

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина»**

На правах рукописи



БЛИНОВА ЭЛЕОНОРА АНАТОЛЬЕВНА

**«КОМПЛЕКСНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ
ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ГОРОДА РЯЗАНЬ»**

Специальность:

03.02.08 – экология (биология)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Е.С. Иванов

Рязань – 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	10
1.1 СИСТЕМА РЕГИОНАЛЬНОГО И ИМПАКТНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА.....	11
1.2 ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА	14
1.3 ЛИШАЙНИКИ КАК БИОИНДИКАТОРЫ СОСТОЯНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДОВ	18
ВЫВОДЫ	26
ГЛАВА 2 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	27
2.1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ ..	27
2.2 ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ Г. РЯЗАНЬ.....	30
2.3 ДРЕВЕСНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ЗЕЛЕННЫЕ ЗОНЫ РЯЗАНИ.....	31
2.4 АБИОТИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА Г. РЯЗАНЬ	35
ВЫВОДЫ	41
ГЛАВА 3 МЕТОДИКА, ОБЪЕКТ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	42
3.1 СТРУКТУРА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	42
3.1.1 Методика определения приоритетных ЗВ от стационарных и передвижных источников загрязнения.....	43
3.1.2 Методика расчета рассеивания приоритетных загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения.....	47
3.2 ОБЪЕКТ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	49
3.3 НОВЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТИВНОГО ПОКРЫТИЯ ЛИШАЙНИКОВ- ЭПИФИТОВ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОГРАММЫ	54
3.3.1 Обзор методов определения проективного покрытия лишайников- эпифитов	55
3.3.2. Определение проективного покрытия на основе анализа обрисованных изображений.....	58
3.3.3 Инструменты и этапы выполнения замера проективного покрытия лишайников-эпифитов	60
ВЫВОДЫ	62
ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ ..	63
4.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ	63
4.1.1 Определение перечня веществ, подлежащих контролю в приземном слое атмосферного воздуха г. Рязань путем расчета ПВсс ($PV_{cc} = M / PDK_{cc}$).....	64

4.1.2 Определение перечня веществ, подлежащих контролю в приземном слое атмосферного воздуха г. Рязань путем расчета КОВ ($KOV = (M / ПДК_{сс})_i$)	65
4.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕЧНЯ ЗВ ДЛЯ РАСЧЕТА РАССЕЙВАНИЯ ОТ ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....	67
4.3 РАСЧЕТ РАССЕЙВАНИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ Г. РЯЗАНЬ.....	67
4.4 РАСЧЕТ РАССЕЙВАНИЯ ОСНОВНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ Г. РЯЗАНЬ	77
4.5 Лихеноиндикация в зоне влияния выбросов загрязняющих веществ.....	86
4.6 ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА Г. РЯЗАНЬ	111
ВЫВОДЫ	124
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	126
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	128
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	143
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	144
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	146

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы.

В атмосферный воздух городов повсеместно поступает большое количество различных вредных веществ. Недостатком системы экологического мониторинга воздушного бассейна урбанизированных территорий в России является отсутствие проверки действия существующих экологических нормативов на природных объектах. Отсутствует оценка изменений, происходящих в живых организмах под воздействием изменения качественного состава воздушного бассейна.

Современные методы, используемые специалистами в области экологического нормирования, регламентированы гигиенически. Предельно допустимая максимальная разовая концентрация вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании рефлекторных реакций в организме человека в течение 20 минут не способна показать долговременные последствия воздействия поллютанта на организм человека и на экосистему в целом.

Проблеме комфортности проживания населения в современных городах, а также оценке уровня загрязнения окружающей среды уделяется большое внимание в научных исследованиях последних лет (Т.А. Трифонова, 2013; Б.И. Кочуров, 2015; Е.С. Иванов, 2011, 2012; С.А. Нефедова, 2012; А.Б. Стельцов, 2012; М.В. Фронтасьева, 2015).

Изучение загрязнения атмосферы на рассматриваемой территории необходимо дополнять результатами оценки его воздействия на компоненты окружающей среды. Экологический мониторинг как комплексная система наблюдений оценки и прогноза изменений состояния окружающей природной среды под влиянием антропогенных воздействий, включает в себя разнообразные и всесторонние методы.

Доказано, что лишайники-эпифиты в условиях города являются наиболее приемлемыми организмами для биоиндикации. Чувствительность лишайников-эпифитов к техногенному загрязнению атмосферного воздуха

показана в ряде исследований, опубликованных российскими и зарубежными авторами (Х.Х. Трасс, (1987), D. Richardson, (1992), V. Wirt, (1995), Л.Г. Бязров (2002, 2009), А.В. Пчелкин (2002, 2006), Н.Г. Малышева (1996, 2007, 2008), Е.Э. Мучник (2003, 2008), В.В. Дюков (2004) и др.).

Ответ лишайников на загрязнение проявляется даже в условно «чистых» районах, тем самым показывая реальную картину распространения поллютантов, а также многолетнюю тенденцию рассеивания загрязняющих веществ.

В г. Рязань остро стоит проблема ухудшения качества воздушного бассейна. В настоящее время сохраняется высокий темп жилой застройки в районах, подверженных влиянию промышленных зон города и автотранспорта. К сожалению, наблюдение за загрязнением атмосферного воздуха в большинстве районов города не ведется, и получить объективные показатели, а, следовательно, и разработать должные меры по охране атмосферного воздуха невозможно. Поэтому проблема изучения качества воздушного бассейна Рязани является актуальной и требует разносторонних исследований.

Цель и задачи исследования.

Целью диссертационной работы является разработка комплексной эколого-биологической модели мониторинга состояния воздушного бассейна и эколого-биологического подхода к зонированию городской территории с использованием в качестве биоиндикаторов лишайников-эпифитов на примере г. Рязань.

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

- 1) Изучить качественный и количественный состав выбросов загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения и рассчитать поля концентраций основных загрязняющих веществ;

2) Разработать метод высокоточной оценки проективного покрытия лишайников-эпифитов;

3) Выбрать и обосновать пробные площади, провести биоиндикационную оценку состояния воздушного бассейна г. Рязань с учетом особенностей распределения загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения. Изучить видовой состав, систематическую структуру, индикаторные виды, морфологические особенности, проективное покрытие лишайников-эпифитов.

4) Провести крупномасштабное картирование и зонирование территории г. Рязань с помощью лишеноиндикационного и эколого-биологического подходов;

5) Разработать эколого-биологическую модель мониторинга состояния воздушного бассейна.

Научная новизна. В рамках диссертационного исследования получены следующие новые научные результаты.

1. Предложен алгоритм применения расчета рассеивания загрязняющих веществ для выбора пробных площадей биоиндикационной оценки состояния воздушного бассейна городов.
2. Разработан и апробирован новый метод и автоматизированная программа для расчета проективного покрытия лишайников-эпифитов.
3. Разработана и реализована модель эколого-биологического мониторинга.
4. Разработан и применен эколого-биологический подход к зонированию городской территории на примере г. Рязань.

Положения, выносимые на защиту.

1. Разработанный автором метод и автоматизированная программа расчета проективного покрытия лишайников-эпифитов.
2. Применение расчета рассеивания загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения для выбора пробных площадей биоиндикационной оценки состояния воздушного бассейна.

3. Зонирование городской территории с помощью эколого-биологического подхода.

4. Эколого-биологическая модель мониторинга воздушного бассейна.

Теоретическая значимость работы.

В работе представлен новый подход к системе эколого-биологического мониторинга состояния воздушного бассейна городов.

Практическая значимость работы.

Показатели загрязнения атмосферы дополнены результатами воздействия на компоненты окружающей среды. Даная информация может быть полезной при планировании, проектировании, строительстве новых жилых массивов и промышленных зон, т.к. показывает многолетнюю тенденцию загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха.

Гербарные образцы лишайников-эпифитов в настоящее время используются в учебном процессе студентов кафедры экологии и природопользования Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина.

Предложенный метод расчета проективного покрытия лишайников-эпифитов может быть использован для определения проективного покрытия любых объектов на любых формах поверхности.

Эколого-биологическую модель мониторинга состояния воздушного бассейна г. Рязань можно использовать при принятии управленческих решений в области охраны атмосферного воздуха.

Достоверность результатов исследования подтверждается корректностью методов исследования, наглядным воспроизведением полученных результатов с использованием сертифицированных программных продуктов.

Апробация работы.

Основные положения диссертации и результаты исследований доложены на XIV-й и XV – й республиканских научно-практических конференциях, «Социально-гигиенический мониторинг здоровья

населения» (Рязань, 2010, 2011), V-й Межвузовской научно-практической конференции «Экология России: на пути к инновациям» (Астрахань, 2011); VII краеведческих чтениях памяти В.И. Гаретовского (Рязань, 2011); XV – й Международной научно-практической конференции «Современные проблемы гуманитарных и естественных наук» (Рязань, 2012); XVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Новые информационные технологии в научных исследованиях» (Рязань, 2012), XXIV Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы» (Рязань, 2012), II международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Молодежь и наука: модернизация и инновационное развитие страны» (Пенза, 2012), Международной научно-практической конференции «Экология, эволюция и систематика животных» (Рязань, 2012), Научно-практических конференциях преподавателей РГУ имени С.А.Есенина, секция «Экология и природопользование» (Рязань, 2012, 2014, 2015), Международных научных чтениях «Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства» (Рязань, 2009, 2011, 2016).

Публикации.

По теме диссертации опубликовано 19 работ, в том числе – 5 в журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Личный вклад автора.

Диссертация является результатом десятилетних исследований автора (2005-2015гг.) Лично автором:

- а) разработана программа и осуществлен весь комплекс исследований;
- б) собран экспериментальный материал, проведена камеральная обработка данных и математическая обработка результатов;
- в) подготовлен текст диссертации и её графическое оформление;

г) выполнены совместные публикации, в которых доля автора пропорциональна числу авторов.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и 3 приложений. Основная часть работы изложена на 128 страницах, содержит 24 рисунка, 22 таблицы, а также 3 таблицы и 18 рисунков приложения. Библиография включает 179 наименований, в том числе 27 – на иностранных языках.

Благодарности.

Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю д-ру с.-х. наук, проф., зав. каф. экологии и природопользования Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина Е.С. Иванову за неоценимую помощь в написании работы, поддержку и профессиональное консультирование. Автор глубоко признателен за оказанное содействие ст. науч. сотр. Окского государственного природного биосферного заповедника Л.Ф. Волосновой, канд. мед. наук А.М. Цургану, канд. мед. наук А.А. Дементьеву (кафедра общей гигиены с курсом экологии, Рязанского государственного медицинского университета). Автор благодарит д-ра биол. наук, проф., зав. каф. экологии, ботаники и охраны природы Самарского государственного университета Н.М. Матвеева и канд. биол. наук Е.С. Корчикова за стажировку по освоению методики определения видового состава лишайников.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

«Природа знает лучше»
закон Б.Коммонера

Проблеме защиты атмосферы от антропогенного загрязнения посвящена обширная область исследований на стыке наук (экологии, химии, ботаники, гигиены и др.). Оценка качества атмосферного воздуха – междисциплинарная проблема, которая зависит от множества факторов (D. Cimini, 2010).

История развития мониторинга атмосферного воздуха берет свое начало в конце 1940-х годов прошлого века, несмотря на то, что загрязнение воздуха возникло с тех пор как появился огонь (R. W. Crandall, 1983). Контроль и нормирование выбросов загрязняющих веществ (далее – ЗВ) в атмосферный воздух на протяжении многих лет идут путем, при котором узаконены и выбрасываются сотни миллионов тонн поллютантов.

Нормативы ПДК определяются по реакции определенных тест-объектов. Для комплексной оценки качества окружающей среды нельзя использовать только значения ПДК как абсолютный критерий качества атмосферного воздуха. Современные методы, используемые специалистами в области экологического нормирования, регламентированы гигиенически. Предельно допустимая максимальная разовая концентрация вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании рефлекторных реакций в организме человека в течение 20 минут не способна показать долговременные последствия воздействия поллютанта на организм человека и на экосистему в целом.

Проблема охраны окружающей среды не может рассматриваться односторонне. При ее изучении необходим многоплановый подход (Фелленберг, 1997).

Используемые в практике показатели экологической опасности (ПДК, ПДУ, ПДВ и другие) в основном имеют лишь гигиеническое обоснование и требуют пересмотра с учетом их воздействия на экосистемы. Общее решение задачи экологического нормирования сводится к анализу зависимостей в системе «антропогенная нагрузка – состояние биоты – качество экосистемы» (Воробейчик, 2003).

Применение в природоохранной практике гигиенических нормативов качества указывает на необходимость проверки результатов на природных объектах, т.е. использование методов биоиндикации.

1.1 Система регионального и импактного экологического мониторинга атмосферного воздуха

В 1950-1960-х годах XX века антропогенное воздействие на окружающую среду достигло значительного уровня. Резко возросло загрязнение природной среды, в первую очередь атмосферного воздуха. Прогнозировался дальнейший рост уровня загрязнения (Цатуров, 2013). В это время возникают первые станции наблюдений за загрязнением атмосферы. Термин «мониторинг» впервые появился в рекомендациях специальной комиссии СКОПЕ (научный комитет по проблемам окружающей среды) при ЮНЕСКО в 1971 году. Формирование структур управления природопользованием в развитых странах мира датировано первой половиной 1970-х гг. Тогда же принимаются многочисленные постановления, предусматривающие выполнение природоохранных мероприятий регионального уровня (Орлов, 2002). В том числе был создан ряд методик расчета загрязнения атмосферы.

Необходимо было создать интегрированную систему мониторинга, с участием государственных и частных организаций, которая сможет дать оценку и прогноз состоянию окружающей среды, а также показать нарушения экосистемы в региональном и национальном масштабах (Messer, 1991).

Среди мер по стабилизации экологической обстановки в России большое значение имело создание Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ) в 1993 г. (Пашкевич, 2002).

Экологический мониторинг на региональном уровне ЕГСЭМ включает:

- систему мониторинга воздействия на окружающую природную среду, связанную с конкретными источниками;
- систему мониторинга воздействия на окружающую природную среду, не связанную с конкретными источниками.

Субъект природопользования обязан определить метод наблюдения за состоянием источника (метод прямых или косвенных измерений, расчетно-нормативный метод и т. д.) и разработать соответствующую программу мониторинга, которая подлежит согласованию с соответствующим региональным органом управления охраны окружающей среды.

Для строящихся и проектируемых объектов, для которых принято решение о необходимости создания систем мониторинга, в обязательном порядке в проектно-сметной документации должно быть предусмотрено создание системы импактного мониторинга (Методические и нормативно-аналитические основы..., 1998).

Сведения о состоянии загрязнения атмосферы на региональном уровне могут быть получены по данным наблюдений в небольших населенных пунктах, расположенных вдали от крупных городов, где отсутствуют источники загрязнения, а также из данных сети постов наблюдений за трансграничным переносом загрязняющих веществ (Тихонова, 2008).

В настоящее время в атмосферный воздух городов поступает большое количество различных загрязняющих веществ. Повсеместно выбрасываются: пыль (взвешенные вещества), диоксид серы, диоксид и оксид азота, оксид углерода, которые принято называть основными, а также

различные специфические вещества, выбрасываемые отдельными производствами, предприятиями, цехами.

Для того чтобы оценить степень загрязнённости воздуха, планировать на федеральном, региональном и муниципальном уровне текущие и долгосрочные меры по улучшению качества воздуха, контролировать их эффективность, необходимо проводить регулярные наблюдения (мониторинг) за величинами концентраций в атмосферном воздухе тех веществ, которые представляют наибольшую опасность для населения. Степень загрязнения воздуха лучше всего характеризовать, используя значения концентраций примесей за длительный период (Ивлева, 2013).

Для контроля за загрязнением атмосферного воздуха в промышленных городах (импактный мониторинг) предусматриваются три категории постов наблюдения: стационарный, маршрутный и передвижной (подфакельный). Стационарный пост предназначен для непрерывной регистрации концентрации загрязняющих веществ и регулярного отбора проб воздуха для последующих анализов (павильоны типа ПОСТ-1, ПОСТ-2 и др.), маршрутный – для отбора проб воздуха в фиксированных точках местности в соответствии с установленным графиком наблюдений, передвижной – для отбора проб под дымовым (газовым) факелом. Маршрутные и подфакельные наблюдения ведут с помощью специальных транспортных средств, оборудованных соответствующей аппаратурой.

Перечень веществ для измерения на стационарных, маршрутных постах и при подфакельных наблюдениях устанавливается на основе сведений о составе и характере выбросов от источников загрязнения в городе и метеорологических условий рассеивания примесей (Руководство по контролю загрязнения атмосферы..., 1991). Определяются вещества, которые выбрасываются предприятиями города, и оценивается возможность превышения ПДК этих веществ. В результате составляется список веществ, подлежащих контролю в первую очередь.

Наблюдения за оксидом азота обязательно проводят только в городах с численностью населения 250 тыс. и более.

Основным объектом, по которому характеризуется загрязнение атмосферы является приземный слой воздуха. Пробы воздуха для анализа отбираются на уровне 1,5-2 м от поверхности земли. Отбор пробы воздуха заключается обычно в его прокачивании через фильтры, сорбент (связующее вещество) или измерительное устройство.

Передвижные и стационарные станции оснащаются автоматическими газоанализаторами, метеодатчиками, устройствами пробоотбора и пробоподготовки, устройствами сбора, обработки и последующей передачи информации в региональный (локальный) центр (Методические и нормативно-аналитические основы..., 1998).

Таким образом, система импактного мониторинга направлена на изучение физико-химических процессов и метеорологических условий.

1.2 Экологическое нормирование в оценке качества атмосферного воздуха

Экологическое нормирование – это мощное средство регулирования природопользования, применяемое в практике управления качеством окружающей природной среды. Единого свода методик экологического нормирования в настоящее время не существует. Поэтому количество их не поддается точному счету. На сегодняшний день оценка качества атмосферного воздуха зачастую сводится к расчету и нормированию выбросов загрязняющих веществ от предприятий (ОНД-86, 1987, ГОСТ 17.2.3.02-78).

Инструментальные методы не могут дать полной картины экологической ситуации, т.к. содержат информацию о концентрации загрязнителей, присутствующих в воздухе на данный момент времени (Попова, 2007). Расчет рассеивания ЗВ позволяет охарактеризовать территориальную структуру загрязнения атмосферного воздуха с гораздо

большой детальностью, чем данные инструментального мониторинга. Однако при использовании расчетных данных необходимо учитывать ограничения, которые имеют модельные расчеты, а именно позволяют рассчитать лишь максимальные концентрации при неблагоприятных условиях рассеивания и при работе всех источников на полную мощность. Поэтому полученные расчетным путем превышения ПДК могут ни разу не быть зафиксированы на станциях мониторинга воздушной среды. В связи с этим карты полей рассеивания характеризуют в основном территориальную структуру загрязнения. Для оценки многолетнего уровня загрязнения необходимо дополнять эту информацию другими мониторинговыми результатами (Хомич, 2013).

Оценка качества воздуха городов производится сравнением наблюдаемых среднесуточных концентраций с ПДКсс. Также может использоваться обобщенный показатель качества – индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) (Тихонова, 2008).

Анализ риска является частью системного подхода к принятию политических решений, процедур и практических мер в решении задач предупреждения или уменьшения вреда окружающей среде, называемого в нашей стране обеспечением промышленной безопасности, а за рубежом – управлением риском (Швыряев, 2004).

Для оценки экологической безопасности города в России существует методика расчета категории опасности предприятия, в которую входит определение опасности веществ (Временные рекомендации..., 2000). Согласно этой методике загрязнение атмосферы рассматривается как привнесение, накопление и преобразование в атмосфере химических веществ (в виде твердых и жидких аэрозолей и газов), физических агентов (например, разного рода излучений) и организмов, не принадлежащих к постоянным частям воздуха или превышающих их фоновую концентрацию в локальном, региональном и глобальном масштабах, и неблагоприятно воздействующих на среду жизни, биоту, здоровье человека и материальные

ценности. Экологическая безопасность, в свою очередь, это совокупность состояний, процессов и действий, обеспечивающая экологический баланс в окружающей среде и не приводящая к жизненно важным ущербам (или угрозам таких ущербов), наносимым природной среде и человеку. Данная методика используется для ранжирования производственных объектов по степени экологической опасности их воздействия и может применяться в рамках экологического аудирования.

Методика предусматривает анализ количественных характеристик воздействия на окружающую среду (тома ПДВ, фактические сведения о выбросах по форме 2-ТП Воздух). В результате получается перечень предприятий и ЗВ, представляющих потенциальную опасность для окружающей природной среды.

Коэффициенты опасности для загрязняющего вещества применялись в ряде исследований по проблеме оценки состояния атмосферного воздуха (Цыцур, 1998; Рычко, 2004 и др.).

В России на сегодняшний день практически не изучено комплексное воздействие автомобильного транспорта на экосистемы. Специалистами Научно-Исследовательского института автомобильного транспорта (ОАО «НИИАТ») разработан комплекс методик для расчетов выбросов CO, NOx, CxHx, SO₂, сажи и свинца от автотранспорта непосредственно в улично-дорожной сети городов (Методика расчетов выбросов..., 1997). Методика учитывает состав и интенсивность автотранспортного потока и режим движения. При расчетах загрязнений воздуха в придорожных зонах очень важно учитывать, что внутри города на перекрестках с недостаточной пропускной способностью, при заторах выброс вредных веществ превышает выброс на перегонах (пробеговый), и сама структура выбросов меняется. Действующая система экономических нормативов только начинает приступать к учету некоторых экологических (а не только гигиенических) последствий.

Осуществление экологического мониторинга в Российской Федерации входит в обязанности различных государственных служб. Это приводит к некоторой неопределенности в отношении распределения обязанностей и доступности сведений об источниках воздействия, о состоянии окружающей среды и природных ресурсов.

Нормирование выбросов вредных веществ в атмосферу основано на необходимости соблюдения гигиенических критериев качества атмосферного воздуха населенных мест. Вместе с тем, как показывают результаты ряда исследований, разные уровни загрязнения атмосферного воздуха по-разному влияют на различные составляющие экосистемы (растительность и лесные насаждения, сельскохозяйственные угодья разных видов, почва, вода, фауна и т.д.). При этом нередко для сохранения этих компонентов экосистемы необходимы более жесткие критерии качества атмосферного воздуха, чем для атмосферного воздуха населенных мест, что подтверждается рядом исследований (Бязров, 2002; Воробейчик, 2003 и др.). Доказано, что даже при невысоком уровне загрязнения негативное воздействие на растительность не только поддерживается, но и усиливается. Действуя постепенно и не оказывая заметного влияния на состояние растительности, ЗВ способны накапливаться (Коплан-Дикс, 2010).

В Европейском Союзе Директивой 2008/50/ЕС Европейского парламента и Совета от 21 мая 2008 года (Directive, 2008) установлены ПДК для растительности, удаленной от городских зон и агломераций.

Для защиты растительности и естественных экосистем в международной природоохранной практике применяется понятие «критический уровень» (critical level, CLE) – концентрация ЗВ в атмосфере, выше которой происходят неблагоприятные воздействия на отдельные виды растений и экосистемы в целом. При этом используются, как правило, среднегодовые пороговые концентрации ЗВ, которые наиболее характерны с точки зрения длительного воздействия на растительность (Шарыгина, 2010).

Российский опыт в области установления ПДК для растительности ориентирован преимущественно на пороговые значения максимально разовых концентраций ЗВ с периодом осреднения 20-30 минут (ПДК м.р.) или суточные концентрации (ПДКсс) (Касимов, 2013; Шарыгина, 2010).

Опора на гигиенические нормативы качества, применительно к охране окружающей среды, затрудняет прогнозирование и верную оценку состояния природной системы, находящуюся под влиянием антропогенных факторов. Поэтому, важнейшей задачей современной системы мониторинга окружающей среды является разработка методов, позволяющих оценить соответствие качества среды условиям, необходимым для нормальной жизнедеятельности живых организмов.

1.3 Лишайники как биоиндикаторы состояния приземного слоя атмосферного воздуха городов

Территория города представляет собой совокупность природных и техногенных компонентов, находящихся в состоянии неустойчивого равновесия. Для эффективного управления урбаэкосистемой необходимо учитывать закономерности ее подсистем и компонентов так как любое воздействие на отдельный компонент в условиях неустойчивого равновесия неизбежно затрагивает все остальные, вызывая изменения во всей системе.

На территориях большинства естественных экосистем, расположенных в зоне влияния крупных промышленных предприятий, практически не проводится мониторинг состояния растительности. Воздействие крупных промышленных центров на растительность проявляется на расстоянии до 50-100 км (Павлов, 2005). Для автомагистралей размеры распространения негативного антропогенного влияния оцениваются в 1 км (Коплан-Дикс, 2010).

Вокруг промышленных объектов обычно выявляется импактная зона или зона поражения растительности и загрязнения среды, а также фоновая зона. В импактную зону входят:

- 1 – зона сильного поражения растительности (техногенная пустыня);
- 2 – зона среднего поражения растительности;
- 3 – зона слабого поражения растительности.

При этом основными показателями поражения растительности является увеличение деформации деревьев, степень некротизации листьев и др. признаки. Кроме того, учитывается уменьшение обилия и многочисленные патоморфологические изменения талломов эпифитных лишайников, исчезновение особо чувствительных к аэротехногенному загрязнению видов (Николаевский, 2002).

Следовательно, перспективным и развивающимся в настоящее время мониторинговым направлением является применение биологических методов, основанных на использовании чувствительных к состоянию окружающей среды организмов-биоиндикаторов. Биоиндикация позволяет обнаружить и определить степень антропогенной нагрузки на изучаемый организм непосредственно в среде обитания, что является необходимым условием при оценке качества среды обитания (Лосев, 1999).

В настоящее время наибольшее признание в оценке качества воздушного бассейна с помощью биоиндикаторов нашли методы, с применением лишайников – лишеноиндикация. Высокая чувствительность лишайников к загрязнениям вызвана тем, что взаимодействие его компонентов легко нарушить. Лишайники не имеют никаких специальных органов для извлечения влаги из субстрата, а поглощают её всем талломом, поэтому они особенно уязвимы к загрязнению воздуха. Благодаря своим физиологическим особенностям эти организмы способны адекватно реагировать на изменение качества окружающей среды (Трасс, 1987). Уникальная система резистентности лишайников и удобство при изучении способствовали широкому использованию их в качестве объекта для общей оценки степени загрязненности атмосферного воздуха. Лишайники входят в биотический блок системы мониторинга состояния окружающей среды для

наземных экосистем, разрабатываемой в Институте глобального климата и экологии Росгидромета РАН (Булохов, 1998).

Индекс, вычисляемый на основе оценки качественного и количественного состава сообщества лишенофлоры, является показателем воздействия на всю экосистему (Руководство, 2013).

Доказано, что лишайники-эпифиты в условиях города являются наиболее приемлемыми организмами для биоиндикации. Чувствительность лишайников-эпифитов к техногенному загрязнению атмосферного воздуха показана во многочисленных исследованиях, опубликованных российскими и зарубежными авторами (Х.Х. Трасс, (1987), D. Richardson, (1992), V. Wirt, (1995), Л.Г. Бязров (2002, 2009), А.В. Пчелкин (2002, 2006), Н.Г. Малышева (1996, 2007, 2008), Е.Э. Мучник (2003, 2008), В.В. Дюков (2004) и др.). Это связано с тем, что стволы деревьев подвергаются более сильной циркуляции воздуха в течение всего года, чем напочвенная растительность. Все необходимые вещества эпифиты получают только из атмосферы, а субстрат служит им только местом для прикрепления. Эпифиты существуют в однородных условиях местообитания, тогда как напочвенные и эпилитные лишайники могут обитать на целой мозаике из различных микроусловий и их распространение может в большей степени зависеть от случайных факторов, а не от загрязнения.

Использованию показателей биоразнообразия лишайников (количество видов, обилие, встречаемость) для оценки качества атмосферного воздуха посвящены многие исследования. Это многочисленные исследования отечественных и зарубежных авторов: D.L. Hawksworth (1970), О.Б. Блюма (1994), Х.Х. Трасса (1984, 1987), Л.Г. Бязрова (1994, 1996, 2009), Н.Г. Малышевой (1996, 2007, 2008), А.В. Пчелкина (1998, 2006), Е.Э. Мучник (2003, 2008) и др.

В нашей стране метод лишеноиндикации является многократно апробированным. Так, монография Бязрова Л.Г. содержит обширные

сведения о применении лишайников в мониторинге воздушного бассейна, а также развернутый литературный индекс по данной проблематике.

Обобщение данных по разнообразию различных экологических групп организмов и в том числе лишайников, выявление общих закономерностей их распространения и биологии, невозможны в отсутствии детальных сведений о региональных флорах.

На сегодняшний день методами лехеноиндикации изучено экологическое состояние небольшой части урбанизированных территорий Российской Федерации. Проанализирована лишайнофлора таких городов, как Санкт-Петербург (Малышева, 1996, 2007), Москва (Бязров, 1994, 1996; Пчелкин, 1998), Ярославль (Воропаева, Кушникова, 1997), Тверь (Уразбахтина, Дементьева, 2003), Воронеж (Мучник, 2003), Липецк (Попова, 2007), Новочеркасск и Ростов-на-Дону (Меденец, 2010), Казань (Байбаков, 2003), Краснодар (Сионова, 2006) и др.

Изучение и анализ лишайнофлор урбанизированных территорий выявили определенные закономерности: при увеличении антропогенного загрязнения происходит уменьшение количества видов лишайников (Мучник, 2003 и другие), отмечается изменение встречаемости отдельных видов лишайников (Малышева, 2007 и другие), наблюдаются различные морфологические изменения слоевищ (Малышева, 1996), установлены изменение интенсивности фотосинтеза и другие физиологические нарушения (Шапиро, 1991). Существуют определенные закономерности распределения элементов в слоевищах лишайников. Ряд исследований доказывает, что высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха заставляет полностью исчезать лишайники на территориях, наиболее подверженных влиянию промышленности и автотранспорта (Faltynowicz et al, 1991; Попова, 2007; Бязров, 2004). Так, Всемирной Организацией здравоохранения (WHO) в 2002 году для лишайников был принят критический уровень диоксида серы равный 0,01 мг/м³ (Шарыгина, 2010). В отчете за 2006-2007 годы Международной совместной программы по

воздействию загрязнения атмосферы на естественную растительность и зерновые культуры (ICP Vegetation, UNECE) представлен критический годовой уровень аммиака для лишайников – 0,001 мг/м³. Критические уровни диоксида серы для лишайников рекомендованы также Международным союзом лесных исследовательских организаций (IUFRO).

В настоящее время разработаны различные методы лишеноиндикационной оценки антропогенного загрязнения урбанизированной территории. Лишеноиндикация может проводиться химико-аналитическими методами на основе изучения химического состава слоевищ (Kubin at al.,1997). При наличии исторических данных о видовом составе лишенофлоры территории может осуществляться анализ распределения антропогенного загрязнения во времени (Бязров, 1994, 1996; Малышева, 1996, 2007, 2008). Применяются индексы, отражающие степень антропогенного загрязнения атмосферного воздуха (Пчелкин, 2002 и др.). Может производиться трансплантация лишайников из фоновых местообитаний в загрязненные (Кулябина, Сидоренко, 2002).

Изучение лишенофлоры условно можно подразделить на 2 обширных направления: геоботанические исследования, направленные на изучение лишенобиоты территории и лишеноиндикационные, мониторинговые исследования. Структура исследования, зависит от поставленных целей.

Мониторинговые исследования с применением лишайников-эпифитов проводятся следующим образом:

- в составе биоиндикационных исследований, в качестве одного из исследуемых индикационных признаков (Меденец, 2010, Попова, 2007 и др.);

- расширенная лишеноиндикационная оценка атмосферного загрязнения городов (Бязров, 2004, Байбаков, 2003 и др.) путем изучения структуры лишайникового покрова, подсчета индексов, картографирования.

Как правило, такие исследования содержат большое количество информации, посвященной ответу лишайников на загрязнение, о чем

свидетельствуют расчеты индексов атмосферной чистоты, определение чувствительных видов с применением различных шкал, измерение проективного покрытия, встречаемости и другие методы. Однако, биоиндикационных исследований, которые содержат информацию не только об ответе лишайников на загрязнение, но и о самом загрязнении, на сегодняшний день существует не так много. Причина в отсутствии данных о фактических концентрациях ЗВ, т.к. инструментальные замеры проводятся только на небольшой территории города.

Поэтому актуальным представляется методика с применением моделирования рассеивания поллютантов параллельно с изучением лишайникового ответа на загрязнение атмосферного воздуха. Так, в исследовании по городу Липецку (Попова, 2007) была проведена оценка пространственных особенностей поллютантов на фитобиоту городских и пригородных территорий. Для этого использовалась существующая методика расчета концентраций для построения полей рассеивания ЗВ.

В Нидерландах географическое распределение величин концентраций в лишайнике совпало с результатами моделирования рассеивания загрязнителей (Sloof, Wolterbeck, 1991).

В применении показателей биоразнообразия лишайников для оценки качества воздушного бассейна урбанизированных территорий остаются малоизученные вопросы, которые связаны с наличием дополнительных экологических факторов, влияющих на возможность произрастания лишайников и неоднородности данных факторов в условиях города. В связи с этим особое значение приобретают исследования по совершенствованию существующих методов лишайноиндикации путем более детального исследования возможности использования традиционных подходов, основанных на показателях видового состава, и перехода к альтернативным методам, основанным на показателях организменного уровня лишайников. Морфологические изменения талломов являются первыми визуально различимыми признаками, которые свидетельствуют о воздействии на

лишайники загрязняющих веществ и сигнализируют об этом задолго до существенных изменений в видовом составе. Существующие методики оценки состояния талломов носят визуальный, субъективный характер, что снижает надежность получаемых оценок и ограничивает возможность их использования в целях биомониторинга. Поэтому наиболее применяемыми в настоящее время являются методы с использованием показателей встречаемости лишайников, биологического разнообразия, выявления основных лишеносинузий на различных субстратах, анализа географического спектра региональной лишенофлоры, таксономического и биоморфологического состава.

Современный период в исследованиях лишайников в качестве показателей степени загрязнения атмосферного воздуха в России характеризуется интенсивным изучением региональных лишенофлор, сопоставлением и обобщением полученных данных (Симонова, 2006). С помощью лишайников проводится экологическое районирование территории. Данный способ позволяет не только определять степень загрязненности атмосферного воздуха, но и наглядно демонстрирует нарушение экологического равновесия лишайниковых сообществ.

При комплексном мониторинге в настоящее время важной остается разработка методических аспектов тематического картографирования (Трифенова Т.А. и др., 1997).

Наиболее наглядной и удобной формой представления результатов биоиндикационных исследований и экологической оценки территорий является его картографическое отображение, наложенное на топографическую основу (Попова, 2007).

Картографирование как метод пространственного анализа – один из важнейших методов и средств, способствующий интеграции территориальных исследований, который сам по себе сейчас является глубоко системным научно-практическим процессом (Кочуров и др., 2008).

В «Руководстве по комплексному экологическому мониторингу...» согласно рекомендациям обследования лишайников-эпифитов проводятся на стволах деревьев на высоте 50-200 см от поверхности почвы либо методом линейных пересечений, либо методом точечной оценки встречаемости, либо методом перечня видового состава. Каждый из этих методов включает оценку состояния лишайников. В дополнение рекомендуется фотографирование. Методы линейных пересечений и точечной оценки встречаемости являются наиболее подходящими для постоянных деревьев. Для лишайников, обитающих на пробных деревьях на расстоянии 50-200 см над поверхностью почвы, независимо от применяемого метода должны определяться следующие дополнительные параметры: длина талломов; витальность на каждом пробном дереве по шкале: 1 — нормальное состояние; 2 — легкие повреждения; 3 — средние повреждения; 4 — сильные повреждения; 5 — погибший таллом. (Руководство по комплексному мониторингу, 2013).

Таким образом, лишеноиндикационные исследования на современном этапе позволяют выбрать методику в зависимости от поставленной цели.

Исследования такого рода в городе Рязань до настоящего времени не проводились. Имеются публикации Л.Г. Бязрова (2009), Е.Э. Мучник (2012), И.С. Жданова (2008) по видовому составу лишенобиоты Рязанской области. Тем не менее, урбалихенофлора города Рязань остается неизученной. Данная территория для изучения антропогенной трансформации лишенофлоры представляет большой интерес в связи с особенностями географического месторасположения Рязани и с учетом того, что город входит в число городов с напряженной экологической ситуацией.

Изучение лишайников-эпифитов на территории города Рязань является перспективным направлением для решения задач эколого-биологического мониторинга.

ВЫВОДЫ

1. Для эффективного управления урбэкосистемой необходимо учитывать закономерности ее подсистем и компонентов так как любое воздействие на отдельный компонент в условиях неустойчивого равновесия неизбежно затрагивает все остальные, вызывая изменения во всей системе.
2. Данные лишеноиндикации могут быть полезны в системе импактного и регионального мониторинга.
3. Лишеноиндикационные исследования на современном этапе позволяют выбрать методику в зависимости от поставленной цели. Актуальным представляется методика с применением моделирования рассеивания поллютантов параллельно с изучением лишайникового ответа на загрязнение атмосферного воздуха.
4. Изучение лишайников-эпифитов на территории города Рязань является перспективным направлением для решения задач эколого-биологического мониторинга.

ГЛАВА 2 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Природно-климатические условия, влияющие на рассеивание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе – это сезонные колебания температуры, степень укрытости поверхности льдом или снежным покровом, направление и скорость ветра, атмосферные осадки, перепады высот (Методическое пособие..., 2012). На произрастание лишайников существенное влияние оказывает влажность, наличие «первичных» лесов, не измененных человеком и другие факторы (Шапиро И.А., 1991).

