

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского»

На правах рукописи

ЖЕСТКОВА ДАРЬЯ БОРИСОВНА

**СОСТАВ И СТРУКТУРА ТРАВЯНИСТОГО ПОКРОВА
ПРИДОРОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ
КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА**

Специальность: 03.02.08 – Экология
(биологические науки)

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор Охапкин А.Г.

Н. Новгород – 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	9
1.1. Городские условия как специфический комплекс абиотических и антропогенных факторов	9
1.2. Формирование растительного покрова в специфических условиях города	31
ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	53
2.1. Природная характеристика г. Нижнего Новгорода	53
2.2. Характеристика объектов исследования	61
2.3. Методика проведения исследований	63
2.4. Методы лабораторных исследований и статистической обработки результатов	69
ГЛАВА 3. ЭДАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОИЗРАСТАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ИХ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИНАМИКА ВДОЛЬ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ НА ФОНЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ	71
3.1. Характеристика антропогенной нагрузки автотранспортного комплекса	71
3.2. Характеристика придорожных почв продольного профиля вдоль автомагистралей	73
3.3. Пространственная динамика почвенных характеристик поперечных трансект вдоль автомагистралей	77
3.4. Биологическая активность почв вдоль автомагистралей	84
ГЛАВА 4. ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТРАВСТОЯ И ЕГО ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИНАМИКА	89
4.1. Видовой состав и систематическая структура флоры	89

4.2. Анализ сходства видового состава травянистых сообществ вдоль автомагистралей	95
4.3. Экологическая структура флоры	99
4.3.1. Соотношение эдафотопических групп во флоре	99
4.3.2. Соотношение гидротопических групп во флоре	101
4.3.3. Биоморфологическая структура флоры	103
4.4. Эколого-ценоморфный анализ травянистого покрова	109
ГЛАВА 5. СТРУКТУРА И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИНАМИКА ТРАВЯНИСТОГО ПОКРОВА ПРИДОРОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ	113
5.1. Анализ общего проективного покрытия травостоя	113
5.2. Доминирующие виды растительных сообществ придорожных территорий и их связь с факторами среды	114
5.3. Видовое богатство и разнообразие травянистых сообществ вдоль автомагистралей	117
5.4. Видовое богатство и разнообразие сообществ на различном расстоянии от автомагистралей	120
5.5. Экологическое зонирование придорожных территорий на основании абиотических и биотических показателей	124
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	131
ВЫВОДЫ	131
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПОЧВЕННО- РАСТИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПРИДОРОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ	134
ЛИТЕРАТУРА	136
ПРИЛОЖЕНИЕ Список травянистых видов придорожных территорий	163

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы

На современном этапе развития города как крупной урбоэкосистемы среди разнообразия присутствующих биотопов одними из самых своеобразных являются территории, прилегающие к автотранспортным магистралям. На фоне постоянного роста числа автотранспорта наблюдается увеличение площадей, занимаемых автодорогами. Сочетание природных и антропогенных факторов вдоль дорог создает условия, которые можно классифицировать как стрессовые для растительных сообществ (Реймерс, 1990; Seiler, 2001; Горохов, 2005; Ahmad *et al.*, 2008; Камерилова, 2010; Sheikh *et al.*, 2013).

Среди факторов, определяющих условия произрастания растительности урбанизированных территорий, выделяют придорожные почвы (Баканина, 1994; Зеликов, 1998; Лысиков, 2004), способные удерживать загрязняющие вещества от поступления в воздух и грунтовые воды, что серьезно влияет на состояние здоровья человека (Титова, 2004; Дабахов, 2005).

В экосистеме города травянистый покров значительно опережает древесно-кустарниковые растения по занимаемой площади, что определяет масштабность его роли. Большинство научных публикаций посвящены изучению флоры города (Мининзон, 2004; 2011), ее динамике (Бурда, 1990; Золотухин, 1990; Лымарь, 2007; Жуйкова, 2009) и антропогенной трансформации (Хмелев, Березуцкий, 2001; Борисова, 2002). В связи с этим работы по флоре и растительности техногенных экотопов представляют особый интерес. Актуально изучение закономерностей формирования состава и структуры растительного покрова в условиях предельно критичных для растительных сообществ, что позволяет углубить представления о механизмах ответных реакций урбоценозов на видовом и ценогическом уровнях. Данные о пространственной динамике растительных сообществ

могут послужить основой для оптимизации существующих придорожных территорий и проектирования экологически сбалансированных сообществ вдоль автодорог.

Цель и задачи исследования

Цель работы – охарактеризовать состав и структуру травянистых сообществ придорожных городских территорий, выявить влияние природных и антропогенных факторов на их показатели.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- 1) оценить основные эдафические факторы придорожных территорий и их пространственную динамику;
- 2) установить таксономическую и экологическую структуру флоры травянистых растений изученных территорий;
- 3) определить доминирующие виды и по их составу выделить основные растительные сообщества;
- 4) охарактеризовать основные структурные показатели травянистых сообществ (видовое богатство, видовое разнообразие, выравненность и характер доминирования,) и их пространственное распределение;
- 5) на основе комплекса эдафических и ценологических характеристик провести экологическое зонирование территорий вдоль городских магистралей.

Научная новизна и практическая значимость работы

Выявлены основные количественные характеристики формирования физико-химических свойств придорожных почв и уровень их биологической активности. Изучен флористический состав, выделены доминирующие виды и растительные сообщества вдоль магистралей Нижнего Новгорода. Впервые проведено зонирование придорожных экосистем на основании количественных соотношений структурных особенностей травянистых сообществ и их связей с факторами среды.

Проведенные исследования дают возможность понять особенности структуры и пространственной динамики травянистого покрова вдоль автодорог и оценить пути использования устойчивых видов для создания сбалансированных растительных сообществ на подобных городских объектах. Полученные результаты могут найти применение в практической деятельности природоохранных, градостроительных и проектных организаций крупных промышленных городов при решении вопросов оптимизации городской среды, озеленения городских территорий, а также для мониторинга их состояния.

Материалы работы входят в лекционные курсы «Почвоведение», «Экология растений», а также используются при выполнении школьных, выпускных квалификационных и магистерских работ в ННГАСУ; при изучении дисциплин «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», «Мониторинг и методы контроля состояния окружающей среды» в ННГСХА.

На защиту выносятся следующие положения:

1) специфика эдафических условий формирования придорожных растительных сообществ обусловлена зональными особенностями городской территории, при этом четко выраженная пространственная динамика почвенных показателей является следствием антропогенного воздействия;

2) формирование бедного флористического состава придорожных территорий сопровождается преобладанием представителей семейства *Poaceae*, наличием просто устроенных травянистых сообществ с небольшим числом доминирующих видов, при этом зональная неоднородность изученных территорий больше влияет на видовой состав травостоя, чем на его структуру;

3) на основании количественных соотношений эдафических, флористических и ценологических показателей вдоль городских

автомагистралей выделено 3 зоны, что определяется факторами среды и объективизирует отклик растительности на эту динамику.

Апробация работы и публикации

Основные результаты работы доложены на Международном научно-промышленном форуме «Великие реки – 2005, 2007» (Нижний Новгород, 2005; 2007); на Международной заочной научно-практической конференции «Наука и устойчивое развитие общества. Наследие В.И. Вернадского» (Тамбов, 2006); на научной конференции «Естествознание и гуманизм. Современный мир, природа и человек» (Томск, 2006); на научной конференции «Архитектура. Экология» (Нижний Новгород, 2008); на международной научно-практической конференции «Теория и практика средового дизайна» (Пенза, 2007); на Нижегородской сессии молодых ученых (Нижний Новгород, 2008); на Международной научной студенческой конференции «Научному прогрессу – творчество молодых» (Йошкар-Ола, 2008). По теме диссертации опубликовано 10 работ, в т. ч. 3 статьи в рецензируемых научных журналах, из списка определенных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 167 страницах и состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов и рекомендаций, списка литературы и 1 приложения. В работе приведено 29 рисунков и 22 таблицы. Список использованной литературы содержит 265 источников, в том числе 29 на иностранных языках.

Личный вклад автора

Личный вклад автора заключается в отборе 156 почвенных образцов с 20 участков в пределах трансект и в парках, подготовке почвенных проб для лабораторного анализа и изучения биологической активности почв. Автор принимал непосредственное участие в проведении геоботанических описаний на более чем 3000 учетных площадках на 45 трансектах вдоль автомагистралей, а также в разработке классификации изученного

растительного покрова. Аналитическая, математическая и статистическая обработка основного объема материала диссертации проводилась автором.

Благодарности

Автор выражает благодарность кафедре агрохимии и агроэкологии НГСХА во главе с д.с.-х.н., профессором Титовой В.И. за консультационную помощь в обсуждении работы; кафедре ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства ННГАСУ и лично к.арх., доценту Ворониной О.Н. и к.б.н., доценту Лавровой О.П. за всестороннюю поддержку на всех этапах работы; с.-х.н., профессору ННГПУ имени Козьмы Минина Уромовой И.П. за помощь в подготовке публикаций. Автор признателен д.б.н., профессору, заведующему кафедрой экологии ННГУ им. Н.И. Лобачевского Гелашвили Д.Б. за рассмотрение работы и ценные советы; д.б.н., доценту Якимову В.Н. за неоценимую помощь в статистической обработке результатов; сотрудникам кафедры ботаники и зоологии ННГУ им. Н.И. Лобачевского и лично к.б.н., доценту Воротникову В.П. и к.б.н., доценту Чкалову А.В. за ценные замечания и рекомендации в обобщении материала; с.н.с. Ботанического сада ННГУ Мининзону И.Л. за помощь в определении травянистых растений и ценные советы. Автор благодарен студентам кафедры почвоведения и природообустройства НГСХА и лично ст.пр. Горшуновой А.П. за помощь в полевых работах и определении физико-химических показателей городских почв; сотрудникам лаборатории кафедры геоэкологии и инженерной геологии ННГАСУ за предоставление лабораторного оборудования. Автор выражает благодарность научному руководителю, д.б.н., профессору, заведующему кафедрой ботаники и зоологии ННГУ им. Н.И. Лобачевского Охапкину А.Г. за ценные рекомендации и практические советы в ходе написания работы, результатов и выводов. Автор благодарен родным и близким за всестороннюю помощь, поддержку и понимание.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Городские условия как специфический комплекс абиотических и антропогенных факторов

Одной из важнейших проблем современной экологии является оценка последствий урбанизации как глобального воздействия человека на природу, а также исследование динамики природных и антропогенных факторов в пределах городских территорий и их воздействие на биотические сообщества, образовавшиеся в городской среде. В течение XIX в. темпы роста площадей городских территорий неизменно возрастали. В ходе исторического развития городов наблюдались различные процессы, приводящие к усилению позиций города или утрате его значения, о чем свидетельствуют так называемые «мертвые города». В целом в настоящее время наблюдается тенденция разрастания, укрупнения городов. Разрастание их происходит за счет роста системы транспортных связей и присоединения пригородных территорий (Сахапов, 1990; Письмаркина и др., 2006). Развитию более крупных городов способствует прогресс транспорта, оставляя за мелкими роль местных центров; часто города срастаются, образуя агломерации или конурбации (Великобритания), или возможно появление мегалополисов (урбанизированная полоса от Бостона до Вашингтона в США) (Горохов, 2005). В результате современные города занимают примерно 5% суши, а городское население составляет около 60-70% всех жителей Земли (Григорьевская, 2000; Агафонов и др., 2003).

Процесс урбанизации в России имеет региональные особенности. Наиболее урбанизированными являются, как правило, старые промышленные экономические районы Европейской части России: Центральный, Северо-Кавказский, Поволжский, Урал. Для урбанизации характерна концентрация населения в больших и сверх больших городах (с населением свыше 100 тыс. человек). В составе Волго-Вятского района

насчитывается 65 городов, из них 3 больших, 4 крупных и 1 город-миллионер – Нижний Новгород. Доля городов к численности населения в общей доле всех районов России для города-миллионера равна 3,1% (4,1% для больших городов, 6,2% – для крупных), а доля горожан для г. Нижнего Новгорода – 27,5% (10,0%, 30,7% соответственно). Поэтому г. Нижний Новгород считается менее урбанизированным в Волго-Вятском районе по сравнению с крупными городами (с населением 250-500 тыс. человек).

Большое влияние на структуру города оказывают природные факторы (рельеф, водные объекты, массивы насаждений), в зависимости от которых схема города может быть: компактной (единый массив), расчлененной (наличие реки) и рассредоточенной (с разновеликими территориями) (Нормы..., 1999; Горохов, 2005). Природные факторы, или ландшафтные экотоны, определяют расположение многих городов на контакте речных долин и междуречий, суши и моря, равнин и гор (Агафонов и др., 2003).

По мере развития крупного города как крупной полифункциональной геоэкосистемы в его структуре выделяются некоторые функциональные зоны: селитебная (территория жилых районов, улиц, площадей), промышленная (территория промышленных объектов), коммунально-складская (для размещения баз, складов и депо), зона внешнего транспорта (аэропорты, железнодорожные станции, пристани) и санитарно-защитная (территории зеленых насаждений) зона (Киселев, 2002; Горохов, 2005). Все перечисленные зоны образуют застроенную территорию города, вне которой располагается лесопарковая, или ландшафтно-рекреационная, приспособленная для массового отдыха, спорта и развлечения. Возможны ее участки и внутри городов – это городские парки, скверы, бульвары, образованные на месте растительных массивов, которые в отличие от естественных сообществ не являются саморегулирующимися системами (Экология города..., 2000; Гнатюк, Антипина, 2001).

Функциональное зонирование городов основывается на разграничении средообразующих (застроенные территории) и экологически опасных зон (промышленность, транспорт). Средообразующие объекты являются главными центрами тяготения, между ними складываются массовые потоки населения, определяющие конфигурацию сети магистральных улиц, ширина которых зависит от интенсивности движения транспорта и пешеходов, санитарно-гигиенических требований и требований гражданской обороны (ширина магистральных дорог – 50-75 м, магистральных улиц – 40-80 м, улиц местного значения – 15-25 м) (Киселев, 2002). Площадь селитебной территории, согласно СНиП 2.07.01-89*, рассчитывается в расчете на 1 тыс. человек. Важнейшими являются показатели озеленения городов: в % от общей площади города, в м² на 1 жителя. Современные нормы озеленения городов составляют 40-50% от общей площади (табл. 1.1.1), площадь озелененных территорий на 1 человека 16 м² для крупных городов, 13 – для средних, 8 – для малых.

Таблица 1.1.1

**Соотношение площадей города
и озелененных территорий (по: Горохов, 2005)**

Города	Площадь города, км²	Площадь озелененных территорий, км²	% от площади города
Москва	2511	627,75	25
Токио	2188	648	29,51
Баку	2130	960	45,07
Будапешт	1673	334,6	20
Лондон	1572	460	29,26
Санкт-Петербург	1439	260	18,06
Нью-Йорк	1214	722	59,5
Берлин	891,8	267,54	30
Екатеринбург	491	220	44,8
Киев	839	532	63,4
Вена	415	205	49,39
Тбилиси	350	92,4	26,4
Париж	105,4	84,27	79,9
Нижний Новгород	466,5	150,2	32,2

По данным администрации города, в Нижнем Новгороде рекреационная зона занимает достаточно большую площадь города (32,2%), представлена памятниками природы, расположенными, преимущественно, на периферии города (Стригинский бор, Малышевские гривы, Щелковский хутор и др.), парками, бульварами, скверами; нормы озеленения на 1 человека составляют 16 м². Согласно показателям Генерального плана Нижнего Новгорода, до 2030 г., доля рекреационной зоны необходимо увеличить до 38,2% от площади города за счет освоения пустырей, реорганизации промышленных зон (Генеральный план..., 2008).

Таким образом, в архитектурно-пространственной структуре существующих городов сочетаются четыре основные зоны: техногенных экотопов, жилой застройки, искусственных фитоценозов (озеленение, сельскохозяйственные поля), естественной растительности. Среди возможных экотопов, таких как внутригородские зеленые насаждения общего пользования (парки, скверы, бульвары), ограниченного пользования (жилые территории, территории учреждений), специального назначения (санитарно-защитные и охранные зоны), особое место занимают техногенные экотопы (промтерритории, полосы отвода автомобильных и железных дорог), не имеющие природных аналогов (Бурда, 1990).

Для стремительных процессов урбанизации характерно значительное влияние городов на прилегающие территории, которые превышают территорию самих городов (Гелашвили, Копосов, Лаптев, 2008). Проблемы планировки городов, систем расселения в связи с развитием общества рассматривались и в книгах философов-утопистов. Высказывались мысли о наилучшем размещении городов, их оптимальных размерах, значении общественного обслуживания. Еще в конце XIX в. Э. Говард (1898) выдвинул идею создания города-сада, где город представлялся в виде концентрических кругов. В центре города – сад, вокруг него располагаются общественные сооружения, окруженные центральным парком. Все дома

города окружены зелеными массивами и садами. На современном этапе эта идея получила свое развитие (например, Тапиола – город-сад в Финляндии) (Горохов, 2005). Однако, в существующих, особенно, исторических городах основным направлением является увеличение нормы озеленения с 16 до 30-32 м² на 1 человека (Генеральный план..., 2014).

В ходе изучения основных характеристик города надо учитывать, что город – это прежде всего специфическая среда. Понятие городская среда, как особая среда жизни, было предложено учеными-урбанистами И.М. Майергойзом и Г.М. Лаппо (Камерилова, 2010). В основу этого понятия положен системный подход. Городская, или урбанистическая система (урбосистема) – это неустойчивая открытая природно-антропогенная система, состоящая из архитектурно-строительных объектов и резко нарушенных естественных экосистем, тесным образом связанная с окружающей территорией (Реймерс, 1990).

Принципы экологического подхода к характеристике городов за рубежом были сформулированы еще в 1910 г., и нет практически ни одного исследования по проблемам города, которое в той или иной мере не основывалось бы на экологических представлениях (Баканина, Воронина, 1990). В дальнейшем появились попытки объединить экологическую проблематику города в обособленную науку «урбоэкологию». Начиная с 1970 г., загрязнение окружающей среды, деградация почв и растительного покрова в городах активизировали и отечественные исследования по экологии городской среды. В работах Г.С. Камериловой (1997; 2010) город – это геосистема (урбосистема), функционирование которой определяется наличием техногенных потоков вещества, энергии и информации, которые отличаются от природных по интенсивности и направлению. Город наряду с аграрными экосистемами представляет собой единую группу антропогенных, сообществ – «man-made ecosystems» (Вахненко, 2000). Город развивается не

только как место проживания людей, но и, как место сосредоточения энергетических, транспортных и иных организаций.

Первостепенное значение в городских условиях приобретают антропогенные факторы. Основными антропогенными факторами воздействия на урбанизированных территориях являются (Рысин, 2008): изменение рельефа; определенное изменение климатических условий; существенное изменение гидрологических условий; химическое и физическое загрязнение атмосферы, почвы и почвенных вод; чрезмерные рекреационные нагрузки. Взаимосвязанное действие этих факторов распространяется на все компоненты как естественных, так и искусственных экосистем в условиях города.

В процессе развития в городской среде основу составляют природно-климатические условия и особенности естественного ландшафта. Так к одним из важных природных компонентов в городе относят рельеф. Он может быть устойчивым, создавая неповторимый облик того или иного города, или менять свои свойства. Техногенная вертикальная планировка городского рельефа заключается в выравнивании речных долин, в ликвидации овражно-балочных расчленений, частичном нивелировании, в повышении уровня пойм насыпным грунтом, в искусственном террасировании (Воронина, Баканина, 1990). Формируется своеобразный техногенный архитектурный рельеф: архитектурные «коридоры» (улицы), «котловины» (внутриквартальные территории), «арены» (городские площади) (Сафронов, 2003).

Наблюдается в городе техногенная гидрологическая трансформация: откачка подземных вод для водоснабжения и их истощение, просадка морфолитогенной основы, нарушение естественного дренажа подземных вод, образование зон подтопления (Сафронов, 2003).

Существует в условиях города и специфический климат. Сильно изменен температурный режим. В результате прямого солнечного облучения

асфальтовые, бетонные и каменные городские поверхности сильно нагреваются и длительное время излучают тепло. Очень большое значение имеет теплоотдача промышленных объектов и бытового сектора. Выделяемое тепло вызывает повышение температуры воздуха. Так излучение искусственного покрытия, нагретого до 65°C составляет почти половину интенсивности солнечной радиации ($0,48 \text{ кал/см}^2$) (Горохов, 2005). Поэтому температура воздуха в больших городах на 5° выше, чем в окружающей местности, в сильные морозы на $9-10^{\circ}$ теплее, чем на его окраинах. Соответственно в последнее время над городской территорией образуется купол тепла, который принято называть «островом тепла».

В естественных условиях часть атмосферных осадков поглощается почвой и растениями, а в дальнейшем постепенно испаряется. Такой процесс в течение дня снижает нагрев воздуха за счет увеличения в нем водяных паров. Повышение влажности воздуха на 15% способствует снижению температуры на $3,5^{\circ}$. В городской среде при наличии искусственных покрытий отмечается снижение относительной влажности воздуха, что дополнительно способствует повышению температуры воздуха и формированию теплового купола над городской территорией (Ландсберг, 1983). Среднее годовое значение относительной влажности воздуха снижается на 6%, а в летний сезон – на 8%.

В условиях плотной городской застройки происходит изменение силы воздушных потоков. Наблюдается усиление слабых ветров, что сопровождается снижением скорости ветра вблизи земной поверхности, но ростом турбулентных перемещений, а значит, и резких порывов ветра, и ослабление сильных, что приводит к увеличению количества безветренных дней на 5-20% (Степановских, 2001). Среди высотной застройки могут возникать вихревые потоки и своеобразные коридоры перемещения воздушных масс, в которых создаются перепады давления (Горохов, 2005)

По мере того как появляются все новые здания, искусственные покрытия в городе резко изменяется количество выпавших осадков. Наблюдается увеличение этого показателя на 5-15% в городе, также отмечено учащение снегопадов зимой на 10% и возможности возникновения гроз на 10-15%. При этом происходит перераспределение выпавшей влаги (Камерилова, 2010). Речь идет о так называемых, запечатанных (sealed soils) или точнее погребенных почвогрунтах и почвах, расположенных под дорогами и строениями. Упоминания о запечатанных почвах встречаются у Р. Сгаул (1992). В городских условиях большая часть дождевой воды стекает в коллекторы, то есть всевозможные покрытия (асфальтовые, бетонные) формируют поверхностный сток вод, что ведет к сокращению инфильтрации (Залесская, Микулина, 1979).

Получается, что все природные компоненты в городе могут существовать автономно, но при этом полностью зависят от условий, диктуемых человеком (Сергеев, 2004). Такие изменения являются закономерными вследствие комплекса преобразований городской среды (Залесская, Микулина, 1979; Хван, 2002). Выделяют и односторонние воздействия с участием городского автотранспортного комплекса.

Развитие сети автодорог является важным этапом социально-экономического статуса любого крупного города. Автотранспортный комплекс в современных условиях является одним из основных источников загрязнения прилегающих городских территорий, относится к точечным подвижным источникам, в отличие от точечных стационарных (заводские трубы) или площадных (город с полями загрязнения воздушного и водного бассейнов) (Александров, 1995). Причем отмечено, что самые высокие концентрации загрязняющих веществ соответствуют территориям напряженных транспортных узлов (Гелашвили, Копосов, Лаптев, 2008). Если общая площадь полосы отвода автодорог занимает около 1% на примере Белоруссии, при том, что средняя ширина зоны влияния дороги составляет

400 м (по 200 м в обе стороны) загрязнение распространяется на 15,4% территории страны (Леонович, 2005). По одним данным, загрязнения от автотранспорта могут составлять до 65% от общего количества всех выбросов (Богатырев, 1990). По другим, из общего количества загрязнений 13,1% поступает в атмосферу от автотранспорта (Горохов, 2005).

Основателем направления оценки экологических ситуаций в г. Нижнем Новгороде по праву следует считать А.И. Климова (Природа..., 1974). Динамика атмосферных загрязнений, освещаемая в работах Д.В. Винокуровой (1991), на территории г. Нижнего Новгорода показывает, что до 1980 г. автотранспортные выбросы не превышали одной трети общего количества воздушных загрязнений, а к началу 1990-х гг. стали достигать уже половины. Это можно объяснить усовершенствованием промышленных фильтров и остановкой некоторых промышленных предприятий, но также и интенсивным ростом численности автотранспортных средств. При этом максимальное загрязнение прослеживается в зимнее время при сочетании таких неблагоприятных факторов, как застойные явления в атмосфере, максимальная нагрузка на энергетические установки и период покоя у зеленых насаждений (Антропогенная динамика..., 1991). В г. Нижнем Новгороде, по данным Верхне-Волжского управления гидрометеослужбы, около 41% составляют выбросы от автотранспорта (Доклад..., 2011).

Количество выбросов автотранспорта напрямую зависит от условий функционирования автотранспортного комплекса. На основании исследований В.Ф. Сидоренко (1974) показано, что при движении автомобильного потока со скоростью 60 км/ч при отсутствии санитарно-защитных полос загрязнение снижается до уровня ПДК на расстоянии более 190 м от дорожного полотна.

Большинство городских автодорог в современных условиях имеют низкую пропускную способность (Лобанов, 1980; Горохов, 2005). В центральной части России в среднем на 1 автовладельца приходится всего 0,4

м дорог (Девятков, 2002). Поэтому снизилась и средняя скорость движения автотранспорта по городу (Государственный доклад..., 1999; 2001), она составляет не более 25 км/ч (Бекряев, 1999). Минимальное количество вредных веществ при этом выделяется с выхлопными газами автомобиля, идущего со скоростью 60 км/ч; чем скорость ниже, тем большее количество загрязняющих веществ выделяется (Максимова, 2000). Поэтому максимальные концентрации примесей регистрируются на магистралях во время заторов (Бабков, 1988; Девятков, 2002). Кроме того, уровень загрязнения прилегающих территорий снижается с увеличением полос движения (Воробьев, Самаев, 2003). По исследованиям Ю.А. Ставничего и Н.А. Рябикова (1975), режим движения потоков автомобилей на одном уровне значительно увеличивает выбросы отработанных газов. Однако большинство российских городов на данный момент по-прежнему не имеют многоуровневых транспортных развязок.

Уровень загрязнения вдоль автомагистралей зависит и от срока эксплуатации дороги. Ежегодно в крупных городах проводятся работы по ремонту дорожного полотна, однако в весенний период неизбежно происходит частичное разрушение проезжей части, в результате чего водители вынуждены снижать скорость, что приводит к усиленному износу транспортных средств и повышенному загрязнению (Александров, 1995).

Интенсивное функционирование городских систем в целом и транспортных в частности сопровождается увеличением искусственного шума, опасного для человека, особенно при больших уровнях. Шум – это упругие волны, распространяющиеся в среде и создающие в ней механические колебания (Хван, 2002). В отличие от вибраций они характеризуются высокими частотами колебаний (20 Гц-20 кГц и выше) и амплитудой случайной величины. В городе шумовое загрязнение возникает в основном от транспорта, строительного оборудования и на производстве. Например, на металлургическом производстве шум достигает 75-80 дБ, от

городского транспорта – 70-90 дБ (Поспелов, Пуркин, 1985; Скрыпников, 2003). Для уменьшения зоны распространения шума применяют специальные устройства (например, глушители на автомобилях), защитные экраны и зеленые насаждения.

Одним из неблагоприятных антропогенных факторов городской среды вблизи промышленных и транспортных объектов является пылевое загрязнение. Пыль – это вид аэрозоля, дисперсная система, состоящая из мелких твердых частиц, находящихся во взвешенном состоянии в газовой среде (Сазонов, 2010). В воздухе в естественных условиях всегда содержатся частицы пыли, возникающие при выветривании горных пород, пожарах, также находятся твердые частицы космического и биологического происхождения, например, пыльца растений, споры, микроорганизмы. Наличие во вдыхаемом воздухе большого количества пылевых частиц может явиться причиной возникновения разных форм заболеваний легких.

Особенно большое количество пыли образуется от движущегося автотранспорта. Это формируется так называемая дорожная пыль. Доля транспортной составляющей в пылевых выпадениях города может достигать 11-19% (Маркова, 2001). Дорожная пыль содержит широкий спектр тяжелых металлов при истирании движущихся механизмов автомобилей. Одной из причин накопления пыли на улицах является применение зимой противогололедных средств (песко-соляная смесь), что входит в комплекс мероприятий по обеспечению бесперебойного движения на автомобильных дорогах в зимнее время. Подобные смеси состоят из отходов соляного производства и гранитного отсева, с содержанием пыли более 60% (Сафронов, 2001). В целях снижения отрицательного влияния противогололедных средств на почву и растения рекомендуется обеспечивать водоотвод путем заложения отводящих дренажей, устройство защитных зеленых насаждений, тщательная дозировка и применение лишь на особо опасных участках дорог (Максимова, 2004).

Все пылевые выбросы способствуют образованию частых и устойчивых туманов. Так возможность образования облаков над городом возрастает на 5-10%, чем в пригороде. В летний период туманы формируются на 30% чаще, зимой отмечаются постоянно (100%). Различают три ситуации: густой туман, смешанный с дымом (смог лондонского типа), возникающий в пасмурную погоду, фотохимический туман (смог лос-анджелесского типа), в образовании которого огромную роль играют выхлопные газы автотранспорта, ледяной туман (смог аляскинского типа), который содержит мелкие ледяные кристаллы, сформировавшиеся на пылевидных частицах (Скрыпников, 2003).

Из-за задымления и запыленности воздуха уменьшается прозрачность атмосферы, поэтому в городах в сравнении с естественными условиями изменен световой режим, что проявляется в сокращении светового дня на 5-15% (Ландсберг, 1983). К тому же городское освещение в ночное время, особенно вдоль крупных автодорог, нарушает естественный световой режим большинства экосистем города.

Среди загрязняющих веществ, поступающих от автотранспорта, насчитывается до 40 различных химических соединений, большинство из которых токсичны: тяжелые металлы, пестициды, нефть и нефтепродукты, фенолы, канцерогенные вещества, цианиды, радиоактивные вещества, макрохимические удобрения. В выхлопных газах любых автомобильных двигателей (бензиновых и дизельных) основными примесями являются оксид углерода (в среднем 76%), оксид азота (в среднем 16%), углеводороды (в среднем 16%), альдегиды, двуокись серы (примерно по 16%), канцерогенный бенз(а)пирен и оксид свинца, причем два последних относятся к веществам первого класса опасности (Мониторинг..., 2004).

Результаты исследований многих авторов свидетельствуют о том, что степень загрязнения территорий вдоль автодорог неодинакова в различных частях города, и наиболее значима в его центре из-за концентрации там

большого числа автомобилей (Проектирование..., 1989; Доклад..., 2008; 2011). Усовершенствование двигателей внутреннего сгорания, направленное на уменьшение вредных веществ, поступающих в окружающую среду, не всегда эффективно, так как довольно быстро перекрывается ростом числа автомобилей (Девятов, 2003).

Вместе с тем загрязнение происходит не только выхлопными газами, но и специфическими загрязнителями. К специфическим загрязнителям относят продукты износа резины и металла (до 6%), испарения бензина (около 9% от выбросов автотранспорта), продукты возгонки и термического разложения масла (примерно 20%), горюче-смазочные материалы, продукты истирания автодорог, твердые частицы (сажа), пыль, а также мусор, оставленный пользователями дороги (Оценка..., 2000). Само асфальтовое покрытие является источником выделения различных классов углеводородов, опасных для здоровья человека.

Одной из остро стоящих проблем в современных городах является проблема отходов – неиспользуемых остатков сырья, материалов, иных изделий, образующиеся в процессе производства продукции или ее потребления и утратившие свои потребительские свойства (Киселев, 2002). Отходы являются источником загрязнения атмосферного воздуха, вод, почв и растительного покрова, способствуют увеличению так называемого культурного слоя городских территорий.

Наиболее сложным компонентом городских территорий являются почвы, которые испытывают влияние всех антропогенных факторов, при этом контролируют перемещение химических элементов, в том числе загрязнителей, и оказывают воздействие, на городские экосистемы, прежде всего, на растительный покров (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Горохова, 2001). Городские почвы представляют собой динамичную систему, находятся в материальном и энергетическом взаимодействии с внешней средой и вовлечены в биологический цикл круговорота веществ.

Впервые термин «городские почвы» был введен S. Bockheim в 1974 г. (США) и дано описание городских почв, как почв, имеющих поверхностный слой (горизонт урбик-U), созданный человеком и полученный перемешиванием, насыпанием, погребением или загрязнением материалами урбаногенного происхождения (строительно-бытовой мусор). U - урбик – горизонт гумусово-аккумулятивной природы мощностью не менее 5 см, формирующийся преимущественно из постепенно накапливающегося и перерабатываемого материала (природный минеральный материал, фрагменты природных почв, артефакты, искусственные материалы). Содержит в своем составе не менее 10% твердых антропогенных включений (строительный мусор и др.). Весьма характерным свойством является общая гетерогенность, наличие генетически не связанных зон, а также фрагментов антропогенных включений, горизонтально ориентированная структура.

Городские почвы не всегда подходят под классическое определение почвы как природного естественно-исторического тела, тем не менее, они являются биокосной системой. Первые работы по городским почвам появились в 1960-е гг. (Земляницкий, Гантимуров 1960; Зеликов, 1964), но основная волна работ приходится на 1990-е гг. (Лепневой и Обухова, 1990; Никифорова, Лазукова, 1995; Craul, 1992).

В целом отмечено, что на городских территориях и на прилегающих к автомагистралям особенно, происходит разрушение естественных почв под возрастающим воздействием антропогенных факторов почвы преобразовываются и трансформируются (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1980; Горохова, 2001; Муравьев и др., 2008). Причем на ограниченной территории подобные процессы протекают очень интенсивно (Берзиня, 1980; Баканина и др., 1981). М.Н. Строгановой, А.Д. Мягковой (1997) впервые в России создана классификация городских почв, которая позволяет оценить экологическое состояние почв, их состав и структуру на глубину проникновения корней растений (1-2 м).

Исследования почв такого крупного города, как Москва, насчитывают более тридцати лет. В 2007 г. Правительством Москвы был принят «Закон о городских почвах». Подробный анализ изменения почвенного покрова г. Нижнего Новгорода приводится во многих работах Ф.М. Баканиной (Антропогенные..., 1990; Баканина, 1994; Титова, 2004).

Показано, что верхний слой почв представляет собой смесь почвы с пылевидными частицами продуктов сгорания топлива, твердых отходов и их компонентов (Мозолевская и др., 1999), в состав поверхностного слоя городских почв входят самые разнообразные объекты с преобладанием строительного мусора (Баканина, 1990; Федорец, Медведева, 2009). Как правило, почвы характеризуются чередованием супесчаных горизонтов с песчаными и глинистыми прослойками. Для структуры городских почв характерна прерывистость и фрагментарность распространения, в отличие от естественных почв (Алексеев, 1987; Маркова, 2001). Городские почвы в результате практически не обладают свойствами естественных почв, что может привести к полной потере их ценности (Касимов и др., 1990).

Преимущественно супесчаный состав почв вдоль городских автомагистралей большинство исследователей объясняет применением песко-соляных смесей в зимний период для борьбы с гололедом (Берзиня, 1980; Александров, 1995; Лысиков, 2004). После таяния льда на дорогах образовавшаяся смесь уборочной техникой отбрасывается на прилегающие территории, где постепенно и накапливается (Горохов, 2005).

Гранулометрический состав почвы в значительной мере влияет на ее плодородие. Чаще всего количество питательных веществ в почвах увеличивается от легких по гранулометрическому составу почв к тяжелым (Зеликов, 1998). Снижает плодородие городских почв бедная микрофлора, поскольку накопление загрязняющих веществ снижает нитрифицирующую активность почв (Влияние..., 2002). Нередко городские почвы стерильны почти до метровой глубины, почти нет в почвах городов таких полезных и

непременных членов почвенного населения, как дождевые черви (Иванова, 2001). Но в литературе указывается, что профиль песчаных почв вдоль автодорог характеризуется формированием верхней прогумусированной части (Баканина, 1994). Часто исследователи констатируют увеличение содержания гумуса в 4-8 раз в поверхностных горизонтах почв в результате их загрязнения сажей и пылью, содержащими органические вещества (Лысиков, 2004).

Долгое время в специальной литературе активно обсуждалась проблема подкисления почв в результате воздействия кислых дождей, твердых аэрозолей кислой природы (Илькун, 1978). В меньшей степени обсуждался вопрос о подщелачивании почв крупных городов (Fluckiger-Keller et al., 1979). Проблема подщелачивания почв поднималась в разное время Н.Ф. Глазовским, В.Л. Рохмистровым, В.Г. Волковой, Р.С. Смирновой и В.Н. Каширским (Баканина, 1995). На щелочной характер почв г. Нижнего Новгорода впервые обратила внимание Ф.М. Баканина (1990), что она объяснила свойствами антропогенных грунтов, содержащих в своем профиле строительный мусор, отсутствием промывного типа водного режима, а также применением песко-соляных смесей. Детальные исследования почв г. Нижнего Новгорода под руководством Баканиной Ф.М. были проведены в 1991 г., на основании полученных данных составлена карта кислотности почв города (Карта..., 1991). Преимущественное расположение щелочных почв объясняется также наличием большого количества промышленных предприятий. Но причинами подщелачивания могут служить не только осаждение промышленной пыли, содержащей карбонаты кальция и магния (Пархоменко, Ермохин, 2004), но и попадание в почву с поверхностным стоком хлоридов кальция и натрия (Румянцева, 1996; Иванова, 2001). По наблюдениям Верхне-Волжского управления гидрометеослужбы (Метеорологические..., 1971; Доклад..., 2008) pH снегового раствора в городских условиях составляет от 6,2 до 8,5, что в дальнейшем способствует

подщелачиванию почв.

Поэтому почвы вдоль автодорог имеют слабощелочную или щелочную реакцию среды (Муравьев и др., 2008). Причем, загрязнение является основной причиной их подщелачивания (Баканина, 1990). При этом сдвиги кислотности почвенного раствора сильнее выражены на песчаных почвах с низкой буферностью, поэтому для насыпных почв крупных городов характерна нейтральная и слабощелочная реакция среды (рН 7,3-7,9), а в почвах краевых частей вдоль автомагистралей значения рН достигают 8-9 (Артамонов, 1977; Лепнева, Обухов, 1990).

Необходимость обращения к значению рН городских почв объясняется тем, что значением рН во многом определяется миграционная активность загрязнителей (Берзиня, 1980; Дабахов и др., 2005) и, следовательно, уменьшается их токсичность (Маданов, Фатьянов, 1972). Такие почвы делают контакты растений с ними менее опасными (Илькун, 1978; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1995). В кислых условиях усиливается подвижность многих химических элементов, которые становятся токсичными для живых организмов (Илькун, 1978; Титова 2004).

Спецификой городских почв является особый аэротермический режим, характеризующийся повышенными температурами. В летние дни асфальтовые покрытия, нагреваясь, отдают тепло не только приземному слою воздуха, но и вглубь почвы (Маркова, 2001). При температуре воздуха 26-27°C температура почвы на глубине 20 см достигает 37°C, а на глубине 40 см – 32°C, где сосредоточена корневая система растений. Таким образом, для растений создается специфичный тепловой режим, при котором температура подземных органов у них выше, чем надземных (Halverson, Heisler, 1981). Такая ситуация неизбежно складывается вдоль автомобильных трасс, имеющих обширные асфальтовые покрытия. Температура непокрытой растительностью почвы (например, в приствольных кругах) достигает значений, превышающих 50°C (Антропогенная..., 1991). Выявлено, что

годовой перепад температуры в корнеобитаемом слое городских почв достигает 40-50°C, в то время как в естественных условиях (для средних широт) не превышает 20-25°C.

Неблагоприятная черта городских почв для живых организмов – повышенная уплотненность. В качестве причин уплотнения почв вдоль автомагистралей можно рассматривать вытаптывание (выбитость) (Шитова, 2011), заезд автомобилей на прилегающие территории. По некоторым исследованиям, показатель аэрации почв, подвергшихся интенсивному уплотнению, оказывается на 17-18% ниже, чем на участке, неподверженном подобному воздействию. Для городских территорий плотность почв составляет 1,4-1,6 г/см³ (при оптимуме для растений 1,0-1,2 г/см³) (Павлова, 1998). На территории с плотностью почв, например, более 1,7 г/см³ происходит полная деградация растительного покрова. Отмечено, что для каждого типа почвы существуют определенные пределы ее выносливости к уплотнению. Так, например, подзолистые почвы в силу своих генетических особенностей малоустойчивы к антропогенным воздействиям (Переверзев, Кошелев, 2004). При уплотнении почвы в сочетании с высокой прогреваемостью возрастает испарение влаги с ее поверхности. Иссущение поверхностных горизонтов почв до критических величин происходит в летнее время особенно на участках в пределах 0,4 м от проезжей части (Halverson, Heisler, 1981). Этим определяются особые условия существования растительности, возможности и способы ее выживания, а также выполнения ею санитарно-гигиенических функций.

