

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Брянский государственный университет им. академика И. Г. Петровского»

На правах рукописи

Сафранкова Екатерина Алексеевна

**КОМПЛЕКСНАЯ ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ ОБЩЕГО СОСТОЯНИЯ
АТМОСФЕРЫ УРБООЭКОСИСТЕМ**

Специальность 03.02.08 – экология (биологические науки)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Л.Н. Анищенко

Брянск 2014

Содержание

	Стр.
Общая характеристика работы	4
1 Аналитический обзор литературы	
1.1 Развитие метода лишеноиндикации и его прикладное значение.....	10
1.2 Лишеноиндикационные исследования компонентов сред обитания в урбоэкосистемах.....	17
2 Характеристика природных условий района исследования.....	23
3 Объекты, материалы и методы исследований	
3.1 Изучение лишенофлористического состава урбоэкосистем.....	34
3.2 Расчет синтетических лишеноиндикационных индексов.....	35
3.3 Лабораторно-химические и статистические методы исследования.....	39
4 Результаты лишеноиндикации сред обитания в городах Нечерноземья	
4.1 Лишенофлора городов и поселков городского типа Брянской и Орловской областей.....	43
4.2 Синтетические лишеноиндикационные индексы как основа экологического районирования городов и биоиндикации.....	54
4.2.1 Региональные коэффициенты полеотолерантности для расчета синтетических индексов.....	54
4.2.2 Лишеноиндикационные индексы для малых городов и поселков городского типа Брянской области.....	56
4.2.3 Лишеноиндикационные индексы и биомониторинг состояния атмосферы г. Брянска.....	59
4.3 Накопительная способность тяжёлых металлов лишайниками урбоэкосистем как индикационный признак	67
4.4 Комплексный подход к определению биоиндикационных качеств лишенобиоты антропогенно преобразованных территорий.....	87

Выводы практические рекомендации.....	99
Список литературы.....	102
Приложение.....	130

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Лихеноиндикация широко используется в биомониторинге состояния сред обитания, в том числе и в урбоэкосистемах, как приоритетное направление современных экотоксикологических и мониторинговых исследований (Бязров, 2002, 2005; Monitoring with lichens – monitoring lichens, 2002; Байбаков, 2002, 2003; Пчёлкин, 2003; Малышева, 2005, 2006, 2007; Шарунова, 2008; Баумгартнер, 2012).

Применение лишайников и их синузий в биоиндикации позволяет прогнозировать во времени уровень загрязнения, динамику качества окружающей среды, состояние компонентов сообществ, проводить крупномасштабное картирование территорий (Бязров, 2002; Скирина, Коженкова, 2005; Свирко, Страховенко, 2006). За последние 15 лет детально изучена лихенофлора крупных и малых городов Сибири, юга и северо-запада России, выявлены биоиндикаторы и показатели их биотического разнообразия, рассчитаны синтетические лихеноиндикационные индексы, проведено зонирование территории по степени загрязнения атмосферы (Бязров, 1998, 1998 а, 2007; Пауков, 2001; Закутнова, 2004; Кочергина и др., 2004; Мучник, 2004; Гелашвили и др., 2005; Скирина, 2005; Меркулова, 2006; Миннуллини, 2006; Свирко, 2006; Романова, 2008; Меденец, 2010; Гайдыш, 2012; Дунаева, 2012; Мандра, 2012; Романова, Седельникова, 2012 и др.). Совершенствование традиционных лихеноиндикационных методов вызвано необходимостью учета региональных условий, учета дополнительных экологических факторов, влияющих на отклик лихеноиндикатора в урбоэкосистемах, сочетания флористических, токсикологических и химических методик, а также анализ долговременных наблюдений.

Для городов староосвоенного региона России (Брянской и Орловской областей) особенно актуальны экомониторинговые исследования состояния атмосферы лихеноиндикационным методом с использованием эпифитных видов как наиболее чувствительных к загрязнению (Мартин, 1987; Инсаров, 2002; Крючкова, 2006; Бязров, Пельгунова, 2012). В этой связи комплексная

лихеноиндикация урбоэкосистем с применением количественных (объективных) и сочетанных методик открывает новые возможности мониторинговых оценок состояния атмосферы, разработки мероприятий по планированию городского развития.

Цель и задачи исследования. Цель исследования – провести оценку общего состояния атмосферы урбоэкосистем методом лихеноиндикации в динамическом аспекте на региональной основе (в Брянской и Орловской областях).

Для достижения этой цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Исследовать эпифитную лихенофлору малых и крупных городов Нечерноземья России, выявить перспективные биоиндикаторы и их информативные показатели на уровне популяций, видов.
2. Проанализировать динамику общего состояния атмосферы урбоэкосистем крупных и малых городов Нечерноземья России на основе синтетических лихеноиндикационных индексов.
3. Провести лихеноиндикационное зонирование и районирование территории урбоэкосистем и оценить уровень атмосферного загрязнения.
4. Установить роль лишайникового компонента экосистем в миграциях элементов группы тяжёлых металлов (ТМ) как биоиндикационный признак.
5. Обосновать систему лихеномониторинга на региональной основе.

Научная новизна и теоретическая значимость работы заключается в том, что:

1. Проведен комплексный анализ эпифитных лихенофлор малых и крупных населённых пунктов Брянской области в целях биомониторинга с выделением перспективных биоиндикаторов и лихеноиндикационных показателей для диагностики общего состояния атмосферы, групп видов, различных по чувствительности к общему состоянию атмосферы.
2. Разработаны лихеноиндикационные карты на основе синтетических индексов полеотолерантности и атмосферной чистоты за многолетний период

(18-летний) для урбоэкосистем Нечерноземья России, карты распространения ТМ.

3. На основе применения количественных методических подходов к анализу эпифитных лишеносинузий предложен лишайниковый индекс (L), не зависящий от индивидуальных коэффициентов полеотолерантности, показателей обилия-покрытия лишенобиоты в урбанизированной среде.

4. По отношению к элементам группы тяжёлых металлов (ТМ) дана оценка накопительным возможностям фоновых видов лишенофлоры урбоэкосистем.

5. Выявлены критерии для лишеноиндикационного зонирования территории малых и крупных городов Нечерноземья России.

Защищаемые положения.

1. Особенности видового состава, таксономических, экобиоморфологических и синузальных показателей эпифитных лишайников как основа лишеноиндикации в малых и крупных урбоэкосистемах.

2. Влияние экологического фактора общего состояния атмосферы городов на таксономические и накопительные особенности эпифитных лишайников по отношению к ТМ.

3. Методика оценки индивидуальной чувствительности эпифитных лишайников к общему атмосферному загрязнению.

4. Синтетические лишеноиндикационные индексы (индекс полеотолерантности, индекс атмосферной чистоты) и значения валовой концентрации ТМ в слоевищах – критерии для зонирования и районирования территорий урбоэкосистем.

5. Биомониторинг общего состояния атмосферы крупной урбоэкосистемы за 18-летний период.

Практическое значение. Результаты лишеноиндикационного зонирования и районирования территорий городов используются в работах специалистов, отвечающих за качество среды и здоровье населения, в оценке

антропогенной нарушенности природных комплексов, а также для целей биоиндикации и биомониторинга. Апробированные лишеноиндикационные методики, региональные коэффициенты полеотолерантности рекомендованы и включены в Регламент биомониторинга по обследованию территорий опасных техногенных объектов (объект 1204 Почепского района Брянской области) для выявления общего состояния атмосферы, движения загрязненных воздушных масс, зонирования территории. Полученные результаты изучения видового состава эпифитных лишайников использованы для составления региональных лишенофлористических списков, для уточнения экологии, географии и ареалов отдельных видов. Элементы лишеноиндикационных исследований апробированы в общеобразовательных учебных заведениях г. Брянска и Брянской области.

Личный вклад автора. Диссертация является результатом многолетних исследований. Автор разработала программу и методику экспериментов, провела обработку материала, сделала обобщение и анализ, сформулировала полученные выводы и провела публикацию результатов.

Соответствие содержания диссертации паспорту специальности, по которой она рекомендуется к защите. Проведенные исследования, соответствуют паспорту специальностей научных работников (по номенклатуре специальностей 2009 года), шифру специальности 03.02.08 – Экология, область исследования – факториальная экология (исследование влияния абиотических факторов на живые организмы в природных и лабораторных условиях с целью установления пределов толерантности и оценки устойчивости организмов к внешним воздействиям); популяционная экология (установление механизмов, лежащих в основе регуляции численности видов и обеспечивающих устойчивость популяции в изменяющихся биотических и абиотических условиях); прикладная экология (исследование влияния антропогенных факторов на экосистемы различных уровней с целью разработки экологически обоснованных норм воздействия хозяйственной деятельности человека на живую природу).

Связь с научными программами и плановыми научными исследованиями. Работа методом лишеноиндикации проводилась в соответствии с планом НИЛ «Мониторинга сред обитания» Брянского государственного университета по программе «Разработка региональных основ мониторинга», на основании областных целевых программ «Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов Брянской области (2012-2015 гг.), в соответствии с комплексом мероприятий Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» по экомониторингу районов объекта по утилизации химического оружия. Работы поддержаны внутривузовскими грантами БГУ № 48-И-ст (2012 г.), № 6-И-ст (2013 г.), грантом Губернатора Брянской области молодым ученым региона в номинации естественные науки № 01 (2012 г.).

Апробация работы. Результаты работы были доложены на 11 международных конференциях: «Экологическая безопасность региона» (Брянск, 2010, 2011, 2012, 2013), «Естественные науки: вопросы биологии, химии, физики» (Новосибирск, 2012), «Ломоносов 2013» (Москва, 2013), «Биология – наука XXI века» (Пущино, 2013), «Проблемы и перспективы развития науки в начале третьего тысячелетия в странах СНГ» (Переяслав-Хмельницкий, апрель 2013, июнь 2013), «Географические проблемы сбалансированного развития староосвоенных регионов» (Брянск, 2013), «Естественные и медицинские науки: актуальные проблемы и перспективы развития» (Киев, 2013); 4 Всероссийских конференциях: «Антропогенная трансформация природных экосистем» (Балашов, 2010), «Мониторинг биоразнообразия экосистем степной и лесостепной зон» (Балашов, 2012), «Экологические проблемы промышленных городов» (Саратов, 2013), «Молодежь и наука на севере» (Сыктывкар, 2013).

Внедрение результатов исследования в практику. Результаты многолетних исследований используются в практике высших учебных заведений при чтении курсов «Общая экология», «Биоразнообразие»,

«Экологический мониторинг», «Оценка воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на среду обитания и здоровье человека», «Экосистемное разнообразие», «Методы оценки биоразнообразия». Показатели лишеноиндикаторов используются для диагностики качества среды обитания в районе объекта по утилизации химического оружия в Брянской области, общего состояния экосистем мегаполисов (Акты о внедрении ГПБУ «Управление ООПТ по СВАО»: «Оценка состояния природной среды на основе лишенологических данных», «Блок биомониторинга в системе экоаналитических исследований на опасных техногенных объектах и в урбоэкосистемах»).

Сформированный гербарий эпифитной лишенофлоры передан на кафедру ботаники БГУ (BRSU). По результатам исследования зарегистрирована заявка на патент «Индекс лишеноиндикации» (2013 г.) № 2013146151 (ФИПС).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 25 печатных работ, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендуемых Перечнем ... ВАК РФ, глава в рецензируемой монографии.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 204 страницах компьютерного текста и включает общую характеристику работы, 4 главы, выводы, практические рекомендации, библиографический список и 9 приложений. Основной текст диссертации изложен на 129 страницах машинописного текста, приложение – на 76 страницах. Список используемых литературных источников насчитывает 256 наименований, в том числе 56 – на иностранных языках. Текст иллюстрируют 21 таблица и 106 рисунков.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам экоаналитического отдела РЦЭК и М по Брянской области за помощь в проведении химических исследований образцов эпифитных лишайников на содержание ТМ.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Развитие метода лишеноиндикации и его прикладное значение

Биоиндикационные исследования сред обитания на антропогенно преобразованных и естественных территориях с использованием перспективных биоиндикаторов лишайников – одно из основных направлений биоэкомониторинга в том числе и урбоэкосистем (Monitoring with lichens – monitoring lichens, 2002). Эти исследования имеют научное значение в области инвентаризации биоразнообразия и прикладное – по оптимизации планирования территориального развития, разработки материалов по оценке воздействия на среды обитания и человека, экологической экспертизе (Barkman, 1958; LeBlanc, De Sloover, 1970; Lichens as bioindicators of air quality, 1973; LeBlanc, Rao, 1973 b, 1975; Air pollution and lichens, 1973; Martin, 1974; Lawrey, Hale, 1980; Мартин, 1982, 1987; Beckett, Brown, 1984, 1984 а; Трасс и др., 1987; Wittig, 1993; Пчёлкин, 2002, 2003, 2005; Миннуллина, 2006 и др.).

Лишеноиндикация базируется на учете индивидуальной чувствительности эпифитных (эпилитных, эпиксильных) лишайников, на диагностике онтогенетической структуры популяций фоновых видов, показателей лишенофитных сообществ (Мартин, 1982 а). Для возможности проведения сравнительной характеристики мониторинговых данных необходимо применять единые качественные и количественные методики, способы лишеноиндикации с учетом региональных особенностей используемых параметров, а также биоиндикаторов (Мартин и др., 1978). Лишеноиндикация в своем развитии прошла этапы аут-, дем- и синэкологических исследований.

При зарождении лишеноиндикации специалистами выявлялись специфические особенности строения лишайников, морфологические особенности по которым можно диагностировать изменение условий среды (Голубкова, 1977 а, 1977 б; Lawrey J.D., Hale M.E., 1977; Мартин, 1982; Трасс и др., 1987; Scott, Hutchinson, 1989, 1990; Михайлова, 2005). Указывалось на

наличие некрозов, депигментации слоевищ лишайников, отсутствие плодовых тел (Шапошникова, 1981; Инсарова, 1982, 1983; Михайлова, Воробейчик, 1995). Сформировалось понятие об эколого-субстратных группах лишайников, выделена перспективная для биоиндикационных исследований эпифитная форма (Голубкова, 1977 б; Инсарова, 1982; Мартин, 1982 а; Dobben, Braak, 1999; Инсаров, 2002; Пчелкин, 2002).

Дальнейшая работа лихенологов позволила установить лимитирующие экологические факторы на распространение эпифитов, которые учитывались при анализе полевого материала. В настоящее время, подтверждено ведущее влияние кислотности коры и вида форофита на распространение лишайников помимо общего загрязнения среды (Pakarinen, 1981; Нильсон, 1982; Нильсон, Мартин, 1982; Martin, Coughtrey, 1982; Nash et al., 1991; Михайлова, Воробейчик, 1995; Отнюкова, Крючкова, 2001, 2003; Крючкова, 2006). Также для лишайников определяющее значение имеет характер микрорельефа, пористость, влагоемкость, химический состав, буферная емкость субстрата.

Один из основных лихеноиндикационных признаков – изменение физиологических особенностей видов, адекватно реагирующих на изменение качества окружающей среды (Sundstrom, Hallgren, 1973; Huebert et al., 1985; Трасс Х.Х., 1987; Шапиро, 1991, 1993, 1996; Бязров Л.Г., 1992, 1998, 2002; van Dobben, 1993; van Dobben, de Bakker, 1996; Loppi, Bonini, 2000; Петренко, Фещенко, 2010). Чувствительность лишайников к загрязнению воздуха связана с тем, что они поглощают воду и растворенные в ней вещества всем слоевищем ни сколько из субстрата, сколько из атмосферы и сохраняют поллютанты в организме в течение всей жизни и даже после отмирания (Трасс, 1973; Brown, 1978; Brown and Brown, 1991).

Общепризнанно, что среди загрязнителей наиболее опасны для них кислотообразующие загрязнители (Skye, 1968; Hawksworth, Rose, 1970; LeBlanc, Rao, 1975; Нильсон, 1982, 1989; Нильсон, Мартин, 1982; Инсарова, 1982; Santamaria, 1997; van Herk, 2001 и др.). Вместе с тем, степень воздействия кислых загрязнений может зависеть от природы субстрата, а

также от состава и соотношения сопутствующих загрязнителей, которые могут усиливать или нейтрализовать действие друг друга.

Трансплантационные методы лишеноиндикации позволяют организовать полевые исследования морфологических изменений слоевищ и подтвердить биоиндикационные признаки у видов (Мартин, 1970; Le Blank, De Sloover, 1973 a; Sechting, Jonsen, 1978; Трасс, 1985 a; Palomaki et al., 1992; Бязров, 2002).

В конце 19 века зародилось особое направление лишеноиндикационных изысканий – лишенометрия, по которой на основе скорости прироста слоевищ диагностировались временные рамки тех или иных событий и возраст субстрата (Beschel, 1958; Мартин, 1970 Никонов, Шебалина, 1986; Галанин, 1995). С помощью радиоуглеродного метода датировки установлено, что лишайники относятся к медленно растущим организмам. Прирост их таллома при благоприятных условиях колеблется в зависимости от вида от 1 до 8 мм в год (Гарибова и др., 1978). При этом листоватые и кустистые лишайники растут быстрее, чем накипные. Лишенометрия позволяет определить возраст субстрата произрастания лишайников и установить изменения среды (Мартин, 1970).

К аутэкологическому направлению в области лишеноиндикации отнесена группа работ с применением химическим и физико-химическим методам исследований для выявления накопления поллютантов: элементов группы тяжёлых металлов (ТМ), радионуклидов (Мартин, 1985; Puckett, 1988; Нильсон, 1989; Нифонтова и др., 1981; Нифонтова, Куликов, 1981; Нифонтова, Алексашенко, 1982; Richardson, 1995; Нифонтова, 1998, 1998 а, 2000, 2003; Страховенко и др., 2005; Свирко, Страховенко, 2006). Для применения лишайников на уровне отдельных особей группировок (смешанных образцов) в биоиндикации ТМ в средах обитания предполагается изучение локализации поллютантов в слоевищах, динамики их поглощения в зависимости от сопутствующих факторов внешней среды, вида лишенобиоты, особенностей форофита (древесного субстрата для эпифитных форм). Одно

из направлений – изучение накопительной способности лишайников по отношению к поллютантам трансграничного распространения, а также радионуклидов на территории антропогенно преобразованной и в естественных экосистемах.

М.Г. Нифонтовой выяснено современное содержание радионуклидов в слоевищах лишайников ООПТ Урала, расположенных в местах, удаленных от локальных источников химических и радиоактивных загрязнений (Нифонтова, 2007). Отмечено, что современная концентрация ^{90}Sr не превышает 80–90 Бк/кг, а ^{137}Cs – 280 Бк/кг, что является фоновым значениями для данной территории. Однако зарегистрировано некоторое повышение содержания радионуклидов после катастрофы на ЧАЭС 1986 г. в результате трансграничного переноса.

Многочисленные работы отечественных и зарубежных авторов посвящены исследованию содержания ТМ в слоевищах фоновых модельных видов лишайников урбоэкосистем и естественных сообществ. Авторами внедрены два способа использования эпифитных форм лишайников как мониторов: способ лишеноиндикации и способ диагностики накопления ТМ слоевищами (Золотарева и др., 1981; Garty, 2001; Бязров, Пельгунова, 2012). В экосистемах различного происхождения установлены коэффициенты биоконцентрирования и биофильности для различных микроэлементов, ТМ, а также для лишайников, являющихся промышленным лекарственным сырьем, и выявлена роль лишайников в эколого-геохимической индикации состояния среды обитания (Hawksworth, 1970; Haas et al., 1998; Аржанова, Скирина, 2000; Валеева, Московченко, 2000; Rudnick, Gao, 2003; Вершинина и др., 2009).

Показано, что концентрационные возможности эпифитной и частично эпигейной лишенофлоры выше, чем у сосудистых растений (Вайнштейн, 1982; Lawrey, Hale, 1981). Эти физиологические особенности лишайников объяснены значительной продолжительностью жизненных циклов, большой площадью поверхности поглощения поллютантов из-за рассечения слоевищ

листоватых (и кустистых) форм, отсутствием плотных покровов, органов газо- и водообмена (Gilbert, 1970; Трасс, 1985; Мартин, 1987; Андерсон, Трешоу, 1988; Nash, Boucher, 1989; van Dobben, Braak, 1999).

Зарубежные лихенологии и токсикологи изучили особенности накопления отдельных физиологически доступных форм и видов ТМ в эпифитных лишайниках, выделили чувствительные виды, установили видовые особенности накопления ТМ лихенобиотой (Goyal, Seaward, 1981, 1982 a, b; Hale, Lawrey, 1985; Garty, 1993, 2001; Wells et al., 1995; Improving the use of lichens., 1999).

Анализ закономерностей аккумуляции эпифитными лишайниками тяжёлых металлов из аэротехногенных выбросов проведен для Северного Урала И.П. Шаруновой (2008). Для модельного эпифитного вида *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. специалистом выявлены факторы, способствующие концентрации ТМ: уровень токсической нагрузки для территорий, высота расположения слоевищ на форофите, возраст слоевища. Не обнаружено однозначной связи между аккумулятивной способностью видов лишайников и степенью их чувствительности к атмосферному загрязнению. Э.И. Валеева, В.Д. Московченко (2000) для Севера Западной Сибири выявили соответствие фоновым значениям концентрации микроэлементов в слоевищах лишайников вблизи разработки месторождений углеводородного сырья (Валеева, Московченко, 2000).

Индивидуальные особенности накопления лишайниками в слоевищах поллютантов использованы для картирования зон загрязнения в урбоэкосистемах, а также в естественных сообществах с последующим зонированием территории (Мартин, 1974; Мартин и Мартин, 1974 а; Мартин, Трасс, 1974; Мартин, 1976, 1978; van Herk, 1999; van Herk et al., 2002). Это прикладное использование химико-токсикологических исследований лишайников – основа мониторинговых исследований изменения состояния сред обитания, в основном атмосферы.

Демэкологические исследования лишайников ознаменовали исследования популяций видов и их сравнительная характеристика на фоновых и антропогенно преобразованных территориях. В последние десятилетия развиваются подходы к диагностике состояния среды по структуре популяций эпифитных лишайников: анализ индивидуальных талломов и анализ их группировок на стволах деревьев-форофитов (субпопуляций). По сравнению с анализом индивидуальных талломов, исследования структуры субпопуляций позволяют дать более обоснованную оценку успешности процесса роста популяции (то есть успеха колонизации новых местообитаний), выявить слабые звенья в жизненном цикле вида, выдвигать гипотезы о степени генетической гетерогенности талломов, населяющих один ствол.