2.1 Физико-географическая характеристика района исследований

Рязань – административный центр, расположенный на северо-западе Рязанской области, ближайший крупный город по отношению к Москве. Крупный промышленный, административно-территориальный, и культурный центр, узел шоссейных и железнодорожных станций (Аналитический обзор, 2009). Город расположен в центре Европейской части России на территории Русской равнины, в понижении между Приволжской и Среднерусской возвышенностями. Находится на правом берегу р. Ока в 699 км от впадения в реку Волга.

Географические координаты Рязани – 54° северной широты и 39° восточной долготы.

Площадь Рязани составляет 223,7 км² (Постановление..., 1994) при этом, площадь занятая промышленными предприятиями составляет 29,46 км² (13% от общей территории). Зеленые насаждения общего пользования расположены на 4,06 км² (2 % от общей площади земель городского поселения в установленных границах), в рекреационных, жилых и промышленных городских зонах, в основном на равнинных участках, но встречаются также на склонах балок, ручьев и оврагов.

Численность постоянного населения на 1 февраля 2013 г. составила 527, 9 тыс. человек (по данным сайта администрации г. Рязань).

Рязань разделена на 4 административных округа: Советский, Железнодорожный, Московский, Октябрьский. Каждый округ, в свою очередь, разделяется на районы.

Курортный район Солотча полностью окружён Рязанским районом и частично Мещёрским национальным парком. В данном исследовании этот район не учитывался, т.к. он располагается на левом берегу р. Ока, относится к подзоне хвойных лесов, следовательно, лишеноиндикационные данные, полученные в этом районе нельзя сравнивать с данными, полученными при изучении основной части Рязани.

Климат. Город Рязань расположен во II5 климатическом районе. (ГОСТ 16350-80, 1981). Климат умеренно-континентальный, с теплым летом (среднемесячная годовая температура июля $+18,8^{\circ}\text{C}$) и умеренно холодной зимой (среднемесячная годовая температура января $-11,1^{\circ}\text{C}$).

Среднегодовое количество осадков – около 550 мм, из которых 350 мм выпадает в период с апреля по октябрь. Недостаточное количество осадков весной и летом, когда дуют южные и юго-восточные ветры является причиной засухи в отдельные годы (Кадастр особо охраняемых природных объектов..., 1990).

Метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере г. Рязань представлены в таблицах 2.1, 2.2.

Таблица 2.1 – Метеорологические характеристики г. Рязань
(Многолетние среднегодовые данные Росгидромета)

Наименование характеристик	Величина
Коэффициент, зависящий от стратификации атмосферы, А	140
Коэффициент рельефа местности	1
Средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца года, Т °С	24.1
Средняя температура наиболее холодного месяца (для котельных, работающих по отопительному графику), Т °С	-16
Среднегодовая роза ветров, %	
С	10
СВ	9
В	9
ЮВ	12
Ю	19
ЮЗ	17
З	14
СЗ	10
Скорость ветра, повторяемость превышения которой по многолетним данным составляет 5%, м/с	8.0

Таблица 2.2 – Климатические характеристики г. Рязань (Многолетние среднегодовые данные Росгидромета)

Наименование характеристик	Величина
осадки, число дней	167
скорость ветра, м/с	4,9
повторяемость приземных инверсий температуры, %	38
повторяемость застоев воздуха, %	8
повторяемость ветров со скоростью 0–1 м/с, %	20
повторяемость туманов, %	2,4

Данные многолетних метеонаблюдений указывают на то, что среднегодовая роза ветров в 48 % случаев имела южное направление, то есть от крупнейшей промышленной зоны к жилым районам.

Для местности, в которой расположена Рязань, не характерны сильные ветра – здесь преобладают слабые и умеренные ветра юго-западного и западного направлений. Преобладающее направление ветров зимнего периода – южное и юго-западное, что связано с особенностями циклонической циркуляции и влиянием Азиатского максимума (Мажайский, 2003). Летом преобладают северо-западные ветры. Весной характерно преобладание антициклональной циркуляции и несколько повышена доля ветров восточных румбов.

Морфологические особенности рельефа. Рельеф и субстрат являются основными факторами дифференциации природных и природно-антропогенных комплексов. Особенности строения рельефа и его литогенная основа определяют и условия формирования растительности той или иной территории. (Кривцов, 2010). Рельеф Рязани – слабо-волнистая открытая равнина (Аналитический обзор, 2009). Для Рязани характерна ровная или слабопересеченная местность с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км (коэффициент рельефа местности, учитывающийся при расчете рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе – 1).

2.2 Водные ресурсы и почвенный покров г. Рязань

Водные ресурсы г. Рязань представлены рекой Окой и ее притоком рекой Трубеж, а также малыми реками – Плетенка, Павловка, Лыбедь, Листвянка, большим количеством старичных озер и небольших искусственных прудов. У рек ярко выраженное весеннее половодье, которое фактически заливают все пойменные земли Оки и Трубежа.

Река Ока имеет площадь водозабора до города 97700 кв. км, в пределах города принимает приток – р. Трубеж, которая образуется при

слиянии малых рек – Павловки и Плетенки. Площадь водозабора р. Трубеж – 850 км², р. Павловки – 350 км².

Почвенно-растительный покров, за исключением поймы р. Оки, за длительную историю города практически повсеместно изменен антропогенным воздействием. В какой-то мере сохранились лишь пойменные заливные луга, леса и кустарники в долине Трубежа и Оки (к западу от дороги на Спас–Клепики и Владимир). Почвенный покров пойменных ландшафтов представлен плодородными суглинистыми пойменными дерновыми почвами, местами глееватыми и глеевыми (Кривцов, 2008).

2.3 Древесная растительность и зеленые зоны Рязани

Рязанская область находится в пределах широкой экотонной полосы. По ее территории проходят границы трех зон: подтаежной, широколиственно-лесной и лесостепной, которые, по данным В.А. Кривцова (2004), в современных границах обособились примерно 1,5 тыс. лет назад (Казакова, 2010).

Уникальность географического расположения территории города Рязань обуславливается тем, что географически город находится на пограничных участках между подзонами смешанных и широколиственных лесов, в пограничной зоне между степью и лесами. Рязань располагается на правом берегу реки Оки. Река Ока – важный природный рубеж. Долина Оки является природно-миграционным руслом – экологическим коридором общеевропейского масштаба, а пойма представляет собой ключевую территорию межрегионального значения. Природные и полуприродные территории в черте Рязани с одной стороны играют роль транзитных территорий регионального уровня, связывающих природные территории, расположенные к югу от города, с окской поймой, и с другой стороны представляют собой систему экологически взаимосвязанных ключевых территорий городского значения (Казакова, Соболев, 2007).

Рязань относится к лесостепному району европейской части Российской Федерации.

В настоящее время широколиственные леса здесь представлены небольшими островками (Хлебосолов, 2010). Широколиственные леса образованы дубом черешчатым (*Quercus robur*), липой сердцевидной (или липой мелколистой) (*Tilia cordata*), кленом остролистным (*Acer platanoides*). В видовом составе более мелких лесных массивов преобладают осина обыкновенная, или тополь дрожащий (*Pópulus trémula*), береза повислая (*Bétula péndula*), ясень обыкновенный (*Fráxinus excélsior*). На высоких участках водоразделов спутниками дуба являются клен остролистный, вяз и ясень. На склонах и понижениях – липа, а в травяном покрове – разнотравье. Заливные луга занимают поймы рек. Территория в долине Оки занята пойменными и заливными лугами, в которых произрастают многие виды злаков, разнотравья, бобовых.

По обочинам дорог, по пашням и залежам, выгонам, в садах и огородах, карьерах и торфоразработках формируется синантропная растительность.

Насаждения снижают силу ветра, регулируют тепловой режим, очищают и увлажняют воздух, что имеет огромное оздоровительное значение. Они являются наилучшей средой для отдыха населения городов и поселков, для организации различных массовых культурно-просветительных мероприятий. Создание насаждений — это не только средство улучшения санитарно-гигиенических условий жизни в отдельных населенных пунктах, но и один из основных методов коренного преобразования природных условий целых районов (Дюков, 2004).

Активная работа по планированию озеленения города началась в 1960г. Основными породами декоративных и лесных культур были определены дуб, береза, ива, клен, тополь, лиственница, сосна, ель в объеме 50% от всех культур. Сопутствующими, в объеме 25% от всех культур, рекомендовали яблоню, грушу, рябину, липу. На оставшиеся 25%

приходились кустарники: бузина, жимолость, калина, лещина, черемуха, сирень, шиповник (Петруцкий, 2013). В это время были созданы следующие зеленые насаждения: Лесопарк в районе Торгового городка, лес по Рязскому шоссе в районе поселка Мирный и Хамбушево, лесополосы вдоль железных и автомобильных дорог в пос. Приокский, Дягилево, Мервино, Ворошиловка, в пойме реки Павловки дубрава, в районе кожного диспансера сосновый бор с кленами и березами, санитарно-защитные зоны вокруг заводов, лес в пос. Голенчино, сосновые леса вокруг курортного пос. Солотча. Начиная с 1962 г., работы по созданию зеленой зоны вокруг Рязани ведутся менее активно и к середине 60-х годов прошлого века были прекращены. Рязань не удалось окружить кольцом лесов, изолирующим жилые кварталы друг от друга и от промышленной зоны. И в настоящее время, к сожалению, не проводится каких-либо масштабных работ по озеленению Рязани.

Общая лесистость территории Рязани составляет 1,8%.

Ключевые природные территории – природные территории, непосредственно обеспечивающие поддержание экологического баланса, сохранение природных комплексов и их компонентов, биологического разнообразия (Соболев, 2007).

В г. Рязань, согласно обобщению Казаковой, можно выделить следующие ключевые природные территории (Казакова, Соболев, 2007): Недостоевско-Борковское правобережье Оки; Лесопарк; Кремлевский вал; Рюминская роща (Центральный парк культуры и отдыха); Хамбушево; Лес у д. Никуличи; Урочище Дубково; Сысоевско-Бажатковские природные участки; Карцевский лес; Пойма р. Плетенки и р. Павловки.

Городские парки (Барановский, 2016): Лыбедский бульвар; Новопавловская роща; Верхний городской сад; Нижний городской сад; парк им. Гагарина; парк Железнодорожников; Рюмина Роща; Скобелевский бульвар; Бульвар Победы; сквер им. академика Уткина; парк у Кремля; парк морской славы.

Значительные площади городских лесов (36,58 га) находятся в зонах с особым режимом пользования. Это участки леса, расположенные в придорожной полосе федеральной автодороги Москва – Самара.

Ряд участков леса полностью или частично находятся в пределах водоохранных зон рек и водоемов.

Городские леса состоят из 160 участков, общая площадь которых – 886 гектаров. Леса Рязани расположены в курортной, жилой и промышленной городских зонах, то есть повсеместно, в основном на равнинных участках, но встречаясь также на склонах балок, ручьев и оврагов.

В настоящее время основные древесные породы в Рязани это: Вяз мелколистный (*Ulmus pumila* L.), Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.) Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), Клен татарский (*Acer tataricum* L.), а также Тополь крупнолистный (*Populus candicans* Ait.), Ива ломкая (*Salix fragilis* L.), Береза повислая (*Betula pendula* Roth.), Ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), Клен остролистный (*Aser platanoides* L.).

Среди цветковых древесных пород широко используются в Рязани конский каштан обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L.), ясень американский (*Fraxinus americana* L.), ясень пенсильванский (*F. pennsylvanica* Marsh.), в меньшей степени – орех маньчжурский (*Juglans mandshurica* Maxim.) и дуб красный (*Quercus rubra* L.) (Казакова, 2015).

В городе можно встретить также редкие для Рязани виды – Миндаль трехлопастный (*Prunus triloba*), Айва обыкновенная (*Cydonia oblonga* Mill.), Аморфа кустарниковая (*Amorpha fruticosa* L.), Клен сахарный (*Acer saccharinum* L.), Бархат амурский (*Phellodendron amurense* Rupr.), Магония падуболистная (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.).

При уличном озеленении применяются газопылеустойчивые деревья (клен остролистный, липа мелколистная, тополь черный) (Постановление от 28 октября 2009 г. № 301).

При проведении лихенологических исследований необходимо учитывать кислотность коры деревьев, на которых проводится изучение лишайников-эпифитов. Растение, на котором поселяются эпифиты, используя его в качестве субстрата называются форофиты (Barkman, 1958). Кислотность коры разных древесных пород отличается по своим значениям. Поэтому при проведении исследований с помощью лишайников-эпифитов необходимо учитывать видовой состав и особенности форофитов.

Проанализировав видовой состав зеленых зон Рязани был выбран основной форофит для закладки лихеноиндикационных пробных площадок – липа сердцевидная (липа мелколистая) (*Tilia cordata*). Кислотность коры липы составляет от 4,8-6,2 рН (Barkman, 1958).

2.4 Абиотическое загрязнение воздушного бассейна г. Рязань

На большей части территории России на сегодняшний день обострилась проблема загрязнения воздушного бассейна. Несмотря на существующие государственные стандарты и нормативы предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу совокупность источников загрязнения создают приземную концентрацию загрязняющих веществ, превышающую их предельно допустимые концентрации (ПДК) для населения, растительного и животного мира. Причин сложившейся ситуации множество и в большинстве своем они носят социально-экономический характер. Это и развитие промышленности без учета архитектурно-планировочной структуры города, повсеместный рост количества автотранспорта в сочетании с неразвитостью улично-дорожной сети, износ очистного оборудования, отсутствие новых технологий очистки выбросов, дефицит зеленого фонда городов и т.д.

Все вышеперечисленные факторы характерны для г. Рязань – крупного областного центра с развитой промышленностью. Основные источники загрязнения атмосферы: предприятия теплоэнергетики,

нефтеперерабатывающей, химической и строительной промышленности, автомобильный и железнодорожный транспорт. Приоритетные предприятия-загрязнители расположены, в основном, в юго-восточной части города.

Так как существенным элементом фактора регионально-экологического значения является действительное распределение источников загрязнения окружающей природной среды по удельному весу, рассмотрим распределение предприятий на территории г. Рязань по фактическим видам экономической деятельности. На рисунке 1 представлены отраслевые пропорции промышленного производства на территории города (Охрана..., 2006).

Среди ведущих обрабатывающих производств города – приборостроение, станкостроение, электроэнергетика, нефтехимия, машиностроение, металлургия, промышленность строительных материалов, деревообрабатывающая, пищевая и мукомольно-крупяная промышленности.

Преобладание отраслей тяжелой промышленности является одним из основных дестабилизирующих факторов экосистемы города.

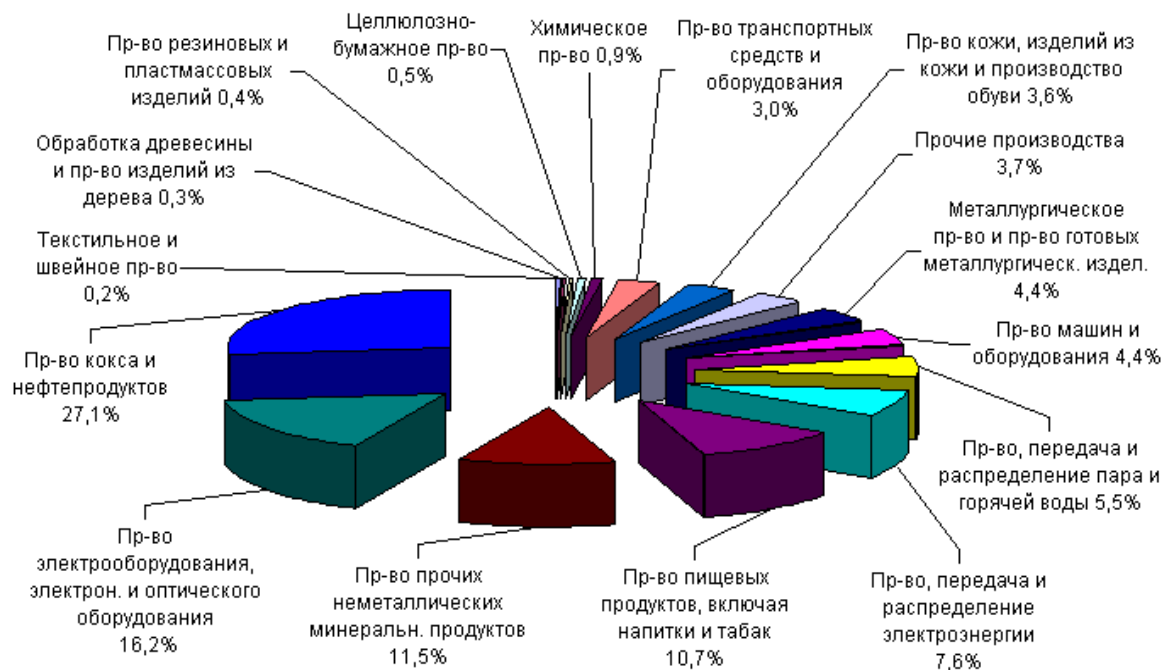


Рисунок 2.1 – Распределение промышленного производства по фактическим видам экономической деятельности в г. Рязань (январь, 2009г.)

Установлено – основной вклад в суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников загрязнения на территории г. Рязань вносят предприятия следующих видов экономической деятельности: производство нефтепродуктов (84,0 %); предприятия по производству и распределению электроэнергии, газа и воды (5,7 %); производство прочих неметаллических минеральных продуктов (4,0 %). Выбросы от автотранспорта составляют 79% (Аналитический обзор, 2009).

Из общего перечня основных стационарных источников загрязнения атмосферы, 38% предприятий загрязнителей приходится на Железнодорожный округ; 34% – на Октябрьский; 18% – на Московский; 9% – на Советский округ (рисунок 2.2).

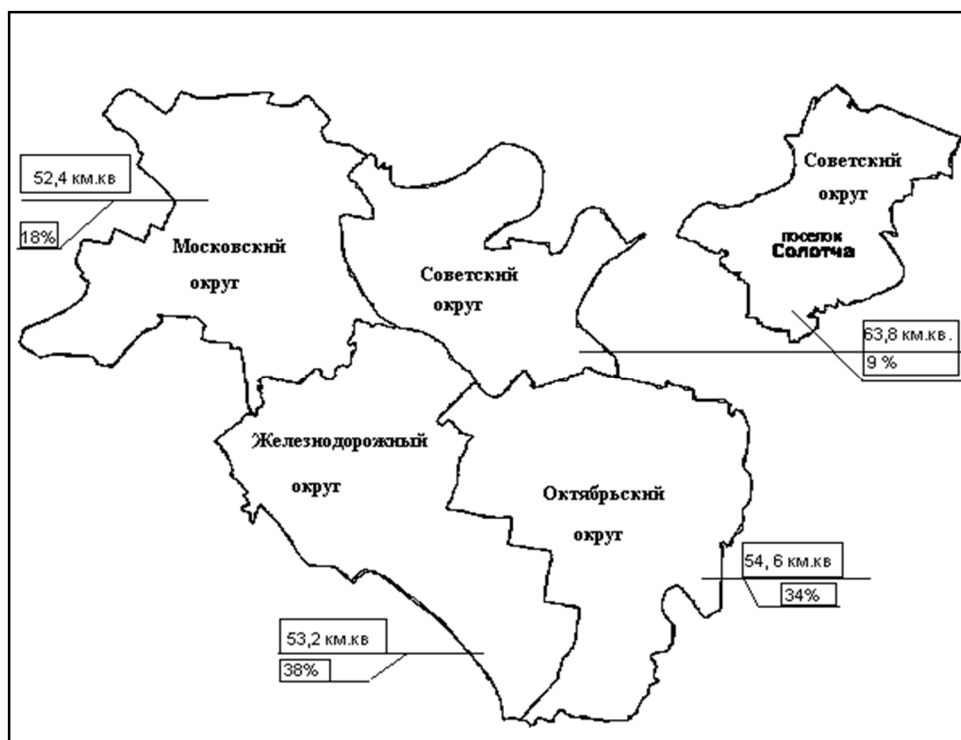


Рисунок 2.2 – Административное районирование территории г. Рязань с указанием площади и процентного соотношения предприятий – основных стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха (2015г.; км²; %)

В Железнодорожном округе расположены – предприятие по нефтепереработке, производство тепловой и электрической энергии и др. Преобладающие ЗВ: амилены, аммиак, ацетон, бутилацетат, взвешенные вещества, железа-оксид, ксилол, ЛОС, оксиды азота, пыль неорганическая, свинец, сероводород, серы диоксид, уайт-спирит, углеводороды C1-C5, углеводороды C6-C10, углерода оксид, фенол.

В Октябрьском округе функционирует производство теплоизоляционных материалов, свинцовых сплавов, автомобилестроительное производство и др. Основные ЗВ: амины, алифатические, аммиак, взвешенные вещества, ЛОС, оксиды азота, пыль неорганическая, пыль стекловолокна, свинец, серы диоксид, углеводороды C1-C5, углерода оксид.

В Московском округе расположены предприятия теплоэнергетики, производство кузнечно-прессового оборудования и др. Преобладающие ЗВ:

бензин, бутилацетат, взвешенные вещества, ксилол, ЛОС, оксиды азота, пыль неорганическая, серы диоксид, сольвент нафта, толуол, углерода оксид, этилацетат.

В Советском округе промышленными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются дорожно-строительные организации, производство сложной радиоэлектроники. Преобладающие ЗВ: алюминия оксид, ЛОС, оксиды азота, пыль неорганическая, углерода оксид.

Суммарные выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) (от стационарных источников и автотранспорта) по данным статистической отчетности предприятий по форме № 2-ТП (воздух) составили в 2009 г. 113,050 тыс. т, вклад автотранспорта – 57% от суммарного выброса. Однако следует учитывать, что данные статистической ежегодной отчетности «2-ТП Воздух» не рассматривают выбросы от личного автотранспорта, что существенно снижает данные о суммарном вкладе автотранспорта в загрязнение атмосферного воздуха.

В промышленных выбросах предприятий города формируется сложный комплекс загрязняющих веществ. На рисунке 2.3 показано распределение основных загрязняющих веществ, присутствующих в выбросах промышленных предприятий города и автотранспорта.

Суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения в 2009 г. составили 113,050 тыс. т/год, в том числе твердых веществ – 1,434 тыс. т/год, диоксида серы – 11,139 тыс. т/год; оксида углерода (II) – 42,302 тыс. т/год, оксидов азота – 16,835 тыс. т/год, углеводородов (без ЛОС) – 0,165 тыс. т/год; летучих органических соединений (ЛОС) – 40,890 тыс. т/год (Обзор выбросов..., 2009). Оксид углерода и летучие органические соединения (ЛОС) расположены на первом месте по валовому выбросу промышленных предприятий города и автотранспорта.

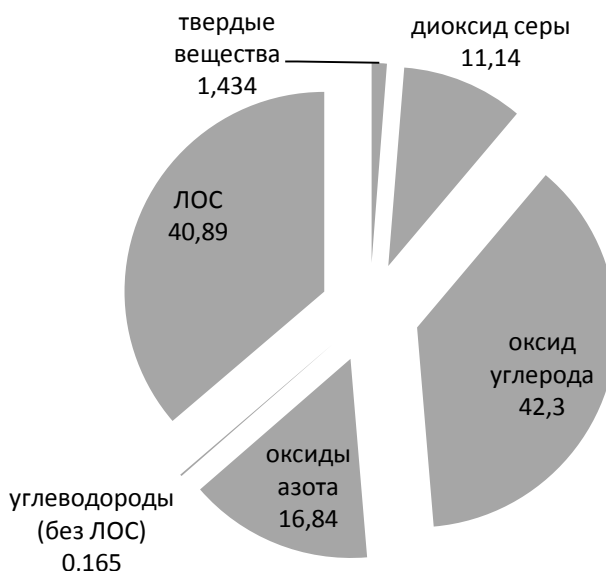


Рисунок 2.3 – Распределение основных загрязняющих веществ, присутствующих в выбросах промышленных предприятий и автотранспорта на территории г. Рязань в 2009г., тыс. т.

По данным государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды уровень загрязнения воздуха в Рязани отмечается как «высокий». Это определяется средними концентрациями фенола и бенз(а)пирена, превышающими санитарную норму (Аналитический обзор, 2009).

Численность автомобилей в крупных городах постоянно увеличивается, что приводит к непрерывному росту валового выброса вредных продуктов в атмосферу.

Ежегодно валовые выбросы от автотранспорта увеличиваются на 15-18 %. В настоящее время в Рязани зарегистрировано более 180 тысяч единиц автотранспорта, выброс от которых составляет от 57 до 75 % от общего количества выбросов в атмосферу (Аналитический обзор, 2009).

В отличие от промышленных источников загрязнения, привязанных к определенным площадям и отдаленных от жилой застройки санитарно-защитной зоной, автомобиль является движущимся источником

загрязнения, внедряющимся в жилые районы, места отдыха, сельскохозяйственные угодья (Белятынский, 1990).

Городу Рязань, существующему в состоянии повышенной антропогенной нагрузки (на фоне низкой средообразующей функции урбазкосистемы) необходимы объективные критерии оценки состояния равновесия системы «антропогенный объект – окружающая среда».

ВЫВОДЫ

1. Установлены условия распространения загрязняющих веществ (метеорологические характеристики, особенности поверхности).
2. Взвешенные загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу города, имеют региональное значение, т.к. образуют сгущения над первоначальными источниками. Однако при сильном движении воздушных масс поллютанты способны переноситься в подветренную сторону на большие расстояния.
3. Обобщения о характере произрастающей растительности, а также анализ районирования территории послужили основой для закладки пробных площадей и выбора породы форофитов для исследований.
4. В настоящее время г. Рязань существует в состоянии повышенной антропогенной нагрузки.

ГЛАВА 3 МЕТОДИКА, ОБЪЕКТ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Структура и методика проведения исследования

Оценка уровня загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха Рязани проводилась с применением моделирования рассеивания приоритетных загрязняющих веществ и изучением лишайникового ответа на загрязнение атмосферного воздуха.

Структура исследования представлена на рисунке 3.1. Этапы исследования определили последовательный выбор методики для каждой из поставленных задач:

1. Определение приоритетных ЗВ от стационарных и передвижных источников;
2. Расчет рассеивания ЗВ от стационарных и передвижных источников;
3. Выбор пробных площадей;
4. Анализ эпифитной лишенофлоры на пробных площадях.

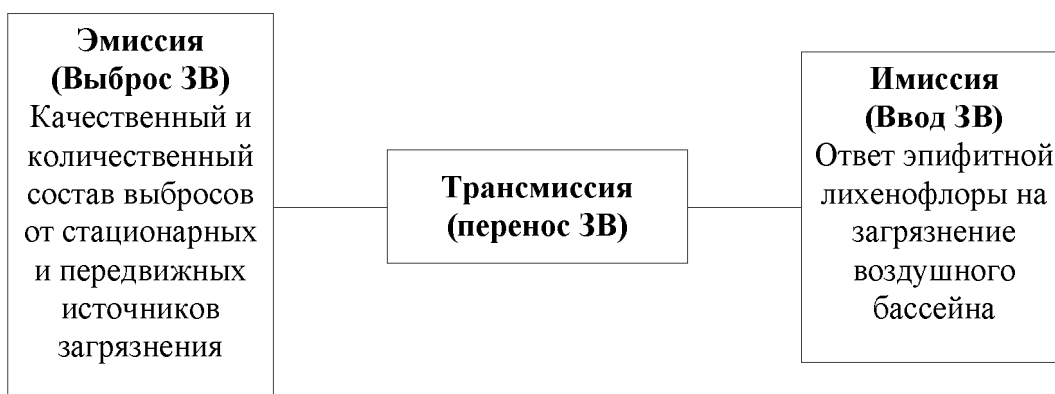


Рисунок 3.1 – Блок-схема структуры исследования

Результат имиссии загрязняющих веществ рассматривался на лишайниках-эпифитах. Особенности экологии лишайников-эпифитов послужили основой выбора их в качестве объектов наблюдения.

Закономерности, полученные при анализе урбалихенофлоры, легли в основу выводов о влиянии загрязнения атмосферного воздуха на состояние воздушного бассейна Рязани.

3.1.1 Методика определения приоритетных ЗВ от стационарных и передвижных источников загрязнения

Эмиссия, т.е. выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными и передвижными источниками оценивалась качественно и количественно. Качественный и количественный состав выбросов от *стационарных* источников составлен на основе обработки данных статистической отчетности предприятий по форме «2ТП – Воздух» за период с 2005 по 2010 гг.

На первом этапе исследований определялись вещества, которые выбрасываются предприятиями города, и оценивалась возможность превышения ПДК этих веществ (РД 52.04.186.89). Перечень веществ для измерения устанавливался на основе сведений о составе и характере выбросов от источников загрязнения в городе. Принцип выбора вредных веществ и составления списка приоритетных загрязнителей основан на использовании параметра потребления воздуха (ПВ) требуемого и показателя КОВ (коэффициент опасности вещества) формулы (1,2):

$$ПВ_i = M_i / ПДК_i, \quad (1)$$

где M_i – масса i -го вещества, поступающего в атмосферу от всех источников хозяйственной системы в тоннах.

Коэффициент опасности веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух (КОВ) рассчитывался по формуле (2):

$$КОВ = \left(M / ПДК_{cc} \right)^i, \quad (2)$$

где $ПДК_{cc}$ — предельно-допустимая концентрация i -го вещества в атмосферном воздухе населенного пункта, мг/м³.

КОВ интегрирует в себе одновременно две экологические характеристики химически опасных веществ (количество выбросов всех примесей и их токсичность).

Состав выбросов от *передвижных* источников загрязнения получен по результатам исследований, проводимых Рязанским государственным медицинским университетом имени академика И.П. Павлова, а также собственных исследований согласно Методике расчетов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях (Методика..., 1997).

На кафедре общей гигиены с курсом экологии ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» в течении ряда лет изучался выброс загрязняющих веществ автомобильными потоками на перекрестках и перегонах г. Рязань. Была изучена экологическая ситуация на элементах улично-дорожной сети следующих районов: Московского, Приокского и Канищево, Дашково-Песочня, Городская роща, Центр города (Ляпкало, Дементьев, Цурган, 2012).

Собственные исследования затронули следующие районы: Лесопарк, Парк Советско-Польскому братству по оружию, Парк «Рюмина Роща» (участок улично-дорожной сети со стороны ул. Островского).

В основе расчета выброса ЗВ от передвижных источников содержится характеристика параметров улично-дорожной сети, а именно — информация о геометрических параметрах улично-дорожной сети на принятом для исследования перекрестке (ширина проезжей части улицы с разделением по направлениям движения, длина перегонов — расстояния между центрами перекрестков). И данные измерения интенсивности и состава транспортных потоков на перегонах, обследуемой улично-дорожной сети по встречным направлениям. Под интенсивностью движения

понимается количество транспортных средств, проходящих заданное сечение в единицу времени (в час). Состав транспортных потоков учитывался по трем группам: легковые, грузовые, автобусы. Данные фиксировались отдельно по направлениям, характерным для данного перегона и классифицировались по типам автомобилей. Измерение интенсивности движения производилось в пиковый период или для каждого часа 16-ти часового периода активного движения (с 6 до 22 часов). Протокол обследования транспортного движения представлен в Приложении 1.

Для измерения средней мгновенной скорости автомобилей по направлениям в потоке используется метод измерения времени, затраченного автомобилем на прохождение заданного короткого отрезка дороги. Время проезда автомобилем заданного участка дороги определяется с помощью секундомера. Выборка должна содержать скорости не менее 50 (предпочтительнее 100) автомобилей. При низкой интенсивности движения целесообразно измерять скорость всех автомобилей.

Для измерения параметров транспортных потоков на регулируемых перекрестках определяется продолжительность цикла светофорного регулирования; схемы разъезда по регулируемым направлениям; продолжительность каждой фазы.

При сборе исходных данных наблюдатель располагается непосредственно у стоп - линии на каждом подходе к перекрестку. Если интенсивность загрузки перекрестка невелика (менее 300 автомобилей в час), то один наблюдатель может контролировать несколько смежных подходов. Наблюдатель регистрирует количество остановившихся автомобилей каждой расчетной группы для каждого регулируемого направления с каждого подхода. Определение количества остановившихся автомобилей производится в каждый пиковый период. Заторовые явления

возникают, если пропускная способность по одному или нескольким направлениям ниже, чем интенсивность пребывающих потоков.

Образование очередей транспортных средств, не успевающих разъехаться в течение зеленого сигнала, является признаком превышения интенсивности прибывающего потока на данном регулируемом направлении над пропускной способностью перекрестка.

После того, как автомобиль в процессе разезда приходит в движение, наблюдатель выключает секундомер, но результат не сбрасывает и продолжает наблюдение за автомобилем.

Если в течение зеленого сигнала автомобиль не успевает проехать стоп-линию, то наблюдатель вновь включает секундомер и фиксирует факт остановки. Это проводится до тех пор, пока автомобиль не пересечет стоп-линию. После этого данные заносятся в протокол и наблюдатель переходит к следующему замеру. Выборка автомобилей составляет не менее 50.

При соответствии пропускной способности интенсивности движения, время работы двигателя на холостом ходу определяется как половина длительности красного сигнала светофора.

Выброс загрязняющих веществ на участке определяется по формуле (3):

$$M = M_i + D_i, \quad (3)$$

где M_i – выброс загрязняющих веществ при непрерывном движении транспортного потока (г/час), D_i – дополнительный выброс загрязняющих веществ, связанный с задержкой транспортных средств на перекрестках (г/час).

Основной выброс определяется техническим уровнем транспортных средств, интенсивностью движения, дорожными условиями. Дополнительный выброс зависит от увеличения выброса, связанного с торможением, разгоном и работой двигателя на холостом ходу.

Участок транспортной сети определяется сочетанием перегонов и перекрестков. Основной выброс определяется для каждого перегона и

зависит от направления, которое может быть входящим и исходящим, числом полос движения и интенсивностью движения на каждом направлении. Кроме того, здесь учитываются и регулируемые направления.

Выброс загрязняющего вещества для входного и выходного направления определяется по формуле (4), г/час:

$$M_{Li} = m_{lik} \times l_n \times N_{kn}, \quad (4)$$

где m_{lik} – пробеговой выброс загрязняющих веществ автомобилями расчетной группы, г/км; l_n – длина перегона входного или выходного направления, км; N_{kn} – интенсивность движения автомобилей расчетной группы на перегоне входного или выходного направления (авт/час).

Дополнительный выброс для регулируемого направления каждого входного направления определяется по формуле (5), г/час

$$D_i = (m_{lsik} + m_{xxik} \times t_{xx}) \times N_{ok}, \quad (5)$$

где m_{lsik} – дополнительный выброс загрязняющих веществ на остановку автомобилем расчетной группы; m_{xxik} – выброс загрязняющих веществ при работе двигателя на холостом ходу г/мин; t_{xx} – время работы двигателя на холостом ходу для соответствующего регулируемого направления, мин; N_{ok} – количество остановленных автомобилей расчетной группы на регулируемом направлении, авт/час.

В результате исследования были получены выбросы основных ЗВ на заданных перегонах и перекрестках в г. Рязань. Математическая обработка данных, построение графиков и диаграмм выполнено в программе Excel 2003.

3.1.2 Методика расчета рассеивания приоритетных загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения

Трансмиссия – перенос загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения смоделирован путем расчета рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха на основе утвержденной методики «Методика расчета

концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (ОНД-86, 1987). Согласно этой методики, суммарная концентрация каждого ЗВ не должна превышать ПДКм.р. (максимально разовая ПДК) в атмосферном воздухе. Максимальная концентрация ЗВ (C_m) в приземном слое атмосферного воздуха образуется на оси факела выброса на расстоянии X_{max} от источника и определяется по формуле (6):

$$C_m = \frac{AMFmn\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad (6)$$

где A – коэффициент стратификации атмосферы; M (г/с) – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе; m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовойоздушной смеси из устья источника выброса; H (м) – высота источника выброса над уровнем земли;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50м на 1км $\eta = 1$); ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовойоздушной смеси T_r и температурой окружающего атмосферного воздуха T_b ; V_1 (куб.м/с) – расход газовойоздушной смеси, определяемой по формуле (7):

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0, \quad (7)$$

где D (м) – диаметр устья источника выброса; ω_0 (м/сек) – средняя скорость выхода газовойоздушной смеси из устья источника выброса.

Модель рассеивания ЗВ от передвижных и стационарных источников в приземном слое атмосферного воздуха рассчитывалась при помощи унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог», версия 3.0 согласованной с ГГО им. А.И. Воейкова. На выходе были получены среднесезонные концентрации загрязняющих веществ от

автотранспорта, в мг/м³, а также максимальные концентрации (в долях ПДК_{мр}) загрязняющих веществ в воздухе от выбросов автотранспорта в периоды неблагоприятных метеорологических условий (НМУ), приводящих к формированию высокого уровня загрязнения воздуха. Результаты заносились в таблицу значений концентраций ЗВ и отображались на карте изолиний.

3.2 Объект и материалы исследования

Биоиндикационный объект исследования – лишайники-эпифиты. Морфологический тип: накипные и листоватые формы. Использовалась модифицированная классификация Н.С. Голубковой (Голубкова, Бязров, 1989).