Подщелачивание городских почв наряду с особым аэротермическим режимом часто сопровождается искусственным засолением за счет поступления хлоридов (Сидорович и др., 1996; Смирнова, 2005). По данным Ф.А. Генина (1981), неблагоприятная обстановка с хлоридным засолением в крупных городах наблюдается с середины 1980-х гг. Содержание ионов хлора в городских почвах достигло в среднем 60-80 мг/100 г почвы при

контроле 25-30 мг/100 г почвы (Физические..., 1994; Смагин, 1999;). А экологически безопасным считается содержание ионов хлора 38-40 мг/100 г почвы (Глебова, Родионова, 1981). Если более 20 лет назад А.И. Обухов с соавторами (1990) отмечали лишь эфемерное засоление городских почв на территории г. Москвы, то в настоящее время можно считать, что засоление постоянно. Максимальные значения засоления приурочены к поверхностным слоям (15-20 см) почв.

Как известно, содержание химических элементов в естественных почвах обусловлено факторами почвообразования и компонентами климата, в связи с чем распределение элементов характеризуется увеличением их содержания от поверхности к почвообразующей породе (Фатьянов, 1940; Алексеев, 1987; Румянцева, 1996; Титова, 2004). При антропогенном загрязнении почв, наоборот, максимальное их содержание отмечается в самом поверхностном слое (Титова, 2004; Смирнова, 2005).

Изучение содержания микроэлементов в почвах г. Нижнего Новгорода, прежде всего, как элементов минерального питания растений, было начато еще в 1940 г. А.С. Фатьяновым (Фатьянов, 1949), затем продолжено И.М. Деньгуб (Деньгуб, 1970). Среди основных элементов минерального питания исследователи отмечают повышенное содержание фосфора и калия в городских почвах в сравнении с естественными почвами (от 1-5 до 200-550 г на 100 г почвы). Высокое содержание данных элементов связывают с попаданием в почву городских территорий сажи, копоти, в составе которых они могут находиться (Сафронов, 2001).

В настоящее время большое внимание в публикациях уделяется загрязнению почв тяжелыми металлами в рамках воздействия на живые организмы (Сидорович и др., 1996; Титова, 2004; Дабахов, 2005; Титова, Дабахов, 2005; Смирнова, 2005). Опасность ситуации усугубляется и тем, что кардинальных мер по выводу тяжелых металлов из почв пока не существует. Установлено, что содержание тяжелых металлов в почвах газонов вдоль

автомагистралей закономерно изменяется в зависимости от расстояния от полотна дороги. По данным А.И. Обухова (1990) наибольший уровень тяжелых металлов наблюдается на краевых участках и в срединной части придорожных территорий в верхнем 10-сантиметровом корнеобитаемом слое. Особо высокое их содержание наблюдается в почвах под насаждениями неудовлетворительного состояния. Наименьшее их содержание характерно для почв у бордюрного камня, что объясняется поступлением большого количества песка в зимнее время, в результате чего активность тяжелых металлов в почвах может снижаться.

Изучение содержания тяжелых металлов в почвах г. Нижнего Новгорода было начато в 1980 г. лабораторией Верхне-Волжского управления гидрометеослужбы в нагорной части города, с 1983 г. – в заречной части. В ежегодном отчете до 1990 г. сообщается, что суммарный показатель загрязнения почв составляет 16 единиц, что свидетельствует об относительно благополучном состоянии почв города. По исследованиям 1991-1992 гг. коэффициент был выше 128 единиц, что значительно превышает критический уровень загрязнения почв.

В условиях интенсивной антропогенной нагрузки важнейшей задачей исследования городских почв является определение их физических и химических свойств, что и было рассмотрено выше. Также важны методы определения показателей биологической активности городских почв. Биологическая активность почв характеризует направленность процессов превращения веществ и энергии в природных экосистемах (Ганжара, 2002). В специфических городских условиях снижается численность аэробных бактерий, подавляется деятельность дождевых червей, но возрастает численность денитрификаторов, анаэробных бактерий маслянокислого брожения и прочих бактерий.

Немаловажным показателем биологической активности почвы служит ее целлюлозоразлагающая способность. Целлюлозоразрушающие

микроорганизмы участвуют в гумификации органического вещества в почвах и осуществляют минерализацию клетчатки растительных остатков (Наплекова, 1974; Галиулин и др., 1996; Сафонов и др., 2002; Влияние осадков..., 2002). Для разных типов и подтипов почв характерны различные сообщества целлюлозоразлагающих микроорганизмов. К примеру подтипы серых лесных почв наиболее богаты целлюлозоразрушающими микроорганизмами по сравнению с подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами (Мишустин, 1972).

Показатели биологической активности находятся во взаимосвязи с химическими и физико-химическими свойствами почв: содержанием органического вещества, гранулометрическим составом, кислотностью (рН) (Галстян, 1977; Ганжара, 2002). На деятельность микроорганизмов большое влияние оказывает гранулометрический состав почв. Исследователями установлено, что почвы тяжелого гранулометрического состава обладают более высокой биологической активностью, что определяется, прежде всего, концентрацией основной части гумуса в мелкопылевых и илистых частицах твердой фазы почвы. Чем тяжелее гранулометрический состав почвы, тем больше адсорбируется в ней микроорганизмов и выделяемых ими и растениями ферментов (Hoffman, 1959; Великанов, Звягинцев, 1970; Галстян, 1977; Ганжара, 2002).

Значительный интерес представляет влияние различных значений реакции среды (рН) на микроорганизмы и биологическую активность почв. Проведенные Т.В. Аристовской (1965) исследования по микрофлоре подзолистых почв Ленинградской и Вологодской областей, показали, что с понижением кислотности почвенного раствора общая биологическая активность почв возрастает. Н.Н. Наплекова (1974), А.Ш. Галстян (1977), О.Д. Шарафутдинова (1999) также отмечали аналогичные закономерности изменения биологической активности подзолистых почв в зависимости от их кислотности. Микробиологами установлено, что повышение концентрации

водородных ионов в целом в почвах снижает активность микроорганизмов (Пейве, 1961). Также было отмечено, что показатели биологической активности почв считаются наиболее чувствительными к антропогенному воздействию (Шарафутдинова, 1999).

Важно отметить, что показатели биологической активности почвы необходимы для характеристики ее как биологической системы под влиянием абиотических и антропогенных воздействий. Кроме того, для совершенствования методов диагностики и мониторинга городских почв, испытывающих интенсивную антропогенную нагрузку, необходимо их дальнейшее изучение.

Таким образом, среди разнообразия биотопов, сформировавших в пределах урбанизированных территорий мозаичным сочетанием природных и антропогенных факторов территории, непосредственно прилегающие к автомагистралям, являются одними из самых своеобразных, условия формирования растительного покрова которых можно классифицировать как стрессовые.

К основным негативным факторам формирования растительности в пределах городских автомагистралей относятся: 1) рост загрязнения воздушной и почвенной среды (оксид углерода, оксид азота, углеводороды, бенз(а)пирен, альдегиды, двуокись серы, тяжелые металлы, пыль); 2) снижение прозрачности атмосферы, нарушение газообмена, частое образование туманов (смогов) и сокращение светлого периода суток; 3) формирование особого микроклимата (увеличение температуры воздуха, снижение силы воздушных потоков, увеличение количества осадков); 4) трансформация почв (супесчаный гранулометрический состав, подщелачивание, появление верхнего прогумусированного слоя, низкая аэрация, увеличение сухости, плотности и засоления). Среди ведущих

факторов формирования растительности выделяют особые условия ее произрастания, к которым относятся придорожные почвы.

В связи с этим актуально изучение закономерностей формирования состава и структуры растительного покрова в условиях предельно критичных для растительных сообществ, что позволяет углубить представления о механизмах ответных реакций урбоценозов на видовом и ценотическом уровнях.

1.2. Формирование растительного покрова в специфических условиях города

Формирование растительного покрова определяется совокупностью экологических факторов абиотического, биотического и антропогенного характера. Городская среда – это относительно новая и специфическая по всем параметрам среда обитания для всех растительных организмов.

Все антропогенные изменения растительного покрова, согласно принятой классификации форм динамики растительности В.Д. Александровой (1964) и Б.М. Миркина (1998), делятся на три типа:

- эволюция – формирование новых, ранее не существовавших растительных сообществ (культурных фитоценозов);
- сукцессия – постепенное изменение растительности под влиянием антропогенных факторов или становление антропогенной растительности;
- нарушение – скачкообразное изменение растительности вследствие разрушения сообществ под влиянием антропогенного фактора или полное уничтожение растительного покрова.

Эволюция растительности протекает таким образом, что каждый вид в соответствии со своими генетическими особенностями и собственной стратегией включается в сообщество и выпадает из него строго индивидуально. Сукцессия растительности может иметь прогрессивный или

регрессивный характер (Миркин, 1984; Соколова, 2006). Регрессивная сукцессия протекает с обеднением флористического состава под влиянием интенсивной антропогенной нагрузки. При ослаблении нагрузки начинается прогрессивная сукцессия, то есть обогащение видового состава сообществ (Раменский, 1956; Ильминских, Шмидт, 1994; Письмаркина, 2006). В последнее время усиливается интерес к исследованию процессов становления антропогенной растительности (Абрамова, Миркин, 2000). Нарушение растительности происходит в местах резкого или наибольшего антропогенного воздействия (строительство дорог, зданий, сооружений) (Работнов, 1974; Ильминских, 1982; Нигметова, 2007).

Растительный покров городов является особой системой, поскольку состоит из коренных сообществ, отражающих зональный облик природных ландшафтов, и производных сообществ в результате антропогенного преобразования (Владимиров и др., 1985; Город-экосистема..., 1995; Камерилова, 2010). Коренные системы – сбалансированные, максимально соответствуют эколого-географической среде, но не могут противостоять разрушительному антропогенному натиску, их сохранение возможно лишь на охраняемых природных территориях, которые могут служить основой экологического каркаса города.

Производные растительные сообщества складываются в результате преобразования коренных или путем создания искусственных зеленых насаждений. Так как у организмов существуют определенные границы выносливости, или толерантности, по различным экологическим факторам среды, то в городской среде распространены организмы, имеющие широкие границы толерантности (эврибионты) (Горышина, 1991; Агафонова, 2010). Общая тенденция в изменении коренного растительного покрова городов, как правило, состоит в постепенной замене существующих растений видами, которые обладают антропотолерантностью, а в отдельных случаях антропофильностью (Митянин, 2008).

Своеобразной чертой городской среды является присутствие синантропных видов, обитающих в окружении человека и приспособленных к жизни в условиях непрерывного стресса. Процесс адаптации растительного мира к условиям среды, созданным или видоизмененным в результате воздействия антропогенных факторов, по П.Л. Горчаковскому (1984), обозначается термином «синантропизация». В связи с этим актуальным становится изучение закономерностей процессов становления антропогенной растительности, то есть формирования синантропных флор. Отечественная литература располагает достаточно обширными сведениями об антропогенной трансформации растительного покрова (Горчаковский, Туганаев, 1987; Сахапов, Миркин, Ишбирдина, 1990; Бурда, 1991; Березуцкий, Кашин, 2008).

Формы проявления синантропизации разнообразны: внедрение в состав растительных сообществ сорных видов растений, уменьшение разнообразия, обеднение состава, упрощение структуры, снижение продуктивности. Отмечено, что в процессе синантропизации одновременно идет обогащение и обеднение флоры. Обогащение происходит за счет распространения интродуцентов, рудеральных, адвентивных, культивируемых растений, а обеднение – за счет исчезновения природных элементов флоры. Основные причины обеднения флоры, по мнению П.Л. Горчаковского (1982), могут быть сведены к исчезновению отдельных видов или преобразованию их местообитаний (загрязнению). Ряд исследователей (Горчаковский и др., 1999; Горышина, 1991; Морозова и др., 2003) отмечают, что загрязнение в настоящее время является ключевым фактором. Оценка уровня синантропизации позволяет проанализировать степень нарушенности растительного покрова под влиянием антропогенных факторов и на этой основе разработать систему рационального использования или охраны растительных сообществ. Так, в г. Москве с 1996 г. проводится ежегодное наблюдение за состоянием зеленых насаждений коллективом специалистов

ОАО «Прима-М» и Московского Государственного Университета Леса (Пупырев, 1999; Якубов, 2008) более чем на 200 площадках.

Среди синантропных видов следует различать виды местной флоры (апофиты) и пришлые, адвентивные, растения (антропофиты) (Горчаковский и др., 1999). Синантропизация растительного покрова – это часть общих изменений, происходящих в результате антропогенной деятельности и приводящих к замещению эндемичных компонентов космополитными (космополитизация), авхтохтонных (местных) – аллохтонными (адвентивными) (аллохтонизация), стенотопных – эвритопными (эвритопизация). В конечном счете, происходит постоянная замена первичных экосистем, обусловленных взаимодействием эндо- и экзогенных факторов, вторичными, обусловленными главным образом экзогенными факторами (Горчаковский, 1984). Антропогенное воздействие на флору приводит к тому, что адвентивные виды повсюду приходят на смену аборигенным, а сообщества синантропных растений сменяют естественные (Скрыпников, 2003).

Важнейшая составная часть синантропной флоры – сорная (рудеральная и сегетальная), отличающаяся от коренной по уровню видового богатства, составу видов и биоморфологической структуре.

В биологическом смысле сорные растения – это такие виды растений, перешедшие из зональных и поясных типов дикорастущей растительности (степей, лугов, лесов) в более благоприятные в конкурентном отношении агроэкотопы. Крупный исследователь сорняков СССР А.И. Мальцев (1932) отмечал, что сорно-полевыми растениями являются такие дикие и полукультурные растения, которые приспособились к пашенным условиям и произрастают повсеместно с культурными растениями. Для понимания значительного видового богатства сорной флоры и типов сорной растительности важна информация об уровнях их проявления в конкретных регионах. Как известно, флора СССР включала около 22 тыс. видов

дикорастущих растений (Флора СССР, Т.Т. I-XXX), из которых 1330 (5-6%) были квалифицированы как сорные. Сочетание флористического разнообразия и различных условий на фоне длительного периода формирования городов способствовало широкому расселению сорняков. В результате возник большой спектр сорных группировок разного возраста, которые стали очагами их постоянной экспансии в нарушенные экотопы малых и больших городов (Сорные..., 1975; Миркин, 2002).

В ходе изучения рудеральной и сегетальной растительности в городских условиях установлено, что рудеральная (от лат. «ruderis» – мусор, щебень) растительность широко распространена в городских условиях, причем ее основной видовой состав мало различается в различных регионах: *Melilotus albus*, *Capsella bursa-pastoris*, *Berteroa incana*, *Plantago major*. В работах, посвященных изучению распространения 68 видов рудеральных растений, было выявлено, что места произрастания некоторых видов удалены от источника загрязнения, некоторые, наоборот, сосредоточены вблизи, а большинство видов распределено достаточно хаотично (Черненко, 1990). Вклад в описание рудеральных сообществ был внесен и рядом работ общего содержания (Pysek, 1998; Абрамова и др., 2009; Ильминских, 2011).

Большинство рудеральных видов связано с нарушенными местообитаниями (Frenzel, 1970; Горчаковский, Абрамчук, 1990), поэтому они формируют сочетания популяций видов, устойчивых к постоянному действию внешних факторов, вызывающих частичное нарушение, например, вытаптывание (Миркин, Соломещ, 1989; Литвенкова, 2005). На городских территориях рудеральные сообщества играют зачастую положительную роль, так как развиваются на местообитаниях, полностью лишенных растительности. Они принимают на себя противозерозионную функцию и становятся начальными звеньями восстановительных сукцессий. Рудеральные сообщества часто весьма продуктивны (Миркин, 1988). В составе рудеральных сообществ много лекарственных растений и медоносов

(например, *Artemisia vulgaris*, *Bidens tripartita*, *Leonurus quinquelobatus*, *Plantago major* и др.).

Рудеральные сообщества гетерогенны и могут быть подразделены на две группы. В первом случае специфические свойства рудеральных видов ослабевают, и данные сообщества постепенно переходят в луговые, степные, лесные. А во втором – напротив, признаки естественной растительности постепенно теряются, а специфические – усиливаются. Примером растительности первого типа могут служить сообщества нарушенных местообитаний с нестабильным флористическим составом и экологической неоднородностью, второго – пастбища, тропы, формирующиеся при высоких рекреационных нагрузках и сопровождающиеся наличием сообществ с относительной стабильностью видового состава. Как отмечают Б.М. Миркин и А.И. Соломещ (1989), к признакам общего характера относится широкая экологическая амплитуда рудеральных сообществ.

Сегетальное растение в отличие от рудерального – понятие агрохозяйственное, определяемое в первую очередь как неизбежный компонент возделываемых в условиях пашни культур – агрофитоценозов. Особенности биологии, экологии, пути и средства подавления сегетальных растений изучались в связи с их вредоносностью для сельскохозяйственных культур, начиная с 30-х годов XX века (Сорные..., 1962; Фисюнов, 1987; Лунева, 2003). Интерес к вопросам экспансии сегетальных сорняков на городские территории стал возникать в основном с конца 60-х годов XX века в связи с активизацией газонного строительства (Горышина, 1991).

Целевые исследования по проблеме сорной флоры и растительности городских территорий совпадают по времени с бурным развитием экологической науки последних 50 лет (Ash, 1992). Особенностью городской среды является ярко выраженная мозаичность растительного покрова, что определяет наличие многочисленных переходных зон, то есть экотонное строение городской среды (Экология города..., 2004), что сопровождается

увеличением экологического разнообразия («эффект опушки») (Камерилова, 2010). По мере разрастания городских территорий роль пограничных экотонных участков возрастает, общей тенденцией является обеднение флоры от окраин города к его центру из-за сужения спектра местообитаний и повышения роли антропогенных факторов.

Городские условия накладывают отпечаток на экологические особенности флоры. За счет специфического микроклимата городские территории становятся местообитанием видов, распространенных в естественных условиях южнее (Ильминских, 1984). Как указывает большинство исследователей, современные города России оказываются как бы смещенными на 10-20 географических градусов к югу. Подобный феномен А.К. Ибрагимов и др. (2004) назвали трансэкстразональностью. Естественная коренная растительность заменяется на типы растительности и флору, в естественном произрастании отделенные от данной местности несколькими промежуточными природными зонами. В составе представителей трансэкстразонального флористического комплекса достаточно широко представлены степные травянистые многолетники. Именно они в современных городах участвуют в формировании так называемого синантропно-рудерального эколого-флористического комплекса, способствуя определенной стабилизации растительного покрова (Проблемы..., 2004).

Во время проведения подобных исследований на территории г. Нижнего Новгорода сформировалось представление о критических уровнях в процессе антропогенной деградации экосистем (Ибрагимов и др., 1998). В большинстве публикаций не сложилось единого мнения, какую из стадий дигрессии следует считать критической. Часто указывается стадия с резкими изменениями видового состава, утратой исходного типа растительного сообщества, а также полной потерей способности к самовосстановлению. Авторы показывают, что представления о том, что устойчивость экосистем

основывается на сохранении первоначального видового состава и что исчезновение до 10-20% исходного видового состава приводит к уничтожению фитоценоза, следует считать упрощенными. В процессе дигрессивной динамики происходит появление видов, устойчивых к антропогенным изменениям. Поэтому существует мнение, что для повышения устойчивости экосистем к антропогенному воздействию необходима замена исходного видового состава на луговое разнотравье (Терентьев, Ибрагимов, 1990). Такой процесс получил название «дигрессивная метастабильзация экосистем», которая отражает вторичную стабилизацию трансформированных экосистем.

Исследования показывают, что влияние природно-климатических факторов существенно выше, в случае, если флоры формируются вдоль широкого градиента условий среды. Наиболее важными из рассмотренных природных факторов, которые оказывают влияние на формирование структур урбанофлор являются широтный фактор, связанный с температурными условиями и нормой осадков (Сенатор и др., 2013). Вместе с тем изучение структур урбанофлор различных географических территорий по жизненным формам подтверждает значимость влияния антропогенных факторов – население городов и занимаемая ими площадь (Тохтарь, Фомина, 2011). В работах некоторых авторов подробно рассматривается исследование придорожной растительности за пределами города в различных климатических зонах: с разным температурным режимом (Danin, 1991) и с разным режимом выпадения осадков (Godefroid, Tanghe, 2000). В подобных исследованиях принято называть смешанную придорожную растительность «антропогенно-азональной» (Holzapfel, Schmidt, 1990).

Отмечено, что постоянно действующее антропогенное влияние формирует антропогенный неозкотоп, сходный в различных природных зонах. Поэтому сходные типы антропогенных экосистем образуются от побережья Северного Ледовитого океана до среднеазиатской полупустыни и

состоят из немногочисленных синантропных видов растений – сорняков, которые обладают выраженным космополитизмом, вследствие чего существование коренных типов экосистем в глубоко урбанизированной городской среде становится невозможным (Терентьев, Ибрагимов, 1990). В связи с изложенным авторы предложили понятие «вульгаризация» – процесс выраженной деградации видовой и морфологической структуры растительного покрова. Следствием вульгаризации является дигрессивная метастабильзация антропогенных сообществ. Именно это обстоятельство должно стать предметом дальнейших обсуждений во время анализа процесса и последствий деградации антропогенного ландшафта, так как имеет большое значение в противовес мнению об абсолютном приоритете коренного состояния экосистем как максимально стабильного и о безусловной вредоносности сорной растительности (Проблемы..., 2004).

В связи с вышесказанным вопросы изучения городской флоры являются одними из важнейших составляющих исследований городской среды. История изучения флоры и растительности населенных пунктов, по данным П.Л. Горчаковского (1973), насчитывает более четырехсот лет. Как правило, флора и растительность городов – это традиционные объекты исследований европейских ботаников, и к настоящему времени хорошо изучена флора и растительность крупных городов Европы (Гейны, 1987; Горчаковский, Туганаев, 1987).

В России было выполнено множество работ, посвященных флоре городов (Туганаев, Пузырев, 1987; Хмелёв, Березуцкий, 1995; Ильминских, 1993; Григорьевская, 2000; Панасенко, 2002; Письмаркина и др., 2006; Копытина, 2003) и реже – структуре и динамике растительности. Начиная с 1960-х гг. XX в., возросло внимание геоботаников к изучению городских фитоценозов. В ряде исследовательских работ по геоботанике (Алехин, 1938; Марков, 1962; Шенников, 1964) подчеркивается необходимость и плодотворность применения обычных методов исследования городской

растительности. Предпринимались попытки разработки классификации подобных сообществ (Раменский, 1938; Шенников, 1951; Ниценко, 1969). В работах, посвященных изучению растительного покрова городских территорий, растительность либо вовсе не рассматривается, либо описывается на доминантной основе с выделением формаций и ассоциаций. Одной из первых работ по исследованию растительности населенных пунктов является работа по городам республики Башкортостан (Ишбирдин и др., 1993; Рябова, Ишбирдина, 1996).

В ходе изучения растительного покрова города зачастую изучается флора памятников природы, как наиболее подверженных рекреационной нагрузке (Баканина и др., 1991; Баулина, 1991; О памятниках природы..., 1996; Шевякова, 2000; Абрамова, 2004), а также садов и парков (Ниценко, 1969; Вершинина, 2005). Составлены достаточно полные сводки по редким и охраняемым растениям (Лукина, 1981; Редкие и исчезающие виды..., 1981; Красная книга РСФСР, 1988; Сенюшкина, 2014). Между тем, для полного представления о растительном покрове необходимо знание всей флоры города, изучение которой имеет и самостоятельный научный интерес, поскольку видовой состав растений и структура растительных сообществ являются индикаторами различных экологических процессов (Мининзон, 2004). Изучению подвергались преимущественно культурные луга и отчасти полевые посевы (Митянин, 2008), трансформированные гидроморфные биотопы (Соколова, 2002; Канцерова, 2012), а также полезащитные лесополосы (Кучерявый, 1981; Ибрагимов, Воротников, 1990; Шихова, 2014) и в небольшой степени искусственные леса промышленного назначения (Николаевский, 2008).

Отличительной особенностью во флоре и растительности населенных территорий является пестрота и неоднородность формирующих их биотопов, что является причиной высокого флористического богатства. Например, в работах отечественных авторов флора г. Казани насчитывает 1003 вида

(Ильминских, 1993), флора г. Воронежа – 1246 видов, флора г. Нижнего Новгорода – 1300 видов (Мининзон, 2011). В целом флора г. Нижнего Новгорода (за исключением территории Ботанического сада) насчитывает около 1300 видов растений, относящихся к отделам *Lycopodiophyta*, *Equisetophyta*, *Polypodiophyta*, *Pinophyta* и *Magnoliophyta*. При этом учитывались виды, способные размножаться без помощи человека: аборигенные, адвентивные растения и одичавшие интродуценты. В конспект флоры г. Нижнего Новгорода включены культивируемые, сорные и рудеральные растения (Мининзон, 2004; 2011).

Как правило, растительные сообщества нарушенных местообитаний в городах подразделяют на две группы: сообщества, за которыми ведется регулярный уход (газонные покрытия, стадионы и т.д.), и сообщества, за которыми уход не ведется (рудеральные) (Астахова, 2007). Среди последних выделяют несколько групп (Ильминских, 1988; Панин, Березуцкий, 2007):

- эрозионная группа растений занимает насыпи, пустыри, отличается повышенным видовым богатством (*Arctium tomentosum*, *Cirsium arvense*, *Plantago major*, *Melilotus albus*);

- придорожная группа представляет собой линейные экотопы вдоль автострад, в основном состоит из полынно-разнотравных сообществ растений (*Artemisia absinthium*, *A. scoparia*, *Cichorium intybus*, *Bassia hyssopifolia*);

- железнодорожная группа – линейные типы экотопов вдоль железнодорожных путей в основном за пределами города;

- свалочная группа растений занимает свалки, мусорные кучи, включает следующие виды: *Urtica dioica*, *Bunias orientalis*, *Hesperis sibirica*;

- переуплотненная группа растений, занимающая дворовые пространства, стадионы, детские и спортивные площадки, тропы, включает такие виды, как *Hordeum jubatum*, *Polygonum aviculare*, *Berteroa incana*, *Capsella bursa-pastoris*.

Согласно классификации Бурда Р.И. (1991) было выделено 6 типов трансформированных флор на территории города: 1. флоры территорий природно-заповедного фонда; 2. обедненные флоры естественных экотопов, способные к самовосстановлению; 3. окультуренные флоры полуестественных экотопов; 4. урбанофлоры; 5. флоры агрофитоценозов; 6. флора техногенных экотопов, не имеющих природных аналогов.

На основании исследований растительности в условиях пригорода нескольких городов Австралии были выделены три типа растительности (Beeston *et al.*, 1993): «остаточная», наиболее точно отражающая естественное состояние растительности данной области; «видоизмененная», характеризующаяся явным сокращением числа местных видов из-за вмешательства человека (появление сорных видов); «бросовая», включающая одиночные деревья и кустарники, небольшие участки травянистой растительности, которые не способны к самовосстановлению. По данной классификации к «видоизмененной растительности» отнесены узкие коридоры растительности вдоль автодорог, железнодорожных путей, лесозащитных полос.

Следует подчеркнуть, что особый интерес представляют специальные работы по флоре и растительности территорий вдоль крупных городских автомагистралей, которые не встречаются в естественных природных условиях. Зачастую охарактеризованы видовой состав вдоль некоторых автодорог или придорожная растительность конкретного региона. В отдельных работах авторы (Hansen, Jansen, 1972), изучая растительность придорожных обочин в Дании, Ali *et al.* (2004) – в разных районах Пенджаба (Пакистан), описали высокую встречаемость небольшого количества доминирующих видов. Настоящие исследования демонстрируют флористическое обследование дорожных откосов вдоль автомагистралей, сосредоточенное на определении доминирующих видов растений. В подобных работах установлено, что наибольшую встречаемость (выше 50%)

имеют не более двух видов (Ahmad, 2010). В травостое регулярно выкашиваемых дорожных откосов число видов растений увеличивается за счет невысоких видов с низкой конкурентоспособностью. Напротив, если обочины дорог не выкашиваются, начинали преобладать высокие сорные травы (Mederake, 1991; Pigott *et al.*, 2000). Растительность придорожных обочин образуют среду обитания для многих видов насекомых (Raemakers *et al.*, 2001), поэтому заслуживает подробного изучения.

В ходе изучения растительности на дорожных откосах отдельно рассматривались обочина, прилежащая к краю дорожного полотна (1-3 м в ширину) и пограничная зона, прилегающая к частной застройке (Ahmad *et al.*, 2009). Наибольшая роль в формировании травостоя принадлежала семейству *Poaceae*, в данном семействе самая высокая степень встречаемости принадлежала виду *Cynodon dactylon*, который образовывал сплошной покров в зоне обочин на территориях в пределах своего ареала (Ali *et al.*, 2004). Ранее аналогичным образом в исследовании придорожной растительности во Франции (Heindl, Ulman, 1991) описали данный вид, как наиболее адаптированный к механическому воздействию и, следовательно, образует крупные однотипные сообщества.

Перечисленные работы зарубежных авторов, как правило, были проведены при изучении растительности обочин междугородних дорог, на основании чего отмечены следующие характерные черты: мелкоконтурность, фрагментарность, нестабильность и бедность флористического состава сообществ.

Однако существует ряд работ, посвященных исследованию интродуцированных видов, используемых в озеленении городских территорий рядом с автострадой (Formann, 1995; Ahmad *et al.*, 2004).

Определение экологической так называемой «зоны дорожного эффекта» – территории вне дорожного полотна, которая подвергается воздействию – ключевая часть исследований американских авторов (Formann

et al., 1997; Formann, Deblinger, 2000), которые наблюдали изменения фауны и флоры в пределах 200 м от полотна автодороги, соединяющей несколько городов в штате Массачусетс. Было показано, что зона дорожного эффекта включает практически все экологические последствия эксплуатации автодорог, поэтому она много шире, чем дорожное покрытие и полоса отчуждения дорог (Bennett 1991; Rek, Kaule 1993; Formann *et al.*, 1997). Границы ее простираются примерно на 200 м и более в обе стороны от дорожного полотна, где наблюдаются существенные изменения тепловых, гидрологических, химических и физических загрязнителей, шумовые эффекты, пожары, вытаптывание и воздействие других факторов, определяющих существование объектов растительного и животного мира (Trombulak, Christopher, 2000). Для иллюстрации дорожного эффекта использовались методы картирования транспортных сетей, поскольку ранее исследования сосредотачивались на узкой площади дорожного полотна и прилегающей к ней полосы (Stoeckeler, 1965). Учитывается и тот факт, что дорожные сети влияют фрагментарно на используемые человеком ландшафты (Dale *et al.*, 1994; Rid *et al.*, 1996).

Показано, что зона дорожного эффекта весьма асимметрична из-за границ загрязнения и ландшафтных особенностей на противоположных сторонах дороги. В настоящее время для естественных растительных сообществ за городом дорожный эффект составляет около 120 м от шоссе. При этом корреляция между видовым богатством и автотранспортной нагрузкой дорог не установлена (Formann *et al.*, 1997).

Аналогичная работа была выполнена в Нижегородской области для определения зоны дорожного эффекта для основных представителей животного мира (Оценка..., 2012). Было отмечено, что автомобильные дороги являются специфическими каналами распространения организмов (Фетисов, 1990; Борисова, 1996; Пузырев, 2006). С другой стороны – служит непреодолимым препятствием для целого ряда живых организмов.

Преобразование физических условий на территориях, смежных с дорогами, устраняет области непрерывности среды обитания. Есть данные (Wace, 1977; Mader *et al.*, 1983), указывающие на большой потенциал обочин автодорог в поддержании разнообразия животных организмов.

Подробно изучено, что эффект дороги как фактор трансформации видового разнообразия растительных сообществ начинает проявляться с первых лет после их строительства, в результате которого уничтожается гумусовый горизонт придорожных полос. Такие ситуации распространены почти повсеместно возле дорог регионального значения (Канцерова, 2012). При этом транспортные магистрали являются наиболее важным путем расселения видов, в результате чего способствуют образованию своеобразного комплекса видов растений, противоречивого по своему составу. В различных эколого-географических условиях обочины автодорог испытывают сильное эдафотопическое, топографическое и антропогенное воздействие (Лабутин, Силаева, Пузырькина, 2010).

В работах Н.А. Бышевской (2011, 2014) придорожные территории рассмотрены как сложные техногеосистемы на примере автодорог Смоленской области. Отмечено, что на обследованных придорожных участках трассы Москва-Минск (Смоленский район) наблюдается уменьшение количества видов растений более чем в два раза и сокращение численности каждого вида в 4-5 раз по мере приближения к полотну дороги. Данные свидетельствуют о том, что флора обочин, как правило, представлена небольшим видовым составом (Лабутин, Силаева, Пузырькина, 2010). Это объясняется особенностями придорожных экотопов в результате задернованности полос отчуждения (Борисова, 2008).

Наиболее часто встречаются в придорожных геосистемах виды из семейств *Asteraceae*, *Rosaceae*, *Polygonaceae*, *Poaceae*. Постоянные доминанты в придорожных полосах отсутствуют, но в одних и тех же типах урочищ у давно эксплуатируемых дорог на открытых участках сохраняется

относительная стабильность видового состава, но отсутствует видимая связь этого показателя с транспортной нагрузкой (Бышевская, 2014).

На примере классификации гидроморфных растительных сообществ трансформированных придорожных участков Среднетаежной Карелии (Канцорова, 2012) было показано, что трансформированные участки представлены группами биотопов с динамическим рядом сообществ, каждому из которых свойственен особый гидрологический режим.

Изучение флоры техногенных субстратов вдоль железных и шоссейных дорог Среднего Урала, проведенное А.С. Третьяковой, В.А. Мухиным (2001), показало, что синантропная флора этого региона отличается низким таксономическим разнообразием и высоким содержанием монотипных родов. В ходе анализа геоботанических описаний, выполненных в шести районах Предуралья Республики Башкортостан, было показано, что луговые сообщества более устойчивы к проникновению синантропных видов, чем лесные (Абрамова, 2004).

На примере изучения флоры транспортных путей Ярославской области (Борисова, 2002) отмечается, что высокий уровень антропогенной трансформации и обеднение флоры проявляется в высоком суммарном проценте 10 первых семейств во флористическом спектре. Также отводится большая роль семействам *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae*, *Polygonaceae*.

Исследования на территории Удмуртии, проведенные В.В. Туганаевым и А.Н. Пузыревым (1988), а позднее В.А. Мартыненко (1994), были направлены на изучение синантропной флоры равнинной части подзоны средней тайги республики Коми. Учитывался видовой состав на территориях промышленных предприятий, буровых площадок, вдоль железных и шоссейных дорог, на отдельных трассах нефте- и газопроводов. Отмечено, что главная роль при зарастании нарушенных участков принадлежит местным видам, а особенно тем, которые имеют широкую экологическую амплитуду и высокую семенную продуктивность.

Антропогенные изменения растительности Волгоградской области показали развитие процессов ксерофитизации луговой растительности, что сопровождалось исчезновением редких видов (Хмелев, Березуцкий, 2001).

Городские территории, по исследованиям Б.М. Миркина и др. (2002) формируют антропогенноизмененные синантропные растительные сообщества. Необходимо отметить, что так называемым ответом растений на антропогенное воздействие служит преобладание видов с определенными свойствами. Как указывают Р.И. Ханбеков и Л.Ш. Дарховский (1990), растительный покров городских территорий испытывает на себе двойное воздействие: рекреация (вытаптывание) и загрязнение. Как правило, вдоль автомагистралей формируются параллельные дороги, где происходит стихийное передвижение пешеходов (Динамика..., 1991). Выделяют виды, увеличивающие свое распространение в составе травостоя в условиях нагрузок: *Poligonum aviculare* и *Potentilla anserine* (Мониторинг..., 2004; Санаева, 2012).

В условиях интенсивного вытаптывания преимущество получают виды, устойчивые к механическому воздействию и способные расти на уплотненных почвах. У некоторых растений имеется особенное строение наземных побегов, позволяющих выдерживать вытаптывание, что обусловлено упругостью стебля благодаря наличию хорошо развитых сосудисто-волокнистых пучков. Воздействие проявляется в прижимании наземных побегов к почве, что также способствует отодвиганию их от материнских растений и укоренению, способствуя их вегетативному размножению (Яргина, 1991). Так, вытаптывание ослабляет межвидовую конкуренцию в растительном сообществе, в связи с чем большее развитие получают растения, способные к вегетативному размножению. Однако на сухих маломощных почвах при отсутствии фактора вытаптывания доминируют растения со стержневой корневой системой (Маркова, 2001).

Загрязнение растительности зачастую повторяет пространственную структуру загрязнения почв, но превосходит последнюю по интенсивности. Авторами отмечается, что при увеличении степени загрязнения городских территорий на фоне упрощения структуры травостоя наблюдается обеднение экоморфного состава, (Le Viol et al., 2008) и снижение проективного покрытия (Золотухин, 1990; Лобачева, 2007; Лымарь, 2007; Жуйкова, 2009) по сравнению с природными контрольными участками.

Общими признаками повреждения растений, в том числе выхлопными газами автотранспорта, являются некрозы и хлорозы листьев, а также отмирание побегов (Николаевский, 1989; Максимова, 2004). Под влиянием загрязнений происходит редукция генеративных органов растений, угнетение роста корней, уменьшение ассимилирующей поверхности, ускорение процессов старения и уменьшение продолжительности жизни растений. Развитие могут получать растения с активной вегетацией ранней весной.

У многих видов травянистых растений вблизи автомобильных дорог Смоленской области снижено содержание протеина, наблюдалось уменьшение площади листа и общего количества листьев на побегах по сравнению с контрольными значениями (Бышевская, 2014).

В городских условиях становится актуальным понятие газоустойчивости растений. Степень газоустойчивости видов растений является стабильным наследственным признаком. Газоустойчивость большинство исследователей понимают, как способность растений под действием газов сохранять жизнедеятельность (Алексеев, 1987).

Исследователями было установлено, что растения сильнее повреждаются днем при повышенной солнечной радиации и влажности воздуха (Николаевский, 1978), причем сильнее повреждаются вегетативные органы растений и слабее – генеративные. Температура и влажность воздуха влияют на скорость поглощения повреждающих газов. Газоустойчивость у растений различна, например, очень чувствительными являются рода из

семейства *Fabaceae* (*Medicago*, *Trifolium*, *Vicia*) (Лосева, Петров-Спиридонов, 1988). Двулетние и многолетние злаки более устойчивы к газам, чем однолетние. В целом виды с длительными сроками вегетации и медленным развитием, поздним и непродолжительным цветением более устойчивы к газам, чем с коротким периодом вегетации, быстрым развитием, ранним или средним по длительности периодом цветения. А светолюбивые и умеренно светолюбивые виды более устойчивы к газам, чем теневыносливые. Растения с повышенной газоустойчивостью обладают повышенной пластичностью и выносливостью к другим экстремальным воздействиям.

При изучении действия вредных газов на растения выделяют и газочувствительность – это скорость и степень проявления у растений патологических изменений при действии газов (Берзиня, 1980; Лосева, Петров-Спиридонов, 1988).

Как было отмечено ранее, влияние противогололедных средств на придорожную растительность проявляется в засолении почв. Наиболее подвержены влиянию засоления придорожные зоны шириной до 10 м вдоль основных автотрасс города и на глубину почти 30 см (Дабахов, 2005). Такие почвы аналогичны солончакам, в профиле которых, начиная с верхнего горизонта, содержится большое количество водорастворимых солей, подавляющих рост большинства растений (Артамонов, 1977).

Для городских насаждений актуальным становится их солеустойчивость – это способность растений проходить полный цикл развития на засоленных почвах с высоким содержанием хлоридов и карбонатов натрия. Однако понятие «солеустойчивость» характерно для растений определенных местообитаний (засоленные почвы степей, пустынь). Для растений в городских условиях этот термин неприемлем, поскольку солеустойчивость обусловлена генетически и может увеличиваться в ходе адаптации растений к высокому содержанию солей.

На городских почвах, подверженных засолению, основной причиной

повреждения растений является токсичность солей, а не высокое осмотическое давление, как считалось ранее (Строгопов, 1967; Дабахов, 2005). Было отмечено, что особо токсическое действие на многие физиолого-биохимические процессы оказывают ионы натрия и хлора. Наиболее восприимчивы к избытку солей в почвах растения на стадии проростков (Удовенко, 1977). Ответная реакция взрослых растений выражается в появлении некроза краев листьев, а в дальнейшем и их отмирании (сначала нижних, а затем и средних). Особую опасность для растений представляет попадание на них растворов солей в период образования генеративных органов. Выделяют группу соленепроницаемых растений (*Artemisia* и виды семейства *Chenopodiaceae*), цитоплазма клеток которых плохо проницаема для солей, а наличие большого количества углеводов предотвращает избыточное накопление солей.

Высокая щелочность почвы, как правило, вызывает отмирание корней деревьев и большинства травянистых растений. Выживают лишь растения с глубокой корневой системой (Пупырев, 1999). Исследованиями установлено, что для нормального развития растений необходима оптимальная реакция среды 6,5-7,0 (Государственный..., 2000). При pH 4,5-5,0 усвояемость растениями соединений азота, фосфора, калия и микроэлементов значительно ниже, чем при pH 6,0-7,0. Влияние реакции среды на растения зависит и от их биологических особенностей. Так, выявлены параметры реакции среды, при которых благоприятно произрастают следующие виды травянистых растений: *Medicago falcata* – 7,0-8,0; *Trifolium pratense* – 6,0-7,0; *Bromopsis inermis* – 7,0-7,5; *Phleum pratense* – 5,0-7,5; *Cichorium intibus* – 6,0-6,5 (Справочное пособие..., 2008).