Особое направление – анализ онтогенетической структуры популяций эпифитных и эпигейных лишайников и определение их жизненности. Выявление виталитета и онтогенетического спектра особей популяции позволило оценить влияние экологических факторов на развитие конкретных лишенобионтов в различных условиях. Микроразличия условий местообитания лишайников – условия для изменения роста и развития лишайников, в том числе и в онтогенезе. Результат демэкологических лишеноиндикационных исследований – создание атласов для определения онтогенетического возраста лишайников и диагностика качества среды (Суетина, 2001; Суетина, Ямбердова, 2010; Суетина, Глотов, 2010). Доказано, что изучение популяционных структур эпифитных лишайников – трудоемкий метод диагностики состояния среды. Аналогичные результаты могут быть получены при использовании традиционных методов лишеноиндикации. Выявлено изменение онтогенетической структуры: «омоложение» модельных видов лишайников, вызванное токсическим загрязнением среды (Михайлова, Воробейчик, 1999).

Исследования численности и структуры популяций лишайников в разных экологических условиях могут пролить свет на причины субстратной

и фитоценотической приуроченности лишайников (LeBlanc, Rao, 1966, 1972; Kauppi, Mikkonen, 1980; Gauslaa, 1997; Rhoades, 1983), а также на популяционные механизмы устойчивости/чувствительности лишайников к техногенным нагрузкам (Михайлова, Воробейчик, 1999; Суетина, 2001).

В синэкологических исследованиях, развивающихся в настоящее время, широко используются сведения о синузальном сложении лишайникового покрова, описываются сообщества эпифитных и эпилитных лишайников. Предложены лишеноиндикационные признаки биоразнообразия: число видов, обилие, встречаемость, охватывающие альфа- и бета разнообразие сообществ (Мэгарран, 1992). Экологическую структуру лишайниковых синуз и сообществ широко используют за рубежом и в России, в основном для оценки состояния воздушной и почвенной сред обитания (van Dobben, Ter-Braak, 1999; Бязров, 2002 и др.).

На основе полевых описаний собирается информация для вычисления синтетических индексов (Бязров, 2002). Наиболее часто используются индексы полеотолерантности, на основании которых проведено картирование территории многих городов России (Трасс, 1968).

В то же время началась разработка экологических лишеноиндикационных шкал, которые позволяли проводить количественную биодиагностику. Такие количественные шкалы в лишеноиндикации позволили учитывать индивидуальные особенности биоиндикаторов, связать их состояние с концентрациями загрязнителей в средах обитания (атмосфере). С 60-х годов XX века предложено не менее десяти шкал чувствительности видов лишенобиоты для диагностики общего состояния атмосферы (Трасс, 1968, 1985; Мартин, Мартин, 1974; Pakarinen, 1981 а; Инсарова, Инсаров, 1989; Бязров, 2002; Красногорская и др., 2004 и др.). Эти шкалы учитывали индивидуальные реакции видов на атмосферные загрязнения, в основном на оксид серы (IV).

Одна из основополагающих работ в России по установлению шкал токсифобности (толерантности по Х.Х. Трассу, 1968) проведена в

Нижегородской области для 101 вида эпифитных лишайников с учетом частоты их встречаемости в различных по степени загрязнения местообитаниях (Гелашвили и др., 2005). Авторами применены корректные методы исследования для выявления индивидуальной чувствительности лишеноиндикаторов, учета сопутствующих экологических факторов распространению эпифитных видов, зонирована территория мегаполиса.

Для территории Средней России (Брянской и сопредельных областей) также предложены лишеноиндикационные шкалы, на основе которых рекомендовано вести расчет индексов полеотолерантности и осуществлять мониторинговые исследования общего состояния атмосферы любой экосистемы, выполненные методом не прямой линейной ординации (Анищенко, 2001, 2012).

Таким образом, для лишеноиндикационной оценки антропогенного загрязнения урбанизированной территории используют широко распространенные методики: на основе изучения химического состава слоевищ (Аржанова, Скирина, 1997; Мейсурова и др., 2007; Meisurova et al., 2009, 2010 и др.); анализ распределения антропогенного загрязнения во времени при наличии исторических данных о видовом составе лишенофлоры территории (Блюм, Тютюник, 1989; Бязров, 1992, 1996; Малышева, 1993); синтетические индексы, отражающие степень антропогенного загрязнения атмосферного воздуха (Баумгертнер, 2012; Криворотов и др., 2000; Пахомов, 1996 и др.), трансплантационные методики (Крючкова, Григорьев, 2002; Крючкова, 2006; LeBlanc, Rao, 1973; Palomki et al., 1992 и другие).

1.2 Лишеноиндикационные исследования компонентов сред обитания в урбоэкосистемах

Выявление видового состава лишенобиоты и изучение её эколого-географических особенностей – важная задача прикладных экологических исследований, направленных на повышение точности, информативности биомониторинговых исследований. Городская лишенофлора и лишайниковые

синузии – надежные биоиндикаторы состояния сред обитания урбанизированных территорий (Лийв, 1988; Малышева, 1999; Бесполитова, Кавеленова, 2001; Бязров, 2002; Малышева, 2005; Антипина, 2013).

За последние 50 лет хорошо изучен видовой состав крупных городов и городских агломераций России: Москвы (Бязров, 1994, 2002), Санкт-Петербурга (Малышева, 1998, 2003), Казани (Голубкова, Малышева, 1978), Екатеринбурга (Пауков, 2001), Астрахани (Закутнова, 2004), Архангельска (Кочерина, Лобанова, 2004), Находки (Скирина, Коженкова, 2005), Краснодара (Сионова, 2006), Воронежа (Мучник, 2004), Элисты (Стаселько, 2007), Пензы (Дунаева, 2012), Новосибирска (Свирко, 2006; Романова, Седельникова, 2010), Оренбурга (Меркулова, 2006), Казани (Байбаков, 2003). Все авторы выделяют относительно обедненный состав лишенофлоры урбозкосистем, включающий в основном от 40 до 200 видов различных экологических групп. В связи с этим подавляющее число работ в области лишеноиндикации носит регионально-флористический характер, что немаловажно для повышения степени изученности лишенобиоты, раскрытию возможностей применения ее для диагностики качеств сред обитания.

Фундаментальная работа, выполненная по исследованию лишенофлоры урбозкосистем бореальной зоны, представлена Н.В. Малышевой (2005). Доказано значительное видовое богатство и разнообразие городских урбанофлор, которое отражает географические особенности региона (зональность растительности) и специфику городских условий. Лишенобиота городов бореальной зоны представлена 604 видами лишайников из 162 родов, 54 семейств и 13 порядков. По количественному составу флора лишайников 107 изученных городов включает более половины видов Европейской части России (55%). Большая часть лишайников принадлежит к накипным формам, роль листоватых и кустистых форм равнозначная (Бязров, 2002).

Позднее Н.В. Малышевой (2007) представлен полный обзор биоморфологического и эколого-субстратного анализа лишенофлоры городов бореальной зоны, где указывалось на заселение лишайниками разнообразных

субстратов, в том числе и отсутствующих в природе, занятию ими различных экологических ниш (Малышева, 2007).

М.В. Баумгартнер (2012) проведена инвентаризация лишайников в 19 административных районах Кузбасса, где отмечена динамика лишайнофлоры крупных городов, дан анализ ее таксономической, географической и популяционной структуры (Баумгартнер, 2012).

Исследователями выделены преобладающими по числу родов семейства: *Parmeliaceae*, *Physciaceae*, *Candelariaceae*, *Lecanoraceae*, *Pertusariaceae*, *Teloschistaceae*, по числу видов доминируют семейства *Physciaceae*, *Parmeliaceae*, *Lecanoraceae*, *Ramalinaceae* (Бязров, 1994, 2004; Малышева, 2005, 2006, 2007; Сионова, 2006).

Большое значение в городских экосистемах придается эпифитным формам, так как они даже в зимнее время не укрыты снегом и имеют наиболее перспективное значение в качестве индикаторов атмосферы. Эпифитных форм выделяют от 25 до 70 видов, в основном накипных и листоватых лишайников (Закутнова, 2004). Особое направление экологических изысканий в области лишайноиндикации – изучение приуроченности видов к форофитам в крупных и малых населённых пунктах (Малышева, 2003; Уразбахтина, Катаускаяте, 2003).

Выделены основные лишайноиндикационные показатели: число видов эпифитных лишайников, поскольку он обнаруживает наибольшую взаимосвязь с интенсивностью движения автотранспорта, спектр семейств и родов лишайников в экосистемах, проективное покрытие эпифитных видов на фоновых форофитах (Малышева, 2006 а, 2006 б; Ходосовцева, 2009; Ибрагимова, 2011). Р.Г. Миннуллиной (2006) был предложен объективный количественный показатель состояния талломов лишайников – индекс структуры (Миннулина, 2006), на его основе проведено информативное картирование г. Уфы. О.Е. Крючковой (2006) установлена зависимость состава лишайнобиоты от кислотности коры форофитов и описано распространение эпифитных лишайников г. Красноярска (Крючкова, 2006).

Особое направление лихенологических и лихеноиндикационных исследований – изучение видового состава лишайнофлоры, его индикаторного значения в усадебных парках для разработки практических рекомендаций по восстановлению и охране старых парков и усадеб. Наиболее полно изучены лишайники исторических и ландшафтных парков усадебных комплексов Санкт-Петербурга, его окрестностей (Малышева, 1994, 1995 а, 1996, 1997, 1997 а, 1998, 1998 б; Малышева, Связева, 1995; Гимельбрант, 2005; Гимельбрант и др., 2006, 2007 и др.), Тверской (Волкова, 2007; Нотов, Волкова, 2006) и Вологодской (Чхобадзе, 1997) областей. Есть данные о составе лишайнобиоты усадебных парков Эстонии (Сандер, 1986), Белоруссии (Яцына, 2006, 2006а), в Псковской области – работа Лихачевой О.В. (2010) (Истомина, Лихачева, 2010; Лихачева, 2010).

Некоторыми специалистами проведено обобщение результатов длительных исследований лишайномониторинга с объяснениями динамики лишайнофлоры, её экологических составляющих (Байбаков, 2003; Малышева, 2005; Романова, Седельникова, 2010).

На основе обследования лишайнобиоты, вычисления синтетических индексов (в основном индекса полеотолерантности по Х.Х. Трассу (1968)) для некоторых населенных пунктов составлены лишайноиндикационные схемы и проведено зонирование территории урбоэкосистем (Мартин, 1974, 1976; Бязров, 2002; Гелашвили и др., 2005; Романова, Седельникова, 2010).

Особенности пространственного распространения видов различных экологических групп по сравнению с естественными экосистемами, отмечают лишайноиндикационные возможности видов и лишайногруппировок в зависимости от территориальной и функциональной структуры, времени образования городов (Бязров, 2002, 2007; Малышева, 2006; 2007, 2007 а, 2007 б).

В последние десятилетия флористические, лишайноиндикационные работы набирают темп и в малых городах (Малышева, 2003 а, 2004; Седельникова, Свирко, 2003; Скирина, Коженкова, 2005; Стаселько, 2007;

Романова, 2008; Гайдыш, 2012; Мандра, Степаненко, 2012; Гайдыш и др., 2013 и др.) и имеют большое значение в оптимизации планирования территориального развития городов и повышения эффективности экомониторинга качества сред обитания.

Специалистами исследована эпифитная и эпигейная лишайнофлора, проанализирована приуроченность к стволам древесных видов (форофитам), вычислены индексы полеотолерантности. Для малых городов установлены группы видов лишайнобиоты, различающихся по чувствительности в основном к загрязнению атмосферы: устойчивые (в основном род *Pameliopsis*, *Lecanora*, ряд накипных форм), чувствительные (например, *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*, *Imshaugia aleurites*, *Usnea hirta*), очень чувствительные (род *Bryoria*, некоторые виды рода *Cladonia*), не переносящие загрязнения (*Alectoria*, *Usnea dasypoga*, *U. subfloridana*, *Platismatia glauca*, *Pseudevernia furfuracea* и другие). Доказано, что и в малых городах метод лишайноиндикации чувствителен к промышленному воздействию, позволяет выделять зоны, различные по степени антропогенного преобразования (Каннукене и др., 1982; Седельникова, Свирко, 2003; Стаселько, 2007; Меденец, 2010; Гайдыш, 2012).

В малых городах выявлялась приуроченность эпифитных лишайников к форофитам для целей диагностики среды и дальнейшего биомониторинга (Малышева, 204, 2004 а; Гайдыш и др., 2013). Показано, что городские интродуценты, создавая новые экологические ниши, активно заселяются эпифитной лишайнобиотой.

Для малых городов доказано лимитирующее влияние автотранспортных магистралей на видовой состав, проективное покрытие эпифитных лишайников (Гайдыш и др., 2013).

В Южном Нечерноземье России и на территории Брянской области фрагментарно изучены показатели г. Брянска (Анищенко, 2001, Анищенко, Азарченкова, 2011), работ по исследованию районных центров Брянской области нет. Поэтому лишайноиндикационные работы особенно актуальны в

свете организации регионального экоаналитического мониторинга и контроля состояния сред обитания в естественных и антропогенных экосистемах.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования общего состояния атмосферы урбоэкосистем методом лишеноиндикации выполнены в Брянской области и г. Орле (Орловской области). Территория Брянской области вытянута с запада на восток на 270 км, с севера на юг она имеет протяжение 245 км, площадь – 34,855 тыс. км². Область исследования расположена между 51°51' – 54°02' северной широты и 31°16' – 35°20' восточной долготы в центре Восточно-Европейской равнины, в средних широтах умеренного географического пояса. На северо-западе и западе область граничит с Белоруссией, на севере – со Смоленской, на северо-востоке – с Калужской, на востоке – с Орловской, на юго-востоке с Курской областями и на юге с Украиной (рис. 1). Поверхность района исследований представляет собой слабоволнистую равнину с общим пологим склоном с северо-востока на юго-запад, расположенную по западной окраине Среднерусской возвышенности и переходящую на западе в восточную окраину Днепровской депрессии (Природное районирование ..., 1975; Агроклиматические ..., 1972). По физико-географическому районированию эта территория входит в состав Днепровско-Деснинской Предполесской, частично Смоленско-Московской и Среднерусской провинций Нечерноземного центра России (Физико-географическое районирование..., 1963). В районе исследования представлены Верхне-Деснянский, Приипутский, Беседь-Ипутский, Снов-Деснянский, Судость-Деснянский, Болва-Деснянский, Придеснянский, Брянско-Среднерусский округа (рис. 2, 3).

Согласно геоботаническому районированию район исследования относится к Брянскому округу хвойно-широколиственных лесов Северодвинско-Верхнеднепровской подпровинции Североевропейской таежной провинции (Геоботаническое районирование Нечерноземья ..., 1978).



Рисунок 1 – Территория Брянской области



Рисунок 2 – Физико-географические провинции Брянской области
(по Гвоздецкому, Жучковой, 1963)

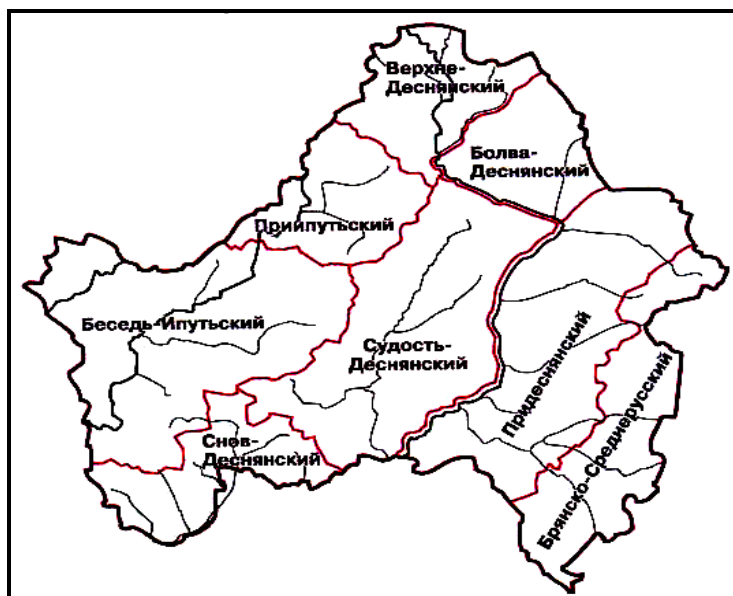


Рисунок 3 – Физико-географические округа Брянской области
(по Гвоздецкому, Жучковой, 1963)

На видовой состав лишенобиоты ведущее влияние оказывают климатические условия местности. Исследуемая территория расположена в умеренно-континентальном климате, отличающимся хорошо выраженными сезонами года: зимним, летним, весенним, осенним; достаточным и устойчивым увлажнением. Районы находятся в западной подобласти Атлантико-континентальной лесной зоны (Природные ресурсы и окружающая среда ..., 2007).

Зима умеренно мягкая, лето умеренно теплое. Сумма температур выше $+10^{\circ}$ составляет 2200-2500°. Продолжительность теплого периода со средней суточной температурой воздуха выше 0°C составляет 217-134 дня, период с температурой ниже 0°C длится от 131 до 148 дней.

По температурному режиму исследуемый район относится к зоне с умеренно-мягкой зимой и теплым летом. Среднегодовая температура – $4,5-6,5^{\circ}\text{C}$ выше нуля. Среднегодовая температура воздуха постепенно повышается с севера на юг области. Средний из абсолютных максимумов температуры воздуха – $+27^{\circ}\text{C}-+30^{\circ}\text{C}$ (в северной части). Абсолютный минимум температур -42°C , в отдельные редкие годы понижение до -40°C . Отклонения от средних температур случаются редко, менее чем 1 раз в 5 % лет. В 10 % лет абсолютный максимум летом бывает 29°C и выше, абсолютный минимум зимой -23°C и ниже. Средняя температура января от -8 до -10°C , июля $+17-18,5^{\circ}\text{C}$. Годовая амплитуда среднемесячной температуры воздуха равна $26-27^{\circ}\text{C}$ (Природные ресурсы и окружающая среда ..., 2007).

Климатические условия территории в целом благоприятны для организмов и деятельности человека. Погода с экстремальными условиями наблюдается относительно редко. Холодные зимы повторяются в 26 % случаев, мягкие зимы – в 28 % повторений, с нормой температуры – 46 %. Лето с «нормой» температуры повторяется в 52% лет, более теплое – в 30 % лет, более холодное – в 18 % лет. Сочетание холодной малоснежной зимы и прохладного сухого лета бывает 1 раз в столетие. Холодная снежная зима и

прохладное дождливое лето наблюдается в 5-7 % лет. Лето с нормой температуры и осадков отмечается в 27 % лет, теплое сухое лето в 17 % лет, в целом благоприятные летние сезоны наблюдаются в 64 % лет. Мягкие зимы или с нормой температуры отмечаются в 73 % лет, а холодные зимы только в 27 % лет. Прохладное и дождливое лето отмечено в 8 % лет (Природные ресурсы и окружающая среда ..., 2007).

Среднегодовое количество осадков колеблется от 530 до 655 мм. Среднегодовая сумма осадков в западной части области составляет 470-750 мм, в восточной части – 530-890 мм (рис. 4).

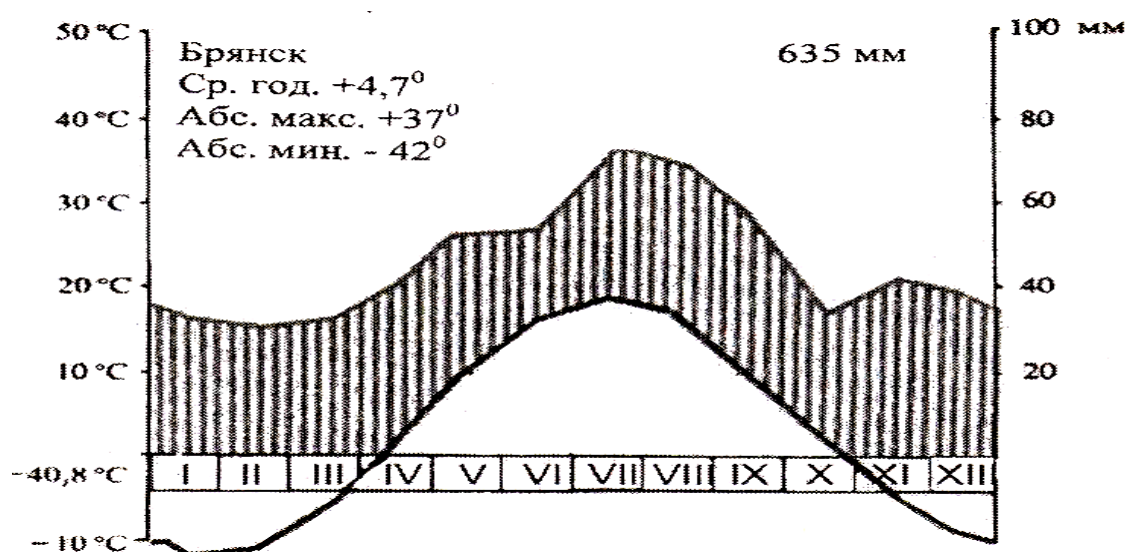


Рисунок 4 – Климатодиаграмма Брянской области (по Вальтеру-Госсену)

Годовой показатель увлажнения – 0,45-0,60. Гидротермический коэффициент (ГТК) изменяется от 1,4 на северо-западе области до 1,3 – на юго-востоке. По количеству осадков исследуемая территория относится к зоне умеренного увлажнения.

Наибольшее количество осадков выпадает на северо-западе (655 мм), наименьшее – в районе узкой полосы Трубчевск-Новозыбков-Клинцы (530-540 мм). Из годового количества осадков 36,7 % приходится на лето, 25,3 % – на весну, 19,4 % – на осень, 18,6 % – на зиму. Максимальное количество осадков бывает в июне-июле. В среднем за год бывает до 170 дней с осадками. Больше всего дней с осадками (до 18 в месяц) наблюдается в

осенне-зимний период. В летние месяцы бывает 10-14 дней с осадками, но интенсивность их резко возрастает.

Ветровой режим района исследования в теплый период (апрель-сентябрь) характеризуется преобладанием северо-западных, северо-восточных и западных направлений, так как зимой и летом районы оказываются в переходной зоне между областью высокого давления на юге и низкого на севере. Летом господствуют западные и северо-западные, зимой – юго-западные ветры. В холодный период (октябрь-март) ветер юго-западных, южных и западных направлений. Средние месячные скорости ветра в районе исследования изменяются от 2,2 до 3,0 м/с в восточной части области и 1,7-2,6 м/с в западных районах. Зимой в переходные сезоны скорость ветра составляет 3,5-4,5 м/с, а летом – 2,0-3,0 м/с.