В исследовании изучались собственные сборы лишайников-эпифитов. Исследование проводилось с 2009 по 2015гг. на базе ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина». Сборы лишайников-эпифитов проводились в период с марта 2010г. по август 2015г., согласно общепринятой методике (Окснер, 1974). Камеральная обработка сборов лишайников осуществлялась с помощью микроскопов МБУ-4, МБС-10, реактивов едкий калий (КОН), парафенилендиамин (Р) и определительных ключей (Голубкова, 1966; Определитель..., 1971, 1975, 1977, 1978; Мучник, 2011; Урбанювичюс Г.П., Урбанювичене И.Н., 2004; Moberg, 1977; Purvis et al., 1992; Wirt, 1995; Nordic Lichen Flora..., 2002). Все находки уточнены на базе Окского государственного природного биосферного заповедника, а затем на кафедре экологии, ботаники и охраны природы ФГБОУ ВПО «Самарского государственного университета». Номенклатура таксонов дана по списку лишайников Фенноскандии (Santesson, Moberg, 2004). Отнесение видов лишайников по типам ареала и географическим субэлементам производилось согласно классическим характеристикам А.Н. Окснера и Н.С. Голубковой (Окснер, 1974; Голубкова, 1983).

Виды форофитов установлены по определителям (Валягина-Малютина, 2001; Андронов, 1974). Таксоны форофитов приводятся по С.К. Черепанову (Черепанов, 1995). Закладка пробных площадей осуществлялась с помощью переменного-размерной сетки (Байбаков, 2003), с учетом изолиний концентраций ЗВ на карте г. Рязань. Такой подход позволил изучить территорию города наиболее подверженную влиянию загрязняющих веществ. Карта-схема пробных площадей представлена на рисунке 3.2.

В каждом из четырех городских округов было выделено по несколько пробных площадей на территориях участков уличного озеленения, небольших парков.

Карта-схема пробных площадей содержит палетку – сетку квадратов со стороной 2,5 км и включает в себя 6 квадратов Октябрьского округа, 5 квадратов Железнодорожного округа, 5 квадратов Советского округа, 7 квадратов Московского округа. Всего на территории Рязани было заложено 40 пробных площадей. На каждой пробной площади выбиралось по 10 модельных деревьев.

Маршруты были спланированы и проложены с использованием интернет-ресурса Google Maps. Географические координаты пробных площадей получены с помощью мобильного телефона с программным обеспечением для GPS-навигации.

Повышенные экологические требования предъявляются для зон массового отдыха населения, территорий размещения лечебно-профилактических учреждений длительного пребывания больных и центров реабилитации. Поэтому большая часть исследования проводилась в местах отдыха населения (городские парки, спортивные базы и их сооружения на открытом воздухе, бульвары, скверы, лесопосадки).

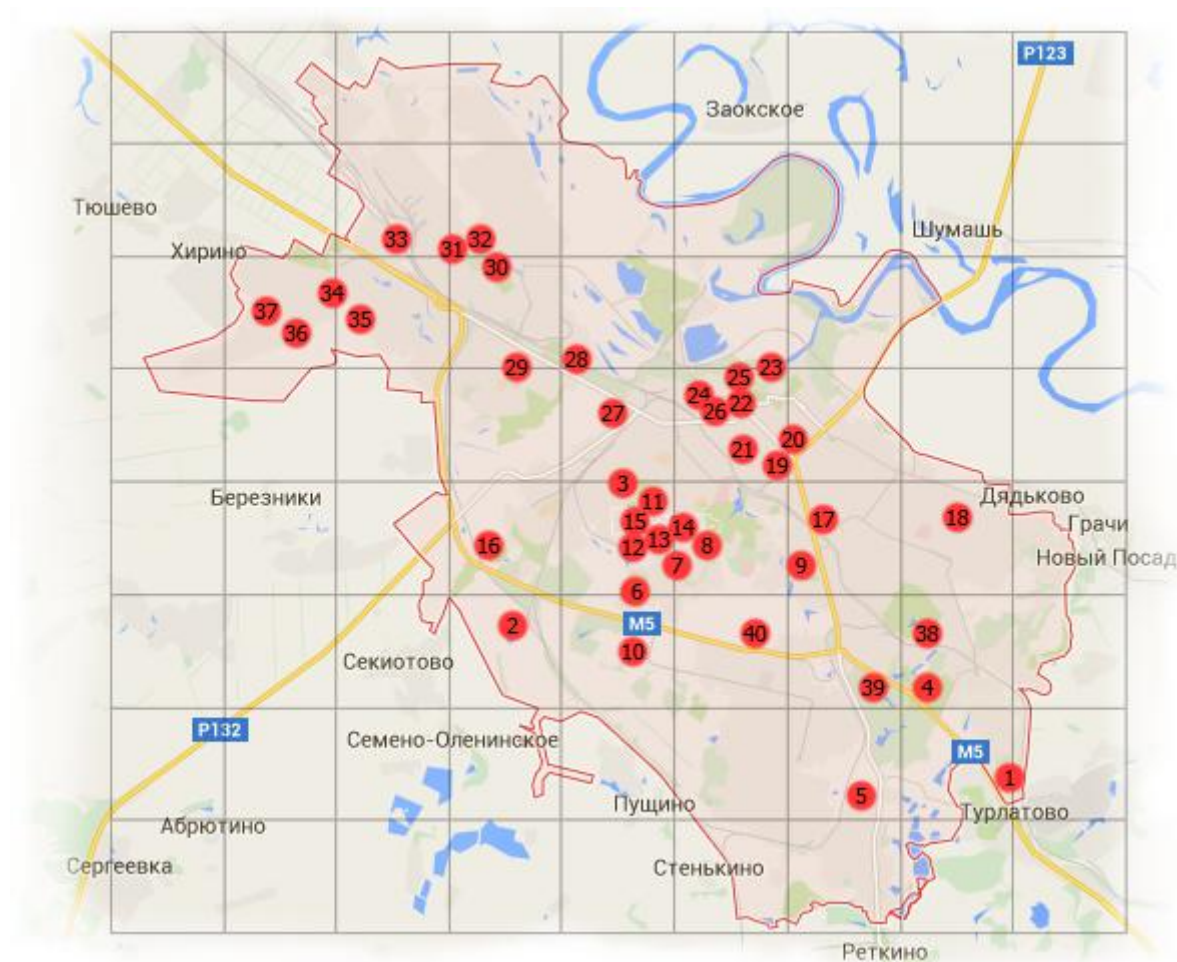
Для того чтобы максимально обеспечить сравнимость результатов, полученных на разных территориях и в разное время, на пробных площадях (наиболее типичных участках обследуемых территорий, однородных по

рельефу и видовому составу деревьев) изучался видовой состав лишайников-эпифитов на стволах форофита средних размеров, одного возрастного и видового состава. С целью оценки состояния приземного слоя атмосферного воздуха измерения проводились на высоте 1,3 м.

Учет лишайников проводился на коре липы сердцевидной (липа мелколистая) (*Tilia cordata* Mill.). При отсутствии липы обследование проводилось на следующих древесных породах: Тополь крупнолистный (*Populus candicans* Ait.), Тополь дрожащий (*Populus tremula* L.), Ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.).

Модельные деревья, предназначенные для обследования состояния лишайников, выбирались на каждой пробной площади случайно, без учета предварительной информации о видовом составе и обилии лишайников на стволе форофита. Применение при мониторинге такой схемы пространственной организации лихенологического обследования в значительной степени исключает влияние сукцессионных изменений на результаты оценки видового состава и обилия лишайников (Пчелкин, 2002).

Всего было обследовано 400 деревьев. Выполнено 701 описание эпифитного лишайникового покрова на каждой породе. Составлена коллекция лишайников-эпифитов г. Рязань. Гербарные образцы лишайников-эпифитов используются в учебном процессе в ГОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина».



I – Октябрьский округ: 1. – п. Турлатово, Лесопосадка; 4. – п. Строитель, ул. Дружная, д. 2; 5. – Хамбушево (6-й Добролюбова проезд); 7 – ул. Родниковая; 8 – Голенчинское ш.; 9 – ул. Ломоносова; 17 – Парк им. Ф. Уткина; 18, 18а – ул. Советской Армии; 38 – ст. Лесок; 39 – Лесопосадка по Ряжскому шоссе; 40 – Лесопосадка на окружной дороге а/д Урал

II – Железнодорожный округ: 2. – п. Сысоево 1-й Сысоевский проезд; 6 – пр. Котовского (район Южный); 10 – ул. Черновицкая 11 – ЦПКиО; 12 – ул. 4-я линия; 13 – Высоковольтная ул.; 14 – ул. Дзержинского; 15 – пр-д Завражного; 16 – Район Свалки ТБО

III – Советский округ: 3. – ул. Горького, д. 57; 19 –Верхний городской сад; 20 – Нижний городской сад; 21 – ул. Радищева; 22 – пл. Соборная; 23 – Лесопарковая ул.; 24 – Площадь генерала армии В. Ф. Маргелова; 25 – Рязанский историко-архитектурный музей-заповедник; 26 – ул. Павлова

IV – Московский округ: 27 – Михайловское ш.; 28 –Лагерная улица; 29 – Коломенская ул.; 30 – Парк Советско-Польскому Братству по Оружию; 31,32 – Октябрьская ул., п. Приокский, 33 – Станция Дягилево; 34 – Авиационная ул.; 35 – 1-й Яблоневый пр.; 36, 37 – ул. Белякова

Рисунок 3.2 – Карта-схема пробных площадей

Анализ урбалихенофлоры проводился с позиции дифференциальной чувствительности различных видов лишайников-эпифитов к воздействию поллютантов. Для этого использовались метод токситолерантных шкал

лишайников, полученных по анализу литературных (Трасс, 1971, Байбаков, 2003, Попова, 2007) с использованием индекса полеотолерантности (IP)(формула 8):

$$IP = \sum_{i=1}^n \frac{AiCi}{Cn}, \quad (8)$$

где n – количество видов, описанных на данной площади; Ai – класс полеотолерантности вида (классы от 1 до 10); Ci – проективное покрытие вида в баллах; Cn – суммарное покрытие в баллах.

Для оценки проективного покрытия применялась следующая шкала: проективное покрытие от 1 до 10% – 1 балл; от 11% до 20% – 2 балла; от 21% до 30% – 3 балла и т.д. (Сионова, 2006).

Вычисление индекса полеотолерантности для каждой пробной площади проводилось с учетом видового состава эпифитных лишайников, их проективного покрытия, а также степени их полеотолерантности. Ввиду того, что в методику исследований не входило детальное обследование лихеофлоры на каждом участке трансекты, классы полеотолерантности выделялись на основе анализа существующих исследований (Байбаков, 2003 и др.). В работе использовалась 10-балльная шкала классов полеотолерантности, предложенная Х.Х. Трасом (1985).

Для подсчета проективного покрытия применялся новый разработанный и апробированный автором подход с использованием автоматизированной программы.

Встречаемость видов оценивалась с применением коэффициента встречаемости R , который определялся по формуле (9):

$$R = \frac{a}{b} 100, \quad (9)$$

где a – число площадей, на которых встречается данный вид; b – общее число исследованных площадей.

Применялась 5-бальная шкала классов встречаемости Браун-Бланке: 1. – <5 %; 2. – 5-25 %; 3. – 26-50 %; 4. – >50 %; 5. – >75 %

Оценка встречаемости проводилась на основе расчета общего коэффициента встречаемости. Вид встречается часто, если $R > 10\%$; редко при $2\% < R < 10\%$; единично при $R < 2\%$ (Сионова, 2006).

В описание видов включалась информация о повреждении по шкале жизненности, где: 5 – нормальное состояние таллома, присутствуют вполне развитые органы репродукции; 4 – таллом нормально развит, верхняя поверхность запылена, наблюдаются некоторые нарушения слоя фотобионта (хлороз), репродуктивные органы в норме; 3 – сильное запыление, некротические пятна на верхней поверхности, слабое развитие органов репродукции; 2 – то же, при полном отсутствии или сильной деградации органов репродукции; 1 – полностью деградирующий таллом (Мучник, 2003).

Статистическая обработка данных (среднее арифметическое, ошибка среднего, пределы изменчивости) проводилась с использованием Excel. Оценка достоверности результатов проводилась с использованием t-критерия Стьюдента.

3.3 Новый метод определения проективного покрытия лишайников-эпифитов с помощью автоматизированной программы

Определение проективного покрытия является показателем борьбы за свет, влагу, питательные вещества и пространство (Корчиков, 2011). На сегодняшний день в лишенологии существует ряд способов определения проективного покрытия лишайников-эпифитов. Проективное покрытие – относительная величина проекции площади, покрытой лишайниками, к площади, свободной от лишайников.

Нами проведено сравнение классических методов оценки проективного покрытия лишайников по следующим признакам: особенности проведения подсчета, относительная погрешность.

3.3.1 Обзор методов определения проективного покрытия лишайников-эпифитов

Методы оценки проективного покрытия детально разрабатывались Л.Г. Раменским (Раменский, 1977). Для того чтобы проективное покрытие могло быть определено с заданной им точностью ($\pm 5\%$ для травостоя в целом, 10-20% для «массовых видов» и более грубо для единичных видов), им был предложен метод «сеточек и мерных вилочек».

Общепринятый в лихенологии сеточный метод подразумевает подсчет среднего суммарного покрытия стволов лишайниками-эпифитами на участках коры площадью 100 см^2 ($10 \times 10 \text{ см}$ с ячейками в 1 см^2) с четырех сторон света в процентах. Сетка представляет собой рамку, на которой через каждый сантиметр натянуты продольные и поперечные тонкие проволоочки. Рамку накладывают на ствол дерева и фиксируют. Сначала считают число квадратов, в которых лишайники занимают «на глаз» больше половины площади квадрата (а), условно приписывая им покрытие, равное 100 %. Затем подсчитывают число квадратов, в которых лишайники занимают менее половины площади квадрата (b), условно приписывая им покрытие, равное 50 %. Данные записывают в рабочую таблицу. Общее проективное покрытие в процентах (R) вычисляют по формуле:

$$R = (100 \cdot a + 50 \cdot b) / C, \quad (9)$$

где C – общее число квадратов палетки (например, при использовании палетки $10 \times 10 \text{ см}$ с ячейками $1 \times 1 \text{ см}$, $C = 100$).

Как можно заметить, данный подход обладает существенным недостатками, связанными с неточностью подсчета и субъективным фактором подсчета.

Относительная погрешность определения проективного покрытия по сеточному методу, определяется как:

$$\delta = \frac{\Delta S}{S}, \quad (10)$$

где ΔS – абсолютная величина ошибки определения площади ячейки; S – площадь ячейки.

Если учесть, что максимальная ошибка определения площади ячейки равна:

$$\Delta S_{MAX} = \frac{1}{2} \cdot S \quad (11)$$

Подставляя выражение (11) в (10), получаем:

$$\delta_{MAX} = \frac{1}{2} \quad (12)$$

Получаем, что максимальная ошибка определения проективного покрытия подходом Раменского может составлять 50%.

Кроме сеточных и вилочных подходов в подсчете проективного покрытия, существуют подходы на основе субъективного приблизительного подсчета с бальной оценкой. Наиболее широко распространена шкала, имеющая десять градаций степени проективного покрытия: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100%. Считают, что глаз человека вполне может определить степень проективного покрытия с точностью до 10%.

Широкое распространение получила шкала Хульта-Сернандера: 5 – степень проективного покрытия от 100 до 50%; 4 – степень проективного покрытия от 50 до 25%; 3 – степень проективного покрытия от 25 до 12,5%; 2 – степень проективного покрытия от 12,5 до 6,25%; 1 – степень проективного покрытия ниже 6,25%.

Другим распространенным методом, является метод линейных пересечений, заключающийся в наложении гибкой ленты с мелкими делениями на поверхность ствола и фиксировании всех пересечений со слоевищами лишайника.

Первоначально метод линейных пересечений использовался для геоботанических обследований сообществ сосудистых растений (Миркин, Розенберг, 1983). Модифицированный метод применительно к эпифитным лишайникам позднее стал применяться для лихенологических обследований (Инсаров, Пчелкин, 1988).

Метод заключается в наложении гибкой ленты с мелкими делениями на поверхность ствола и фиксировании всех пересечений со слоевищами лишайника. Обследования лишайников методом линейных пересечений проводят либо на одной высоте – 100 или 150 см от комля дерева, либо на четырех высотах: 60, 90, 120, 150 см.

Погрешность данного метода может заключаться в следующем:

1. Некорректный выбор расположения мерной ленты на стволе дерева;
2. Погрешность наблюдателя;
3. Погрешность ленты, связанная с материалом изготовления ленты. Резиновая лента может растянуться или сжаться от температуры окружающей среды, приложенной силы лишенолога.
4. Чувствительность геометрии ствола (впадины и выпуклости ствола).

Покрытие каждого вида на стволе дерева может быть так же представлено в качестве визуальной оценки. Это можно сделать с помощью небольших пробных площадок, расположенных на стволе дерева на определенной высоте. Для определения проективного покрытия используется равнодистанционная шкала Браун-Бланке (1 балл — до 5%, 2 — 5-25%, 3 — 25-50%, 4 — 50-75% и 5 — 75-100%), объединяющая покрытие и обилие: + – встречается редко, степень покрытия ничтожна; 1 – индивидуумов много, степень покрытия мала или особи разрежены, но площадь покрытия большая; 2 – индивидуумов много, степень проективного покрытия не менее 10%, но не более 25%; 3 – любое количество индивидуумов, степень покрытия 25-50%; 4 – любое количество индивидуумов, степень покрытия 50-75%; 5 – степень покрытия более 75%, число особей любое.

Обзор подходов определения показателя проективного покрытия, проделанный выше, показал, что основная масса подходов зачастую носит

субъективный характер и имеет невысокую точность определения проективного покрытия лишайников-эпифитов.

Для повышения точности и снижения субъективного фактора, предлагается использовать разработанный подход анализа обрисованных изображений.

3.3.2. Определение проективного покрытия на основе анализа обрисованных изображений.

Данный подход заключается в выполнении следующих действий:

- Обрисовка контуров лишайников-эпифитов на фиксированной гибкой прозрачной поверхности с фиксированной высотой (полиэтиленовая пленка, прозрачная пластиковая пленка и т.п.).

- Сканирование обрисованных изображений контуров лишайников-эпифитов.

- «Заливка» фиксированным цветом (предлагается использовать черный, для упрощения дальнейшей обработки) областей контуров лишайников-эпифитов.

- Анализ отношения количества закрашенных пикселей к общему количеству пикселей сканированного изображения.

Так как диаметр ствола дерева варьируется, предлагается делить участки изображений на части и анализировать суммарное число пикселей отсканированных изображений с одного ствола.

С целью достижения автоматизации анализа, разработана специализированная программа определения проективного покрытия лишайников-эпифитов по отсканированным изображениям ствола дерева.

Кроме того, стоит заметить, что данный подход может быть использован для определения проективного покрытия любых объектов на любых формах поверхности.

Архитектурным каркасом анализатора является шаблон проектирования MVC. Шаблон представляет из себя структуру из трех взаимодействующих объектов: M(Model) – модель, реализующая

алгоритмическую основу программы анализа; V(View) – вьювер, реализует графический интерфейс программы; C(Controller) – контроллер, реализует управление алгоритмом модели и получением команд через отображение (вьювер) от пользователя.

В соответствии с задачей основные объекты модели получили следующие имена:

FileParser – класс, отвечающий за разбор файла графического изображения проективного покрытия;

Analyzer – анализатор, класс, отвечающий за анализ полученных изображений с формированием результата.

На рисунке 3.3, представлена интерфейсная часть программы.

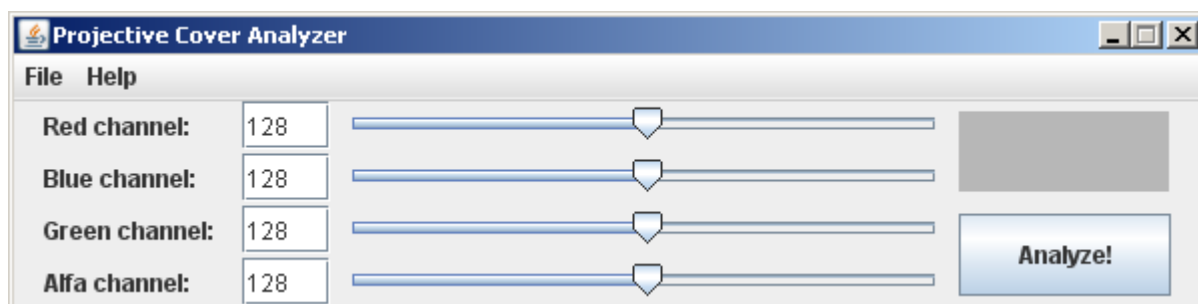


Рисунок 3.3 – Интерфейс программы анализа проективного покрытия лишайников-эпифитов

Принцип работы с программой можно описать следующими этапами:

- Загрузка папки с подпапками сканированных изображений.
- С помощью ползунков или текстового поля осуществляется выбор цветового порога для анализа.
- Нажатием кнопки «Analyze!», осуществляется запуск анализа в многопоточном режиме.
- Результаты анализа выводятся в виде текстового файла со списком поддиректорий и соответствующих значений проективного покрытия у каждой директории.

3.3.3 Инструменты и этапы выполнения замера проективного покрытия лишайников-эпифитов

Инструменты: мобильный телефон с программным обеспечением для GPS-навигации (определения координат на местности); карта местности; карандаш, ручка; полиэтиленовая (прозрачная) пленка высотой 29,7 см (высота листа А4), длиной в зависимости от окружности ствола (около 1 м); маркер на спиртовой основе; спирт (водка) для смывания обведенных областей с поверхности пленки для повторного использования; офисный сканер для листов формата А4; бумажные конверты для образцов лишайников; нож (стамеска) для снятия образцов; рулетка/портняжный метр.

Этапы выполнения:

1) Выбор пробных площадок. Необходимо выбрать участки на расстоянии 20 м от автомобильной дороги и на расстоянии 100м, 500м, 1000м от стационарного источника загрязнения (от трубы) по направлению преобладающего ветра (найти розу ветров для исследуемого района).

Результат: отметить расстояние от источника и зафиксировать его в блокноте.

2) Определение географических координат пробной площадки. Для этого можно воспользоваться GPS-навигацией при помощи мобильного телефона или нанося нумерованные точки на карту местности.

Результат: нумерация отмеченной точки на карте и фиксация номера в блокноте и на конверте для последующих образцов.

3) Выбор модельных деревьев (по 10 равноудаленных друг от друга дерева на каждой пробной площадке) одного возрастного состава (по окружности ствола) с указанием вида.

Результат: под номером соответствующего участка (в блокноте) указать название вида дерева, окружности ствола.

4) Наложение прозрачной полиэтиленовой пленки (Высота – лист А4 (высокая сторона), длина – по всей окружности ствола) на модельное дерево на постоянной высоте – 1,5 м от уровня почвы (1,5 м крайняя нижняя точка от которой необходимо откладывать пленку вверх). Длина пленки должна быть равна длине окружности ствола.

Результат: отметка маркером длины обхвата ствола на пленке.

5) Выделение площади, занятой лишайниками, маркером (на прозрачной пленке).

Результат: точно обведенные границы лишайников.

6) Сбор лишайников, по которым проводился замер покрытия.

Результат: пронумерованные конверты с образцами с указанием субстрата (вида дерева).

7) Сканирование полученных результатов. Т.к. длина пленки может быть больше, чем площадь захвата сканера, то сканирование изображений необходимо проводить частями. С одного дерева может получиться 3,5 и т.д. изображений. Если площадь последней части сканируемой пленки меньше формата А4, то необходимо учесть это и не сканировать лишнюю пустую область. С целью уменьшения времени сканирования и размеров полученных файлов, необходимо указать в настройках сканера разрешение сканирования не более 100 dpi.

Результат: отсканированные изображения пленки. Сохранять изображение в папке с именем номера участка.

8) Обработка скан-образов в Paint (заливка обведенных маркером участков).

Результат: изображение, с залитыми черным цветом участками, в папках с номером участка.

В результате, по каждому участку необходимо иметь следующее: описание выбранного участка (название, административное месторасположение, географические координаты, роза ветров, состав древостоя, расстояние от источника загрязнения (передвижного и

стационарного); скан-образ прозрачной ленты; конверт с образцами видов, по которым производился замер проективного покрытия, отдельно по каждому модельному дереву.

Предлагаемый подход и программа анализа позволяют повысить точность полученных результатов проективного покрытия лишайников-эпифитов и снизить субъективный фактор в измерении.

Анализ полученных результатов с помощью выше рассмотренных методов и предлагаемого на тестовых поверхностях с заданной площадью проективного покрытия показал высокую точность предлагаемого метода на основе обрисованных изображений. Данный метод позволит повысить точность и уменьшить время получения научных результатов связанных с анализом проективного покрытия лишайников-эпифитов и может использоваться при мониторинге воздушного бассейна городов.

ВЫВОДЫ

1. Определены этапы проведения исследования;
2. Выбраны соответствующие методики для каждого этапа;
3. Намечены пробные площади для биоиндикации. Спланированы маршруты;
4. Проведено обоснование применения нового подхода определения проективного покрытия лишайников-эпифитов;
5. Разработан метод и специализированная программа для высокоточной оценки проективного покрытия лишайников-эпифитов по отсканированным изображениям ствола дерева.

ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В целях изучения локальной трансформации лишайной флоры сравнение полученных показателей проводилось относительно административных округов Рязани.

Для определения качественного и количественного состава выбросов загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения использовался расчетно-нормативный и расчетно-экспериментальный методы.

4.1 Определение приоритетных загрязняющих веществ от стационарных источников загрязнения

Наблюдение за состоянием атмосферного воздуха в г. Рязань проводится на 4 стационарных станциях государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды. Станции подразделяются на «городские фоновые» в жилых районах (станция 1), не испытывающих непосредственного влияния промышленности, «промышленные» вблизи предприятий (станции 2, 6) и «авто» вблизи автомагистралей или в районах с интенсивным движением транспорта (станция 3). Проводятся регулярные наблюдения за концентрациями взвешенных веществ, диоксида серы, диоксида и оксида азота, оксида углерода, бенз(а)пирена и специфических веществ (формальдегид, сероуглерод, фенол, сероводород). В течение ряда лет по данным Ежегодников «Состояние атмосферы в городах на территории России» в списки веществ, среднегодовые концентрации которых превышают ПДК входят диоксид азота, формальдегид и бенз(а)пирен (Ежегодник..., 2012, 2013).

Т.к. в Рязани недостаточное количество постов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, то актуальным является расчет приоритетных ЗВ по статистическим данным предприятий.

4.1.1 Определение перечня веществ, подлежащих контролю в приземном слое атмосферного воздуха г. Рязань путем расчета ПВсс ($PV_{cc} = M / ПДК_{cc}$)

В результате обработки данных отчетности «2 ТП – воздух» 100 крупных промышленных предприятий Рязани были рассчитаны показатели ПВсс (параметр потребления воздуха среднесуточный) веществ, внесенных в отчетную форму (Приложение 2, таблица 2.1.). После того, как было рассчитано значение ПВсс всех веществ, попадающих в атмосферный воздух города Рязани, была получена таблица 4.1, в которой представлены основные вещества-загрязнители по показателю ПВсс. Суммарный показатель составил 380948,47. Ранжирование показателей ПВсс позволило выявить приоритетные вещества, составляющие более 1 процента суммарного показателя ПВсс: диоксид серы, оксиды азота, неорганические соединения свинца, бензол, сероуглерод (суммарно более 97 % ПВсс, таблица 4.1)

Таблица 4.1 – ПВсс основных веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух г. Рязань (2005-2010гг.)

Вещества	Выброс т/г	ПДКсс	ПВсс	Место
диоксид серы	10 907,66	0,05	218153,2	1 57,03%
оксиды азота	4 822,366	0,04	120559,15	2 31,5%
Свинец, его неорг. соединения	5,511	0,0003	18370,0	3 4,85%
Бензол	722,976	0,1	7229,76	4 1,89%
Сероуглерод	321,994	0,05	6439,88	5 1,68%

Первое место по показателю ПВсс занимает диоксид серы. Это связано с тем, что большинство предприятий города имеет в составе выбросов данное вещество. Диоксид серы поступает в атмосферу при сгорании топлива, содержащего серу.

На втором месте по параметру ПВсс в Рязани расположены оксиды азота. Промышленные и отопительные котельные и ТЭЦ являются крупнейшими загрязнителями окружающей среды оксидами азота. Оксиды азота присутствуют в составе выбросов любого предприятия.

На третьем месте по показателю ПВсс находится свинец и его неорганические соединения. Это объясняется тем, что данный загрязнитель относится к группе наиболее токсичных из тяжелых металлов и его ПДК составляет 0,0003 мг/м³.

На четвертом месте находится бензол. Бензол – один из наиболее распространенных химических продуктов и самое распространенное ароматическое соединение. Содержится в выбросах производств основного органического синтеза, нефтехимических, фармацевтических, синтетического каучука, пластмасс, взрывчатых веществ, капролактама, ионообменных смол, лаков и красок, искусственных кож, используется в качестве растворителя на производстве.

Пятое место занимает сероуглерод. Присутствие его в перечне приоритетных веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух г. Рязани обусловлено выбросами химических предприятий.

4.1.2 Определение перечня веществ, подлежащих контролю в приземном слое атмосферного воздуха г. Рязань путем расчета КОВ **($\text{КОВ} = (\text{М} / \text{ПДК}_{\text{сс}}) i$)**

На величину коэффициента оказывает влияние параметр i , который устанавливается исходя из класса опасности вещества. Список приоритетных ЗВ представлен в таблице 4.2.

На первом месте, по величине КОВ, находится свинец, его неорганические соединения. Это обусловлено принадлежностью данного вещества к первому классу опасности и его предельно допустимой концентрацией. Данное соединение содержится в выбросах 12 предприятий

из рассмотренного списка. Свинец относится к группе наиболее токсичных из тяжелых металлов.

Таблица 4.2 – Коэффициент опасности веществ, выбрасываемых атмосферный воздух (2005-2010гг.)

Вещества	Выброс т/г	ПДКсс	Класс опас. (Степ.)	КОП	Место
1	2	3	4	5	6
Свинец, его неорг. соединения	5,511	0,0003	1,7	17741305,15	1 79,89%
оксиды азота	4 822,366	0,04	1,3	4032368, 66	2 18,16%
диоксид серы	10 907,66	0,05	1	218153,2	3 0,98%
Бензол	722,976	0,1	1,3	103958,75	4 0,47%
Сероуглерод	321,994	0,05	1,3	89441,92	5 0,4%

На втором и третьем месте по величине КОВ находятся оксиды азота и диоксид серы. Это объясняется тем, что данные вещества присутствуют в составе выбросов всех предприятий из рассмотренного списка.

Четвертое, пятое и шестое место по величине КОВ, также как в таблице 4.1, занимают бензол, сероуглерод и стирол соответственно.

Таким образом, приоритетные ЗВ для г. Рязань – это группа суммации: диоксид серы, соединения свинца; группа суммации: диоксид серы, диоксид азота; бензол; свинец. По ним был произведен расчет рассеивания.

4.2 Определение перечня ЗВ для расчета рассеивания от передвижных источников загрязнения.

Расчёты выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта согласно стандартной методике (Методика...,1997) выполняются для следующих вредных веществ, поступающих в атмосферу с отработавшими газами автомобилей: оксид углерода; оксиды азота в пересчете на диоксид азота; углеводороды; сажа; диоксид серы; соединения свинца; формальдегид; соединения свинца. Расчет рассеивания осуществлялся для вышеперечисленных веществ.

Используемые при расчёте выбросов параметры определяются на основе натурных обследований структуры и интенсивности автотранспортных потоков.

4.3 Расчет рассеивания приоритетных загрязняющих веществ от стационарных источников загрязнения г. Рязань

Карты полей рассеивания загрязняющих веществ на плане г. Рязань обозначили зоны влияния выбросов определенного j -го ЗВ от объекта негативного воздействия на окружающую среду, т.е. все территории, расположенные внутри внешней границы этой зоны. Зона влияния определяется как замкнутая линия на местности, вне которой для любой точки местности в течение всего времени выброса от объекта рассматриваемого j -го ЗВ выполняется условие: $q_{np,j} \leq 0,05$ (Методическое пособие...,2012)

$$q_{np,j} \equiv \frac{C_{np,j}}{ПДК_j} \text{ или } q_{np,jj} \equiv \frac{C_{np,j}}{ПДК_{с.с.,j}}, \quad (13)$$

где $C_{np,j}(\text{мг/м}^3)$ – приземная концентрация j -го ЗВ, создаваемая выбросом рассматриваемого объекта, рассчитанная по утвержденной в установленном порядке методике расчета;

$ПДК_j(\text{мг/м}^3)$ – предельно допустимая концентрация рассматриваемого j -го вещества в атмосферном воздухе населенных мест.

Помимо основных зон сгущения поллютантов над источниками выбросов были определены границы распространения от источника загрязнения при движении воздушных масс, т.к. организм, в том числе и лишайник, реагирует на суммарное воздействие всех загрязняющих веществ, находящихся в приземном слое атмосферного воздуха.

Карты полей рассеивания основных загрязняющих веществ по городу, в долях ПДКм.р. (приоритетные стационарные источники на территории г. Рязань) составлены по методу изолиний на основе полей концентраций при помощи автоматизированной программы. На основании методики ОНД-86 с помощью УПРЗА «ЭКОЛОГ-3» было проведено моделирование рассеивания основных загрязняющих веществ. Моделирование проводилось для теплого периода года по 8 направлениям ветра при скоростях ветра 0.5м/с, 3.5 м/с, 7.5 м/с.

Анализ проводился по трем критериям: районы, длительность, примерные суммарные концентрации ПДКм.р. (лето).

Рассматривались следующие группы суммации: Группа суммации: диоксид серы, соединения свинца(330,184); Группа суммации: диоксид серы, диоксид азота(330,301); Бензол; Свинец.

Карты полей рассеивания, представлены в приложении 3(Рисунок 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 – группа суммации диоксид серы, диоксид азота; Рисунок 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 – свинец; Рисунки 3.11, 3.12, 3.13, – группа суммации диоксид серы, соединения свинца; Рисунки 3.14, 3.15, 3.16,3.17, 3.18 – бензол)

Далее представлен прогноз формирования концентраций ЗВ в жилых и промышленных зонах.

Группа суммации диоксид азота и диоксид серы.

При южном направлении ветра со скоростью 0,5 м/с в концентрации 0,22-0,26 ПДКмр эти ЗВ могут выявляться на территории следующих районов города: поселка Приокский; поселка Ворошиловка; части микрорайона Московский, прилегающего к Московскому шоссе (Народный

бульвар, ул. Мервинская, 3-й Мервинский проезд); в центре Рязани (ул. Дзержинского, ул. Пушкина, ул. Высоковольтная, ул. Стройкова).

В концентрации 0,25–0,46 ПДК_{мр} в пределах Южного промышленного узла.

При юго-восточном направлении ветра со скоростью 0,5 м/с можно прогнозировать концентрации 0,16–0,39 ПДК_{мр} в пределах южного промышленного узла и в концентрации не более 0,1 ПДК_{мр} за его пределами.

При юго-западном направлении ветра со скоростью 0,5 м/с концентрации 0,23–0,38 ПДК_{мр} могут выявляться в пределах южного промышленного узла и района Рязцветмета.

За пределами промышленной зоны концентрации не превышают 0,2 ПДК_{мр}.

Группа суммации соединения свинца и диоксида серы.

При южном направлении ветра и скорости 0,5 м/с, выявляются ДВА поля рассеивания. Первое (основное) – севернее ЗАО РНПК и ОАО «Рязцветмет». Второе (второстепенное) – севернее ЗАО КПВР «Сплав».

Основное поле рассеивания формирует в пределах жилой зоны пос. Никуличи концентрации этих веществ в пределах 0,1 ПДК_{мр}.

Севернее ОАО «Рязцветмет» формируется поле концентраций 0,8–1,29 ПДК_{мр}, а в районе жилой застройки микрорайона Песочня (ул. Зубковой, ул. Советской Армии, ул. Тимуровцев, ул. Новоселов) возникают концентрации соединений свинца и диоксида серы в пределах 0,31–0,4 ПДК_{мр}.

Второе (второстепенное) поле рассеивания (микрорайоне Шереметьево-Песочня) формирует концентрации не превышающие 0,1 ПДК_{мр} суммарной концентрации этих веществ.

При юго-восточном направлении ветра со скоростью 0,5 м/с, эти вещества в концентрации, равной 1 ПДК_{мр} могут выявиться на территории ОАО "Рязцветмет" и 0,38 ПДК_{мр} на территории ЗАО РНПК.

За пределами промышленной зоны концентрации не превышают 0,39 ПДК_{мр} на территории жилой застройки, прилегающей к ОАО "Рязцветмет".

Концентрация 0,1 ПДК_{мр}, при данном направлении ветра сохраняется во всей центральной части города.

При юго-западном направлении ветра со скоростью 0,5 м/с, концентрации в 0,37 ПДК_{мр} могут выявиться на территории ОАО "Рязцветмет".

За пределами промышленной зоны концентрации не превышают 0,2 ПДК_{мр} на территории жилой застройки, прилегающей к ОАО "Рязцветмет".

Концентрация 0,05 ПДК_{мр}, при данном направлении ветра сохраняется в районе Дашково-Песочня, п. Никуличи, микрорайоне Кальное.

При южном направлении ветра и скорости 3,5 м/с, выявляются ДВА поля рассеивания. Первое (основное) – севернее ЗАО РНПК и ОАО «Рязцветмет». Второе (второстепенное) – севернее ЗАО КПВР «Сплав».

При изучении основного поля рассеивания группы суммации соединения свинца и диоксида серы можно прогнозировать формирования в пределах жилой зоны пос. Никуличи концентрации этих веществ в пределах 0,1 ПДК_{мр}.

Севернее ОАО «Рязцветмет» формируется поле концентраций 0,25 – 0,9 ПДК_{мр}, а в районе жилой застройки микрорайона Песочня (ул. Зубковой, ул. Советской Армии, ул. Тимуровцев, ул. Новоселов) возникают концентрации соединений свинца и диоксида серы в пределах 0,21 – 0,3 ПДК_{мр}.