В городских условиях растительный покров находится и под воздействием тяжелых металлов (Экология..., 2004). Как показывают многие исследования, наиболее активными накопителями всей суммы тяжелых металлов (природных и техногенных) являются травянистые растения

(Шильников и др., 1994). Отмечено, что травянистые растения, как эволюционно наиболее молодая и совершенная жизненная форма, адаптированы к повышенному усвоению минеральных элементов, в том числе и тяжелых металлов.

До недавнего времени флора г. Нижнего Новгорода была мало изучена, имелись лишь разрозненные сведения о ее составе. Последние 30 лет в этом направлении проводятся интенсивные исследования, и появилась первая обобщающая сводка (Мининзон, 2004). Флора г. Нижнего Новгорода, как и другого города, может рассматриваться как конкретная флора одного из населенных пунктов. Флора г. Нижнего Новгорода – результат взаимодействия флор двух ботанико-географических районов, и результат взаимодействия процессов распространения культивируемых растений, восстановления естественного растительного покрова и распространения различных заносных растений, чаще рудеральных.

Таким образом, формирование растительного покрова на территории городов определяется совокупностью экологических факторов абиотического, биотического и антропогенного характера, под воздействием которых формируются производные растительные сообщества, сильно отличающиеся от естественных коренных сообществ, которые могут сохраняться в городе только на охраняемых территориях.

В городах складывается своеобразный антропогенный неозкотоп, сходный в различных природных зонах и способствующий формированию нестабильного трансэкстразонального флористического комплекса, характеризующегося крайней фрагментарностью. Флора городов характеризуется присутствием синантропных видов с широкими границами толерантности. Одновременно наблюдается процесс обеднения флоры за счет исчезновения коренных видов и процесс обогащения флоры благодаря появлению сорных и рудеральных видов на фоне экотонного строения среды.

Достаточно подробно изучена флора и растительность памятников природы, культурных лугов, гидроморфных биотопов, лесозащитных полос, некоторых садов и парков, а также озелененных бульваров и проспектов. Особый интерес представляют работы по флоре и растительности техногенных экотопов вдоль автомагистралей, не имеющих природных аналогов.

Главная роль придорожных территорий заключается в формировании путей распространения видов и так называемой зоны дорожного эффекта. Исследованиями показано отсутствие связи между видовым богатством сообществ и автотранспортной нагрузкой; наличие большого количества монотипных родов; высокий суммарный процент 10 первых семейств; низкое количество доминирующих видов. Специфичным является стабильность видового состава, активизация процессов ксерофитизации на придорожных территориях и увеличение роли видов с высокой семенной продуктивностью.

На примере коренных и интродуцированных видов, произрастающих вдоль автомагистралей, довольно подробно изучено влияние вытаптывания и загрязнения: наличие некрозов и хлорозов листьев, повреждение корневой системы, снижение количества листьев на побегах и количества побегов в целом, снижение продолжительности жизни растений. Повышен интерес к специфическим экологическим свойствам растений, таким как газоустойчивость, газочувствительность и солеустойчивость.

В ряду этих исследований специфика и количественная оценка поперечной видовой структуры растительных сообществ вдоль городских автомагистралей, и их пространственная динамика остаются слабо изучены. В связи с этим особую актуальность представляет познание закономерностей трансформации видового состава и структуры растительного покрова городских автомагистралей вдоль природно-климатических градиентов с целью выделения антропогенной составляющей.

ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения цели, поставленной в работе, пользовались мониторинговым методом исследования территорий, прилегающих к крупным автомагистралям г. Нижнего Новгорода и подверженных длительной антропогенной нагрузке. В качестве модельных объектов для проведения наблюдений были выбраны городские территории вдоль автомагистралей г. Нижнего Новгорода. Лабораторные исследования проводились на базе кафедры ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства, кафедры геоэкологии и инженерной геологии Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, а также на кафедре агрохимии и агроэкологии, кафедре почвоведения и природообустройства Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии.

2.1. Природная характеристика г. Нижнего Новгорода

Географическое положение и параметры рельефа. Г. Нижний Новгород – центр Приволжского федерального округа, административный центр Нижегородской области, находится в 410 км к востоку от Москвы (Атлас..., 2007), между 56,3⁰ с.ш. и 44⁰ в.д., имеет протяженность вдоль Волги 30 км, вдоль Оки 20 км. Территория города делится на 8 административных районов и занимает площадь в современных границах 466,5 км².

Вся территория Нижегородской области, включая сам г. Нижний Новгород, составляет часть Восточно-Европейской, или Русской, равнины и расположена на прочном участке земной коры, древнейшем массивном фундаменте, так называемой Русской платформе. Кристаллическое основание Русской платформы состоит из гранитов, гнейсов, базальтов,

скрытых под мощными толщами слоистых, более или менее рыхлых осадочных пород (морские и водно-ледниковые отложения) (Трубе, 1978).

В период похолодания здесь располагались ледники. Особенно много следов оставил после себя так называемый Днепровский ледник (190-110 тыс. лет назад), который продвигался из Фенноскандии, когда почти вся территория Нижегородской области была покрыта льдом. По пути ледник уничтожал верхние слои пород, перетирал этот материал, перенося его в новые районы, где и оставлял моренные отложения, которые включают валуны, гравий и щебень, включения песчаной, супесчаной или глинистой массы (Виленский, 1961; Почвы..., 1978; Титова, 2002).

После таяния Днепровского ледника образовались мощные водные потоки. Древние долины покрылись аллювиальными (речными) отложениями. В поймах рек шло и идет их образование, в связи с чем аллювиальные отложения выстилают современные поймы рек, днища балок.

Рельеф, как совокупность форм земной поверхности, в районе исследований представляет территорию водно-ледниковой аккумулятивной равнины, слабо расчлененной гидрографической сетью. Для нее характерны невысокие, но очень широкие увалы с отдельными холмами (Почвы..., 1978).

Г. Нижний Новгород сложился на границе Приволжской возвышенности и Балахнинской низины, что обусловило деление города на две части: нагорную, застроенную территорию коренного плато, и заречную, освоенные участки террас Волги и Оки. Особенностью планировочной структуры нагорной части является исторически сложившаяся тенденция расположения застройки разного типа на повышенных участках межовражных плато, а также освоение оврагов путем засыпки, планировки и укрепления их откосов. Заречная часть г. Нижнего Новгорода характеризуется высоким уровнем стояния грунтовых вод и широким распространением заболоченных территорий. Рельеф носит равнинно-волнистый характер, который был спланирован при строительстве дорог и

развязок. Открытые пространства Заречья представлены массивами естественных лесов, небольшими площадями садов и парков, а также неосвоенными участками поймы.

Особенностью физико-географических условий Нижнего Новгорода является его расположение в центральной части области у слияния двух крупнейших рек Восточно-Европейской равнины – Волги и Оки. Абсолютные отметки нагорной части колеблются от 100 до 200 м, заречной части – 70-80 м над уровнем моря (Трубе, 1978). Орография города создает особенности климатических характеристик, в частности, более частую повторяемость штилей в заречной части (17%) по сравнению с нагорной (12%), различие в режимах температуры, влажности, облачности и осадков.

Погодно-климатические условия. Г. Нижний Новгород расположен на границе лесной и лесостепной ландшафтных зон, в достаточном удалении от океана, поэтому климат континентальный (Геология..., 1978). По принятой классификации климат г. Нижнего Новгорода относится к умеренно континентальному и характеризуется холодной многоснежной зимой, умеренно-жарким летом и частыми осенними и весенними заморозками (Агроклиматические ресурсы..., 1967). Годовая амплитуда температур равняется 30°C , что свидетельствует об увеличении континентальности климата Нижнего Новгорода по сравнению с Москвой (28°C), расположенной юго-западнее, и Санкт-Петербургом (26°C), климат которого имеет признаки морского. Средняя годовая температура воздуха составляет $3,6^{\circ}\text{C}$, отклонения от данного значения чаще всего невелики, в среднем $1-2^{\circ}\text{C}$.

Традиционное деление на четыре равных календарных сезона отражает годовой ход основных погодных факторов, но не всегда удовлетворяет практическим запросам (География..., 1978). Под естественным климатическим сезоном понимают период времени с однотипным ходом метеорологических величин и определенным термическим режимом. Начало, конец и продолжительность сезонов

определяются датами устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C и 15°C (табл. 2.3.2) (Природа..., 1974; География..., 1978).

Таблица 2.3.2

**Продолжительность климатических сезонов на территории
Нижегородской области (География..., 1987)**

Сезон	Начало	Конец	Продолжительность, дни
Зима	3 ноября	3 апреля	152
Весна	4 апреля	2 июня	60
Лето	3 июня	26 августа	85
Осень	27 августа	2 ноября	68

Климат в городе более суров в заречной части, чем в нагорной. В целом среднегодовые температуры на территории города изменяются от 2,3 до $3,8^{\circ}\text{C}$ (табл. 2.3.3).

Таблица 2.3.3

Среднемесячная температура воздуха (География..., 1987)

Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
-11,8	-11,6	-5,6	3,4	11,2	16,3	18,4	16,3	10,7	3,2	-3,6	-9,2

В заречной части города, где располагаются три модельных объекта, несколько холоднее, чем в среднем по городу. Температуру воздуха в значительной степени определяет температура почвы, которая зависит от количества приходящей солнечной радиации, гранулометрического состава, структуры. В среднем за год температура поверхности почвы равна 4°C . Самая высокая средняя температура поверхности почвы наблюдается в июле (21°C), а самая низкая – в январе (-13°C).

Длительность периода с температурой воздуха выше 0°C в г. Нижнем Новгороде в среднем равна 210-220 суток. Продолжительность залегания снежного покрова на территории г. Нижнего Новгорода составляет в среднем 215 дней (Швер, 1991). Вегетационный период (переход средней суточной температуры воздуха выше 10°C) начинается с конца первой декады мая и длится в среднем 176-181 день. Средняя температура во время вегетационного периода равняется $+12,6^{\circ}\text{C}$.

Атмосферные осадки являются основной характеристикой режима увлажнения местности. На территории Нижегородской области хорошо выражены зоны осадков. Г. Нижний Новгород находится в зоне достаточного увлажнения, в среднем за год здесь выпадает порядка 550-600 мм осадков, но в течение года осадки выпадают неравномерно. При этом на вегетационный период приходится около 70% годовых осадков. Основной же особенностью умеренно континентального климата является благоприятное соотношение между количеством осадков и испарением. Испаряемость в заречной части города меньше количества выпадающих осадков, а в нагорной – примерно равна ему. Такое соотношение обуславливает на глубоких рыхлых породах образование в Заречье промывного водного режима, а в Нагорье периодически-промывного (кроме песчаных отложений, на которых создается промывной водный режим) (Рабочая классификация..., 1979).

Для г. Нижнего Новгорода характерна довольно высокая относительная влажность воздуха (более 80%) в холодное время года. В мае – это значение наименьшее, летом относительная влажность составляет 62-76%.

По данным метеостанции Мыза (Состояние ..., 2010) в 2005 г. май в среднем характеризовался теплой сухой погодой – превышение среднемесячной температуры составило $1,7^{\circ}\text{C}$ относительно нормы. Количество выпавших осадков было ниже среднемноголетних данных. Погодные условия летних периодов были неоднозначны, и самым теплым летним месяцем в 2005 г. был июль. Лето в целом было достаточно дождливым, выпало 279 мм осадков.

Теплый период 2007 г. характеризовался повышенными температурами относительно нормы. Самым теплым месяцем оказался август, когда среднемесячная температура превысила многолетнюю норму на $5,6^{\circ}\text{C}$, самым холодным был июнь (на $0,8^{\circ}\text{C}$ ниже нормы). Продолжительность теплого периода в 2007 г. была на 20 дней больше средней многолетней и составила 240 дней. Сумма осадков за весь теплый период была близка к норме и

составила 446,8 мм. Самым дождливым месяцем был сентябрь, сумма осадков за месяц составила 2 средние многолетние нормы. Закончился теплый период 4-5 ноября, что близко к средним многолетним датам.

Теплый период в 2010 г. начался в обычные сроки. В июне стояла теплая, часто жаркая погода. В целом 2010 год можно охарактеризовать как аномальный: морозная и малоснежная зима, исключительно жаркое и сухое лето, затяжная осень с малым количеством осадков.

Таким образом, погодные условия 2007 г. были наиболее благоприятными для развития растений.

Почвы г. Нижнего Новгорода. Территория города лежит в умеренной восточноевропейской фации в двух природных зонах: таежной (Заречье) и лесостепной (Нагорье). Граница между ними проходит по руслу реки Оки до слияния с Волгой, а далее на восток по руслу реки Волги (Рабочая классификация..., 1979).

По почвенно-географическому районированию СССР (Почвы..., 1979) территории районов исследования относятся к бореальному (умеренно холодному) поясу. Бореальный пояс представлен Среднерусской провинцией дерново-подзолистых среднегумусированных почв Южнотаежной подзоны дерново-подзолистых почв (вся территория Заволжья) и Среднерусской провинцией серых лесных почв лиственно-лесной зоны серых лесных почв (север Правобережья) Центральной таежно-лесной области.

Формирование и распространение почв обусловлено взаимодействием климата и растительности, а также формами поверхности и характером материнской породы. Почвообразующими (материнскими) породами на территории Нижнего Новгорода являются, в основном, четвертичные отложения делювия тяжелого гранулометрического состава, аллювио-делювия и маломощные элювиальные отложения, разнообразные по гранулометрическому и литологическому составу. Делювиальные отложения – обычно суглинистого и глинистого состава, имеют слоистость в

направлении склона, довольно однородны по горизонтали и вертикали. Аллювиально-делювиальные отложения характерны для днищ балок, мелких рек. Обнаруживается горизонтальная слоистость, а в горизонтальных прослойках – иногда диагональная. Современные аллювиальные отложения часто имеют двучленный характер. Распространена карбонатность материнских пород, способствующая формированию насыщенных почв.

На территории г. Нижнего Новгорода встречается множество типов и подтипов почв. Преобладающими являются почвенные подтипы дерново-подзолистых и подзолистых, а также серых лесных почв (Фатьянов, 1949). Подзолистые почвы распространены в основном в заречной части города (Агрохимическая характеристика..., 1976; Шафронов, 2003). В целом преобладают среднесуглинистые почвы, отмечается бедность гумусом и элементами питания, кислая реакция, низкая емкость поглощения и ненасыщенность основаниями, неблагоприятные водно-воздушный и тепловой режимы (Почвы..., 1978).

В нагорной части города в основном распространены светло-серые лесные почвы, которые формируются на красно-бурых и серых глинах. По естественному плодородию светло-серые лесные почвы стоят выше дерново-подзолистых почв (Никитин, 2003). Светло-серые лесные представлены в основном легкосуглинистыми почвами, которые характеризуются кислой реакцией, отсутствием карбонатов в верхних горизонтах, ореховатой структурой, относительно хорошими физическими свойствами, биологически активны, плодородны (Кулинич, 1991).

Растительность г. Нижнего Новгорода. Различные условия рельефа, увлажнения, почвенно-геологические условия, а также деятельность человека оказывают сильное влияние на характер распространения флоры и растительности на территории города. Учитывая коренное распространение флоры и растительности, физико-географические условия и деятельность человека, территория г. Нижнего Новгорода расположена в двух ботанико-

географических районах Нижегородской области: хвойно-лесном, занимающего всю северную заволжскую часть области и междуречье р. Оки и р. Волги, и лесостепном, занимающем южную часть области, к югу от р. Волги и востоку от р. Оки (Аверкиев, 1954; Полуяхтов, 1974; Мининзон, 2004). Указанные ботанико-географические районы в свою очередь включают в себя несколько подрайонов.

Г. Нижний Новгород находится на территории двух ботанико-географических подрайонов. Заречная часть города входит в Балахнинско-Сейминский борово-болотный подрайон, для которого характерно сочетание сосновых боров с торфяными болотами. В этом подрайоне на супесчаной почве в условиях близкого залегания грунтовых вод произрастает луговая пойменная растительность, пойменные дубравы, по понижениям – болотная и прибрежно-водная растительность. Нагорная часть города входит в Приокский дубовый подрайон, для которого характерно преобладание дубрав с примесью хвойных элементов (Аверкиев, 1954).

Что касается объектов исследования в заречной части города, то по ботанико-географическому районированию Нижнего Новгорода район расположения Сормовского шоссе входит в состав приволжского пойменного подрайона, которое занимает северо-восточную часть Сормовского района от Волги до линии селений Дарьино-Копосово-Высоково и северо-восточную часть Московского района (Бурнаковская низина). Этот подрайон расположен на центральной и притеррасной поймах Волги и занят пойменными лугами, пойменными дубравами, а также прибрежно-водной растительностью. Здесь произрастают элементы сосновых боров, а также элементы флоры пойменных лугов. Территория, по которой проходит Московское шоссе относится к борово-болотному подрайону надпойменных террас в пределах Сормовского, Канавинского и Московского районов. Для него характерно сочетание боров и их производных. Проспект Ленина относится к западно-окскому подрайону

пойменных дубрав, охватывающему почти всю территорию Автозаводского и Ленинского района, имеются культуры сосны (Мининзон, 2004; 2011).

В нагорной части города проспект Гагарина включается в подрайон Окско-Волжской Слуды. Крутые высокие берега Оки и Волги заняты дубравами, лугами с примесью пойменных и степных элементов. Здесь среди дубрав и их производных, на пустырях и в жилых массивах произрастают одиночные сосны и их травянистые спутники (Мининзон, 2011).

2.2. Характеристика объектов исследования

Расположение объектов исследования в г. Нижнем Новгороде.
Модельными объектами в данной работе послужили придорожные территории в заречной части г. Нижнего Новгорода:

- вдоль Сормовского шоссе в Московском районе (I) (от остановки «Сормовский поворот» до улицы Бурнаковская),
 - Московского шоссе в Канавинском районе (II) (от Московского вокзала (улица Гордеевская) до остановки «Сормовский поворот»),
 - проспекта Ленина в Ленинском районе (III) (от площади Комсомольской до остановки «Заречная», напротив кинотеатра «Россия»),
- в нагорной части г. Нижнего Новгорода:
- вдоль проспекта Гагарина в Приокском районе (IV) (от улицы Медицинская до остановки «Музей района») (рис. 2.2.1).

В ходе изучения городских почв вдоль оживленных автомагистралей для сравнения изучались территории, удаленные от автодорог не менее чем на 380 м, так как на основании исследований Е.А. Сидорович с соавторами (1996) отмечалось, что при движении автомобильного потока, загрязнение снижается до уровня ПДК на расстоянии 190-300 м.

В заречной части города для модельных территорий вдоль Сормовского шоссе и Московского шоссе в качестве условного контроля

были выбраны участки в Сормовском парке культуры и отдыха (V), для проспекта Ленина – в парке «Дубки» (VI), в нагорной части города для территорий вдоль проспекта Гагарина – в парке «Швейцария» (VII).



Рисунок 2.2.1. Карта-схема г. Нижнего Новгорода (модельные объекты и парковые территории обозначены цифрами в тексте).

Сравнительная оценка объектов исследования. На основании градостроительной концепции города на двух берегах Оки, предложенной А.П. Иваницким, (Бубнов, Орельская, 1986) в заречной и нагорной частях города выбранные автодороги являются лучевыми магистралями. В связи с этим автодороги имеют сходство по градостроительной планировке, история их создания также похожа (1930-40 гг.) (Улицы..., 1983), они имеют сходную функцию – соединяют городские территории (Бекряев, 1999).

По классификации автодорог России (Девятов, 2002), их можно отнести к автомобильным дорогам категории I-B – магистрали общегосударственного значения, число полос движения от 4 до 8 (согласно СНИП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги»; ГОСТ Р 52398-2005), расчетная интенсивность движения свыше 14 тысяч автомобилей в сутки.

На модельных объектах произведена оценка степени антропогенной

нагрузки в зависимости от количества полос движения, автомобильного транспорта (Руководство..., 1994; Кавтарадзе и др., 1999). Рассчитано среднее количество автомобилей по категориям и интенсивность движения автомобилей за сутки на конкретной автомагистрали (общее количество автомобилей в обоих направлениях).

Таблица 2.2.2

Характеристика модельных объектов

Объекты исследования		Придорожная территория, м	Зеленые насаждения	Элементы благоустройства
Заречная часть города	Сормовское шоссе	50	<i>Tilia cordata</i> (двурядная посадка), <i>Caragana arborescens</i> (изгородь), травянистое покрытие	Техническая полоса 1 м
	Московское шоссе	50	<i>Populus pyramidalis</i> (двурядная посадка), травянистое покрытие	Техническая полоса 0,5 м, ограждение
	Проспект Ленина	15	<i>Crataegus monogyna</i> (изгородь), травянистое покрытие	Техническая полоса 0,5 м, ограждение
Нагорная часть города	Проспект Гагарина	25	Травянистое покрытие	Отсутствуют

Как показано на таблице 2.2.2, вдоль Сормовского шоссе произрастают древесно-кустарниковые растения, имеется техническая полоса шириной 1 м; вдоль Московского шоссе – только древесные, имеется техническая полоса 0,5 м и ограждение; вдоль проспекта Ленина – кустарниковые растения, имеется техническая полоса 0,5 м и ограждение; вдоль проспекта Гагарина – только травянистые растения, ограждений нет.

2.3. Методика проведения исследований

Для изучения эдафических факторов, флористических особенностей и структуры травянистого покрова вдоль автомагистралей были заложены продольные профили в направлении от центра города к его периферии и поперечные трансекты. Таким образом, продольные профили позволяли

оценить динамику почвенных условий, флористические и структурные изменения непосредственно вдоль автомагистралей, а поперечные трансекты – на различном расстоянии от автомагистралей.

Длина продольных профилей вдоль Сормовского шоссе составила примерно 810 м, вдоль Московского шоссе – около 1300 м, вдоль проспекта Ленина – около 1200 м, а вдоль проспекта Гагарина – порядка 2200 м.

Поперечные трансекты площадью 75 м^2 (ширина 5 м, длина 15 м) располагались перпендикулярно автомагистралям на продольном профиле через каждые 250 м. Учитывая городские условия (наличие жилой застройки или дорог-дублеров), трансекты приняты длиной 15 м. Всего было заложено 45 трансект: по 10 трансект вдоль Сормовского и Московского шоссе и проспекта Ленина, 15 – вдоль проспекта Гагарина (рис. 2.3.1, 2.3.2).

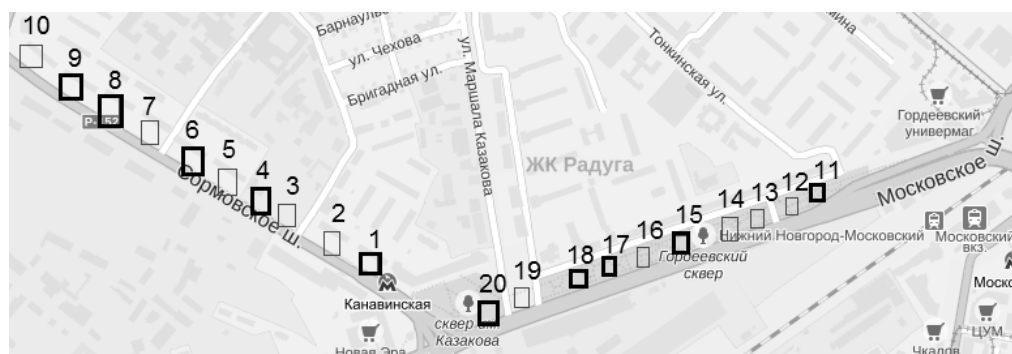


Рисунок 2.3.1. Расположение поперечных трансект вдоль Сормовского и Московского шоссе в г. Нижнем Новгороде (трансекты отмечены прямоугольниками с цифрами, жирным – места отбора почв).

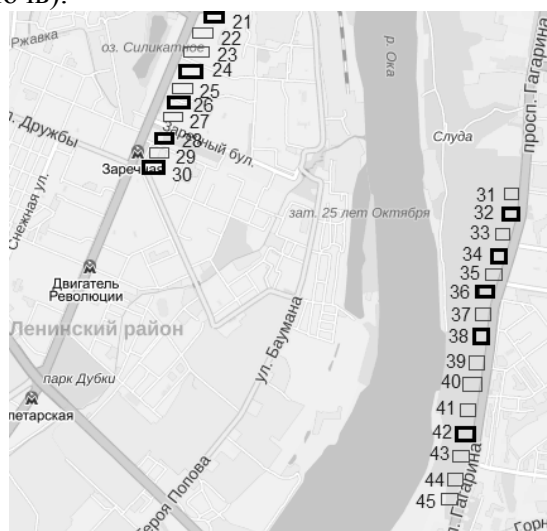


Рисунок 2.3.2. Расположение поперечных трансект вдоль проспектов Ленина и Гагарина в г. Нижнем Новгороде (трансекты отмечены прямоугольниками с цифрами, жирным – места отбора почв).

Методика проведения почвенных исследований. При обследовании почв вдоль каждого модельного объекта было выделено по 5 участков для отбора почвенных проб:

- Сормовское шоссе (трансекты №№ 1,4,6,8,9);
- Московское шоссе (трансекты №№ 11,15,17,18,20);
- проспект Ленина (трансекты №№ 21,24,26,28,30);
- проспект Гагарина (трансекты №№ 32,34,36,38,42).

За 2005, 2007 и 2010 гг. всего было отобрано 120 почвенных образцов с 20 участков в пределах трансект (табл. 2.3.1). Для сравнения были взяты почвенные образцы в парковой зоне (Сормовский парк культуры и отдыха, парк «Дубки» и парк «Швейцария»), которые характеризовали менее нарушенные территории при удалении от автомагистралей на 380 м и более. В парках было взято 36 почвенных образцов.

Таблица 2.3.1

Периоды отбора и количество почвенных образцов

Объекты исследования		Даты отбора, количество образцов					
		2005 год		2007 год		2010 год	
		лето	осень	лето	осень	лето	осень
Заречная часть города	Сормовский ПКиО	20.07, 2	22.10, 2	07.07, 2	25.09, 2	21.07, 2	31.10, 2
	Сормовское шоссе	20.07, 5	22.10, 5	07.07, 5	25.09, 5	21.07, 5	20.10, 5
	Московское шоссе	20.07, 5	22.10, 5	27.07, 5	25.09, 5	27.07, 5	25.10, 5
	Парк «Дубки»	13.07, 2	25.09, 2	06.06, 2	27.09, 2	21.07, 2	02.11, 2
	Проспект Ленина	13.07, 5	25.09, 5	04.06, 5	27.09, 5	21.07, 5	02.11, 5
Нагорная часть города	Парк «Швейцария»	15.07, 2	22.10, 2	02.06, 2	27.09, 2	27.07, 2	29.10, 2
	Проспект Гагарина	15.07, 5	22.10, 5	02.06, 5	27.09, 5	27.07, 5	29.10, 5

Отбор почв производился методом квадрата в соответствии с ГОСТ 17.4.1.01-84 «Охрана почв. Методы пробоотбора» (Практикум ..., 1987). Образцы почв отбирались по мере приближения к автомагистралям методом прикопок с глубины 0-20 см. В задачу входил анализ поверхностного горизонта почв на глубину проникновения корневых систем травянистых

растений. Физико-химические показатели, как гранулометрический состав, рН почвенного раствора, содержание гумуса, подвижного фосфора и обменного калия определялись в каждом почвенном образце.

Основой для работы по анализу территорий вдоль автомагистралей послужили почвенные карты, предоставленные кафедрой географии Нижегородского государственного педагогического университета.

Методика изучения биологической активности почв. Актуальность изучения биологического состояния городских почв обусловлена тем, что оно позволяет судить об устойчивости почвенно-биотического комплекса к антропогенному воздействию. Наиболее информативными показателями биологической составляющей почвы являются их целлюлозолитическая и суммарная протеазная (протеолитическая) активность. Процесс разложения целлюлозы в почве, как в природных, так и в городских условиях, имеет отношение к образованию гумуса и прочной структуры почвы, а продукты ее разложения – это питательные вещества для различных групп микроорганизмов. По протеолитической активности почв можно судить как о деятельности микроорганизмов, так и о содержании доступных форм азота в почве (Ганжара, 2002).

Исследования велись в летний период 2007 г. вдоль проспекта Ленина на трансектах №№ 27,28, проспекта Гагарина – №№ 37,38 и в парке «Швейцария». Целлюлозолитическая активность определялась по интенсивности разложения фильтровальной бумаги в почве по методике А.П. Лазарева с соавторами (Лазарев и др., 1997), протеолитическая – по интенсивности разложения желатинового слоя фотоматериалов по методике О.И. Колешко (Колешко, 1981).

Изучение флоры придорожных территорий. Травянистый покров вдоль автомагистралей в настоящее время трудно отнести к какой-либо категории растительности. В ходе строительства изучаемых автомагистралей в 1930 гг. вдоль них были заложены газоны лугового типа, за которыми велся

регулярный уход вплоть до 1980 гг. (Состояние ..., 2008). Позже при отсутствии ухода, поддерживающего газонные растительные сообщества, стали наблюдаться сукцессионные смены, приводящие к их серьезной трансформации. В связи с необходимостью изучения растительных сообществ в стрессовых условиях города возрастает потребность в информации об их разнообразии. В настоящее время на исследуемых модельных объектах систематического ухода не ведется. Тем не менее, на некоторых участках ежегодно проводится кошение травостоя с целью предотвращения травяных пожаров. На тех участках, где кошение проводится реже (проспект Гагарина), отмечаются процессы самозарастания.

Как известно, при проведении обследования для экологической оценки состояния городских ландшафтов разработана методика полного сплошного учета городской растительности (Ниценко, 1969). В основе методики лежит анализ видового состава и структуры растительного покрова. Флора и растительность в таком случае являются рабочими понятиями, обозначающими соответственно таксономическое и пространственное разнообразие растительного покрова.

Описание видового состава травостоя проводили с использованием площадочных методов учета растительности (Учебно-полевая..., 1977; Флора ..., 1994; Миркин и др., 2000; Силаева, 2007). Изучение травостоя проводилось в комплексе с анализом почв.

В пределах поперечных трансект площадью 75 м^2 ($5 \times 15 \text{ м}$) в составе продольных профилей были заложены учетные площадки размером 1 м^2 для геоботанического изучения травянистого покрова. Всего было заложено в заречной части города вдоль Сормовского шоссе – 10 трансект (№№ 1-10) и 750 учетных площадок; вдоль Московского шоссе – 10 трансект (11-20) и 750 учетных площадок; вдоль проспекта Ленина 10 трансект (21-30), в пределах которых – 750 учетных площадок. В нагорной части города вдоль проспекта Гагарина было заложено 15 трансект (31-45) и 1125 учетных площадок.

Учетные площадки на всех модельных объектах закладывались в начале вегетационного периода (май-июнь).

На каждой трансекте выявляли присутствующие виды растений, названия которых с некоторыми изменениями даны по сводке С.К. Черепанова (1995). Определялась систематическая структура травостоя с выделением ведущих семейств для определения семейственного спектра травянистой флоры в сравнении с полной флорой Нижнего Новгорода.

На каждой учетной площадке размером 1 м² фиксировали:

- видовой состав (перечень всех видов, произрастающих на площадке (Корчагин, 1964). Если при описании оказывалось незнакомое растение, оно бралось в гербарий для последующего определения (Аверкиев, 1954; Определитель..., 1995; Флора..., 1996). Точность определения растений проверялась И.Л. Мининзоном, старшим научным сотрудником Ботанического сада Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского;
- представленность отдельных видов в травостое (проективное покрытие в %);
- общее проективное покрытие травянистого покрова (в %).

На каждой трансекте и каждой учетной площадке проведен анализ видового богатства, разнообразия и выравненности на основании индексов Шеннона, Симпсона и Пиелу (Одум, 1986; Мэггаран, 1992). Для оценки сходства видовой структуры применены коэффициенты Жаккара, Сьеренсена для качественных данных, Чекановского-Сьеренсена для количественных данных. На основе перечисленных коэффициентов сходства проведен кластерный анализ с применением метода объединения Уорда.

Методика исследований структуры травянистого покрова. При изучении травянистого покрова в задачу входило не только составление списка видов травянистых растений, но и выявление растений различных экологических групп и выделение растительных сообществ.

Проведен анализ экологической структуры травостоя, для чего приведена оценка соотношения эдафотопических и гидротопических групп. В ходе биоморфного анализа структуры травостоя определена принадлежность видов к биоморфным группам по системе К. Раункиера (Флора..., 1994), классификация жизненных форм – по И.Г. Серебрякову и Т.И. Серебряковой (Серебряков И.Г., 1952, 1964; Серебрякова Т.И., 1963). Описание ценоморфной структуры травянистого покрова дано по системе А.Л. Бельгарда (1950) с дополнениями М.А. Альбицкой (1960).

В травостое модельных объектов определены доминирующие виды, имеющие проективное покрытие более 30% и как наиболее приспособленные к сложившимся условиям. Выделение растительных сообществ придорожных территорий проводилось по доминантному признаку (Василевич, 1995).

2.4. Методы лабораторных исследований и статистической обработки результатов

Лабораторные исследования по теме проводились в лабораториях кафедры ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства, кафедры экологии и природопользования Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, а также в лаборатории кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, где выполнен анализ по определению элементов минерального питания и физико-химических показателей почвы.

Для анализа почв пользовались общепринятыми в современной лабораторной практике методиками. Перед проведением анализа почв все почвенные образцы были просушены, измельчены и просеяны через сито с диаметром отверстий 1 мм. Физико-химические показатели почв определяли следующими методами: актуальную кислотность – потенциометрически с

помощью прибора рН-метра (ГОСТ 26486-85); содержание гумуса – по методу Тюрина в модификации Никитина; подвижный фосфор и обменный калий – по Кирсанову в модификации ЦИНАО с последующим определением P_2O_5 колориметрически на ФЭК-56 М, K_2O – на пламенном фотометре FLAPHO-4 (Практикум..., 1987; Зеликов и др., 2000).

Статистическая обработка результатов исследования проведена с использованием непараметрических методов: корреляционный анализ (коэффициент ранговой корреляции Спирмена, ρ с оценкой его значимости), критерии χ^2 и Фридмана (Зайцев Г.Н., 1984; Основы..., 2001). Для оценки сходства сообществ по видовому составу использовались индексы Жаккара, Сьеренсена, Чекановского-Сьеренсена. Классификация сообществ проводилась методами кластерного анализа.

Обработка и анализ данных проведены в Microsoft Excel и StatSoft STATISTICA 6.0.

ГЛАВА 3. ЭДАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОИЗРАСТАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ИХ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИНАМИКА ВДОЛЬ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ НА ФОНЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

3.1. Характеристика антропогенной нагрузки автотранспортного комплекса

На основании технических паспортов данных автомобильных магистралей установлено, что с 1994 года систематических подсчетов количества автомобильного транспорта не проводилось, и обновленных материалов нет. Паспорта на выбранные для исследований автомагистралей были предоставлены кафедрой автомобильных дорог Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета.

Наибольшая интенсивность движения автомобилей в заречной части города отмечена на проспекте Ленина, где в сутки в среднем проезжает 40,8 тыс. автомобилей. Наименьшая нагрузка зафиксирована на Московском (в среднем 26,1 тыс.) и Сормовском шоссе (в среднем 27,8 тыс.). В нагорной части города на проспекте Гагарина отмечено максимальное число автомобилей (в среднем 45,0 тыс.) в сутки (табл. 3.1.1).

Таблица 3.1.1

Интенсивность движения на объектах исследования

Объекты исследования		Количество полос для движения	Количество автомобилей, тыс.	
			1994 год	2010 год
Заречная часть города	Сормовское шоссе	4	-	27,8
	Московское шоссе	6	24,2	26,1
	Проспект Ленина	6	33,9	40,8
Нагорная часть города	Проспект Гагарина	8	23,0	45,0

В сравнении с данными 1994 г. интенсивность движения автотранспорта в обоих направлениях в 2010 г. по проспекту Ленина возросла в 1,2 раза, по Московскому шоссе – в 1,07, а по проспекту Гагарина – в 1,9 раз.

Всего было выделено пять категорий автомобилей: легковые автомобили, грузовые автомобили, автобусы ПАЗ, автомобили ГАЗель и автобусы ЛиАЗ. В целом по городу преобладающей категорией автомобилей являлись легковые (рис. 3.1.2).

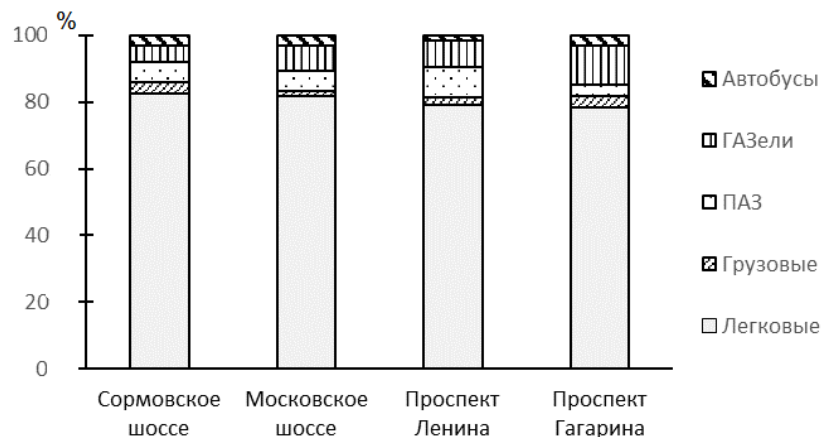


Рисунок 3.1.2. Соотношение категорий автомобилей в % за сутки, на исследуемых автомагистралях.

По Сормовскому шоссе в среднем отмечено 21,7 тыс. автомобилей в сутки или 82% от общего количества автомобилей, по Московскому шоссе – 21,4 тыс. или 81,3%, по проспекту Ленина – 32,2 тыс. (78,5%). Это объясняется интенсивным ростом количества частных легковых автомобилей. Нужно отметить, что подобная картина распределения количества автомобилей характерна и для нагорной части города. В среднем в сутки по проспекту Гагарина проходит 35,3 тыс. (78,8%) автомобилей.

Второй и третьей категориями автомобилей отмечены автомобили ГАЗель и автобусы ПАЗ, как наиболее распространенные автомобили, использующиеся для перевозок грузов в первом случае и пассажиров – во втором. Однако среднее количество обеих категорий автомобилей в сутки почти в 10 раз ниже по сравнению со средним количеством легковых автомобилей. Самая малочисленная категория автомобилей – автобусы ЛиАЗ, в среднем не превышающая 1000 автобусов в сутки.

Таким образом, автомагистралями с наибольшей автотранспортной нагрузкой на прилегающие территории в заречной части города являлся проспект Ленина, в нагорной – проспект Гагарина, что по-видимому влияет на эдафические условия произрастания растительности вдоль автомагистралей, ее состав и пространственную структуру.

3.2. Характеристика придорожных почв продольного профиля вдоль автомагистралей

Среди основных контролируемых параметров комплексного экологического мониторинга почв следует назвать химический состав и биологическую активность почв как совокупный показатель экологического благополучия системы. Из физико-химических показателей почв важными являются гранулометрический состав, кислотность, содержание гумуса и биогенных элементов (азота, подвижного фосфора, обменного калия и др.). Отмечено, что корнеобитаемый слой почвы на глубину 0-20 см не содержит торфа, поскольку грунт на изучаемых территориях полностью не замещался (Баулина, 1981; Генеральный план..., 2015).

На всех модельных объектах почвы по классификации Н.А. Качинского (1943) характеризуются как супеси и легкие глины, содержание физической глины в которых в среднем не превышает 20-30%. Однако вдоль Московского шоссе содержание физической глины нарастает до 35% (трансекта 15), а затем снижается на протяжении автодороги. На фоне высокой автотранспортной нагрузки наименьшие значения данного показателя зафиксированы вдоль проспекта Ленина, где почвы супесчаные на всем протяжении изучаемых трансект (рис. 3.2.1).

Изучение гранулометрического состава почв вдоль проспекта Гагарина показало понижение этого показателя на выровненных участках (трансекты

32,34) и, напротив, повышение – на трансектах с выраженным изменением микрорельефа (36,38,42).