Циклоническая деятельность сопровождается выпадением осадков в количестве, обеспечивающем достаточное увлажнение. Зимой устанавливается средний снежный покров, предохраняющий почву от промерзания: температура почвы на глубине 10 см под снежным покровом в среднем на 10° выше температуры воздуха.

Теоретически возможное испарение составляет около 450-500 мм; в отдельные годы количество осадков несколько превышает испарение, что может привести к переувлажнению почвы. Частота основных неблагоприятных климатических явлений на территории области происходит достаточно неравномерно. В целом вероятность длительных засух невелика, 5-13% лет. Кратковременные засухи повторяются на севере области в 16% лет, на юге – в 44% лет. За последние 100 лет в районе исследования в разные летние месяцы наблюдалось 22 засухи. В отдельные годы в области наблюдаются длительные дождливые периоды, обычно сопровождающиеся низкими температурами: такие периоды складываются в 40-60% лет.

Лихеноиндикационные исследования осуществлены в крупном городе Брянске (численность населения на 2013 г. – 411 тыс. жителей) и малых городах, посёлках городского типа: гг. Дятьково, Жуковка, Сельцо,

Новозыбков, Севск, Трубчевск, пгт Навля и Суземка. Характеристика экологических условий урбоэкосистем представлена ниже.

Площадь города Брянска составляет около 230 км², он расположен на западной окраине Среднерусской возвышенности на обоих берегах реки Десны при впадении в неё Болвы и Снежети (Брянск. Карты городов России, 1997). Это крупный промышленный центр с густой транспортной сетью, имеет многоядерную структуру, сформированную вокруг нескольких территориально сближенных крупных объектов (Лаппо, 1997). Брянск находится на стыке двух природных зон – хвойно-широколиственных и широколиственных лесов (Растительность европейской части СССР, 1980). На территории г. Брянска четко прослеживаются границы естественных ландшафтов и выделяются плакорные, склоновые, пойменные и пойменно-террасовые местности. Бежицкий, Фокинский и Володарский районы расположены в долине реки Десны. Значительная часть Советского района находится в пределах опольного ландшафта (рис. 5)

Основные отрасли промышленности – машиностроение, металлообработка, развиты химическая, электротехническая и электронная, деревообрабатывающая, текстильная, пищевая промышленность. Крупные предприятия: ЗАО УК «Брянский машиностроительный завод», ООО «ПК «Бежицкий сталелитейный завод», ЗАО «Брянский автомобильный завод», «Брянский камвольный комбинат», «Брянский молочный комбинат», ЗАО «Мальцовский портландцемент» – основной стационарный источник загрязняющих веществ. Наибольшая плотность застройки (55-60%) – в административных центрах города, наименьшая (20-23%) – в юго-западной части. В последние 12 лет передвижные источники вносят больший вклад в загрязнение атмосферы по сравнению со стационарными. Уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Брянска за последние пять снижается, но индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) оставался повышенным (ИЗА = 6,41-7,2).



Рисунок 5 – Комплексный профиль по линии центр г. Брянска – Чёрный мост – мясокомбинат – ст. Снежетьская (по Харину, 2006)

На левобережье расположен и уникальный лесопарк «Роща Соловьи», занимающий площадь 153 га. Балки и лесопарк представляют собой «острова» естественной растительности на территории урбоэкосистемы.

Краткая характеристика исследуемых малых городов и поселков городского типа представлена ниже (рис. 6).

Город Трубчевск – административный центр Трубчевского района Брянской области. Площадь города – 14 км² (Карты городов России, 1997), население – 14,5 тыс. человек. Экономика города представлена предприятиями пищевой отрасли (овощесушильное, маслосыродельное предприятия, хлебозавод), АО «Нерусса» специализируется на выпуске радиоэлектроники, ОАО «Белая березка» - деревообрабатывающее предприятие.

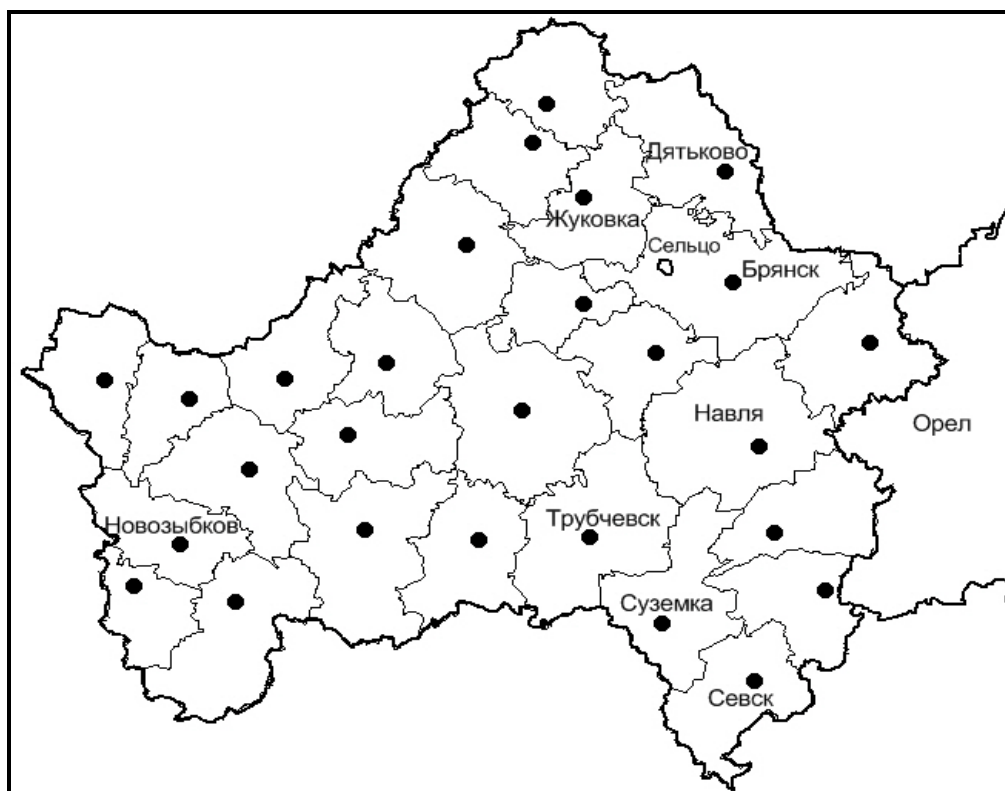


Рисунок 6 – Населенные пункты района исследования

Город Жуковка – административный центр Жуковского района Брянской области. Площадь города 13 км² (Карты городов России, 1997), население — 17,6 тыс. человек. Ведущие предприятия экономики города: «Жуковский велосипедный завод», «Жуковский опытный завод», «Мебельная фабрика».

Пгт Навля – административный центр Навлинского района Брянской области. Площадь города – 15,9 км² (Карты городов России, 1997), население 14,6 тыс. жителей. Экономическая карта Навли представлена в основном предприятиями машиностроительной отрасли производства (автоагрегатный завод, авторемонтный завод, завод «Промсвязь»), а также Навлинский пищекомбинат, деревообрабатывающий завод, развито производство асфальтобетона.

Город Севск – административный центр Севского района Брянской области. Площадь города – 12,7 км² (Карты городов России, 1997), население – 7 тыс. человек. Работают филиал Московского станкостроительного завода им. С. Орджоникидзе; пенькообрабатывающий завод; предприятия пищевой

промышленности – консервный завод, маслозавод «Умалат», мясокомбинат, хлебозавод.

Пгт Суземка – административный центр Суземского района Брянской области. Площадь города – 13,7 км² (Карты городов России, 1997), население – 8,9 тыс. человек. Суземка – крупный железнодорожный узел с таможенным терминалом, также там работают завод электронной промышленности «Стрела» (производство трансформаторов, дросселей), мебельная фабрика.

Город Сельцо – город в Брянской области, расположенный в 22 км от Брянска. Площадь города 33 км², население – 17,4 тыс. человек. В городе работают Брянский химический завод, мясокомбинат «Тамошь», хлебозавод, лесокомбинат, группа компаний «Минеральные воды».

Город Дятьково – административный центр Дятьковского района Брянской области. Площадь города – 22 км², население – 28,1 тыс. человек. Ведущие предприятия экономики: ООО «Дятьковский хрусталь» (ООО «ДХЗ»), ОАО «Дятьково-ДОЗ», мебельный концерн «Катюша», АО «Дятьковское проектно-промышленно строительное объединение», развита пищевая промышленность.

Город Новозыбков – административный центр Новозыбковского района Брянской области. Площадь города – 31,4 км², население – 40,5 тыс. человек, третий по численности населения город в области после Брянска и Клинцов. Ведущие предприятия экономики города: «Новозыбковский станкостроительный завод», «Новозыбковская швейная фабрика», «Новозыбковская швейно-трикотажная фабрика им. 8 марта». Новозыбков – административный центр крайнего юго-запада области, приграничный населенный пункт.

Город Орёл – административный центр Орловской области, расположен на Среднерусской возвышенности по обеим сторонам реки Оки и её притока Орлика. Площадь города 127, 8 км², население – 318, 1 тыс. человек. Город находится в области умеренно-континентального климата, на который влияет

западный атмосферный перенос, приносящий влажные воздушные массы с осадками (рис. 7).



Рисунок 7 – Климатограмма г. Орла (по данным: Статистика погоды в городах России. г. Орёл. www.atlasyakutia.ru/weather/stat_weather_279060.php)

Общая продолжительность периода с положительной средней суточной температурой воздуха равна в году 215-225 дням. Период со средними суточными температурами воздуха выше 5 градусов начинается в середине апреля и заканчивается в середине октября, а продолжительность его в году составляет 175-185 дней. Период с более высокими средними суточными температурами воздуха (выше 10 градусов) начинается в начале мая и заканчивается 20-25 сентября и продолжительность его 135-145 дней. Период с температурой воздуха выше 15 градусов устанавливается в конце мая - начале июня и заканчивается в третьей декаде августа; продолжительность этого периода составляет от 85 до 105 дней (Статистика погоды в городах России). Орёл находится в лесостепной зоне центральной части Среднерусской возвышенности (Геоботаническое районирование Нечерноземья ..., 1978).

В отрасли промышленного производства города наибольшие объёмы отгруженной продукции имеют: производство пищевых продуктов, производство машин и электрооборудования, производство неметаллических минеральных продуктов, металлургическое производство и производство готовых металлических изделий. Крупные предприятия: Орловский

сталепрокатный завод (ОСПаЗ) (Северсталь Метиз, Орловский филиал), Завод «Научприбор», «Стекломаш Орёл», «Завод им. М.Г.Медведева – Машиностроение», «Орёлгортеплоэнерго», «Орловский завод резиновых изделий». Индекс загрязнения атмосферы в городе составил 5,26 единиц (2010 г.), но в сравнении с 2006 годом этот показатель вырос на 7,8 %. На долю автотранспорта приходится больше всего выбросов вредных веществ, в том числе: по оксиду углерода, диоксиду азота, диоксиду серы, углеводородам.

3 ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При выполнении исследований на территории Брянской области и г. Орла применялись маршрутные, флористические, лабораторно-химические (определение валового содержания ТМ, токсичности проб лишенобиоты), статистические методы исследования. Собрано и обработано для определения видового состава 320 образцов эпифитных лишайников, гербарий передан в гербарий Брянского государственного университета (BRSU). Проведен химический анализ 287 проб эпифитной лишенобиоты в городах Нечерноземья России, 120-и образцов – токсикологический анализ.

3.1 Изучение лишенофлористического состава урбоэкосистем

Лишенофлористические и индикационные работы осуществляли маршрутным методом в пределах административных границ г. Брянска, г. Орла, малых городов и поселков городского типа Брянской области: пгт Навля, пгт Суземка, г. Трубчевска, г. Севска, г. Жуковка, г. Новозыбкова, г. Сельцо. Описывали эпифитную лишенофлору для последующего использования видов при расчете синтетических лишеноиндикационных индексов (Горшков, 1991; Бязров, 2002). Видовую принадлежность лишайников устанавливали с помощью общепринятых определителей: Н.С. Голубковой (1966), Н.С. Голубковой и соавторов (1978, 1996), Н. Окснера (1974), Определителю лишайников СССР (1971, 1978), Т.Ю. Толпышевой (2010), а также по учебному определителю листоватых и кустистых лишайников (Цуриков, Храмченкова, 2009). При географическом и биоморфологическом анализе лишенофлоры за основу была принята классификация географических элементов, разработанная А. Н. Окснером (1974), Н. С. Голубковой (1965, 1966, 1983). Номенклатура видов лишайников указана согласно VI-VII выпускам «Определителя лишайников России», «Списку лишенофлоры России» (2010) с учетом современных изменений по сводке Р. Сантессона (Santesson, 1993), монографии «The Lichen Flora of Great Britain and Ireland» (1994) и сводке Д. Хоксворта с соавт. (Hawksworth et al.,

1995), сосудистых растений – по сводке С.К. Черепанова (1995). При сборе лишайников указывали вид субстрата, место произрастания, диагностировали сопутствующие факторы.

В городе эпифитную лишенофлору изучали на следующих видах деревьев (форофитов): *Picea abies* (L.) Karst., *Tilia cordata* Mill., *Betula pendula* Roth, *Ulmus glabra* Huds., *Acer platanoides* L., *Pinus sylvestris* L., *Populus pyramidalis* Borkh., *P. tremula* L., *P. nigra* L., *P. balsamifera* L., *Quercus robur* L., *Q. rubra* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Fraxinus excelsior* L., *F. pennsylvanica* MARSH. *Salix babylonica* L., *S. triandra* L., *Larix* Mill., *Malus domestica* Borkh., *Juglans mandshurica* Maxim, *Sorbus aucuparia* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth, *Cerasus vulgaris* Mill., *Pyrus communis* L.

По результатам инвентаризации разнообразия эпифитной лишенобиоты рассчитывали коэффициент сходства Жаккара и строили дендрит сходства методом максимального корреляционного пути с применением пакета программ STATISTICA 6.0 (Шмидт, 1984).

3.2 Расчет синтетических лишеноиндикационных индексов

Для установления индикаторной информативности лишайников (региональных коэффициентов полеотолерантности) был использован метод не прямой ординации, примененный Л. Мартином (1978), Х.Х. Трассом (1968) (Мартин, Трасс, 1987; Трасс, 1968).

Использовались установленные ранее методом не прямой линейной ординации коэффициенты полеотолерантности для условий Брянской области с дополнениями (Анищенко, 2001, 2012).

За ось был принят градиент загрязнения воздуха от центральных районов города до окраинных. Таким образом, определение индивидуальных a_i проводилось на ключевых участках с различным уровнем загрязнения воздуха. Отбор участков велся с учетом данных по степени загрязненности воздуха г. Брянска (материалы Областного Комитета по охране окружающей среды (1994–1996 гг.)), современных данных по состоянию окружающей

среды в городе. Ключевые участки (250×100 м) располагали вдоль автотрасс от центральной части города до окраин. На каждом участке регистрировали все виды мохообразных и лишайников, проводили геоботаническое описание моховых и лишайниковых группировок методом пробных площадок по Л.Г. Раменскому (1938) в модификации Х.Х. Трасса (1968) на наиболее характерных, часто повторяющихся участках. Размер пробной площадки ограничивали прозрачной пленкой (10×20 см), которую накладывали на изучаемые участки с группировками лишенофитов. На деревьях закладывали как минимум три пробные площадки с различных сторон ввиду неравномерности покрытия ствола лишайниками. Эпифитные группировки описывали на высоте 1,3 м с 10 деревьев. Основные виды деревьев – *Tilia cordata*, *Acer platanoides*, *Populus tremula*, *P. deltoides*, *Betula pendula*.

Немногочисленные эпилитные группировки изучали также методом пробных площадок на фундаментах домов, каменных оградах, столбах на высоте от 0.5 м до 1.3 м (в список видового состава включали эти лишайники). Всего было описано 28 ключевых участков. Для определения a_i обследованные участки были упорядочены по возрастанию числа видов. Всего 8 групп видов, при этом каждая группа оказалась индивидуальной по набору видов. Каждой группе присваивался коэффициент, соответствующий той зоне чистоты воздуха (при движении по градиенту концентрации загрязняющих веществ), в которой этот вид встречен впервые. Лишайникам в зоне наибольшего загрязнения присваивался максимальный балл полеотолерантности – 10. Виды каждого последующего участка получали на один балл меньше предыдущего. Так как естественные ландшафты не были исследованы, коэффициенты 2 и 1 не присваивались.

План схему города Брянска разбивали на сеть квадратов (1 км²), в каждом из которых проводили геоботаническое описание эпифитных лишайниковых группировок, как наиболее чувствительных к воздействию атмосферных загрязнителей (Мартин, Трасс, 1978). Территория города Брянска была разбита на 147 квадратов: в Советском районе г. Брянска – 61,

в Бежицком – 33, в Володарском – 21, в Фокинском – 32. В г. Орле – 80 учетных квадратов.

На основании геоботанических описаний лихеносинузий по Л.Г. Раменскому (1938) в модификации Х.Х. Трасса (1968) рассчитывался синтетический индекс полеотолерантности (ИП) (Трасс, 1968, 1985).

$$\text{ИП} = \sum_{i=1}^n \frac{a_i \times c_i}{C_n}, \text{ где } a_i - \text{коэффициент полеотолерантности вида; } c_i -$$

покрытие вида в баллах (по шкале Ж. Браун-Бланке); C_n – суммарное покрытие видов. Покрытие видов (Голубкова, Малышева, 1978): 1-2% - 1 балл, 3-5% - 2 балла, 6-10% - 3 балла, 11-20% - 4 балла, 21-30% - 5 баллов, 31-40% - 6 баллов, 41-50% - 7 баллов, 51-65% - 8 баллов, 66-80% – 9 баллов, 81-100% - 10 баллов.

На основании собранных данных вычислялся синтетический индекс атмосферной чистоты (ИАЧ) по формуле De Sloover, Le Blanc (1968).

$$\text{ИАЧ} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i \cdot f_i}{10}, \text{ где } Q_i - \text{индекс токсифобности, т.е. количество}$$

видов, сопутствующих данному виду на всех площадях описания в гомогенном по степени загрязненности местообитания; f_i - значения покрытия вида по 5 балльной шкале: 1 балл – очень редко, с очень низким покрытием; 2 – редко или с низким покрытием; 3 – редко и со средним покрытием и на некоторых стволах; 4 – часто или с высоким покрытием на некоторых стволах; 5 – очень часто и с очень высоким покрытием на большинстве стволов. Чем больше Q , тем полеофобнее вид. Для расчетов ИАЧ принимался во внимание как фоновый вид *Xanthoria parietina*.

Численные показатели синтетических индексов со всех ПП площадок усреднялись в пределах квадрата и наносились на лихеноиндикационные карты-схемы. Для этого карта г. Брянска (Карты городов России, 1997) по четырем районам (масштаб 1:25 000) была разделена на сеть участков (квадратов).

Для гг. Брянска и Навля вычислялся предложенный лишайниковый индекс (L), рассчитываемый по формуле:

$$L = \frac{\pi(d_1 + d_2)^2}{4DH} N, \text{ где } L - \text{ лишайниковый индекс, } d_1 -$$

минимальный размер диаметра слоевища лишайников (лишайниковой куртины (см)), d_2 – максимальный размер диаметра слоевища лишайников (лишайниковой куртины куртины (см)), D – обхват дерева (см), H – расстояние от земли выше которого нет двух талломов, расположенных друг от друга ближе, чем на $10 d_2$, N – число талломов модельных видов лишайников на дереве.

Карты урбоэкосистем также разбивались на сеть квадратов произвольного масштаба: г. Брянска – на 152, пгт Навля – на 35 квадратов. Квадраты принимались за учетные (пробные площадки). В каждом их квадратов произвольно обследовались зеленые насаждения различного целевого назначения. Исследование эпифитной лишайнофлоры проводилось для четырех видов деревьев, наиболее распространенных в посадках: *Betula pendula* Roth (березы повислой) с обхватом ствола 60-70 см, *Tilia cordata* Mill. (липы сердцелистной) – 75-85 см, *Acer platanoides* L. (клена остролистного) – 80-90 см, *Populus nigra* L. (тополя черного) – 85-95 см. В каждом из квадратов обследовалось не менее 7 деревьев каждого вида, всего в г. Брянске – 5 000 деревьев, в г. Навля – 1100 деревьев. Для каждого вида дерева вычислялся лишайниковый индекс (L). Индекс позволяет посредством разовых замеров, проведенных во всём диапазоне действия комплексных факторов загрязнения сред обитания и отклика на них биоиндикаторов-лишайников, вычислить «концентрацию» талломов эвритопных (модельных) видов лишайников на стволе дерева, т.е. отношение площади слоевищ лишайников к площади поверхности дерева на котором они растут. Это объективный количественный показатель обилия лишайников, который рассчитывается без применения индивидуальных коэффициентов толерантности, без учета

проективного покрытия лишайниковых синуз (т.е. субъективных факторов).

Методами одномерной статистики вычисляли зависимость значения параметра лишайникового индекса в зависимости от расстояния до автодороги (Лакин, 1990).

3.3 Лабораторно-химические и статистические методы исследования

Определение валовой концентрации элементов группы тяжёлых металлов в биомассе эпифитных лишайников и диагностика токсичности образцов осуществлялась в экоаналитическом отделе и лаборатории биоиндикации РЦЭК и М по Брянской области, в НИЛ «Мониторинга сред обитания» кафедры экологии и рационального природопользования Брянского государственного университета.

Валовое содержание ТМ в слоевищах эпифитных лишайников (в мг/кг) определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа, который основан на измерении интенсивности рентгеновского флуоресцентного (характеристического) излучения определяемых элементов при экспонировании порошковых проб (образцов для анализа). Для работы использовали прибор «Спектроскан Макс» фирмы Spectron. Подготовку проб к анализу валового содержания ТМ осуществляли в соответствии с ОСТ 10259-2000, высушивание проб до воздушно-сухого состояния проводили при температуре 105°C, измельчали лабораторным дисковым истирателем ЛДИ-60М до максимального размера частиц < 1мм. Масса измельчённой пробы – не менее 100 г.

Рабочий образец должен быть дополнительно измельчен до пудры на оборудовании, не загрязняющем пробу. Для этого мелющие элементы оборудования (ступки или истирателя), не должны содержать определяемых элементов. Первый и второй рабочий образец (дубликат) вводят последовательно (условия получения двух результатов соответствуют

условиям повторяемости). Все измерения выполняли в соответствии с разделами «Количественный анализ», «Руководства пользователя» к программному обеспечению для аппаратов и спектрометров. При измерениях должны быть соблюдены режимы, выбранные при градуировании спектрометра, последовательность измерений.