Второе (второстепенное) поле рассеивания (микрорайоне Шереметьево-Песочня) формирует концентрации не превышающие 0,1 ПДК_{мр} суммарной концентрации этих веществ.

При южном направлении ветра и скорости 7,5 м/с, выявляются ДВА поля рассеивания. Первое (основное) – севернее ЗАО РНПК и ОАО «Рязцветмет». Второе (второстепенное) – севернее ЗАО КПВР «Сплав».

При изучении основного поля рассеивания группы суммации соединения свинца и диоксида серы можно прогнозировать формирования в пределах жилой зоны пос. Никуличи концентрации этих веществ в пределах 0,1 ПДК_{мр}.

Севернее ОАО «Рязцветмет» формируется поле концентраций 0,44 – 0,53 ПДК_{мр}. В районе жилой застройки микрорайона Песочня (ул. Зубковой, ул. Советской Армии, ул. Тимуровцев, ул. Новоселов) возникают концентрации соединений свинца и диоксида серы в пределах 0,13-0,35 ПДК_{мр}, а районе жилой застройки вдоль Касимовского шоссе (ул. Гражданская, ул. Боголюбова, микрорайоне Кальное) – 0,13-0,19 ПДК_{мр}. Второе (второстепенное) поле рассеивания (микрорайоне Шереметьево-Песочня) формирует концентрации, не превышающие 0,1 ПДК_{мр} суммарной концентрации этих веществ.

Соединения Свинца.

При юго-восточном направлении ветра и скорости 3,5 м/с, выявляются ДВА поля рассеивания. Первое (основное) – северо-западнее ОАО «Рязцветмет». Второе (второстепенное) – севернее ЗАО КПВР «Сплав».

При изучении основного поля рассеивания соединения свинца можно прогнозировать формирования в пределах промышленной зоны концентрацию этого вещества в пределах 0,9 – 0,32 ПДК_{мр}.

За пределами промышленной зоны концентрации не превышают 0,1 ПДК_{мр} на территории центральной части города.

Концентрация 0,05 ПДК_{мр} при данном направлении ветра сохраняется в районах – Борки, ул. Строителей, Горроще, ул. Солнечная и пл. Свободы.

Второе (второстепенное) поле рассеивания, образовавшееся севернее ЗАО КПВР «Сплав», формирует на прилегающей территории концентрации на уровне 0,06 ПДК_{м.р}.

При юго-восточном направлении ветра и скорости 7,5 м/с, выявляются ДВА поля рассеивания. Первое (основное) – северо-западнее ОАО «Рязцветмет». Второе (второстепенное) – севернее ЗАО КПВР «Сплав».

При изучении основного поля рассеивания соединения свинца можно прогнозировать формирования в пределах промышленной зоны концентрацию этого вещества в пределах 0,2 – 0,345 ПДК_{мр}. На прилегающей к предприятию территории концентрация свинца составляет 0,3 – 0,1 ПДК м.р. Концентрация в 0,1 ПДК м.р. сохраняется в районе улиц Ленина, Соборная, Астраханская. Концентрация в 0,05 ПДК м.р. фиксируется в районе улиц Солнечная, Вокзальная, Дзержинского.

Второе (второстепенное) поле рассеивания, образовавшееся севернее ЗАО КПВР «Сплав», формирует на прилегающей территории концентрации на уровне 0,06-0,07 ПДК_{м.р}.

При юго-западном направлении ветра и скорости 3,5 м/с, выявляются одно поле – севернее ЗАО КПВР «Сплав».

На территории данного предприятия при данном направлении ветра формируется концентрация 0,42 ПДК м.р.

В жилой застройке Дашково-Песочня формируются концентрации свинца в пределах 0,2 – 0,1 ПДК м.р.

При юго-западном направлении ветра и скорости 7,5 м/с, выявляются одно поле – севернее ЗАО КПВР «Сплав».

На территории данного предприятия при данном направлении ветра формируется концентрация 0,27 ПДК м.р.

В жилой застройке Дашково-Песочня формируются концентрации свинца в пределах 0,32 – 0,1 ПДК м.р.

Бензол. При южном направлении ветра и скорости 0,5 м/с, выявляются одно поле – севернее Южного промузла, в частности ЗАО РНПК, Ново-Рязанская ТЭЦ, завод вискозного волокна, завод автомобильных агрегатов и др.

На территории промзоны формируются концентрации бензола в пределах от 3,4 до 1,04 ПДК м.р. На территории близлежащей застройки, в частности в поселке Никуличи – 0,3 ПДК м.р., п. Строитель – 0,2 ПДК м.р., Дашково-Песочня – 0,1-0,05 ПДК м.р.

При южном направлении ветра и скорости 3,5 м/с, выявляется одно поле – севернее Южного промузла, в частности ЗАО РНПК, Ново-Рязанская ТЭЦ, завод вискозного волокна, завод автомобильных агрегатов и др.

На территории промзоны формируются концентрации бензола в пределах от 0,54 до 0,94 ПДК м.р. На территории близлежащей застройки, в частности в поселке Никуличи – 0,3 ПДК м.р., п. Строитель – 0,2 ПДК м.р., Дашково – Песочня – 0,1– 0,05 ПДК м.р.

При юго-восточном направлении ветра и скорости 0,5 м/с, выявляется одно поле – северо-западнее Южного промузла, в частности ЗАО РНПК, Ново-Рязанская ТЭЦ, завод вискозного волокна, завод автомобильных агрегатов и др.

На территории промзоны формируются концентрации бензола в пределах от 3 до 1,07 ПДК м.р.

На территории близлежащей застройки, в частности в поселке Никуличи – 0,1 ПДК м.р., п. Строитель – 0,05 ПДК м.р., в районе улицы Строителей – 0,05 ПДК м.р., в районе Мервино – 0,05 ПДК м.р.

При юго-восточном направлении ветра и скорости 3,5 м/с, выявляется одно поле –северо-западнее Южного промузла, в частности ЗАО РНПК, Ново-Рязанская ТЭЦ, завод вискозного волокна, завод автомобильных агрегатов и др.

На территории промзоны формируются концентрации бензола в пределах от 3 до 1,07 ПДК м.р.

На территории близлежащей застройки, в частности в поселке Никуличи – 0,1 ПДК м.р., п. Строитель – 0,05 ПДК м.р., в районе улицы Строителей – 0,05 ПДК м.р., в районе Мервино – 0,05 ПДК м.р.

При юго-западном направлении ветра и скорости 0,5 м/с, выявляются два поля рассеивания. Основное поле – северо-восточнее Южного промышленного узла, в частности ЗАО РНПК, Ново-Рязанская ТЭЦ, завод вискозного волокна, завод автомобильных агрегатов и др.

Второе, маленькое поле рассеивания, с концентрациями 0.05 ПДК м.р., формируется в районе железнодорожного вокзала Рязань-1, в районе ООО «Рязаньнефтепродукт».

На территории промзоны формируются концентрации бензола в пределах от 3 до 1,07 ПДК м.р.

На территории близлежащей застройки, в частности в п. Никуличи – 0,1 ПДК м.р., п. Строитель – 0,05 ПДК м.р. в районе Дашково-Песочня – 0,05 ПДК м.р.

При юго-западном направлении ветра и скорости 3,5 м/с, выявляется одно поле рассеивания – северо-восточнее Южного промузла, в частности ЗАО РНПК, Ново-Рязанская ТЭЦ, завод вискозного волокна, завод автомобильных агрегатов и др.

На территории промзоны формируются концентрации бензола в пределах от 1,9 до 0,9 ПДК м.р.

На территории близлежащей застройки, в частности в поселке Никуличи – 0,1 ПДК м.р., п. Строитель – 0,05 ПДК м.р., в районе Дашково-Песочня – 0,05 ПДК м.р.

Данная информация необходима для оценки влияния стационарных источников загрязнения на состояние приземного слоя атмосферного воздуха Рязани и выбора месторасположения пробных площадей для анализа эпифитной лишенофлоры. В таблице 4.3 представлены средние значения ПДК_{мр} по районам.

С учетом полей концентраций ЗВ от стационарных источников загрязнения пробные площади располагались:

- Октябрьский округ: Дашково-Песочня (ул. Советской Армии – от Касимовского шоссе до пересечения с ул. Новоселов); пос. Шлаковый (ул.

Трудовая); Никуличи (Северная окружная дорога); Южный промузел (ул. Черновицкая); пос. Строитель (ул. Дружная); Голенчино (ул. Славянский проспект, Голечинское ш.); Восточный Промузел (6-й Добролюбова проезд); Турлатово.

Таблица 4.3 – Средние значения ПДК_{мр} для основных ЗВ Рязани по районам (2005-2015гг.)

Пробные площади по районам (в скобках указаны номера пробных площадей для лихеноиндикации)	Средние значения ПДК мр			
	диоксид азота и диоксид серы	соединения свинца и диоксид серы	соединения свинца	бензол
Мкр. Приокский, Канищево (30,31,32,33)	0,16	0,05	0,05	0,05
Московское шоссе (27,28,29)	0,16	0,06	0,05	0,05
Мкр. Дягилево (34,35,36,37)	0,05	0,05	0,05	0,05
ЦЕНТР (19,20,21,22,24,25,3,26)	0,19	0,1	0,08	0,05
Лесопарк (23)	0,12	0,1	0,16	0,05
Мкр. «Горроща»(11,12,13,14,15)	0,18	0,1	0,05	0,12
Мкр. Южный, Сысоево (2,6,10,16)	0,19	0,19	0,05	0,13
Промзона (39,40)	0,34	0,58	0,44	2,54
Жилые районы в "зоне влияния" (7,8,38,5,4,1,18,18a,9,17)	0,16	0,29	0,23	0,1

- Московский округ: Народный бульвар, Михайловское ш., пос. Приокский (Парк Советско-польскому братству по оружию, ул. Октябрьская);

- Советский округ: Центр города (Верхний и Нижний городской парки, пл. ген. армии Маргелова), район пл. Свободы–Лесопарк, пл. Соборная, ул. Радищева, ул. Циолковского;

- Железнодорожный округ: ул. Гагарина, ул. Высоковольтная, пр-д. Завражного, ул. Дзержинского, Рюмина Роща, Голенчинское ш., Район Горроша.

Проанализировав карты полей рассеивания основных загрязнителей атмосферного воздуха г. Рязань в долях ПДК м.р. (учитывались приоритетные стационарные источники на территории Рязани), можно сделать следующие выводы:

1) зона влияния промышленных предприятий сконцентрированных в Южном промышленном узле, при различных скоростях и направлениях ветра, отмечается на большей части территории города;

2) выбросы соединений группы суммации диоксид серы, диоксид азота (330,301), охватывают почти всю территорию города, причем данная ситуация прогнозируется без учета фона;

3) на территории Южного промузла, при некоторых скоростях наблюдается превышение ПДК м.р. по бензолу в 3 раза;

4) на значительной территории города прогнозируется выпадение соединений свинца.

Далее, необходимо было произвести расчет рассеивания от передвижных источников на территории крупных городских парков.

4.4 Расчет рассеивания основных загрязняющих веществ от передвижных источников загрязнения г. Рязань

В качестве техногенного объекта для моделирования рассеивания в целях биоиндикационной оценки был взят автотранспортный поток проезд Речников (район Лесопарка), ул. Пирогова – ул. Октябрьская (в районе Парка Советско-Польскому братству по оружию), участок улично-дорожной сети со стороны ул. Островского (в районе Парка «Рюмина Роща»).

На основании методики ОНД-86 с помощью УПРЗА «ЭКОЛОГ 3» было проведено моделирование рассеивания 5 приоритетных загрязняющих веществ (оксид углерода, углеводороды, оксиды азота, сажевый аэрозоль, оксиды серы). Моделирование проводилось для теплого сезона года по 8 направлениям ветра при скоростях ветра 0.5 м/с, 3,5 м/с, 7.5 м/с.

По результатам полученных концентраций в каждой рецепторной точке для каждого из изучаемых токсикантов рассчитывались величины максимальных концентраций, среднесезонных концентраций с учетом повторяемости ветров по румбам. С помощью программы "ЭкологПро" создавалась компьютерная модель рассеивания загрязняющих веществ с учетом застройки района. Анализ полученных результатов показал следующее (рисунок 4.1).

Загрязнение атмосферного воздуха в результате движения автотранспорта более выражено в районе самого крупного центрального парка на территории г. Рязань – парк «Рюмина Роща».

На территории Лесопарка получены наименьшие показатели среднесезонных и максимально-разовых (в долях ПДКм.р.) концентраций загрязняющих веществ в воздухе от выбросов автотранспорта (таблица 4.4, 4.5). Тем не менее, в периоды неблагоприятных метеорологических условий, приводящих к формированию высокого уровня загрязнения воздуха, на территории Лесопарка было зафиксировано: более 7 ПДКм.р. по диоксиду азота, более 3 ПДКм.р. по свинцу, 2 ПДКм.р. по оксиду углерода.

Сравнительно невысокие значения среднесезонных концентраций загрязняющих веществ в воздухе от выбросов автотранспорта на территории Лесопарка объясняются удаленностью расположения данной рекреационной территории относительно крупных транспортных развязок.

Однако, при совместном действии ряда метеорологических факторов, обуславливающих ухудшение качества атмосферного воздуха, в районе Лесопарка создаются такие концентрации загрязняющих веществ, при которых формируется высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха (Рисунок 4.2).

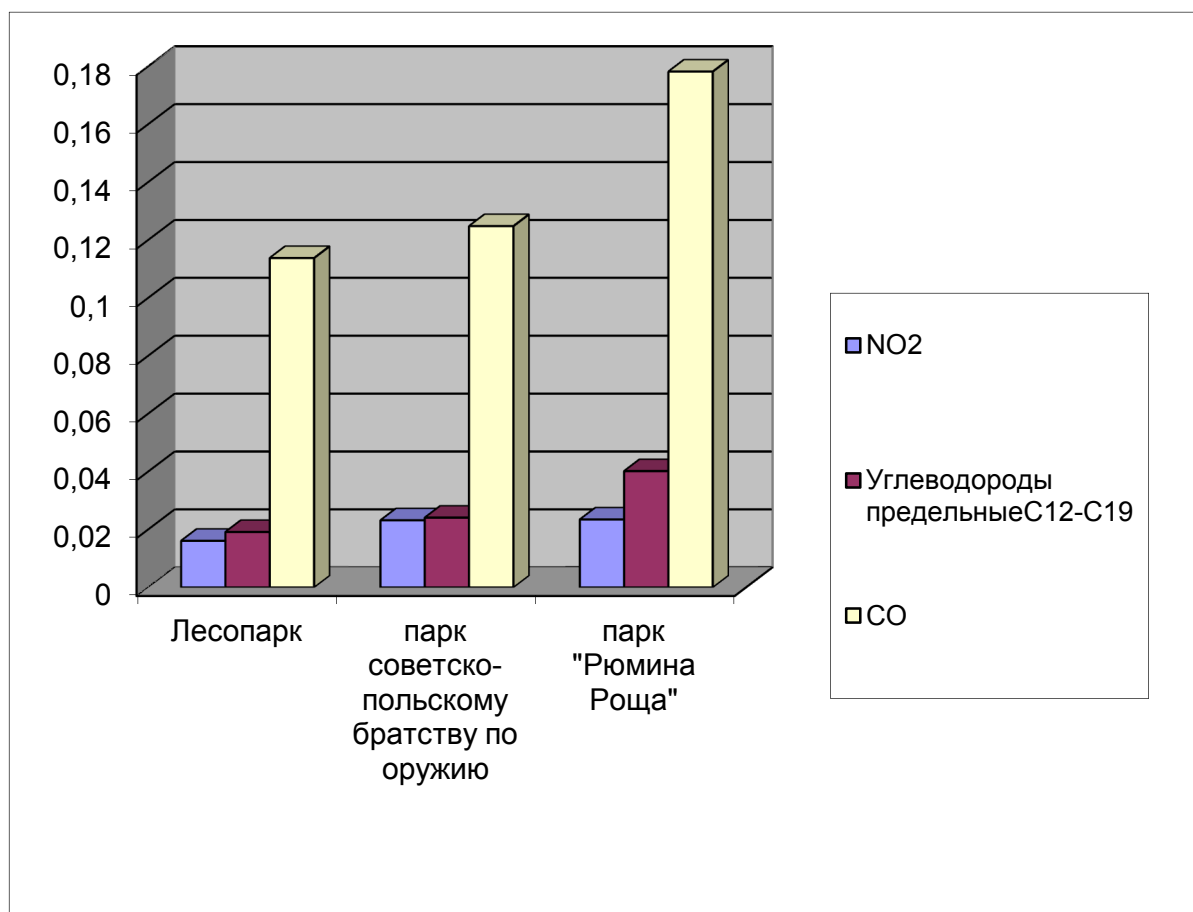


Рисунок 4.1. – Среднесезонные концентрации загрязняющих веществ в воздухе от выбросов автотранспорта, в мг/м³ на территории основных рекреационных зон г. Рязань (2015г.)

Таблица 4.4 – Лесопарк. Среднесезонные концентрации загрязняющих веществ в воздухе от выбросов автотранспорта (в мг/м³)

	NO ₂	Углерод (Сажа)	Pb	SO ₂	Углеводороды предельные C12-C19	CO
Среднее значение (СР)	0,016091	0,000168	3,71E-05	0,001408	0,019148	0,113792
Стандартное отклонение (Ст.От.)	0,003246	3,41E-05	2,95E-05	0,000542	0,003863	0,020061
Доверительный интервал (Д.И.)	0,000858	9,01E-06	7,81E-06	0,000143	0,001021	0,005302
СР-Д.И.	0,015233	0,000159	2,93E-05	0,001264	0,018127	0,10849
СР+Д.И.	0,016949	0,000177	4,49E-05	0,001551	0,020169	0,119094

Концентрации загрязняющих веществ в воздухе от выбросов автотранспорта, полученные на территории парка Советско-польскому братству по оружию, расположенном в противоположной части города по отношению к Лесопарку, представлены в таблицах 4.6, 4.7.

Таблица 4.5. Лесопарк. Максимальные концентрации (в долях ПДК м.р.) загрязняющих веществ в воздухе от выбросов автотранспорта (НМУ)

	NO ₂	Углерод (Сажа)	Pb	SO ₂	Углеводоро ды предельные C12-C19	CO
Среднее значение (СР)	7,574356	0,10526	3,466648	0,265048	1,803018	2,1429
Стандартное отклонение (Ст.От.)	1,526661	0,021287	2,774802	0,101544	0,363719	0,3777
Доверитель- ный интервал (Д.И.)	0,403457	0,005626	0,733309	0,026836	0,096122	0,0998
СР-Д.И.	7,170898	0,099634	2,733338	0,238213	1,706896	2,0430
СР+Д.И.	7,977813	0,110886	4,199957	0,291884	1,89914	2,2427

Территория Лесопарка с двух сторон окружена автомобильными дорогами с высокой интенсивностью движения, а парк Советско-Польскому братству по оружию – с трех сторон.



Рисунок 4.2 – Карта-схема территории Лесопарка в окружении автотранспортных перегонов и перекрестков с нанесением концентраций диоксида азота (в долях ПДКм.р., НМУ)

Таблица 4.6 – Парк Советско-Польскому братству по оружию.

Среднесезонные концентрации загрязняющих веществ в воздухе от
выбросов автотранспорта (мг/м³)

	NO ₂	Углерод (Сажа)	Pb	SO ₂	Углеводороды предельные C12-C19	CO
Среднее значение (СР)	0,023183	0,000326	2,79E-05	0,001688	0,024091	0,124813
Стандартное отклонение (Ст.От.)	0,005835	0,000151	6,06E-06	0,000379	0,00575	0,033822
Доверительный интервал (Д.И.)	0,001542	3,99E-05	1,6E-06	0,0001	0,00152	0,008938
СР-Д.И.	0,021641	0,000286	2,63E-05	0,001588	0,022572	0,115875
СР+Д.И.	0,024725	0,000366	2,95E-05	0,001788	0,025611	0,133751

Таблица 4.7 – Парк Советско-Польскому братству по оружию.

Максимальные концентрации (в долях ПДКм.р.) загрязняющих веществ в
воздухе от выбросов автотранспорта (НМУ)

	NO ₂	Углерод (Сажа)	Pb	SO ₂	Углеводороды предельные C12-C19	CO
Среднее значение (СР)	10,93075	0,204695	2,630537	0,317867	2,268445	2,35049
Стандартное отклонение (Ст.От.)	2,740597	0,094713	0,570259	0,071465	0,541465	0,63693
Доверительный интервал (Д.И.)	0,72427	0,02503	0,150705	0,018886	0,143095	0,16832
СР-Д.И.	10,20648	0,179664	2,479832	0,29898	2,12535	2,18217
СР+Д.И.	11,65502	0,229725	2,781242	0,336753	2,41154	2,51882

Рисунок 4.3 – Карта-схема территории Парка советско-польскому
братству по оружию с нанесением концентраций диоксида азота
(в долях ПДК_{м.р.}, НМУ)

На территории парка, расположенном в Московском районе г. Рязань увеличились значения концентраций с двукратным превышением ПДКм.р., а также было зафиксировано десятикратное превышение ПДКм.р. по диоксиду азота.

По направлению к Железнодорожному району города показатели концентраций загрязняющих веществ в воздухе от выбросов автотранспорта возрастают. На территории парка «Рюмина Роща» были получены наибольшие значения концентраций (таблицы 4.8,4.9).

Наращение концентраций загрязняющих веществ от выбросов автотранспорта связано с разветвленной сетью автодорог интенсивного движения с регулируемыми и нерегулируемыми перекрестками в районе парка «Рюмина Роща». Выявлено превышение ПДКм.р. по диоксиду азота – в 11 раз, по свинцу – в 4 раза, по предельным углеводородам и окиси углерода $\approx$ в 3 раза.

Таблица 4.8–Парк «Рюмина Роща». Среднесезонные концентрации загрязняющих веществ в воздухе от выбросов автотранспорта (мг/м³)

	NO ₂	Углерод (Сажа)	Pb	SO ₂	Углеводоро ды предельные C12-C19	CO
Среднее значение (СР)	0,023455	0,000974	4,39E-05	0,002524	0,040178	0,1782
Стандартное отклонение (Ст.От.)	0,00444	0,000266	2E-05	0,000527	0,007674	0,036914
Доверитель -ный интервал (Д.И.)	0,001173	7,03E-05	5,29E-06	0,000139	0,002028	0,009755
СР-Д.И.	0,0223	0,000904	3,86E-05	0,002385	0,03815	0,168445
СР+Д.И.	0,0246	0,001044	4,92E-05	0,002664	0,042206	0,187956

[illegible]

Рисунок 4.4 – карта-схема парка «Рюмина Роща» в окружении
автотранспортных перегонов и перекрестков с нанесением концентраций
диоксида азота (в долях ПДКм.р., НМУ)

Данные, полученные в результате исследования парков, расположенных в разных районах города, коррелируются с исследованиями, которые проводились на кафедре общей гигиены с курсом экологии Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова. В течение ряда лет изучался вопрос выбросов загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух с выхлопными газами внутрирайонного автомобильного транспорта. Сравнение районов города по величинам удельных выбросов внутрирайонного автомобильного транспорта выявило достоверные отличия. Первое ранговое место было присвоено жилому району Городская роща, второе – центру города, третье занял микрорайон Дашково-Песочня, далее в порядке убывания, следовали Приокский – Канищево и Московский. Больше всего на единицу площади микрорайонов в атмосферный воздух поступает оксида углерода, удельная валовая эмиссия которого находится в пределах от 327,7 т/год*км² (в жилом районе Городская роща) до 60,8 т/год*км² (в микрорайоне Московский) (Ляпкало, Дементьев, Цурган, 2012).

Таким образом, из трех парков, расположенных в трех разных административных округах Рязани, парк «Рюмина Роща», расположенный в Железнодорожном округе, характеризуется самыми высокими концентрациями загрязняющих веществ, содержащихся в приземном слое атмосферного воздуха в результате выбросов автотранспорта.

На территории всех изученных парков наблюдается постоянное воздействие передвижных источников на состояние приземного слоя атмосферного воздуха (на основании расчетов полей концентраций с учетом реальных данных об интенсивности движения и составе транспортного потока на перегонах).

4.5 Лихеноиндикация в зоне влияния выбросов загрязняющих веществ

Лихенофлора г. Рязань изучена недостаточно. В настоящее время имеется ряд публикаций к вопросу о флоре лишайников Рязанской области (Жданов, 2008; Бязров, 2009; Мучник, 2012).

В результате настоящего исследования составлен конспект урбалихенофлоры Рязани. В анализе участвует 22 вида эпифитных лишайников, обнаруженных на пробных площадях, которые располагались с учетом особенностей атмосферного загрязнения г. Рязань. В систематическом списке указывается класс полеотолерантности, который принят согласно распространенности лишайников-эпифитов на территории города, с использованием шкалы полеотолерантности Трасса (Трасс, 1987), а также с учетом исследований Э.Б. Байбакова (Байбаков, 2003).

Подкласс *Arthonomycetiae* (Артониомицеты)

Порядок *Artonias* (Артониевые)

1) *Pod Rocellaceae* – Роччелловые

1. *Opegrafa rufescens Pers. var. rufescens f. rufescens* – Онеграфа рыжеватая.

Однообразно-накипной зернистобородавчатый. Омнинеморальный по географическому субэлементу. Мультизональный по типу ареала. Вид обнаружен в парковых зонах Московского, Железнодорожного, Октябрьского округа, на стволах *Tilia cordata*. Встречается редко. Класс полеотолерантности – 7, что соответствует умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно изменённым местообитаниям

Порядок *Lecanorales* (Леканоровые)

2) *Pod Candelariaceae* – Канделляриевые

2. *Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau* (Канделлярия желтоглазковая)

Однообразно-накипной зернисто-бородавчатый. Голарктический неморальный по географическому субэлементу. Голарктический по типу

ареала. Единично встреченный вид, произрастает в лесопарковой зоне жилого квартала Московского района, на стволе *Populus tremula*. Класс полеотолерантности – 7.

3) Под Cladoniaceae – Кладониевые

3. *Cladonia coniocraea* (Flk.) Spreng. f. *coniocraea*

Шило- или сцифовидный. Омнибореальный по географическому субэлементу. Мультизональный по типу ареала. Единично встреченный вид произрастает в крупной парковой зоне (ЦПКиО или Рюмина Роща) Железнодорожного района, на стволе *Tilia cordata*. Класс полеотолерантности – 5, что соответствует естественным, антропогенно слабо- и умеренно изменённым местообитаниям.

4) Под Lecanoraceae – Леканоровые

4. *Lecanora hagenii* (Ach.) Ach. f. *populina* (Vain.) Mak. (леканора Хагена)

Однообразно-накипной зернисто-бородавчатый. Голарктический мультизональный по географическому субэлементу. Голарктический по типу ареала. Обнаружен в жилых районах Московского и Октябрьского округов, на стволах *Tilia cordata*, *Populus tremula*. Часто встречаемый вид. Класс полеотолерантности – 9, что соответствует сильно антропогенно изменённым местообитаниям.

5. *Lecanora saligna* (Schrad.) Zahlbr. (леканора ивовая)

Однообразно-накипной зернисто-бородавчатый. Голарктический бореальный по географическому субэлементу. Евразийский по типу ареала. Встречается редко, в Московском и Октябрьском округах, на стволах *Populus tremula*. Класс полеотолерантности – 10, что соответствует очень сильно антропогенно-изменённым местообитаниям.

5) Под Parmeliaceae – Пармеливые

6. *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. (Гипогимния вздутая)

Вздутолопастной неризоидальный. Омнибореальный по географическому субэлементу. Мультизональный по типу ареала.

Встречается редко, в Московском и Железнодорожном округах, на стволах *Tilia cordata*. Класс полеотолерантности – 5.

7. *Parmelia sulcata* Tayl. (Пармелия бороздчатая)

Рассеchenнолопастной ризоидальный. Омнимультizonальный по географическому субэлементу. Мультizonальный по типу ареала. Класс полеотолерантности – 7. На территории Рязани обнаружена в трех формах:

- *f.coerulescens Zahlbr.* –единично Советский округ (Парк у Кремля) на стволах *Tilia cordata*.

- *f.sulcata* – редко в Железнодорожном округе, единично Советском (Лесопарк), Октябрьском округах на стволах *Tilia cordata*.

- *f.pruinosa Harm.* – единично, В Московском округе и Советском округе (Лесопарк) на стволах *Tilia cordata*.

6) Под *Physciaceae* – Фисциевые

8. *Amadina punctata* (Hoffm.)Coppins et Scheid. (Амадинея точечная)

Однообразно-накипной плотнокорковый. Омнибореальный по географическому субэлементу. Мультizonальный по типу ареала. Единично встречается в Московском округе на стволах *Populus tremula*. Класс полеотолерантности – 7.

9. *Phaeophyscia nigricans* (Flk.) Moberg (Феофисция черноватая)

Рассеchenнолопастной ризоидальный. Голарктический неморальный по географическому субэлементу. Голарктический по типу ареала. Часто встречаемый вид на территории Рязани обнаружен во всех районах города, на стволах *Populus tremula*, *Tilia cordata*, *Populus candicans*, *Fraxinus excelsior*. Класс полеотолерантности – 10.

10. *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg (Феофисция округлая)

Рассеchenнолопастной ризоидальный. Омнинеморальный по географическому субэлементу. Мультizonальный по типу ареала. Часто встречаемый вид на территории Рязани обнаружен во всех районах города, на стволах *Populus tremula*, *Tilia cordata*, *Populus candicans*, *Fraxinus excelsior*. Класс полеотолерантности – 10.

11. *Physcia tenella* (Scop.) DC.

Рассеченнолопастный ризоидальный. Голарктический неморальный по географическому субэлементу, голарктический по типу ареала. Единично встречается в Железнодорожном и Советском округах, на коре *Tilia cordata*. Класс полеотолерантности – 7.

12. *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier (Фисция восходящая)

Рассеченнолопастной ризоидальный. Омнинеморальный по географическому субэлементу. Мультизональный по типу ареала. Часто встречаемый вид на территории Рязани обнаружен во всех районах города, на стволах *Populus tremula*, *Tilia cordata*. Класс полеотолерантности – 7.

13. *Physcia aipolia* (Ehrh. Ex Humb.) Furnr. (Фисция серо-голубая)

Рассеченнолопастной ризоидальный. Омнинеморальный по географическому субэлементу. Мультизональный по типу ареала. Встречается редко, в Московском, Железнодорожном и Октябрьском округах, на стволах *Tilia cordata*. Класс полеотолерантности – 5.

14. *Physcia dimidiata* (Arnold) Nyl. (Фисция половинчатая)

Рассеченнолопастной ризоидальный. Голарктический неморальный по географическому субэлементу. Голарктический по типу ареала. Встречается редко, в Московском округе, на стволах *Tilia cordata*. Класс полеотолерантности – 5.

15. *Physcia stellaris* (L.) Nyl. (Фисция звездчатая)

Рассеченнолопастной ризоидальный. Омнинеморальный по географическому субэлементу. Мультизональный по типу ареала. Встречается редко, в Московском округе и Октябрьском округе на стволах *Tilia cordata*. Класс полеотолерантности – 9.

16. *Physconia distorta* (With.) J.R.Laundon (Фискония искривленная)

Рассеченнолопастной ризоидальный. Омнинеморальный по географическому субэлементу. Мультизональный по типу ареала. Встречается редко, в Московском округе, на стволах *Tilia cordata*. Класс полеотолерантности – 7.

17. *Physconia enteroxantha* (Nyl.) Poelt (Фискония желтосердцевинная)

Рассеченнолопастной ризоидальный. Голарктический неморальный по географическому субэлементу. Голарктический по типу ареала. Класс полеотолерантности – 7. Встречается единично, в Советском округе, на стволах *Tilia cordata*.

7) Под *Stereocaulaceae* – Стереокаулоновые

18. *Lepraria cf. incana* (L.) Ach (Лепрария седая)

Однообразно-накипной лепрозный. Голарктический мультизональный по географическому субэлементу. Эврисубстратный. Редко встречается в Железнодорожном, Советском, Октябрьском округах. На стволах *Tilia cordata*. Класс полеотолерантности – 8, что соответствует умеренно и сильно антропогенно изменённым местообитаниям.

Порядок *Telischistales* – Телосхистовые.

8) Под *Teloschistaceae* – Телосхистовые.

19. *Caloplaca cerina* (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr. (калопляка восковая)

Однообразно-накипной зернисто-бородавчатый. Омнимультизональный по географическому субэлементу. Мультизональный по типу ареала. Редко встречающийся в Московском, Железнодорожном на стволах *Tilia cordata*. Класс полеотолерантности – 8, что соответствует умеренно и сильно антропогенно изменённым местообитаниям.

20. *Caloplaca pyracea* (Ach.) Th. Fr. (калопляка огненная)

Однообразно-накипной зернисто-бородавчатый. Омнимультизональный по географическому субэлементу. Мультизональный по типу ареала. Единично встречающийся в Московском округе на стволах *Tilia cordata*. Класс полеотолерантности – 5.

21. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. (Ксантория настенная)

Рассеченнолопастной ризоидальный. Омниморальный по географическому субэлементу. Мультизональный по типу ареала. Часто встречаемый вид на территории Рязани обнаружен во всех районах города,

на стволах *Populus tremula*, *Tilia cordata*, *Populus candicans*, *Fraxinus excelsior*.
Класс полеотолерантности – 9.

**22. *Xanthoria polycarpa* (Hoffm.) Th.Fr.ex Rieber (Ксантория
многоплодная)**

Рассеченнолопастной ризоидальный. Голарктический бореальный по географическому субэлементу. Голарктический по типу ареала. Единично встречается в Московском округе на стволах *Tilia cordata*. Класс полеотолерантности – 7.

Состав формируемой в настоящее время лишайнофлоры г. Рязань варьирует от преобладания умеренно толерантных видов до сильно толерантных, адаптированных к техногенному загрязнению атмосферного воздуха;

Основу лишайнофлоры города (более 70% видового состава) представляют виды с мультizonальными ареалами, не обладающие приуроченностью к какой-либо растительно-климатической зоне или высотному поясу (рисунок 4.5).

Для анализа закономерностей распределения лишайников-эпифитов по территории г. Рязань вычислялся коэффициент встречаемости видов (Таблица 4.10).

В зависимости от коэффициента встречаемости были выделены следующие группы лишайников-эпифитов:

1) Часто встречающиеся ($R > 10\%$) – *Lecanora hagenii*, *Parmelia sulcata* Tayl. f. *sulcata*, *Phaeophyscia nigricans*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Xanthoria parietina*. Что составляет 26% от общего количества видов;

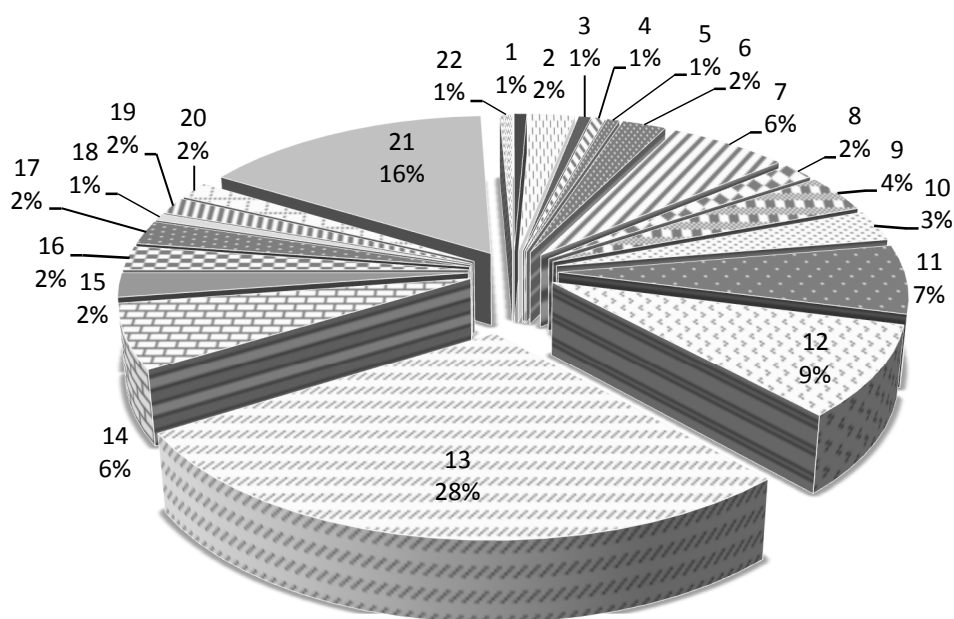
2) Редко встречающиеся ($2\% < R < 10\%$) – *Caloplaca cerina*, *Hypogymnia physodes*, *Lecanora saligna*, *Opegrafa rufescens*, *Parmelia sulcata* Tayl. f. *coerulescens*, *Parmelia sulcata* Tayl. f. *pruinosa*, *Physcia aipolia*, *Physcia dimidiata*, *Physcia stellaris*, *Physcia tenella*. Что составляет 43% от общего количества видов;

3) Единично встречающиеся ($2\% > R$) – *Xanthoria polycarpa*, *Physconia distorta*, *Cladonia coniocraea*, *Amadina punctata*, *Caloplaca pyracea*, *Candelariella xanthostigma*. Что составляет 26% от общего количества видов.

К I классу встречаемости относится 9 видов, ко II классу встречаемости относится 9 видов, к III классу встречаемости относится 3 вида, и к V классу встречаемости – 1 вид (*Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg).

Преобладающими видами лишайников-эпифитов на территории г. Рязань являются *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr. – виды, устойчивые к атмосферному загрязнению. Лишайниковые синузии в городских условиях включают более засухоустойчивые виды (Дюков, 2004). Следовательно, данные виды являются наиболее приспособленными к условиям урбаэкосистемы Рязани, т.к. они являются наиболее встречаемыми во всех округах города.