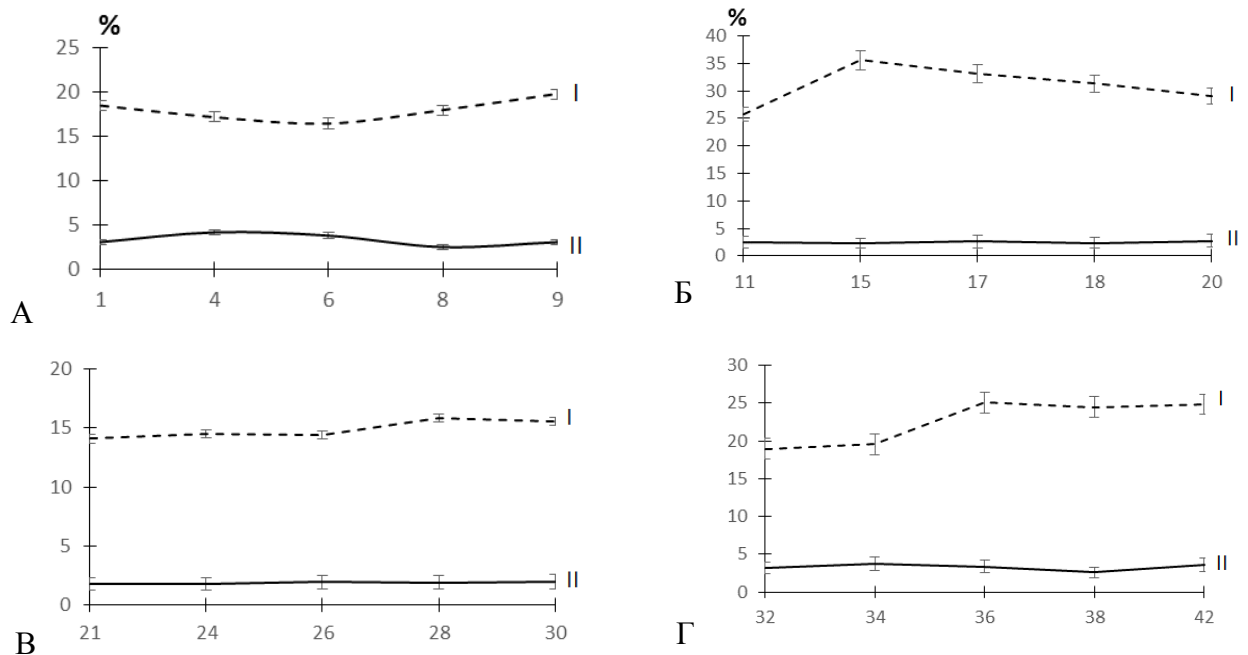


Рисунок 3.2.1. Содержание физической глины (I) и гумуса (II) вдоль автомагистралей (среднее арифметическое $\pm$ ошибка). Условные обозначения: А – Сормовское шоссе, Б - Московское шоссе, В – проспект Ленина, Г – проспект Гагарина; по оси абсцисс - % к массе почвы, по оси ординат – номера трансект.

Верхний корнеобитаемый слой почвенного профиля, как правило, наиболее обогащен гумусом, его содержание колеблется от 1,2 до 5,5%, при этом плодородными считаются почвы с содержанием гумуса не менее 4% (Латанов, 2012).

В отличие от гранулометрического состава содержание гумуса в почвах вдоль автомагистралей более стабильно и в среднем по городу колебалось незначительно. Почвы заречной части города по содержанию гумуса (1,5-6%) соответствуют дерново-подзолистым, что свойственно почвам зоны широколиственных лесов. Наименьшее содержание гумуса отмечено в почвах вдоль проспекта Ленина (1,8-2%). Почвы вдоль проспекта Гагарина нагорной части города по содержанию гумуса соответствуют серым лесным (3-8%) почвам лесостепной зоны.

Для произрастания большинства травянистых растений почвы корнеобитаемого слоя должны иметь нейтральную (рН 6,5-7,0) или

слабокислую (рН 6,3-6,4) реакцию почвенного раствора (Лепнева, Обухов, 1990; Новиков, 2000; Федоров, Малогулова, 2013).

На всех модельных объектах отмечена слабощелочная реакции почвенного раствора (рис. 3.2.2), что подтверждает данные Ф.М. Баканиной (1994) о повышенной щелочности городских почв в целом, на фоне кислой реакции среды природных почв, как дерново-подзолистых, так и серых-лесных. Этот факт свидетельствует о возможных изменениях в составе растительности (Титова и др., 2004).

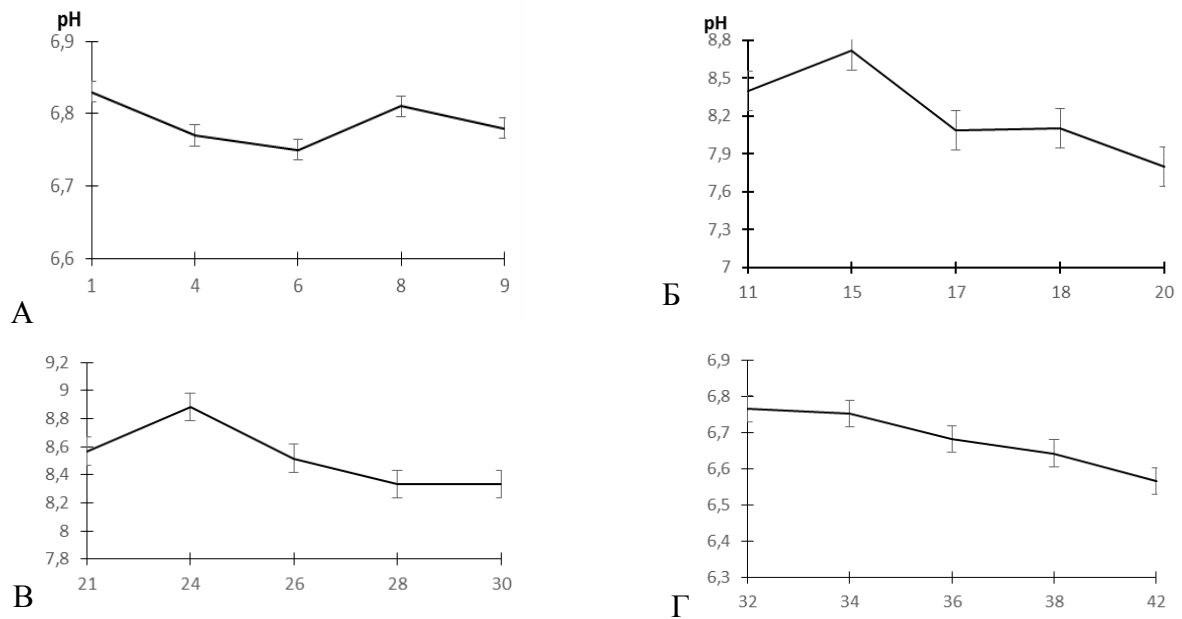


Рисунок 3.2.2. Кислотность придорожных почв вдоль автомагистралей (среднее арифметическое $\pm$ ошибка). Условные обозначения: А – Сормовское шоссе, Б – Московское шоссе, В – проспект Ленина, Г – проспект Гагарина; по оси абсцисс – значения рН почвы, по оси ординат – номера трансект.

Реакция почвенного раствора на разных трансектах вдоль автодорог меняется в пределах сотых единиц. В почвах вдоль проспекта Ленина зафиксирована максимальная щелочность среди всех модельных объектов (8,3-8,8). По мере удаления от центральной части города к его периферии показана тенденция к подкислению почв в целом по городу.

Уровень и пространственная динамика содержания подвижного фосфора и обменного калия в почвах вдоль автомагистралей входят в перечень экологически значимых факторов, определяющих условия

существования травянистых растений. Природные дерново-подзолистые почвы заречной части города характеризуются пониженным содержанием биогенных элементов, особенно азота и фосфора. На фоне этого почвы вдоль автодорог заречной части города имели повышенное содержание биогенных элементов (рис. 3.2.3), особенно вдоль проспекта Ленина (321,5-438 мг/кг почвы подвижного фосфора и 196,8-265,6 – обменного калия) согласно группировке почв по содержанию подвижных форм фосфора и калия (Практикум ..., 1987; Баканина, 2001; Агрохимия ..., 2014).

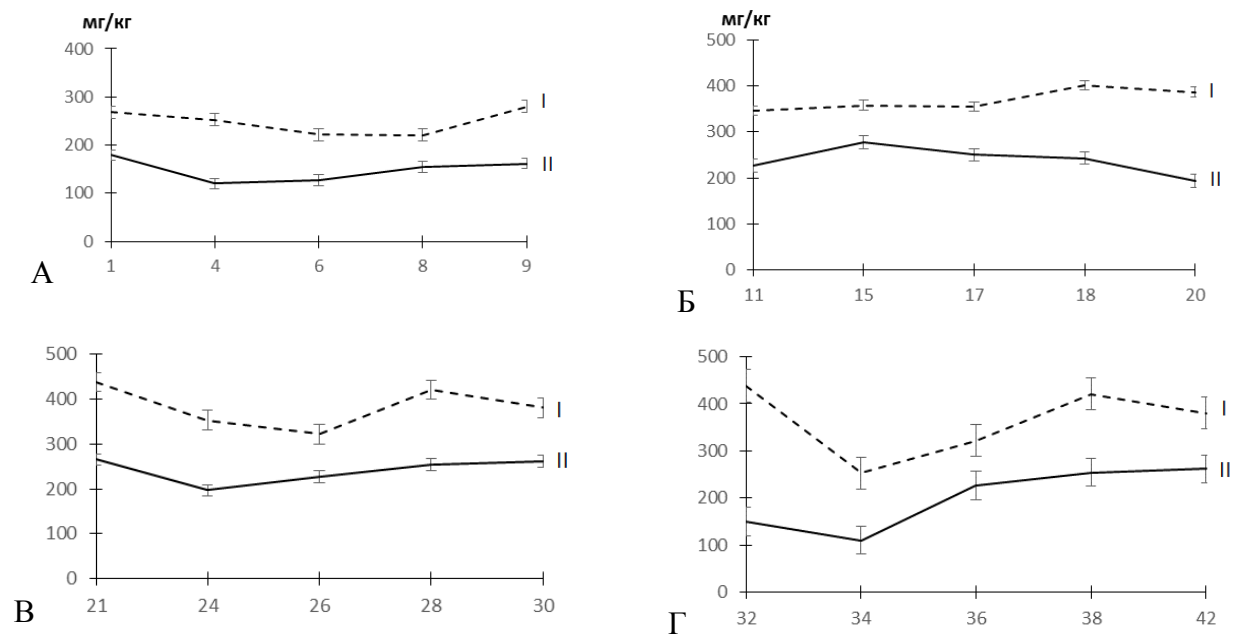


Рисунок 3.2.3. Содержание биогенных элементов (мг/кг) в придорожных почвах вдоль автомагистралей (среднее арифметическое $\pm$ ошибка). Условные обозначения: I - содержание подвижного фосфора, II - содержание обменного калия; А – Сормовское шоссе, Б - Московское шоссе, В – проспект Ленина, Г – проспект Гагарина; по оси абсцисс – мг/кг почвы, по оси ординат – номера трансект.

Серые-лесные почвы нагорной части города, напротив, богаты биогенными элементами, включая кальций (Ганжара, 2002; Титова, 2005). Вдоль проспекта Гагарина в почвах наблюдается возрастание содержания биогенных элементов в понижениях микрорельефа (трансекты 38,42).

В заречной части города динамика основных почвенных показателей корнеобитаемого слоя вдоль автомагистралей незначительна, однако, в связи с изменением гранулометрического состава, pH и содержания биогенных элементов в почвах возможно выделить два участка вдоль Сормовского

шоссе, описывающие трансекты 1,4,6 и 8,9, вдоль Московского шоссе – трансекты 11,15 и 17,18,20, проспекта Ленина – трансекты 21,24,26 и 28,30. Условное выделение неоднородных участков в продольном профиле вдоль автомагистралей показывает мозаичность эдафических условий урбанизированных территорий. Динамика почвенных показателей продольного профиля вдоль проспекта Гагарина в связи с изменением микрорельефа в нагорной части Нижнего Новгорода позволяет условно выделить три неоднородных участка – это трансекты 32; 34,36,38 и 42, характеризующих геоморфологические особенности данной территории. Основную роль играют также гранулометрический состав почв, их кислотность и содержание в них биогенных элементов.

Таким образом, корнеобитаемый слой придорожных почв на изученном протяжении автомагистралей Нижнего Новгорода представлен грунтами легкого гранулометрического состава, преимущественно супесями, со слабощелочной реакцией среды, низким содержанием гумуса и повышенным содержанием биогенных веществ. В заречной части города изменения основных почвенных показателей выражены менее четко, чем в нагорной части, что во многом связано с динамикой микрорельефа вдоль анализируемого профиля.

3.3. Пространственная динамика почвенных характеристик поперечных трансект вдоль автомагистралей

Как показало исследование территорий, максимально удаленных от автомагистралей, содержание физической глины в почвах заречной части города составляло в среднем 60,4% (табл. 3.3.1), что соответствует легкой глине по классификации Н.А. Качинского (1943).

По мере приближения к автомагистралям отмечалась тенденция снижения содержания физической глины на всех объектах. Максимальные значения этого показателя наблюдались в почвах вдоль Сормовского и Московского шоссе, где естественное состояние гранулометрического состава почв соответствует легкой глине и легким суглинкам (31,7-23,6%). На проспекте Ленина на подобном расстоянии отмечались супеси (в среднем 14,8% физической глины к массе почвы), поскольку процентное содержание физической глины не превышает 18,2%. По классификации Н.А. Качинского (1943), супеси содержат 10-20% физической глины к массе почвы.

Таблица 3.3.1

**Динамика гранулометрического состава почв
вдоль автомагистралей по содержанию физической глины ***

Расстояние от автомаги- страли, м	Содержание физической глины, % к массе почвы				$\chi^2_{\text{э}}$	$\chi^2_{\text{т}}$
	Заречная часть города			Нагорная часть города		
	Сормовско е шоссе	Московское шоссе	Проспект Ленина	Проспект Гагарина		
380	60,4±3,8	60,4±3,8	60,4±3,8	67,1±3,5	24	12,6
15	59,6±2,7	57,2±5,0	31,7±2,4	33±3,4		
10	54,1±3,3	53,6±4,8	23,6±4,1	32±3,0		
7	38,5±2,1	42,1±3,6	14,8±2,5	27,8±2,5		
5	24,0±1,8	26,5±2,0	13,2±1,1	23,8±2,1		
3	16,5±0,8	18,2±1,5	9,4±0,4	16,5±1,2		
$\chi^2_{\text{э}}$	11,2					
$\chi^2_{\text{т}}$	7,8					

Здесь и далее: * - объем выборки: на расстоянии 380 м от автомагистрали – 9, на расстоянии 3-15 м – по 6. Различия опытных образцов с парковыми значимы при $p < 0,05$.

Вдоль проспекта Гагарина гранулометрический состав почв также характеризовался изменением в сторону увеличения песчаных фракций по мере приближения к автомагистрали. На максимальном удалении (380 м) содержание физической глины в почвах равно в среднем 67,1% к массе почвы, что соответствует характеристике средней глины. По мере приближения на расстоянии 10-15 м показатель снижается до 33-32%, в 3 м – не превышает 16,5% (супеси).

Таким образом, полоса почв вдоль автомагистралей Нижнего Новгорода шириной до 0-3 м представляет собой легкие супесчаные по гранулометрическому составу почвы, что в свою очередь может быть связано с использованием песка при строительстве основания автодорог (Holzapfel, Schmidt, 1990), а также периодическим внесением строительного песка в составе противогололедных средств и, как следствие, постепенным отложением песка вдоль автомагистралей (Баканина, 1995). При удалении от автодорог уже на 10 м и более отмечаются легкие суглинки, а также легкая глина. Максимально удаленные почвы на территории парковых зон (380 м от автодорог) представлены средней глиной, поэтому близки по гранулометрическому составу к естественным почвам.

Статистический анализ с применением критерия Фридмана показал, что на содержание физической глины в почвах оказывают значимое влияние и расположение объектов ($\chi^2=24$, $p<0,05$), и расстояние от автомагистрали ($\chi^2=11,2$, $p<0,05$). При сравнении степени влияния этих двух факторов с применением коэффициент относительной силы действия фактора ($\Gamma=\chi^2_{\text{э}}/\chi^2_{\text{т}}$), расстояние от автомагистралей оказывает влияние сильнее (1,9), чем расположение исследуемых объектов (1,4). Таким образом, зональные различия менее значимы, чем факторы поперечного профиля.

На фоне смещения гранулометрического состава придорожных почв в сторону супесей по мере приближения к автодороге постепенно снижается содержание в них гумуса. В поверхностном слое почв, максимально удаленных от автодорог, и почв модельных объектов на расстоянии 10-15 м содержание гумуса максимально (5,6%) в почвах вдоль Сормовского и Московского шоссе (5,3%) и чуть ниже (4,0%) в почвах вдоль проспекта Ленина (табл. 3.3.2).

Максимально среди изученных модельных объектов гуммированы почвы вдоль Сормовского шоссе: на расстоянии 15 м содержание гумуса достигло 5,6%, на расстоянии 3 м этот показатель снижается до 4,2%. Почвы

вдоль проспекта Ленина наиболее обеднены гумусом, его концентрация на расстоянии 15 м равна 2,5% в сравнении с парковыми территориями (3,5%), по мере приближения к автомагистрали снижается до 1,3%.

Таблица 3.3.2

Содержание гумуса в почвах вдоль автомагистралей

Расстояние от автомагистр али, м	Содержание гумуса, %				$\chi^2_{\text{э}}$	$\chi^2_{\text{т}}$
	Заречная часть города			Нагорная часть города		
	Сормовское шоссе	Московское шоссе	Проспект Ленина	Проспект Гагарина		
380	5,6±0,1	5,3±0,2	3,5±0,1	4,0±0,2	13, 9	12, 6
15	5,6±0,1	3,7±0,2	2,5±0,07	3,8±0,1		
10	5,5±0,08	3,6±0,09	2,1±0,05	3,9±0,3		
7	4,9±0,08	2,3±0,07	2,0±0,03	3,9±0,08		
5	4,5±0,06	2,3±0,06	1,6±0,02	3,6±0,08		
3	4,2±0,04	2,3±0,06	1,3±0,03	2,9±0,04		
$\chi^2_{\text{э}}$	19,9					
$\chi^2_{\text{т}}$	7,8					

В литературе указывается, что увеличение содержания гумуса в 4-8 раз в поверхностных горизонтах городских почв связано с их загрязнением сажей, а также пылью, содержащей различные органические вещества (Баканина, 1994; Лысиков, 2004).

Согласно критерию Фридмана влияние двух факторов (расположение объектов, расстояние от автомагистрали) значимо ($p < 0,05$). Однако на содержание гумуса в почвах в большей степени влияет расположение изучаемых объектов (2,6), чем расстояние до автодороги (1,1).

В почвах поперечных трансект отмечалось также увеличение показателя pH почвенного раствора (табл. 3.3.3). Почвы парков в целом характеризуются близкой к нейтральной реакцией среды (Пятакова, 2008).

На объектах исследования в заречной части города отмечена тенденция увеличения значения pH, которая свидетельствует о слабощелочной и щелочной реакции почвенного раствора. На расстоянии 15 м от автомагистрали на всех объектах исследований значение pH (7,1-7,7)

характеризует данные почвы как нейтральные. По мере приближения к автомагистралям (5-7 м) отмечаются почвы уже со слабощелочной реакцией (рН 7,8-8,5). На расстоянии же 0-3 м от автомагистралей почвы можно охарактеризовать как щелочные (значение рН составляет 7,9-8,5). Причем максимальное увеличение показателя рН отмечено в почвах вдоль Сормовского шоссе и проспекта Ленина.

Таблица 3.3.3

Характеристика придорожных почв по показателю рН_{HCL}

Расстояние от автомагистр али, м	Показатель рН _{HCL}				$\chi^2_{\text{э}}$	$\chi^2_{\text{т}}$
	Заречная часть города			Нагорная часть города		
	Сормовско е шоссе	Московско е шоссе	Проспект Ленина	Проспект Гагарина		
380	6,3±0,3	6,7±0,4	6,7±0,4	6,3±0,1	22,1	12,6
15	7,1±0,3	7,7±0,3	7,1±0,2	6,4±0,1		
10	7,5±0,3	7,8±0,4	8,3±0,1	6,7±0,1		
7	7,9±0,2	7,8±0,3	8,3±0,4	6,9±0,4		
5	7,9±0,2	7,9±0,3	8,5±0,3	6,6±0,2		
3	8,7±0,3	7,9±0,3	8,7±0,2	7,4±0,4		
$\chi^2_{\text{э}}$	15					
$\chi^2_{\text{т}}$	7,8					

В нагорной части города в почвах проспекта Гагарина значение рН также увеличивается в сторону повышения щелочности. Если на расстоянии 10-15 м показатель рН равен 6,4-6,7 (слабокислые почвы), то на расстоянии 5-7 м он возрастает до 6,6-6,9, а на расстоянии 0-3 м – уже 7,4.

Установлена отрицательная корреляция между расстоянием от автодороги и уровнем рН почв при уровне значимости 0,05 (коэффициент ранговой корреляции Спирмена (ρ) составляет -0,94 для заречной части города и -0,95 – для нагорной). По мере приближения к автомагистралям в почвах поперечных трансект прослеживается их подщелачивание.

Использование критерия Фридмана показало, что расположение исследуемых объектов значимо влияет на изменение кислотности почв (1,9), как и расстояние до автодорог (1,7) при $p < 0,05$. Но показано, что в данном

случае зональные особенности объектов в большей степени влияют на изменение кислотности придорожных почв.

Определение подвижных форм соединений фосфора и калия позволяют установить какое их количество легко переходит непосредственно в почвенный раствор и является усвояемым для растений (Агрохимия ..., 2014). Среднее содержание подвижного фосфора на расстоянии 380 м от автодорог характеризует их как высокообеспеченные подвижным фосфором, то есть находится в промежутке 151-250 мг/кг почвы (табл. 3.3.4).

Причем в заречной части города содержание подвижного фосфора соответствует показателю высокого обеспечения почв фосфором (185-202 мг/кг почвы), в нагорной – очень высокому обеспечению (более 250 мг/кг).

Таблица 3.3.4

**Характеристика почв по содержанию подвижного фосфора
вдоль автомагистралей**

Расстояние от автомагистр али, м	Содержание фосфора, мг/кг				χ^2_{α}	χ^2_{τ}
	Заречная часть города			Нагорная часть города		
	Сормовско е шоссе	Московское шоссе	Проспек т Ленина	Проспект Гагарина		
380	190±15,6	185±14,2	202±24,1	259±14,0	20,6	12,6
15	222±15,8	284±15,3	250±22,0	293±12,3		
10	239±16,3	253±14,1	286±18,6	284±12,5		
7	240±16,4	258±12,2	331±32,3	311±15,3		
5	235±12,8	258±12,8	350±33,9	318±15,6		
3	261±12,5	358±36,9	373±35,4	332±18,9		
χ^2_{α}	13,5					
χ^2_{τ}	7,8					

Согласно критерию Фридмана на изменение содержания подвижного фосфора в исследуемых почвах достоверно оказывают влияние и расположение объектов (1,7), и расстояние от автодорог (1,6), причем первый фактор влияет несколько значительнее.

Динамика обменного калия в почвах модельных объектов сохраняется аналогично концентрации фосфора. Среднее содержание обменного калия в менее нарушенных почвах характеризует данные почвы как повышенно- и высокообеспеченные обменным калием. Причем в целом по городу

содержание обменного калия соответствует высокой и очень высокой обеспеченности им почв (табл. 3.3.5).

По критерию Фридмана влияние зональности на изменение содержания обменного калия не выявлено. При уровне значимости 0,05 на этот показатель влияет изменение расстояния от автомагистрали (1,7).

Как и в случае с подвижным фосфором в почвах в непосредственной близости от автомагистралей, очень высокое содержание обменного калия обусловлено не столько природными особенностями, сколько процессами антропогенной трансформации почв вдоль автомагистралей.

Таблица 3.3.5

Характеристика почв вдоль автомагистралей по содержанию в них обменного калия

Расстояние от автомагистр али, м	Содержание калия, мг/кг				$\chi^2_{\text{э}}$	$\chi^2_{\text{т}}$
	Заречная часть города			Нагорная часть города		
	Сормовско е шоссе	Московское шоссе	Проспект Ленина	Проспект Гагарина		
380	174±5,5	151±13,3	169±13,2	129±5,2	20,9	12,6
15	197±6,4	185±13,0	265±15,3	151±6,5		
10	211±3,8	221±12,5	311±16,0	153±4,6		
7	234±6,3	231±10,6	342±14,7	155±8,1		
5	245±7,4	236±11,0	375±12,3	209±7,8		
3	238±7,6	241±10,8	329±14,0	367±9,5		
$\chi^2_{\text{э}}$	7,1					
$\chi^2_{\text{т}}$	7,8					

Как указано авторами (Домашнев, Семенцов, 2009) для многих растений и фосфор, и калий, являясь важными биогенными элементами, имеют зону оптимума, сильно смещенную в сторону высокого их содержания, составляя 200-300 мг/кг почвы, и даже при содержании фосфора и калия свыше 1000 мг/кг признаков угнетения растений не отмечается.

Таким образом, минимальными изменениями эдафических условий характеризовались модельные объекты вдоль Сормовского шоссе в заречной части города, как территории с наименьшим влиянием автодорог на

прилегающие участки. Территории вдоль проспекта Ленина, напротив, по этим показателям можно считать наиболее антропогенно трансформированными.

Зональная неоднородность модельных объектов как природный фактор значимо влияет на изменение кислотности придорожных почв, содержание органического вещества и подвижного фосфора. В свою очередь расстояние от автомагистрали как ведущий фактор оказывает влияние на изменение гранулометрического состава почв (содержание физической глины) и обменного калия.

В пределах 15 м от автомагистралей отмечено значимое изменение физико-химических свойств корнеобитаемого слоя почв, максимум которых зафиксирован на расстоянии 0-3 м. Содержание физической глины здесь наименьшее (9,4-18,2% к массе почвы), рН почвенного раствора свидетельствует о нейтральной и слабощелочной среде (7,4-8,7), содержание гумуса варьирует от 1,3 до 4,2%, концентрация подвижного фосфора (261-358 мг/кг почвы) и обменного калия (238-367 мг/кг почвы) достигает максимальных величин.

3.4. Биологическая активность почв вдоль автомагистралей

Биологическое активностью почв как экологический фактор, определяющий динамику произрастания растительности, до сих пор привлекает внимание многих исследователей (Hoffman, 1959; Галстян, 1977; Галиулин и др., 1996; Ганжара, 2002; Сафонов и др., 2002). В ряду этих исследований и городские почвы, что вполне закономерно, поскольку устойчивое плодородие почв в значительной мере определяется их биологическим потенциалом (Галстян, 1977; Ганжара, 2002).

Одними из показателей биологической активности почв являются целлюлозоразрушающая и суммарная протеазная активность почв (Пятакова,

2008). Процесс разрушения клетчатки (целлюлозоразрушающая активность) – один из важных показателей почвы. Продукты разложения клетчатки представляют собой питательные вещества для различных физиологических групп микроорганизмов, что оказывает большое влияние на формирование в почве микробных ценозов. Разложение целлюлозы имеет отношение к образованию гумуса и прочной структуры почвы.

Целлюлозоразрушающая активность почв продольного профиля в заречной части города в среднем равнялась 13,5%, в нагорной части города была заметно выше – в среднем 18,4%. Интенсивность разложения клетчатки в почве в среднем по городу (10-30%) можно классифицировать как слабую (по шкале Д.Г. Звягинцева (1980)).

В почвах поперечных трансект значения целлюлозоразрушающей активности парковых территорий составляли в заречной части города в среднем 34%, в нагорной – 40% (рис. 3.4.1).

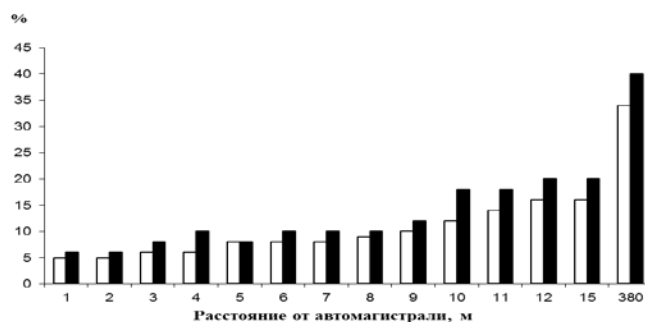


Рисунок 3.4.1. Целлюлозоразрушающая активность почв (%) на разном расстоянии от автомагистрали. Условные обозначения: □ – проспект Ленина, ■ – проспект Гагарина.

Целлюлозоразрушающая активность почв по мере приближения к автомагистралям плавно снижалась в среднем с 12-16% вдоль проспекта Ленина и 18-20% – вдоль проспекта Гагарина в 10-15 м от автодорог до 5 и 6% соответственно на расстоянии 1-3 м.

Таким образом, в почвах парковых территорий интенсивность разложения клетчатки по шкале Д.Г. Звягинцева (1980) можно классифицировать как среднюю (30-50%). Напротив, в непосредственной близости от автомагистралей ее можно оценить как очень слабую (до 10%)

как в заречной части, так и в нагорной частях города, что возможно может быть следствием легкого гранулометрического состава почв вдоль автодорог, а значит и низкой активности почвенной микрофлоры (Галстян, 1977).

Изучая суммарную протеазную активность почв городских территорий, можно судить о деятельности микроорганизмов, а значит, о содержании доступных форм азота в почве (Пятакова, 2008). Протеолитические ферменты играют большую роль в круговороте азота, принимая непосредственное участие в образовании его усвояемых форм.

Значения протеолитической активности почв продольного профиля в заречной части города в среднем составили 16,7%, а в нагорной – 20,1%, что классифицирует ее в среднем по городу как слабую (10-30%).

Значения протеолитической активности почв на удаленных территориях от автомагистралей составили в среднем 32% в заречной части города и 44% – в нагорной (рис. 3.4.2). На расстоянии 1-3 м от полотна автодорог протеолитическая активность почв снижалась в среднем до 10% вдоль проспекта Ленина и до 12-13% – вдоль проспекта Гагарина.

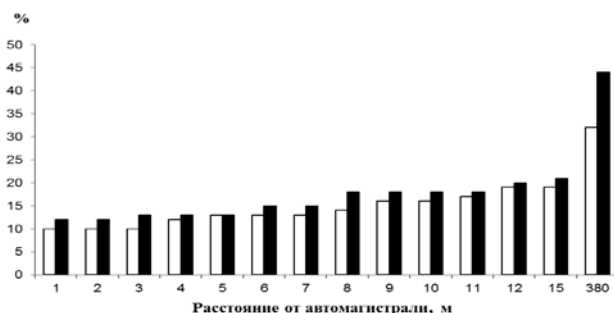


Рисунок 3.4.2. Протеолитическая активность почв (%) на разном расстоянии от автомагистрали. Условные обозначения: □ – проспект Ленина, ■ – проспект Гагарина.

В среднем по городу протеолитическая активность почв, максимально удаленных от автодорог, оценивалась как средняя (30-50%), а почв, прилегающих к автомагистралям, квалифицировалась как слабая (10-30%).

В рамках данных исследований показано, что в почвах придорожных территорий на фоне высокого и очень высокого содержания биогенных элементов наблюдалась низкая биологическая активность почв. Такие результаты можно объяснить тем, что городские почвы отличаются наиболее

высоким содержанием тяжелых металлов, влияние которых в данной работе не учитывалось в силу высокой изученности вопроса. Именно загрязнение токсикантами, как правило, выявляет минимальный уровень биологической активности (Дабахов, Смирнова, 2005; Пятакова, 2008).

Статистический анализ выявил высокие положительные корреляции между расстоянием от автомагистралей и биологической активностью почв. С приближением к автодороге показано значимое снижение ее целлюлозоразрушающей (заречная часть города: $\rho=0,88$, нагорная часть города: $\rho=0,85$, $p<0,05$), а также протеолитической активности (0,86 и 0,94 соответственно, $p<0,05$).

В целом целлюлозолитическая и протеолитическая активность почв продольного профиля вдоль автомагистралей изменялась незначительно и позволяет классифицировать их как почвы со слабой биологической активностью. В отличие от продольного профиля в поперечных трансектах биологическая активность почв меняется более четко. Интенсивность разрушения целлюлозы в среднем с 34-40% на менее нарушенных почвах снижается до 5-6% вблизи автодорог, а протеолитическая активность снижается в среднем с 32-44% в парковой зоне до 10-13% в непосредственной близости от автодороги, что не могло не сказаться в целом в совокупности с другими эдафическими факторами на составе и структуре травянистых сообществ, произрастающих на этих почвах.

Таким образом, эдафические условия, как одни из важнейших для произрастания травянистой растительности в пределах городских территорий, находятся под влиянием как природных, так и антропогенных компонентов. Кислотность почв, содержание гумуса и некоторых биогенных элементов (подвижный фосфор) в наибольшей степени изменялись в связи с зональными особенностями модельных объектов. В продольном профиле

вдоль городских магистралей в заречной части Нижнего Новгорода отмечено незначительное изменение этих показателей, в нагорной – наблюдалось подкисление почв и увеличение содержания органических веществ и биогенных элементов особенно в понижениях рельефа. Динамика рельефа ярче выражена в нагорной части города, что отразилось на снижении рН почв, а также росте органического вещества и содержания биогенных элементов в этих понижениях.

Воздействие антропогенных факторов четко проявлялось по мере приближения к городским автомагистралям. С уменьшением расстояния от автодороги гранулометрический состав почв становился супесчаным (содержание физической глины снижается в 4,4 раза в заречной части города, в 4 раза – в нагорной), наблюдалось подщелачивание почв (показатель рН увеличивается в 1,3 раза в среднем по городу), снижение содержания гумуса (в 2,1 и в 1,4 раза соответственно), целлюлозолитической и протеолитической активности (в 6,5 и 3,1 раза соответственно). При этом четко отмечен рост содержания биогенных элементов (подвижного фосфора в 1,5 раза, обменного калия – в 2,2 в среднем по городу). Наибольшая зависимость от автотранспортного комплекса как антропогенного фактора среды прослеживалась в изменении гранулометрического состава, снижении биологической активности почв и росте содержания в них обменного калия.

ГЛАВА 4. ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТРАВСТОЯ И ЕГО ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИНАМИКА

4.1. Видовой состав и систематическая структура флоры

В составе флоры придорожных территорий выявлено 86 видов сосудистых растений, все представители отдела покрытосеменных, которые относятся к 23 семействам и 64 родам (Приложение). В сравнении с флорой г. Нижнего Новгорода (около 1300 видов) видовой состав сообществ этих территорий очень беден. Основу флоры составляют цветковые растения, среди которых значительное преобладание имеют двудольные (79,1%), видовое богатство однодольных растений в 3 раза меньше (табл. 4.1.1). Высшие споровые растения во флоре придорожных территорий не представлены.

Таблица 4.1.1

Систематическая структура флоры территорий вдоль автомагистралей

Показатели	Сводная флора	Заречная часть города			Нагорная часть города
		Сормовское шоссе	Московское шоссе	Проспект Ленина	Проспект Гагарина
Число семейств	23	17	13	11	12
Число родов	64	37	40	34	27
Число видов	86	46	43	38	32
Двудольные	68 (79,1)	39 (84,8)	34 (79,1)	30 (78,9)	23 (74,2)
Однодольные	18 (20,9)	7 (15,2)	9 (20,9)	8 (21,1)	9 (25,8)

Примечание: в скобках – % от числа таксонов исследованной флоры.

В составе флоры заречной части города вдоль Сормовского шоссе отмечено всего 46 видов, вдоль Московского шоссе выявлено 43 вида растений, вдоль проспекта Ленина – 38 видов. Во флоре нагорной части города вдоль проспекта Гагарина выявлено наименьшее количество травянистых видов (32).

Среди представителей отдела покрытосеменных, как в заречной, так и в нагорной части города доля двудольных растений значительно превышает долю однодольных.

Соотношение однодольных и двудольных во флоре объектов составило вдоль Сормовского шоссе 1:5, во флоре Московского шоссе и проспекта Ленина – 1:3, вдоль проспекта Гагарина такое соотношение равно 1:2, что связано с преобладающей ролью представителей семейства *Poaceae* в процессах формирования травостоя на обочинах автомагистралей.

График связи числа родов и числа видов в роде (рис. 4.1.1) схож с гиперболой Виллиса, что подтверждает одноименное правило (Поздняков, 2005), согласно которому в крупном семействе большинство родов – одновидовые, а основная масса видов сосредоточена в немногих крупных родах (Чайковский, 2008). Наличие моновидовых родов делает флору уязвимой (Никонова и др., 2012).

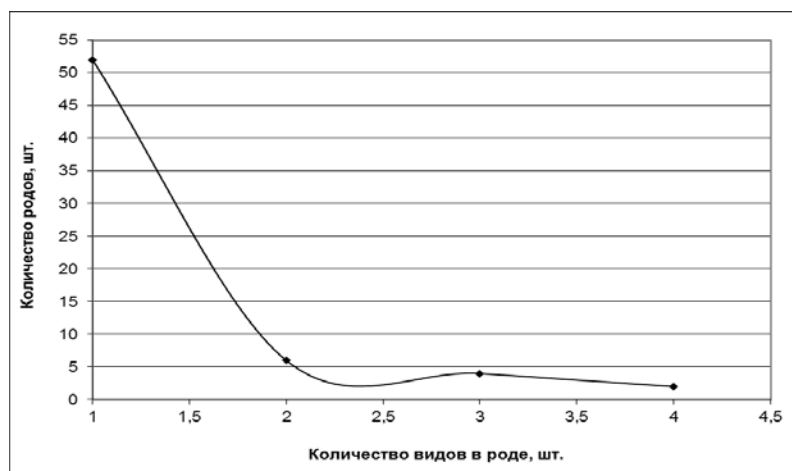


Рисунок 4.1.1. Зависимость между числом видов в роде и числом родов с данным числом видов для 23 семейств.

В травостое исследованных сообществ ведущими являются такие семейства как *Asteraceae* (15 видов), *Poaceae* (15), *Fabaceae* (11), *Rosaceae* (7) и *Brassicaceae* (5) (табл. 4.1.2).

При сравнении таксономической структуры флоры придорожных территорий с флорой г. Нижнего Новгорода (Мининзон, 2011) оказалось, что число видов вышеперечисленных семейств вдоль автодорог достигает 61,6%

от общего числа видов, что значительно больше, чем во флоре г. Нижнего Новгорода (37,7%). Это говорит о том, что условия для формирования растительных сообществ вдоль автодорог являются довольно экстремальными (Жуйкова, 2009).

Таблица 4.1.2

Головной спектр семейств класса *Magnoliophyta*

Сводная флора придорожных территорий вдоль автомагистралей Нижнего Новгорода				Флора Нижнего Новгорода (Мининзон, 2011)			
№	Семейство	Число видов		№	Семейство	Число видов	
		Абс.	%			Абс.	%
1	<i>Asteraceae</i>	15	17,4	1	<i>Asteraceae</i>	186	11,9
2	<i>Poaceae</i>	15	17,4	2	<i>Rosaceae</i>	159	10,1
3	<i>Fabaceae</i>	11	12,8	3	<i>Poaceae</i>	109	6,9
4	<i>Rosaceae</i>	7	8,2	4	<i>Fabaceae</i>	72	4,6
5	<i>Brassicaceae</i>	5	5,8	5	<i>Brassicaceae</i>	66	4,2
6	<i>Lamiaceae</i>	3	3,4	6	<i>Lamiaceae</i>	57	3,6
7	<i>Caryophyllaceae</i>	3	3,4	7	<i>Caryophyllaceae</i>	52	3,3
8	<i>Plantaginaceae</i>	3	3,4	8	<i>Scrophulariaceae</i>	50	3,2
9	<i>Apiaceae</i>	2	2,3	9	<i>Cyperaceae</i>	44	2,8
10	<i>Polygonaceae</i>	2	2,3	10	<i>Apiaceae</i>	35	2,2
11	<i>Scrophulariaceae</i>	2	2,3	11	<i>Polygonaceae</i>	34	2,1
12	<i>Cyperaceae</i>	2	2,3	12	<i>Campanulaceae</i>	14	0,8
13	<i>Campanulaceae</i>	1	1,1	13	<i>Geraniaceae</i>	9	0,5
14	<i>Geraniaceae</i>	1	1,1	14	<i>Plantaginaceae</i>	6	0,3
15	<i>Urticaceae</i>	1	1,1	15	<i>Urticaceae</i>	2	0,1

Анализ семейственного спектра флоры придорожных территорий показывает, что первая триада семейств характерна для эталонных флор Палеарктики, тип флоры – *Fabaceae*-тип («южный», средиземноморско-центральноазиатский) (Хохряков, 2000), хотя таксономическая структура заречной части Нижнего Новгорода свидетельствует о *Cyperaceae*-типе флоры (арктобореально-восточноазиатский), а нагорная часть характеризуется *Rosaceae*-типом флоры (условно-европейский).

Распределение видов по семействам показывает, что во флоре придорожных территорий крупнейшими таксонами являются те же семейства, что и во флоре г. Нижнего Новгорода. Однако их расположение по количеству видов отличается, процент видов в данных семействах на

придорожных территориях заметно повышен. Так, вдоль автодорог в 1,5 раза увеличено процентное содержание видов в семействе *Asteraceae*, что, вероятно, связано с большей адаптацией многих видов сложноцветных к произрастанию в городских условиях. В 2,5 раза увеличено процентное содержание видов в семействе *Poaceae* и в 3,1 раза – в семействе *Fabaceae*.

Напротив, на придорожных территориях снижена доля семейства *Rosaceae* (в 1,2 раза) в сравнении с флорой Нижнего Новгорода. Таким образом, доля участия данного семейства в организации видового богатства снижается с увеличением антропогенной нагрузки (Жуйкова, 2009). Следует отметить, что во флоре вдоль автодорог несколько понижена доля семейства *Cyperaceae* (в 1,2 раза). Это семейство даже не вошло в число 10 ведущих семейств. Следовательно, наши данные подтверждают мнение М.А. Березуцкого (2000) и Е.В. Сафоновой, С.В. Бабкиной (2013) о низкой приспособленности представителей данного таксона к антропогенно нарушенным условиям.