Значения массовой доли компонентов в рабочем образце (результат определения) вычисляли после окончания измерений. Вычисления проводятся автоматически в соответствии с разделом «Количественный анализ». Результаты, полученные для первого и второго рабочего образца, усредняли, получая среднее арифметическое значение массовой доли компонента – С (% или мг). Проверили приемлемость полученных результатов двух определений, сопоставляя их расхождение с Нормативом – D (допускаемым расхождением результатов в условиях повторяемости для вероятности $P=0,95$ %).

Результат первичного анализа считали окончательным для всех компонентов, содержания которых находятся в границах установленного диапазона. Далее разбавляли пробу и проводили её анализ, определяя компоненты, содержания которых по результатам первичного анализа выходят за установленный диапазон измерений.

После определения валовой концентрации элементов группы тяжёлых металлов в биомассе лишайников и субстрате рассчитывали коэффициенты накопления и перехода. Коэффициенты накопления (K_n) – как отношение концентрации элемента в лишайниках к концентрации элемента в субстрате.

Водные вытяжки из слоевищ лишайников подвергали биотестированию с использованием тест-объектов: *Paramecium caudatum* и люминесцентных бактерий *Escherichia coli* М-17 (Методы пробоотбора ..., 2003; Методика определения токсичности ..., 2004). Пробоподготовка к биотестированию образцов лишайников проводили в 3 этапа, включающих измельчение проб, помещение в дистиллированную воду объемом 200 мл, фильтрованию жидкости и анализа фильтрата. Оценку токсичности пробы производили по

относительной разнице количества клеток, наблюдаемых в зоне измерения контрольной и анализируемой пробах. Индекс токсичности определяли как: $T = I_k - I_{оп} / I_k$, где I_k , $I_{оп}$ — средние показания прибора для контрольных и анализируемых проб соответственно. По величине индекса анализируемые пробы с участием *Paramecium caudatum* классифицировали по степени их токсичности на 4 группы, тест-системы «Эколюм» и бактерий *Escherichia coli* — на 3 группы.

Для установления комплексных показателей лишенобиоты образцы фоновых видов эпифитных, эпиксильных и эпигейных лишайников собирались в летний и зимний период времени в эталонных экосистемах ФГУ «Заповедник «Брянский лес»» (кв. 69, 70, 85, 86, 89, 90, 92, 93, 94, 99, 108, охранной зоне – кв. 1), на территории четырех административных районов г. Брянска, лесопарке Соловьи (г. Брянск), в Карховском лесу г. Новозыбкова (Новозыбковский район), д. Веприн (Клинцовский район), д. Смяльч (Гордеевский район), п. Мирном (Красногорский район), Снежетьском лесничестве (кв. 24). Для комплексных анализов использовались распространенные виды лишайников различных экологических групп: *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Evernia prunastri* (L.) Ach. *Usnea hirta* (L.) Weber ex F.U. Wigg. *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale., *Phaeophyscia ciliata* (Hoffm.) Moberg. *Cladonia coniocraea* (Flörke) Spreng., *Cladonia rangiferina* (L.) Weber ex F. H. Wigg. *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot.

Для оценки сопряженности валовой концентрации ТМ в образцах эпифитных лишайников проведен корреляционный анализ. Значения коэффициентов корреляции (R) выше 0,32 являются достоверными с вероятностью 99% (Шмидт, 1984).

Анализ результатов исследований для биомассы, концентрации тяжёлых металлов осуществлен статистическими методами с использованием пакета MS Excel 2003 (Плохинский, 1978; Зайцев, 1984, 1990; Лакин, 1990). При обработке полученной информации применялись следующие

статистические показатели: одномерный анализ вариационных рядов (средние величины признака и их ошибки ($M \pm m$), точности опыта (p , %), достоверность оценивали по Стьюденту (t) с учетом трёх доверительных уровней ($P=95\%$).

Карты и рисунки построены с применением пакета программ MapInfo 11.0 и STATISTICA 6.0.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ СРЕД ОБИТАНИЯ В ГОРОДАХ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

4.1 Лихенофлора городов и поселков городского типа Брянской и Орловской областей

В Брянской области исследовалась эпифитная лихенофлора малых городов и поселков городского типа, выявлялся видовой состав лишайников, их приуроченность к древесным видам (форофитам), анализировались их экологические характеристики и выявлялись фоновые (индикаторные) виды. Общая характеристика индикаторных эпифитных видов лихенобиоты указана ниже.

Общий видовой состав эпифитной и эпилитной флоры лишайников семи населенных пунктов представлен 51 видом, относящимся к 29 родам, 8 семействам (таблица 1), в том числе в г. Трубчевске – 36 видов, г. Севске – 35 вида, г. Жуковке – 38 видов, пгт Суземка – 42 вида, пгт Навле – 35 видов, г. Новозыбкове и г. Сельцо – по 34 вида (Приложение 1, табл. 1).

Таблица 1 – Таксономическая характеристика лихенофлоры малых
городов Брянской области

Семейство	Род	Число видов	Ранг семейства
<i>Candelariaceae</i>	<i>Candelariella</i>	2	5
<i>Cladoniaceae</i>	<i>Cladoniaceae</i>	3	4
<i>Lecanoraceae</i>	<i>Lecanora</i>	5	3
	<i>Lecidella</i>	1	
	<i>Scoliciosporum</i>	1	
<i>Parmeliaceae</i>	<i>Evernia</i>	2	1
	<i>Flavoparmelia</i>	1	
	<i>Hypogymnia</i>	2	
	<i>Melanelixia</i>	1	
	<i>Melanohalea</i>	2	
	<i>Parmelia</i>	1	

	<i>Parmeliopsis</i>	2	
	<i>Platismatia</i>	1	
	<i>Pseudeveria</i>	1	
	<i>Tuckermannopsis</i>	1	
	<i>Usnea</i>	1	
	<i>Vulpicida</i>	1	
<i>Graphidaceae</i>	<i>Graphis</i>	1	4
<i>Ramalinaceae</i>	<i>Ramalina</i>	1	4
<i>Physciaceae</i>	<i>Anaptychia</i>	1	2
	<i>Phaeophyscia</i>	2	
	<i>Physcia</i>	6	
	<i>Physconia</i>	2	
<i>Roccellaceae</i>	<i>Arthonia</i>	1	4
	<i>Opegrapha</i>	1	
<i>Teloschistaceae</i>	<i>Caloplaca</i>	3	3
	<i>Rusavskia</i>	1	
	<i>Xanthoria</i>	3	
<i>Lichens imperfecti</i>	<i>Lepraria</i>	1	5

Ведущие семейства лихенофлоры – *Parmeliaceae*, *Physciaceae*, *Teloschistaceae* и *Lecanoraceae* (табл. 1), на что указывали и другие авторы (Седельникова, Свирко, 2003; Сионова, 2006; Стаселько, 2007; Романова, 2008; Гайдыш, 2012). Наиболее богаты видами род *Physcia* и *Lecanora* (Сафранкова, 2013).

Оценка встречаемости видов лишайников показала некоторые качественные различия в параметрах лихенофлоры. 10 видов лишайников имеют встречаемость более 65 %, наиболее распространены – *Physcia tenella* (Scop.) DC., *Ph. stellaris* (Ach.) Nyl., *Physconia distorta* (With.) J.R.Laundon, *Parmelia sulcata*, *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale., *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *Parmeliopsis ambigua* (Wulf.) Nyl., *Phaeophyscia ciliata* (Hoffm.) Moberg, *Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Hav., *Candelariella vitellina* (Hoffm.) Müll. Arg.

В гг. Трубчевске, Севске, пгт Навле, преобладает *Xanthoria parietina*, *Parmeliopsis ambigua* и *Hypogymnia tubulosa*, г. Жуковке – *Flavoparmelia caperata*, *Xanthoria parietina*, пгт Суземке – *Hypogymnia tubulosa*, часто встречается и *Evernia prunastri* (L.) Ach. Значительного различия в видовом составе лишайников городов не наблюдается. В составе лихенофлоры пгт Суземка обнаружены кустистые лишайники, формирующие прикомлевые (геоплезные) синузии на форофите *Betula pendula* – *Cladonia cenotea* (Ach.) Schaer, *C. coniocraea* (Flörke) Spreng., *C. fimbriata* (L.) Fr., синузии в средней части ствола *Pynus sylvestris* – *Usnea hirta* (L.) Weber ex F.U. Wigg.

Оценка видового сходства лишайников показана на рисунке 8.

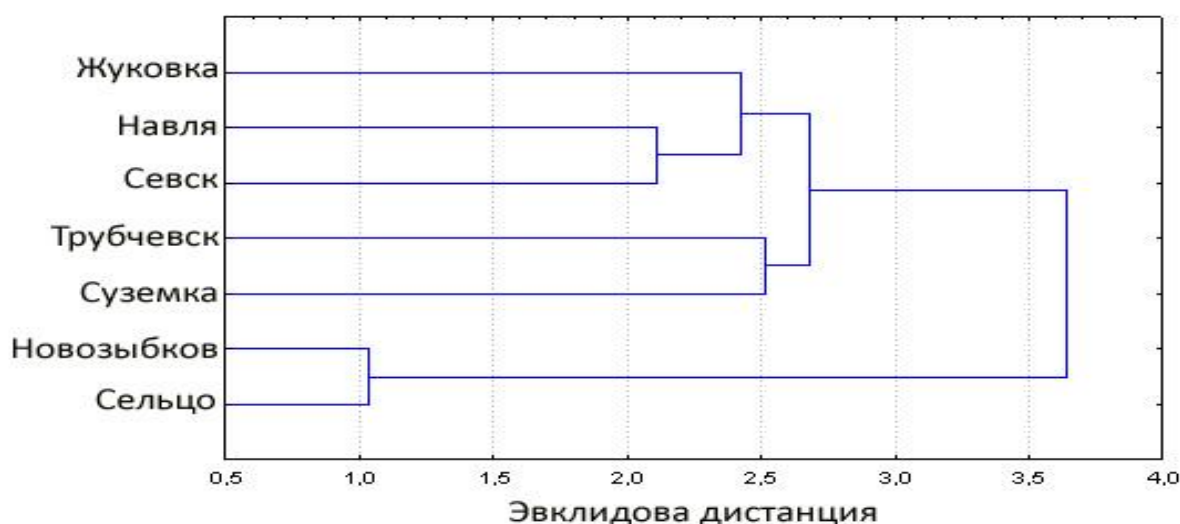


Рисунок 8 – Дендрограмма схождения лихенофлоры городов и поселков городского типа Брянской области

В отдельный кластер по сходству лихенофлоры объединены гг. Новозыбков и Сельцо, т.к. в этих населенных пунктах преобладают хвойные виды в составе зеленых насаждений различного назначения.

Среди выявленных морфологических отклонений у лишайников отмечена диспигментация талломов у *Xanthoria parientina*, *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., побурение слоевищ у *Hypogymnia tubulosa*, а также мелкие размеры слоевищ многих видов (Азарченкова, 2011).

Xanthoria parientina, *Parmeliopsis ambigua*, виды рода *Lecanora* часто заселяют не только стволы деревьев, но и искусственные субстраты –

каменистые парапеты, фундаменты, деревянные, каменные заборы, парковые сооружения. На гниющей древесине встречены только вторичные эпиксилы (Сафранкова, Анищенко, 2011; Сафранкова, 2012; Сафранкова, Анищенко, 2012).

Наибольшее число видов лишайников обнаружено на *Tilia cordata* – 14 видов, наименьшее – на *Primus avium* – 3 вида. Выявлено отсутствие корреляции между числом видов лишайников на дереве и его диаметром (0,17-0,22). Среднее число видов лишайников на стволе дерева (форофите) у древесных видов различается: для *Acer negundo* оно составляет 4,23 вида, *A. platanoides* – 8,14; *Quercus robur* – 9,53; *Tilia cordata* – 10,17; *Populus nigra* – 8,69; *Aesculus hippocastanum* – 4,21; *Betula pendula* – 8,94; *Fraxinus excelsior* – 5,00; *Sorbus aucuparia* – 5,18. Различие в среднем числе видов на форофитах статистически недостоверно.

На основании постоянства видов, встречаемость которых равна или превышает 30%, описаны лихеносинузии на основных форофитах в малых городах и поселках (табл. 2).

Таблица 2 – Видовой состав эпифитных лихеносинузий

Форофит (вид дерева)	Состав лихеносинузий
<i>Acer negundo</i>	<i>Xanthoria parietina</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i> <i>Parmelia sulcata</i> – <i>Xanthoria parietina</i>
<i>Acer platanoides</i>	<i>Parmelia sulcata</i> – <i>Xanthoria parietina</i> <i>Xanthoria parietina</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Parmelia sulcata</i> – <i>Xanthoria parietina</i> <i>Xanthoria parietina</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i> <i>Physcia stellaris</i> – <i>Physconia distorta</i> – <i>Flavoparmelia caperata</i> – <i>Hypogymnia tubulosa</i> <i>Hypogymnia tubulosa</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i> <i>Physcia stellaris</i> – <i>Hypogymnia tubulosa</i> <i>Hypogymnia physodes</i> – <i>Hypogymnia tubulosa</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i>

	<i>Parmelia sulcata</i> – <i>Hypogymnia tubulosa</i> <i>Hypogymnia physodes</i> – <i>Hypogymnia tubulosa</i> – <i>Parmelia sulcata</i> <i>Phaeophyscia ciliata</i> – <i>Xanthoria parietina</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i>
<i>Quercus robur</i>	<i>Evernia prunastri</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i> – <i>Xanthoria parietina</i> <i>Evernia prunastri</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i> – <i>Evernia mesomorpha</i> <i>Physconia grisea</i> – <i>Hypogymnia tubulosa</i> <i>Parmelia sulcata</i> – <i>Xanthoria parietina</i>
<i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Graphis scripta</i> – <i>Caloplaca cerina</i> <i>Xanthoria parietina</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i>
<i>Tilia cordata</i>	<i>Xanthoria parietina</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i> <i>Parmelia sulcata</i> – <i>Xanthoria parietina</i>
<i>Malus domestica</i>	<i>Xanthoria parietina</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i> <i>Parmelia sulcata</i> – <i>Xanthoria parietina</i>
<i>Populus alba</i>	<i>Parmelia sulcata</i> – <i>Xanthoria parietina</i> <i>Physcia stellaris</i> – <i>Physconia distorta</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i> <i>Xanthoria parietina</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i> <i>Caloplaca cerina</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i> – <i>Physconia distorta</i>
<i>Populus tremula</i>	<i>Caloplaca cerina</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i> <i>Caloplaca cerina</i> – <i>Physcia stellaris</i> – <i>Physconia distorta</i> <i>Parmelia sulcata</i> – <i>Xanthoria parietina</i>
<i>Pyrus communis</i>	<i>Xanthoria parietina</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i> <i>Parmelia sulcata</i> – <i>Xanthoria parietina</i>
<i>Pinus sylvestris</i> L.	<i>Lepraria incana</i> – <i>Xanthoria parietina</i> – <i>Parmeliopsis</i>

	<i>ambigua</i> <i>Xanthoria parietina</i> – <i>Hypogymnia tubulosa</i>
<i>Picea abies</i>	<i>Xanthoria candelaria</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i> <i>Xanthoria parietina</i> – <i>Parmeliopsis ambigua</i>

Основные синузии, формирующиеся на средней части ствола форофитов (от 0,6 до 2,0 м), представлены *Xanthoria parietina* (проективное покрытие от 20 до 70 %), *Parmelia sulcata* и *Parmeliopsis ambigua* (проективное покрытие от 5 до 70 %), *Physcia stellaris* (проективное покрытие от 10 до 40 %), *Physconia distorta* (проективное покрытие от 15 до 35 %) . Наиболее разнообразны эпифитные лишеносинузии на *Betula pendula*, *Populus alba*, *Quercus robur*. В составе лишайниковых группировок представлены и дифференцирующие виды: на коре сосны обыкновенной в основном *Lepraria incana* (L.) Ach., ели европейской – *Xanthoria candelaria* (L.) Th. Fr. и *Xanthoria parietina*, дуба черешчатого – *Evernia prunastri*, тополя дрожащего – *Caloplaca cerina* (Ehrh. ex Hedwig) Th. Fr., рябины обыкновенной – *Caloplaca cerina* и *Graphis scripta* (L.) Ach. Примечательно, что лишеносинузии сформированы с участием нитрофильных видов – *Xanthoria parietina*, *Physcia stellaris*, *Physconia distorta*, *Phaeophyscia ciliata*, которые могут характеризовать степень антропогенного изменения экологических условий в сообществах, использоваться как биоиндикаторы.

Лишенофлору малых городов и поселков Брянской области в целом можно характеризовать как мультирегиональную, с преобладанием видов голарктического и панбореального типа ареала (рис. 9).

Такие эколого-географические спектры описаны для лишенофлор различных по численности населения городов и отмечались ранее (Малышева, 2003; Мучник, 2004; Романова, 2008).

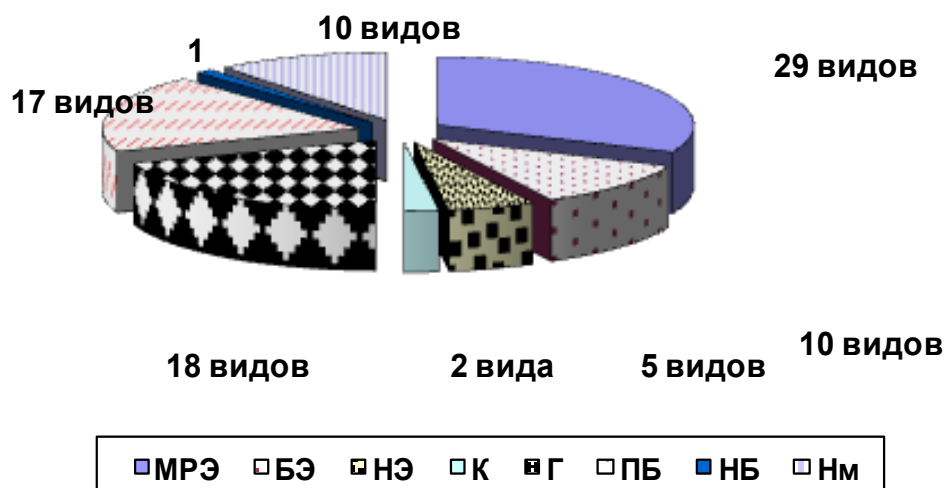


Рисунок 9 – Спектр типов ареалов лишенофлоры малых городов и поселков городского типа

МРЭ – мультирегиональный геоэлемент, БЭ – бореальный геоэлемент, НЭ – неморальный геоэлемент, К – космополиты, Г – голарктический тип ареала, ПБ – панбореальный тип ареала, НБ – нотобореальный тип ареала, Нм – неморальный тип ареала

Эколого-флористические характеристики для лишенобиоты малых городов и поселков Брянской области совпадают с известными данными по малым населенным пунктам других областей и регионов России. Различия в видовом составе лишенофлоры 7 городов и поселков недостоверны. 10 видов лишайников как фоновые виды рекомендованы для использования при лишеноиндикации антропогенного изменения сред обитания. Относительно невысокое видовое разнообразие лишенобиоты изученных урбоэкосистем, вероятно, обусловлено отсутствием в их административных границах «рефугиумов» для лишайников, характерных для естественных экосистем, т.е. антропогенной освоенностью территорий, развитием отраслей промышленности и формированием современного автопарка, интенсивно изменяющих условия городов. Незначительное видовое разнообразие эпифитных нитрофильных лишайников, формирующих лишеносинузии, характеризует незначительные антропогенные изменения сред обитания в городах. В целом для биоиндикационных мероприятий рекомендован

видовой состав эпифитной лихенофлоры и лихеносинузий для доминирующих видов форофитов.

На территории малых городов Брянской области зарегистрированы спорадически встречающиеся виды лишайников: *Platismatia glauca* (L.) W. Culb. et C. Culb., *Tuckermannopsis chlorophylla* (Willd. in numb.) Hale (гг. Новозыбков, Сельцо), *Usnea hirta* (L.) Weber ex F.U. Wigg. (пгт Суземка, г. Сельцо), *Anaptychia ciliaris* Koerb. (г. Сельцо), *Ramalina fraxinea* (L.) Ach. (пгт Суземка), *Vulpicida pinastri* (Scop.) J.-E. Mattsson & M. J. Lai (пгт Суземка, гг. Новозыбков, Сельцо).

В крупных городах Брянске и Орле также инвентаризирована эпифитная лихенофлора для выявления фоновых и индикаторных видов. Обзор дан ниже. По данным маршрутных обследований только городских территорий для Брянска установлено 58 видов лихенофлоры, для Орла – 52 вида. Различия по числу видов эпифитных лишайников городских экосистем статистически недостоверно ($t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$). В результате экобиоморфологического анализа выявлено 6 групп жизненных форм лишайников, среди них преобладают группы плагиотропных листоватых рассеченнолопастных ризоидальных, плагиотропных однообразно-накипных зернисто-бородавчатых жизненных форм. Эпифитная лихенофлора центральной зоны городов насчитывает от 10 до 13 видов, периферической – от 26 до 30, парковой – 43 вида. Для центральной и периферической зон гг. Брянска и Орла характерны 2-видовые лихеносинузии.

Таксономическая характеристика флоры лишайников указана в таблице 3.