К наиболее распространенным, фоновым видам можно отнести *Parmelia sulcata* Tayl. f. *sulcata*, *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier, *Phaeophyscia nigricans* (Flk.) Moberg, *Lecanora hagenii* (Ach.) Ach. Виды естественных местообитаний, редкие для города, чувствительные к загрязнению атмосферного воздуха: *Cladonia coniocraea* (Flk.) Spreng., *Amadina punctata* (Hoffm.) Coppins et Scheid., *Caloplaca pyracea* (Ach.) Th.Fr., *Candelariella xanthostigma* (Ach.) Lettau.



Примечание: 1 – *Amadina punctata*; 2 – *Caloplaca cerina*; 3 – *Caloplaca pyracea*; 4 – *Candelariella xanthostigma*; 5 – *Cladonia coniocraea*; 6 – *Hypogymnia physodes*; 7 – *Lecanora hagenii*; 8 – *Lecanora saligna*; 9 – *Lepraria cf. incana*; 10 – *Opegrafa rufescens*; 11 – *Parmelia sulcata*; 12 – *Phaeophyscia nigricans*; 13 – *Phaeophyscia orbicularis*; 14 – *Physcia adscendens*; 15 – *Physcia aipolia*; 16 – *Physcia dimidiata*; 17 – *Physcia stellaris*; 18 – *Physconia enteroxantha*; 19 – *Physcia tenella*; 20 – *Physconia distorta*; 21 – *Xanthoria parietina*; 22 – *Xanthoria polycarpa*.

Рисунок 4.5 – Процентное соотношение встречаемости лишайников-эпифитов по территории г. Рязань (2010-2015гг.)

Таблица 4.10 – Встречаемость лишайников-эпифитов по округам г. Рязань
(2010-2015гг.)

ВИД	общие значения		Московс- кий округ		Железн - ный округ		Советс- кий округ		Октябрьс- кий округ	
	а	R	а	R	а	R	а	R	а	R
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Amadina punctata</i>	1	0,02	1	0,09	-	-	-	-	-	-
<i>Caloplaca cerina</i>	3	0,07	2	0,18	1	0,125				
<i>Caloplaca pyracea</i>	1	0,02	1	0,09	-	-	-	-	-	-
<i>Candelariella xanthostigma</i>	1	0,02	1	0,09	-	-	-	-	-	-
<i>Cladonia coniocraea</i>	1	0,02	-	-	1	0,125	-	-	-	-
<i>Hypogymnia physodes</i>	3	0,07	2	0,18	1	0,125	-	-	-	-
<i>Lecanora hagenii</i>	8	0,19	4	0,36	-	-	-	-	4	0,33
<i>Lecanora saligna</i>	2	0,05	1	0,09	-	-	-	-	2	0,16
<i>Lepraria cf. incana</i>	5	0,11	-	-	1	0,125	1	0,11	3	0,25
<i>Opegrafa rufescens</i>	4	0,09	1	0,09	1	0,09	1	0,11	1	0,08
<i>Parmelia sulcata</i>	8	0,2	3	0,07	2	0,25	2	0,22	1	0,08
<i>Phaeophyscia nigricans</i>	11	0,27	5	0,45	2	0,25	5	0,55	2	0,16
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	34	0,83	8	0,72	6	0,75	9	1	6	0,5
<i>Physcia adscendens</i>	8	0,19	2	0,18	4	0,5	1	0,11	4	0,33
<i>Physcia aipolia</i>	3	0,07	1	0,09	1	0,125			1	0,08
<i>Physcia dimidiata</i>	3	0,07	2	0,18	-	-	-	-	-	-
<i>Physcia stellaris</i>	3	0,07	2	0,18	-	-	-	-	1	0,08
<i>Physconia enteroxantha</i>	1	0,02	-	-	-	-	1	0,11	-	-
<i>Physcia tenella</i>	2	0,05	-	-	1	0,125	1	0,11	-	-
<i>Physconia distorta</i>	2	0,05	1	0,09	-	-	-	-	-	-
<i>Xanthoria parietina</i>	19	0,46	7	0,63	4	0,5	6	0,54	2	0,16
<i>Xanthoria polycarpa</i>	1	0,02	1	0,09	-	-	-		-	-

В таблице 4.11 показано распределение лишайников-эпифитов по районам города.

Больше всего видов (15) обнаружено в Московском округе (мкр. Приокский и Канищево, мкр. Дягилево). На втором месте по количеству видов находится Железнодорожный округ, с расположенным в его границах парком «Рюмина Роша». Здесь зафиксировано 12 видов.

На границе санитарно-защитной зоны Южного промышленного узла было обнаружено минимальное количество видов (1), а на некоторых пробных площадях в районе нефтеперерабатывающего завода не было встречено ни одного вида лишайников-эпифитов. В Советском и Октябрьском округах обнаружено 8 и 9 видов, соответственно.

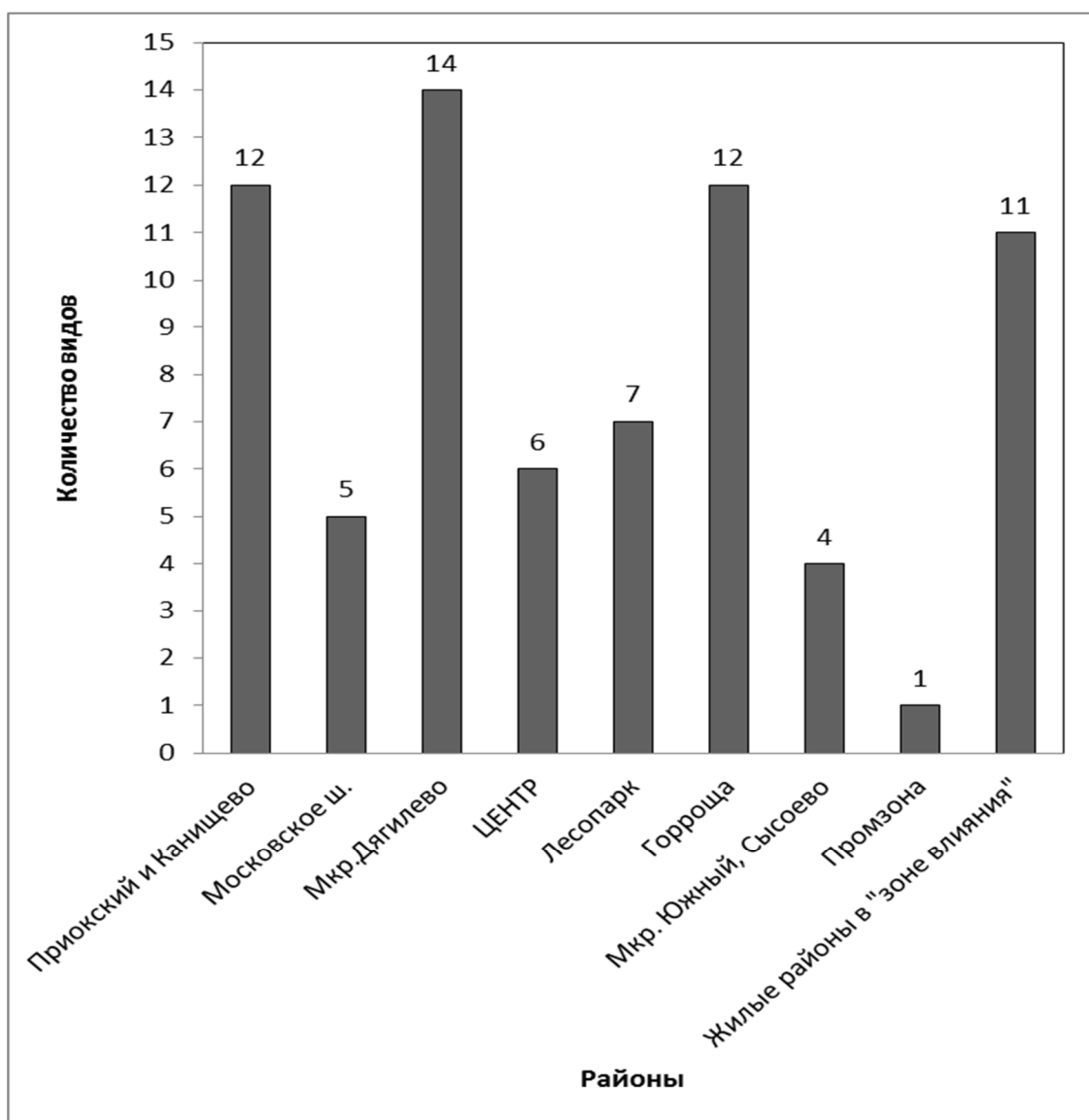


Рисунок 4.6 – Распределение количества видов по районам (2010-2015гг.)

Таблица 4.11 – Распределение лишайников-эпифитов, г. Рязань

Виды	a _i	МОСКОВСКИЙ			СОВЕТСКИЙ		ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ		ОКТЯБРЬСКИЙ	
		Приокский и Канищево	Московское ш.	Мкр. Дягилево	ЦЕНТР	Лесопарк	Горроца	мкр. Южный, п. Сысоево	Промзона	Жилые районы (Турлатово, Строитель, Хамбушево, Голенчино, Мкр. Дашково-Песочня)
<i>Amadina punctata</i>	7			+						
<i>Caloplaca cerina</i>	8	+		+			+			
<i>Caloplaca pyracea</i>	5			+						
<i>Candelariella xanthostigma</i>	7			+						
<i>Cladonia coniocraea</i>	5						+			
<i>Hypogymnia physodes</i>	5	+		+			+			
<i>Lecanora hagenii</i>	9	+	+	+						+
<i>Lecanora saligna</i>	10									+
<i>Lepraria cf. incana</i>	8					+		+		+
<i>Opegrafa rufescens</i>	7	+				+	+	+		+
<i>Parmelia sulcata</i>	7	+	+	+	+	+	+	+		+
<i>Phaeophyscia nigricans</i>	10	+	+		+		+			+
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Physcia adscendens</i>	7	+		+	+		+			+
<i>Physcia aipolia</i>	5	+					+			+
<i>Physcia dimidiata</i>	5	+		+			+			
<i>Physcia stellaris</i>	9	+		+						+
<i>Physcia tenella</i>	7					+	+			
<i>Physconia enteroxantha</i>	7					+				
<i>Physconia distorta</i>	7			+	+					
<i>Xanthoria parietina</i>	9	+	+	+	+	+	+			+
<i>Xanthoria polycarpa</i>	7			+						
Всего		12	5	14	6	7	12	4	1	11

Полученные данные о распределении количества видов лишайников по территории города хорошо согласуются с аналогичными исследованиями, проведенными в разных городах Средней полосы Европейской части России. Так, в исследованиях по г. Владимиру были выделены растительные группировки, формируемые под влиянием различных условий окружающей среды. Наиболее бедна флора лишайников-эпифитов, произрастающих на территории промышленных предприятий, гаражей и пр. (Дюков, Трифонова, 2004). В исследованиях по городу Липецку было обнаружено, что в наиболее удаленной от источников загрязнения точке, расположенной в 30 км от городской черты произрастает 11 видов эпифитных лишайников, а в парковых зонах – от 2 до 4 видов (Попова, 2007).

На основе данных о количестве видов лишайников-эпифитов на территории города Рязань были построены лихеноиндикационные карты количества видов.

Таблица 4.12 – Статистический анализ данных о количестве видов лишайников-эпифитов на территории г. Рязань

Параметр	Московский округ	Железнодорожный округ	Советский округ	Октябрьский округ	По городу в целом
среднее	5,4	4,3	3,1	2,4	3,5
стандартная ошибка	0,81	1,31	0,57	0,47	0,61
пределы изменчивости	1÷11	1÷12	0÷7	1÷5	1÷12
Коэффициент вариации (%)	69,89	107,73	64,28	56,57	76,59

Статистический анализ полученных данных (таблица 4.12) показал, что среднее значение количества лишайников-эпифитов в пределах города – $3,5 \pm 0,61$. В Московском районе оно составляет $5,4 \pm 0,81$, в

Железнодорожном – $4,3 \pm 0,31$, в Советском – $3,1 \pm 0,57$, в Октябрьском – $2,4 \pm 0,47$. Можно заметить увеличение количества видов при удалении от «Юго-Восточной промышленной зоны» (рисунок 4.7).

Максимальный размах вариации – 12. Минимальный – 5, в Октябрьском округе. Более чем на половине исследованных площадей обнаружено до 3 видов.

Для оценки достоверности различий данных по количеству видов применялся t-критерий Стьюдента ($p=0,05$). Статистически значимые различия получены при сравнении Московского и Октябрьского округов (2.34).

Таблица 4.13 – вариационный ряд данных о количестве видов лишайников-эпифитов.

Количество видов	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Количество пробных площадей:	1	5	12	9	5	2	0	1	1	0	0	1	1

Коэффициент вариации по всем округам и по городу в целом высокий, выше 25%, что говорит о значительном варьировании количества видов в пределах изучаемой территории. Максимальное значение коэффициента вариации наблюдается в Железнодорожном округе.

Для построения лишеноиндикационной карты использовался метод немасштабных значков (Сионова, 2006). Для составления карты по методу значков использовались следующие интервалы (неравноинтервальный ряд): 0-1; 2-3; 4-6; 7-9; 10-12 (рисунок 4.7).

Территории, приближенные к естественным условиям – это рекреационные зоны – парки, лесопарковые территории. Доминирующей функцией использования таких территорий является отдых населения.

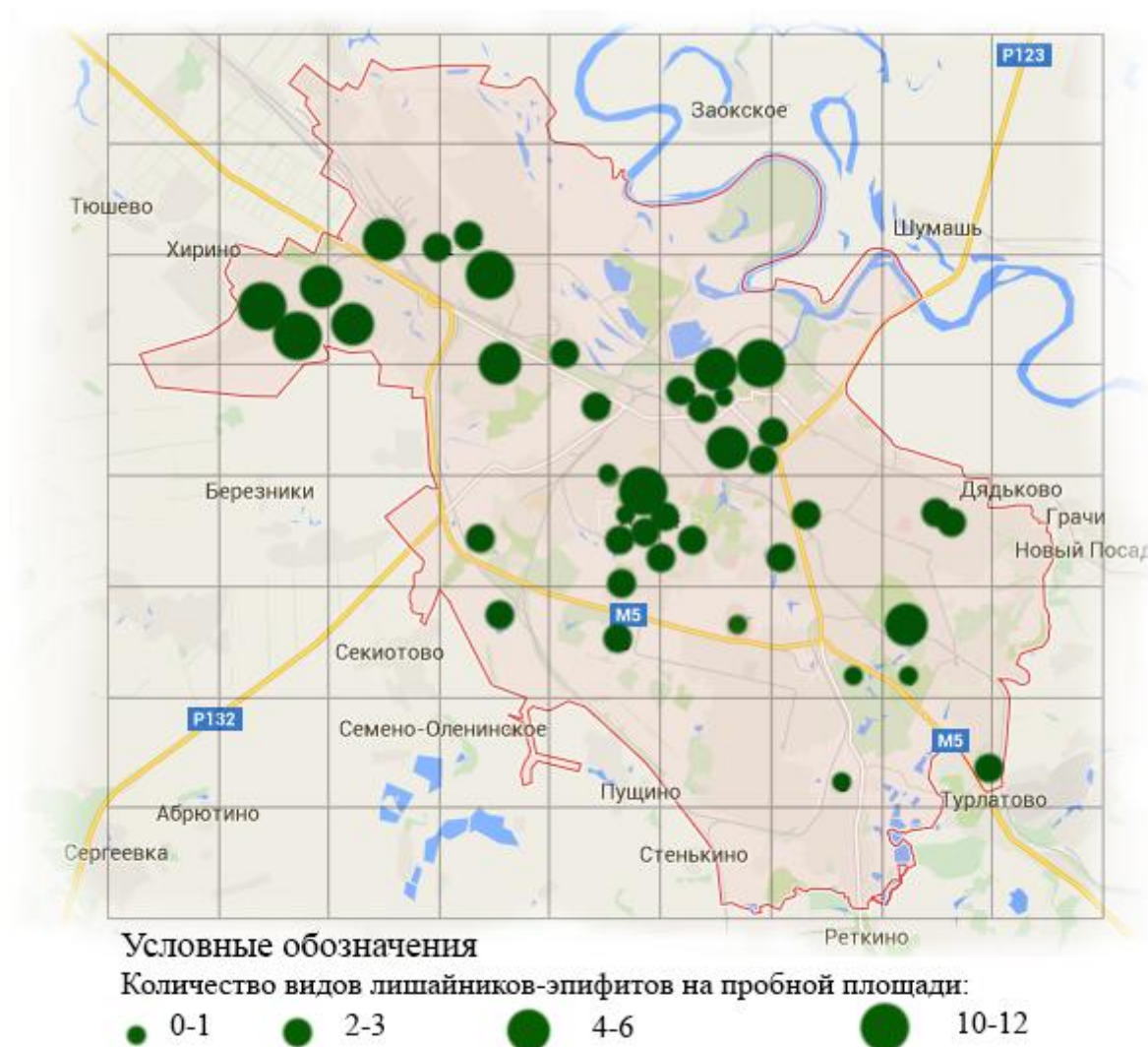


Рисунок 4.7 – Карта распределения количества видов лишайников-эпифитов по территории г. Рязань (2010-2015г.)

В п. 4.4 было показано влияние автотранспорта на состояние приземного слоя атмосферного воздуха трех крупных рекреационных зон Рязани.

Рассмотрим распределение количества видов лишайников-эпифитов в зеленых зонах, расположенных в разных административных округах Рязани (рисунок 4.8). Зеленые насаждения рекреационного характера в черте города Рязань отличаются по количеству произрастающих лишайников-эпифитов.

Так, в Октябрьском округе, наиболее подверженном влиянию промышленных источников загрязнения, на территории рекреационной зоны отмечено меньше всего видов лишайников-эпифитов.

Несмотря на то, что на территории парка «Рюмина Роща» были получены самые высокие концентрации ЗВ, здесь произрастает до 12 видов. Данный факт объясняется тем, что это территория является значительной по площади и пробная площадка была заложена в самом центре парка, т.е. в окружении древесной растительности. Так, в исследованиях по г. Казань было установлено, что наиболее разнообразным по видовому составу является эпифитный лишайниковый покров, развивающийся на озелененных территориях площадью 1 га и более (Байбаков, 2003).

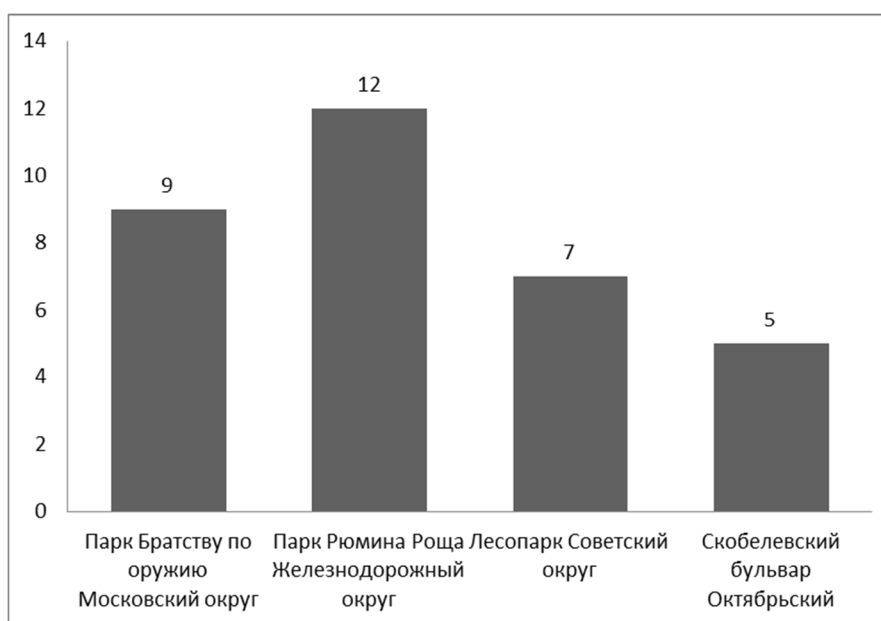


Рисунок 4.8 – Сравнение количества видов лишайников-эпифитов произрастающих в зеленых насаждениях Рязани

Однако большая часть обнаруженных видов на территории парка «Рюмина Роща» характеризуется низкой встречаемостью, имеет мелкие размеры и повреждения.

Характерный для рекреационных зон г. Рязань набор видов лишайников-эпифитов и их морфологические признаки свидетельствуют о

неблагоприятной окружающей среде, качество которой не обеспечивает устойчивое функционирование природно-антропогенных объектов (парков).



Рисунок 4.9 – *Parmelia sulcata* Tayl. f. *pruinosa* Harm., Лесопарк, некроз



Рисунок 4.10 – *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier , Рюмина Роща, некроз



Рисунок 4.11 – *Physcia dimidiata* (Arnold)Nyl., Парк Братству по оружию, некроз



Рисунок 4.12 – *Phaeophyscia nigricans* (Neck.) Moberg, *Phaeophyscia orbicularis* (Flk.) Moberg, Лесопарк. Деформация, аномалия развития – не развит гимениальный слой.

Качество приземного слоя атмосферного воздуха рекреационных зон Рязани недостаточно для приближения этих территорий к естественным местообитаниям. Состав лишенофлоры варьирует от преобладания умеренно толерантных видов до сильно толерантных, адаптированных к техногенному загрязнению атмосферного воздуха.

Повреждения, пятна некрозов, маленькие размеры, недоразвитые лопасти, запыления, аномалии развития – характерные признаки лишайников-эпифитов, произрастающих на территориях зеленых насаждений Рязани (таблица 4.14, рисунки 4.9, 4.10, 4.11, 4.12.).

Таблица 4.14–Лишайники-эпифиты рекреационных зон Рязани (2010-2015гг.)

Виды	Зеленые насаждения, рекреационного назначения			
	Парк Братству по оружию Московский округ	Парк Рюмина Роща Железнодорожный округ	Лесопарк Советский округ	Скобелевский бульвар Октябрьский
<i>Amadina punctata</i>	единично встречаемый			
<i>Caloplaca cerina</i>		единично встречаемый		
<i>Cladonia coniocraea</i>		единично встречаемый		
<i>Hypogymnia physodes</i>		Редко встречается		
<i>Opegrafa rufescens</i>	единично	единично	единично	
<i>Parmelia sulcata</i>		Редко встречается, часть особей с некрозом и налетом	Редко, с пятнами некрозов	Редко встречаемый, с пятнами некрозов

<i>Phaeophyscia nigricans</i>	Часто встречаемый	Часто встречаемый		
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	Часто, часть особей с некрозом, встречаются особи с аномалиями (с апотециями, часть особей недоразвито, с короткими лопастями)	Часто встречаемый	Часто, часть особей с аномалиям и - апотеции, не развитый гимениальный слой, некрозы	Часто встречаемый
<i>Physcia adscendens</i>		Редко встречаемый, часть особей с некрозом		Редко встречаемый, отмечается запыление
<i>Physcia aipolia</i>	Редко встречается	Редко встречается		
<i>Physcia dimidiata</i>	Редко встречается, встречается до 100% некрозов	Редко встречаемый		
<i>Physcia stellaris</i>	Редко встречаемый			
<i>Physconia enteroxantha</i>			единично	
<i>Physcia tenella</i>		Редко встречаемый	единично	
<i>Xanthoria parietina</i>	Часто встречаемый, с ослабленной пигментацией, часть особей с	Редко встречаемый, с ослабленной пигментацией	Часто	Часто встречаемый, с ослабленной пигментацией

	некрозом			
<i>Lecanora saligna</i>	Редко встречается			Редко встречается
<i>Lepraria cf. incana</i>			Редко	
Всего	9	12	7	5

Помимо анализа видового разнообразия на территории города Рязань определялся такой лихеноиндикационный показатель, как проективное покрытие стволов форофитов лишайниками-эпифитами (Таблица 4.15). Применялся новый, разработанный и апробированный автором, подход определения проективного покрытия лишайников-эпифитов с помощью автоматизированной программы, обзор которого представлен в п.3.3. Т.к. в расчете индекса полеотолерантности (IP) на величину IP влияет значение проективного покрытия, необходимо сделать расчет проективного покрытия максимально точным, снизив субъективный фактор за счет использования метода обрисованных изображений и программного продукта. Полученные значения показателя СПП выше всего в Лесопарке и парке «Рюмина Роща». Максимальные значения проективного покрытия здесь зафиксированы для вида *Phaeophyscia orbicularis*(Neck.) Moberg. Жилые районы в зоне влияния имеют достаточно высокий показатель СПП за счет того, что в зоне влияния оказывается достаточно обширная территория с большим разбросом значений.

Таблица 4.15 – Среднее проективное покрытие по районам, %, 2010-2015гг.

Виды	МОСКОВСКИЙ			СОВЕТСКИЙ		ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ		ОКТЯБРЬСКИЙ	
	Приокский, Канищево	Московское ш.	Дягилево	ЦЕНТР	Лесопарк	Горроща	Мкр. Южный, Сысоево	Промзона	Жилые районы в зоне влияния
<i>Amadina punctata</i>	0	0	1,12	0		0	0		0
<i>Caloplaca cerina</i>	5,05	0	1,16	0		4,25	0		0
<i>Caloplaca pyracea</i>	0	0	1,143	0		0	0		0
<i>Candelariella xanthostigma</i>	0	0	1,23	0		0	0		0
<i>Cladonia coniocraea</i>	0	0	0	0		10,05	0		0
<i>Hypogymnia physodes</i>	1,3	0	4,7	0		20,3	0		0
<i>Lecanora hagenii.</i>	1,078	2,0011	1,07	0		0	0		4,12
<i>Lecanora saligna</i>	0	0	0	0		0	0		6,0243
<i>Lepraria cf. incana</i>	0	0	0	0	1,058	0	1,1		4,075
<i>Opegrafa rufescens</i>	4,001	0	0	0	1,001	1,1	0		2,0001
<i>Parmelia sulcata</i>	1,18	2,012	2,2	2,12	21,93	4,45	1,05		4,04
<i>Phaeophyscia nigricans</i>	4,58	2,05	0	7,532		4,97	1,1		5,29
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	9,15	6,48	10,3	20,775	25,12	11,97	5,93	1,2	32,98
<i>Physcia adscendens</i>	3,46	0	12,2	2,26		4,02	3,2		7,77
<i>Physcia aipolia</i>	4,8	0	0	0		3,36	0		2,22
<i>Physcia dimidiata</i>	4,34	0	1,25	0		4,9	0		0
<i>Physcia stellaris</i>	4,2	0	1,3	0		0	0		3,25
<i>Physcia tenella</i>	0	0	0	0	7,68	4,52	0		0
<i>Physconia enteroxantha</i>	0	0	0	0	2,012	0	0		0
<i>Physconia distorta</i>	0	0	2,05	1,25		0	0		0
<i>Xanthoria parietina</i>	11,17	7,08	16,67	14,66	21,57	8,63	0		3,8
<i>Xanthoria polycarpa</i>	0	0	1,02	0		0	0		0
СПП, % прайону	54,309	19,6231	57,413	48,597	80,4	82,52	12,38	1,2	75,5694

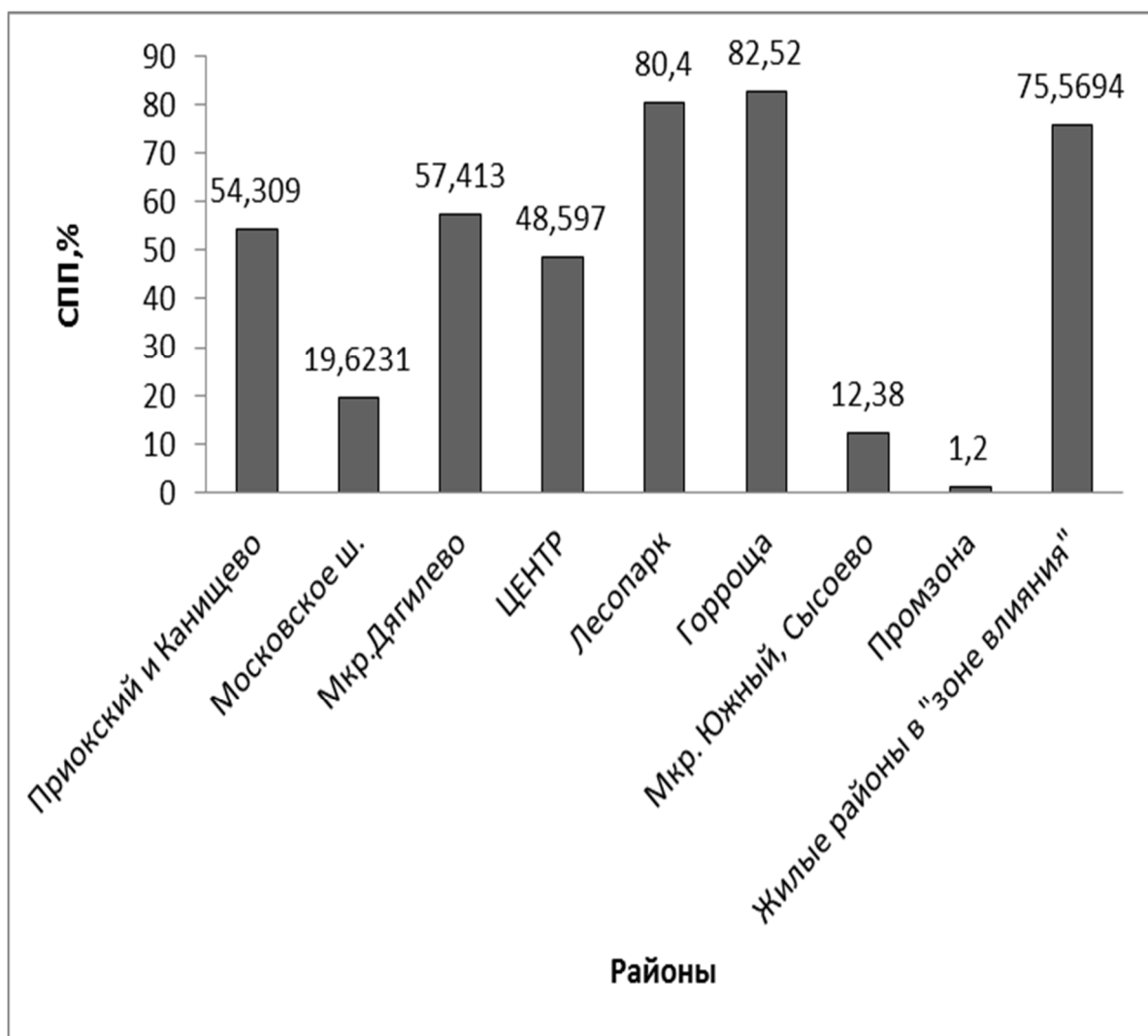


Рисунок 4.13 – Сравнение показателя СПП по районам (2010-2015гг.)

Минимальные значения обнаружены в районе «Южной Промышленной зоны», в лесозащитных насаждениях которой имеются территории «лишайниковой пустыни» (Рисунок 4.13). На территории Южного Промышленного узла не выявлено ни одного вида лишайников. На границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) единично присутствует *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, в угнетенном состоянии.

Статистический анализ полученных данных (таблица 4.16) показал, что среднее значение проективного покрытия в пределах города (выраженное в баллах по шкале Голубковой, Малышевой) – $3,1 \pm 0,21$. В

Московском районе оно составляет $3,9 \pm 0,16$, в Железнодорожном – $2,8 \pm 0,26$, в Советском – $3,0 \pm 0,06$, в Октябрьском – $2,7 \pm 0,21$.

Таблица 4.16 – Статистический анализ данных о среднем проективном покрытии (в баллах) лишайников-эпифитов на территории г. Рязань

Параметр	Московский округ	Железнодорожный округ	Советский округ	Октябрьский округ	По городу в целом
среднее	3,9	2,8	3	2,7	3,1
стандартная ошибка	0,16	0,26	0,06	0,21	0,21
пределы изменчивости	1÷6	1÷9	2÷4	1÷4	1÷9
Коэффициент вариации (%)	45,5	90,1	52,2	72,1	50,32

Коэффициент вариации для всех территорий больше 25%, что указывает на высокое варьирование признака СПП.

Для оценки достоверности различий значений СПП применялся t-критерий Стьюдента ($p=0,05$). Статистически значимые различия обнаружены при сравнении Московского и Железнодорожного округов (0,36), Московского и Советского округов (5,15), Московского и Октябрьского округов (4,72).

Следовательно, по показателю СПП Московский округ значительно отличается от всех остальных округов.

Таблица 4.17 – вариационный ряд данных о проективном покрытии (в баллах) лишайников-эпифитов.

Суммарное СПП, в баллах	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество пробных площадей:	4	8	17	4	1	3	0	0	1

Анализ вариационного ряда показал, что на большинстве пробных площадей значения проективного покрытия лишайников-эпифитов до 3 баллов. Проективное покрытие в 9 баллов наблюдается только на одной пробной площади (Парк Рюмина Роща).

Для построения лишеноиндикационной карты по показателю СПП, использовался метод немасштабных значков (Сионова, 2006). Для составления карты по методу значков использовались следующие интервалы (неравноинтервальный ряд): 0-1; 2-3; 4-6; 7-9 (таблица 4.17).

Проективное покрытие лишайников-эпифитов в целом по городу характеризуется как «низкое». Минимальные значения были зафиксированы в Октябрьском округе, максимальные – в Московском.

В пределах Железнодорожного округа расположены участки с различной загруженностью источниками загрязнения атмосферы. На территории округа расположен крупный жилой район – городская роща с центральным парком «Рюмина Роща». В состав округа входят крупные промышленные зоны – Южный и Юго-Западный Промузел. И значения СПП на территории округа сильно варьируют – от 1 до 9 баллов.

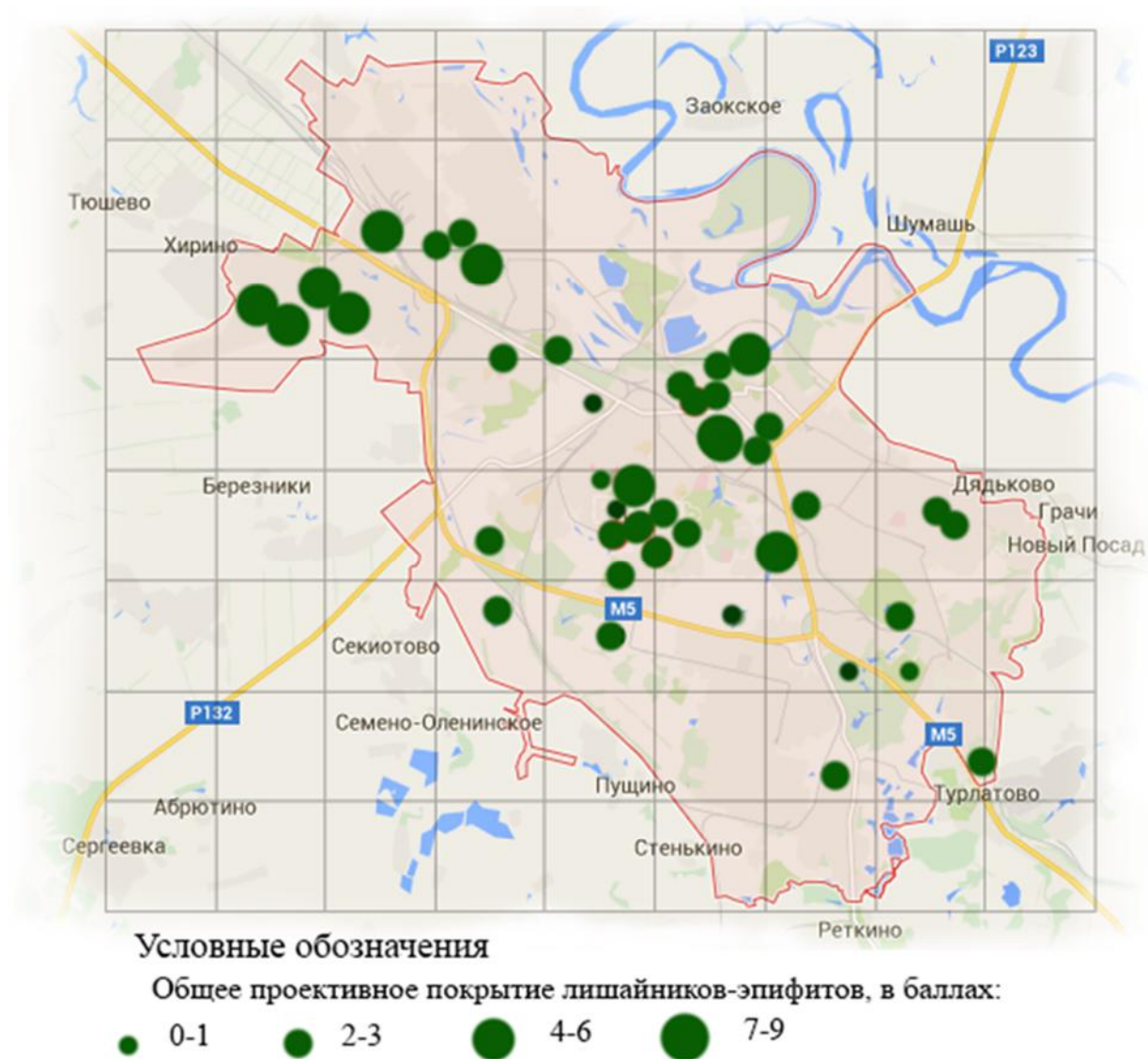


Рисунок 4.14 – Карта распределения значений общего проективного покрытия лишайников-эпифитов по территории г. Рязань (2010-2015гг.)