Оценивая флористическое богатство можно отметить, что по числу видов в составе травостоя каждого изученного объекта, также значительно преобладают семейства *Asteraceae*, *Poaceae* и *Fabaceae* (табл. 4.1.3).

На их долю вдоль Сормовского шоссе приходится 50% от общего числа видов в присутствующих семействах. Это характеризует травянистый покров вдоль автодорог с наименьшей нагрузкой как наиболее разнообразный. Вдоль Московского шоссе доля трех головных семейств в сумме составляет 60,4%, вдоль проспекта Гагарина – 59,3% от общего числа видов. Вдоль перегруженных автотранспортом магистралей этот показатель заметно возрастает – вдоль проспекта Ленина он составляет 70,9% от общего числа видов, зарегистрированных на обследованной территории, что свидетельствует о более низком видовом богатстве этих территорий.

Число монотипных семейств в исследованной флоре довольно высоко. Так, на территории вдоль Сормовского шоссе доля монотипных семейств

составляла 18,9%, вдоль Московского шоссе – 11,5%, вдоль проспекта Ленина – 15,6%. Вдоль проспекта Гагарина этот показатель равен 18,6%. Следует отметить, что доля монотипных семейств, как правило, возрастает с увеличением антропогенной нагрузки на растительные сообщества (Борисова, 2007), что может наблюдаться и на придорожных территориях.

Таблица 4.1.3

**Таксономическая структура травянистых сообществ
придорожных территорий**

Семейство	Заречная часть города						Нагорная часть города	
	Сормовское шоссе		Московское шоссе		Проспект Ленина		Проспект Гагарина	
	Число видов							
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
<i>Asteraceae</i>	10	21,7	10	23,2	14	36,8	9	28,1
<i>Poaceae</i>	7	15,3	9	20,9	8	21,0	6	18,7
<i>Fabaceae</i>	6	13,0	7	16,3	5	13,1	4	12,5
<i>Rosaceae</i>	5	10,9	2	4,6	-	-	3	9,4
<i>Polygonaceae</i>	2	4,3	2	4,6	2	5,3	1	3,1
<i>Brassicaceae</i>	-	-	3	6,9	3	7,9	1	3,1
<i>Chenopodiaceae</i>	1	2,1	2	4,6	1	2,6	2	6,2
<i>Plantaginaceae</i>	1	2,1	3	6,9	1	2,6	1	3,1
<i>Ranunculaceae</i>	3	6,5	-	-	-	-	-	-
<i>Lamiaceae</i>	2	4,3	-	-	-	-	1	3,1
<i>Rubiaceae</i>	2	4,3	1	2,3	1	2,6	-	-
<i>Cyperaceae</i>	-	-	-	-	-	-	2	6,2
<i>Caryophyllaceae</i>	1	2,1	-	-	-	-	-	-
<i>Apiaceae</i>	1	2,1	-	-	1	2,6	1	3,1
<i>Convolvulaceae</i>	1	2,1	1	2,3	1	2,6	1	3,1
<i>Scrophulariaceae</i>	1	2,1	1	2,3	1	2,6	-	-
<i>Urticaceae</i>	1	2,1	1	2,3	-	-	-	-
<i>Geraniaceae</i>	1	2,1	-	-	-	-	-	-
<i>Campanulaceae</i>	1	2,1	-	-	-	-	-	-
<i>Solanaceae</i>	-	-	1	2,3	-	-	-	-

Флористический спектр лишь в «головной части» совпадает для всех объектов исследования (табл. 4.1.4).

На фоне преобладания семейств *Asteraceae*, *Poaceae* и *Fabaceae* лишь вдоль Сормовского шоссе и проспекта Гагарина наблюдается господство семейства *Rosaceae*, которое занимает 4-е ранговое место. Ранг этого

семейства снижается до 5-го места вдоль Московского шоссе, а вдоль проспекта Ленина его присутствие не обнаружено.

Таблица 4.1.4

Семейственный спектр травянистых сообществ изученных территорий

Заречная часть города						Нагорная часть города	
Сормовское шоссе		Московское шоссе		Проспект Ленина		Проспект Гагарина	
№	Семейство	№	Семейство	№	Семейство	№	Семейство
1	<i>Asteraceae</i>	1	<i>Asteraceae</i>	1	<i>Asteraceae</i>	1	<i>Asteraceae</i>
2	<i>Poaceae</i>	2	<i>Poaceae</i>	2	<i>Poaceae</i>	2	<i>Poaceae</i>
3	<i>Fabaceae</i>	3	<i>Fabaceae</i>	3	<i>Fabaceae</i>	3	<i>Fabaceae</i>
4	<i>Rosaceae</i>	4	<i>Brassicaceae</i>	4	<i>Brassicaceae</i>	4	<i>Rosaceae</i>
5	<i>Ranunculaceae</i>	5	<i>Plantaginaceae</i>	5-6	<i>Polygonaceae</i>	5-6	<i>Chenopodiaceae</i>
6-8	<i>Polygonaceae</i>	6	<i>Rosaceae</i>	5-6	<i>Chenopodiaceae</i>	5-6	<i>Cyperaceae</i>
6-8	<i>Lamiaceae</i>	7-8	<i>Polygonaceae</i>	7-11	<i>Plantaginaceae</i>	7-13	<i>Polygonaceae</i>
6-8	<i>Rubiaceae</i>	7-8	<i>Chenopodiaceae</i>	7-11	<i>Rubiaceae</i>	7-13	<i>Brassicaceae</i>
9-17	<i>Chenopodiaceae</i>	9-13	<i>Rubiaceae</i>	7-11	<i>Apiaceae</i>	7-13	<i>Plantaginaceae</i>
9-17	<i>Plantaginaceae</i>	9-13	<i>Convolvulaceae</i>	7-11	<i>Convolvulaceae</i>	7-13	<i>Lamiaceae</i>
9-17	<i>Caryophyllaceae</i>	9-13	<i>Scrophulariaceae</i>	7-11	<i>Scrophulariaceae</i>	7-13	<i>Apiaceae</i>
9-17	<i>Geraniaceae</i>	9-13	<i>Urticaceae</i>			7-13	<i>Convolvulaceae</i>
9-17	<i>Scrophulariaceae</i>	9-13	<i>Solanaceae</i>			7-13	<i>Juncaceae</i>
9-17	<i>Apiaceae</i>						
9-17	<i>Convolvulaceae</i>						
9-17	<i>Campanulaceae</i>						
9-17	<i>Urticaceae</i>						

Напротив, вдоль Московского шоссе и проспекта Ленина повышается роль семейств *Brassicaceae* и *Plantaginaceae*, которые занимали 4-е место во флоре, но были слабо представлены вдоль проспекта Гагарина и Сормовского шоссе. Отмечается, что повышенное 4-е место семейства *Brassicaceae* во флористическом спектре указывает на довольно экстремальный характер условий, в которых оказались растения исследованных территорий (Хохряков, 2000). Как показывают публикации А.П. Хохрякова (2000) и М.А. Борисовой (2002), *Brassicaceae*-тип (экстремальный), в целом присущ флорам урбанизированных территорий.

Таким образом, флора придорожных территорий характеризуется бедным составом – отмечено всего 86 видов цветковых травянистых растений с преобладанием двудольных. Наибольшим богатством

характеризуется флора вдоль Сормовского шоссе (46 видов), а наименьшим – вдоль проспекта Ленина (38 видов) и проспекта Гагарина (32 вида), которые отличаются наибольшей автотранспортной нагрузкой.

Ведущими семействами во флоре являются Asteraceae, Poaceae и Fabaceae, тип флоры придорожных территорий оценивается как Fabaceae-тип. Во флоре модельных объектов в сравнении с полной флорой Нижнего Новгорода повышена доля участия семейств Asteraceae и Poaceae, но снижена роль семейств Rosaceae и Cyperaceae. Довольно высокое число монотипных семейств (11,5-18,9% от общего количества семейств) и монотипных родов (81,3%) свидетельствует об экстремальных условиях вегетации растительных сообществ.

4.2. Анализ сходства видового состава травянистых сообществ вдоль автомагистралей

Анализ флористического сходства, проведенный с использованием коэффициента Жаккара (K_j) (рис. 4.2.1) показал, что степень сходства состава травянистых сообществ довольно низкая ($< 0,5$), то есть видовой состав вдоль каждого из исследуемых объектов достаточно специфичен. Наибольшим сходством обладают флоры заречной части города (вдоль Сормовского, Московского шоссе и проспекта Ленина), что вполне логично. Наибольшим своеобразием обладала флора вдоль проспекта Гагарина – единственная из нагорной части города.

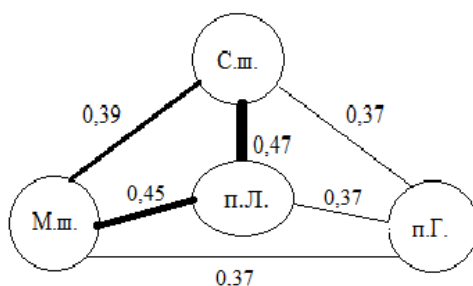


Рисунок 4.2.1. Схема сходства флористического состава территорий вдоль автомагистралей на основании коэффициента Жаккара. Условные обозначения: С.ш. – Сормовское шоссе, М.ш. – Московское шоссе, п.Л. – проспект Ленина, п.Г. – проспект Гагарина.

Кластерный анализ сходства флористического состава сообществ продольного профиля каждой из трансект вдоль автомагистралей показал сходную картину (рис. 4.2.2): флористические списки трансект вдоль Сормовского, Московского шоссе и проспекта Ленина схожи и объединяются в одну группу, что можно рассматривать как подтверждение зональной дифференциации флоры. При этом на части трансект (25-30) вдоль проспекта Ленина состав их травянистых сообществ выделялись обособленно и имели большее сходство со списками видов растений трансект вдоль проспекта Гагарина (36-45). Подобное распределение можно трактовать как нарушение зональности флоры под влиянием антропогенных факторов, что подтверждается наибольшими изменениями эдафических условий вдоль проспекта Ленина. Флористический состав трансект вдоль проспекта Гагарина наиболее обособлен и выделяется в отдельную группу – единственную из нагорной части города.

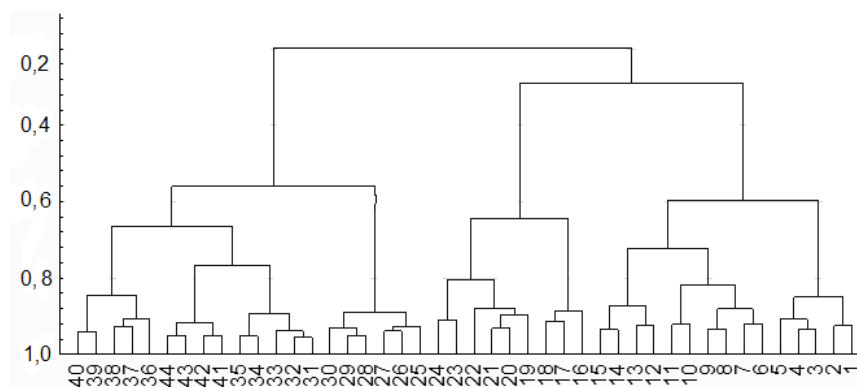


Рисунок 4.2.2. Дендрограмма сходства флористического состава на трансектах вдоль автомагистралей на основании коэффициента Жаккара. Здесь и далее номера трансект: 1-10 – Сормовское шоссе, 11-20 – Московское шоссе, 21-30 – проспект Ленина, 31-45 – проспект Гагарина. По ординат – расстояние объединения.

Анализ сходства видового состава доминирующих видов травостоя показал сходную картину (рис. 4.2.3). Так же, как и анализ общего состава, рассмотрение сходства доминирующих видов позволяет выделить две основные группы: заречной части города и нагорной, в составе которой обособляется наиболее трансформированная группа вдоль проспекта Ленина.

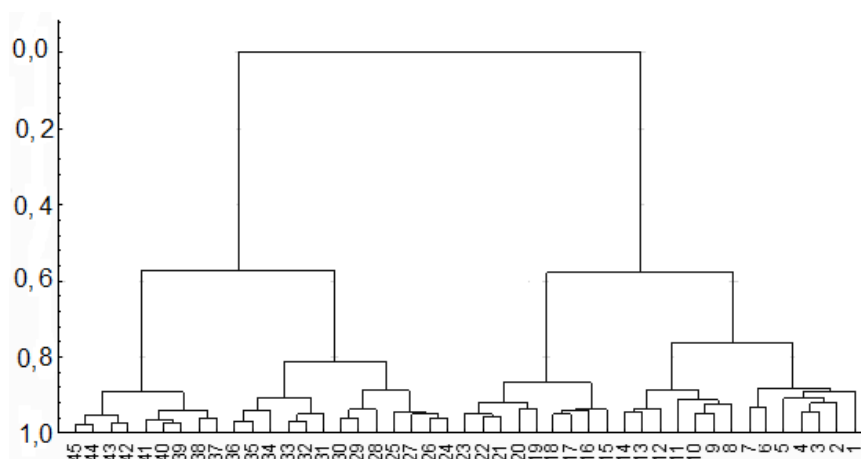


Рисунок 4.2.3. Дендрограмма сходства флористического состава доминирующих видов на трансектах вдоль автомагистралей на основании коэффициента Жаккара. Условные обозначения: 1-10 – Сормовское шоссе, 11-20 – Московское шоссе, 21-30 – проспект Ленина, 31-45 – проспект Гагарина. По оси ординат – расстояние объединения.

Таким образом, сходство состава доминирующих видов фитоценозов подтверждает закономерности, установленные при анализе сходства общего флористического состава сообществ вдоль автомагистралей города.

Анализ сходства видового состава сообществ отдельных трансект вдоль каждого из продольных профилей модельных объектов (рис. 4.2.4)

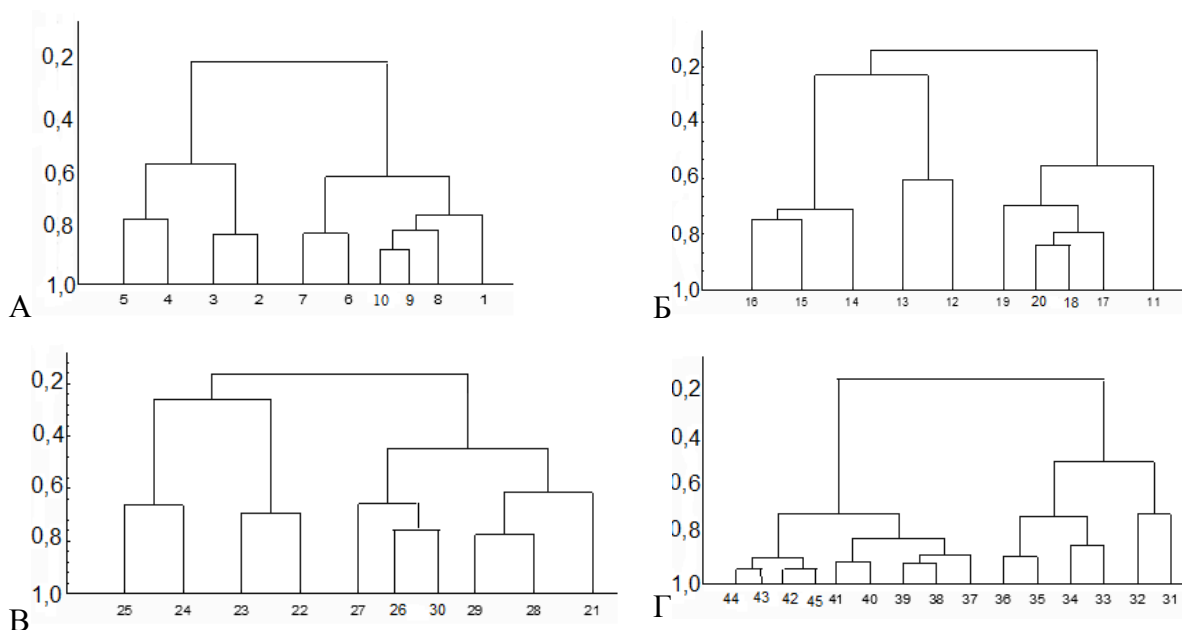


Рисунок 4.2.4. Дендрограммы сходства флористического состава травостоя вдоль автомагистралей на основании коэффициента Жаккара: А-Сормовское шоссе, Б-Московское шоссе, В-проспект Ленина, Г-проспект Гагарина. По оси ординат – расстояние объединения.

на основании коэффициента Жаккара показал, что в единую группу в заречной части города объединяются трансекты, расположенные вблизи второстепенных дорог (1, 6-9 вдоль Сормовского и 11, 17-19 Московского шоссе) и дорог-дублеров (трансекты 21, 26-29 вдоль проспекта Ленина), испытывающих сильное антропогенное влияние, что с некоторыми отклонениями подтверждается анализ почвенных условий продольного профиля. Видовой состав травянистого покрова на данных трансектах характеризуется наибольшими изменениями и заметно отличается от видового состава трансект 2-5; 12-16; 22-25, которые располагаются вдоль автомагистралей на сравнительно однородных участках. В нагорной части города можно выделить единую группу трансект (31-36), которые располагаются на однородных выравненных участках, а также трансекты 37-45, размещающиеся на участках с четко выраженной динамикой микрорельефа, что полностью подтверждается изменением гранулометрического состава почв, показателя pH и содержания биогенных элементов. Таким образом, выделяемые флористические группы продольного профиля в целом по городу очень близки к группам почвенных показателей, что свидетельствует о наличии связи между флористическим составом травостоя и эдафическими условиями его произрастания.

На основании анализа сходства доминирующих видов растений в травостое продольного профиля всех придорожных территорий неоднородность выражается в наличие двух-трех групп, различающихся по видовому составу.

Таким образом, анализ сходства флористического состава модельных объектов показал их зональную неоднородность, что связано с расположением в разных природно-климатических зонах. Состав доминирующих видов наиболее сходен в сообществе одной природной зоны и заметно различается

с учетом зональных различий условий формирования состава флор Нагорья и Заречья.

Характер распределения общего видового состава и состава доминирующих видов вдоль автомагистралей подчиняется геоморфологическим и эдафическим особенностям модельных объектов.

4.3. Экологическая структура флоры

4.3.1. Соотношение эдафотопических групп во флоре

Известно, что интенсивность антропогенного воздействия на экосистемы целесообразно измерять не в параметрах самих воздействий, а в параметрах состояния биоценозов (Васильев, 1998). Рассмотрим соотношение эдафотопических групп модельных объектов (Флора..., 1994).

В травостое придорожных территорий виды-мезотрофы заметно преобладали (51,2-71,9%) (табл. 4.3.1.1). Это такие виды, как *Taraxacum officinale*, *Achillea millefolium*, *Cichorium intybus*, *Dactylis glomerata*, *Bromopsis inermis*, *Poa pratensis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Geum urbanum*, *Plantago major*, *Polygonum aviculare* и др.

Таблица 4.3.1.1

Соотношение эдафотопических групп во флоре придорожных территорий

Эдафотопическ е группы	Заречная часть города						Нагорная часть города	
	Сормовское шоссе		Московское шоссе		Проспект Ленина		Проспект Гагарина	
	Число видов							
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Олт	8	17,4	7	16,3	9	23,7	4	12,5
Мзт	33	71,7	22	51,2	22	57,9	23	71,9
Эт	5	10,9	13	30,2	6	15,8	4	12,5
НТ	0	0	0	0	0	0	0	0
КЦ	0	0	1	2,3	1	2,6	1	3,1

Условные обозначения: Олт – олиготрофы, Мзт – мезотрофы, Эт – эвтрофы, НТ – нитрофилы, КЦ – кальциефилы.

Участие олиготрофов менее значительно (12,5-23,7%) (*Tanacetum vulgare*, *Calamagrostis epigeios*, *Elytrigia repens*, *Berteroa incana* и др.), как и участие эвтрофов (10,9-30,2%) таких, как *Arctium tomentosum*, *Phleum pratense*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens* и др.

При сопоставлении 4 групп данных из таблицы 4.3.1.1 критерий χ^2 составил 87,5, что означает статистически значимые различия ($p < 0,001$) между сравниваемыми флорами.

В составе флор модельных объектов на разном расстоянии от автомагистралей наблюдалось преобладание видов-мезотрофов (рис. 4.3.1.1). Причем в заречной части города (Сормовское шоссе и проспект Ленина) отмечалось некоторое снижение мезотрофов на расстоянии 3-5 м и на расстоянии 1-3 м (Московское шоссе). В нагорной части города снижение участия мезотрофов наблюдалось на расстоянии 5-7 м от автодороги.

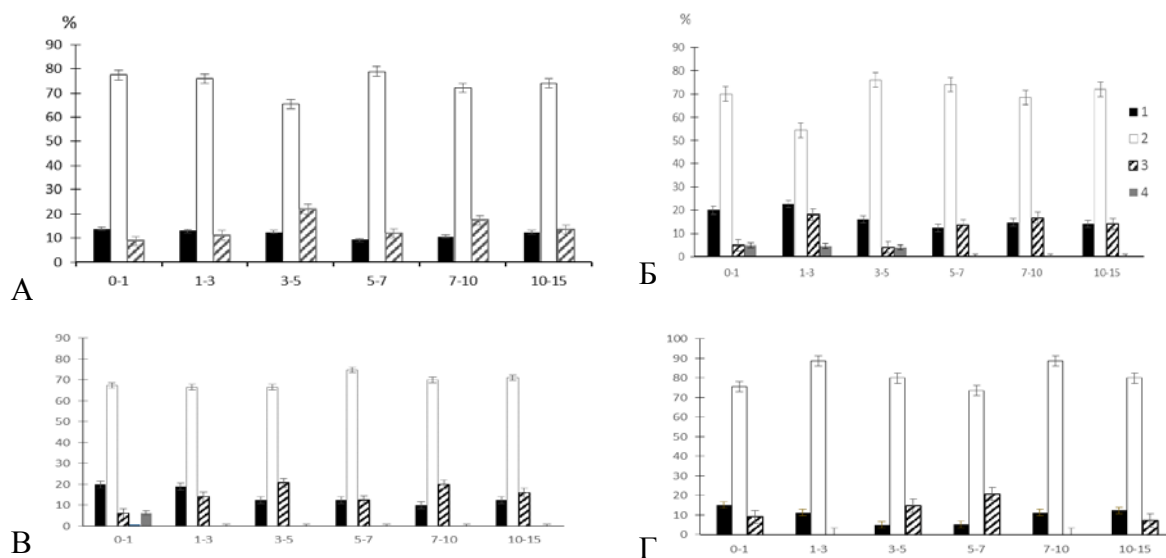


Рисунок 4.3.1.1. Соотношение эдафотопических групп (%) в составе травостоя модельных объектов на разном расстоянии от автомагистралей: А – Сормовское шоссе, Б – Московское шоссе, В – проспект Ленина, Г – проспект Гагарина. По оси абсцисс – расстояние от автомагистрали (м), по оси ординат – соотношение видов (%). Условные обозначения: 1 – олиготрофы, 2 – мезотрофы, 3 – эвтрофы, 4 – кальциефилы.

Изучение связи эдафотопических групп с почвенными условиями показало, что доля мезотрофов во флоре снижалась с ростом содержания гумуса (Сормовское шоссе: $\rho = -0,7$, $p < 0,05$; проспект Гагарина: $\rho = -0,5$, $p < 0,05$). Таким образом, с приближением к автодороге на почвах с

пониженным содержанием гумуса доля участия мезотрофов в организации состава растительных возрастала.

Также показано, что на почвах придорожных территорий с низкой целлюлозолитической активностью наблюдалось увеличение олиготрофных видов в травостое ($\rho = -0,6$, $p < 0,05$).

Таким образом, соотношение эдафотопических групп во флоре придорожных территорий в большей степени определялось зональными факторами (то есть приуроченность тех или иных видов к сообществам низинного Заволжья или возвышенного Правобережья).

Однако, по мере приближения к автомагистралям на почвах с низким содержанием органических веществ и слабой биологической активностью на фоне преобладания конкурентоспособных мезотрофов (67,5-80% от общего количества видов) возрастала доля участия олиготрофных видов (в 1,3 раза в заречной части города и в 1,2 – в нагорной) и снижалась доля эвтрофов (в 2,3 и 1,6 раза соответственно).

4.3.2. Соотношение гидротопических групп во флоре

Соотношение гидротопических групп флоры является важнейшей характеристикой условий водного режима произрастания растений и значимой частью экологического режима (Флора..., 1994; Пятакова, 2008).

На всех модельных объектах (табл. 4.3.2.1) преобладали виды-мезофиты (44,7-53,2%), такие, например, как *Taraxacum officinale*, *Artemisia vulgaris*, *Tussilago farfara*, *Bromopsis inermis*, *Trifolium pratense*, *Capsella bursa-pastoris* и др., высока оказалась также доля участия ксеромезофитов (28-30,3%) (*Polygonum aviculare*, *Linaria vulgaris*, *Leonurus quinquelobatus* и др.). Участие ксерофитов (*Galium verum*, *Berteroa incana*, *Calamagrostis epigeios*) в формировании состава сообществ заметно ниже (2,3-7,9%).

Таблица 4.3.2.1

**Соотношение гидротопических групп во флорах травянистых сообществ
вдоль автомагистралей**

Гидротопическ е группы	Заречная часть города						Нагорная часть города	
	Сормовское шоссе		Московское шоссе		Проспект Ленина		Проспект Гагарина	
	Число видов							
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
М	21	45,5	22	51,2	17	44,7	17	53,2
МК	6	13	3	7	4	10,5	3	9,4
КМ	14	30,3	12	28	12	31,6	9	28,1
К	1	2,3	2	4,6	3	7,9	-	-
МГ	1	2,3	1	2,3	-	-	1	3,1
ГМ	2	4,3	2	4,6	2	5,3	1	3,1
Г	-	-	-	-	-	-	1	3,1
ГД	1	2,3	1	2,3	-	-	-	-

Условные обозначения: М – мезофиты, МК – мезоксерофиты, КМ – ксеромезофиты, К – ксерофиты, МГ – мезогигрофиты, ГМ – гигромезофиты, Г – гигрофиты, ГД – гидрофиты.

Оказалось, что на уровне значимости 0,001, $\chi^2=9,8$ между сравниваемыми флорами различия отсутствуют и для оценки динамики этого показателя их можно объединить (рис. 4.3.2.1).

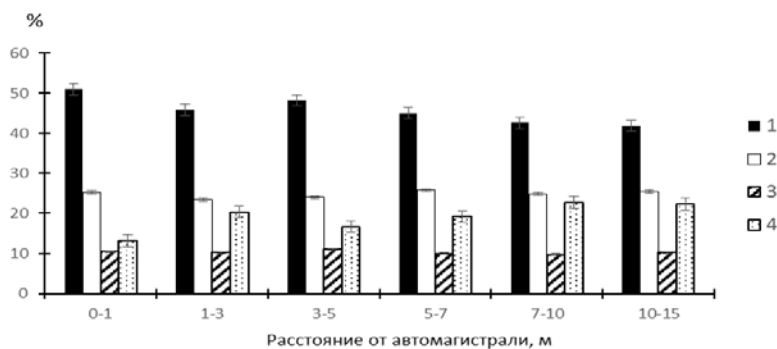


Рисунок 4.3.2.1. Соотношение гидротопических групп (%) в травостое на разном расстоянии от автомагистралей. Условные обозначения: 1 – мезофиты, 2 – мезоксерофиты, 3 – ксеромезофиты, 4 – ксерофиты.

Как видно из рисунка 4.3.2.1, по мере приближения к автомагистралям наблюдалась тенденция увеличения доли участия мезофитов в травостое придорожных территорий. На фоне снижения числа ксерофитных видов, результат подтверждает мнение (Прудникова, 2011), что в городских условиях происходит усиление позиций мезофитных видов, так как

большинство из них обладают широкой экологической пластичностью. Также это вероятно может быть связано со снижением количества физической глины в почвах вдоль автодорог, что подтверждается наличием значимой отрицательной корреляции ($\rho = -0,8$, $p < 0,05$), а также изменением реакции почвенного раствора в сторону щелочности ($\rho = 0,89$, $p < 0,05$).

Таким образом в составе травостоя модельных объектов преобладали мезофиты с широкой экологической пластичностью, причем доля их участия в 1,2 раза возрастала по мере приближения к автомагистралям, что вероятно связано с преобладанием легких по гранулометрическому составу почв (песчаные и супесчаные) со слабощелочной реакцией среды.

4.3.3. Биоморфологическая структура флоры

Среди биологических типов травостоя наблюдалось преобладание многолетних травянистых форм, что отвечает «биологическому спектру» К.Раункиера (Культиасов, 1982) во флоре умеренной зоны Евразии.

На территориях вдоль автомагистралей в составе растительных сообществ отмечалось преобладание гемикриптофитов (табл. 4.3.3.1).

Таблица 4.3.3.1

Соотношение биоморф вдоль автомагистралей по системе К. Раункиера

Био- морф ы	Заречная часть города						Нагорная часть города	
	Сормовское шоссе		Московское шоссе		Проспект Ленина		Проспект Гагарина	
	Число видов							
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
ХТ	1	2,1	-	-	-	-	-	-
Гф	5	10,9	8	18,6	5	13,1	9	28,1
Гк	35	76,1	28	65,1	27	71,1	20	62,5
Т	5	10,9	7	16,3	6	15,8	3	9,4

Условные обозначения: Хт – хамефиты травянистые, Гф – геофиты, Гк – гемикриптофиты, Т – терофиты.

Участие в травянистом покрове терофитов снижено, среди этой группы отмечены такие виды, как *Capsella bursa-pastoris*, *Sisymbrium officinale*, *Lepidium ruderae*, *Polygonum aviculare*, *Atriplex patula*, *Stellaria media* и др.

При отсутствии значимых различий целесообразно рассматривать флору модельных объектов на предмет изучения биоморфологической структуры как единое целое (рис. 4.3.3.1).

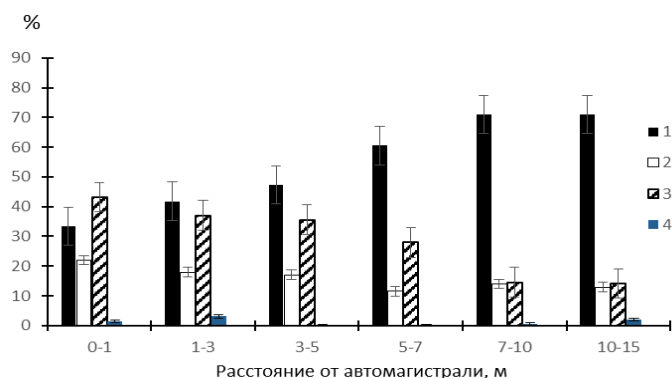


Рисунок 4.3.3.1. Соотношение биоморф (%) по К. Раункиеру в травостое на разном расстоянии от автомагистрали. Условные обозначения: 1 – гемикриптофиты, 2 – геофиты, 3 – терофиты, 4 – хамефиты.

По мере приближения к автомагистралям в составе ценозов заметно снижалась доля гемикриптофитов: с 71% на расстоянии 10-15 м до 33,4-41,8% – на расстоянии 0-3 м. При этом доля терофитов меняется в противоположном направлении: с 14,1-14,6% на расстоянии 10-15 м до 37,1-43,2% – на расстоянии 0-3 м. Наличие однолетних форм растений свидетельствует о непостоянстве флористического состава травянистого покрова, поскольку только в условиях слабой конкуренции со стороны многолетних форм возможен активный самосев и их развитие.

По мере приближения к автодороге на слабощелочных почвах с низким содержанием физической глины доля участия терофитов в формировании состава сообществ возрастала. Это подтверждается наличием статистически значимой положительной корреляции между кислотностью почв и количеством терофитов ($r=0,8$, $p<0,05$), и отрицательной корреляцией между

содержанием физической глины в почвах и количеством терофитов ($\rho=-0,7$, $p<0,05$).

Анализ списка видов по типу жизненных форм с использованием системы И.Г. Серебрякова (1962) показал, что в заречной части города травянистые поликарпические растения преобладают над монокарпическими (табл. 4.3.3.2).

Таблица 4.3.3.2

**Соотношение жизненных форм во флорах травянистых сообществ
вдоль автомагистралей по системе И.Г. Серебрякова**

Жизне нные формы	Заречная часть города						Нагорная часть города	
	Сормовское шоссе		Московское шоссе		Проспект Ленина		Проспект Гагарина	
	Число видов							
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Травянистые поликарпики								
С.кор.	10	21,7	5	11,6	8	21,0	5	15,7
К.кор.	10	21,7	6	13,9	2	5,3	4	12,5
К.крщ.	2	4,4	2	4,7	1	2,7	-	-
Д.крщ.	8	17,4	8	18,6	6	15,8	8	25,0
Пл.кст.	-	-	2	4,7	1	2,7	-	-
Рх.кст.	3	6,5	4	9,3	4	10,5	4	12,5
Стлн.	2	4,3	1	2,3	-	-	1	3,1
Полз.	2	4,3	-	-	2	5,3	2	6,2
К.отпр.	3	6,5	5	11,6	3	7,9	3	9,4
Лн.	-	-	1	2,3	-	-	-	-
Травянистые монокарпики								
Мн.	-	-	-	-	-	-	-	-
Дв.	1	2,3	2	4,7	5	13,1	2	6,2
Одн.	5	10,9	7	16,3	6	15,7	3	9,4

Условные обозначения: травянистые поликарпики: С.кор. – стержнекорневые, К.кор. – кистекарпические, К.крщ. – короткокорневищные, Д.крщ. – длиннокорневищные, Пл.кст. – плотнокустовые, Рх.кст. – рыхлокустовые, Стлн. – столонообразующие, Полз. – ползучие, К.отпр. – корнеотпрысковые, Лн. – лиановидные. Травянистые монокарпики: Мн. – многолетние, Дв. – двулетние, Одн. – однолетние.

Из выделенных поликарпических видов наибольшей вегетативной подвижностью обладают длиннокорневищные такие, как *Achillea millefolium*, *Tussilago farfara*, *Bromopsis inermis*, *Elytrigia repens*, *Calamagrostis epigeios*, *Urtica dioica*, *Vicia crassa* и корнеотпрысковые виды, например, *Linaria vulgaris*, *Convolvulus arvensis*, *Sonchus arvensis*, *Cirsium arvense* и др.

Вегетативно подвижных видов больше отмечено в травостое вдоль проспекта Гагарина (суммарно по двум группам 34,4%), чуть меньше – вдоль Московского шоссе (30,2%), менее всего – вдоль Сормовского шоссе и проспекта Ленина (23,9 и 23,7% соответственно). Рост значения длиннокорневищных видов может быть связан с нарушенностью территории, так как они зачастую доминируют на первых стадиях сукцессионного восстановления поврежденных земель (Жуйкова, 2009).

Вегетативно малоподвижными считаются стержнекорневые виды (*Taraxacum officinale*, *Artemisia vulgaris*, *Artemisia absintium*, *Cichorium intybus*, *Potentilla argentea*, *Leonurus quinquelobatus*), а также рыхло- и плотнодерновинные: *Agrostis tenuis*, *Festuca pratensis*, *Alopecurus pratensis*, *Poa pratensis*. Таких видов более всего отмечено во флоре вдоль Московского шоссе (14%), чуть меньше – вдоль проспекта Ленина и Гагарина (13,2 и 12,5% соответственно), меньше всего – вдоль Сормовского шоссе (6,5%).

Монокарпические растения представляют двулетние и однолетние виды. Причем можно отметить некоторое увеличение количества двулетников: вдоль Сормовского шоссе доля двулетних видов незначительна (2,3%), вдоль Московского шоссе – несколько выше (4,7%), вдоль проспекта Ленина – максимальна (13,1%). То же характерно и для однолетних видов: вдоль Сормовского шоссе доля однолетников составляет 10,9%, вдоль Московского шоссе – 16,3%, а вдоль проспекта Ленина – 15,7%.

Среди монокарпических видов вдоль проспекта Гагарина отмечалось некоторое снижение двулетних (6,2%) и однолетних (9,4%) по сравнению с аналогичными данными в заречной части города.

Статистически значимые различия в соотношении жизненных форм между четырьмя модельными объектами отсутствовали (при уровне значимости 0,001 расчетные значения критерия $\chi^2=19,1$ значительно ниже табличных). Для выявления придорожных эффектов группы данных возможно было объединить.

По мере приближения к автомагистралям наблюдалось, прежде всего, возрастание, доли стержнекорневых форм растений: на расстоянии 10-15 м от автодороги – 12,0-12,1%, на расстоянии 5-7 м – 13,9-14,7%, а на расстоянии 0-3 м – 15-15,3% (рис. 4.3.3.2).

Строение корневой системы таких растений отражает экологические и механические свойства субстрата. Количество видов со стержневой корневой системой увеличивалось, как правило, на территориях с сухими маломощными почвами. Это подтверждается наличием статистически значимой корреляции между содержанием физической глины в почвах и количеством стержнекорневых видов ($\rho = -0,8$, $p < 0,05$). По-видимому, в данных условиях растения могут успешно существовать благодаря именно специфическому типу строения глубоко проникающей корневой системы.

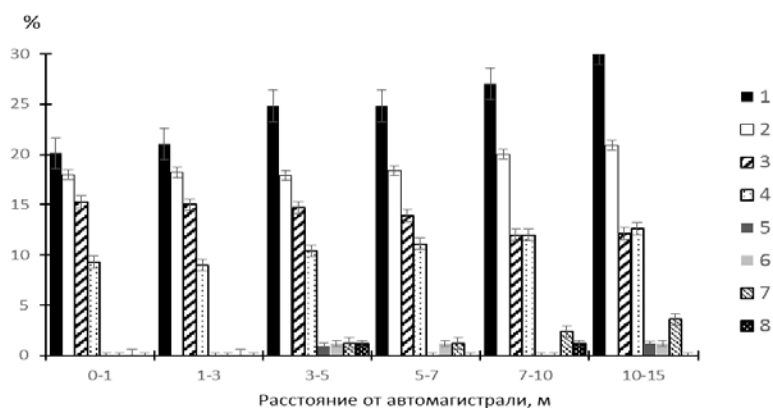


Рисунок 4.3.3.2. Соотношение жизненных форм видов (%) по И.Г. Серебрякову в травостое на разном удалении от автомагистралей. Условные обозначения: 1 – корневищные, 2 – кистекорневые, 3 – стержнекорневые, 4 – кустовые, 5 – столононосные, 6 – ползучие, 7 – корнеотпрысковые, 8 – лианы.

На фоне преобладания корневищных видов в травостое вдоль автомагистралей их доля, напротив, снижалась: на расстоянии 10-15 м она составляет 27,0-30,5%, на расстоянии 5-7 м – 24,8%, а на расстоянии 0-3 м от автодорог – 20,1-21,0%. Нужно отметить, что в полосе от 0 до 3 м ползучие и корнеотпрысковые виды были вовсе не представлены.

Таким образом, биоморфологический анализ флоры придорожных территорий показал, что вдоль автомагистралей наблюдалось преобладание видов гемикриптофитов, число которых на супесчаных и щелочных почвах вблизи автомагистралей снижалось в 2,1 раза и увеличивалась доля геофитов в 1,7 раз и терофитов – в 3 раза, как видов, наиболее приспособленных к экстремальным эдафическим условиям произрастания.

Анализ жизненных форм свидетельствует о том, что с приближением к автомагистралям наблюдалось снижение участия корневищных форм в 1,5 раза, но увеличение в 1,3 раза доли стержнекорневых травянистых растений, приуроченных к легким супесчаным почвам придорожных территорий.

На экологическую структуру флоры придорожных территорий в большей степени влияют геоморфологическая и эдафотопическая неоднородность территорий города как ведущие факторы существования растительности. Однако с уменьшением расстояния от полотна автодорог влияние антропогенных факторов городской среды начинают заметно усиливаться. Трансформированные городские почвы с низким содержанием органических веществ и слабой биологической активностью заселялись олиготрофными видами, снижалась доля эвтрофов; легкие по гранулометрическому составу почвы со слабощелочной реакцией среды способствовали развитию мезофитов.

Биоморфологический анализ состава травостоя придорожных территорий показал особенности адаптивной морфологии и развития видов: увеличивалось количество терофитов и стержнекорневых жизненных форм растений, что также объясняется динамикой эдафотопических условий.

Таким образом, в стрессовых условиях вдоль автомагистралей формируется своеобразный травянистый покров, в котором по мере приближения к автодороге сорные монокарпические виды начинают преобладать над многолетними корневищными мезофитами. При этом

геоморфологическая неоднородность объектов больше влияет на видовой состав травостоя, чем на его структуру.

4.4. Эколого-ценоморфный анализ травянистого покрова

Важное практическое значение в целях фитоиндикации не только придорожных, но и других территорий имеет ценоморфный анализ видов в составе флоры с целью выделения групп видов, входящих в состав коренных, а также синантропных растительных сообществ (Вопросы экологии ..., 1995; Борисова, 2002) (табл. 4.4.1).