Таблица 3 – Таксономическая характеристика лихенофлоры крупных городов

Семейство	Род	Число видов	Ранг семейства
<i>Candelariaceae</i>	<i>Candelariella</i>	3	5
<i>Cladoniaceae</i>	<i>Cladoniaceae</i>	3	5
<i>Lecanoraceae</i>	<i>Lecanora</i>	6	3

	<i>Lecidella</i>	2	
	<i>Scoliciosporum</i>	1	
<i>Lecideaceae</i>	<i>Lecidea</i>	1	7
<i>Parmeliaceae</i>	<i>Evernia</i>	2	1
	<i>Flavoparmelia</i>	1	
	<i>Hypogymnia</i>	2	
	<i>Melanelixia</i>	1	
	<i>Melanohalea</i>	2	
	<i>Parmelia</i>	1	
	<i>Parmeliopsis</i>	2	
	<i>Pseudevernia</i>	1	
	<i>Platismatia</i>	1	
	<i>Usnea</i>	1	
	<i>Tuckermannopsis</i>	1	
	<i>Vulpicida</i>	1	
<i>Graphidaceae</i>	<i>Graphis</i>	1	7
<i>Physciaceae</i>	<i>Phaeophyscia</i>	2	2
	<i>Physcia</i>	5	
	<i>Physconia</i>	3	
<i>Roccellaceae</i>	<i>Arthonia</i>	1	6
	<i>Opegrapha</i>	1	
<i>Teloschistaceae</i>	<i>Caloplaca</i>	3	4
	<i>Rusavskia</i>	1	
	<i>Xanthoria</i>	3	
<i>Ramalinaceae</i>	<i>Ramalina</i>	1	7
<i>Pertusariaceae</i>	<i>Pertusaria</i>	2	6
<i>Phlyctidiaceae</i>	<i>Phlyctis</i>	1	7
<i>Bacidiaceae</i>	<i>Biatora</i>	1	7
<i>Lichens imperfecti</i>	<i>Lepraria</i>	1	7

Число родов лишенофлоры крупных городов – 32. Ведущие по числу видов семейства в лишенофлоре города: *Parmeliaceae* (16), *Lecanoraceae* (9), *Physciaceae* (10 видов), *Teloschistaceae* (7). Доминируют по числу видов роды *Lecanora* (6 видов), *Physcia* (5). На территории двух крупных городов наиболее распространены виды, которые зарегистрированы в 25-49 % всех учетных квадратов. Видовой состав лишайников-эпифитов обоих городов включают 19 индикаторных видов (1 и 2 группы встречаемости по баллам), используемых для расчетов ИП и химического мониторинга. Эпифитная лишенофлора, учитываемая в индикации среды обитания городов, имеет сходство в фоновых видах – *Xanthoria parietina*, *Parmelia sulcata*, *Parmeliopsis ambigua*, *Physcia pulverulenta*, *Ph. ciliata*, *Ph. tenella*, *Ph. stellaris*, *Physconia distorta*, *Phaeophyscia ciliata*, *Candelariella vitellina*. Лишайники рода *Cladonia* в обоих урбоэкосистемах найдены в нижних частях стволов деревьев или как факультативные геофитные виды. Наиболее часто встречаемые (фоновые) виды в местообитаниях Брянска и Орла принадлежат к экологической группе нитрофитов (табл. 3): *Caloplaca cerina*, *C. holocarpa*, *Lecanora hagenii*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Ph. stellaris*, *Xanthoria parietina* и др. О повышенной экологической активности этих видов и расширении спектра занятых ими местообитаний сообщают лишенологии значительного числа городов Европы, что указывает на возрастание трофности субстратов и их защелачивании (Pakarinen, 1981; Нильсон, 1982; Нильсон, Мартин, 1982; Martin, Coughtrey, 1982; Nash et al., 1991; Михайлова, Воробейчик, 1995; Отнюкова, Крючкова, 2001, 2003; Крючкова, 2006).

Число видов-эпифитов, описанных в крупных городах Нечерноземья, превышает видовое разнообразие лишенофлоры для малых городов Брянской области (Азарченкова, 2011; Сафранкова, 2012, 2012 а, 2013, 2013 а, 2013 б, 2013 в, 2013 д; Сафранкова, Анищенко, 2012, 2012 а). Вероятно, этот факт связан с большим разнообразием местообитаний в крупных урбоэкосистемах. Для г. Брянска описано больше редких видов (встречаемость – балл 5), так

как город обладает крупнейшим лесным массивом непосредственно в городской черте.

Наименьшее проективное покрытие лишайниковых группировок характерно для центральной зоны городов, а также и на некотором удалении от центра вдоль оживленных автотрасс. Наибольшие значения проективного покрытия наблюдаются в пригородной зоне, а также в крупном лесопарке Роща Соловьи, который находится в административном центре г. Брянска. На территории двух городов преобладают пробные площади с проективным покрытием лишайников от 1 до 3 баллов, на парковых территориях – от 4 до 9 баллов (Сафранкова, 2013).

При анализе видового состава эпифитных лишайников и их встречаемости в малых и крупных урбоэкосистемах установлены группы устойчивости лишайников, включающие следующие категории.

Очень чувствительные эпифитные виды – встречающиеся в лесопарках на окраинах крупных и малых городов (балл встречаемости 5 – менее 5 % учетных квадратов): *Graphis scripta*, *Tuckermannopsis chlorophylla*, *Usnea hirta*, *Pseudeveria furfuracea*, *Platismatia glauca*, *Phlyctis argena*, *Parmeliopsis hyperopta*, *Melanohalea subargentifera*, *Hypogymnia physodes*, *Evernia mesomorpha*, *Cladonia cenotea*, *C. coniocraea*, *C. fimbriata*.

Чувствительные виды – распространенные на периферии населенных пунктов, зонах коттеджной застройки, на древесных видах в озеленении некрупных автотрасс (балл встречаемости 3 и 4 – встречаемость в 25-49 % учетных квадратов, встречаемость менее чем в 24 % учетных квадратов): например, *Hypogymnia tubulosa*, *Scoliciosporum chlorococcum*, *Physcia tenella*, *Ramalina fraxinea* и др.

Устойчивые виды – формирующие лишайниковые синузии на деревьях в зоне промышленных предприятий, использующихся в озеленении крупных автотрасс, в центре селитебных районов (балл встречаемости 2 и 1: более чем в 50 % учетных квадратов (широко распространенные, фоновые): *Xanthoria*

polycarpa, *Parmelia sulcata*, *Lecanora varia*, *Lecanora hagenii*, *Phaeophyscia ciliata* и др.

Не выносит атмосферного загрязнения эпифит *Anaptychia ciliaris* – этот лишайник зарегистрирован для парковой окраинной зоны малых городов, для гг. Брянска и Орла не обнаружен.

Итак, достаточно информативны в биоиндикационной оценке состояния урбоэкосистем распределение по территории лишеноиндикаторов различной чувствительности, доминирование нитрофильных видов (особенно в крупных городах). На формирование лишенофлоры урбанизированной территории значительное влияние оказывает атмосферное загрязнение, что выявляется при исследовании металлоаккумулирующей способности и валовому содержанию тяжёлых металлов в их слоевищах.

4.2 Синтетические лишеноиндикационные индексы как основа экологического районирования городов и биоиндикации

4.2.1 Региональные коэффициенты полеотолерантности для расчета синтетических индексов

Индивидуальные коэффициенты полеотолерантности (a_i) с учетом дополнений (Анищенко, 2001, 2012) указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Региональные коэффициенты полеотолерантности (a_i) фоновых видов эпифитной лишенофлоры г. Брянска

Виды лишайников	a_i
<i>Rusavskia elegans</i> (Link) S.Y.Kondr.,	10
<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg., <i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau, <i>Opegrapha rufescens</i> Pers., <i>Arthonia atra</i> (Pers.)A.Schneid., <i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach., <i>Scoliciosporum chlorococcum</i> (Graewe ex Stenh.) Vezda, <i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale.	9
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr., <i>X. polycarpa</i> (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber, <i>Lepraria incana</i> (L.) Ach., <i>Caloplaca decipiens</i> (Arn.) Blomb&Forssell, <i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg, <i>Parmeliopsis ambigua</i> (Wulf.)	8

Nyl., <i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt, <i>Caloplaca cerina</i> (Ehrh. ex Hedwig) Th. Fr.	
<i>Phaeophyscia ciliata</i> (Hoffm.) Moberg, <i>Hypogymnia tubulosa</i> (Schaer.) Hav., <i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.	7
<i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th. Fr., <i>Graphis scripta</i> (L.) Ach., <i>Melanohalea olivacea</i> (L.) O. Blanco et al., <i>Parmeliopsis hyperopta</i> (Ach.) Arnold, <i>Melanohalea subargentifera</i> (Nyl.) O. Blanco et al.	6
<i>Physcia stellaris</i> (Ach.) Nyl., <i>P. aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fürnr., <i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach., <i>Melanelixia fuliginosa</i> (Fr. ex Duby) O. Blanco et al., <i>Parmelia sulcata</i> Taylor	5
<i>Physconia distorta</i> (With.) J.R. Laundon, <i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J.-E. Mattsson & M. J. Lai, <i>Usnea hirta</i> (L.) Weber ex F.U. Wigg., <i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	4
<i>Cladonia cenotea</i> (Ach.) Schaer, <i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl., <i>Lecanora allophana</i> Nyl., <i>Evernia mesomorpha</i> Nyl.	3

При сравнении зависимости между видовым составом лишайников и типами местообитаний (коэффициентами полеотолерантности) для территории Брянска и городов Эстонии (Мартин, Трасс, 1978; Трасс, 1985) установлено, что видовой состав групп, и соответственно, a_i , различается. В целом полученные результаты связаны с разнокачественностью составляющих атмосферного загрязнения, площадью и временем образования урбоэкосистем, природно-климатическими условиями городов. В урбоэкосистемах Эстонии основной загрязнитель атмосферы – оксид серы (IV), г. Брянске – смешанное загрязнение (окислы азота, углеводороды, оксид серы (IV), оксид углерода (IV), аэрозоли свинца); вероятно, распределение загрязнителей в воздушной среде различается также значительно. Площадь г. Брянска значительно превышает размеры каждого из исследованных городов Эстонии. Эпифитная лишайнофлора центральной зоны городов насчитывает от 10 до 13 видов, периферической – от 26 до 30, парковой – 43 вида. Ведущие по числу видов семейства в лишайнофлоре города –

Parmeliaceae (15), *Lecanoraceae* (9), *Physciaceae* (10 видов), *Teloschistaceae* (7). Доминирующие по числу видов роды – *Lecanora* (6 видов), *Physcia* (5), на что указывали и другие авторы (Седельникова, Свирко, 2006; Бязров, 2007; Романова, 2008; Гайдыш, 2012).

Многие фоновые виды в местообитаниях Брянска принадлежат к экологической группе нитрофитов: *Caloplaca cerina*, *C. holocarpa*, *Lecanora hagenii*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Ph. stellaris*, *Xanthoria parietina* и др. О повышенной экологической активности этих видов и расширении спектра занятых ими местообитаний сообщают лихенологии значительного числа городов Европы, что указывает на возрастание трофности субстратов и их защелачивании (Свирко, 2006; Бязров, 2002, 2007). Наименьшее проективное покрытие лишайниковых группировок характерно для центральной зоны городов, а также и на некотором удалении от центра вдоль оживленных автотрасс. Наибольшие значения проективного покрытия наблюдаются в пригородной зоне, а также в крупном лесопарке Роща «Соловьи», который находится в административном центре Брянска.

4.2.2 Лихеноиндикационные индексы для малых городов и поселков городского типа Брянской области

Оценка состояния сред обитания в текущем мониторинге урбанизированных территорий – важнейший блок исследований, имеющий прогностическое значение. В процессе диагностики общего качества атмосферы широко используется метод лихеноиндикации, позволяющий выделить территории, подверженные воздействию загрязненного воздуха. Лихеноиндикация базируется на учете индивидуальной чувствительности эпифитных (эпилитных, эпиксильных) лишайников, на диагностике онтогенетической структуры популяций фоновых видов, показателей лихенофитных сообществ. Для возможности поведения сравнительной характеристики мониторинговых данных необходимо применять единые качественные и количественные методики, способы лихеноиндикации с

учетом региональных особенностей используемых параметров, а также биоиндикаторов.

Для осуществления эколого-прогностических работ, планирования и оптимизации хозяйственной деятельности в малых городах экспресс-диагностика общего состояния атмосферы методом лишеноиндикации имеет важное значение и актуальна в свете принятия экологически обоснованных решений (Сафранкова, 2012, 2012 а; Сафранкова, 2013).

Общий видовой состав эпифитной и эпилитной флоры лишайников, используемых для лишеноиндикации, в г. Трубчевске представлен 13 видами, относящимися к 9 родам и 6 семействам, в г. Жуковка – 15 видами, 9 родами и 5 семействами, в пгт Навля – 17 видами, относящимися к 10 родам и 5 семействам, в г. Севске – 15 видами, относящимися к 9 родам и 5 семействам. Наиболее распространенные эпифиты – *Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Nav., *Parmeliopsis ambigua* (Wulf.) Nyl., *Xanthoria parietina* (L.) Belt. В городах преобладает *Parmeliopsis ambigua* и *Xanthoria parietina*. Значительного различия в видовом составе лишенофлоры городов не наблюдается. Общие карты зонирования территории малых городов представлены в Приложении 2.

Территория гг. Трубчевска, Жуковки, Новозыбкова и пгт Навля была разбита на 25 учетных квадратов, г. Сельцо – на 26, пгт Суземка – на 20, г. Севска – на 18.

ИП для территории г. Трубчевска изменяются по абсолютным значениям от $6,78 \pm 0,7$ до 8. Число квадратов со значениями ИП больше 7 составляет 52 %.

В г. Жуковка ИП изменяются от $6,27 \pm 0,7$ до $7,9 \pm 0,06$. Число квадратов с ИП более 7 – 36 %.

В пгт Навля наименьшее значение ИП $5,97 \pm 0,9$, наибольшее – $7,94 \pm 0,06$. Преобладают квадраты территории урбоэкосистемы, для которых рассчитан ИП больше 7 – 52 %.

Для г. Севска ИП изменяются от $6,23 \pm 0,3$ до $7,76 \pm 0,2$. Число квадратов территории, имеющих ИП более 7, составляет 62 %.

В г. Сельцо ИП изменяются от $5,14 \pm 0,14$ до 8. Число квадратов с ИП более 7 – 23 %.

В г. Новозыбков наименьшее значение ИП $5,98 \pm 0,8$, наибольшее – $7,97 \pm 0,03$. Преобладают квадраты территории урбоэкосистемы, для которых рассчитан ИП больше 7 – 56 %.

Для всех исследуемых урбоэкосистем установлены высокие значения ИП, позволяющие разделить территорию на две группы зон – смешанную ($ИП < 7$) и зону борьбы ($ИП > 7$). На периферии малых городов абсолютные значения общего проективного покрытия эпифитных лишайниковых сообществ всегда выше по сравнению с оживленными автотрассами, административными центрами города, около работающих предприятий, железнодорожного узла и автовокзалов.

Таким образом, оценка изменения проективного покрытия лишайниковых ценозов в зависимости от степени антропогенной нагрузки может быть использована в качестве индикаторной величины для выявления сильной нарушенности общего состояния атмосферы. С использованием синтетического лишайникового индекса территория малых городов разбивается на две группы зон по общему состоянию атмосферы: со средним и значительным загрязнением. Участков или зон с незначительным или малым общим загрязнением атмосферы, в отличие от крупного города Брянска (Азарченкова, 2011; Сафранкова, Анищенко, 2014), не выделено. Эпифитная лишайнофлора, используемая в индикации среды обитания малых городов, малочисленна по видовому составу, а также имеет сходство в фоновых видах. В целом для повышения качества диагностических мероприятий в биомониторинге необходимо использовать комплексный подход, а также апробировать дополнительные качественные и количественные методики лишайноиндикации.

4.2.3 Лихеноиндикационные индексы и биомониторинг состояния атмосферы г. Брянска

Лихеноиндикационные исследования состояния атмосферы городской экосистемы проведены в четырех административных районах г. Брянска, сообщества эпифитных лишайников обследовались в 1994, 2000, и 2010 и 2012 гг., охватывают восемнадцатилетний период (Анищенко, 2001).

Лихеноиндикация общего состояния атмосферы по синтетическим индексам показала следующее (Приложение 3, рис. 1-9). В г. Брянске число квадратов с ИП от 4,4±0,56 до 7,0±0,87 – 69, с ИП от 7,1±0,89 до 9,8±0,94 – 78. Чистой зоны не выявлено даже на периферии. В пределах города определено 2 зоны, различающиеся по значениям ИП: смешанная и зона борьбы. Изменение показателей по ИП показано в таблице 5. В Советском районе число квадратов с ИП от 4,4 до 7,0 в 1994 г. было равным 33 (54 %), с ИП от 7,1 до 9,8 – 28 (46 %) соответственно. В 2000 г. было отмечено такое же соотношение квадратов. В Бежицком районе число квадратов с ИП от 4,4 до 7,0 в 1994 г. было 10 (30%), с ИП от 7,1 до 9,8 – 23 (70 %) соответственно. В 2000 г. наметились изменения: число квадратов с ИП от 4,4 до 7,0 стало 8 (24 %), а с ИП от 7,1 до 9,8 – 25 (76 %). Квадраты 8 и 9 из смешанной зоны перешли в зону борьбы. В Володарском районе число квадратов с ИП от 4,4 до 7,0 в 1994 г. было равным 18 (86 %), с ИП от 7,1 до 9,8 – 3 (14 %) соответственно. В Фокинском районе число квадратов с ИП от 4,4 до 7,0 в 1994 г. было равным 16 (50 %), с ИП от 7,1 до 9,8 – 16 (50 %) соответственно.

Таблица 5 – Общее число квадратов по ИП в г. Брянске

Годы	1994 г.		2000 г.		2010 г.	
Показатели	ИП / %		ИП / %		ИП / %	
Зоны по ИП	4,4-7,0	7,1-9,8	4,4-7,0	7,1-9,8	4,4-7,0	7,1-9,8
1*	33/54	28/46	33/54	28/46	30/49	31/51
2	10/30	23/70	8/24	25/76	7/21	26/79
3	18/86	3/14	18/86	3/14	16/76	5/24
4	16/16	16/50	16/16	16/50	11/34	21/66

Примечание. * Районы города: 1 – Советский, 2 – Бежицкий, 3 – Володарский, 4 – Фокинский

В 2010 г. в Советском районе отмечены следующие изменения: число квадратов с ИП от 4,4 до 7,0 стало равным 30 (49 %), с ИП от 7,1 до 9,8 – 31 (51 %). В Бежицком районе число квадратов с ИП от 4,4 до 7,0 стало равным 7 (21 %) и с ИП от 7,1 до 9,8 – 26 (79 %). В Володарском районе число квадратов с ИП от 4,4 до 7,0 уменьшилось и стало равным 16 (76 %), с ИП от 7,1 до 9,8 – 5 (24 %). В Фокинском районе ситуация в 1994-2000 гг. не изменилась. В 2010 г. увеличилось число квадратов с зоной борьбы. При проведении аналогичных исследований в 2012 г. изменений в ИП по сравнению с 2010 г. не выявлено ни в одном районе города. Скоррелировать значения ИП со среднегодовыми концентрациями SO_2 (мг/м^3), как это проведено для лишайниковых группировок городов Эстонии (Мартин, 1978; Лийв и др., 1978), не представляется возможным, поскольку этот загрязнитель не является основным и из-за отсутствия данных.

В пределах города определено 4 зон, различающиеся по значениям ИАЧ со значениями сильного загрязнения (ИАЧ=6-10), среднего (ИАЧ=11-15), умеренного (ИАЧ=16-20), незначительного (ИАЧ>21). ИАЧ по районам отражен в таблице 3 и на рисунках 10-17 Приложения 3. В 1994 г. для Советского района число квадратов с индексом атмосферной чистоты (далее ИАЧ) от 6 до 10 в 1994 г. было равно 9 (15 %), с ИАЧ от 11 до 15 – 17 квадратов (28 %), с ИАЧ от 16 до 20 – 10 квадратов (16 %), и ИАЧ > 21 – 25 (41 %). В 2000 г. наблюдали изменения: число квадратов с ИАЧ от 6 до 10 было равно 12 (20 %), с ИАЧ от 11 до 15 – 11 квадратов (18 %), с ИАЧ от 16 до 20 – 10 квадратов (16 %), ИАЧ > 21 – 28 (46 %). В Бежицком районе число квадратов с ИАЧ от 6 до 10 составляло 13 (39 %), с ИАЧ от 11 до 15 – 9 квадратов (27 %), с ИАЧ от 16 до 20 – 4 квадрата (12 %), и ИАЧ > 21 – 7 (22 %). В Володарском районе число квадратов с ИАЧ от 6 до 10 насчитывалось 2 (10 %), с ИАЧ от 11 до 15 – 1 квадрат, это 5%, с ИАЧ от 16 до 20 – 7 квадратов (33 %), и ИАЧ > 21 – 11 (52 %). В Фокинском районе число

квадратов с ИАЧ от 6 до 10 составляло 6 (19 %), с ИАЧ от 11 до 15 – 8 квадратов (25 %), с ИАЧ от 16 до 20 – 9 квадратов (28 %), ИАЧ > 21 – 9 (28 %).

В 2000 г. показатели ИАЧ для Володарского, Бежицкого, Фокинского района не изменились. Для Советского района города в 2000 г. увеличилось число квадратов с ИАЧ от 6-10 и более 21. В Советском районе число квадратов с ИАЧ от 6 до 10 в 2010 г. стало равным 11 (18 %), с ИАЧ от 11 до 15 – 11 квадратов (18 %), с ИАЧ от 16 до 20 – 10 квадратов (16 %), и ИАЧ > 21 – 28 (46 %). В Бежицком районе ситуация по состоянию атмосферы не изменилась. В Володарском районе число квадратов с ИАЧ от 6 до 10 насчитывалось 3 (14 %), с ИАЧ от 11 до 15 – 2 квадрата (10 %), с ИАЧ от 16 до 20 – 6 квадратов (29 %), и ИАЧ > 21 – 10 (47 %). В Фокинском районе число квадратов с ИАЧ от 6 до 10 определено в числе 9 (28 %), с ИАЧ от 11 до 15 – 8 (25 %), с ИАЧ от 16 до 20 – 7 (22 %), и ИАЧ > 21 – 8 (25 %).

Таблица 6 – Общее число квадратов по ИАЧ в г. Брянске

	1994 г.				2000 г.				2010 г.			
	ИАЧ / %				ИАЧ / %				ИАЧ / %			
	6-10	11-15	16-20	>21	6-10	11-15	16-20	>21	6-10	11-15	16-20	>21
1*	9/15	17/28	10/16	25/41	12/20	11/18	10/6	28/6	12/20	11/18	10/16	28/46
2	13/39	9/27	4/ 12	7/22	13/39	9/27	4/ 12	7/22	13/39	9/27	4/12	7/22
3	2/10	1/5	7/33	11/58	2/10	1/5	7/33	11/58	3/14	2/10	6/29	10/47
4	6/19	8/25	9/28	9/28	6/19	8/25	9/28	9/28	9/28	8/25	7/22	8/25

Примечание. * Районы города: 1 – Советский, 2 – Бежицкий, 3 – Володарский, 4 – Фокинский

При проведении аналогичных исследований в 2012 г. изменений в ИАЧ по сравнению с 2010 г. не выявлено ни в одном районе города. Наивысшие показатели ИП и ИАЧ вычислены для Советского и Бежицкого районов с наибольшим сосредоточением промышленных предприятий и густонаселенных. Рассчитанные для лишайниковых эпифитных группировок значения ИП выше, чем аналогичные для мохообразных (Анищенко, 2009).