4.6 Эколого-биологический мониторинг состояния воздушного бассейна г. Рязань

В целях оценки антропогенного воздействия на качество атмосферного воздуха производился расчет индекса полеотолерантности (IP). На рисунке 4.15 представлены полученные значения IP относительно изучаемых районов. На первом месте по показателю IP находится Санитарно-защитная зона Южного промышленного узла. Статистический анализ полученных данных (таблица 4.18) показал, что среднее по городу значение IP – $9,26 \pm 0,015$.

В целом показатель IP по городу высокий. IP менее 8 наблюдается только на трех изучаемых площадях.

В Московском районе IP составляет $8,8 \pm 0,07$ в Железнодорожном – $9,3 \pm 0,07$, в Советском – $9,4 \pm 0,06$, в Октябрьском – $9,4 \pm 0,06$.

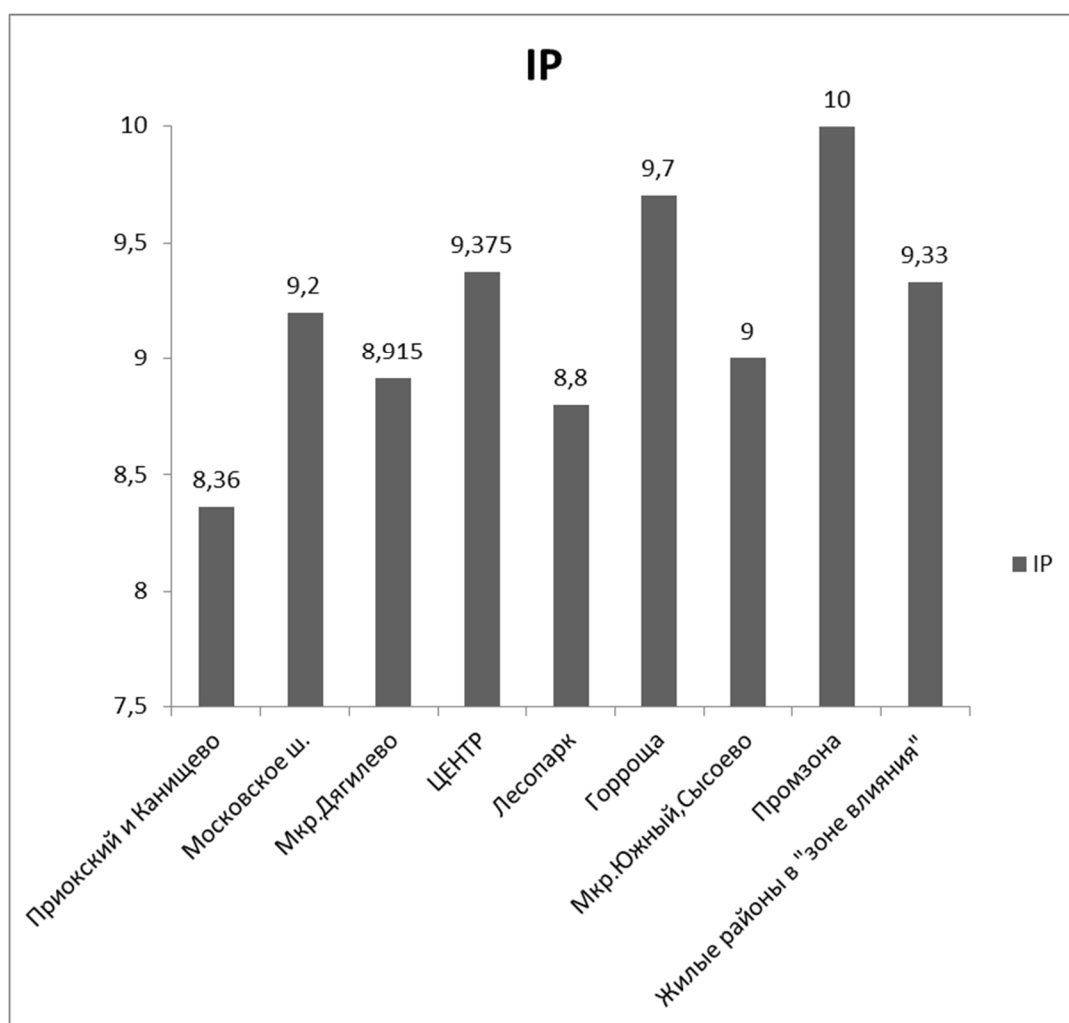


Рисунок 4.15 – Распределение показателя IP по районам (2010-2015гг.)

Таблица 4.18 – Статистический анализ данных значений индекса полеотолерантности на территории г. Рязань

Параметр	Московс кий округ	Железн- ный округ	Советски й округ	Октябрьский округ	По городу в целом
среднее	8,8	9,31	9,39	9,44	9,26
стандартная ошибка	0,07	0,07	0,06	0,06	0,015
пределы изменчивости	7,75÷9	8,5÷10	8,8÷10	8,6÷10	7,75÷10
Коэффициент вариации (%)	8,11	9,33	6,03	30,59	7,17

Таблица 4.19 – вариационный ряд значений индекса полеотолерантности на территории г. Рязань

IP	7.5-8	8.5-9	9-9.5	9.5-10
Количество пробных площадей:	3	6	10	18

Коэффициент вариации по всем округам г. Рязань и в целом по городу меньше 25%, что означает незначительное варьирование индекса полеотолерантности.

Для оценки достоверности различий по показателю IP применялся t-критерий Стьюдента ($p=0,05$). Статистически значимые различия обнаружены при сравнении Московского и Железнодорожного округа (5,15), Московского и Советского округа (6,40), Московского и Октябрьского округа (6,94).

В результате комплексного эколого-биологического мониторинга состояния воздушного бассейна г. Рязань произведено зонирование городской территории.

Использовались результаты, полученные в ходе расчетно-нормативного и расчетно-экспериментального мониторинга, ориентированного на существующие гигиенические нормативы, учитывались данные лишеномониторинга. Сравнение данных расчетного мониторинга с результатами лишеномониторинга выявило степень антропогенного влияния на состояние атмосферного воздуха Рязани.

Локальные изменения компонентного состава приземного слоя атмосферного воздуха под воздействием загрязнения влияют на эпифитную лишенофлору города. Воздушный бассейн г. Рязань длительное время находится под влиянием интенсивной антропогенной нагрузки, т.к. степень ответа лишеносинузий на загрязнение варьирует от выработки защитных реакций (смена видов, морфологические изменения) до полного истощения (лишайниковая пустыня).

При составлении оценочных карт степени загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха использовалось 2 подхода. Первый подход – составление лишеноиндикационных карт на основе данных о количестве видов, степени проективного покрытия и индекса полеотолерантности (IP) был апробирован во множестве исследований (Бязров, 2002; Байбаков, 2003; Сионова, 2006; и др.). Лишеноиндикационные карты представлены в п.4.5.

Второй, комплексный эколого-биологический подход основан на делении городской территории с использованием результатов, полученных в ходе расчетного мониторинга, ориентированного на существующие гигиенические нормативы с применением данных лишеномониторинга. Преимущества данного подхода заключаются в том, что расчет рассеивания ЗВ позволяет охарактеризовать территориальную структуру загрязнения атмосферного воздуха. Биоиндикация (в частности, лишеноиндикация), проведенная в соответствии с полученной территориальной структурой загрязнения позволяет оценить реальные изменения качества окружающей среды в границах установленных значений.

Эколого-биологический подход к зонированию территории г. Рязань по состоянию атмосферного воздуха позволил выделить 3 условные зоны загрязнения:

- ЗОНА I (неудовлетворительная) – занимает 28,5 % от общей площади;
- ЗОНА II (дискомфортная) – занимает 41,1 % от общей площади;
- ЗОНА III (удовлетворительная) – занимает 31,4 % от общей площади.

Зоны влияния загрязняющих веществ, полученные расчетным путем, территориально совпадают с зонами экокомфортности, определенными по видовому разнообразию, общему проективному покрытию лишайников-эпифитов и индексу полеотолерантности (карта-схема зонирования г. Рязань, рисунок 4.16).

Следовательно, больше половины городской территории приходится на неудовлетворительную и дискомфортную зоны.

В 70% исследованных площадей отмечается высокий индекс полеотолерантности (>9).

Если провести сравнение с классической работой Р.Сернандера (Sernander, 1926), где автор, производя зонирование территории, выделял 3 зоны: нормальная ($IP=1-2$), «зона борьбы» ($IP=3-9$) и «лишайниковая пустыня», то в Рязани IP не опускался ниже 7,75, что, в целом, говорит об очень высоком уровне загрязнения.

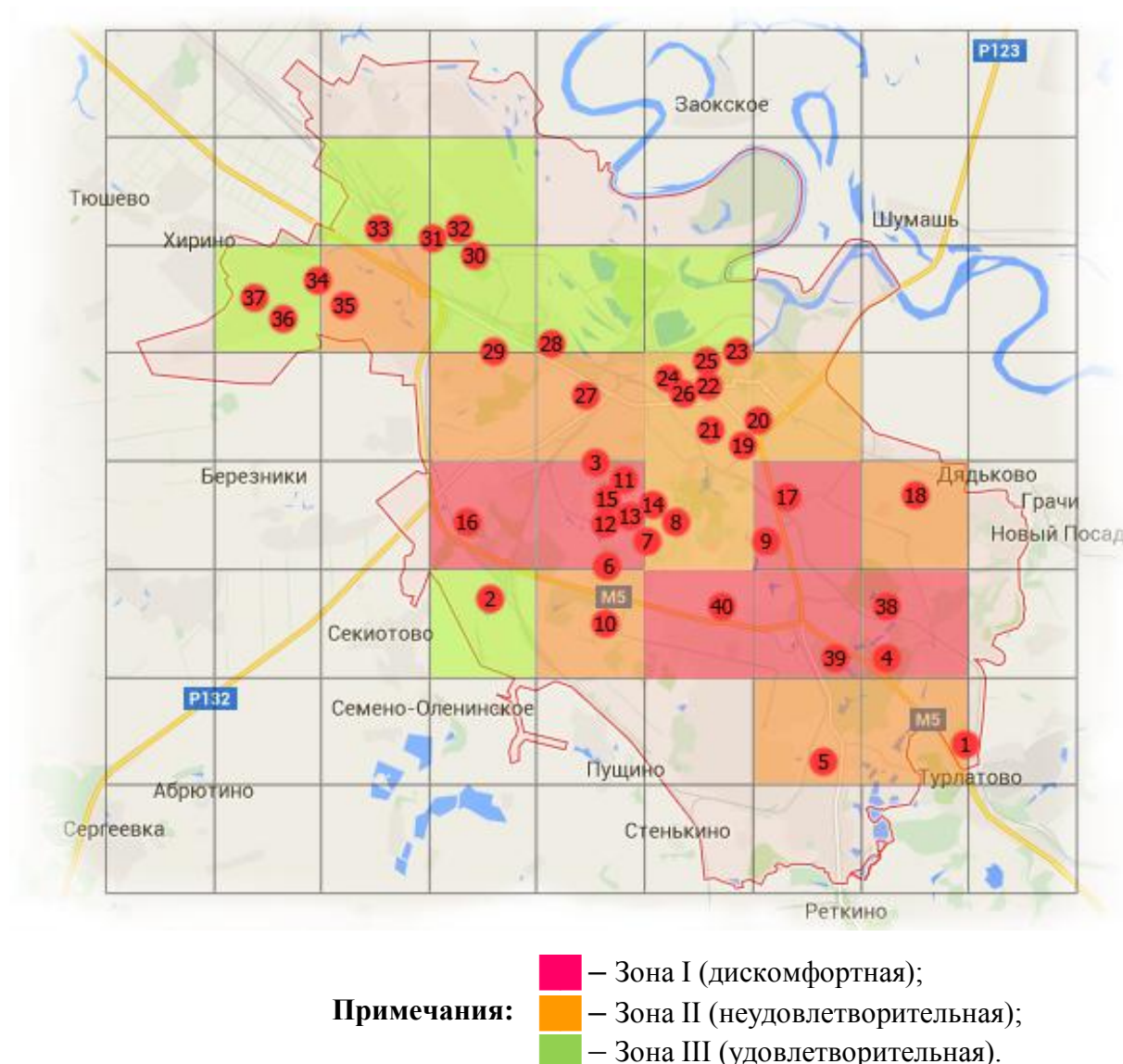


Рисунок 4.16 – Зонирование г. Рязань по состоянию атмосферного воздуха (2005-2015гг.)

Однако расчетные концентрации ЗВ не показали превышения ПДК за границей санитарно-защитных зон предприятий (таблица 4.20). Следовательно, существующая система природоохранных мероприятий в области защиты атмосферного воздуха показывает свою несостоятельность и требует пересмотра в сторону ужесточения нормативов выбросов загрязняющих веществ.

Таблица 4.20 – Эколого-биологический подход к зонированию территории по состоянию атмосферного воздуха
(г. Рязань, 2005-2015гг.)

№ пробной площади	Местоположение пробной площади	Кол-во видов	Шкала жизненности	СПП, %	IP	Смр в долях ПДКмр NO ₂ , SO ₂ стационарные источники	Зона загрязнения
1	2	3	4	5	6	7	8
40	Лесопосадка на окружной дороге	0	0	0	0	0,34	ЗОНА I неудовлетворительная
3	ул. Горького	1	3	2,45	10	0,19	
4	п. Строитель	1	2	3,36	10	0,16	
39	Лесопосадка по Ряжскому ш.	1	1	1,2	10	0,34	
11	ЦПКиО	12	4	70,4	10	0,18	
15	пр-д Завражнава	1	2	1,52	10	0,18	
16	Лесопосадка в районе Полигона ТБО	2	1	2,33	10	0,19	
17	Парк им. Ф.Уткина	2	2	4,01	10	0,16	
22	пл. Соборная	1	2	2,13	10	0,19	
	Средние значения	2,3	1,9	9,7	10	0,22	

34,35	Авиационная ул.	5	4	31,42	9,83	0,05	ЗОНА II дискомфортная
9	пос. Шлаковый	3	3	10,48	9,7	0,16	
24	Площадь Маргелова	3	3	5,73	9,6	0,19	
7	Родниковая ул.	2	3	3,26	9,5	0,16	
12	ул. 4-я линия	2	3	3,83	9,5	0,18	
13	ул. Высоковольтная	2	3	3,57	9,5	0,18	
14	ул. Дзержинского	2	3	3,2	9,5	0,18	
26	ул. Павлова	2	3	4,75	9,5	0,19	
27	Михайловское ш.	2	2	2,1	9,5	0,16	
29	Коломенская ул.	4	3	10,27	9,5	0,16	
1	п. Турлатово	3	2	7,15	9,3	0,16	
18а	сквер Александра	3	3	6,2324	9,2	0,16	
18	сквер им М.Скобелева	5	3	21,952	8,6	0,16	
5	Хамбушево	2	3	3	9	0,16	
6	мкр. Южный	2	3	3,45	9	0,16	
10	ул. Черновицкая	2	3	5,55	8,5	0,19	
8	Голенчинское ш.	3	4	6,59	9	0,16	
38	ст. Лесок	4	4	9,54	9	0,16	
19	Верхний городской сад	3	4	6,94	9	0,19	
20	Нижний городской сад	3	4	5,75	8,9	0,19	
21	Лыбедский бульвар	4	4	11,127	9	0,19	
25	Кремлевский парк	4	4	9,725	9	0,19	

Несмотря на полученные относительно «низкие» значения концентраций ЗВ на территории города прослеживается тенденция к уменьшению концентраций в сторону удаления от основной промышленной зоны города.

Наиболее благополучной по состоянию атмосферного воздуха является ситуация в Московском округе, наименее – в Октябрьском округе г. Рязань.

Таким образом, 2 подхода при создании карт, оценивающих состояние атмосферного воздуха в разных районах города, позволили выявить общие закономерности состояния приземного слоя атмосферного воздуха г. Рязань:

1. Влияние стационарных и передвижных источников загрязнения прослеживается на всей территории города;
2. Эколого-биологические показатели качества атмосферного воздуха лишь незначительно улучшаются от центра к периферии;
3. Около 70 % территории города характеризуется высоким уровнем загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха.

На основании представленных результатов можно заключить, что существующая система мониторинга атмосферного воздуха нуждается в переработке.

Управление достигает цели, когда оно имеет дело с упорядоченными, организованными системами (Кочуров, Трофимов, Рубцов, 2009).

В целях совершенствования существующей системы мониторинга атмосферного воздуха предложена эколого-биологическая модель мониторинга состояния воздушного бассейна г. Рязань.



Рисунок 4.17 – Блок-схема алгоритма эколого-биологического мониторинга

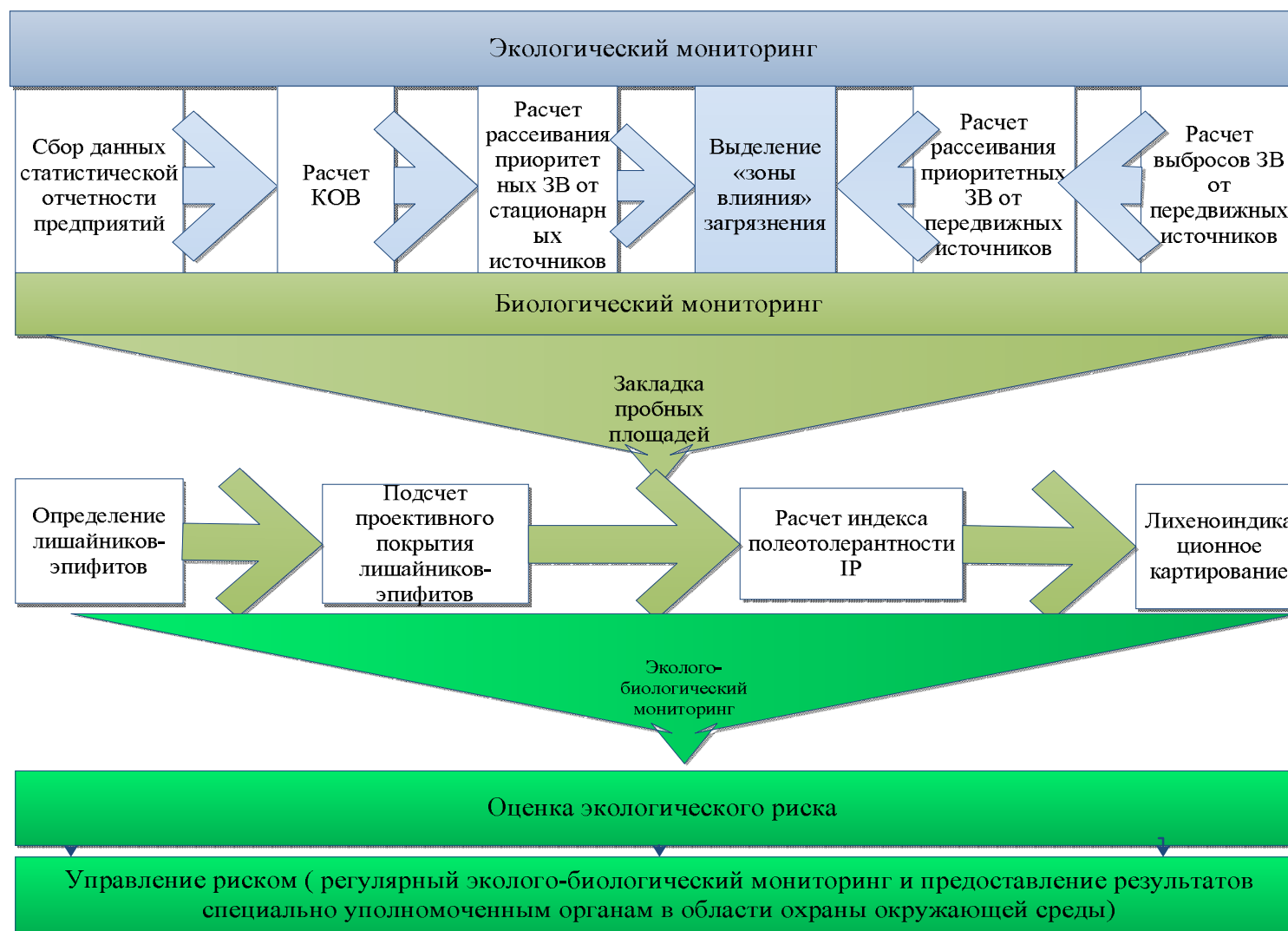


Рисунок 4.18 – Эколого-биологическая модель мониторинга

Алгоритм применения расчета рассеивания загрязняющих веществ для выбора пробных площадей биоиндикационной оценки состояния воздушного бассейна городов изображен на рисунке 4.17 в составе блок-схемы эколого-биологического мониторинга. Алгоритм эколого-биологического мониторинга включает в себя блок действий по оценке состояния атмосферного воздуха с помощью нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК), а также блок действий по оценке состояния атмосферного воздуха с помощью лишайников-эпифитов.

Если в ходе эколого-биологического мониторинга не выполняются условия нормального функционирования «системы атмосферный воздух – окружающая природная среда», то должны приниматься решения по дальнейшему изучению причин ухудшения качества воздушного бассейна и меры по его улучшению.

Лихеноиндикация в контрольных точках в данной схеме рассматривается как индикатор суммарного воздействия загрязняющих веществ. При этом данные должны регулярно обновляться. Установленное расположение контрольных точек необходимо для получения объективной оценки, т.к. показывает местоположения с различной антропогенной нагрузкой. В расположении точек учтены как административное деление Рязани, так и особенности распределения загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения. Наблюдательные точки мониторинга присутствуют в каждом административном районе (округе) Рязани, а также на территории основных рекреационных зон.

Эколого-биологический подход к системе мониторинга может быть рассмотрен с позиции оценки риска воздействия загрязнения атмосферы на урбазкосистему. Эколого-биологическая модель мониторинга включает в себя два основных элемента понятия «Риска»: оценка частоты, с которой происходит опасное событие (расчетные концентрации ЗВ), и последствия опасного события (реакция лишенобиоты на загрязнение). Под опасным событием понимается превышение ПДК загрязняющих веществ. Оценка

риска на основе предложенной эколого-биологической модели мониторинга – это возможность получения доступной информации для оценки опасности загрязнения атмосферного воздуха.

На рисунке 4.18 графически показана эколого-биологическая модель мониторинга состояния воздушного бассейна г. Рязань, которая может быть рассмотрена в качестве переходного варианта на пути от действующих гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха к разработке более жестких, экологических нормативов.

Эколого-биологический мониторинг должен проводиться регулярно для того, чтобы была возможность проводить сравнительную оценку изменения состояния воздушного бассейна с течением времени. Только в этом случае появится возможность управления качеством воздушного бассейна.

Генеральный план современного использования территории г. Рязань представляет собой совокупность природных и техногенных компонентов, находящихся в состоянии неустойчивого равновесия. По изменениям одного из компонентов системы можно оценить уровень техногенного воздействия промышленного объекта. Таким образом, пространственно-видовое распределение лишайников-эпифитов на территории г. Рязань является одним из критериев определения экологической опасности урбазкосистемы.

Система экологического мониторинга, которая включает в себя наблюдения за состоянием атмосферного воздуха, не должна оставаться неизменной. Необходимо принятие нормативно-правовых актов, регулирующих порядок осуществления мониторинговых исследований и обеспечивающих согласованную работу в области мониторинга атмосферного воздуха г. Рязань.

ВЫВОДЫ

1. Приоритетные загрязняющие вещества от стационарных источников загрязнения по показателю «коэффициент опасности вещества» (КОВ): диоксид серы, оксиды азота, неорганические соединения свинца, бензол.

2. Преобладающий южный перенос воздушных масс способствует перемещению поллютантов от Южной и Юго-Восточной промышленных зон к крупным жилым массивам: Дашково-Песочня, п. Строитель и центру города.

3. Зона рассеивания загрязняющих веществ от стационарных источников загрязнения приходится на большую часть территории г. Рязань. Зоны рассеивания загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения накладываются друг на друга и образуют области устойчивого загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха.

4. Высокие концентрации диоксида азота, оксида углерода, диоксида серы, предельных углеводородов C₁₂-C₁₉, свинца и сажи от передвижных источников загрязнения отмечены вблизи крупнейших зеленых рекреационных зон г. Рязань. Загрязнение атмосферного воздуха в результате движения автотранспорта более выражено в районе самого крупного центрального парка на территории г. Рязань – парк «Рюмина Роща».

5. Предлагаемый автором метод высокоточной оценки проективного покрытия лишайников-эпифитов на основе анализа обрисованных изображений и разработанная программа позволяют снизить субъективный фактор и повысить точность результатов измерений.

6. Выявлено 22 вида лишайников-эпифитов. Обнаружен новый вид, ранее неописанный на территории Рязанской области – *Amadina punctata* (Hoffm.) Coppins et Scheid. Преобладающие виды лишайников-эпифитов на территории г. Рязань – это *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr. – устойчивые к атмосферному загрязнению.

Ответ лишайников-эпифитов на загрязнение воздушного бассейна г. Рязань – это скудный видовой состав, характерные морфологические признаки, низкое проективное покрытие, широкое распространение сильно толерантных индикаторных видов и «лишайниковая пустыня» на отдельных территориях.

7. Увеличивается количество видов лишайников-эпифитов при удалении от Южной и Юго-Восточной промышленных зон. В 70% исследованных площадей отмечается высокий индекс полеотолерантности (>9).

8. Наиболее благополучной по состоянию атмосферного воздуха является ситуация в Московском округе, наименее – в Октябрьском округе г. Рязань.

9. Зоны влияния загрязняющих веществ, полученные расчетным путем, территориально совпали с зонами экомфортности, определенными по видовому разнообразию, общему проективному покрытию лишайников-эпифитов и индексу полеотолерантности. Эколого-биологические показатели качества атмосферного воздуха лишь незначительно улучшаются от центра к периферии. Предложенная эколого-биологическая модель мониторинга состояния воздушного бассейна на примере г. Рязань призвана улучшить действующую систему мониторинга состояния атмосферного воздуха.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексная экологическая оценка состояния воздушного бассейна г. Рязань, проведенная по результатам совместного анализа лишеноиндикационных и статистических, расчетно-экспериментальных данных по выбросам загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения позволяет заключить:

1. Приоритетные загрязняющие вещества для г. Рязань – это группа суммации: диоксид серы, соединения свинца; группа суммации: диоксид серы, диоксид азота; бензол; неорганические соединения свинца. Преобладающий южный перенос воздушных масс способствует перемещению поллютантов от Южной и Юго-Восточной промышленных зон к крупным жилым массивам: Дашково-Песочня, п. Строитель и центру города. Зоны рассеивания загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения накладываются друг на друга и образуют области устойчивого загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха.

2. Разработанный метод измерения на основе анализа обрисованных изображений дает высокоточную оценку проективного покрытия лишайников-эпифитов.

3. Пробные площади для биоиндикационной оценки состояния воздушного бассейна целесообразно располагать с учетом распределения загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения. По результатам расчета полей концентраций от стационарных и передвижных источников загрязнения на территории г. Рязань установлено 40 пробных площадей.

4. Среднее значение количества лишайников-эпифитов в пределах города – $3,5 \pm 0,61$. Повреждения, пятна некрозов, маленькие размеры, недоразвитые лопасти, запыления, аномалии развития – характерные признаки лишайников-эпифитов, произрастающих на территориях зеленых насаждений г. Рязань. На большинстве пробных площадей значения

проективного покрытия лишайников-эпифитов от 0 до 3 баллов. Среднее значение IP – $9,26 \pm 0,015$. Преобладающими видами лишайников-эпифитов на территории г. Рязань являются *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr. – виды, устойчивые к атмосферному загрязнению. Виды естественных местообитаний, редкие для города, чувствительные к загрязнению атмосферного воздуха: *Cladonia coniocraea* (Flk.) Spreng., *Amadina punctata* (Hoffm.) Coppins et Scheid., *Caloplaca pyracea* (Ach.) Th.Fr., *Candelariella xanthostigma* (Ach.) Lettau.

5. Эколого-биологический подход показал большую эффективность по сравнению с лишайноиндикационным подходом при крупномасштабном картировании и зонировании территории. Эколого-биологические показатели качества воздушного бассейна – концентрация в долях ПДК м.р. по группе суммации диоксид серы и оксид азота, индекс полеотолерантности (IP), среднее проективное покрытие, количество и оценка видов лишайников-эпифитов по шкале жизненности.

6. Модель эколого-биологического мониторинга показывает условия функционирования системы «воздушный бассейн города – природные объекты». 70 % территории города характеризуется высоким уровнем загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха. Наиболее благополучной по состоянию атмосферного воздуха является ситуация в Московском округе, наименее – в Октябрьском округе г. Рязань.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андронов, Н.М. Определитель древесных растений по листьям./Н.М. Андронов, П.Л. Богданов— Л.: Издательство ЛГУ им. А.А. Жданова. — 1974.— 128 с.;
2. Бадтиев, Ю.С. Выявление зон экологических аномалий / Ю.С. Бадтиев, Ф.К. Бадтиева, А.С. Холоимова// Экологический вестник России. — 2006.-№9.— С.3-7;
3. Байбаков, Э.И. Оценка экологического состояния урбанизированных территорий с помощью методов лишеноиндикации (на примере Казани): дисс...канд. биол. наук /Э.И. Байбаков, Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина — Казань, 2003.— 171с.;
4. Барановский, А.В. Гнездящиеся птицы города Рязани (Атлас распространения и особенности биологии) / А.В. Барановский, Е.С. Иванов. — Рязань: ПервопечатникЪ, — 2016. — 367с.;
5. Белятынский, А.А. Проектирование автомобильных дорог с учетом экономии энергоресурсов / А.А. Белятынский, Л.В. Василенко, А.И. Романюха. Киев: Будивельник, 1990. — 157с.;
6. Блюм, О.Б. Влияние газообразных атмосферных загрязнителей на лишайники // Международная школа по лишеноиндикации. — Таллин, Академия наук ЭССР, 1994. — С. 35-49;
7. Бондаренко, Е.В., Дорожно-транспортная экология / Е.В. Бондаренко, Г.П. Дворников под. ред. А.А.Цыцур. — Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. — 113 с.;
8. Бретшнайдер, Б. Охрана воздушного бассейна от загрязнений / Б.Бретшнайдер, И. Курфюст; пер с англ. — Л.:Химия, 1989. — 288с.;
9. Булохов, А.Д. Фитоиндикация и ее практическое применение/ А.Д. Булохов — Брянск: Изд-во БГУ, 2004. — 245с.;
- 10.Бязров, Л.Г. Видовой состав лишенобиоты Рязанской области [электронный ресурс] / Л.Г. Бязров. — 2009. — Режим доступа: [http://www. sevin. ru/laboratories/biazrov ryazan.html](http://www.sevin.ru/laboratories/biazrov_ryazan.html);
- 11.Бязров, Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. Монография / Л.Г. Бязров. — М.: Научный мир, 2002. — 336 с.;
- 12.Валягина-Малютина, Е.Т. Деревья и кустарники зимой. Определитель древесных и кустарниковых пород по побегам и почкам в безлистном состоянии/ Е.Т. Валягина-Малютина.— М.: Изд-во КФК, 2001.—281с.;
- 13.Воробейчик, Е.Л. Экологическое нормирование токсических нагрузок на наземные экосистемы: автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. биол. наук.(03.00.16)/ Евгений Леонидович Воробейчик; РАН Уральское отделение Институт экологии растений и животных.— Екатеринбург, 2003.— 23с.;
- 14.Временные рекомендации по оценке экологической опасности производственных объектов [электронный ресурс] // Госкомэкология РФ М., 2000. — 76с.— Режим доступа: <http://www.ecoindustry.ru/ndocs/view/542.html> (Проверено: 03.11.2015);

15. Гарибова Л.В. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР / Л.В. Гарибова, Ю.К. Дундин, Т.Ф. Коптяева, В.Р. Филин; отв. ред. М.В. Горленко. – М.: Мысль, 1978 – 365с.;
16. Голубкова, Н. С. Определитель лишайников средней полосы Европейской части СССР / Н.С. Голубкова. – М.; Л., 1966. – 256 с.;
17. Голубкова, Н.С. Анализ флоры лишайников Монголии./ Н.С. Голубкова. – Л.: Наука, 1983. – 248с.;
18. Голубкова, Н.С. Влияние роста города на лишайники и лишеноиндикация атмосферных загрязнений г. Казани / Н.С. Голубкова, Н.В. Малышева // Ботанический журнал. – 1978. – Т. 63. – № 8. – С. 1145 – 1152;
19. Голубкова, Н.С. Жизненные формы лишайников и лишеносинузии/ Н.С. Голубкова, Л.Г. Бязров// Ботанический журнал. – 1989. – Т. 74. – № 6. – С. 794–805;
20. Горбунова, Н.П. Малый практикум по низшим растениям./ Н.П. Горбунова, Е.С. Ключникова, Н.А. Комарницкий, Л.М. Левкина и др. – М.: Высшая школа, 1976. – 206с.;
21. ГОСТ 16350-80 СССР Климат СССР районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей [Электронный ресурс]. – М.: 1981. – Режим доступа: <http://cert.obninsk.ru/gost/921/921.html> (Проверено 03.11.2015);
22. ГОСТ 17.2.3.02-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями [Электронный ресурс]. – М., Издательство стандартов, 1979. – 14 с. – Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/31/31821.shtml> (Проверено 03.11.2015);
23. Дементьева, С.М. Некоторые итоги лишеноиндикационных исследований рекреационных зон г. Твери / С.М. Дементьева, А.Ф. Уразбахтина// Актуальные экологические проблемы республики Татарстан: Материалы 5 науч. конф. Казань: Отечество, 2003. – С. 125-126.;
24. Дюков, В.В. Интегральная оценка качества окружающей среды промышленного центра по состоянию древесно-кустарниковых сообществ и лишайников/ дисс. ... канд. геогр. наук : 25.00.36 / Дюков Всеволод Владимирович; Владимирский государственный университет, Владимир 2004. – 155с.;
25. Жданов, И. С. Предварительный список лишайников окского биосферного заповедника (Рязанская область) / Жданов И. С. Волоснова Л. Ф. // Новости систематики низших растений. – С.-Пб.: «Наука», 2008 – Т. 42. – С. 178-188;
26. Жданов, И.С. К флоре лишайников Рязанской области / И.С. Жданов, Л.Ф. Волосова // Современная микология в России. Материалы 2-го съезда микологов в России. – 2008. – Т. 2. – С. 526 – 527;
27. Иванов, Е.С. Оценка качества приземного слоя атмосферного воздуха рекреационных зон рязани и граничащих с ней территорий сельхозугодий с помощью лишайников / Е.С. Иванов, Э.А. Гладкова, А.М. Цурган, А.А. Дементьев, С.А. Нефедова // Аграрная Россия. – М.: ООО «Фолиум». – 2012. – № 3. – С. 15-18;

28. Иванов, Е.С. Оценка экологического состояния воздушного бассейна г. Рязани/ Е.С. Иванов, Э.А. Гладкова, Л.Ф. Волоснова//Российский научный журнал. – М.: АНО «РИЭПСИ» – 2011. – 1(20). – С. 276-286;
29. Ивашкина, И. В. Урбоэкодиагностика территории как основа градостроительного развития Москвы / И.В. Ивашкина, Б.И. Кочуров // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. — 2014. — Т. 1, № 4 (17). — С. 34–40;
30. Ивлева, Т.П. Национальные и региональные системы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в городах качество воздуха в крупнейших городах России [Электронный ресурс] / Т.П. Ивлева// Сборник тезисов докладов конференции «Загрязнение атмосферы городов». – Режим доступа: <http://voeikovmgo.ru/en/events/40.html> (Проверено: 03.11.2015);
31. Инсаров, Г.Э. Лишайники в условиях загрязнения воздуха в Москве/ Г.Э. Инсаров, Е.Э. Мучник // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем.– СПб: Гидрометеиздат, 2007. – Т. 21. – С. 404 – 434;
32. Инсаров Г.Э., Количественные характеристики состояния эпифитной лишенофлоры Курильского заповедника / Г.Э., Инсаров, А.В. Пчелкин – М., 1988. – 174 с.;
33. Кадастр особо охраняемых природных объектов Рязанской области: Пояснительный текст к карте / Т. Верещака, Е. Гущина, М. Казакова, Г. Куликова // Природные объекты Рязанской области, охраняемые и предлагаемые к охране. — ГУГК СССР М, 1990. – 60 с.;
34. Казакова, М.В. Об устойчивости древесных интродуцентов в условиях Рязанской области /М.В. Казакова, А.Э. Бучкова, В.Е. Зудов, А.О. Никитин, А.А. Петруцкий, В.Г. Чайцев// Вестник Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина, Рязань, 2015 – Вып. №1. – С.7-21;
35. Казакова, М.В. Особенности рязанского фрагмента окской флоры: итоги изучения и перспективы/ М.В. Казакова//Труды Рязанского отделения русского ботанического общества. Ч.2. Сравнительная флористика: материалы Всероссийской школы-семинара по сравнительной флористике, посвященной 100-летию «Окской флоры» А.Ф. Флёрова место издания.– Рязань. – Т2.– С.85-93;
36. Касимов, Д. В. Динамика состояния и адаптация лесных экосистем при многолетнем загрязнении атмосферы в музее-заповеднике Л. Н.Толстого «Ясная Поляна»: монография / Д. В. Касимов, В. Д. Касимов. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. – 85 с.;
37. Качество воздуха в крупнейших городах России за десять лет: Аналитический обзор ГУ «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова», Росгидромет. [Электронный ресурс] – СПб, 2009 – 133с. – Режим доступа: <http://voeikovmgo.ru/ru/> (Проверено 3.11.2015);
38. Комарницкий, Н.А. Лишайники, бактерии и актиномицеты/ Н.А. Комарницкий, М.П. Томин, Н.А. Красильников. – М.: Высшая школа. – 1960. – Т.5. – 294с.;