В травянистом покрове вдоль автомагистралей на долю пратантов – луговых видов, ценотический оптимум которых находится в коренных луговых сообществах, приходится более трети состава. Отмечены такие виды, как *Achillea millefolium*, *Tanacetum vulgare*, *Festuca rubra*, *Bromopsis inermis*, *Poa pratensis*, *Trifolium pratense*, *Linaria vulgaris* и др.

Таблица 4.4.1

Соотношение ценоморф во флорах травянистых сообществ вдоль автомагистралей

Цено морф ы	Заречная часть города						Нагорная часть города	
	Сормовское шоссе		Московское шоссе		Проспект Ленина		Проспект Гагарина	
	Число видов							
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Ru	11	23,7	14	32,6	14	36,8	7	21,9
Pr	17	36,7	14	32,6	12	31,6	12	37,5
PrRu	4	8,7	6	13,9	4	10,5	5	15,6
PrSl	3	6,8	2	4,6	2	5,3	0	0
Sl	2	4,4	0	0	0	0	2	6,3
SlRu	5	10,6	5	11,7	3	7,9	5	15,6
SlPr	3	6,8	1	2,3	2	5,3	1	3,1
St	1	2,3	1	2,3	1	2,6	0	0

Условные обозначения: Ru – Рудеранты, Pr – Пратанты, PrRu – Пратанты-рудеранты, PrSl – Пратанты-сильванты, Sl – Сильванты, SlRu – Сильванты-рудеранты, SlPr – Сильванты-пратанты, St – Степанты.

Значительную долю в травостое занимают рудеранты (21,9-36,8%). Среди них отметим: *Cirsium arvense*, *Artemisia vulgaris*, *Capsella bursa-*

pastoris, *Potentilla argentea*, *Plantago major*, *Poligonum aviculare*, *Atriplex patula*, *Leonurus quinquelobatus* и др. Меньшую часть занимают переходные группы пратантов-рудерантов, пратантов-сильвантов, сильвантов-рудерантов, сильвантов-пратантов и степантов.

В травостое вдоль проспекта Гагарина наблюдалось преобладание видов-сильвантов (*Veronica chamaedrys*, *Galium odoratum*, *Glechoma hederacea*) и полное отсутствие видов-степантов в сравнении с другими объектами. Это говорит о влиянии на состав травостоя придорожных территорий флоры прилегающего парка «Швейцария».

Четыре модельных объекта не различались по ценоморфным группам (на уровне значимости 0,001 расчетная величина критерия χ^2 (12,4) значительно меньше табличной), и их можно рассматривать как единую выборку.

Нужно отметить, что на удаленных участках от автомагистралей (10-15 м) в составе травостоя наблюдалось полное преобладание пратантов (41-42,1%) (рис. 4.4.1).

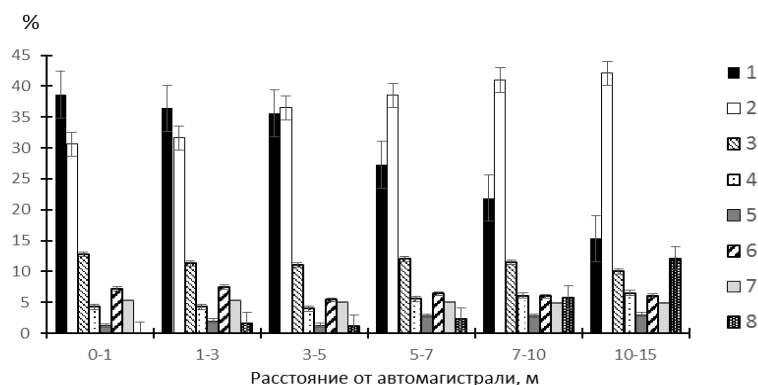


Рисунок 4.4.1. Соотношение ценоморф (%) в травостое на разном удалении от автомагистралей. Условные обозначения: 1 – Рудеранты, 2 – Пратанты, 3 – Пратанты-рудеранты, 4 – Пратанты-сильванты, 5 – Сильванты, 6 – Сильванты-рудеранты, 7 – Сильванты-пратанты, 8 – Степанты.

По мере приближения к автодорогам среди травянистых растений происходит изменение соотношения ценоморф: на расстоянии 5-7 м преобладали пратанты (36,5-38,5%), но увеличивалась доля рудерантов (27,3-35,6%) в сравнении с более удаленными участками (15,3-21,9%). На

расстоянии же 0-3 м от автомагистралей отмечено преобладание рудерантов (36,4-38,6%) над пратантами (30,6-31,6%). Это можно объяснить низким содержанием физической глины в почвах на данном расстоянии ($\rho = -0,8$, $p < 0,05$) и изменением реакции среды почвенного раствора в сторону щелочности ($\rho = 0,8$, $p < 0,05$). Показана значимая коррелятивная связь между содержанием гумуса вдоль автомагистралей на разном расстоянии и числом видов пратантов и степантов ($\rho = 0,8$, $p < 0,05$).

На легких слабощелочных придорожных почвах наблюдалось доминирование видов пратантов с высокой долей участия видов рудерантов. По мере приближения к автомагистралям в составе травостоя в 2,5 раза возрастала доля рудерантов и в 1,4 раза снижалась доля пратантов и в 2,5 раза – силвантов, что свидетельствует о значительной антропогенной трансформации растительных сообществ вблизи автодорог. Степанты вблизи автодорог не отмечены.

Таким образом, видовой состав флоры придорожных территорий сформирован 86 видами травянистых растений с преобладанием двудольных. Тип флоры определяется как «южный», средиземноморско-центральноазиатский (Fabaceae-тип).

Специфичными чертами придорожной флоры в сравнении с полной флорой Нижнего Новгорода являются: 1) пониженное видовое богатство; 2) соотношение вклада ведущих семейств в формирование общего состава флоры (на долю ведущих семейств Asteraceae, Poaceae и Fabaceae приходится более 50%); 3) повышенная доля участия семейств Asteraceae (в 1,5 раза), Poaceae (в 2,5 раза) и Fabaceae (в 3,1 раза); 4) пониженная роль семейств Rosaceae и Cyperaceae (в 1,2 раза); 5) высокое число монотипных семейств (11,5-18,9%); 6) очень высокое число монотипных родов (81,3%).

Характеристика видового состава доминирующих видов и соотношение эдафотопических групп подтверждает зональную неоднородность растительных сообществ, как природный фактор формирования флоры придорожных территорий. Анализ сходства состава флор позволил выделить в заречной части города в единую группу участки с наибольшей антропогенной нагрузкой, в нагорной – территории с неоднородной геоморфологической структурой.

Влияние антропогенных факторов выражается динамикой экологической структуры флоры в связи с трансформацией почв придорожных территорий по мере приближения к автомагистралям: 1) в 1,3 раза возрастала доля участия олиготрофных видов и в 1,9 снижалась доля эвтрофов; 2) в 1,2 раза возрастала доля участия мезофитов; 3) в 2,1 раза снижалась доля участия гемикриптофитов и в 1,7 раз увеличивалась доля геофитов и терофитов – в 3 раза; 4) в 1,5 раза снижение участия корневищных форм, но увеличение в 1,3 раза доли стержнекорневых травянистых растений; 5) в 2,5 раза возрастала доля рудерантов и в 1,4 раза снижалась доля пратантов и в 2,5 раза – сильвантов, степанты вблизи автодорог не отмечены.

ГЛАВА 5. СТРУКТУРА И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИНАМИКА ТРАВЯНИСТОГО ПОКРОВА ПРИДОРОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

5.1. Анализ общего проективного покрытия травостоя

Проективное покрытие является мерой обилия видов, а также отражает общие условия произрастания растительности. В ходе изучения общего проективного покрытия травянистого покрова в продольном профиле вдоль автомагистралей можно отметить сходную тенденцию – его значение не превышало 70-75% в среднем по городу.

На всех изучаемых объектах в поперечных трансектах на расстоянии более 10 м от автомагистралей общее проективное покрытие травостоя приближается к 100% (рис. 5.1.1).

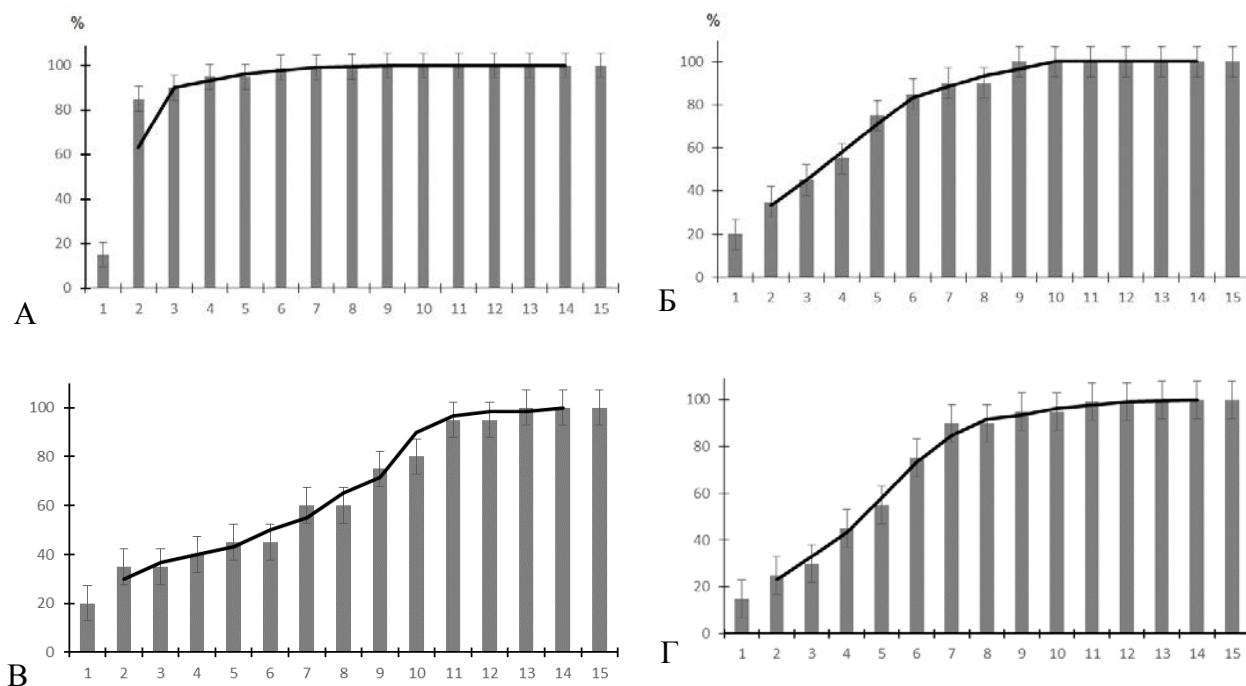


Рисунок 5.1.1. Общее проективное покрытие травянистого покрова вдоль изученных автомагистралей: А – Сормовское шоссе, Б - Московское шоссе, В – проспект Ленина, Г – проспект Гагарина. По оси абсцисс – расстояние от автомагистрали (м), по оси ординат – общее проективное покрытие (%).

По мере приближения к автодорогам заметно снижение данного показателя. В частности, в заречной части города вдоль Сормовского шоссе можно отметить резкое снижение общего проективного покрытия травостоя

от максимального, близкого к 93,3-100%, на расстоянии 3-5 м от автодороги и до минимального (15%) – на расстоянии 1 м ($\rho=0,6$, $p<0,01$). Резкое снижение общего проективного покрытия можно объяснить интенсивным использованием технической полосы автотранспортом вдоль Сормовского шоссе, что проявляется в механическом повреждении травостоя.

Вдоль Московского шоссе и проспекта Ленина наблюдалось постепенное снижение общего проективного покрытия травостоя по мере приближения к автодороге уже на расстоянии 8-10 м. Здесь отмечена высокая положительная корреляция ($\rho=0,8$ и $0,9$ соответственно, $p<0,001$) между проективным покрытием и расстоянием от автомагистрали.

В нагорной части города вдоль проспекта Гагарина общее проективное покрытие травостоя составляло порядка 100% на расстоянии 11 м и более, но по мере приближения к автомагистрали оно постепенно снижалось до минимального (15-25%), статистически значимая коррелятивная связь положительная ($\rho=0,9$, $p<0,001$).

Таким образом, общее проективное покрытие травостоя вдоль автодорог в среднем по городу изменяется незначительно (70-75%). По мере приближения к городским автомагистралям выявлено статистически значимое снижение общего проективного покрытия травостоя в 5,6 раз в заречной части города, в 6,7 раз – в нагорной в сравнении с менее нарушенными удаленными территориями.

5.2. Доминирующие виды растительных сообществ придорожных территорий и их связь с факторами среды

Доминирующие виды в растительных сообществах во многом определяют их продуктивность, внешний облик, а также оказывают средообразующее воздействие.

Таблица 5.2.1

**Коэффициенты корреляции Спирмена между проективным
покрытием доминирующих видов и эдафотопическими факторами**

Доминанты	Объекты	Рас- стояние	Эдафические факторы				
			Физическая глина	pH	Гумус	Подвижный фосфор	Обменный калий
<i>Polygonum aviculare</i>	С.ш.	-0,71*	-0,59*	0,76*	0,51*	0,23	0,36
	М.ш.	-0,55*	-0,62*	0,63*	-0,19	-0,10	0,20
	п.Л.	-0,72*	-0,69*	0,76*	0,20	0,12	0,16
	п.Г.	-0,72*	-0,66*	0,61*	-0,13	0,25	0,27
<i>Poa pratensis</i>	С.ш.	0,79*	0,78*	- 0,82*	-0,08	-0,32	-0,24
	М.ш.	0,39	0,44	-0,20	0,77*	-0,15	-0,44
	п.Л.	0,70*	0,60*	- 0,64*	-0,21	-0,12	-0,46*
	п.Г.	-	-	-	-	-	-
<i>Taraxacum officinale</i>	С.ш.	-0,65*	-0,75*	0,65*	0,04	0,16	0,28
	М.ш.	-0,18	-0,06	0,16	-0,12	-0,01	0,02
	п.Л.	-0,69*	-0,77*	0,63*	0,22	0,25	0,20
	п.Г.	-	-	-	-	-	-
<i>Plantago major</i>	С.ш.	-0,60*	-0,27	0,55*	-0,01	-0,04	0,13
	М.ш.	-	-	-	-	-	-
	п.Л.	-	-	-	-	-	-
	п.Г.	-	-	-	-	-	-
<i>Dactylis glomerata</i>	С.ш.	0,43	0,59*	-0,39	-0,34	-0,37	-0,02
	М.ш.	-	-	-	-	-	-
	п.Л.	-	-	-	-	-	-
	п.Г.	0,36	0,49*	-0,38	0,12	-0,31	0,04
<i>Festuca arundinacea</i>	С.ш.	-	-	-	-	-	-
	М.ш.	-	-	-	-	-	-
	п.Л.	-	-	-	-	-	-
	п.Г.	0,94*	0,88*	- 0,82*	0,41	-0,26	-0,33
<i>Elytrigia repens</i>	С.ш.	-0,68*	0,60*	0,63*	0,25	0,31	0,11
	М.ш.	-0,66*	0,66*	0,64*	-0,10	-0,21	0,13
	п.Л.	-	-	-	-	-	-
	п.Г.	-	-	-	-	-	-
<i>Trifolium repens</i>	С.ш.	-0,66*	-0,66*	0,53*	0,31	0,47*	0,45*
	М.ш.	-	-	-	-	-	-
	п.Л.	-	-	-	-	-	-
	п.Г.	-	-	-	-	-	-
<i>Festuca rubra</i>	С.ш.	-	-	-	-	-	-
	М.ш.	-0,62*	0,53*	0,40	0,04	-0,10	0,31
	п.Л.	-	-	-	-	-	-
	п.Г.	-	-	-	-	-	-
<i>Medicago sativa</i>	С.ш.	-	-	-	-	-	-
	М.ш.	-	-	-	-	-	-
	п.Л.	0,50*	0,66*	- 0,49*	-0,25	-0,44	-0,15
	п.Г.	-	-	-	-	-	-
<i>Bromopsis inermis</i>	С.ш.	-	-	-	-	-	-
	М.ш.	0,32	-0,35	-0,25	0,46*	-0,04	-0,40
	п.Л.	-	-	-	-	-	-
	п.Г.	-	-	-	-	-	-

* отмечены значимые коэффициенты корреляции по Спирмену ($p < 0,05$).

К общим для всех модельных объектов доминирующим видам, доля участия которых в травостое превышала 25-30% относятся: *Polygonum aviculare*, *Poa pratensis*, *Taraxacum officinale*, *Plantago major*, *Dactylis glomerata*, как показано в таблице 5.1.2.1; к доминирующим видам близки *Elytrigia repens*, *Bromopsis inermis*.

Среди доминантов с расстоянием от полотна автомагистралей значимо коррелирует обилие следующих видов: *Polygonum aviculare*, *Poa pratensis*, *Taraxacum officinale* и *Elytrigia repens*. Причем среднее проективное покрытие *Poa pratensis*, по мере приближения к автодорогам снижается, в случае с остальными видами – возрастает.

На отдельных дорогах в качестве доминантов растительных сообществ были выделены *Trifolium repens* (Сормовское шоссе), *Festuca rubra* (Московское шоссе), *Medicago sativa* (проспект Ленина), а вдоль проспекта Гагарина – *Festuca arundinacea*. По мере приближения к автодороге вдоль Сормовского шоссе возрастала доля *Trifolium repens*, вдоль Московского шоссе – доля *Festuca rubra*. Напротив, по мере удаления от проспекта Ленина в организации растительного сообщества увеличивалась доля *Medicago sativa*, а вдоль проспекта Гагарина та же картина отмечалась в отношении *Festuca arundinacea*.

В литературе зачастую придорожная группа растительности, как линейный экотоп вдоль автострад, как правило, представлена полынно-разнотравными сообществами растений (Ильимских, 1988; Панин, Березуцкий, 2007). Некоторые авторы отмечали образование в придорожном травостое однотипных злаковых сообществ (*Cynodon dactylon*) (Heindl, Ulman, 1991; Ali *et al.*, 2004).

В травостое модельных объектов удалось выделить несколько общих типов растительных сообществ. Прежде всего, это *мятликово-горцевое растительное сообщество* с доминированием *Polygonum aviculare* и *Poa pratensis*, а также *еже-кострецовое сообщество* с доминированием

Bromopsis inermis и *Dactylis glomerata*, которые по встречаемости доминируют среди других сообществ на всех модельных объектах. Кроме того, хорошо поддается выделению *одуванчико-ежовое сообщество* с доминированием *Dactylis glomerata* и *Taraxacum officinale*.

Вдоль автодорог Сормовского и Московского шоссе не редки *одуванчико-мятликовые сообщества* (*Poa pratensis*, *Taraxacum officinale*); *разнотравно-кострецовые сообщества* с явным преобладанием *Bromopsis inermis*, отмечено присутствие *разнотравно-мятликового растительного сообщества*. Хорошо выражены *васильково-лядвенецево-ежовые сообщества* с доминированием таких видов, как *Dactylis glomerata*, *Medicago sativa*, *Medicago falcate* и *Centaurea jacea*. Эти сообщества наиболее часто встречались вдоль проспекта Ленина. *Подорожничково-мятликовые сообщества* с доминированием *Poa pratensis* и *Plantago major* чаще были отмечены вдоль проспекта Гагарина.

Таким образом, состав доминирующих видов травостоя придорожных территорий на разных модельных объектах имеет черты сходства, что позволило выделить ряд общих растительных сообществ вдоль всех автомагистралей: *мятликово-горцевое*, *еже-кострецовое*, *одуванчико-ежовое*. На фоне сходства доминантного состава имеется своеобразие в выделении преобладающих растительных сообществ: вдоль автомагистралей заречной части города отмечены *разнотравно-кострецовые* и *разнотравно-мятликовые сообщества*, в нагорной части города – *подорожничково-мятликовые*.

5.3. Видовое богатство и разнообразие травянистых сообществ вдоль автомагистралей

Пространственная динамика некоторых ценотических показателей травянистых сообществ придорожных территорий продольного профиля (в направлении от центра города к его окраине) отражены на рисунке 5.3.1.

В продольном профиле вдоль автомагистралей заречной части города наибольшие значения видового богатства в поперечных трансектах были отмечены вдоль Сормовского (28-34 вида) и Московского шоссе (30-37), наименьшие – вдоль проспекта Ленина (14-17). Вдоль автодорог наблюдалось плавное снижение видового богатства травянистых сообществ в центральных трансектах изучаемых территорий, которые соответствуют однородным выровненным участкам. Видовое богатство краевых трансект заметно выше, что вполне согласуется с динамикой эдафических условий и структуры флоры. Вероятно, некоторое увеличение видового богатства травостоя происходит за счет однолетних рудерантов, приспособленных к экстремальным условиям.

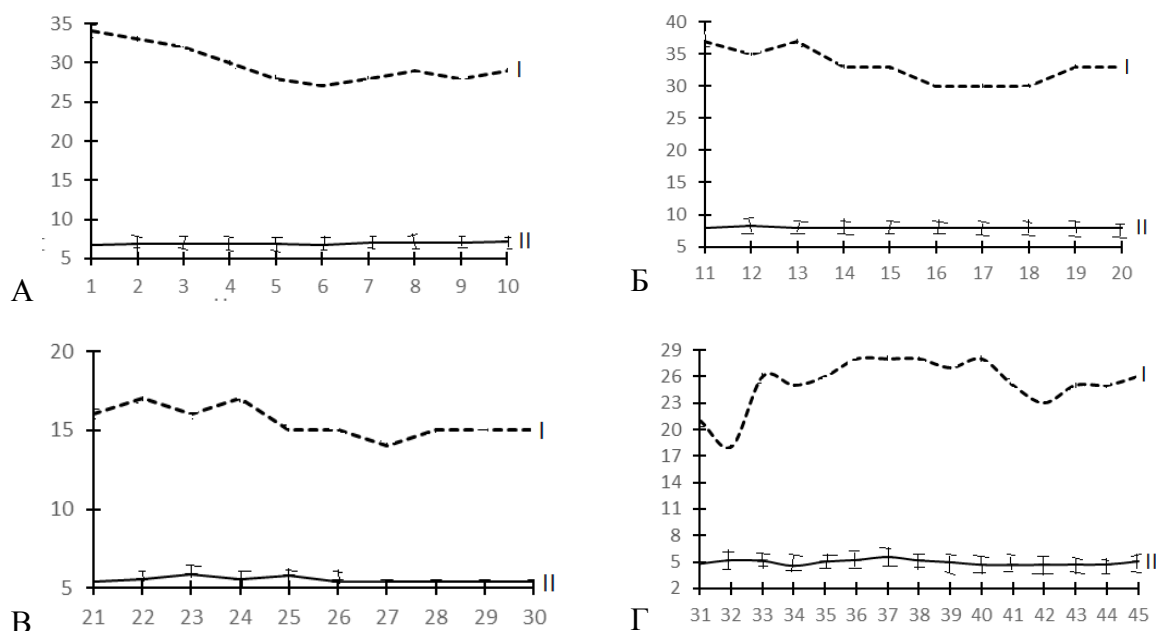


Рисунок 5.3.1. Видовое богатство в поперечных трансектах (I) и видовое богатство на пробных площадках 1 м² (II) травянистых сообществ вдоль автомагистралей: А – Сормовское шоссе, Б - Московское шоссе, В – проспект Ленина, Г – проспект Гагарина. По оси абсцисс – номера трансект, по оси ординат – среднее видовое богатство.

В нагорной части города вдоль проспекта Гагарина наблюдался заметный рост видового богатства травостоя трансект в микропонижениях рельефа (трансекты 34-40), чему возможно способствуют более благоприятные эдафические условия.

Отметим, что изменение видового богатства сообществ на пробных площадках размером 1 м^2 однородных территорий в заречной части города слабое. Наибольшее значение этого показателя наблюдалось вдоль Московского и Сормовского шоссе, а на объекте в нагорной части города его увеличение на 35-38 трансектах можно объяснить изменением микрорельефа и динамикой эдафических условий на данных участках.

Основные биоценотические показатели (видовое разнообразие, выравненность видов по обилию и характер доминирования) сообществ придорожных территорий также меняются слабо (от центра к окраине города) в продольном профиле вдоль автомагистралей (рис. 5.3.2).

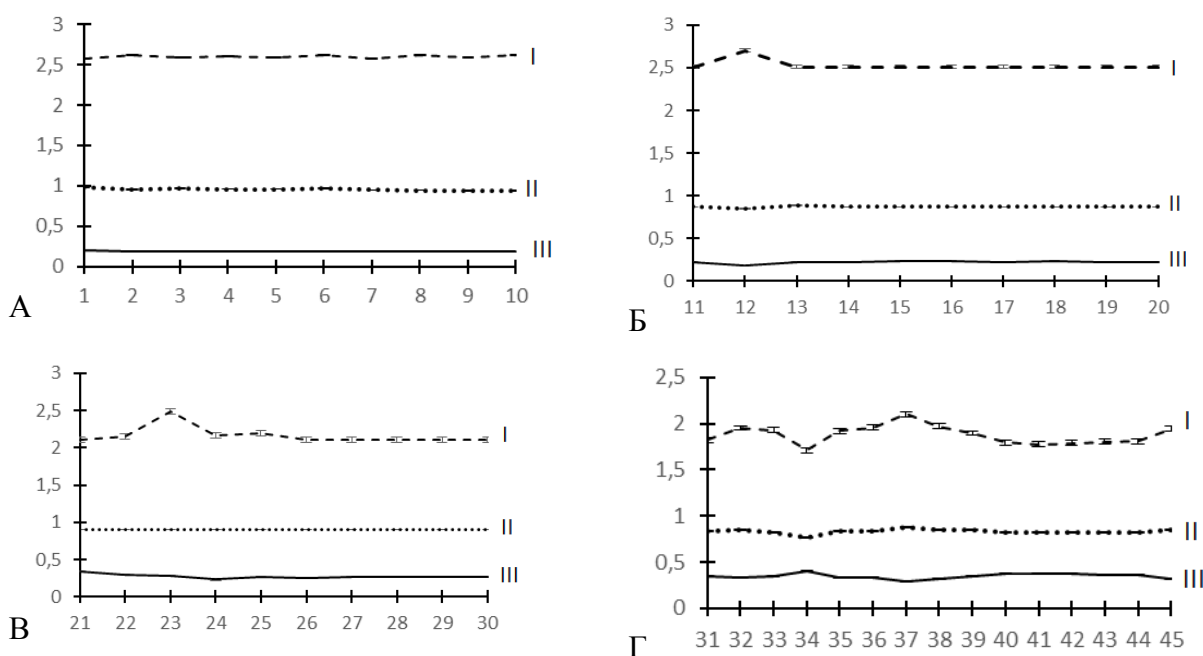


Рисунок 5.3.2. Меры разнообразия травянистого покрова вдоль автомагистралей: I – индекс Шеннона, II – индекс Пиелу, III – индекс Симпсона; А – Сормовское шоссе, Б – Московское шоссе, В – проспект Ленина, Г – проспект Гагарина. По оси абсцисс – номера трансект, по оси ординат – значения индексов.

Видовое разнообразие растительных сообществ вдоль Сормовского и Московского шоссе было заметно выше (индекс Шеннона более 2,5), в сравнении с проспектом Ленина и проспектом Гагарина (индекс Шеннона не превышал 2,0). Причем в нагорной части города наблюдалась наибольшая пространственная динамика видового разнообразия в связи с особенностями микрорельефа.

Оценка степени доминирования видов в травостое показала, что вдоль Сормовского и Московского шоссе доминирует большее количество видов (индекс Симпсона равнялся 0,18-0,2), тогда как вдоль проспектов Ленина и Гагарина число доминирующих видов ниже (0,3). На основании степени выравненности растительных сообществ было отмечено, что в продольном профиле вдоль Сормовского и Московского шоссе присутствующие виды наиболее равномерно распределены по проективному покрытию (индекс Пиелу равнялся 0,9-0,95). Напротив, травостой вдоль проспектов Ленина и Гагарина состоит из неравно обильных видов (0,82-0,89).

При этом связи между основными ценотическими показателями травянистых сообществ и уровнем загруженности дорог не установлены.

Таким образом, наибольшее видовое богатство травянистых сообществ Сормовского и Московского шоссе характеризовалось более высоким числом доминирующих видов и более равномерным распределением их обилия. Напротив, растительные сообщества вдоль проспектов Ленина и Гагарина имели меньшее видовое богатство, разнообразие, а также число доминирующих видов.

5.4. Видовое богатство и разнообразие сообществ на различном расстоянии от автомагистралей

С целью выявления видовой структуры придорожных травянистых урбоценозов приведем характеристику видового богатства на площадках 1 м² и видового разнообразия сообществ в поперечных трансектах на различном расстоянии от городских автомагистралей.

Сложность видового состава объекта, как правило, зависит от неоднородности среды обитания. Как показал анализ видового богатства на

метровых площадках модельных объектов отмечается заметное его снижение по мере приближения к автодороге.

Как показано на рисунке 5.4.1, отмечена высокая мозаичность видового состава и довольно большой разброс от одной пробной площадки к другой.

Однако, если выделить общие тренды, то на модельных объектах заречной части города снижение видового богатства на метровых площадках по мере приближения к автодороге отмечено в наименьшей степени: в среднем с 6,8 видов до 5,2 (значимый коэффициент корреляции Спирмена в среднем $\rho=0,85$, $p<0,01$). В нагорной же части города видовое богатство на метровых площадках снижалась более значительно: в среднем с 7,5 видов до 3 ($\rho=0,9$, $p<0,01$).

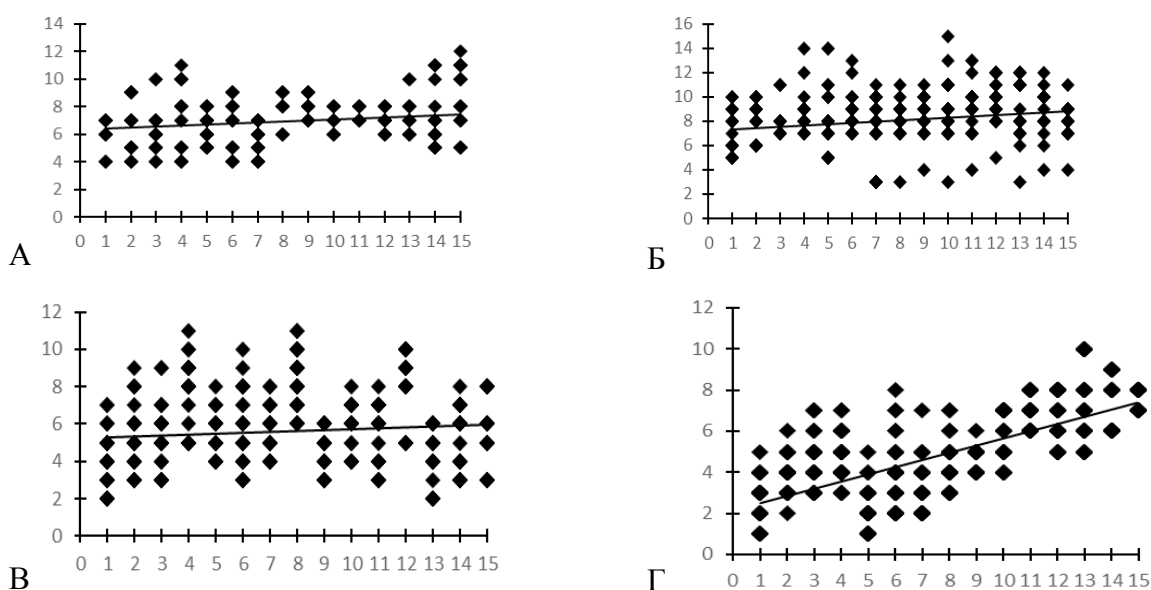


Рисунок 5.4.1. Зависимость видового богатства травянистого покрова на пробных площадках 1 м^2 от расстояния до автомагистралей: А – Сормовское шоссе, Б - Московское шоссе, В – проспект Ленина, Г – проспект Гагарина. По оси абсцисс – расстояние от автомагистралей (м), по оси ординат – число видов (шт.). Точками показано видовое богатство на пробных площадках 1 м^2 , линией – линейный тренд.

Анализ видового разнообразия сообществ с применением индекса Шеннона показал, что с приближением к полотну автомагистралей также, как и видовое богатство на площадках размером 1 м^2 данный показатель снижается.

Причем, как отмечено на рисунке 5.4.2, уменьшение индекса Шеннона на модельных объектах заречной части города довольно плавное, что объясняется относительно постепенной дигрессией видового богатства на метровых площадках ($\rho=0,9$, $p<0,01$). В нагорной части города вдоль проспекта Гагарина значение индекса Шеннона резко снижается вблизи автодороги, как и видовое богатство на метровых площадках ($\rho=0,9$, $p<0,01$).

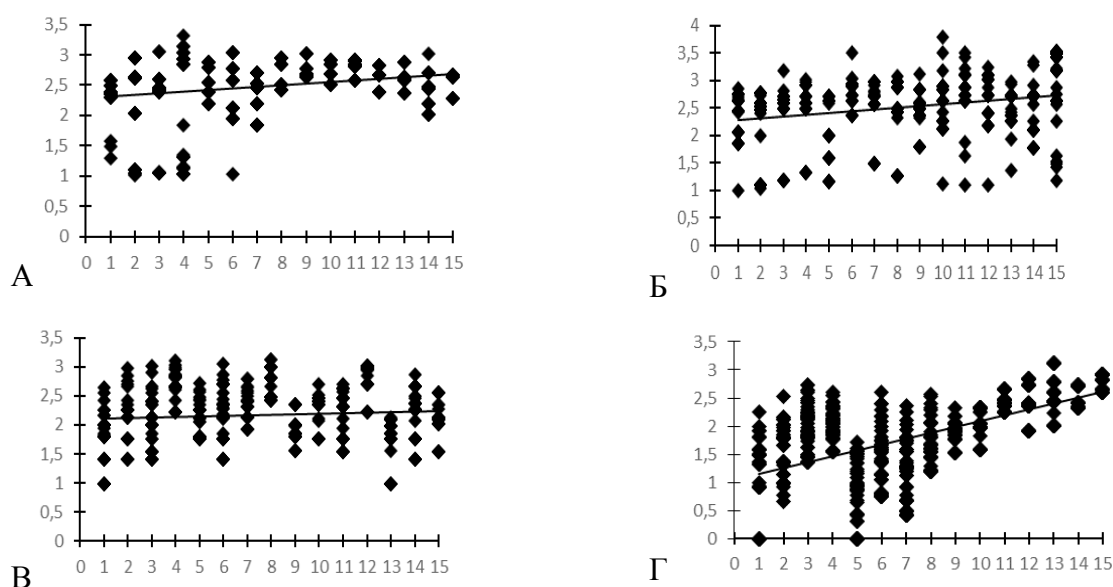


Рисунок 5.4.2. Зависимость индекса Шеннона травянистых сообществ от расстояния до автомагистралей: А – Сормовское шоссе, Б - Московское шоссе, В – проспект Ленина, Г – проспект Гагарина. По оси абсцисс – расстояние от автомагистралей (м), по оси ординат – индекс Шеннона. Точками показано значение индекса Шеннона на пробных площадках 1 м^2 , линией – линейный тренд.

Использование индекса Симпсона для характеристики степени доминирования видов показал (рис. 5.4.3), напротив, возрастание его значения по мере приближения к автомагистралям (заречная часть города: $\rho=-0,9$, $p<0,01$; нагорная часть города: $\rho=-0,7$, $p<0,01$).

Увеличение индекса Симпсона также свидетельствует о снижении разнообразия сообществ и усилении доминирования небольшого количества видов вблизи автодорог.

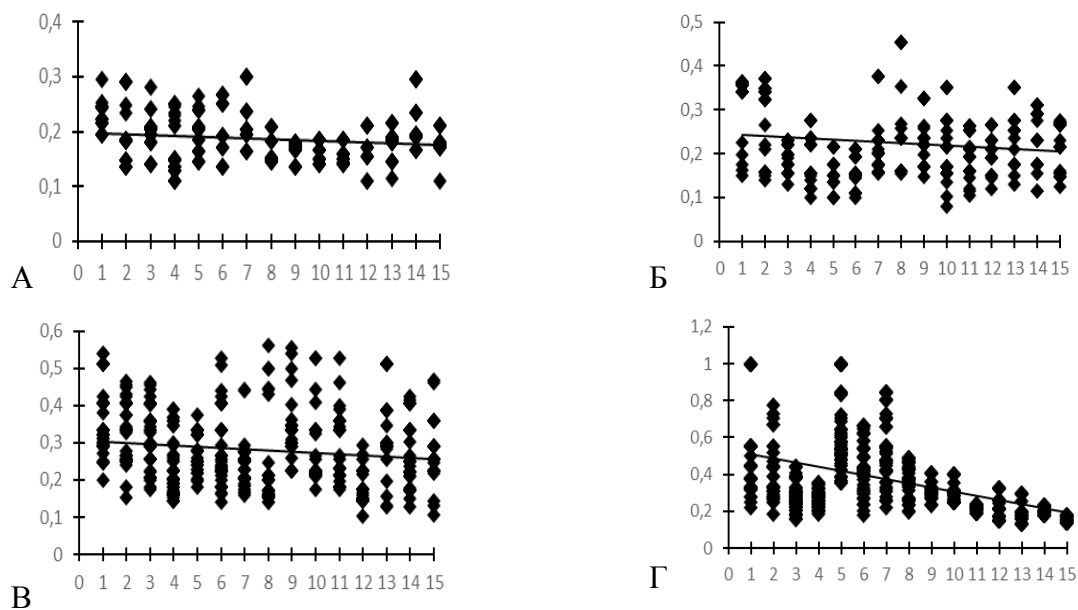


Рисунок 5.4.3 Зависимость индекса Симпсона в травянистом покрове от расстояния до автомагистралей: А – Сормовское шоссе, Б - Московское шоссе, В – проспект Ленина, Г – проспект Гагарина. По оси абсцисс – расстояние от автомагистралей (м), по оси ординат – индекс Симпсона. Точками показано значение индекса Симпсона на пробных площадках 1 м², линией – линейный тренд.

Как представлено на рисунке 5.4.4, использование индекса Пиелу показывает степень выравненности обилия видов травостоя придорожных территорий на различном расстоянии от автомагистрали.

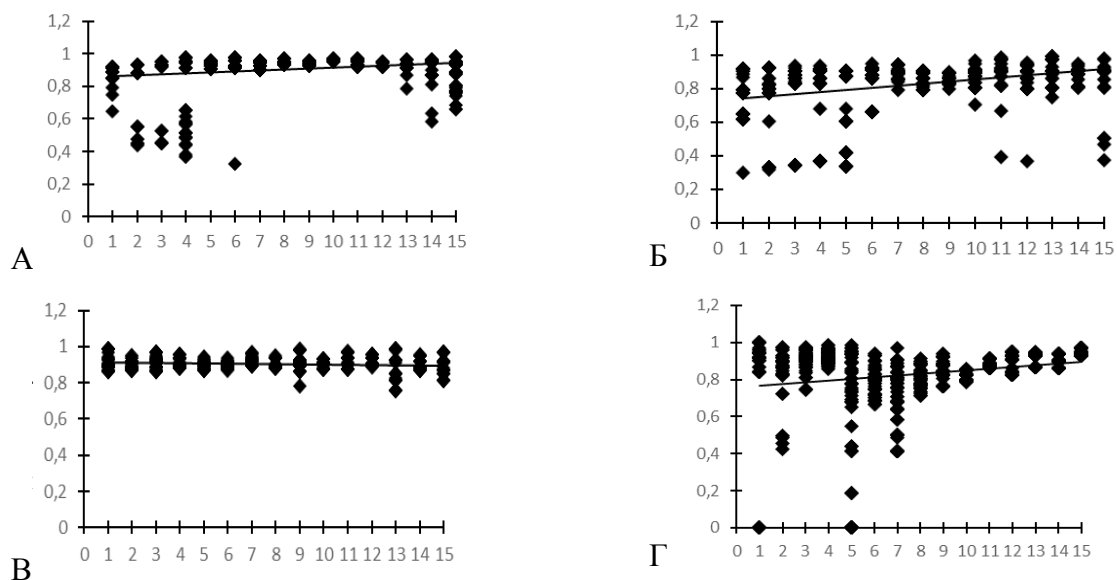


Рисунок 5.4.4 Зависимость индекса Пиелу травянистого покрова от расстояния до автомагистралей: А – Сормовское шоссе, Б - Московское шоссе, В – проспект Ленина, Г – проспект Гагарина. По оси абсцисс – расстояние от автомагистралей (м), по оси ординат – индекс Пиелу. Точками показано значение индекса Пиелу на пробных площадках 1 м², линией – линейный тренд.

Значимое снижение индекса Пиелу по мере приближения к автодороге отмечено вдоль Московского шоссе ($\rho=0,9$, $p<0,01$), а также в нагорной части города вдоль проспекта Гагарина ($\rho=0,8$, $p<0,01$). Изменение индекса Пиелу вдоль Сормовского шоссе и проспекта Ленина выражено менее четко ($\rho=0,4$, $p<0,01$).

Таким образом, по мере приближения к автомагистралям отмечено заметное упрощение видовой структуры травянистых сообществ, выраженное в снижении видового богатства на метровых площадках, видового разнообразия травостоя и повышении степени доминирования небольшого количества видов.

