 168
2. Власов И.И. Изучение реакции почвенной среды в парке «Покровское – Стрешнево» / И.И. Власов // «Агрохимический вестник». - №3, 2015. С. 44 – 45
3. Власов И.И., Надежкина Е.В., Тушавина О.В. Содержание подвижных форм элементов минерального питания в почвах парка «Покровское – Стрешнево» / И.И. Власов, Е.В. Надежкина, О.В. Тушавина // «Агрохимический вестник». - №4, 2015. С. 37 – 39
4. Власов И.И., Надежкина Е.В. Изучение органического вещества почв парка «Покровское – Стрешнево» и растительного покрова с применением космических снимков / И.И. Власов, Е.В. Надежкина // «Агрохимия». - № 2, 2015. В печати

в других изданиях:

5. Власов И.И., Надежкина Е.В. Оценка некоторых аспектов экологической обстановки Северо – Западного округа г. Москвы / И.И. Власов, Е.В. Надежкина // Современные проблемы загрязнения окружающей среды и пути их решения. 2012. Москва. РГАЗУ. С. 51 – 54
6. Власов И.И., Надежкина Е.В. Роль зеленых насаждений в городе / И.И. Власов, Е.В. Надежкина // Современные проблемы загрязнения окружающей среды и пути их решения. 2012. Москва. РГАЗУ. С. 18 – 21
7. Власов И.И., Надежкина Е.В. Биоиндикационная оценка растительного покрова / И.И. Власов, Е.В. Надежкина // Актуальные тенденции развития фундаментальных и прикладных наук на рубеже XXI века. 2013. Москва. РГАЗУ С. 32 – 34
8. Власов И.И., Надежкина Е.В. Изучение растительного и почвенного покрова парка «Покровское – Стрешнево» / И.И. Власов, Е.В. Надежкина // Экология речных бассейнов. Труды VII конференции. 2013. Владимир. С 154 – 159
9. Власов И.И., Надежкина Е.В., Родченко В.В. Мониторинг ООПТ с помощью мезозональных космических снимков / И.И. Власов, Е.В. Надежкина, В.В. Родченко // Московская молодежная научно – практическая конференция «Инновации в авиации и космонавтике – 2013» сборник тезисов. 2013. Москва. МАИ. С. 214 – 215
10. Власов И.И., Надежкина Е.В. Изучение основных эколого – агрохимических показателей / И.И. Власов, Е.В. Надежкина // Международная научно-практическая конференция «Наука и образование для устойчивого развития экономики, природы и общества» сборник докладов. 2013. Тамбов. ТЗ. С. 20 - 24
11. Власов И.И. Состояние зеленых насаждений парка «Покровское – Стрешнево» / И.И. Власов // Фундаментальные и прикладные науки, проблемы и перспективы. 2014. Москва. РГАЗУ С. 43 – 45
12. Власов И.И., Надежкина Е.В. Изучение водных экосистем парка «Покровское-Стрешнево» / И.И. Власов, Е.В. Надежкина // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков – сборник материалов IX международной научно-практической конференции. 2015. Новосибирск. С. 50 – 54
13. Власов И.И., Надежкина Е.В. Применение аэрокосмических технологий в комплексном изучении экосистем парка «Покровское – Стрешнево» / И.И. Власов, Е.В. Надежкина // Московская молодежная научно – практическая конференция «Инновации в авиации и космонавтике – 2015» сборник тезисов. 2015. Москва. МАИ. С. 212 – 213
14. Власов И.И., Надежкина Е.В. Исследование ферментативной активности в почвах особо охраняемых природных территорий на примере парка «Покровское – Стрешнево» г. Москва / И.И. Власов, Е.В. Надежкина // Первый международный экологический форум в г. Калуге, 10 – 11 сентября 2015 г.