Общее состояние атмосферы г. Брянска за 18-летний период изменилось в связи с возрастанием общего количества транспортных потоков, оживлением работы промышленных предприятий. Возросло общее число участков по ИП зоны борьбы (значительное общее загрязнение), по ИАЧ – зоны среднего и значительного загрязнения. Рассчитанные индексы указывают на повышенную концентрацию загрязнителей в центре города и его густонаселенных частях.

Согласно расчетным индексам загрязнения атмосферы (ИЗА) и количества выбросов веществ от стационарных и передвижных источников в атмосферу города состояние атмосферы изменялось (рис. 10).

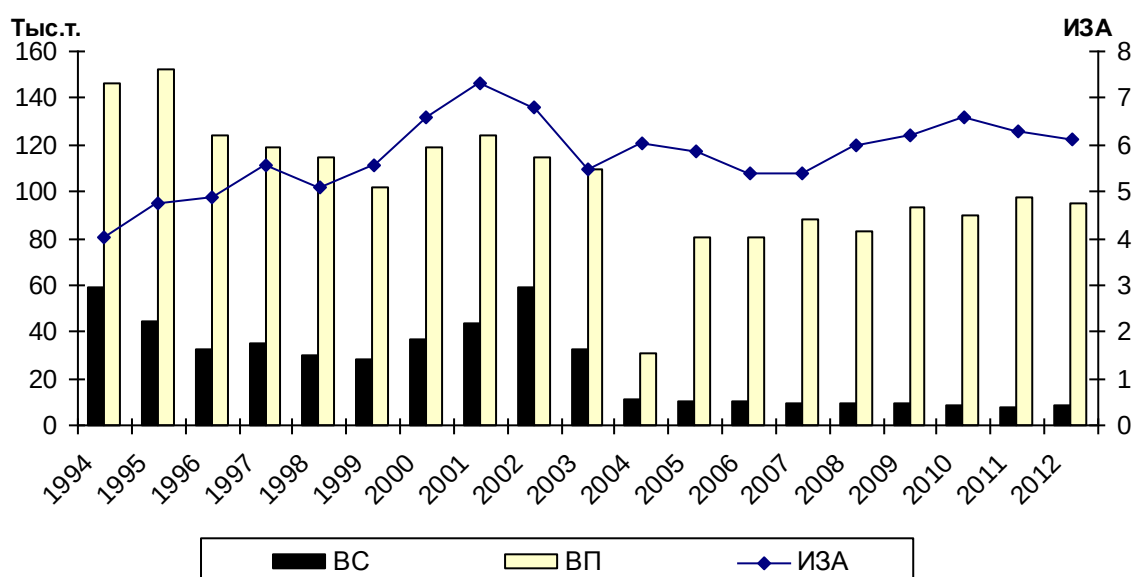


Рисунок 10 – Динамика ИЗА, количества выбросов загрязняющих веществ (тыс.т.) от стационарных и передвижных источников в г. Брянске (по данным Государственных докладов о состоянии окружающей среды ..., 1995-2013)

(ИЗА – индекс загрязнения атмосферы, ВС – выбросы от стационарных источников, ВП – выбросы от передвижных источников)

В 1994-1996 гг. ИЗА характеризовал состояние атмосферного воздуха в норме (ИЗА = 4,04-4,87). В период с 1997 по 2000 гг. ИЗА диагностировал повышенный уровень загрязнения воздуха (ИЗА = 5,57-6,57). Наивысший показатель ИЗА (7,31) – высокий уровень загрязнения – был рассчитан для 2001 г. (Государственный доклад, 2002). В 2002-2012 гг. (6,83-5,37) по ИЗА состояние атмосферы характеризовалось повышенным уровнем

загрязнения (рис. 10). Таким образом, динамика в значениях ИЗА отличалась пиком в 2001 г., до 2001 г. наблюдался рост ИЗА, после 2001 г. – некоторое снижение показателей ИЗА, рост – в 2010-2011 гг. (Государственный доклад ..., 2013). Максимальное количество выбросов (тыс.т.) от стационарных источников зарегистрировано в 1994 г., от передвижных – в 1995 г. За весь период исследования диагностировали превышение выбросов от передвижных источников загрязнения над выбросами от стационарных источников. После 1995 г. наблюдалось некоторое снижение выбросов от передвижных источников. Некоторое повышение выбросов в атмосферу обнаружилось в 2005-2006 гг., 2011-2012 гг. Итак, за период с 1994 г. наблюдались изменения в состоянии атмосферы города Брянска, связанные в первую очередь с антропогенной деятельностью. Сообщества лишайников реагировали на динамику показателей в состоянии атмосферы. Количественные расчеты соответствующих синтетических лишеноиндикационных индексов подтвердили происходящие изменения в общем состоянии атмосферы крупного города.

Таким образом, в биоиндикационной оценке общего состояния атмосферы урбоэкосистем достаточно информативны показатели распределения лишенобионтов с высокими коэффициентами толерантности, от участия которых в сложении эпифитных лишайниковых синузий зависит значения ИП. По мере увеличения антропогенной нагрузки и снижения качества общего состояния атмосферы сокращается видовое разнообразие и обилие эпифитных лишайниковых группировок. Эффекта «лишайниковой пустыни» в г. Брянске не выявлено.

На основании синтетических индексов проведено зонирование территории урбоэкосистемы. По ИП установлены две группы зон: смешанная (ИП=4-7) и зона борьбы (ИП=7-10); по ИАЧ – четыре: сильного загрязнения (ИАЧ=6-10), среднего (ИАЧ=11-15), умеренного (ИАЧ=16-20), незначительного (ИАЧ>21). Картографирование территории города предоставляют надёжную информацию о дифференциации пространства по

загрязнению воздуха. Наиболее информативен ИАЧ, позволивший провести более дробное деление территории по общему многолетнему состоянию атмосферы. Все синтетические лишеноиндикационные индексы зафиксировали повышенную концентрацию атмосферных загрязнителей в центральных жилых районах города, около оживленных автотрасс и промышленных объектов. За восемнадцатилетний период наблюдений за общим состоянием атмосферы установлено возрастание числа участков значительного загрязнения.

Впервые для г. Брянска и пгт Навля был рассчитан лишайниковый индекс (Сафранкова, Анищенко, 2013; Анищенко, Сафранкова, 2013). Для исследований использованы фоновые эпифитные виды-эвритопы, «модельные» объекты листоватой жизненной формы, широко распространенные в условиях малых, средних и крупных городов, образующие четко ограниченные куртины на стволах деревьев (*Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *X. polycarpa* (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *H. tubulosa* (Schaer.) Hav., *Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl., виды рода *Physcia*).

Параллельно проводимым исследованиям устанавливались некоторые общеиспользуемые вспомогательные характеристики в лишеноиндикации: число деревьев (по видам) с развитым эпифитным лишайниковым покровом.

В таблице 7 показаны полученные значения лишайникового индекса для крупного и малого города с учетом видового состава деревьев и двух модельных видов листоватых лишайников – *Xanthoria parietina*, *Parmelia sulcata*.

Таблица 7 – Значения лишайникового индекса (L) для территории крупного и малого городов Брянской области

Показатели	<u>L</u> Число квадратов		
г. Брянск, лишеноиндикатор – <i>Xanthoria parietina</i>			
Вид дерева и показатели индекса	1 группа	2 группа	3 группа
<i>Betula pendula</i>	<u>0,0052</u> 44	<u>0,014</u> 82	<u>0,190</u> 26

Проективное покрытие стволов ($M \pm m$, в %)	12 $\pm$ 0,8	19 $\pm$ 1,3	36 $\pm$ 3,2
Среднее число талломов на стволе	30 $\pm$ 1,4	32,5 $\pm$ 1,2	41 $\pm$ 2,8
<i>Tilia cordata</i>	$\frac{0,0057}{51}$	$\frac{0,021}{80}$	$\frac{0,220}{21}$
Проективное покрытие стволов ($M \pm m$, в %)	11 $\pm$ 0,6	23 $\pm$ 1,4	31 $\pm$ 2,7
Среднее число талломов на стволе	28 $\pm$ 1,5	33 $\pm$ 2,1	39 $\pm$ 2,8
<i>Populus nigra</i>	$\frac{0,0063}{49}$	$\frac{0,018}{79}$	$\frac{0,27}{24}$
Проективное покрытие стволов ($M \pm m$, в %)	14 $\pm$ 0,7	25 $\pm$ 1,5	35 $\pm$ 4,2
Среднее число талломов на стволе	32 $\pm$ 2,5	37 $\pm$ 3,1	48 $\pm$ 3,9
<i>Acer platanooides</i>	$\frac{0,0066}{46}$	$\frac{0,018}{82}$	$\frac{0,27}{24}$
Проективное покрытие стволов ($M \pm m$, в %)	17 $\pm$ 0,8	24 $\pm$ 1,5	33 $\pm$ 2,6
Среднее число талломов на стволе	33 $\pm$ 2,8	41 $\pm$ 2,6	45 $\pm$ 3,2
пгт Навля, лишеноиндикатор – <i>Xanthoria parietina</i>			
Вид дерева и показатели индекса	1 группа	2 группа	3 группа
<i>Betula pendula</i>	$\frac{0,0086}{9}$	$\frac{0,038}{12}$	$\frac{0,310}{14}$
Проективное покрытие стволов ($M \pm m$, в %)	15 $\pm$ 0,9	19 $\pm$ 1,4	37 $\pm$ 3,3
Среднее число талломов на стволе	28,5 $\pm$ 2,1	34 $\pm$ 2,3	39 $\pm$ 3,1
<i>Tilia cordata</i>	$\frac{0,0093}{10}$	$\frac{0,031}{12}$	$\frac{0,340}{13}$
Проективное покрытие стволов ($M \pm m$, в %)	17 $\pm$ 0,9	22 $\pm$ 1,9	41 $\pm$ 4,0
Среднее число талломов на стволе	27 $\pm$ 1,9	37 $\pm$ 3,2	44 $\pm$ 3,3
<i>Populus nigra</i>	$\frac{0,0094}{8}$	$\frac{0,037}{11}$	$\frac{0,420}{16}$
Проективное покрытие стволов ($M \pm m$, в %)	18 $\pm$ 0,9	28 $\pm$ 1,8	42 $\pm$ 3,5
Среднее число талломов на стволе	29 $\pm$ 2,1	38 $\pm$ 3,5	45 $\pm$ 4,2
<i>Acer platanooides</i>	$\frac{0,0092}{11}$	$\frac{0,031}{11}$	$\frac{0,290}{13}$
Проективное покрытие стволов ($M \pm m$, в %)	16,5 $\pm$ 0,7	26 $\pm$ 2,3	37 $\pm$ 3,4
Среднее число талломов на стволе	24 $\pm$ 2,5	33 $\pm$ 3,7	41 $\pm$ 4,3

Результаты статистической обработки данных показывают, что по значению лишайникового индекса (L) все обследуемые квадраты городских территорий – крупного и малого города – можно объединить в достоверно

различающиеся ($t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$) три группы: зону значительного общего загрязнения сред обитания (наименьшие значения L), среднего и слабого загрязнения (наибольшие значения L). В зону наименьшего загрязнения по значениям лишайникового индекса попали квадраты, расположенные на окраинах городов, а также в крупных городских парках и скверах. В зону наибольшего загрязнения объединены квадраты по лишайниковому индексу, вычисленному для квадратов около крупных автодорог, некоторых промышленных предприятий, около авто- и железнодорожных вокзалов.

Установлено, что значения параметра лишайникового индекса находится в прямопропорциональной зависимости от расстояния до дороги и может быть описана уравнением:

$$L = (-3,09 + 0,376S)10^{-3}$$

Качественные признаки – проективное покрытие ствола дерева (форофита) лишайниками в исследуемых квадратах зоны наибольшего и среднего загрязнения различаются недостоверно ($t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$).

Используемый лишайноиндикационный индекс позволяет уменьшить субъективность подхода к биоиндикации, применить количественные критерии, оценить уровни антропогенного воздействия на городские поселения разных групп, проводить картирование территории городских поселений на основе количественного индекса, сравнить данные многолетних наблюдений при биомониторинге.

Таким образом, предлагаемый индекс лишайноиндикации позволяет адекватно оценивать состояние сред обитания в урбоэкосистемах (при воздействии определённого негативного фактора или комплекса факторов) при биоиндикационных исследованиях, уменьшить субъективность биоиндикации, повысить точность и прогностическую ценность полученных данных для учёта конкретного антропогенного воздействия, что сократит расходы и увеличит точность работ в биомониторинге при зонировании территорий городских поселений, уменьшить трудоемкость операций при

натурных исследованиях, он не содержит переменных, определяемых субъективно; возможно применение без метода экспертных оценок.

4.3 Накопительная способность тяжёлых металлов лишайниками урбоэкосистем как индикационный признак

В урбоэкосистеме крупного города Брянска обнаруживаются следующие особенности концентрации и накопления ТМ. Основные данные валового содержания ТМ в слоевищах эпифитных лишайников указаны в таблицах 1-2 Приложения 4.

Анализ валового содержания ТМ в смешанных пробах эпифитных лишайников (*Xanthoria parietina* и *Parmeliopsis ambigua*, других видов) дан для зимнего периода (декабрь 2011 г., январь 2012 г.). Валовое содержание стронция в пробах изменяется от 69,0 до 178,0 мг/кг. Наименьшее значение валовой концентрации отмечено в пробе № 26 (ул. Красноармейская, 158), наибольшее – в пробе №5 (ул. Авиационная).

Валовая концентрация свинца в пробах изменяется от 16,0 до 79 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 28 (ул. Карачижская), наибольшее - в пробе № 25 (район школы № 40, Фокинский район).

Среднее содержание мышьяка в пробах изменяется в пределах от 1,4 до 13,15 мг/кг. Наименьшая концентрация мышьяка зарегистрирована в пробе № 1 (ул. Калинина (фабрика РТИ)). Наибольшее значение этого ТМ отмечено в пробе № 8 (пр-т Московский, поликлиника № 5).

Валовое содержание цинка в пробах слоевищ лишайников-эпифитов изменяется от 34,0 до 396,0 мг/кг. Наименьшее значение концентрации цинка выявлено в пробах № 27 (ост. «Телецентра»), № 28 (ул. Карачижская), № 29 (район дачного кооператива «Союз», Брянский район). Наибольшее значение отмечено в пробе № 22 (ост. «Автозаводец»).

Концентрация меди в пробах лишайников изменяется в пределах от 26,0 до 79,0 мг/кг. Наименьшее содержание меди отмечено в пробе № 28 (ул. Карачижская), наибольшее – в пробе № 25 (район школы № 40).

Валовое содержание никеля в слоевищах не изменяется в широких пределах: от 17,0 до 28,0 мг/кг. Наименьшая концентрация зарегистрирована в пробах № 9 (ул. Пушкина) и № 26 (ул. Красноармейская, 158). Наибольшее значение никеля отмечено в пробе № 25 (район школы № 40).

Среднее валовое содержание одного из самых токсичных ТМ кобальта в пробах эпифитных лишайников изменяется от 0 до 8,0 мг/кг. Наименьшая концентрация выявлена в большей части образцов на территории города (5, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 20, 26). Наибольшее значение отмечено в пробе № 25 (район школы № 40) и № 32 (лесопарк «Соловьи»).

Валовая концентрация железа в пробах изменяется в широком диапазоне значений: от 5934 до 22243,0 мг/кг. Наименьшая концентрация зарегистрирована в пробе № 14 (ул. Литейная), наибольшая – в пробе № 4 (ул. Дуки).

Среднее содержание марганца в пробах изменяется от 143,0 до 693,0 мг/кг. Наименьшая валовая концентрация отмечена в пробе № 14 (ул. Литейная). Наибольшее значение – в пробе № 29 (район дачного кооператива «Союз», Брянский район).

Валовая концентрация хрома в пробах изменяется по значениям от 51,0 до 104,0 мг/кг. Наименьшее значение концентрации хрома отмечено в пробе № 27 (ост. «Телецентр»), наибольшее значение – в пробе № 7 (пр-т Московский (ж/д мост)).

Содержание титана и ванадия ниже предела обнаружения прибора, их не обнаружено в слоевищах эпифитных лишайников.

В 26 пробе обнаружено превышение ОДК по свинцу, в пробе № 26 превышение максимально и составляет от нормативного значения в 2,5 раза. В 31 пробе зарегистрировано превышение ОДК по мышьяку, в пробе № 8 превышение максимально в 6,6 раза. В 30 пробах обнаружено превышение ОДК по цинку, в пробе № 23 превышение максимально в 7,2 раза. В пробе 31 выявлено превышение ОДК по меди, в пробе № 26 превышение максимально в 2,4 раза. В пробе 28 обнаружено превышение ОДК по никелю, в пробе № 28

превышение максимально в 1,4 раза. Превышение ОДК по марганцу не обнаружено ни в одной из проб лишайниковых слоевищ.

Анализ валового содержания ТМ в смешанных пробах эпифитных лишайников (ксантории постенной и пармелиопсиса сомнительного) приведен также для окончания вегетационного периода (август 2012 г.).

Среднее содержание стронция в пробах изменяется от 41,5 до 144,0 мг/кг. Наименьшая концентрация отмечена в пробе № 33 (ул. Бежицкая). Наибольшее значение – в пробе № 44 (ост. «Мясокомбинат»).

Валовая концентрация свинца в образцах слоевищ изменяется в пределах от 3,0 до 57,5 мг/кг. Наименьшая концентрация выявлена для пробы № 50 (лесопарк «Соловьи»), наибольшая – для пробы № 36 (ул. Бежицкая, общежитие БГУ).

Валовое содержание мышьяка в пробах колеблется в пределах от 0 до 13,0 мг/кг. Наименьшее содержание зарегистрировано в пробе № 50 (лесопарк «Соловьи»), наибольшее – в пробе № 38 (ул. Литейная).

Валовая концентрация цинка в образцах слоевищ изменяется от 34,0 до 154,0 мг/кг. Наименьшая концентрация отмечена в пробе № 50 (лесопарк «Соловьи»), наибольшее – в пробе № 43 (пр-т Московский (ж/д мост)).

Валовое содержание меди в пробах изменяется от 16,25 до 72,0 мг/кг. Наименьшее значение меди зарегистрировано в пробе № 33 (ул. Бежицкая). Наибольшее значение – в пробе № 46 (ул. Красноармейская (памятник Летчикам)).

Валовая концентрация никеля в смешанных образцах колеблется от 10,0 до 44,0 мг/кг. Наименьшая концентрация отмечена в пробе № 51 (лесопарк «Соловьи» (100 м от дороги), наибольшая – в пробе № 38 (ул. Литейная).

Валовое содержание наиболее токсичного кобальта в слоевищах изменяется от 0 до 6,5 мг/кг. Наименьшее содержание выявлено в большей части проб (35, 36, 38, 40, 41, 42, 45, 47, 48, 49, 50, 51). Наибольшее значение отмечено в пробе № 37 (ул. Никитинская).

Валовая концентрация железа в образцах изменяется в пределах от 1175,0 до 22243,0 мг/кг. Наименьшая концентрация отмечена в пробе № 33 (ул. Бежицкая), наибольшая – в пробе № 39 (ул. Бежицкая (Городищенский поворот)).

Валовое содержание марганца в пробах лишайников изменяется от 53,0 до 623,0 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 33 (выезд из Бежицы). Наибольшее значение отмечено в пробе № 35 (проспект Ленина, у дамбы).

Концентрация хрома в слоевищах изменяется от 13,0 до 85,0 мг/кг. Наименьшее значение хрома выявлено в пробе № 33 (выезд из Бежицы), наибольшее – в пробе № 46 (ул. Красноармейская (памятник Летчикам)).

Содержание титана и ванадия ниже предела обнаружения прибора.

В 17 пробах обнаружено превышение ОДК по свинцу, в пробе № 44 превышение максимально (в 1,8 раза). В лишайниках из 16 проб выявлено превышение ОДК по мышьяку, в пробе № 38 наблюдается максимальное превышение в 6,5 раза. В 17 пробах зарегистрирована самая высокая концентрация цинка, в пробе № 43 – максимальное превышение ОДК в 2,8 раза. В 11 пробах выявлено превышение ОДК по меди, в пробе № 46 концентрация максимальная и превышает ОДК в 2 раза. В 7 пробах обнаружено превышение ОДК по никелю, в пробе № 38 превышение максимально в 2,2 раза. Превышение ОДК по марганцу не обнаружено ни в одной из проб.

Сравнив результаты, полученные в зимний период 2011-2012 гг. и при окончании вегетационного периода (конце лета) в 2012 году отмечено изменение валового содержания ТМ в 4 точках отбора проб.

В осенний период 2012 г. в точке № 49 отмечено увеличения валовой концентрации никеля (увеличилась в 1,15 раза), в точке № 46 наблюдается увеличение содержания меди в 1,63 раза, в точке № 42 возросло содержание цинка в 1,06 раза, в точке № 44 наблюдается увеличение содержания

стронция, железа, марганца в 2,0 2,1 и 2,2 раза соответственно по сравнению с зимним периодом 2011-2012 гг.

Итак, в течение сезона года валовая концентрация ТМ в слоевищах эпифитов изменялась: зимой валовые концентрации ТМ выше, чем летом (рис. 11).

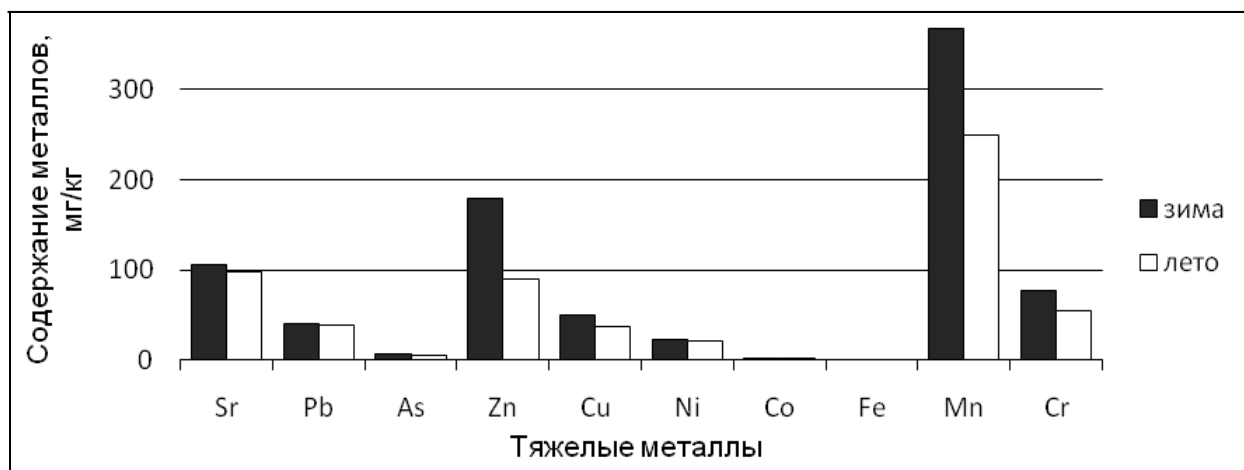


Рисунок 11 – Валовые концентрации ТМ (мг/кг) по сезонам года в г. Брянске

Для крупного города Орла (Южное Нечерноземье) выявлены следующие значения валовой концентрации ТМ (Приложение 4, табл. 3-4).