5.5. Экологическое зонирование придорожных территорий на основании абиотических и биотических показателей

Визуализация динамики основных эдафических показателей на различном расстоянии от автомагистралей (рис. 5.5.1), показала наличие 3 достаточно однородных кластеров, которые можно рассматривать в качестве самостоятельных пространственных зон.

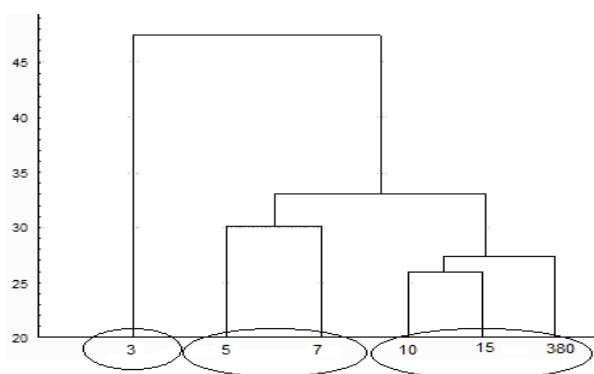


Рисунок 5.5.1. Дендрограмма сходства эдафических показателей на разном расстоянии от автомагистрали. По оси ординат – расстояние объединения.

Каждая предполагаемая зона описывается своеобразными количественными показателями факторов среды: содержанием физической глины и обменного калия, уровнем биологической активности почв.

Динамика флористических показателей на основании коэффициентов сходства видового состава сообществ позволяет выделить несколько зон в поперечном профиле вдоль автодорог и представлена на рисунках 5.5.2-5.5.4.

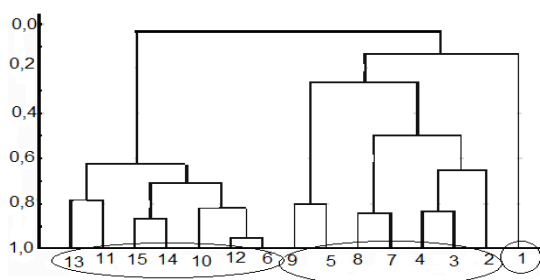


Рисунок 5.5.2. Дендрограмма сходства флористического состава придорожных территорий на различном расстоянии от автомагистралей на основании коэффициента Жаккара. По оси ординат – расстояние объединения.

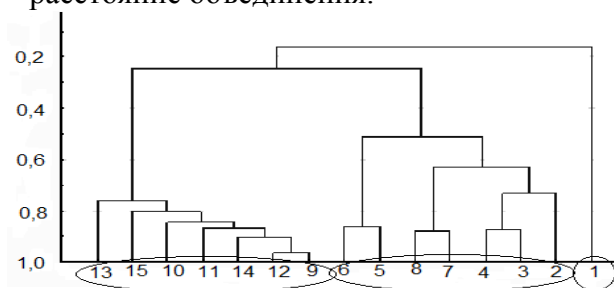


Рисунок 5.5.3. Дендрограмма сходства флористического состава придорожных территорий на различном расстоянии от автомагистралей на основании коэффициента Сьеренсена. По оси ординат – расстояние объединения.

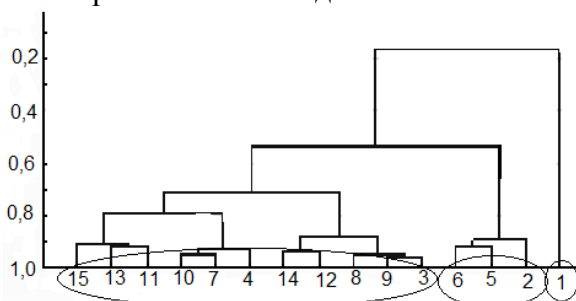


Рисунок 5.5.4. Дендрограмма сходства флористического состава придорожных территорий на различном расстоянии от автомагистралей на основании коэффициента Чекановского-Сьеренсена. По оси ординат – расстояние объединения.

Так, в поперечных трансектах наблюдалась динамика видового состава травостоя, где наибольшим своеобразием отличался видовой состав на расстоянии 0-1 м. В отдельный кластер за некоторым исключением выделялись коэффициенты, характеризующие флору на расстоянии 2-7 м от автодорог. Также в отдельный кластер объединялись коэффициенты, описывающие травостой на расстоянии более 7 м от автодорог.

Таким образом, динамика состава и структуры травянистых сообществ позволяет выделить три предполагаемые зоны, однако, в сравнении с динамикой эдафических показателей зона 1 определяется на самом минимальном расстоянии (0-1 м), что можно объяснить сильной деградацией травостоя в условиях интенсивной эксплуатации дорог, а зона 2 выделяется менее четко и характеризуется большой мозаичностью (2-7 м).

С учетом динамики всех рассмотренных показателей комплексное зонирование в определенной степени условное, выражается в выделении 3 основных зон в поперечном профиле вдоль автомагистралей:

1. Зона 1 выделяется в пределах 0-3 м от автомагистралей. Именно эта минимальная по ширине полоса подвержена наибольшим изменениям эдафических условий: супесчаный гранулометрический состав почв (12,4-8,8%), наименьшее содержание гумуса, очень высокое обеспечение обменным калием (250-367 мг/кг), очень слабая интенсивность разложения целлюлозы (5-6%) и слабая протеолитическая активность почв (10%).

Проективное покрытие травостоя зоны 1 составляло 23,3-63,3%. Из гидротопических групп преобладали мезофиты (51%), велика доля участия ксеромезофитов (25,3%), что говорит о достаточно благоприятном для такой экстремальной зоны водном режиме. В травостое преобладали терофиты (43,2%), многочисленны гемикриптофиты (33,4%), что отражает высокую устойчивость данного травостоя к неблагоприятным условиям среды. Среди многолетних видов доля участия стержнекорневых растений в травостое зоны 1 максимальна в сравнении с остальными выделенными зонами (15,3%). Такие растения способны обеспечивать свою жизнедеятельность за счет питательных веществ глубоких слоев почвы. В подобных условиях совсем не отмечены ползучие и корнеотпрысковые виды. Ценоморфный состав травостоя характеризовался преобладанием рудерантов (суммарно с пратантами-рудерантами и силвантами-рудерантами 58,6%) над пратантами

(суммарно с силвантами-пратантами 35,9%), что свидетельствует о сильной антропогенной трансформации травостоя зоны 1.

Применение доминантного подхода позволило выделить в зоне 1 несколько типов растительных сообществ. Прежде всего, это *мятликово-горцевое растительное сообщество* с преобладанием *Polygonum aviculare* и *Poa pratensis*, а также *еже-кострецовое сообщество* с доминированием *Bromopsis inermis* и *Dactylis glomerata*. Кроме того, хорошо выделялось *одуванчико-ежовое сообщество* с доминированием *Dactylis glomerata* и *Taraxacum officinale*. Также травостой мог быть представлен пионерными группировками с преобладанием *Polygonum aviculare*, *Atriplex patula*, *Capsella bursa-pastoris* и сорно-луговыми группировками с преобладанием *Elytrigia repens* и *Cirsium arvense*.

2. Зона 2 выделяется вдоль автомагистралей на расстоянии 1-7 м. На таком расстоянии почвы были представлены от супесей до средних суглинков (содержание физической глины составляет 18,2-42,1%). В зоне 2 отмечались почвы, высоко обеспеченные обменным калием. Целлюлозоразрушающая активность в ней несколько увеличивалась в сравнении с экстремальными участками зоны 1 (6-10%), как и интенсивность разрушения желатинового слоя фотобумаги (в среднем до 10-15%).

Проективное покрытие хорошо развитого травянистого покрова в зоне 2 составляло более 85%. Из гидротопических групп в составе травостоя преобладали мезофиты (45-48,2%). Доля терофитов снижалась (37,1-28%) в сравнении с зоной 1, доминировали более конкурентоспособные многолетние травянистые растения, среди которых были представлены гемикриптофиты (41,8-60,5%). В травостое превалировали дерновинные многолетние травы (30-35,9%), благодаря чему формировалась достаточно хорошая дернина, доля стержнекорневых снижалась до 13,9-15%. Появлялись корнеотпрысковые и ползучие группы растений. В зоне 2 отмечалось преобладание пратантов (31,6-38,5%) с меньшим участием

рудерантов (27,3-36,4%), хотя суммарно группа рудерантов (45,7-55,2%) преобладала над группой пратантов (36,9-43,6%).

Среди растительных сообществ, развивающихся в этой зоне были заметны клеверо-мятликовые сообщества с преобладанием *Poa pratensis*, *Trifolium repens*, а также тысячелистниково-кострецовые (*Bromopsis inermis*, *Achillea millefolium*). Также хорошо в этой зоне были выражены подорожничково-мятликовые сообщества с доминированием *Poa pratensis* и *Plantago major*; васильково-лядвенецево-ежовые сообщества с доминированием таких видов, как *Dactylis glomerata*, *Medicago sativa*, *Medicago falcate* и *Centaurea jacea*. Кроме того, не редки одуванчиково-мятликовые сообщества (*Poa pratensis*, *Taraxacum officinale*); разнотравно-кострецовые сообщества с явным преобладанием *Bromopsis inermis*.

3. Зона 3. В эту зону входила территория вдоль автомагистралей на расстоянии 7-15 м, где влияние автодорог значительно снижено. Почвы были представлены легкими суглинками и легкой глиной (32-59,6%). Содержание обменного калия характеризует почвы как высоко обеспеченные, но на минимальном уровне в сравнении с двумя перечисленными зонами. Целлюлозоразрушающая активность почв зоны 3 равнялась в среднем 12-20%, протеолитическая активность почв – 16-21%.

Проективное покрытие травостоя приближалось к 100%. Среди гидротопических групп здесь преобладали мезофиты (41,9-51%), велико участие ксеромезофитов (23,5-25,5%). В травостое превалировали гемикриптофиты (71%), доля терофитов сильно снижена (14,1-14,6%), что отражает возросшую устойчивость данного травостоя. Среди многолетних видов в травостое преобладали дерновинные травы (35,9-43,1%), что отражает благоприятные условия верхнего горизонта почвы, в меньшинстве – стержнекорневые (12,1-13,9%), отмечены ползучие и корнеотпрысковые растения. Ценоморфный состав характеризовался преобладанием пратантов

(38,5-42,1%) над рудерантами (15,3-27,3%), что свидетельствует о значительно меньшей антропогенной трансформации травостоя зоны 3.

На основании выделения доминант в травостое зоны 3 удалось выделить несколько растительных сообществ. Часто было отмечено наличие бурьянного разнотравья с преобладанием *Cichorium intybus*, *кострецово-мятликовых сообществ* с доминированием *Poa pratensis*, *Bromopsis inermis*; также большую часть территории занимало *кострецово-люцерновое сообщество* с доминированием *Medicago sativa*, *Medicago falcata*, *Bromopsis inermis*. Кроме того, не редко отмечено присутствие *разнотравно-мятликового растительного сообщества*, а также местами полное преобладание одичалого культивируемого злака *Festuca arundinacea*.

В заключении можно отметить, что в поперечных трансектах наблюдалась четкая динамика видового состава травостоя, где наибольшим своеобразием отличался видовой состав на расстоянии 0-1 м. На основании почвенных показателей, особенностей экологической структуры травостоя и сходства состава сообществ на различном расстоянии от автомагистралей выделено три экологически неоднородные зоны: 0-3 м от автодорог, 3-7 м и 7-15 м.

Таким образом, общее проективное покрытие травостоя вдоль автодорог в среднем по городу изменялся незначительно (70-75%). Однако в поперечных трансектах выявлено статистически значимое его снижение в 5,6 раз в заречной части города, в 6,7 раз – в нагорной в сравнении с менее нарушенными удаленными территориями.

Для распределения доминирующих видов в пределах придорожных территорий ведущим фактором является расстояние от автодорог. Среди эдафических условий наиболее значимы их гранулометрический состав и уровень pH почвенного раствора, влияние содержания органических веществ и биогенных элементов относительно менее заметно.

В травостое выделяются основные доминанты: *Polygonum aviculare*, *Poa pratensis*, *Taraxacum officinale* и *Elytrigia repens*, реже – *Trifolium repens*, *Festuca rubra*, *Medicago sativa* и *Festuca arundinacea*. Состав доминирующих видов травостоя придорожных территорий на разных модельных объектах проявил черты сходства, что позволило выделить ряд общих растительных сообществ вдоль автомагистралей: мятликово-горцевое, еже-кострецовое, одуванчиково-ежовое. На фоне сходства состава доминантов отмечено заметное своеобразие преобладающих растительных сообществ: вдоль автомагистралей заречной части города развиваются разнотравно-кострецовые и разнотравно-мятликовые сообщества, в нагорной части города – подорожниково-мятликовые.

Минимальное изменение почвенных показателей придорожных почв, характерное для однородных модельных объектов заречной части города, отражалось на незначительном изменении видового богатства в продольном профиле. И, напротив, геоморфологическая и эдафотопическая мозаичность вдоль автодороги в нагорной части города способствует наибольшей трансформации видовой структуры травянистых сообществ.

В поперечных трансектах по мере приближения к автомагистралям наблюдалось заметное упрощение видовой структуры, выраженное в снижении видового богатства в 1,3 раза в заречной части города, в 2,5 раза – в нагорной. Показано снижение видового разнообразия травостоя и, напротив, повышение степени доминирования небольшого количества видов.

На основании почвенных показателей, сходства состава травянистых сообществ, а также особенностей их экологической структуры на различном расстоянии от автомагистралей выделено три зоны: 0-3 м от автодорог, 3-7 м и 7-15 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Характер распределения общего видового состава и состава доминирующих видов вдоль автомагистралей подчиняется зональным (геоморфологическим и эдафическим) особенностям модельных объектов, что необходимо учитывать в ходе анализа придорожной растительности любого населенного пункта.

В стрессовых условиях вдоль автомагистралей в пределах 15 м формируется своеобразный травянистый покров благодаря сочетанию многолетних видов из семейства *Poaceae*, а также однолетних сорных и сорно-луговых видов, в котором по мере приближения к автодороге сорные однолетние виды начинают преобладать над многолетними корневищными. При этом зональная неоднородность объектов больше влияет на видовой состав травостоя, чем на его структуру. Полученные результаты имеют общий характер, так как отмечены для различных природных условий (Заречье и Нагорье г. Нижнего Новгорода), разной интенсивности транспортной нагрузки и озеленения автомагистралей.

ВЫВОДЫ

1. Среди эдафических факторов кислотность придорожных почв, содержание гумуса и подвижного фосфора обусловлены зональными особенностями городской территории. Пространственная динамика почвенных условий четко выражена по мере приближения к автодороге: более чем в 4 раза снижается содержание физической глины; в среднем в 1,3 раза увеличивается уровень pH; более чем в 1,5 раза снижается содержание гумуса; снижается целлюлозолитическая и протеолитическая активность почв (в 6,5 и 3,1 раза соответственно); возрастает содержание биогенных

элементов (подвижного фосфора в среднем в 1,5 раза, обменного калия – в 2,2 раза).

2. Флора придорожных территорий сформирована 86 видами травянистых растений. Специфика придорожной флоры в сравнении с флорой г. Нижнего Новгорода: низкое видовое богатство; тип флоры – *Fabaceae*-тип; большой вклад ведущих семейств (более 50%); повышенная доля участия семейств *Asteraceae* (в 1,5 раза), *Poaceae* (в 2,5 раза), *Fabaceae* (в 3,1 раза); пониженная роль семейств *Rosaceae* и *Cyperaceae* (в 1,2 раза); повышенное число монотипных семейств (11,5-18,9%); высокое число монотипных родов (81,3%).

3. Характеристика состава доминирующих видов и соотношение эдафотопических групп подтверждает значение зональной неоднородности городской территории как природного фактора формирования флоры придорожных растительных сообществ. В связи с выраженной динамикой почвенных условий по мере приближения к автомагистралям наблюдается заметная пространственная трансформация экологической структуры флоры: в 3 раза возрастает доля терофитов, в 1,3 раза – доля стержнекорневых растений, в 2,5 раза – доля рудерантов, но в 2,1 раза снижается доля гемикриптофитов, в 1,5 раза – доля корневищных форм, в 1,4 раза – доля пратантов.

4. Для распределения доминирующих видов в пределах придорожных территорий ведущими факторами являются расстояние от автодорог, гранулометрический состав почв и уровень pH почвенного раствора. Среди основных растительных сообществ отмечены: *мятlikово-горцевое*, *еже-кострецовое*, *одуванчиково-ежовое*. Однако зональная неоднородность территории позволила выделить в заречной части города *разнотравно-кострецовые* и *разнотравно-мятlikовые* сообщества, в нагорной – *подорожниково-мятlikовые*.

5. Видовая структура растительных сообществ придорожных территорий обусловлена геоморфологической и эдафической мозаичностью модельных объектов. При этом по мере приближения к автомагистралям выявлено снижение общего проективного покрытия (более чем в 6 раз), упрощение видовой структуры, выраженное в снижении видового богатства в 1,3-2,5 раза, и повышение степени доминирования небольшого количества видов.

6. С целью разработки рекомендаций по оптимизации почвенно-растительного комплекса придорожных городских территорий на основании количественных соотношений эдафических, флористических и ценотических показателей на различном расстоянии от автомагистралей выделено 3 зоны (0-3 м, 3-7 м и 7-15 м от автодорог).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПРИДОРОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

1. Результаты физико-химического анализа почв вдоль автодорог дополняют исследования городских почв с высоким уровнем антропогенной нагрузки. Полагаясь на них, можно сделать вывод о необходимости сокращения, а в дальнейшем отказа от использования песко-соляных смесей на автомагистралях г. Нижнего Новгорода. Это позволит снизить негативное влияние на формирование гранулометрического состава почв и улучшить состояние почвенной микрофауны.

2. Полоса на расстоянии до 1 м в составе зоны 1 при отсутствии мероприятий по уходу рекомендуется к закрытию с помощью установки малых архитектурных форм в виде ограждений. Это позволит снизить механическое разрушение придорожных почв и образование пыли, а также сделать данные участки безопасными для организации дорожного движения.

3. Травянистый покров для зоны 2 (3-7 м от автодорог) рекомендуется составлять из многолетних луговых растений с включением устойчивых к подщелачиванию злаков, входящих в состав луговых газонов: *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata*, *Bromopsis inermis*. При содержании растительного покрова из луговых видов важно раннее скашивание, что способствует быстрому отрастанию побегов растений, а также выпадению из травостоя однолетних сорных видов. Зона 2 должна включать древесно-кустарниковые растения с целью организации комплексного озеленения.

4. При невозможности скашивания травостоя в составе зоны 2 рекомендуется создание красивоцветущих и редкоскашиваемых покрытий из видов семейства *Asteraceae*: *Achillea millefolium*, *Cichorium intybus*, *Tanacetum vulgare*, *Tussilago farfara*, *Taraxacum officinale* в качестве цветowych акцентов.

5. Территорию зоны 3 (7-15 м от автодорог) рекомендуется заполнять луговыми злаками: *Poa pratensis*, *Festuca rubra*, *Agrostis tenuis*, с включением *Festuca pratensis*, *Phleum pratense*, *Dactylis glomerata*, *Bromopsis inermis*, которые требуют регулярного скашивания и ухода.

6. При невозможности частого скашивания зону 3 рекомендуется заполнять многолетними красивоцветущими луговыми растениями: *Matricaria perforatum*, *Achillea millefolium*, *Cichorium intybus*, *Tanacetum vulgare*, *Trifolium repens*, *Trifolium hybridum*, *Geranium pratense*, *Silene vulgaris*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова, Д.С. Закономерности синантропизации растительного покрова особо охраняемых природных территорий разного ранга: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Самара, 2004. – 28 с.
2. Аверкиев, Д.С. История развития растительного покрова Горьковской области и её ботанико-географическое деление / Д.С. Аверкиев // Учёные записки Горьковского Университета. – Горький: Горьковское кн. изд-во, Вып. 25, 1954. – С. 119-136
3. Аверкиев, Д.С. Определитель растений Горьковской области / Д.С. Аверкиев, В.Д. Аверкиев. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1985. – 320 с.
4. Агроклиматические ресурсы Горьковской области. – Горький: Волго-Вят. кн. изд., 1967. – 228 с.
5. Агрохимия: методические указания для выполнения лабораторно-практических работ по дисциплине «Агрохимия» студентам направления подготовки 250700.62 «Ландшафтная архитектура» / Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т; сост. И.О. Митянин – Н. Новгород: ННГАСУ, 2014. – 40 с.
6. Агрохимическая характеристика почв СССР: Почвенно-агрохимическое районирование / А.В. Соколов, Н.Н. Розов, И.И. Ельников; Отв.ред. – чл.-корр. АН СССР А.В.Соколов, д-р геогр. наук Н.И. Рогов; АН СССР, Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. М.: «Наука», 1976. – 363 с.
7. Азовцева, Н.А. Влияние солевых антифризов на экологическое состояние городских почв: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Москва, 2004. – 23 с.
8. Азовцева, Н.А. Исследование влияния антифризов на экологическое состояние городских почв и растений / Н.А. Азовцева, А.В. Смагин, Е.В. Лазарев // Проблемы озеленения городов: альманах. – Вып. 10. – М.: Прима-М, 2004. – С. 212-214.

9. Александров, В.Ю. Экологические проблемы автотранспорта: Аналитический обзор / В.Ю. Александров. – Новосибирск: Комитет по экологическим и природным ресурсам Новосибирской области, 1995. – 112 с.
10. Александровская, З.И. Благоустройство городов / З.И. Александровская, Е.М. Букреев, Я.В. Медведев, Н.Н. Юскевич Н.Н. – М.: Стройиздат, 1984. – 357с.
11. Алексеев, И.А. Болезни газонных трав: Учебно-справочное пособие / И.А. Алексеев. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. – 334 с.
12. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
13. Алёхин, В.В. Объяснительная записка к геоботаническим картам (современной и восстановленной) Нижегородской губернии / В.В. Алехин. – Горький, 1935. – 66 с.
14. Алёхин, В.В. Методика полевого изучения растительности и флоры / В.В. Алехин. – М: Наука, 1938. – 134 с.
15. Альбицкая, М.А. Основные закономерности формирования травяного покрова в искусственных лесах степной зоны УССР / М.А. Альбицкая // Искусственные леса степной зоны Украины. – Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1960. – С. 155-208.
16. Аналитический доклад «Состояние зеленых насаждений в Москве». – М., Прима-М, 1999. – 87 с.
17. Антипина, Г.С. Урбанофлора Карелии / Г.С. Антипина. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2002. – 150 с.
18. Аристовская, Т.В. Микробиология подзолистых почв / Т.В. Аристовская. – М.: Наука, 1965. – 187 с.
19. Артамонов, В.И. Растения на страже / В.И. Артамонов // Человек и природа. – М: Изд-во «Знание», 1977. – С. 7-67.
20. Атлас. Регионы России. Нижегородская область. ФГУП «Верхневолжское аэрогеодезическое предприятие» Федерального агентства

геодезии картографии в 2004 г., дополненное в 2007 г. Нижний Новгород: Роскартография, 2007. – 192 с.

21. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1988. – 288 с.

22. Баканина, Ф.М. Техногенные изменения почвенного покрова городских территорий (на примере города Горького) / Ф.М. Баканина // Антропогенные изменения и охрана природной среды. – Н. Новгород: Изд-во НГПУ, 1990. – С. 61-66.

23. Баканина, Ф.М. Тяжелые металлы в почвах крупных городов (на примере г. Н. Новгорода) / Ф.М. Баканина, О.В. Глебова, Н.В. Родионова // Эколого-географические проблемы Волго-Вятского региона: Межвуз. сб. науч. тр. – Н. Новгород: Ниж. гос. пед. ин-т., 1994. – 188 с.

24. Баулина, В.В. Сады и парки Горьковской области / В.В. Баулина. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1981. – 223 с., ил.

25. Белова, Н.К. Состояние зеленых насаждений на бульварах Москвы / Н.К. Белова // Лесной вестник. – М., 2000. – № 6. – С. 100-101.

26. Беляева, Е.Л. Композиция крупной городской магистрали / Е.Л. Беляева // Архитектурные композиции жилых и общественных комплексов. – М.: Стройиздат, 1976. – 159 с.

27. Бекряев, Б.А. Дорожное законодательство России / Б.А. Бекряев, Е.М. Лобанов // Проектирование автомобильных дорог: Сб. науч. тр. – М.: МАДИ (ТУ), 1999. – С. 95-115.

28. Бельгард, А.Л. Лесная растительность юго-востока УССР / А.Л. Бельгард. – Киев: Изд-во Киевского ун-та, 1950. – 264 с.

29. Березуцкий, М.А. Антропогенная трансформация флоры южной части Приволжской возвышенности: Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Воронеж, 2000. – 40 с.

30. Берзиня, А.Я. Загрязнения металлами растений в придорожных зонах автомагистралей / А.Я. Берзиня // Загрязнения природной среды выбросами автотранспорта. – Рига: Зинатне, 1980. – С. 28-45.
31. Богатырев, В.Р. Развитие города: проблемы, пути решения / В.Р. Богатырев. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1990. – 128 с., ил.
32. Большой энциклопедический словарь. Биология. / Отв. ред. М.С. Гиляров. – М.: Большая российская энциклопедия, 1999. – 864 с.
33. Борисова, Е.А. Адвентивная флора Верхневолжского региона (современное состояние, динамические тенденции, направленность процессов формирования): Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Москва, 2008. – 40 с.
34. Борисова, М.А. Флора транспортных путей Ярославской области: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Саранск, 2002. – 18 с.
35. Бубнов, Ю.Н. Архитектура города Горького: Очерки истории 1917-1985 гг. / Ю.Н. Бубнов, О.В. Орельская. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1986. – 191 с.
36. Булохов, А. Д. Фитоиндикация и ее практическое применение / А.Д. Булохов. – Брянск: Изд-во БГУ, 2004. – 245 с.
37. Бухарина, И.Л. Городские насаждения: экологический аспект: монография. / И.Л. Бухарина, А.Н. Журавлева, О.Г. Большова. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2012. – 206 с.
38. Василевич, В.И. Статистические методы в геоботанике / В.И. Василевич. – Л.: Наука, 1969. – 248 с.
39. Василевич, В.И. Доминантно-флористический подход к выделению растительных ассоциаций / В.И. Василевич // Ботанич. журн. – 1995. – Т. 80. – № 6. – С. 28-39.
40. Вахненко, Д.В. Антропогенная трансформация флоры северо-восточного Приазовья в пределах Ростовской городской агломерации: Автореф. дис... канд. биол. наук. Краснодар, 2000. – 19 с.

41. Великанов, Л.Л. Адсорбция ферментов и их активность на границе раздела твердой и жидкой фазы / Л.Л. Великанов, Д.Г. Звягинцев // Микроорганизмы в сельском хозяйстве. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – С. 339-354.
42. Виленский, Д.Г. География почв / Д.Г. Виленский. – М.: Гос. изд-во «Высшая школа», 1961. – 343 с.
43. Владимиров, В.В. Город и ландшафт / В.В. Владимиров, Е.М. Микулина, З.М. Яргина. – М.: Мир, 1986. – 78 с.
44. Влияние осадков сточных вод, содержащих металлы, на микробные сообщества серой лесной почвы / С.Ю. Селивановская, С.Н. Киямова, В.З. Лапытова, Ф.К. Алимова // Почвоведение. – 2002. – № 5. – С. 588-594.
45. Волков, Л.Б. Предложения по уходу за разнотравными газонами и их применению / Л.Б. Волков, Н.А. Соболев // Проблемы озеленения городов: Альманах. Вып. 10: Материалы общегородской конференции. М.: Прима-М, 2004. – С. 125-128.
46. Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах: Межвед. сб. науч. тр. /Под ред. Н.М. Матвеева. Самара: Изд-во «Самарский университет», 1995. – 228 с.
47. Воробьев, С.Т. Атмосфера автомагистралей / С.Т. Воробьев, С.А. Самаев // Энергия. - № 9. – 2003. – С. 54-57.
48. Воротников, В.П. Злаки и злаковидные растения Нижегородской области / В.П. Воротников, А.А. Шестакова. – Н. Новгород: Изд. Ю.А. Николаев, 2008. – 160 с.
49. Галиулин, Р.В. Индикация биологического эффекта мелиорации серой лесной почвы, загрязнённой медью, путем определения ее целлюлозолитической активности / Р.В. Галиулин, Н.А. Семенова, Р.А. Галиулина // Агрохимия. – 1996. – № 11. – С. 131-136.
50. Галстян, А.Ш. К оценке биологической активности почв / А.Ш. Галстян // Сб. науч. тр. – Минск, 1977. – С. 201-202.

51. Ганжара, Н.Ф. Практикум по почвоведению / Под ред. Н.Ф. Ганжары. – М.: Агроконсалт, 2002. – 280 с.
52. Генеральный план развития города Нижнего Новгорода до 2030 года. URL: <http://www.admgor.nnov.ru/gorod/gradostroitelstvo/> (дата обращения 14.04.2015).
53. Геоботаническое районирование СССР // Под ред. Е.М. Лавренко. – М. – Л.: АН СССР, 1943 – 152 с.
54. Геология Горьковской области. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1978 – 178 с.
55. География Нижегородской области: Учебное пособие / Науч. ред. Г.С. Кулинич, В.В. Николина. – Н. Новгород: Волго-Вятское кн. изд-во, 1991. – 207 с., ил.
56. Глебова, О.В. К вопросу о кислотности городских почв (на примере г. Нижнего Новгорода) / О.В. Глебова, Н.В. Родионова // Эколого-географические проблемы Волго-Вятского региона: Межвуз. сб. науч. тр. / Ниж. гос. пед. ин-т. – Н. Новгород, 1994. – С. 103-108.
57. Гнатюк Е.П. Методы сбора и анализа флористических данных / Е.П. Гнатюк, Г.С. Антипина // Методы полевых и лабораторных исследований растений и растительного покрова – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2001. – С. 126 - 148.
58. Город-экосистема / Под ред. Э.А. Лихачева, Д.А. Тимофеева, М.П. Жидкова. – М., 1996. – 123 с.
59. Горохов, В.А. Зеленая природа города: Учеб. Пособие для вузов. Издание 2-е, доп. и перераб. / В.А. Горохов – М.: Архитектур-С, 2005. – 528 с., ил.
60. Горохова, И.Л. Анализ состояния почвенного покрова вдоль трассы МКАД / И.Л. Горохова // Экологические системы и приборы. – № 2. – 2001. – С. 12-14.

61. Горчаковский, П.Л. Сосновые леса и аридно-петрофитные редколесья Центрального Казахстана, их особенности и антропогенная динамика / П.Л. Горчаковский, Н.Т. Лалаян // Экология. – 1982. – № 2. – С. 6-18.
62. Горчаковский, П.Л. Антропогенные изменения растительности: мониторинг, оценка, прогнозирование / П.Л. Горчаковский // Экология. – 1984. – № 5. – С. 3-16.
63. Горчаковский, П.Л. Трансформация естественного суходольного луга при разных уровнях минерального питания / П.Л. Горчаковский, А.В. Абрамчук // Структура, продуктивность и динамика растительного покрова. – Свердловск, 1990. – С. 17-32.
64. Горчаковский, П.Л. Антропогенная трансформация и восстановление продуктивности луговых фитоценозов / П.Л. Горчаковский Екатеринбург, 1999. – 156 с.
65. Горышина, Т.К. Экология растений / Т.К. Горышина – М.: Высшая школа, 1979 – 368 с.
66. Горышина, Т.К. Растение в городе / Т.К. Горышина – Л.: Изд. ЛГУ, 1991 – 148 с.
67. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Москвы» за 1997-1999 гг. – М.: Изд-во Прима-Пресс-М, 2000. – 147 с.
68. Грицан, О.Ю. Нормативная и правовая базы системы озеленения / О.Ю. Грицан, О.П. Петрова // Ландшафтная архитектура. Дизайн. – № 1 (16). – 2007. – С. 52-53.
69. Дабахов, М.В. Тяжелые металлы: экотоксикология и проблемы нормирования / М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова, В.И. Титова. – Нижегородская гос. с.-х. академия. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. – 165 с.
70. Девятов, М.М. О новом подходе к классификации автомобильных дорог / М.М. Девятов // Вестник Волгоградской государственной архитектурно-строительной академии. Серия: Строительство и архитектура.

Научно-теоретический и производственно-практический журнал – Волгоград: ВолгГАСА, Выпуск 2 (5), 2002. – С. 209-216.

71. Динамика лесной растительности на урбанизированных территориях Нижегородского Поволжья / А.К. Ибрагимов, В.И. Волкорезов, В.Г. Егорагин // Антропогенная динамика и оптимизация растительного покрова: Межвуз. сб. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 1991, С. 3-32.

72. Добрынин, Б.Ф. Физическая география СССР. Европейская часть и Кавказ / Б.Ф. Добрынин. – М.: Уч. педгиз, 1935. – 342 с.

73. Доклад об экологической обстановке и природоохранной деятельности в Нижнем Новгороде в 2008 году / Под общ. ред. Ю.Н. Гагарина, Т.А. Косариковой. – Нижний Новгород, 2009. – 244 с.

74. Домашнев, Д.Б. Использование модельного почвенного грунта в исследованиях по определению влияния различного содержания фосфора и калия на произрастание растений в городах / Д.Б. Домашнев, А.Ю. Семенцов // Проблемы озеленения крупных городов: Материалы XII Международной научно-практической конференции. – М.: Прима-М, 2009. – С. 149-155.

75. Еленевский, А.Г. Растительность Белгородской области (конспект флоры) / А.Г. Еленевский, В.И. Радыгина, Н.Н. Чаадаева. – М., 2004. – 120 с.

76. Жуйкова, Т.В. Реакция ценопопуляций и травянистых сообществ на химическое загрязнение среды: автореф. дисс. д.б.н. Екатеринбург. 2009. – 40 с.

77. Зайцев, Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1984. – 424 с.

78. Звягинцев, Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева [и др.]. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1980. – С. 224-228.

79. Залеская, Л.С. Зеленые территории в ландшафте современного города: Сборник статей / Л.С. Залеская, Е.М. Микулина, В.В. Баулина, О.К. Блиновский; Под ред. Л.С. Залеской. – М.: «Знание», 1971. – 64 с.

80. Залесская, Л.С. Ландшафтная архитектура: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / Л.С. Залесская, Е.М. Микулина. – М.: Стройиздат, 1979. – 240 с.
81. Зеликов, В.Д. Городские почвогрунты: Учебное пособие для студентов специальности 260500 / В.Д. Зеликов. – М.: МГУЛ, 1998. – 40 с.
82. Зеликов, В.Д. Агрохимический анализ почвы: Методические указания для лабораторных работ для студентов специальностей 260400, 260500. / В.Д. Зеликов, Н.Г. Шишкина, Е.В. Кузнецова, Д.Г. Щепашенко, О.Б. Алмазова, О.В. Мартыненко. – М.: МГУЛ. 2000. – 33 с.
83. Ибрагимов, А.К. Динамика лесной растительности на урбанизированных территориях Нижегородского Поволжья / А.К. Ибрагимов, В.И. Волкорезов, В.Г. Егорагин // Антропогенная динамика и оптимизация растительного покрова: Межвуз. сб. – Н. Новгород, 1991. – С. 3-32.
84. Ибрагимов, А.К. О рекреационной деградации лесов пригородной зоны г. Горького / А.К. Ибрагимов, В.П. Воротников // Антропогенные изменения и охрана природной среды. – Горький, 1990. – С. 77-87.
85. Ибрагимов А.К. Влияние урбанизированных территорий на состояние природных ландшафтов: эколого-педагогические аспекты / А.К. Ибрагимов, А.А. Терентьев, А.А. Ибрагимов // Экологическое образование: проблемы и перспективы: Межвузовский сборник научных трудов. – Н. Новгород: Изд-во НГПУ, 1998. – С.129-138.
86. Иванова, Ю.Д. Распределение антропогенного загрязнения среды в г. Красноярске (по данным электронного экологического атласа города) / Ю.Д. Иванова, А.А. Питенко, Р.Г. Хлебопрос, О.Э. Якубайлик // Инженерная экология. – 2001. – № 3. – С. 20-24.
87. Ильминских, Н.Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды (на примере городов Вятско-Камского края) // Автореф. дис... докт. биол. наук, С-Пб.: Изд-во СПбГУ, 1993. – 36 с.

88. Илькун, Г.М. Загрязнители атмосферы и растения / Г.М. Илькун. – К.: Наук. думка, 1978. – 246 с.
89. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1980. – 284 с.
90. Кавтарадзе, Д.Н. Растительность урбанизированных территорий, как предмет классификации в связи с задачами охраны природы / Д.Н. Кавтарадзе, М.Е. Игнатьева // Биологические науки, №12, 1984. – С. 132-138.
91. Кавтарадзе, Д.Н. Автомобильные дороги в экологических системах (проблемы взаимодействия) / Д.Н. Кавтарадзе, Л.Ф. Николаева, Е.Б. Поршнева, Н.Б. Фролова. – М.: ЧеРО, 1999. – 240 с.
92. Камерилова, Г.С. Изучение экологии города (на примере г. Н. Новгорода) / Г.С. Камерилова. – Н. Новгород: Изд-во Волго-Вят. ак. гос. сл., 1996. – 76 с.
93. Камерилова, Г.С. Экология города: урбоэкология: Учебник для 10-11 кл. шк. естеств.-научн. профиля / Г.С. Камерилова. – М.: Просвещение, 1997. – 192 с.
94. Канцерова, Л.В. Разнообразие и сукцессии растительных сообществ на трансформированных придорожных участках Карелии / Л.В. Канцерова // Труды Карельского научного центра РАН. – 2012. – № 1. С. 48-55.
95. Качинский, Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения / Н.А. Качинский. – М., 1958. – 193 с.
96. Климат Нижнего Новгорода / Под ред. Ц.А. Швер, С.В. Рязановой. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 167 с.
97. Колешко, О.И. Экология микроорганизмов почвы: Лабораторный практикум для биол. спец. ун-тов / О.И. Колешко. – Минск: Высшая школа, 1981. – 176 с.
98. Колесников, С.И. Почвоведение с основами геологии: Учеб. Пособие / С.И. Колесников. – М.: Издательство РИОР, 2005. – 150 с.

99. Корчагин, А.А. Строение растительных сообществ / А.А. Корчагин // Полевая геоботаника. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1976 – 320 с.
100. Кулинич, Г.С. География Нижегородской области. Учебное пособие / Г.С. Кулинич. – Н. Новгород: Волго-Вятское кн. изд-во, 1991. – 207 с.
101. Культиасов, М.В. Экология растений / М.В. Культиасов. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 343 с.
102. Кучерявый, В.А. Зелёная зона города / В.А. Кучерявый. – К.: Наук. думка, 1981. – 246 с.
103. Лабутин, Д.С. Материалы к флоре обочин автодороги Саранск-Рузаевка / Д.С. Лабутин, Т.Б. Силаева, М.В. Пузырькина // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2010. – № 8. – С. 75-82.
104. Лазарев, А.П. Целлюлозолитическая активность обрабатываемого чернозема обыкновенного лесостепной зоны Ишимской равнины / А.П. Лазарев, Ю.И. Абрашин, Л.И. Горделюк // Почвоведение. – 1997. – № 10. – С. 1230-1234.
105. Лаптев, А.А. Справочник работника зелёного строительства / А.А. Лаптев, Б.А. Глазачев, А.С. Маяк. – К.: Будівельник, 1984 – 152 с.
106. Лапшин, М.М. Географический спектр злаков флоры Верхнего Приветлужья / М.М. Лапшин // Ботанико-лесоводственные исследования: Сборник статей по обмену производственным и научным опытом. Горький: Типография изд-ва «Горьковская правда», 1972. – С. 64-68.
107. Лебедева, Г.С. Почвенные условия и состояние посадок в городских условиях / Г.С. Лебедева, А.А. Латанов, О.В. Кормилицына, В.В. Бондаренко // Проблемы озеленения крупных городов: Материалы XII Международной научно-практической конференции. – М.: Прима-М, 2009. – С. 110-113.
108. Лосева, А.С. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды: Учебное пособие по курсу физиологии растений для студентов агрономических специальностей / А.С. Лосева, А.Е. Петров-Спиридонов. – М.: Тимирязевская сельхоз. академия, 1988 – 43 с.