39. Комарова, Н.Г. Экологические проблемы промышленных городов. Часть 1 / Н. Г. Комарова, Б. И. Кочуров, В. Г. Низовцев, и др. — изд. СГТУ Саратов, 2015. — 351 с;
40. Конаков, С.П. Экология промышленности будущего / С.П. Конаков — М.: РЭФИА, 1998. — 158 с.;
41. Конспект флоры Рязанской Мещеры / под ред. В.Н. Тихомирова.— М.: Лесная промышленность, 1975.— 328 с;
42. Коплан-Дикс, В.А. Определение критериев выбора природных территорий, для которых необходимо установить экологические нормативы качества атмосферного воздуха/ В.А. Коплан-Дикс, И.О. Шарыгина, Н.А. Курочкина, Д.О. Симонова // Проблемы охраны атмосферного воздуха. Научные труды НИИ «Атмосфера», 2010 — С.75-89;
43. Коротков, М.В. Оценка экологической опасности выбросов вредных веществ от стационарных источников промышленного города (на примере г. Оренбурга)/ М.В. Коротков, А.И. Байтелова// Экологические системы и приборы. — 2008.— №4— С.34-36;
44. Корчиков, Е.С. Лишайники Самарской Луки и Красносамарского лесного массива. Монография/ Е.С. Корчиков. — Самара: Издательство «Самарский университет», 2011.—320с.;
45. Кочуров, Б. И. Анализ эколого-хозяйственного состояния территории муниципального образования / Б.И. Кочуров, П.И. Меркулов, С.В. Меркулова // Проблемы региональной экологии. — 2004. —№ 1. — С. 46-59;
46. Кочуров, Б.И. Методические подходы оценки экологической напряженности на обширных территориях (на примере территории России) / Б.И. Кочуров, Р.С. Чалов, А.И. Аксенова, Л.В. Злотина, // Проблемы региональной экологии, 1995. — с.31-37;
47. Красногорская, Н.Н. Лихеноиндикационные шкалы оценки качества атмосферного воздуха/ Н.Н. Красногорская, С.Е. Журавлева, Г.Р. Миннулина // Фундаментальные исследования. — 2004. — № 5 — С. 38 -42;
48. Красовская, О.В. Генеральные планы столиц субъектов Российской Федерации [электронный ресурс] / О.В. Красовская // Управление развитием территории. — 2010. — №3. — Режим доступа: <http://www.gisa.ru>;
49. Кривцов, В.А. Климатические особенности территории /В.А. Кривцов, С.А. Торбатов// Природа Рязанской области / под ред. В.А. Кривцова; Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. Рязань, 2008. С. 105—150;
50. Кривцов, В.А. Особенности строения и развития рязанского участка долины реки Оки на современном этапе / В.А. Кривцов // Труды Рязанского отделения РБО. Вып. 2. Ч. 1: Окская флора: Материалы Всеросс. школы-семинара по сравнительной флористике, посвященной 100-летию «Окской флоры» А.Ф. Флерова — Рязань: Издание Рязанского ГУ ,2010 — Т2 — С. 93-104;
51. Кривцов, В.А. Природа Рязанской области. Монография./Под ред. В.А. Кривцова: Ряз.гос. ун-т имени С.А. Есенина. — Рязань, 2008.— 407с.;

52. Кулябина, Е.Ю. Лихеноиндикационный мониторинг качества воздушной среды Нижегородской области / Е.Ю. Кулябина, М.В. Сидоренко // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2002. – Т.4. – №2. – с. 216-222;
53. Курсанов, Л.И. Курс низших растений. Изд. 3-е / Л.И. Курсанов, Н.А. Комарницкий. – М.: Советская наука, 1945. – 488с.;
54. Лосев, К.С. Проблемы экологии России/ К.С. Лосев, В.Г. Горшков и др., под ред. Данилова - Данильяна. — М: Федеральный экологический фонд, 1993. – 347 с.;
55. Луговской, А.М. Мониторинг природной среды методом биоиндикации в условиях техногенеза/ А.М. Луговской // Проблемы региональной экологии, Смоленск: Маджента– 2004. – №3. – С.52-61;
56. Ляпкало, А.А. Особенности взаимодействия в системе «Общество – природа» / А.А. Ляпкало, А.М. Цурган // Влияние природных и антропогенных факторов на социоэкосистемы: межрегиональный сборник научных трудов, посвященный 40-летию медико-профилактического факультета. – Рязань, 2002. – 263с.;
57. Ляпкало, А.А. Сравнительная гигиеническая характеристика состава выбросов автотранспорта в районах Рязани/ А.А. Ляпкало, А.А. Дементьев, А.М. Цурган // Медицинский альманах, 2012. – №3(22). – С.186-188;
58. Мажайский, Ю.А. Агроэкология техногеннозагрязненных ландшафтов / Ю.А. Мажайский, С.А. Торбатов, Н.Н. Дубенок, Ю.П. Пожогин – Смоленск, 2003 – 384 с.;
59. Малышева, Н.В. Биоразнообразие лишайников и оценка экологического состояния парковых ландшафтов с помощью лишайников (на примере парков окрестностей Санкт-Петербурга) / Н.В. Малышева // Новости систематики низших растений. – С.-Пб.: «Наука» – 1996. – Т. 31. – С. 135–137;
60. Малышева, Н.В. Лишайники городов Европейской России. 3. Географический анализ / Н.В. Малышева // Ботанический журнал. – 2007. – Т92 №2. – С.254 – 261;
61. Малышева, Н.В. Лишайники городов Европейской России. Биоморфологический и эколого-субстратный анализы / Н.В. Малышева // Ботанический журнал. – 2007. – Т92 №1. – С.96 –101;
62. Малышева, Н.В. Лишайники Москвы и Санкт-Петербурга: сравнительный анализ лишайнофлор / Н.В. Малышева // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале 21 века: материалы всероссийской конференции (Петрозаводск, 22–27 сентября 2008 г.). – Петрозаводск: Карельский Научный Центр РАН. – Часть 2: Альгология. Микология. Лихенология. Бриология. – 2008. – С.204-205;
63. Малышева, Н.В. Эпифитные лишайники арборетума Санкт-Петербургской лесотехнической академии и выяснение их индикаторной роли / Н.В. Малышева, Н.Е. Булыгин // Лесной журнал. – 1996. – № 6. – С. 13–18;

64. Меденец, Е.Ю. Лихеноиндикация атмосферного загрязнения городов Новочеркасска и Ростова-на-Дону: дисс... канд. биол. наук: 03.00.16/ Меденец Елена Юрьевна. – Новочеркасск, 2010. – 165с.;
65. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева, Т.И. Евсеева и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288с.;
66. Методика расчета выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях. М., 1997 Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта (ОАО «НИИАТ») <http://niiat.ru/> (Проверено 03.11.2015);
67. Методические и нормативно-аналитические основы экологического аудирования в Российской Федерации. / А.М. Карелов, И.М. Потравный, В.Л. Сидорчук и др. – Научно-исследовательский центр по проблемам экологической безопасности, Москва, 1998 – 529 с.;
68. Методические подходы оценки экологической напряженности на обширных территориях (на примере территории России) / Б. Кочуров, Р. Чалов, Г. Митяева и др. // Проблемы региональной экологии. Общественно-научный журнал. — 1995. — С. 31–37;
69. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное)/ОАО «НИИ Атмосфера». – СПб., 2012. – 228с.;
70. Миннулина, Г.Р. Совершенствование методов лихеноиндикации для оценки качества атмосферного воздуха урбанизированных территорий: автореф. дис...канд. биол. наук (03.00.16) / Гульназ Раисовна Миннулина; Уфимский государственный авиационный технический университет. – Уфа, 2006. – 21с.;
71. Миркин Б.М., Толковый словарь современной фитоценологии / Б.М. Миркин, Г.С. Розенберг. – М.: Наука, 1983. – 134с.;
72. Мучник, Е.Э. Дополнения к флоре лишайников Рязанской области/ Е.Э. Мучник, Л.А. Конорева, М.В. Казакова/Новости систематики низших растений. // Новости систематики низших растений. – С.-Пб.: «Наука» – 2012–Т46.– С.174–189;
73. Мучник, Е.Э. К изучению количественного распределения видового разнообразия лишайников лесостепной зоны [электронный ресурс]// Вестник Самарского Государственного университета. Серия «География, геоэкология» – 2000. – №1. – Режим доступа: <http://ssu.samara.ru> (Проверено: 03.11.2015);
74. Мучник, Е.Э. Лихенологические исследования в Рязанской области: история, результаты, проблемы и перспективы / Е.Э. Мучник, М.В. Казакова, Е.А. Лосева // Труды Рязанского отделения Русского ботанического общества. Вып.1. Флора и растительность. – Рязань, 2009. – С. 27-55;

75. Мучник, Е.Э. Лихенофлора Центрального Черноземья: таксономический и эколого-географический анализы, вопросы охраны: дисс....д-ра биол. наук : 03.00.05, 03.00.16 / Евгения Эдуардовна Мучник; Воронежский гос. ун-т. – Воронеж, 2003. – 314 с.;
76. Мучник, Е.Э. Новые сведения о лишенобиоте Рязанской области/ Е.Э. Мучник, Е.И. Лосева / Современная микология в России. Материалы 2-го съезда микологов в России. – 2008. – Т 2. – С.531–532;
77. Мучник, Е.Э. Учебный определитель лишайников Средней России : учебно-методическое пособие / Е.Э. Мучник, И.Д. Инсарова, М.В. Казакова ; Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. — Рязань, 2011. — 360 с.
78. Надеина, О.В. Лишайники Провальской степи (Украина) / О.В. Надеина // Ботанический журнал. – 2008. – Т93 №1. – С.3-9;
79. Нефедова, С.В. Эколого-физиологические механизмы адаптации животных к антропогенным воздействиям (на примере Рязанской области): автореф. дисс... д-ра биол. наук (03.02.08, 03.03.01)/ Нефедова Светлана Александровна; Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Петрозаводск. – 2012. – 46с.;
80. Николаевский, В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации / В. С. Николаевский. – Пушкино, ВНИИЛМ, 2002. – 220 с.;
81. Обзор выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на территории Рязанской области за 2009 год: отчет Приокского управления Ростехнадзора за 2009г. [Текст] / МПР и экологии РФ. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Приокское управление Ростехнадзора. – Рязань, 2009 – 22с.;
82. Окснер, А.Н. Определитель лишайников СССР. Морфология, систематика и географическое распространение./ А.Н. Окснер – Л.: Изд-во «Наука», 1974. – Вып.2. – 284с.;
83. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий /Госкомгидромет. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 93с.;
84. Определитель лишайников России: Agyriaceae, Anamylopsoraceae, Arthrorhaphidaceae, Brigantiaeaceae, Grysotrichaceae, Clavariaceae, Ectolechiaceae, Gomphillaceae, Gypsoplacaceae, Lecanoraceae, Lecideaeseae, Mycoblastaceae, Phlyctidaceae, Physciaceae, Pilocarpaceae, Psoraceae, Ramalinaceae, Stereocaulaceae, Vezdeaceae, Tricholomataceae / М.П. Андреев, Д.Е. Гимельбрант, Н.С. Голубкова, А.А. Добрыш, О.А. Катаева, Ю.В. Котлов, И.И. Макарова, А.Н. Титов, Т.Ю. Толпышева, И.Н. Урбанавичене, Г.П. Урбанавичюс - СПб.:Наука, 2008. – Вып.10. – 515с;
85. Определитель лишайников России: Алекториевые, Пармелиевые, Стереокаулоновые / Н.С. Голубкова, А.В. Домбровская, М.П. Журбенко, Ю.В. Котлов, З.Г. Крусанова – СПб.: Наука, 1996. – Вып.6. – 203с.;
86. Определитель лишайников России: Бацидиевые, Катиляревые, Леканоровые, Мегалапииевые, Микобилимбиевые, Ризокарповые,

- Трапелиевые [Текст] / М.П. Андреев, Л.И. Бредкина, Н.С. Голубкова, А.П. Добрыш, Ю.В. Котлов, И.И. Макарова, И.Н. Урбанавичене, Г.П. Урбанавичюс – СПб.: Наука, 2003. – Вып.8. – 277с.;
87. Определитель лишайников России: Лицидеевые, Микареевые, Пропидиевые [Текст] / М.П. Андреев, Ю.В. Котлов, И.И. Макарова – СПб.: Наука, 1998. – Вып.7. – 166с.;
 88. Определитель лишайников России: Фусцидиевые, Телосхистовые / С.Я. Кондратюк, И.И. Макарова, А.Н. Окснер, А.Е. Ходосцев – СПб.: Наука, 2004. – Вып.9. – 339с.;
 89. Определитель лишайников СССР: Веррукариевые – Пилокарповые / Е.Г. Копачевская, М.Ф. Макаревич, А.Н. Окснер – Л.: Наука, 1977. – Вып.4. – 344с.;
 90. Определитель лишайников СССР: Калициевые – Гиалектовые / О.Б. Блум, А.В. Домбровская, Ц.Н. Инашвили, А.В. Питеранс, Е.Г. Ромс, В.П. Савич Л.: Наука, 1975. – Вып.3. – 275с.;
 91. Определитель лишайников СССР: Кладониевые – Акароспоровые / Н.С. Голубкова, В.П. Савич, Х.Х. Трасс Л.: Наука, 1978. – Вып.5. – 304с.;
 92. Определитель лишайников СССР: Пертузариевые, Леканоровые, Пармелиевые / Е.Г. Копачевская, М.Ф. Макаревич, А.Н. Окснер, К.А. Рассадина Л.: Наука, 1971. – Вып.1. – 412с.;
 93. Определитель растений Мещеры. /Под ред. В.Н. Тихомирова. - М., Изд.-во Московского университета, 1986. – Часть 1 – 240 с.;
 94. Определитель растений Мещеры. /Под ред. В.Н. Тихомирова. - М., Изд.-во Московского университета, 1987. – Часть 2 – 224 с.;
 95. Орлов, Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении/ Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская. – М.: Высш.шк. – 2002. – 334с.;
 96. Охрана окружающей среды в Рязанской области / Статистический сборник. – Рязань, 2006. – 128с.;
 97. Павлов, И.Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения/ И.Н. Павлов – Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2005. – 30 с.;
 98. Пашкевич М.А. Экологический мониторинг/ М.А. Пашкевич, В.Ф. Шуйский. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2002. – 89 с.;
 99. Пелепец, Н. В., Виды семейства Cladoniaceae и их экология в лесах Окского биосферного заповедника (Рязанская область, Россия)/ Н.В. Пелепец, Т.Ю. Толпышева//Экология грибов в природных экосистемах и агрофитоценозах: Материалы науч. конф. (Минск, 20-24 сентября 2004 г.). Минск, 2004а. – С. 188-192.;
 100. Пелепец, Н. В., Пространственное распределение видов сем. Cladoniaceae в растительных сообществах Окского биосферного заповедника/ Н.В. Пелепец, Т.Ю. Толпышева //Принципы и способы сохранения биоразнообразия. Йошкар-Ола, 2004б. – С. 162-164.;

101. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух/НИИ Атмосфера – С.-Пб.: «Библиотека Интеграла», 2010. – 137с.;
102. Петруцкий, А.А. Из истории озеленения Рязани 1960-1961г.г./ А.А. Петруцкий// Труды Рязанского отделения РБО. Вып. 3. Рязань, 2013 – С.94 –106;
103. Платонов, А.Е. Статистический анализ в медицине и биологии: задачи, терминология, логика, компьютерные методы / А.Е. Платонов – М.: Издательство РАМН, 2000. – 52с.;
104. Попова, О.В. Биоиндикация загрязнения атмосферы промышленного города (на примере г. Липецка): дисс... канд. геогр. наук: 25.00.36/ Попова Ольга Владимировна. – Воронеж, 2007. – 205с.;
105. Постановление Главы администрации Рязанской области от 3 марта 1994 г. № 128 «Об утверждении административных границ города Рязани и Солотчинского округа» [электронный ресурс]. – Режим доступа <http://base.garant.ru/> (Проверено: 03.11.2015);
106. Постановление Правительства Рязанской области от 28 октября 2009 г. № 301. «Об утверждении схемы территориального планирования Рязанской области» [электронный ресурс] – Режим доступа. – <http://www.regionz.ru> (Проверено: 03.11.2015);
107. Правила обеспечения благоустройства, чистоты и порядка в городе Рязани: утв. Решением Рязанского городского Совета от 22.01.2004г. №781 – [электронный ресурс] – Режим доступа. – <http://www.uslugi.admrzn.ru> (Проверено 03.11.2015);
108. Предварительные итоги Всероссийской переписи населения 2010 года: Стат. Сб. [электронный ресурс] /Росстат. М.: ИИЦ «Статистика России», 2011. – 87с. – Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/ (Проверено: 03.11.2015);
109. Природно-заповедный фонд – бесценное наследие Рязанщины: материалы международной конференции/ Под ред. М.В. Казаковой и Н.Н.Соболева. – Рязань: Изд-во РГУ им. С.А. Есенина, 2007.–138с.;
110. Пчелкин, А.В. Лихеноиндикационное картирование территории парка «Сокольники» / А.В.Пчелкин // Современные проблемы микологии, альгологии и фитопатологии. Сборник трудов Международной конференции (Москва, апрель 1998 г.). – М.: МГУ – 1998. – С. 379-380;
111. Пчелкин, А.В. Лихенологические исследования в Москве/ А.В. Пчелкин //Научные аспекты экологических проблем России: Труды II Всероссийской конференции – М.: 2006. – С.332–336;
112. Пчелкин, А.В. Популярная лихенология [Электронный ресурс] / А.В. Пчелкин. – М.: МГСЮН, 2006. – 36 с. Режим доступа: <http://www.lichenhouse.narod.ru/000/articles.files/book.pdf> (Проверено 03.11.2015);
113. Пчелкин, А.В. Распространение лишайников-эпифитов на территории России в естественных условиях и при антропогенном воздействии: дисс...

- д-ра биол. наук : 03.00.16/ А.В. Пчелкин; Институт глобального климата и экологии Росгидромета РАН. – Москва, 2002. – 267 с.;
114. Раменский, Л.Г. Избранные работы. Проблемы и методы изучения растительного покрова / Л.Г. Раменский. – Л.: Наука, 1977 – 334с.;
 115. РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы / Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. Министерство здравоохранения СССР. – М., 1991. – 78с.;
 116. Региональные нормативы градостроительного проектирования «Рекреационные территории населенных пунктов Рязанской области» [Электронный ресурс] : утв. Постановлением ГУ Архитектуры и градостроительства Рязанской области от 24 мая 2011 года N 7-01-33 –Режим доступа: <http://ryazan-gov.ru/cat/3/2011/5/24/page1> (Проверено: 03.11.2015);
 117. Романова, Е.В. Лишайники городов-спутников г. Новосибирска/ Е.В. Романова // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: Материалы всероссийской конференции (Петрозаводск, 22 – 27 сентября 2008 г.). Часть 2: Альгология. Микология. Лихенология. Бриология. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. – 349 с.;
 118. Руководство по комплексному мониторингу. – М., ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», 2013 – [электронный ресурс] – Режим доступа. – <http://downloads.igce.ru/publications/> (Проверено 03.11.2015);
 119. Рычко О. К. Мешков М. В. Вестник Оренбургского комплексная оценка экологического состояния атмосферы в районе расположения типового предприятия железнодорожного транспорта как основа формирования системы мониторинга загрязнения воздушной среды / О.К. Рычко, М.В. Мешков. – [электронный ресурс] – Режим доступа. – <http://cyberleninka.ru/article/> (Проверено: 03.11.2015);
 120. Самсель, Н. В. Растительность Приозерной Мещёры / М.В. Самсель //Тр. Окско-Мещёрской комплексной экспедиции биол.- почв. ф-та МГУ. Исследование природных условий сельского хозяйства Мещёрской низменности. М., 1961. –Т. 1. – С. 145-208.;
 121. Сионова, Н. А. Оценка экологического состояния атмосферной среды города Краснодара с помощью методов лишеноиндикации: автореф. дис...канд. биол. наук (03.00.16, 03.00.24)/ Наталья Анатольевна Сионова; Кубанский государственный университет. – Краснодар, 2006. – 21с.;
 122. Соболев, Н.А. Предложения к концепции охраны и использования природных территорий /Н.А. Соболев // Охрана дикой природы. 1999. – №3(14). – С.20-25;
 123. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2013г. /Ежегодник. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова», Росгидромет, 2014. – 276с. – [электронный ресурс] – режим доступа – <http://voeikovmgo.ru/ru/deyatelnost/publikacii> (Проверено 23.11.2015г.);

124. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2012г./ Ежегодник. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова», Росгидромет, 2013. – 247с. – [электронный ресурс] – режим доступа – <http://voeikovmgo.ru/ru/deyatelnost/publikacii> (Проверено 23.11.2015г.);
125. Стрельцов, А.Б. Региональная система биологического мониторинга качества (здоровья) окружающей среды в Калужской области / А.Б. Стрельцов// Проблемы региональной экологии. – 2012.– №6. – С.158-162;
126. Тихонова, И.О. Мониторинг атмосферного воздуха /В.В. Тарасов, Н.Е. Кручинина.– М.: ФОРУМ: ИНФА–М, 2007.–128с.;
127. Толпышева, Т. Ю. Видовой состав эпигейных лишайников Окского биосферного заповедника и особенности их распространения / Т.Ю. Толпышева, В.С. Барсуков, Н.В. Пелепец //Проблемы охраны и рационального использования природных экосистем и биологических ресурсов. Материалы науч.-практ. конф. Пенза, 1998. – С. 292-295;
128. Трасс, Х.Х. Лихеноиндикационные индексы и SO₂ / Х.Х.Трасс // Биогеохимический круговорот веществ в биосфере. – М., 1987. – С. 111–115;
129. Трифонова Т.А., Краснощеков А.Н. Оценка комфортности проживания населения во Владимирской области / Т.А. Трифонова, А.Н. Краснощеков// Вестн. Моск. ун-та, 2013 – том 5 – № 3 –С. 35-41;
130. Трифонова, Т.А. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях. / Т.А. Трифонова, Н.В. Мищенко, А.Н. Краснощеков — Академический Проект, 2005. — 352с.;
131. Трифонова, Т.А. Индикация атмосферного техногенного загрязнения по материалам космofотосъемки / Т.А. Трифонова, Е.П. Гришина, Н.В. Мищенко// Изв. РАН Сер.геогр. 1997. – №3. – С126-132;
132. Трифонова, Т.А. Оценка комфортности проживания населения во Владимирской области /Т.А. Трифонова, А.Н. Краснощеков // Вестн. Моск. ун-та Серия. — 2013. — Т. 5, № 3. — С. 35–41.
133. Трифонова, Т.А. Развитие лишайниковых сообществ в условиях городской среды / Т.А. Трифонова, В.В. Дюков// Проблемы региональной экологии, 2004 – № 1 – С. 11-20;
134. Трифонова, Т.А. Экологическая составляющая при кадастровой оценке урбанизированных территорий / Т.А. Трифонова, А.Н. Краснощеков // Проблемы региональной экологии, 2004, – №5 – С.37-50,
135. Трофимов, А.М., Кочуров, Б.И. Эколого-экономическое районирование как аспект управления состоянием региона / А.М. Трофимов, Б.И. Кочуров, Д.З. Кучерявенко, В.А. Рубцов // Ученые записки казанского государственного университета, 2008.– Т150.– с.125-140;
136. Урбанавичюс, Г. П. / Г.П. Урбанавичюс, Н.Е. Урбанавичене //Современное состояние биологического разнообразия на заповедных территориях России. Вып. 3. Лишайники и мохообразные.– М., 2004. – 235с.;

137. Федеральный закон от 10 января 2002 г. «Об охране окружающей среды» // СЗ РФ. – 2002. – №2. – Ст. 133.;
138. Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»: [Принят Гос. Думой 20 декабря 2001 г., с изменениями от 22 августа, 29 декабря 2004 г.] // Собрание законодательства РФ. – 2002. – N 2. – Ст. 133.;
139. Федоров, А.А. Жизнь растений : в 6 т./гл. ред. Чл. Корр. АН СССР, проф. М.М.Голлербах. – М.: Просвещение, 1997. – Т.3. – 487с.;
140. Фелленберг Г., Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию.: пер. с нем./Г. Фелленберг – М.: Мир., 1997. – 232с.;
141. Фельдман Ю.Г. Гигиеническая оценка автотранспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха/ Ю.Г. Фельдман. – М.: Медицина, 1975. – 160 с.;
142. Фронтасьева М.В. Биоиндикация и биомониторинг антропогенного загрязнения экосистем с использованием биогеохимических характеристик листьев древесных растений (на примере Тульской области)/ Горелова С.В. Волкова Е.В., Фронтасьева М.В. // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2015 – № 4. – С. 232-247;
143. Хлебосолов Е.И. Животный мир России. Рязанская область / Хлебосолов Е.И., Хлебосолова О.А., Ананьева С.И., Чельцов Н.В., и др. – М.: Вече, 2010. – 240с.;
144. Хомич, В.С. Городская среда: геоэкологические аспекты: монография / В.С. Хомич и др. – Минск: Беларус. Навука, 2013. – 301с.;
145. Цатуров Ю.С., Смирнова И.В. 50 лет. Как это было. Этапы. Итоги Доклад Росгидромет, ФГБУ «ГГО» [Электронный ресурс] <http://www.voeikovmgo.ru/> (Проверено 03.11.2015);
146. Цуриков, А.Г. Листоватые и кустистые городские лишайники. Атлас - определитель. / А.Г. Цуриков, О.М. Храмченкова Гомель: ГГУ, 2009. — 123с.;
147. Цыцура, А. А. Оценка экологической опасности автотранспортных средств на улицах промышленного города / А. А. Цыцура, О. В. Чекмарева // Экологический вестник России. – 2003. – № 4. – С. 39-44;
148. Цыцура, А.А. Теоретические основы комплексной оценки качества атмосферы улиц промышленного города/ А.А Цыцура. Е.А. Старокожева // Вестник ОГУ. – Оренбург, 2001. – №3 С.71-77;
149. Черепанов, С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР)./ С.К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья-95, 1995. – 992с.;
150. Шапиро И.А. Физиолого-биохимические изменения у лишайников под влиянием атмосферного загрязнения/ И.А. Шапиро // Успехи современной биологии, 1996 – Т.116. – №2. – с.158–171.;
151. Шапиро, И.А. Загадки растения-сфинкса. Лишайники и экологический мониторинг / Ирина Александровна Шапиро. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 80с.;

152. Шарыгина, И.О. О возможности использования критических уровней загрязняющих веществ, принятых в ЕС для различных типов растительности, в практике воздухоохранной деятельности РФ/ И.О. Шарыгина// Проблемы охраны атмосферного воздуха. Научные труды НИИ «Атмосфера», 2010 – с.64–75;
153. Air Quality Guidelines for Europe Second Edition // WHO Region. Public. European Ser. — 2000. — № 91. — 288 p.;
154. Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series no 91.— World Health Organization, Copenhagen, 2000.—P.252;
155. Augusto, S The contribution of environmental biomonitoring with lichens to assess human exposure to dioxins / Sofia Augusto, Maria João Pereira, Amílcar Soares, Cristina Branquinho // Journal: International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2007 – Vol. 210 – no. 3 – pp. 433-438;
156. Barkman, J. J. Phytosociology and Ecology of Cryptogamic Epiphytes./ J.J. Barkman, Van Gorcum and Company, N. V., Assen.— Netherlands, 1958. — P.628;
157. Cajo, J.F. A Theory of Gradient Analysis / J.F. Cajo, Ter Braak , I. Colin Prentice// Advances in ecological research, 2004.— Vol. 34.—P.236-278;
158. Cimini, D Integrated Ground-Based Observing Systems Applications for Climate, Meteorology, and Civil Protection/ Domenico Cimini, Guido Visconti and Frank S. Marzano – (Editors) Springer Heidelberg Dordrecht – London, 2010.— Part 2.— P.209-240;
159. Crandall, W.R. Controlling Industrial Pollution: The Economics and Politics of Clean Air. /Robert W. Crandall// Southern Economic Journal, 1984.— Vol. 51.— No. 2.— pp. 616-618;
160. Directive 2008/50/EC On ambient air quality and cleaner air. The European parliament and the council of the European Union, 2008 Available at: <http://eur-lex.europa.eu/> (Access date: 2.11.2015);
161. Faltynowicz, W The lichen flora as bioindicator of air pollution of Gdansk, Sopot and Gdynia / Faltynowicz Wieslaw, Izydorek Ireniusz, Budzbon Elzbieta // Monogr. bot.—1991.—№ 73.—P.3-52;
162. Geiser, L Using Lichens as Indicators of Air Quality on Federal Lands /L. Geiser, R. Reynolds // Arizona United States Department of Agriculture Forest Service Pacific Northwest Region.— Arizona, 2002. — P.58;
163. Goklany , I Clearing the Air: The Real Story of the War on Air Pollution./ Indur Goklany – Cato Institute – Washington, DC., 1999.— 316p;
164. Hawksworth, D.L., Rose, F. Qualitative scale for estimating sulfur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens/ D.L. Hawksworth, F. Rose // Nature (London).—1970.—№227.—P.145-148;
165. Kubin, E. A survey of element concentrations in the epiphytic lichen *Hypogymnia physodes* in Finland in 1985-86/ P.Kauppi, P.Antilla, K. Kenttämies // Acidification in Finland. —Berlin, 1990.—P.441-446;
166. Moberg R. The lichen genus *Physcia* and allied genera in Fennoscandia/R. Moberg // Symbolae Botanicae Upsaliensis. Uppsala, 1977.—T.22. —P.1-108;

167. Messer, J. J. An EPA program for monitoring ecological status and trends Environmental Monitoring and Assessment./ Jay J. Messer.//Environmental Monitoring and assesment– Springer,1991.– Part 17.– P.67-78;
168. Nimis, P.L., Monitoring with lichens: monitoring lichens /Pier Luigi, Christoph Scheidegger, Patricia Wolseley. – Kluwer Academic,Netherlands, 2002.– 424 p
169. Nordic Lichen Flora. Bohuslän5, Uddevalla, 1999. – Vol. 1. – 94 p.
170. Nordic Lichen Flora. TH-tryck AB, Uddevalla, 2002. – Vol. 2. – 116 p.
171. Purvis, O. W. The Liehen Flora of Great Britain and Ireland / O. W. Purvis, B. J. Coppins, D. L. Hawksworth at al. The British Lichen Society, 1994. – 710 p.;
172. Richardson, D.H.S. Pollution monitoring with lichens / D.H.S. Richardson. – Richmond, 1992. – P.79;
173. Santesson, R. Lichen-forming and lichenicolous fungi of Fennscandia / R. Santesson, R. Moberg, A. Nordin, T. Tonsberg & O. Vitikainen Museum of Evolution, Uppsala University, 2004. – 359 p.
174. Scott, M.G. Experiments and observations on epiphytic lichens as early warning sentinels of forest decline / M.G. Scott, T.C. Hutchinson//Biologic markers of air-pollution stress and damage in forests, 1989.– P. 205-215
175. Scott, M.G.The use of lichen growth abnormalities as an early warning indicator of forest dieback/ M.G. Scott, T.C. Hutchinson //Environmental monitoring and assessment, 1990.– Vol. 15. – P. 213-218;
176. Sernander, R. Stockholms natur / R. Sernander. Uppsala: Almquist & Wiksells, 1926.– 189 p.;
177. Silberstein, B.Z. Comparative studies on *Xanthoria parietina* , a pollution-resistant lichen, and *ramalina duriaei* , a sensitive species/ B.Z. Silberstein, S.M. Siegel, A. Siegel, A. Mukhtar, M. Galun // Lichenologist, 1996.–Vol. 28.– No. 4.– P. 367-383;
178. Sloof, J.E. National trace element air pollution monitoring survey using / J.E. Sloof, H.Th. Wolterbeck// Lichenologist.–1991.–№23.–P.139-165;
179. Wirt, V. The Lichens / V. Wirt Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH, 1995 – Vol. 1-2 .– P.1006.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ПРОТОКОЛ 1

Обследование интенсивности движения и состава транспортного потока на перегоне.

Контрольный пост:

Направление:

Полоса:

Начало обследования:

Окончание обследования:

Таблица 1

№ п/п	Время, час. мин.	Количество транспортных средств по типам			Интенсивность движения (авт/час)		
		легков.	груз.	автоб.	легков.	груз.	автоб.
Итого							

ПРОТОКОЛ 3

Обследование интенсивности и состава транспортного потока на перекрестке.