Для зимнего периода (январь 2013 г.) у лишайников среднее валовое содержание стронция в пробах изменяется в пределах от 94,35 до 197,25 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 5 (парк у автовокзала г. Орла), наибольшее значение отмечено в пробе № 3 (Карачевское шоссе, въезд в город).

Валовая концентрация свинца в пробах изменяется в пределах от 43,25 до 3104,3 мг/кг. Наименьшая концентрация зарегистрирована в пробах № 2 (набережная Дубровинского), наибольшее значение – в пробе № 4 (Карачевское шоссе).

Валовое содержание мышьяка в пробах изменяется в пределах от 4,95 до 14,75 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 1 (парк у автовокзала). Наибольшее значение – в пробе № 6 (ул. Лескова).

Валовая концентрация цинка в пробах колеблется от 161,85 до 271,3 мг/кг. Наименьшая концентрация выявлена в пробе № 3 (Карачевское шоссе), наибольшая – в пробе № 6 (ул. Лескова).

Валовое содержание меди в слоевищах изменяется от 40,7 до 49,3 мг/кг. Наименьшее значение зарегистрировано в пробе № 2 (набережная Дубровинского), наибольшее – в пробе № 6 (ул. Лескова).

Валовая концентрация никеля в пробах изменяется от 22,75 до 25,3 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 6 (ул. Лескова), наибольшее – в пробе № 2 (набережная Дубровинского).

Содержание кобальта ниже предела определения прибора.

Среднее валовое содержание железа в пробах изменяется в пределах от 10006,0 до 19874,0 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 2 (набережная Дубровинского), наибольшее – в пробе № 4 (Карачевское шоссе).

Среднее содержание марганца в пробах изменяется в пределах от 202,65 до 398,7 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 2 (набережная Дубровинского). Наибольшее значение отмечено в пробе № 4 (Карачевское шоссе).

Валовая концентрация хрома в пробах слоевищ лишайников изменяется от 53,7 до 109,6 мг/кг. Наименьшая концентрация выявлена в пробе № 2 (набережная Дубровинского), наибольшая – в пробе № 4 (Карачевское шоссе).

Валовое содержание ванадия изменяется в пределах от 0 до 23,45 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 4 (Карачевское шоссе), наибольшее – в пробе № 3 (Карачевское шоссе).

Валовое содержание титана в пробах изменяется в пределах от 0 до 897,5 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробах № 2 (набережная Дубровинского). Наибольшее значение отмечено в пробе № 1 (парк у автовокзала).

Во 6 пробах обнаружено превышение ОДК по свинцу, в пробе № 4 превышение максимально в 3,3 раза. Также во всех пробах выявлено превышение ОДК по мышьяку, в пробе № 6 превышение максимально в 7,4 раза. В 6 пробах обнаружено превышение ОДК по цинку, в пробе № 6 превышение максимально и составляет 5 раз. В 6 пробах зарегистрировано превышение ОДК по меди, в пробе № 6 превышение максимально и составляет 1,5 раза. Во всех 6 пробах обнаружено превышение ОДК по никелю, в пробе № 2 превышение максимально и составляет 1,3 раза.

Превышение ОДК по марганцу и ванадию не обнаружено ни в одной из проб.

В летний период (август 2013 г.) валовые концентрации ТМ в слоевищах эпифитных лишайников изменяются следующим образом.

Валовое содержание стронция в пробах изменяется от 89,0 до 125,0 мг/кг. Наименьшее содержание отмечено в пробе № 19 (пересечение улиц Комсомольская и Авиационная). Наибольшее значение – в пробе № 9 (ул. Розы Люксембург).

Валовая концентрация свинца в пробах изменяется от 38,0 до 81,0 мг/кг. Наименьшая концентрация зарегистрирована в пробах № 17 (Карачевское шоссе), наибольшее – в пробе № 13 (парк у автовокзала г. Орла).

Валовое содержание мышьяка в образцах слоевищ колеблется от 2,1 до 3,5 мг/кг. Наименьшее содержание отмечено в пробе № 11 (ул. Комсомольская), наибольшее – в пробе № 9 (ул. Розы Люксембург).

Концентрация цинка в пробах изменяется от 157,0 до 366,0 мг/кг. Наименьшая концентрация выявлена в пробе № 7 (пересечение улицы Комсомольская и Кромского шоссе). Наибольшее значение – в пробе № 10 (сквер им. Поликарпова).

Валовое содержание меди в слоевищах изменяется от 30,0 до 47,0 мг/кг. Наименьшее значение валовой концентрации отмечено в пробе № 7 (пересечение улицы Комсомольская и Кромское шоссе), наибольшее – в пробе № 16 (ул. 1-ая Курская).

Валовая концентрация никеля в пробах изменяется от 20,0 до 29,0 мг/кг. Наименьшее содержание отмечено в пробе № 10 (сквер им. Поликарпова), наибольшее – в пробе № 21 (набережная Дубровинского).

Содержание кобальта ниже предела определения прибора.

Валовое содержание железа в пробах изменяется от 9455,0 до 17843,0 мг/кг. Наименьшая концентрация выявлена в пробе № 10 (сквер им. Поликарпова), наибольшая – в пробе № 21 (набережная Дубровинского).

Концентрация марганца в образцах слоевищ эпифитов изменяется в следующих значениях: от 211,0 до 515,0 мг/кг. Наименьшая валовая концентрация отмечена в пробе № 15 (парк у ж/д вокзала г. Орла). Наибольшее – в пробе № 8 (Карачевское шоссе).

Валовое содержание хрома в пробах изменяется от 53 до 101 мг/кг. Наименьшее значение валовой концентрации зарегистрировано в пробе № 15 (парк у ж/д вокзала г. Орла), наибольшее – в пробе № 11 (ул. Комсомольская).

Валовая концентрация ванадия в слоевищах изменяется от 7,0 до 28,0 мг/кг. Наименьшее содержание отмечено в пробе № 14 (парк у автовокзала г. Орла), наибольшее – в пробе № 8 (Карачевское шоссе).

В образцах слоевищ лишайников зарегистрирован титан в концентрациях от 0 до 973,0 мг/кг. Наименьшее значение валовой концентрации отмечено в пробах № 10 (сквер им. Поликарпова), наибольшее – в пробе № 8 (Карачевское шоссе).

Во всех 16 пробах обнаружено превышение ОДК по свинцу, в пробе № 13 превышение максимально в 2,5 раза. Также все образцы показали превышение ОДК по мышьяку, в пробе № 9 превышение максимально в 1,8 раза.

Во всех пробах зарегистрировано превышение ОДК по цинку, в пробе № 7 превышение в 6,7 раза (максимальное). В 15 пробах выявлено превышение ОДК по меди, в пробе № 16 оно максимально (в 1,4 раза). Также в 15 пробах обнаружено превышение ОДК по никелю, а в пробе № 21 превышение максимально в 1,5 раза.

Превышение ОДК по марганцу и ванадию не обнаружено ни в одной из проб слоевищ лишайников.

Сравнив результаты, полученные в зимний и в летний период 2013 г. выявлено изменение среднего содержания ТМ в 4 точках отбора проб:

В пробе № 14, отобранной в летний период, отмечено увеличение содержания стронция, свинца, меди. В пробе № 21, отобранной летом, зарегистрировано увеличение содержания свинца, цинка, меди, никеля, железа, марганца, хрома, ванадия по сравнению с пробами зимы. В пробе № 17 (летний период) отмечено увеличение содержания стронция и цинка по сравнению с пробами зимы. В пробе № 8, отобранной в летний период, отмечено увеличение содержания стронция, меди, никеля, марганца по сравнению с пробами зимнего периода.

Валовое содержание всех ТМ в лишайниках эпифитах крупных городов превышает фоновые значения для эпифитной лишенобиоты в экосистемах заповедника «Брянский лес» (Анищенко, Азарченкова, 2012).

Таким образом, в слоевищах эпифитных лишайников в г. Брянске валовое содержание мышьяка, кобальта, марганца больше по сравнению со значениями этих ТМ в г. Орле. Валовая концентрация стронция, свинца, цинка, никеля, железа, хрома, ванадия, титана в образцах эпифитных лишайников г. Орле больше, чем в г. Брянске.

Различия статистически достоверны для свинца, мышьяка, цинка, никеля, кобальта, железа, титана ($t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$), недостоверны для стронция, меди, марганца, хрома ($t_{\text{табл}} > t_{\text{факт}}$).

При сравнительной характеристике валового содержания ТМ в слоевищах *Xanthoria parietina* и *Parmelia sulcata* на территории крупного промышленного центра Брянска и малых городов отмечено превышение содержания свинца и цинка в образцах, собранных в г. Дятьково. В значениях концентраций остальных ТМ в слоевищах лишайников отмечено превышение по г. Брянску.

В г. Брянске слоевища ксантории постенной по сравнению с другими видами в большей концентрации накапливают свинец, медь, хром.

В г. Орле для слоевищ ксантории постенной зарегистрировано высокое содержание стронция, свинца, марганца, титана.

Для крупных городов Нечерноземья выявлены ряды накопления ТМ в эпифитных лишайниках: для г. Брянска –
Fe>Mn>Zn>Sr>Cr>Cu>Pb>Ni>As>Co, для г. Орла –
Fe>Ti>Mn>Zn>Sr>Cr>Pb>Cu>Ni>V>As>Co.

Для характеристики процессов накопления загрязнителей в лишайниках используют не только абсолютные содержания ТМ в слоевищах, но и значение коэффициента накопления элементов. Коэффициент накопления элемента – это величина, которая рассчитывается как отношение концентрации элемента в слоевище лишайников к его содержанию в субстрате (коре деревьев): $K_n = C_{л.}/C_{с.}$.

Коэффициенты накопления для лишайников-эпифитов в г. Орле отражены в Приложении 5.

В г. Орле по K_n можно судить о кумуляции в слоевищах эпифита ксантории постенной хрома, титана, ванадия, мышьяка, меди.

Установлен следующий ряд поглощения ТМ ксанторией постенной – Pb>Ti>Cu>Cr>Fe>As>Ni>Mn>Zn>V>Sr>Co.

Анализ картографического материала валовой концентрации ТМ в слоевищах эпифитных лишайников гг. Брянска и Орла (Приложение 6, рис. 1-23) показал следующее. Изолинии выделяют зоны, различающиеся по концентрации ТМ в биоиндикаторах: низкого, среднего, высокого и очень высокого содержания ТМ. Наибольшие концентрации ТМ зарегистрированы в промышленных зонах и районах крупных автотрасс с большими дорожными развязками, а также в ряде селитебных районов. Также изолинии выделяют зоны движения воздушных масс от источников загрязнения и соответствуют розам ветров городов (Приложение 6, табл. 1).

Для эпифитных лишайников в малых городах и поселках городского типа Брянской области валовая концентрация ТМ показана в таблицах 1-4 Приложения 7 и распределилась следующим образом.

В пгт Суземка анализировались смешанные лишайниковые пробы из гипогимнии трубчатой, пармелии бороздчатой, ксантории постенной.

Среднее содержание стронция в пробах изменяется в пределах от 72,45 до 154,8 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 1 (ул. Вокзальная (север пгт)), наибольшее – в пробе № 7 (ул. Южная).

Валовое содержание свинца в пробах изменяется от 30,55 до 56,85 мг/кг. Наименьшее значение выявлено в пробах № 6 (район школы № 2 пгт Суземка), наибольшее – в пробе № 9 (пересечение улиц Брянская и Объездная (выезд из пгт Суземка)).

Валовая концентрация мышьяка в слоевищах колеблется от 1,27 до 1,65 мг/кг. Наименьшая концентрация выявлена в пробе № 6 (район школы № 2), наибольшая – в пробе № 2 (пересечение улиц Вокзальная и Ленина (центр пгт Суземка)).

Валовое содержание цинка в пробах изменяется от 76,5 до 477,0 мг/кг. Наименьшее значение концентрации зарегистрировано в пробе № 8 (Центральный парк), наибольшее – в пробе № 1 (ул. Вокзальная (север пгт Суземка)).

Валовое содержание меди в пробах изменяется от 32,35 до 44,2 мг/кг. Наименьшая концентрация отмечена в пробе № 1 (ул. Вокзальная (север пгт Суземка)), наибольшая – в пробе № 7 (ул. Южная).

Валовая концентрация никеля в образцах колеблется от 19,1 до 23,3 мг/кг. Наименьшее содержание выявлено в пробе № 6 (район школы № 2). Наибольшее – в пробе № 1 (ул. Вокзальная (север пгт Суземка)).

Содержание кобальта ниже предела определения прибора.

Валовая концентрация железа в пробах изменяется от 6828,5 до 19225,5 мг/кг. Наименьшая концентрация определена в пробе № 8 (Центральный парк), наибольшая – в пробе № 4 (Центральный парк).

Валовая концентрация марганца в пробах изменяется от 156,8 до 1532,5 мг/кг. Наименьшее содержание зарегистрировано в пробе № 3 (ул. Вокзальная (юг пгт Суземка)), наибольшее – в пробе № 4 (Центральный парк).

Валовое содержание хрома в пробах изменяется от 41,7 до 65,2 мг/кг. Наименьшее значение выявлено в пробе № 1 (ул. Вокзальная (север пгт Суземка)), наибольшее – в пробе № 6 (район школы № 2).

Среднее валовое содержание ванадия в пробах зарегистрировано в значениях от 1,5 до 11,75 мг/кг. Наименьшая концентрация этого ТМ отмечена в пробе № 4 (Центральный парк), наибольшая – в пробе № 7 (ул. Южная). Содержание титана ниже предела определения прибора.

В 6 пробах зарегистрировано превышение ОДК по свинцу, в пробе № 9 – максимальное (превышение в 1,8 раза). Во всех пробах обнаружено превышение ОДК по цинку, в пробе № 1 превышение максимально в 8,7 раза. В 8 пробах обнаружено превышение ОДК по меди, в пробе № 7 превышение максимально в 1,3 раза.

В 7 пробах выявлена высокая концентрация (выше ОДК) никеля, в пробе № 1 – максимальная (в 1,2 раза выше ОДК). Превышение ОДК по мышьяку, марганцу и ванадию не обнаружено ни в одной из проб слоевищ лишайников.

Валовое содержание ТМ в пгт Суземка меньше значений аналогичных ТМ в гг. Брянске и Орле. Наименьшая валовая концентрация у кобальта, он не обнаружен ни в одной из проб лишайников, наибольшая – железа.

В пгт Навля валовая концентрация ТМ распределилась в слоевищах лишайников-эпифитов следующим образом.

Среднее содержание стронция в пробах изменяется в пределах от 73,75 до 151,0 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 3 (сквер имени Комсомольцев-подпольщиков), наибольшее – в пробе № 8 (сквер им. П.И. Деревянко).

Валовая концентрация свинца в пробах изменяется в пределах от 31,0 до 52,0 мг/кг. Наименьшее значение зарегистрировано в пробах № 7, 9, наибольшее – в пробе № 12 (ул. Розы Люксембург).

Валовая концентрация мышьяка в пробах изменяется в пределах от 1,5 до 3,35 мг/кг. Наименьшее значение выявлено в пробе № 12 (ул. Розы Люксембург), наибольшее – в пробе № 3 (сквер имени Комсомольцев-подпольщиков).

Среднее содержание цинка в пробах изменяется в пределах от 105,4 до 430,8 мг/кг. Наименьшая концентрация отмечена в пробе № 2 (ул. Промышленная (север пгт)), наибольшая – в пробе № 4 (ул. Чапаева (от ж/д 1 км)).

Валовая концентрация меди в пробах изменяется в пределах от 21,0 до 47,0 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 11 (ул. Навлинская (частный сектор)), наибольшее – в пробе № 13 (ул. Советская).

Валовая концентрация никеля в пробах колеблется в пределах от 16,0 до 23,7 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 6 (район администрации Навлинского района), наибольшее – в пробе № 4 (ул. Чапаева (от ж/д 1 км)).

Содержание кобальта ниже предела определения прибора.

Валовая концентрация железа в пробах изменяется в пределах от 5659 до 15341 мг/кг. Наименьшая концентрация отмечена в пробе № 6 (район администрации Навлинского района), наибольшая – пробе № 4 (ул. Чапаева (от ж/д 1 км)).

Валовая концентрация марганца в пробах изменяется в пределах от 103,0 до 421,0 мг/кг. Наименьшее значение выявлено в пробе № 6 (район администрации Навлинского района), наибольшее – пробе № 12 (ул. Розы Люксембург).

Среднее валовое содержание хрома в пробах изменяется от 42,7 до 75,0 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 3 (сквер имени Комсомольцев-подпольщиков), наибольшее – в пробе № 14 (ул. Ломоносова).

Валовая концентрация ванадия в пробах изменяется от 0 до 16,0 мг/кг. Наименьшее значение зарегистрировано в пробах № 3, 4, наибольшее – в пробе № 8 (сквер им. П.И. Деревянко).

Среднее содержание титана в пробах изменяется в пределах от 0 до 276 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробах № 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, наибольшее – в пробе № 11 (ул. Навлинская (частный сектор)).

В 12 пробах зарегистрировано превышение ОДК по свинцу, в пробе № 12 – максимальное (превышение в 1,6 раза). В 6 пробах обнаружено превышение ОДК по мышьяку, в пробе № 3 превышение максимально в 1,7 раза. Во всех пробах обнаружено превышение ОДК по цинку, в пробе № 4 превышение максимально в 7,8 раз. В 13 пробах обнаружено превышение ОДК по меди, в пробе № 13 максимальное превышение в 1,4 раза. В 7 пробах обнаружено превышение ОДК по никелю, в пробе № 1 максимальная (в 1,3 раза выше ОДК). Превышение ОДК по марганцу и ванадию не обнаружено ни в одной из проб слоевищ лишайников.

В малом городе Жуковка содержание ТМ в пробах лишайников следующее. Среднее содержание стронция в пробах изменяется в пределах от 59,35 до 179,0 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 4 (район дома-интерната), наибольшее – в пробе № 6 (ул. Дзержинского).

Валовая концентрация свинца в пробах изменяется в пределах от 29,45 до 192,9 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробах № 13 (ул. Некрасова (юг города)), наибольшее – в пробе № 4 (район дома-интерната).

Среднее валовое содержание мышьяка в пробах изменяется в пределах от 1,34 до 3,52 мг/кг. Наименьшее значение выявлено в пробе № 13 (ул. Некрасова (юг города)), наибольшее – в пробе № 4 (район дома-интерната).

Валовое содержание цинка в пробах колеблется в пределах от 108 до 151,8 мг/кг. Наименьшее значение зарегистрировано в пробе № 11 (пересечение улиц Калинина и Краснофлотская), наибольшее – в пробе № 13 (ул. Некрасова (юг города)).

Валовое содержание меди в пробах изменяется в пределах от 34,7 до 57,0 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 5 (район лагеря «Деснянка»), наибольшее – в пробе № 10 (ул. Учительская (восток города)).

Среднее содержание никеля в пробах изменяется в пределах от 17,55 до 31,0 мг/кг. Наименьшее значение выявлено в пробе № 2 (ул. Осенняя), наибольшее – в пробе № 10 (ул. Учительская (восток города)).

Содержание кобальта ниже предела определения прибора.

Валовое содержание железа в пробах изменяется в пределах от 4651,9 до 20063,0 мг/кг. Наименьшая концентрация отмечена в пробе № 5 (район лагеря «Деснянка»), наибольшая – в пробе № 3 (район санатория «Жуковский»).

Валовое содержание марганца в пробах изменяется в пределах от 157,1 до 1830,1 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 5 (район лагеря «Деснянка»), наибольшее – в пробе № 3 (район санатория «Жуковский»).

Среднее валовое содержание хрома в пробах изменяется в пределах от 38,5 до 68,0 мг/кг. Наименьшее значение зарегистрировано в пробе № 3 (район санатория «Жуковский»), наибольшее – в пробе № 10 (ул. Учительская (восток города)).

Среднее валовое содержание ванадия в пробах изменяется в пределах от 0 до 13,0 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробах № 2, 5, наибольшее – в пробе № 6 (ул. Дзержинского).

Валовое содержание титана в пробах изменяется в пределах от 0 до 598,35 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробах № 3, 5, 7, 9, 11, 12, 13, наибольшее – в пробе № 1 (район АЗС). В 10 пробах обнаружено превышение ОДК по свинцу, в пробе № 4 максимальное (превышение в 6 раз). В 7 пробах выявлена высокая концентрация (выше ОДК) мышьяка, в пробе № 4 максимальная (в 1,8 раза выше ОДК). Во всех пробах обнаружено превышение ОДК по цинку, в пробе № 13 превышение максимально в 2,8 раз. Во всех пробах обнаружено превышение ОДК по меди, в пробе № 10

превышение максимально в 1,7 раза. В 7 пробах обнаружено превышение ОДК по никелю, в пробе № 10 превышение максимально в 1,6 раза. Превышение ОДК по марганцу и ванадию не обнаружено ни в одной из проб слоевищ лишайников.

В г. Дятьково выявлены следующие значения валовой концентрации ТМ в слоевищах эпифитных лишайников.

Среднее содержание стронция в пробах изменяется в пределах от 77,95 до 169,8 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 1 (проспект Доброславина (район ООО «ДХЗ»)), наибольшее – в пробе № 8 (район школы № 2).

Валовое содержание свинца в пробах изменяется в пределах от 91,9 до 317,15 мг/кг. Наименьшая концентрация зарегистрирована в пробах № 3 (ул. Калинина (частный сектор)), наибольшая – в пробе № 1 (проспект Доброславина (район ООО «ДХЗ»)).