109. Лысиков, А.Б. Оценка состояния лесных почв, находящихся под воздействием московской кольцевой автодороги / А.Б. Лысиков // Почвы. Национальное достояние России: Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов. – Новосибирск: «Наука-Центр», 2004. – С. 345.
110. Маданов, П.В. Микроэлементы и микроудобрения в подзолистой зоне Русской равнины / П.В. Маданов, А.С. Фатьянов. – Казань: Наука, 1972. – 113 с.
111. Маевский, П.Ф. Флора средней полосы европейской части СССР / П.Ф. Маевский. – М.: Колос, 1964 – 880 с.
112. Максимова, А.А. Озеленение в зонах, прилегающих к транспортным городским магистралям / А.А. Максимова // Лесной вестник. – 2000. – № 6. – С. 168-171.
113. Максимова, Н.Л. Влияние атмосферных загрязнителей на агробиоценозы и городские экосистемы / Н.Л. Максимова, И.М. Афанасьева // Сб. статей к 20-летию ФГУ «Государственный природный заповедник «Шульган-Таш». – 1998 г. – С. 371-374.
114. Маркова, Ю.Л. Оценка воздействия промышленности и транспорта на городские почвы: автореф. дисс. к.б.н. 2001. – 32 с.
115. Матвеев, Н.М. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье / Н.М. Матвеев, В.А. Павловский, Н.В. Прохорова. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 1997. – 215 с.
116. Математические методы в ботанических и экологических исследованиях. Методические указания / Сост. Л.М. Кавеленова. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 1994. – 32 с.
117. Методические рекомендации для проведения практических работ по экологии и здоровому образу жизни для студентов по направлению 511100 «Экология и природопользование» и специальности 250203 «Садово-

- парковое и ландшафтное строительство» / Сост. Н.Л. Максимова, Е.А. Моралова. – Н. Новгород, ННГАСУ, 2005. – 39 с.
118. Методические указания по расчету выброса вредных веществ автомобильным транспортом. – М.: Гидрометеиздат, 1985. – 20 с.
119. Мининзон, И.Л. Крупный города как резерват редких и охранных растений (на примере г. Н. Новгорода) / И.Л. Мининзон // Охрана природных территорий. Проблемы выявления, исследования, организации систем: Тезисы докл. Междунар. науч. конф. – Пермь, 1994. – С. 16-17.
120. Мининзон, И.Л. Флора Нижнего Новгорода. Нижний Новгород: 3-я электронная версия, 2011. – 120 с.
121. Миркин, Б.М. Современная наука о растительности: Учебник / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова, А.И. Соломещ. – М.: Изд-во Логос, 2002. – 264 с.
122. Митянин, И.О. Эколого-агрономическая эффективность использования бобово-злаковой травосмеси в целях консервации земель: автореф. дисс. к.с.-х.н. Брянск. 2008. – 20 с.
123. Мишустин, Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е.Н. Мишустин. – М.: Наука, 1972. – 343 с.
124. Мозолева, Е.Г. Оценка состояния насаждений лесопарков Московского городского управления лесами на территории, примыкающих к Московской кольцевой автомобильной дороге (лесопатологический мониторинг) / Е.Г. Мозолева, В.А. Липаткин, Т.В. Шарапа и др. – М.: МГУЛ, 1999. – 48 с.
125. Мониторинг состояния лесных и городских экосистем : Монография / Под ред. В.С. Шалаева, Е.Г. Мозолевской. – М.: МГУЛ, 2004. – 253 с.
126. Муравьев, А.Г. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство / А.Г. Муравьев, Б.Б. Каррыев, А.Р. Ляндзберг; Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. Изд. 2-е, перераб. и дополн. – СПб.: Крисмас+, 2008. – 216 с.
127. Мэгарран, Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Э. Мэгарран. – М.: Мир, 1992. – 184 с.

128. Наплекова, Н.Н. Аэробное разложение целлюлозы микроорганизмами в почвах Западной Сибири / Н.Н. Наплекова. – Новосибирск: Наука, 1974. – 250 с.
129. Наджафова, С.И. Экологическое состояние почвенного покрова вдоль основных автомагистралей г. Баку. / С.И. Наджафова // Вестник Башкирского университета. Т. 20. №1, 2015. – С. 119-122.
130. Никитин, Б.А. Пахотные почвы Нижегородской области / Б.А. Никитин, Г.Д. Гогмачадзе. – Н. Новгород, 2003. – 176 с.
131. Николаев, Ю.Н. Солевое загрязнение почв и растительности в национальном парке «Лосиный остров» / Ю.Н. Николаев, Т.В. Шестакова, А.Ю. Бычков, Ю.Л. Маркова, Т.Н. Лубкова, О.Е. Яникеева // V междунар. конф. «Новые идеи в науках о Земле», Т. 4. – М.: МГУЛ, 2001. – С. 44-48.
132. Николаевский, В.С. Эколого-физиологические основы газоустойчивости растений. Учебное пособие / В.С. Николаевский. – М., 1989. – 65 с.
133. Николаевский, В.С. Экологический мониторинг зеленых насаждений в крупном городе. Методы исследования: Практическое пособие / В.С. Николаевский. – М.: МГУЛ, 2008. – 67 с.
134. Ниценко, А.А. Сады и парки как объект геоботанического исследования / А.А. Ниценко // Вестник ЛГУ. № 15, 1969. – С. 54-62.
135. Общая экология / Н.И. Чернова, А.М. Былова. – М.: Дрофа, 2007. – 147 с.
136. Обухов, А.И. Экологические последствия применения противогололедных соединений на городских автомагистралях и методы по их устранению / А.И. Обухов, О.М. Лепнева // Экологические исследования в Москве и Московской области. – М., 1990. – С. 197-202.
137. ОДМ 218-011-98. Методические рекомендации по озеленению автомобильных дорог. М.: Стройиздат, 1998. – 48 с.

138. Одум, Ю. Экология: В 2-х т. Пер. с англ. / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – 376 с.
139. Основы математической обработки геоботанических данных. Часть 1. Методическое пособие для студентов университетов / Составители И.В. Боряков, В.П. Воротников. – Н. Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2001. – 34 с.
140. Палентреер, С.Н. Озеленение жилых улиц и магистралей / С.Н. Палентреер. – М.: Изд-во акад. архитектуры СССР, 1945. – 75 с., ил.
141. Павлова, Е.И. Экология транспорта: Учебник для вузов / Е.И. Павлова, Ю.В. Буралев. – М.: Транспорт, 1998. – 232 с.
142. Пархоменко, Н.А. Взаимосвязь накопления тяжелых металлов в системе почва-растение вдоль автомагистралей Омской области / Н.А. Пархоменко, Ю.И. Ермохин // Почвы. Национальное достояние России: Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов. – Новосибирск: «Наука-Центр», 2004. – С. 306-311.
143. Переверзев, В.Н. Состояние почвенно-растительного покрова городских парковых территорий в условиях интенсивного антропогенного воздействия / В.Н. Переверзев, Е.А. Кошелев // Проблемы озеленения городов: альманах. – Вып. 10. – М.: Прима-М, 2004. – С. 212-214.
144. Поздняков, А.А. Значение правила Виллиса для таксономии / А.А. Поздняков // Журнал общей биологии. Т. 66. № 4. – 2005. – С. 326-335.
145. Полуяхтов, К.И. Лесорастительное районирование Горьковской области / К.И. Полуяхтов // Биологические основы продуктивности и охраны лесных, луговых и водных фитоценозов Горьковского Поволжья. – Горький: ГГУ, 1974. – С. 4-20.
146. Понятовская, В.М. Учёт обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах / В.М. Понятовская // Полевая геоботаника, т.3 – М.: Изд. АН СССР, 1964. – 530 с.

147. Почвы Горьковской области. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1978. – 139 с.
148. Практикум по агрохимии / Под ред. Ягодина Б.А. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
149. Практикум по почвоведению / Под ред. Н.С. Кауричева. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 297 с.
150. Природа Горьковской области. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1974. – 416 с.
151. Прудникова, А.Ю. Состав и структура флоры бассейна реки Тойсук (предгорья Восточного Саяна, Иркутская область): автореф. дисс. к.б.н. Улан-Удэ. 2011. – 48 с.
152. Пупырев, Е.И. Обеспечение экологической безопасности территорий. Аналитический доклад «О состоянии зеленых насаждений в Москве. По данным мониторинга 1998 г.» / Е.И. Пупырев. – М.: Изд-во Прима-М, 1999. – 214 с.
153. Пятакова, Л.П. Влияние тяжелых металлов на биологическую активность светло-серых лесных почв Центральной части Нечерноземной зоны: автореф. дисс. к.с.-х.н. Брянск. 2008. – 21 с.
154. Рабочая классификация почв Горьковской области. Учебное пособие для студентов сельхозинститута. Отв. ред. Б.А. Никитин. Горький: ГГСХИ, 1979. – 117 с.
155. Работнов, Т.А. Луговедение / Т.А. Работнов. 2-е изд. – М.: МГУ, 1984. – 320 с.
156. Раменский, Л.Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л.Г. Раменский, И.А. Цаценкин, О.Н. Чижилов, Н.А. Антипин. – М., 1956. – 472 с.
157. Растения в экстремальных условиях минерального питания / Под ред. М.Я. Школьника, Н.В. Алексеевой-Поповой. – Л.: Наука, 1983. – 177 с.
158. Россия в цифрах: крат. стат. сб. / Госкомстат России. – М., 2000. – 396 с.

159. Рубцов, Л.И. Справочник по зеленому строительству / Л.И. Рубцов, А.А. Лаптев. 2-е издание. – Киев: «Будівельник», 1971. – 312 с.
160. РД 52.04.5. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – С. 8-9.
161. РД 52.04.186-89 Руководство по контролю атмосферного воздуха. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – С. 18-25.
162. Рожевиц, Р.Ю. Злаки / Р.Ю. Рожевиц. – М.: Сельхозиздат, 1937. – 132 с.
163. Румянцева, Н.А. Некоторые особенности влияния автотранспорта на почвенно-растительный покров в крупном городе / Н.А. Румянцева // Научные и технические аспекты окружающей среды: ВНИИТИ. – 1996. – № 4. – С. 39-50.
164. Рысин, Л.П. Лесные экосистемы на урбанизированных территориях / Л.П. Рысин // Лесные экосистемы и урбанизация. – М.: КМК, 2008. – С. 6-23.
165. Сазонов, Э.В. Экология городской среды: Учебное пособие / Э.В. Сазонов. – С-Пб.: ГИОРД, 2010. – 312 с.
166. Сахапов, М.Т. Урбофитоценология. Изучение спонтанной растительности городов / М.Т. Сахапов, Б.М. Миркин, Л.М. Ишбирдина // Успехи современной биологии. – 1990. – т. 109, №3. – С. 453-466.
167. Сабуров, Д.Н. Опыт классификации луговой растительности Центральной России по экологическим группам видов / Д.Н. Сабуров // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 1984. – Т.89. Вып.1. – С. 72-82.
168. Сафонов, А.Ф. Целлюлозоразлагающая способность почвы и содержание почвенных нематод / А.Ф. Сафонов, А.А. Алферов, С.Н. Кручина // Длительному полевому опыту ТСХА 90 лет: итоги научных исследований. – М.: Изд-во МСХА, 2002. – С. 163-169.
169. Сафонова, Е.В. Таксономическая структура флоры как показатель антропогенной трансформации на примере Нижнего Приамурья. / Е.В. Сафонова, С.В. Бабкина // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1; URL: www.science-education.ru/107-8391 (дата обращения: 29.10.2015).

170. Сафронов, Э.А. Влияние автотранспортного комплекса на экологию городской среды / Э.А. Сафронов, В.А. Хомич, О.В. Плешакова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2001. – № 2-3. – С. 124-129.
171. Седова, Е.И. Использование цветных и луговых газонов в качестве почвоулучшающих мероприятий на загрязненных городских территориях / Е.И. Седова, Р.А. Громов // Проблемы озеленения крупных городов: Материалы XII Международной научно-практической конференции. – М.: Прима-М, 2009. – С. 149-155.
172. Серебряков, И.Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных / И.Г. Серебряков. – М.: Высшая школа, 1962. – 277 с.
173. Сидорович, Е.А. Аккумуляция ионов хлора почвами и ассимиляционными органами деревьев в городских насаждениях Минска / Е.А. Сидорович, Н.М. Арабей, К.К. Кирковский, Н.Г. Дишук, С.Ф. Жданец, О.С. Козырь. – 1996. – 354 с.
174. Скрыпников, А.В. Воздействие выбросов автомобильного транспорта на придорожные экосистемы / А.В. Скрыпников // Лесной вестник. – 2003. – № 2. – С. 136-141.
175. Смагин, А.В. Экологическая оценка биофизического состояния почв / А.В. Смагин, М.В. Садовникова, Д.Д. Хайдапова, Е.М. Шевченко. – М.: МГУ, 1999. – 48 с.
176. Смирнова, Н.А. Особенности трансформации почвенного покрова в зоне интенсивного антропогенного воздействия: автореф. дисс. к.с.-х.н. Москва-Немчиновка. 2005. – 23 с.
177. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги. Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56 с.
178. СНиП 2.07.01-89. Строительные нормы и правила. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. – М.: ГП ЦПП, 1998. – 55 с.

179. Состояние зеленых насаждений в Москве (по данным мониторинга 2000 года): Аналитический доклад / Под ред. Х.Г. Якубова. – М.: Изд-во ПРИМА-М, 2001. – 290 с.
180. Состояние и контроль загрязнения природной среды в Горьковской области (в помощь лектору). / Сост. Д.В. Винокурова. – Горький: Горьков. обл. орг. о-ва «Знание», 1988. – 18 с.
181. Состояние окружающей среды и природных ресурсов Нижегородской области в 2008 году. Доклад / Под общ. ред. Ю.Н. Гагарина, Т.А. Косариковой. – Н.Новгород: Изд-во Волго-Вятской академии государственной службы, 2009. – 222 с.
182. Спиридонов, А.И. Геоморфология Европейской части СССР: Уч. пособие для геогр. спец. ун-тов / А.И. Спиридонов. – М.: Высшая школа, 1978. – 335 с.
183. Справочник агрохимика / Сост. Д.А. Кореньков. 2-е изд., перераб. и доп. – М: Россельхозиздат, 1980. – 286 с.
184. Справочник агрохимика // Под ред. Т.Н. Кулаковской, И.М. Богдевича, - 2-е изд., испр. и доп. – Минск: Урожай, 1985. – 214с.
185. Справочное пособие по агрохимии и экологии: 4-е издание, перераб. и доп. / Сост. В.И. Титова, В.Г. Бусоргин, О.Д. Шафронов, Л.Д. Варламова, Е.А. Крымова, Е.В. Дабахова, Е.Г. Тюрникова, Е.Ю. Гейгер, И.Д. Короленко, И.О. Митянин. – Н. Новгород, НГСХА, 2008. – 79 с.
186. Станков, С.С. Природные условия Нижегородской Губернии / С.С. Станков. – Н. Новгород, 1968. – 76 с.
187. Строганов, Б.П. Физиологические основы солеустойчивости растений / Б.П. Строганов. – М.: Наука, 1962. – 364 с.
188. Строгонова, М.Н. Экологическое состояние почвенного покрова урбанизированных территорий / М.Н. Строганова, М.Г. Агаркова // Экологические исследования в Москве и Московской области. – М., 1990. – С. 127-147.

189. Строгонова, М.Н. Городские почвы: генезис, классификация, функции / М.Н. Строганова, А.Д. Мягкова // Почва, город, экология / Под ред. Г.В. Добровольского. – М., 1997. – С. 15-88.
190. Строгопов, Б.П. Солеустойчивость растений. Физиология сельскохозяйственных растений / Б.П. Строгопов. т.3. – М., 1967. 233 с.
191. Талипова, Е.В. Изменение морфофизиологических параметров лекарственных растений при действии автотранспортного загрязнения (на примере Кировской области): автореф. дисс. к.б.н. Саранск. 2006 г. – 22 с.
192. Тахтаджян, А.Л. Система магнолиофитов / А.Л. Тахтаджян. – Л.: «Наука», 1987. – 439 с.
193. Теодоронский В.С. О методах обследования зеленых насаждений на объектах озеленения Москвы // Лесной вестник. 2000. - № 6. – С. 52-56.
194. Терентьев А.А., Ибрагимов А.К. О некоторых аспектах городского озеленения в связи с особенностями урбанизированной природной среды // Антропогенные изменения и охрана природной среды. Н. Новгород, 1990. – С. 66-77.
195. Технический паспорт автомобильной дороги проспекта Гагарина от улицы Терешковой до улицы Медицинской, 1994 г.
196. Технический паспорт автомобильной дороги проспекта Ленина от Заречного бульвара до Комсомольской площади, 1995 г.
197. Технический паспорт автомобильной дороги Московское шоссе от Сормовского поворота до улицы Кузбасской, 1994 г.
198. Титова, В.И. Практикум по агроэкологии: Учебн. пособие / В.И. Титова, Е.В. Дабахова, М.В. Дабахов. – Нижегородская гос. с.-х. академия. – Н. Новгород: Изд-во Волго-Вятской академии государственной службы, 2005. – 138 с.
199. Титова, В.И. Рекомендации по оценке экологического состояния почв как компонента окружающей среды / В.И. Титова, Е.В. Дабахова, М.В.

Дабахов. – Нижегородская гос. с.-х. академия. – Н. Новгород: НГСХА, Изд-во ВВАГС, 2004. – 68 с.

200. Титова, В.И. Рекомендации по экологической оценке и мерам снижения загрязнений почв и прилегающих к сельскохозяйственным угодьям компонентов окружающей среды / В.И. Титова, М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова, Д.Г. Краснов. – Нижегородская гос. с.-х. академия. – Н. Новгород: НГСХА, Изд-во ВВАГС, 2005. – 60 с.

201. Титова, В.И. Сельскохозяйственная экология: Учебное пособие / В.И. Титова, М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова. – Нижегородская гос. с.-х. акад. – Н. Новгород: НГСХА, 1999. – 91 с.

202. Титова, В.И. Фосфор в земледелии Нижегородской области / В.И. Титова, О.Д. Шафронов, Л.Д. Варламова. – Нижегородская гос. с.-х. академия. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. – 219 с.

203. Трубе, Л.Л. География Горьковской области. Учебное пособие / Л.Л. Трубе. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1978 – 176 с., ил.

204. Тюльдюков, В.А. Газоноведение и озеленение населенных территорий / В.А. Тюльдюков, И.В. Кобозев, Н.В. Парахин. – М.: КолосС, 2000. – 264 с.

205. Удовенко, Г.В. Солеустойчивость культурных растений / Г.В. Удовенко. – Л., 1977. – 135 с.

206. Улицы города Горького: Справочник / Сост. Т.И. Пелевина. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1983. – 159 с.

207. Фатьянов, А.С. Почвы Горьковской области и методы их окультуривания / А.С. Фатьянов. – Горький: ОГИЗ, 1949. – 142 с.

208. Флора и растительность Горьковской области: Сб. статей / Под ред. К.К. Полуяхтова. – Горький, 1974. – 90 с.

209. Флора и растительности Европейской части СССР: Сб. статей / Отв. Ред. В.Н. Тихомиров. – М.: Изд-во МГУ, 1971. – 608 с.

210. Флора окрестностей Пустынской биостанции: Методические рекомендации для студентов-биологов. – Н.Новгород: ННГУ, 1994. – 60 с.

211. Фролов, Ю.Н. Защита окружающей среды в автотранспортном комплексе: Учебное пособие / Ю.Н. Фролов. – М.: 1997. – 71 с.
212. Хабаров, В.А. О загрязнении почвенного покрова бульварного кольца Москвы / В.А. Хабаров, А.В. Хабаров // Почвы. Национальное достояние России: Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов. – Новосибирск: «Наука-Центр», 2004. – С. 313-318.
213. Харитонычев, А.Т. Физическая география Горьковской области: Учебное пособие / А.Т. Харитонычев. – Горький: Горьков. гос. пед. ин-т, 1985. – 96 с.
214. Химические элементы в системе почва-растение / Отв. ред. В.Б. Ильин. – Новосибирск: наука, 1982. – 212 с.
215. Хмелев, К.Ф. Состояние и тенденции развития флоры антропогенно-трансформированных экосистем / К.Ф. Хмелев, М.А. Березуцкий // Журн. общ. биол. – 2001. – Т. 62. № 4. – С. 339-351.
216. Хохряков, А.П. Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике / А.П. Хохряков // Бот. журн. – 2000. – Т. 85. – № 5. – С. 1-11.
217. Чайковский, Ю.В. Активный связный мир / Ю.В. Чайковский // Опыт теории эволюции жизни. – М.: «Товарищество научных изданий КМК», 2008. – С. 361-363.
218. Черепанов, С.К. Сосудистые растения СССР / С.К. Черепанов. – Л.: Наука, 1981 – 510 с.
219. Черепанов, С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С.К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
220. Чернова, Н.М. Экология / Н.М. Чернова, А.М. Былова. – М.: Просвещение, 1988. – 272 с.
221. Чеснокова, С.М. Экологическая оценка почв городских ландшафтов, загрязненных нефтепродуктами / С.М. Чеснокова, И.Д. Феоктистова // Почвы. Национальное достояние России: Материалы IV съезда

Докучаевского общества почвоведов. Новосибирск: «Наука-Центр», 2004. – С. 317.

222. Цвелев, И.И. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России: (Ленинградская, Псковская и Новгородская область) / И.И. Цвелев / РАН Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова. – СПб: Изд. СПб гос. хим.-фармацевт. акад., 2000. – 781 с.

223. Цыганов, Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне широколиственных лесов / Д.Н. Цыганов. – М.: Высшая школа, 1983. – 195 с.

224. Шарафутдинова, О.Д. Ферментативная активность почв лесных биогеоценозов Среднего Поволжья / О.Д. Шарафутдинова // Почва. Экология. Общество: Тез. докл., НИИ химии СПбГУ. – СПб., 1999. – С. 182-183.

225. Шафронов, О.Д. Геологическая основа формирования фона тяжелых металлов в почвах Нижегородчины (словарь-справочник): Учебное пособие / О.Д. Шафронов, В.Н. Полухин, В.И.Титова, Р.С. Борисова. – Н. Новгород: Нижегородская гос. с.-х. академия, 2003. – 63 с.

226. Шевякова, Н.И. Причины и механизмы гибели зеленых насаждений при действии техногенных факторов городской среды и создание стрессустойчивых фитоценозов / Н.И. Шевякова, В.В. Кузнецов, Л.О. Карпачевский // Лесной вестник. 2000. – № 6. – С. 25-31.

227. Шенников, А.П. Общие замечания к методике маршрутного геоботанического исследования / А.П. Шенников // Методика полевых геоботанических исследований. – М.: Мир, 1938 – 206 с.

228. Шенников, А.П. Культивируемая растительность как объект геоботаники А.П. Шенников. – Уч. зап. ЛГУ. – №143, вып. 30, 1951. – С. 3-10.

229. Шенников, А.П. Введение в геоботанику / А.П. Шенников. – Л.: Изд. Лен. Ун-та, 1964. – 447 с.

230. Шихова, Н.С. Трансформация лесных экосистем под влиянием процессов урбанизации (на примере лесов полуострова Муравьев-Амурский) / Н.С. Шихова // Водные и экологические проблемы, преобразование экосистем в условиях глобального изменения климата: V Дружининские чтения. Всероссийская конференция. – Хабаровск, 2014. – С. 395-398.
231. Шихова, Н.С. Мониторинг экологического состояния придорожных насаждений г. Владивостока / Н.С. Шихова // Вестник Иркутской сельскохозяйственной академии. – Т. 2. Вып. 44. – 2011. – С. 158-165.
232. Шкаринов, С.Л. Введение в геоботанику. Ч. 1. География растений: текст лекций. 4-е изд. / С.Л. Шкаринова. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. – 24 с.
233. Шлякова, Е.В. Определитель сорно-полевых растений Нечерноземной зоны / Е.В. Шлякова. – Л.: Колос. Ленингр. отделение, 1982. – 208 с., ил.
234. Экология Нижнего Новгорода: Монография. / Д.Б. Гелашвили, Е.В. Копосов, Л.А. Лаптев. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2008. – 530 с.
235. Экологическая оценка геохимического состояния почвенного покрова г. Н. Новгорода: Система мелкомасштабных карт по геохимическому состоянию почвенного покрова. М 1 : 200000. – Н. Новгород: НГПИ им. М. Горького, 1992. – 13 с.
236. Яргина, З.Н. Эстетика города / З.Н. Яргина. – М.: Стройиздат, 1991. – 365 с., ил.
237. Ahmad, S.S. Ethno medicinal survey of plants from salt range (Kallar Kahar) of Pakistan / S.S. Ahmad, S.Z. Husain // Pakistan Journal of Botany. 40(3), 2008. – P. 1005-1011.
238. Ahmad, S.S. Evaluation of ecological aspects of roadside vegetation around Havalian city using multivariate techniques / S.S. Ahmad, S. Fazal, E.E. Waleem, I. Zafar // Pakistan Journal of Botany. 41(1), 2009. – P. 461-466.
239. Ash, Y.J. Soil and vegetation in urban areas / Y.J. Ash // Soil in the urban environment. Blackwell sciatic publications LTD. 1992. – P. 153-170.

240. Bakker, J.W. Growing site and water supply street trees / J.W. Bakker // Groen. 39(6), 1983. – P. 205-207.
241. Bassuk, N. Evaluating street microclimates in New York City / N. Bassuk, T. Whitlow // METRIA: 5, Proc. 5th Conf. Metro, Tree Improve Alliance Pennsylvania State University Park PA, 1985. – P. 13-18.
242. Craul, P. Urban soil / P. Craul // METRIA: 5, Proc. 5th Conf. Metro, Tree Improve Alliance Pennsylvania State University Park PA, 1985. – P. 45-62.
243. Craul, P. Urban soil in landscape design New York Wiley / P. Craul, 1992. – 396 p.
244. Danin, A. Roadside Vegetation in Israel / A. Danin // Urban Ecology, (Ed.): M.A. Ozturk, 1991. – P. 392-403.
245. Forman, R.T. Roads and their major ecological effects / R.T. Forman, E.A. Lauren // Annu. Rev. Ecol, 1998. – V. 29. – P. 207-231.
246. Fluckiger-Keller, H. Changed pH-values on the vegetation along the motorway / H. Fluckiger-Keller, W. Fluckiger, J.J. Oertli // Water, air and soil pollution 11, 1979. – P. 153-157.
247. Halverson, H.G. Soil temperatures under urban trees and asphalt / H.G. Halverson, G.M. Heisler // United States Department Agriculture forest Service Research Paper NE-481. Arlington, 1981. – 6 p.
248. Hansen, K., Jensen J. The vegetation on roadsides in Denmark. Qualitative and quantitative composition / K. Hansen, J. Jensen // Dansk Botanist Archive, 1972. Bd. 28. №2. – P. 1-61.
249. Heindl, B. Roadside vegetation in Mediterranean France / B. Heindl, I. Ullmann // Phytocoenologia, 20. – 1991. – P. 111-141.
250. Holzapfel, C. Roadside vegetation along transects in Judean desert / C. Holzapfel, W. Schmidt // Israel journal of Botany, 39. – 1990. – P. 263-270.
251. Hope-Simpson J.F. On the error in the ordinary use of subjective frequency estimation in grassland / J.F. Hope-Simpson // Ecology, 1940. – P. 28-35.

252. Horton H. The sample plot as a method of quantitative analysis of chaparral vegetation in southern California / H. Horton // *Ecology*, 1955 – P. 22-27.
253. Hurlbert S.H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments / S.H. Hurlbert // *Ecological Monographs*. – 1984. – V. 54. – P. 187-211.
254. Hussey, B.M. The flora road survey: Voluntary recording of roadside vegetation in Western Australia. *Nature Conservation 2* / B.M. Hussey // *The Role of Corridors*, (Eds.): D.A Saunders & R.A. Hobbs, 1992. – P. 41-48.
255. Le Viol, I. Plant and spider communities benefit differently from the presence of planted hedgerows in highway verges / I. Le Viol, R. Julliard, C. Kerbiriou // *Biological Conservation*. 141(6), 2008. – P. 1581-1590.
256. Pirzada, H. Monitoring of soil lead pollution using roadside plants (*Dalbergia sissoo* and *Cannabis sativa*) utilizing multivariate analysis / H. Pirzada, S.S. Ahmad, R. Audil // *Pakistan Journal of Botany*, 41(4). 2009. – P. 1729-1736.
257. Raunkiaer, C. *The Life Forms of Plants and Statistical Geography* / C. Raunkiaer. Oxford, 1934. – 632 p.
258. Seiler, A. Ecological effects of roads. A review / A. Seiler // Uppsala, 2001. – 40 p.
259. Sheikh, S.A. Detrended correspondence analysis of vegetation along motorway (M-2), Pakistan / S.A. Sheikh // *Pakistan Journal of Botany*, 42(4). – 2010. – P. 2473-2477.
260. Sheikh, S.A. Multivariate analysis of roadside vegetation along motorway (M-1), Pakistan / S.A. Sheikh, K. Saira, E. Summra // *Pakistan Journal of Botany*, 45(1). – 2013. – P. 49-53.
261. Smith, A.D. A study of the reliability of range vegetation estimates // *Ecology* / A.D. Smith, 1944, v.2, №4. – P. 234-237.
262. Tikka, P.M., Road and railway verges serve as dispersal corridors for grassland plants / P.M. Tikka, H. Hogmander, P.S. Koski // *Landscape Ecology*. – 2001. – №16. – P. 659-666.

263. Treshow, M. Air pollution and plant life. Department of Biology, University of Utah, Salt Lake City, Utah, USA / M. Treshow // John Wiley and Sons Ltd, 1984. – P. 534.
264. Tyser, R.W. Alien flora in grasslands adjacent to road and trail corridors in Glacier National Park, Montana, USA / R.W. Tyser, C.A. Worley // Conservation Biology, 6. 1992. – P. 257-282.
265. Wilson, J.B. Distribution and climatic correlations of some exotic species along roadsides in South Island, New Zealand / J.B. Wilson, G.L. Rapson, M.T. Sykes, A.J. Watkins, P.A. Williams // J. Biogeography, 1992. – P. 183-194.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Список травянистых видов придорожных территорий

№ №	Вид	Модельные объекты				
		Экологическая характеристика	Заречная часть города			Нагорная часть города
			Сормовское шоссе	Московское шоссе	Проспект Ленина	Проспект Гагарина
1	2	3	4	5	6	7
1	Семейство Compositae (Asteraceae)					
1	<i>Achillea millefolium</i> L.	Мзт, КМ, Гк, Д.крщ., Pr	+	+	+	+
2	<i>Arctium tomentosum</i> L.	Эт, М, Гк, Дв., Ru		+	+	+
3	<i>Artemisia absintium</i> Mill.	Мзт, МК, Гк, С.кор., Ru	+		+	+
4	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	Мзт, М, Гк, С.кор., Ru	+	+	+	+
5	<i>Centaurea jacea</i> L.	Мзт, М, Гк, С.кор., Pr	+		+	
6	<i>Cichorium intybus</i> L.	Мзт, МК, Гк, С.кор., PrRu	+		+	+
7	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	Мзт, МК, Гф, К.отпр., Ru	+	+	+	+
8	<i>Erigeron acer</i> L.	Олт, КМ, Гк, Дв., Ru	+		+	
9	<i>Hieracium umbellatum</i> L.	Мзт, М, Гк, К.крщ., SlRu			+	+
10	<i>Matricaria matricarioides</i> (Less.) Porter, nom. illegit.	Мзт, М, Т, Ru	+		+	
11	<i>Matricaria perforatum</i> Merat.	Мзт, М, Гк, К.кор., Ru		+	+	
12	<i>Sonchus arvensis</i> L.	Мзт, М, Гф, К.отпр., Ru		+		
13	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	Олт, КМ, Гк, Пл.кст., Pr	+	+	+	
14	<i>Taraxacum officinale</i> Web. ex Wigg.	Мзт, М, Гк, С.кор., PrRu	+	+	+	+
15	<i>Tussilago farfara</i> L.	Мзт-Кц, М, Гф, Д.крщ., PrRu		+	+	+
2	Семейство Gramineae (Poaceae)					
16	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	Олт, КМ, Гк, Рх.кст., PrSl		+		
17	<i>Alopecurus</i>	Эт, М, Гк,		+		

	<i>pratensis</i> L.	Рх.кст., Pr				
1	2	3	4	5	6	7
18	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub.	Мзт, М, Гф, Д.крщ., Pr	+	+	+	+
19	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth.	Олт, К, Гф, Д.крщ., Pr		+		
20	<i>Dactylis glomerata</i> L.	Мзт, М, Гк, Рх.кст., SlPr	+	+	+	+
21	<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv.	Эт, М, Т, Одн., Ru		+		
22	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski.	Олт, М, Гф, Д.крщ., Pr	+	+	+	+
23	<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	Мзт, М, Гк, Рх.кст., Pr				+
24	<i>Festuca pratensis</i> L.	Мзт, М, Гк, Рх.кст., Pr		+		
25	<i>Festuca rubra</i> L.	Олт, МК, Гк, Рх.кст., Pr	+	+	+	
26	<i>Hordeum jubatum</i> L.	Олт, К, Т, Одн., Ru			+	
27	<i>Phleum pratense</i> L.	Эт, М, Гк, К.крщ., Pr	+	+	+	
28	<i>Poa compressa</i> L.	Мзт, КМ, Гк, Д.крщ., Pr	+			
29	<i>Poa nemoralis</i> L.	Мзт, М, Гк, Рх.кст., PrSl			+	
30	<i>Poa pratensis</i> L.	Мзт, М, Гк, Рх.кст., Pr	+	+	+	+
3	Семейство Leguminosae (Fabaceae)					
31	<i>Astragalus danicus</i> Rets.	Эт, М, Гк, С.кор., Pr		+		
32	<i>Lotus corniculatus</i> L.	Эт, М, Гк, С.кор., Pr		+	+	
33	<i>Medicago falcate</i> L.	Мзт, КМ, Гк, Дв., PrSl	+			
34	<i>Medicago sativa</i> L.	Мзт, КМ, Гк, Дв., PrSl	+		+	
35	<i>Melilotus albus</i> Medih.	Мзт, КМ, Гк, Дв., SlRu			+	+
36	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	Мзт, КМ, Гк, Дв., PrRu		+		
37	<i>Trifolium aureum</i> Poll. (<i>T. strepens</i> Crantz.)	Олт, КМ, Т, Одн., Pr	+			+
38	<i>Trifolium</i>	Мзт, М, Гк,		+		

	<i>hybridum L.</i>	С.кор., Pr				
1	2	3	4	5	6	7
39	<i>Trifolium pratense L.</i>	МзТ, М, Гк, С.кор., Pr	+		+	+
40	<i>Trifolium repens L.</i>	Эт, ГМ, Гк, Полз., PrRu	+	+	+	+
41	<i>Vicia crassa L.</i>	МзТ, М, Гф, Д.крщ., Ru	+	+		
4	Семейство Cruciferae (Brassicaceae)					
42	<i>Berteroa incana (L.) DC.</i>	Олт, К, Гк, Дв., Ru		+	+	
43	<i>Capsella bursa-pastoris (L.) Med.</i>	МзТ, М, Т, Одн., Ru		+		+
44	<i>Lepidium ruderae L.</i>	МК, МзТ, Т, Одн., Ru			+	
45	<i>Raphanus raphanistrum L.</i>	Эт, КМ, Т, Одн., SlRu		+		
46	<i>Sisymbrium officinale (L.) Scop.</i>	Эт, КМ, Т, Одн., Ru			+	
5	Семейство Rosaceae					
47	<i>Alchemilla vulgaris L.</i>	МзТ, М, Гк, К.кор., Pr		+		
48	<i>Geum urbanum L.</i>	МзТ, М, Гк, К.кор., SlRu	+	+		+
49	<i>Potentilla anserine L.</i>	МзТ, МГ, Гк, Стлн., PrRu	+			+
50	<i>Potentilla argentea L.</i>	МзТ, МК, Гк, С.кор., Ru	+			
51	<i>Potentilla bifurca L.</i>	МзТ, КМ, Гк, К.кор., Pr		+		
52	<i>Potentilla erecta L.</i>	МзТ, М, Гк, К.кор., Pr	+			+
53	<i>Sanguisorba officinalis L.</i>	МзТ, М, Гк, К.кор., PrSl	+			
6	Семейство Plantaginaceae					
54	<i>Plantago lanceolata L.</i>	Олт, КМ, Гк, К.кор., Pr		+		
55	<i>Plantago major L.</i>	МзТ, М, Гк, К.кор., Ru	+	+	+	+
56	<i>Plantago media L.</i>	МзТ, М, Гк, К.кор., Ru		+		
7	Семейство Urticaceae					
57	<i>Urtica dioica L.</i>	Эт, М, Гк, Д.кор., SlRu	+			
8	Семейство Polygonaceae					
58	<i>Polygonum aviculare L.</i>	МзТ, КМ, Т, Одн., Ru	+	+	+	+

59	<i>Rumex confertus</i> Willd.	Мзт, ГМ, Гк, К.кор., Pr		+		
1	2	3	4	5	6	7
9	Семейство <i>Chenopodiaceae</i>					
60	<i>Atriplex patula</i> L.	Эт, КМ, Т, Одн., Ru	+		+	
61	<i>Chenopodium</i> <i>polyspermum</i> L.	Эт, КМ, Т, Одн., Ru		+		
10	Семейство <i>Geraniaceae</i>					
62	<i>Geranium</i> <i>pratense</i> L.	Мзт, М, Гк, К.кор., SlRu	+			
11	Семейство <i>Solanaceae</i>					
63	<i>Solanum</i> <i>dulcamara</i> L.	Эт, Г-ГД, Гф, Лн., PrSl		+		
12	Семейство <i>Scrophulariaceae</i>					
64	<i>Linaria vulgaris</i> Mill.	Олт, КМ, Гк, К.отпр., Pr	+	+	+	+
65	<i>Veronica</i> <i>chamaedrys</i> L.	Мзт, М, Гф, Д.крщ., Sl				+
13	Семейство <i>Caryophyllaceae</i>					
66	<i>Stellaria</i> <i>holostea</i> L.	Мзт, КМ, Хт, Д.крщ., Pr	+			
67	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Мзт, МГ, Т, Одн., SlRu			+	
68	<i>Silene vulgaris</i> (Moench.) Garcke.	Олт, МК, Гк, С.кор., Pr	+			
14	Семейство <i>Juncaceae</i>					
69	<i>Juncus</i> <i>compressus</i> Jacq.	Эт, Г, Гф, Рх.кст, Pr				+
15	Семейство <i>Cyperaceae</i>					
70	<i>Carex hirta</i> L.	Мзт, КМ, Гф, Д.крщ., Pr				+
71	<i>Carex praecox</i> Schreb.	Мзт, КМ, Гф, Д.крщ., Pr				+
16	Семейство <i>Rubiaceae</i>					
72	<i>Galium boreale</i> L.	Эт, М, Гк, Д.крщ., Sl	+			
73	<i>Galium</i> <i>odoratum</i> (L.) Scop.	Мзт, М, Хт, Д.крщ., Sl	+			
74	<i>Galium verum</i> L.	Олт, К, Гк, Д.крщ., St	+		+	
17	Семейство <i>Apiaceae (Umbelliferae)</i>					
75	<i>Eryngium</i> <i>planum</i> L.	Олт, КМ, Гк, К.кор., Pr				+
76	<i>Pimpinella</i> <i>saxifraga</i> L.	Олт, КМ, Гк, С.кор., SlPr			+	
18	Семейство <i>Convolvulaceae</i>					

77	<i>Convolvulus arvensis L.</i>	Мзт, КМ, Гф, К.отпр., SlRu	+	+	+	+
1	2	3	4	5	6	7
19	Семейство <i>Onagraceae</i>					
78	<i>Chamerion angustifolium (L.) Holub.</i>	Мзт, М, Гф, К.отпр., SlPr		+		
20	Семейство <i>Labiatae (Lamiaceae)</i>					
79	<i>Glechoma hederacea L.</i>	Эт, М, Гк, Полз., Sl	+			+
80	<i>Leonurus quinquelobatus Gilib.</i>	Мзт, КМ, Гк, С.кор., Ru	+			
81	<i>Prunella vulgaris L.</i>	Мзт, М, Гк, Д.крщ., Pr				
21	Семейство <i>Euphorbiaceae</i>					
82	<i>Euphorbia esula L.</i>	Мзт, М, Гк, К.кор., Pr		+		
22	Семейство <i>Ranunculaceae</i>					
83	<i>Ranunculus acris L.</i>	Мзт, М, Гк, К.кор., SlPr	+			
84	<i>Ranunculus repens L.</i>	Мзт, ГД, Гк, К.кор., Pr	+			
85	<i>Thalictrum aquilegifolium L.</i>	Мзт, М, Гк, К.кор., Pr	+			
23	Семейство <i>Campanulaceae</i>					
86	<i>Campanula glomerata L.</i>	Мзт, МК, Гк, К.кор., SlRu	+			

Условные обозначения: Эдафотопические группы: Олт – олиготрофы, Мзт – мезотрофы, Эт – эвтрофы, НТ – нитрофилы, КЦ – кальциефилы. Гидротопические группы: М – мезофиты, МК – мезоксерофиты, КМ – ксеромезофиты, К – ксерофиты, МГ – мезогигрофиты, ГМ – гигромезофиты, Г – гигрофиты, ГД – гидрофиты. Жизненные формы по К. Раункиеру: Хт – хамефиты травянистые, Гф – геофиты, Гк – гемикриптофиты, Т – терофиты. Жизненные формы по И.Г. Серебрякову: травянистые поликарпики: С.кор. – стержнекорневые, К.кор. – кистекорневые, К.крщ. – короткокорневищные, Д.крщ. – длиннокорневищные, Пл.кст. – плотнокустовые, Рх.кст. – рыхлокустовые, Стлн. – столонообразующие, Полз. – ползучие, К.отпр. – корнеотпрысковые, Лн. – лиановидные; травянистые монокарпики: Мн. – многолетние, Дв. – двулетние, Одн. – однолетние. Ценогические морфологические группы: Ru – рудеранты, Pr – пратанты, PrRu – пратанты-рудеранты, SlRu – сельванты-рудеранты, PrSl – пратанты-сильванты.