Название перекрестка

Наименование подхода

Начало обследования

Окончание обследования

Таблица 3

Время	Количество остановленных транспортных средств по типам и направлениям							
	РН 1			РН 2			РН 3	
Всего авт./час								

Приложение 2

Таблица 2.1 – ПВсс веществ, выбрасываемых в атмосферный
воздух г. Рязань

Вещества	Выброс т/г	ПДКсс	ПВсс	Место
1	2	3	4	5
диоксид серы	10 907,66	0,05	218153,2	1 57,03 %
оксиды азота	4 822,366	0,04	120559,15	2 31,5%
Свинец, его неорг. Соединения	5,511	0,0003	18370,0	3 4,85%
Бензол	722,976	0,1	7229,76	4 1,89%
Сероуглерод	321,994	0,05	6439,88	5 1,68%
Ксилол	447,443	0,2	2237,215	
Аммиак	69,52	0,04	1738,0	
Толуол	871,322	0,6	1452,2	
оксид углерода	4023.0	3,0	1341,67	
Фтористые соединения	3,514	0,005	702,8	
Бензин	31,706	0,05	634,12	
Стирол	12,41	0,02	620,65	
Сажа	30,463	0,05	609,26	
Сероводород	30,11	0,08	376,375	
Кислота серная по мол. Н ₂ SO ₄	34,855	0,1	348,55	
Этилацетат	28,301	0,1	283,01	
Углеводороды	256,0	1,0	256,0	
Формальдегид	0,765	0,003	255,0	
Бутилацетат	24,206	0,1	242,06	
Кислота уксусная	8,936	0,06	148,93	
Ацетон	45,165	0,35	129,04	
Нафталин	0,3	0,003	100,0	
Хром шестивалентный	0,146	0,0015	97,33	
Водород	8,872	0,2	44,36	

хлористый				
Меди оксид	0,695	0,02	34,75	
Марганец и его соединения	0,585	0,02	29,25	
Мышьяк, неорг. Соединения	0,073	0,003	24,33	
Никель металлический	0,024	0,001	24,0	
Акролеин	0,62	0,03	20,67	
Ванадия пятиокись	0,029	0,002	14,5	
Кислота азотная	1,569	0,15	10,46	
Спирт изопропиловый	3,195	0,6	5,32	
Фенол	2,301	0,5	4,6	
Хлор	0,07	0,03	2,3	
Ангидрид фталевый	0,02	0,1	0,2	
Метан	2,593	300,0	0,009	
Спирт метиловый	0,0011	0,5	0,0022	
Капролактамы (пары, аэрозоль)	0,003	10,0	0,0003	
Среднее значение			43826,6	
Итого:			382538,95	

Приложение 3

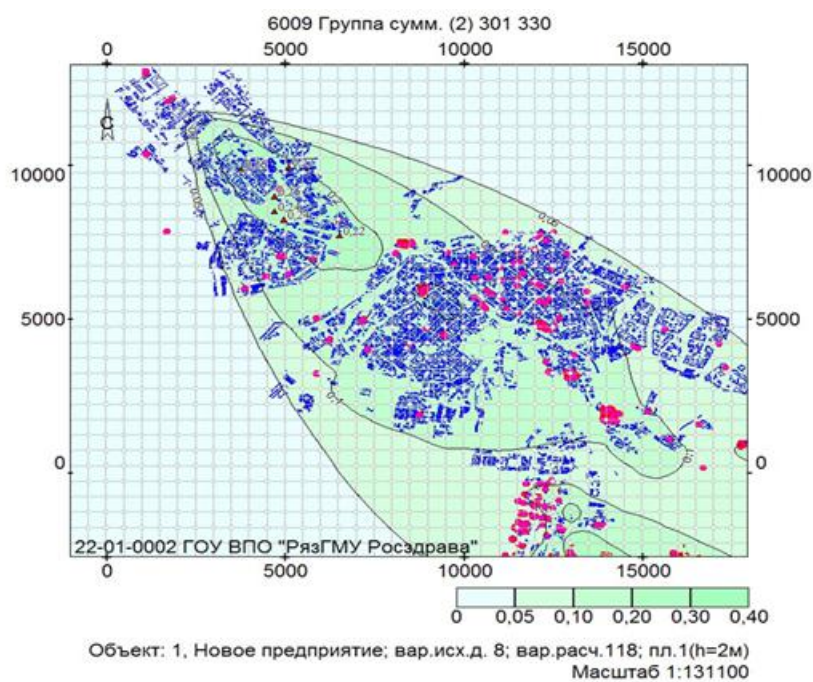


Рисунок 3.1. – Группа суммации диоксид серы, соединения свинца (СЗ, 0,5м/с) - лето 9 дней

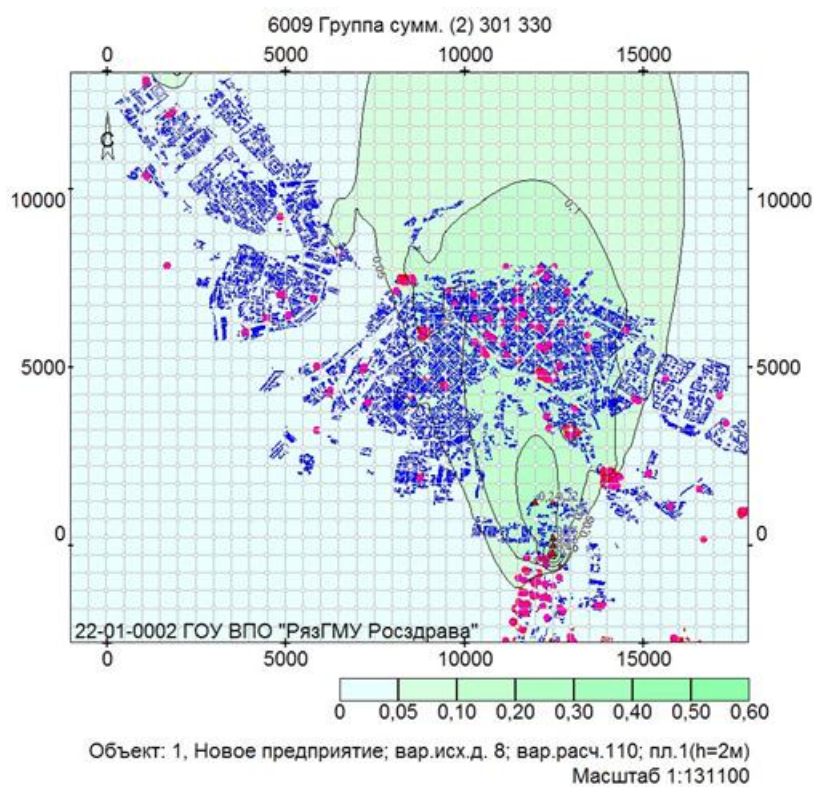


Рисунок 3.2. – Группа суммации 301,330 (ЮГ, 0.5 м/с)- лето 10 дней

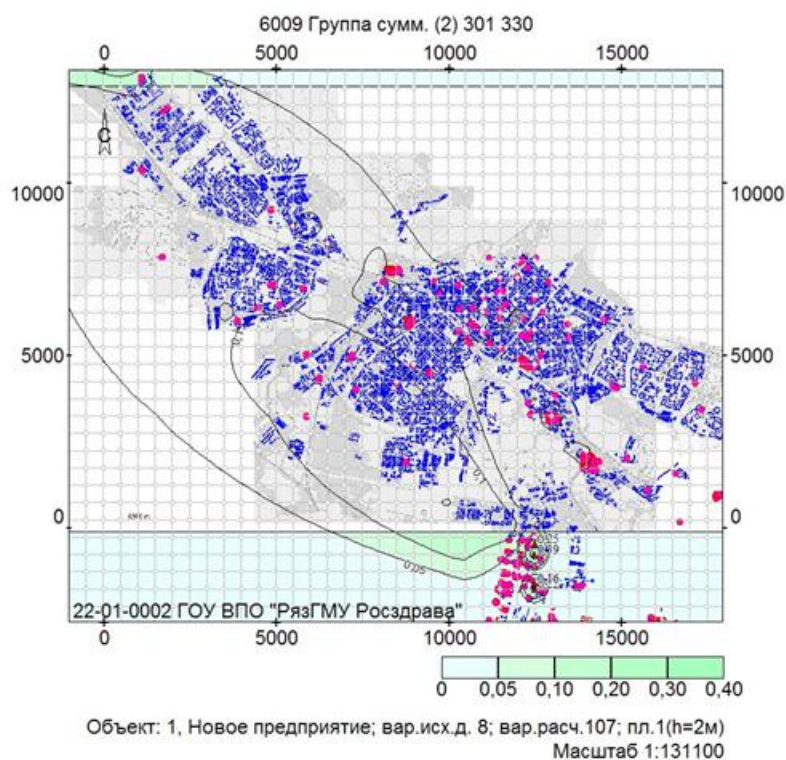


Рисунок 3.3 – Группа суммации 301,330 (ЮВ, 0.5 м/с) - лето 10 дней

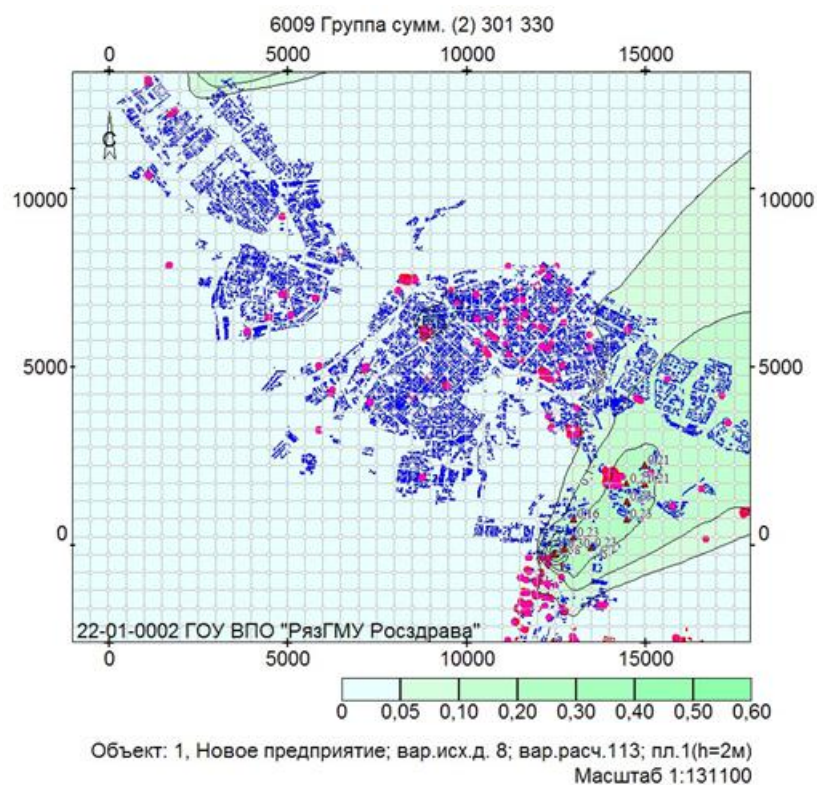


Рисунок 3.4 – Группа суммации 301,330 (ЮЗ, 0.5 м/с)- лето 11 дней

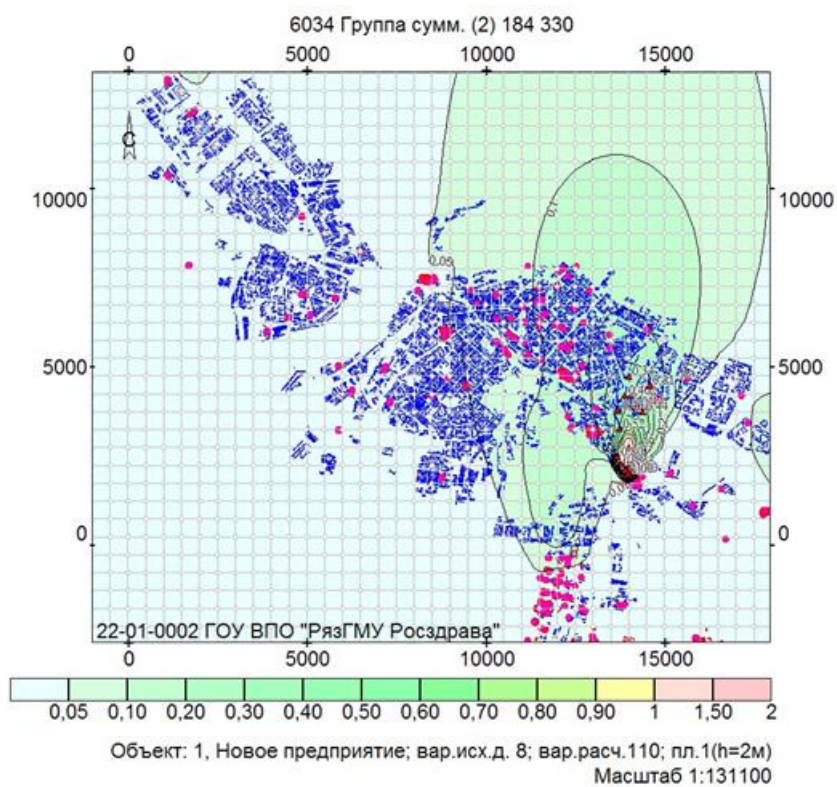


Рисунок 3.11 – Группа суммации 184,330 (ЮГ 0,5 м/с) - лето 10 дней

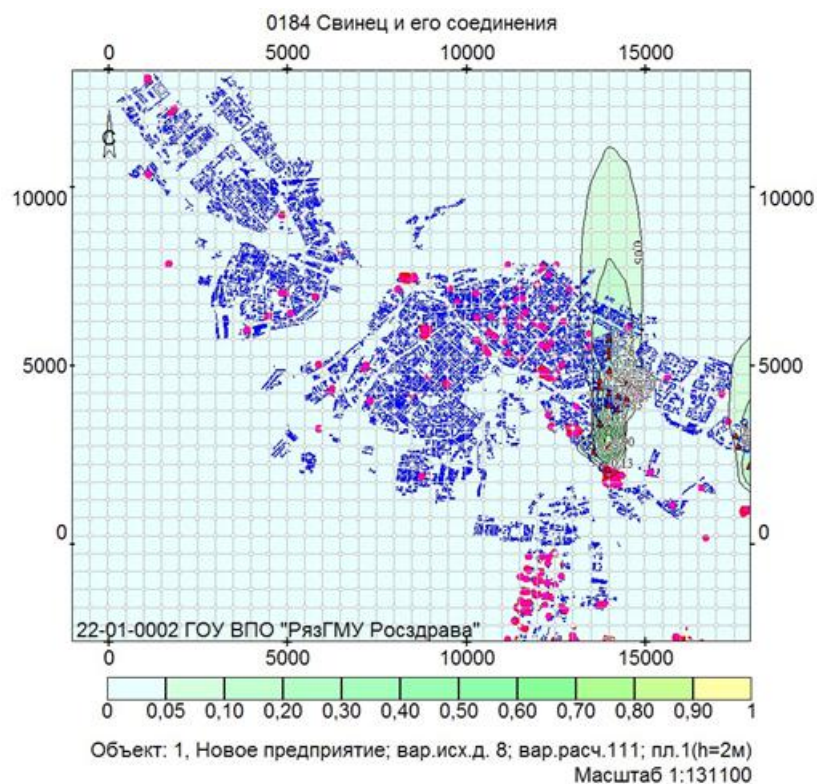


Рисунок 3.5 – Свинец (Юг, 3.5 м/с) - лето 16 дней

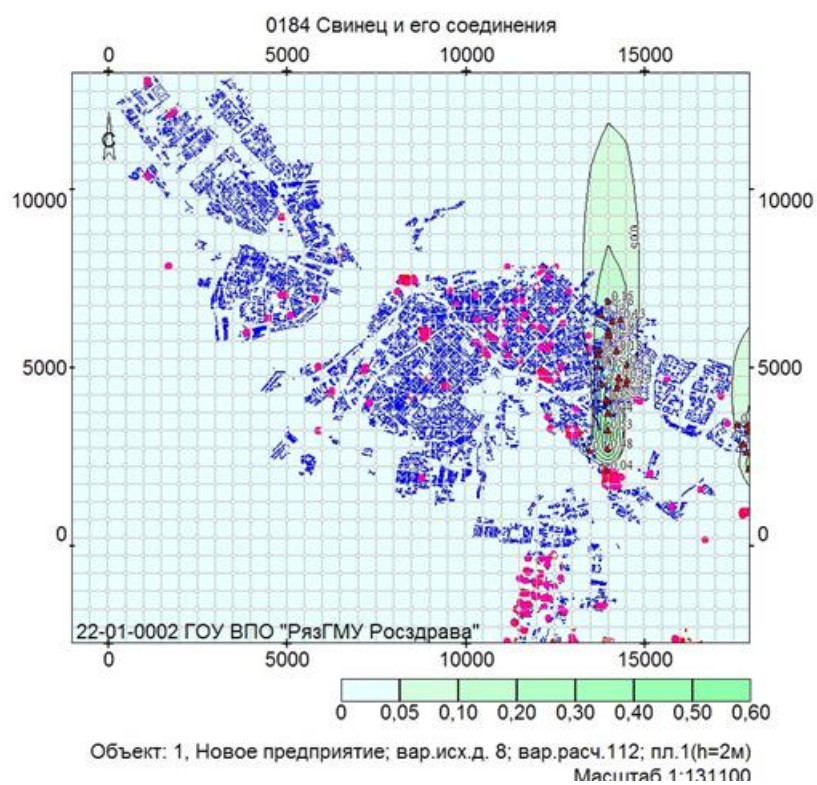


Рисунок 3.6 – Свинец (Юг, 7.5 м/с) - лето 2 дня

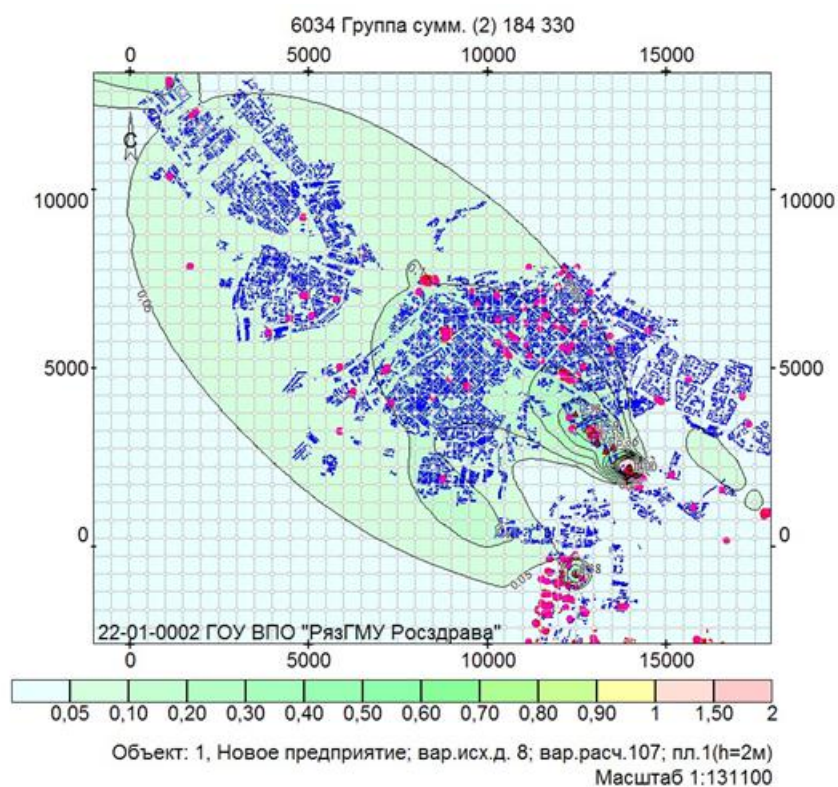


Рисунок 3.12 – Группа суммации 184,330 (ЮВ, 0.5 м/с) - лето 10 дней

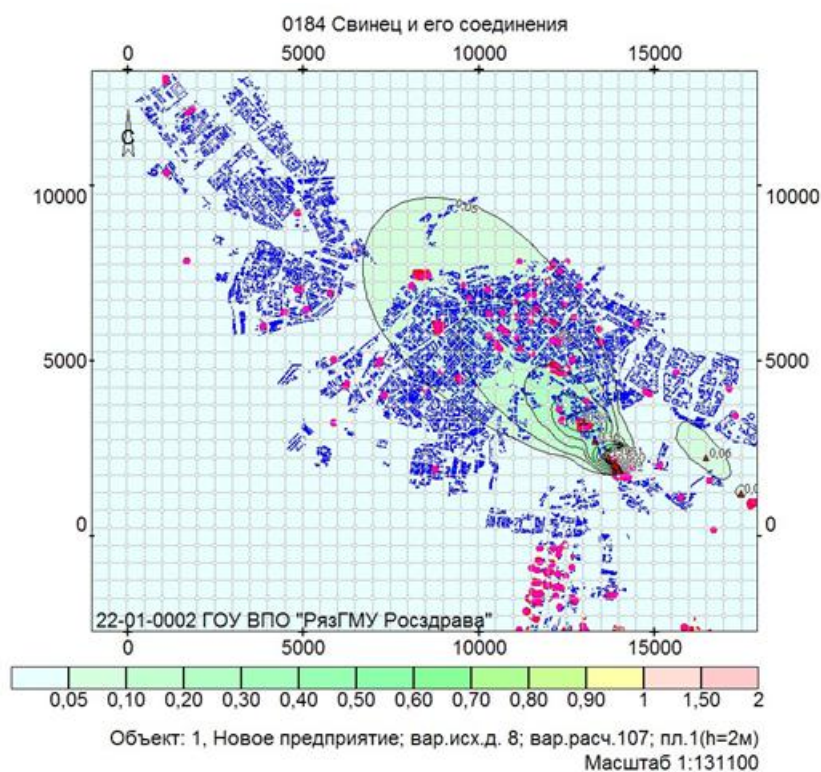


Рисунок 3.7 – Свинец (ЮВ 3,5 м/с) - лето 16 дней

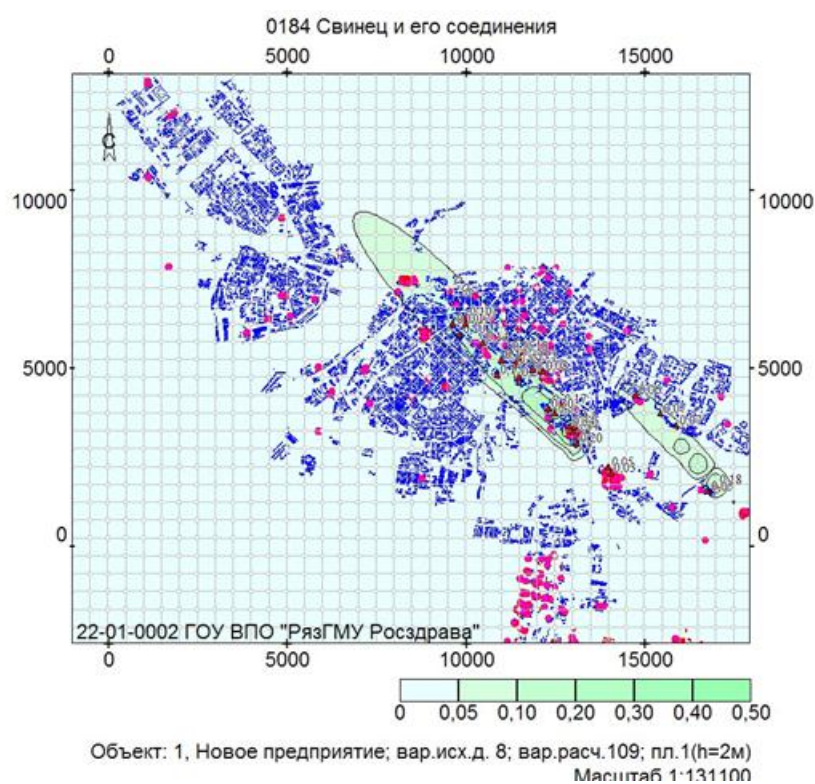


Рисунок 3.8 – Свинец (ЮВ 7,5 м/с) - лето 1 день

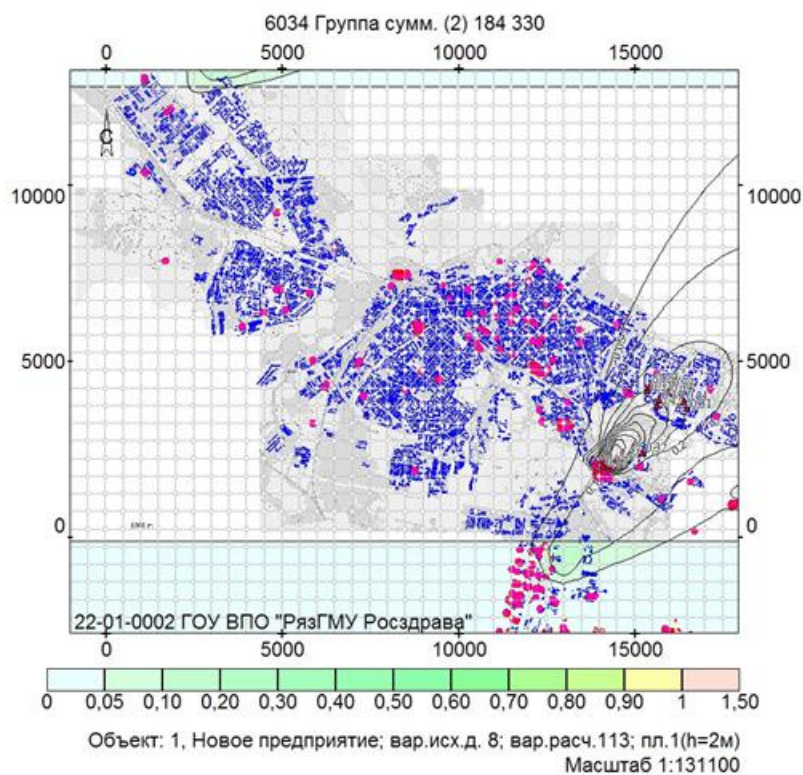


Рисунок 3.13 – Группа суммации 184,330 (ЮЗ 0,5 м/с)- лето 11 дней

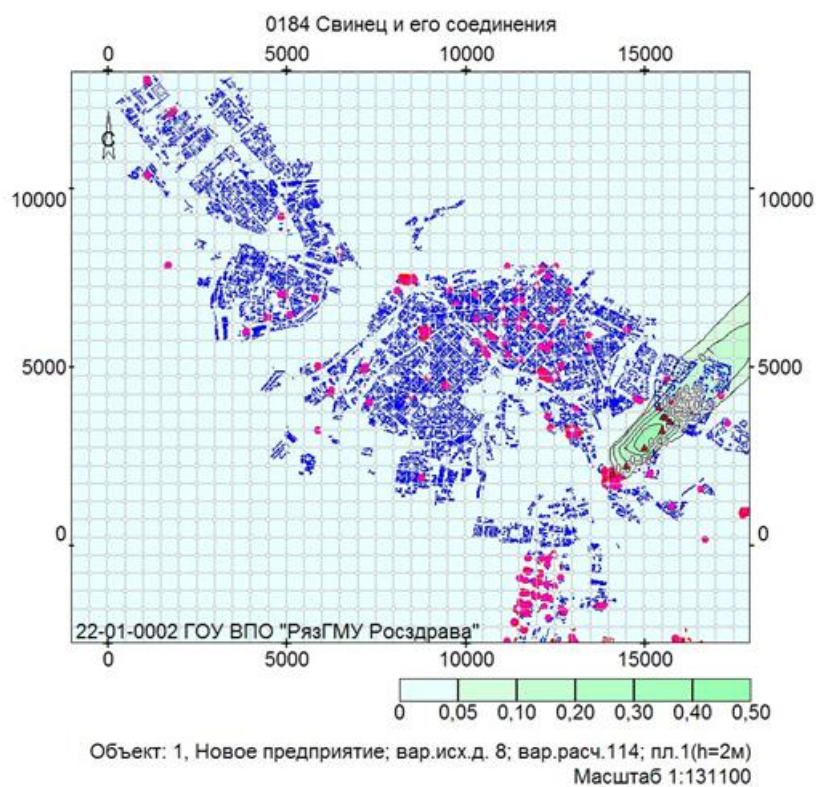


Рисунок 3.9 – Свинец (ЮЗ 3,5 м/с)- лето 18 дней

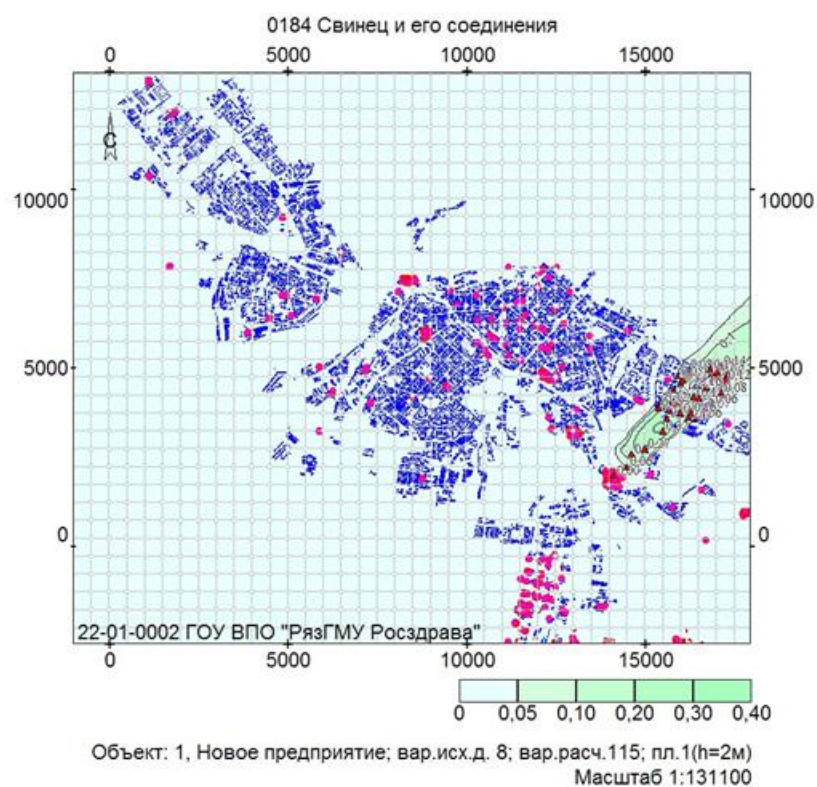


Рисунок 3.10 – Свинец (ЮЗ 7,5 м/с) - лето 5 дней

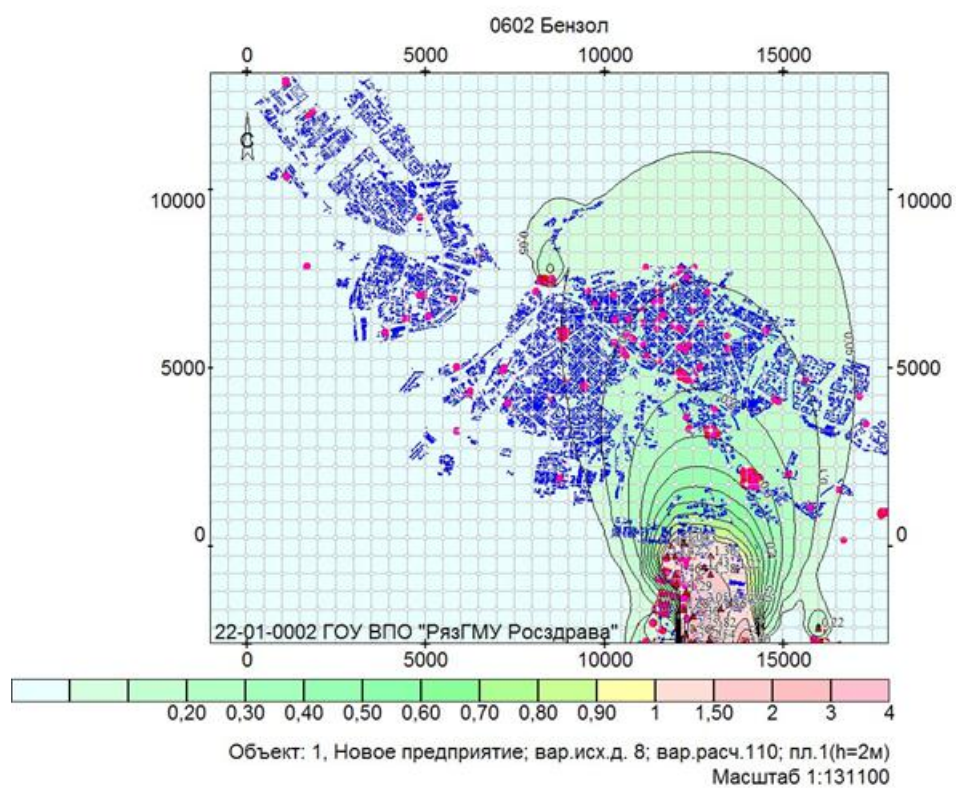


Рисунок 3.14 – Бензол (Юг 0,5 м/с) - лето 10 дней

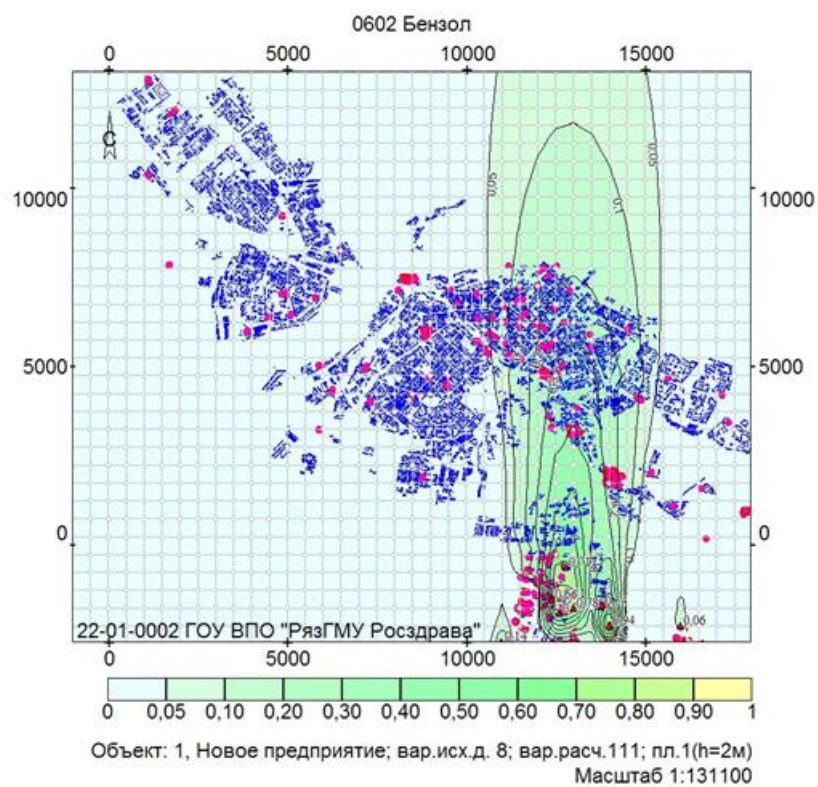


Рисунок 3.15 – Бензол (Юг 3,5 м/с) - лето 16 дней

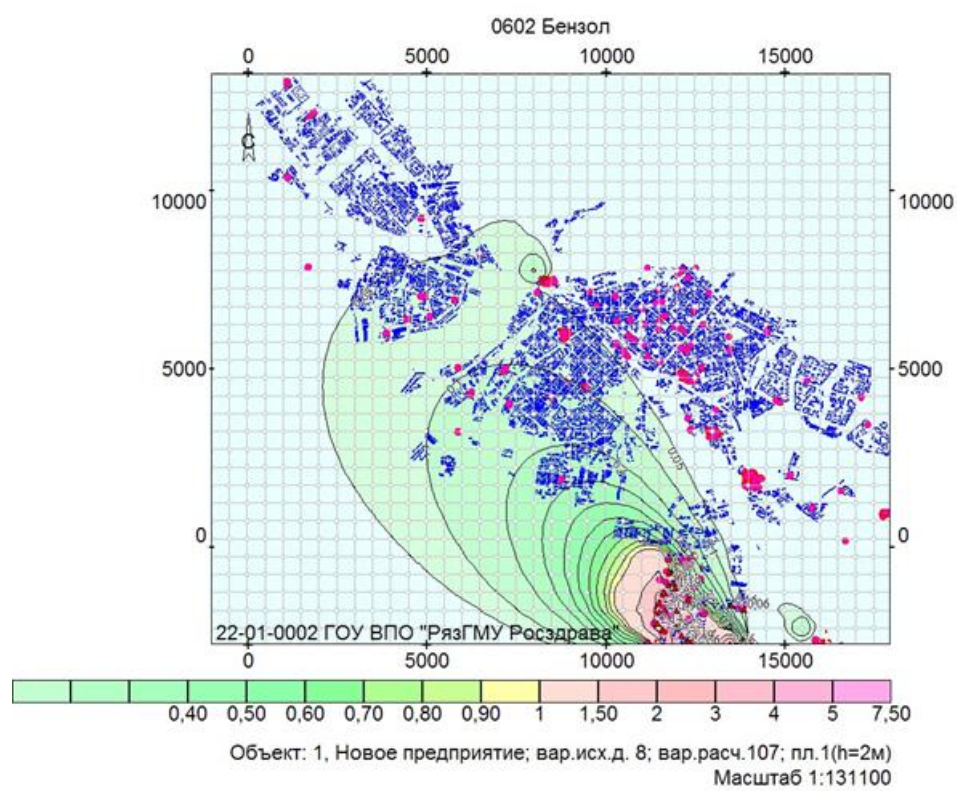


Рисунок 3.16 – Бензол (ЮВ 0,5 м/с) - лето 10 дней

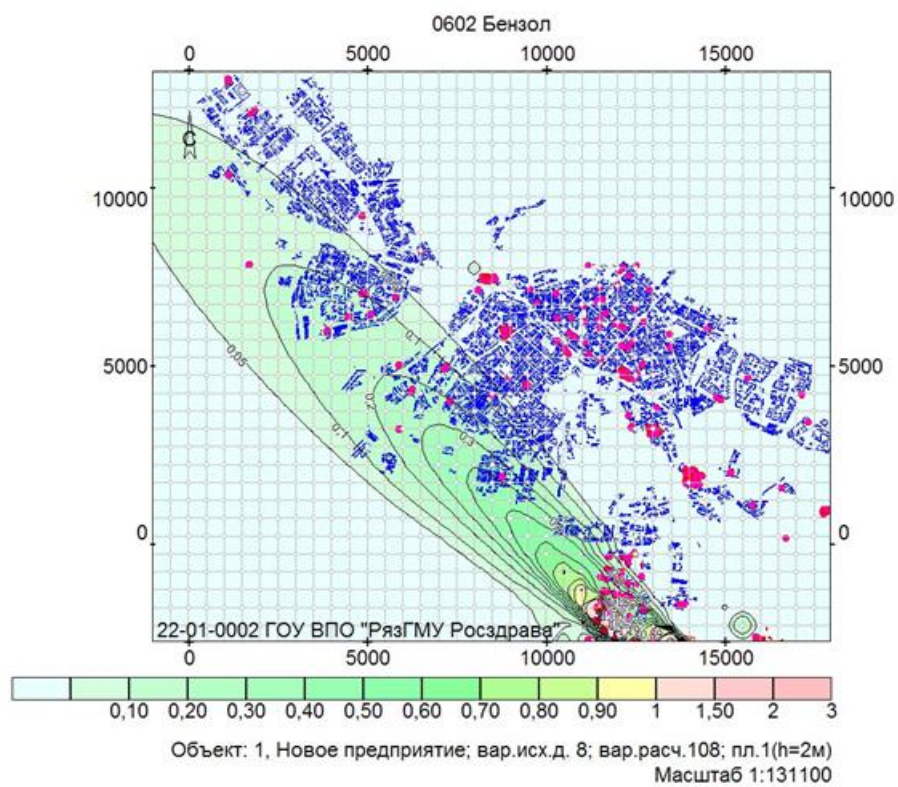


Рисунок 3.17. – Бензол (ЮВ 3,5 м/с) - лето 16 дней

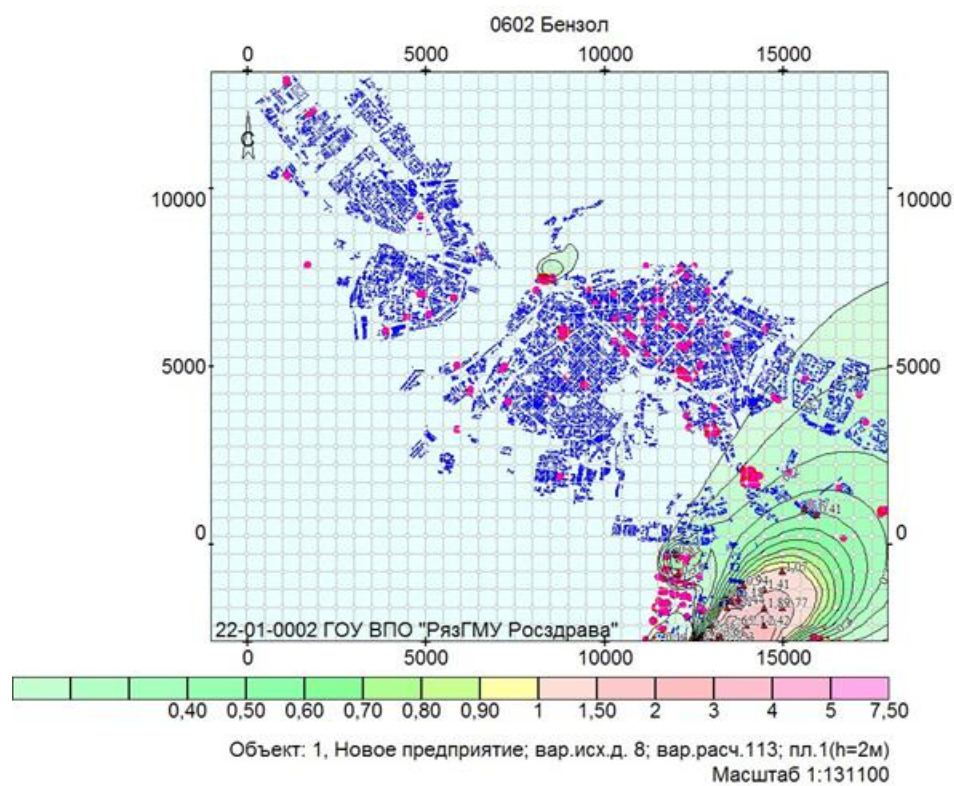


Рисунок 3.18 – Бензол (ЮЗ 0,5 м/с) - лето 11 дней