Валовая концентрация мышьяка в пробах изменяется в пределах от 2,09 до 5,15 мг/кг. Наименьшее значение выявлено в пробе № 3 (ул. Калинина (частный сектор)), наибольшее – в пробе № 1 (проспект Доброславина (район ООО «ДХЗ»)).

Среднее валовое содержание цинка в пробах изменяется в пределах от 32,95 до 417,9 мг/кг. Наименьшее значение зарегистрировано в пробе № 9 (парк Мальцова), наибольшее – в пробе № 1 (проспект Доброславина (район ООО «ДХЗ»)).

Валовое содержание меди в пробах изменяется в пределах от 40,2 до 153,85 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 3 (ул. Калинина (частный сектор)), наибольшее – в пробе № 9 (парк Мальцова).

Среднее содержание никеля в пробах изменяется в пределах от 17,6 до 26,23 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 3 (ул. Калинина (частный сектор)), наибольшее – в пробе № 9 (парк Мальцова).

Содержание кобальта ниже предела определения прибора.

Валовое содержание железа в пробах изменяется в пределах от 6415,75 до 12989,2 мг/кг. Наименьшее значение выявлено в пробе № 9 (парк Мальцова), наибольшее – в пробе № 7 (Железнодорожный парк).

Среднее валовое содержание марганца в пробах изменяется в пределах от 186,25 до 720,3 мг/кг. Наименьшая концентрация отмечена в пробе № 9 (парк Мальцова), наибольшая – в пробе № 1 (проспект Доброславина (район ООО «ДХЗ»)).

Валовое содержание хрома в пробах изменяется в пределах от 45,05 до 51,6 мг/кг. Наименьшее значение зарегистрировано в пробе № 3 (ул. Калинина (частный сектор)), наибольшее – в пробе № 6 (ул. Садовая).

Среднее содержание ванадия в пробах изменяется в пределах от 0 до 13,6 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробе № 3 (ул. Калинина (частный сектор)), наибольшее – в пробе № 5 (ул. Крупской).

Валовая концентрация титана в пробах изменяется в пределах от 0 до 368,45 мг/кг. Наименьшее значение отмечено в пробах № 1, 2, 3, 6, 9, 10, наибольшее – в пробе № 8 (район школы № 2).

Во всех пробах обнаружено превышение ОДК по свинцу, в пробе № 1 максимальное (превышение в 10 раз). Во всех пробах обнаружено превышение ОДК по мышьяку, в пробе № 1 превышение максимально в 2,6 раза. В 9 пробах зарегистрировано превышение ОДК по цинку, в пробе № 1 – максимальное (превышение в 7,6 раз). Во всех пробах обнаружено превышение ОДК по меди, в пробе № 9 превышение максимально в 4,6 раза. В 7 пробах выявлена высокая концентрация (выше ОДК) никеля, в пробе № 9 – максимальная (в 1,3 раза выше ОДК).

Превышение ОДК по марганцу и ванадию не обнаружено ни в одной из проб.

Наименьшая валовая концентрация у кобальта, он не обнаружен ни в одной из проб лишайников, наибольшая – железа. Для г. Жуковка наибольшие концентрации зарегистрированы для стронция, цинка, марганца, железа, титана, в г. Дятьково – для стронция, свинца, цинка, железа, меди, в

пгт Суземка – для стронция, цинка, марганца, железа, в пгт Навля – для цинка, стронция, титана, железа. Самые значительные валовые концентрации ТМ в образцах лишайников выявлены для свинца, стронция, меди, мышьяка, цинка, никеля в г. Дятьково. Самые значительные валовые концентрации ванадия и титана выявлены в г. Жуковка, железа – в пгт Суземка (рис. 12).

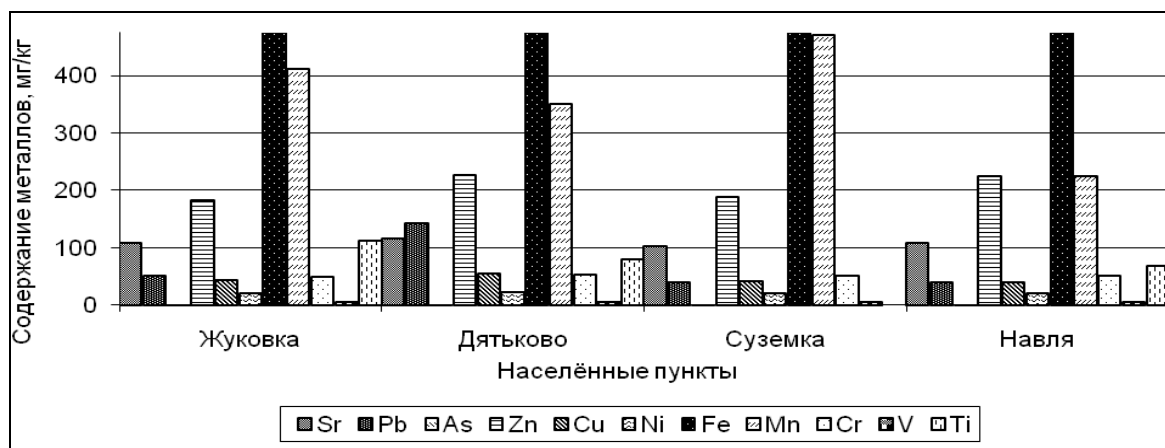


Рисунок 12 –Валовые концентрации ТМ (мг/кг) в малых городах
Брянской области

Самые значительные валовые концентрации ТМ в образцах лишайников выявлены для свинца, стронция, меди, мышьяка, цинка, никеля в г. Дятьково. Наибольшее валовое содержание свинца отмечено в пробе № 1 (проспект Доброславина (район ООО «ДХЗ»)). Место отбора пробы – посадка рядом с ООО «Дятьковский хрустальный завод» (ООО «ДХЗ»). Неотъемлемым компонентом при производстве хрусталя является окись свинца (PbO). Также высокое содержание свинца, по сравнению с другими пробами, отмечено в пробе из старого парка, рядом с которым до 2006 г., находились основные производственные площади ООО «ДХЗ». Помимо свинца в хрусталь добавляют мышьяк, цинк, медь, их содержание также высоко в пробах с территорий, прилегающих к ООО «ДХЗ».

Самые значительные валовые концентрации ванадия и титана выявлены в г. Жуковка, железа – в пгт Суземка.

Наиболее интенсивно накапливают ТМ такие эпифитные виды, как *Parmelia sulcata* (в г. Дятьково, пгт Суземка), *Xanthoria parietina* (в пгт Суземка), *Evernia prunastri* (в пгт Навля), *Hypogymnia physodes* (в г. Жуковка).

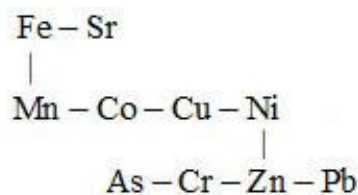
Наибольшей аккумулярующей способностью в г. Дятькове по отношению к железу, стронцию, свинцу, цинку, меди, никелю, марганцу, ванадию обладает *Xanthoria parietina*, к мышьяку – *Hypogymnia physodes* и *Physcia hispida*, к хрому, титану – *Parmelia sulcata*; в г. Жуковке по отношению к железу, стронцию, свинцу, цинку, меди, никелю, марганцу, ванадию, мышьяку, хрому, титану обладает *Hypogymnia physodes*; в пгт Навля по отношению к железу, свинцу, цинку, меди, никелю, титану обладает *Parmelia sulcata*, к стронцию, ванадию, хрому – *Xanthoria parietina*, к марганцу, мышьяку – *Evernia prunastri*; в пгт Суземка по отношению к свинцу, цинку, никелю, хрому обладает *Parmelia sulcata*, к меди, стронцию, ванадию, титану – *Xanthoria parietina*, к мышьяку – *Hypogymnia tubulosa*, к железу, марганцу – *Evernia mesomorpha*.

В крупных городах Нечерноземья – Брянске и Орле – лишайники более интенсивно накапливают свинец, медь, хром, титан, ванадий, мышьяк. Для эпифитных лишайников малых городов установлены следующие ряды накопления ТМ (по валовой концентрации). В г. Жуковка – Fe>Mn>Zn>Ti>Sr>Pb>Cr>Cu>Ni>V>As, г. Дятьково – Fe>Mn>Zn>Pb>Sr>Ti>Cu>Cr>Ni>V>As, пгт Навля – Fe>Mn>Zn>Sr>Ti>Cr>Pb>Cu>Ni>V>As. Накопление ТМ для малых городов соответствуют данным по городам Украины и Д. Востока (Блум, Тютюнник, 1989).

Установлен экологический ряд лишайников-эпифитов по накопительной способности: *Evernia mesomorpha* > *Parmeliopsis ambigua* > *Hypogymnia tubulosa* > *Xanthoria parietina* > *Parmelia sulcata* > *Evernia prunastri*.

Изучение корреляционных связей между ТМ в образцах лишайников существенно для решения вопроса об источниках поступления поллютантов. Значимая положительная корреляция может свидетельствовать о едином источнике поступления коррелируемых элементов в лишенобиоту. И, наоборот, при отсутствии корреляции, при отрицательной корреляции, при слабой корреляции можно сделать вывод о различных источниках

поступления этих элементов. Полученные парные коэффициенты корреляции для ТМ в слоевищах лишайников, отобранных на территории гг. Брянска и Орла, в целом показали, что тесной корреляции между содержанием этих поллютантов ТМ не выявлено (Приложение 8). Значимая корреляционная зависимость наблюдается между парами: кобальт – медь, хром – цинк, железо – стронций. В общем виде все эти парные корреляционные связи можно выразить схемой:



Валовое содержание ТМ в крупных и малых городах Нечерноземья не превышает указанных концентраций аналогичных элементов для других населенных пунктов (Бязров, 2002; Свирко, Страховенко, 2006). Однако концентрация цинка и меди выше в образцах эпифитных лишайников гг. Брянска, Орла по сравнению с г. Уфой.

Так как железо и медь накапливается на поверхности или в межклеточных пространствах лишайниковых слоевищ (Шарунова, 2008), следовательно, повышение концентрации этих ТМ обусловлено состоянием атмосферного воздуха. Валовое содержание железа и меди в слоевищах лишенобиоты также рекомендовано как индикаторный признак атмосферного загрязнения.

Изолинии, показывающее валовое содержание ТМ в слоевищах эпифитных лишенобионтов для малых городов и поселков городского типа, позволяют выделить территории, различающиеся по загрязнению: низкого, среднего, высокого и очень высокого содержания ТМ (Приложение 6, табл. 1; приложение 9, рис. 1-43). В малых урбоэкосистемах зоны со средним загрязнением среды ТМ сосредоточены в основном около авто- и железнодорожных магистралей ввиду отсутствия хорошо развитых промышленных предприятий (и крупных источников загрязнения).

4.4 Комплексный подход к определению биоиндикационных качеств лихенобиоты антропогенно преобразованных территорий

Проведение комплексных работ по оценке состояния сред обитания – приоритетное направление современных экотоксикологических и мониторинговых исследований. Данные биотестирования проб лишайников отражены в таблицах 8 и 9.

Биотоксикологический анализ образцов лишайников из различных местообитаний выявил следующие факты. При биотестировании с использованием тест-объекта *Escherichia coli* и *Paramecium caudatum* наибольший индекс токсичности (образцы токсичны, сильно токсичны, высокая или умеренная токсичность) регистрировался у эпифитных форм лишайников, наименьший индекс токсичности – у эпиксильных и особенно у эпигейных видов.

Наибольший индекс токсичности (от 92,0 до 95,0) характерен для *Xanthoria parietina* всех местообитаний (Карховский лес, охранный зона заповедника, квартал 108 заповедника, территории г. Брянска), установленный по тест-объекту *Escherichia coli*. Также высокий индекс токсичности (тест-объект *Paramecium caudatum*) определен для *Xanthoria parietina* (1,0–0,91) и *Parmeliopsis ambigua* (0,81–0,87), собранного на территории административных районов г. Брянска. Допустимый уровень токсичности по тест-объекту *Paramecium caudatum* не различается для эпиксильных, эпигейных и эпифитных видов из всех местообитаний.

Образцы лишайников-эпифитов, собранные на территории г. Брянска при тест-объекте *Paramecium caudatum* имеют высокий уровень токсичности, при тест-объекте *Escherichia coli* – сильная токсичность у *Xanthoria parietina* и *Phaeophyscia ciliata*. В лесопарке Соловьи все образцы *Xanthoria parietina*, *Evernia prunastri* сильно токсичны (тест-объект *Escherichia coli*), и умеренно токсичны (тест-объект *Paramecium caudatum*). Пробы лишайников, собранные с радиационно загрязненных территорий (д. Веприн, п. Мирный, д. Смяльч) не токсичны или с допустимым уровнем токсичности.

На условно эталонных территориях (охранная зона и заповедник «Брянский лес») определение токсичности образцов показало следующее. В охранной зоне заповедника пробы эпифитных лишайников при тест-объекте *Escherichia coli* токсичны, при тест-объекте *Paramecium caudatum* – с высоким и умеренным уровнем токсичности. Образцы эпифита *Hypogymnia physodes* в охранной зоне не токсичны, эпиксильных и эпигейных лишайников также не токсичны, или с допустимым и умеренным индексом токсичности.

В некоторых кварталах заповедной территории (кв. 85, 86, 90, 99, 108) пробы *Xanthoria parietina* и *Evernia prunastri* токсичны, а в кв. 85 и кв. 108 *Xanthoria parietina* сильно токсичны (по тест-объекту *Escherichia coli*). В тех же кварталах заповедника с использованием тест-объекта *Paramecium caudatum* для тех же образцов (и видов соответственно) индекс токсичности умеренный. Для образцов *Evernia prunastri* (кв. 86) – допустимый уровень токсичности.

Образцы эпифитных, эпиксильных и эпигейных лишайников, собранные в других кварталах заповедника показывают допустимый уровень токсичности или не токсичны.

При сравнении уровня токсичности эпифитных лишайников, собранных со стволов различных видов древесных растений, достоверных различий в абсолютных значениях индексов токсичности не выявлено ($t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$).

Таблица 8 – Данные биотестирования проб лишайников на фоновых территориях Брянской области

Точки отбора проб*	Виды лишайников	Экологическая группа лишайников**	Индексы токсичности			
			<i>Escherichia coli</i>		<i>Paramecium caudatum</i>	
1	<i>Evernia prunastri</i>	ЭП (<i>Quercus robur</i>)	54,53±4,78	токсично	0,72	высокая
	<i>Flavoparmelia caperata</i>	ЭП (<i>Tilia cordata</i>)	52,18±4,90	токсично	0,52	умеренная
	<i>Xanthoria parietina</i>	ЭП(<i>Tilia cordata</i>)	81,83±7,34	сильно токсично	0,81	высокая
	<i>Cladonia coniocraea</i>	ЭК	17,55±1,53	не токсично	0,47	умеренная
2	<i>Usnea hirta</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	28,23±2,11	токсично	0,43	умеренная
	<i>Cladonia arbuscula</i>	ЭГ	9,24±1,26	не токсично	0,19	допустимая
	<i>Hypogymnia physodes</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	14,18±1,38	не токсично	0,48	умеренная
3	<i>Evernia prunastri</i>	ЭП (<i>Quercus robur</i>)	34,28±3,28	токсично	0,26	допустимая
	<i>Xanthoria parietina</i>	ЭП (<i>Tilia cordata</i>)	80,18±7,39	сильно токсично	0,48	допустимая
4	<i>Usnea hirta</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	19,11±1,86	не токсично	0,26	допустимая
	<i>Cladonia arbuscula</i>	ЭГ	3,12±0,56	не токсично	0,12	допустимая
	<i>Hypogymnia physodes</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	11,74±1,42	не токсично	0,18	допустимая
	<i>Cladonia coniocraea</i>	ЭК	15,11±1,69	не токсично	0,16	допустимая
	<i>Hypogymnia physodes</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	16,65±1,94	не токсично	0,21	допустимая
5	<i>Cladonia coniocraea</i>	ЭК	3,23±0,38	не токсично	0,24	допустимая
	<i>Hypogymnia physodes</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	19,88±1,99	не токсично	0,22	допустимая
6	<i>Cladonia coniocraea</i>	ЭК	4,32±0,45	не токсично	0,12	допустимая
	<i>Cladonia coniocraea</i>	ЭК	11,28±1,23	не токсично	0,23	допустимая
7	<i>Hypogymnia physodes</i>	ЭП (<i>Betula pubescens</i>)	18,52±1,45	не токсично	0,22	допустимая
	<i>Cladonia cenotea</i>	ЭК	3,88±0,36	не токсично	0,17	допустимая
	<i>Xanthoria parietina</i>	ЭП (<i>Alnus glutinosa</i>)	31,24±3,52	токсично	0,52	умеренная
8	<i>Flavoparmelia caperata</i>	ЭП (<i>Alnus glutinosa</i>)	16,18±1,37	не токсично	0,49	умеренная
	<i>Xanthoria parietina</i>	ЭП (<i>Tilia cordata</i>)	19,88±1,88	не токсично	0,48	умеренная
9	<i>Cladonia coniocraea</i>	ЭК	9,18±1,21	не токсично	0,11	допустимая
	<i>Evernia prunastri</i>	ЭП (<i>Quercus robur</i>)	75,14±6,97	сильно токсично	0,45	умеренная
10	<i>Xanthoria parietina</i>	ЭП (<i>Quercus robur</i>)	94,14±8,49	сильно токсично	0,52	умеренная
	<i>Evernia prunastri</i>	ЭП (<i>Tilia cordata</i>)	36,18±3,18	токсично	0,26	допустимая
11	<i>Xanthoria parietina</i>	ЭП (<i>Tilia cordata</i>)	80,22±7,42	сильно токсично	0,45	умеренная
	<i>Cladonia coniocraea</i>	ЭК	3,81±0,35	не токсично	0,12	допустимая
	<i>Cladonia coniocraea</i>	ЭК	3,81±0,35	не токсично	0,12	допустимая

12	<i>Hypogymnia physodes</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	15,42±1,45	не токсично	0,24	допустимая
	<i>Usnea hirta</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	13,18±1,56	не токсично	0,26	допустимая
13	<i>Xanthoria parietina</i>	ЭП (<i>Alnus glutinosa</i>)	22,72±1,98	токсично	0,49	умеренная
14	<i>Usnea hirta</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	10,87±1,30	не токсично	0,22	допустимая
	<i>Cladonia arbuscula</i>	ЭГ	4,81±0,94	не токсично	0,28	допустимая

Примечание. * Точки отбора проб: 1 – охранный зона заповедника, кв. 1, дубрава пойменная; 2 – охранный зона заповедника, кв. 1 сосняк зеленомошник; территория заповедника «Брянский лес»: 3 – кв. 86, пойменная дубрава; 4 – кв. 89, урочище Ляхова поляна, сосняк черничный; 5 – кв. 69, урочище Барсуки, сосняк черничный; 6 – кв. 69, урочище Барсуки, сосняк брусничный; 7 – кв. 93, болото Гало, березняк болотный; 8 – кв. 90, черноольшаник крапивный; 9 – кв. 70, липняк разнотравный; 10 – кв. 108, дубрава пойменная; 11 – кв. 85, дубрава пойменная; 12 – кв. 92, сосняк брусничный; 13 – кв. 99, черноольшаник; 14 – кв. 94, сосняк брусничный.

**Экологическая группа лишайников: ЭП – эпифит, ЭГ – эпигей, ЭК – эпиксил.

Таблица 9 – Данные биотестирования проб лишайников в экотопах антропогенно преобразованных экосистем

Точки отбора проб*	Виды лишайников	Экологическая группа лишайников **	Индексы токсичности			
			<i>Escherichia coli</i>		<i>Paramecium caudatum</i>	
1	<i>Evernia prunastri</i>	ЭП (<i>Quercus robur</i>)	33,12±3,42	токсично	0,74	высокая
	<i>Usnea hirta</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	41,82±4,33	токсично	0,81	высокая
	<i>Xanthoria parietina</i>	ЭП (<i>Tilia cordata</i>)	52,41±4,97	токсично	0,91	высокая
	<i>Cladonia coniocraea</i>	ЭК	19,82±1,79	не токсично	0,19	допустимая
2	<i>Cladonia arbuscula</i>	ЭГ	12,41±1,36	не токсично	0,19	допустимая
	<i>Hypogymnia physodes</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	17,42±1,64	не токсично	0,18	допустимая
	<i>Flavoparmelia caperata</i>	ЭП (<i>Alnus glutinosa</i>)	16,21±1,84	не токсично	0,11	допустимая
3	<i>Xanthoria parietina</i>	ЭП (<i>Alnus glutinosa</i>)	19,82±1,96	не токсично	0,17	допустимая
	<i>Xanthoria parietina</i>	ЭП (<i>Tilia cordata</i>)	92,11±8,99	сильно токсично	0,88	высокая
4	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	ЭП (<i>Quercus robur</i>)	84,49±8,13	сильно токсично	0,81	высокая
	<i>Xanthoria parietina</i>	ЭП (<i>Tilia cordata</i>)	95,48±9,43	не токсично	0,80	высокая
5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	ЭП (<i>Tilia cordata</i>)	82,33±8,15	сильно токсично	0,88	высокая
	<i>Flavoparmelia caperata</i>	ЭП (<i>Tilia cordata</i>)	39,22±4,12	токсично	0,79	высокая
	<i>Phaeophyscia ciliata</i>	ЭП (<i>Tilia cordata</i>)	88,23±8,15	сильно токсично	0,77	высокая
6	<i>Xanthoria parietina</i>	ЭП (<i>Tilia cordata</i>)	91,48±9,58	сильно токсично	1,0	высокая
	<i>Xanthoria parietina</i>	ЭП (<i>Tilia cordata</i>)	83,33±7,69	сильно токсично	0,79	высокая
8	<i>Xanthoria parietina</i>	ЭП (<i>Tilia cordata</i>)	95,72±9,48	сильно токсично	0,42	умеренная
	<i>Flavoparmelia caperata</i>	ЭП (<i>Tilia cordata</i>)	60,22±6,11	токсично	0,34	умеренная
9	<i>Xanthoria parietina</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	81,31±8,34	сильно токсично	0,44	умеренная
	<i>Evernia prunastri</i>	ЭП (<i>Quercus robur</i>)	92,18±9,13	сильно токсично	0,51	умеренная
10	<i>Cladonia coniocraea</i>	ЭК	15,13±1,86	не токсично	0,12	высокая
	<i>Hypogymnia physodes</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	17,22±1,34	не токсично	0,14	высокая
11	<i>Cladonia arbuscula</i>	ЭГ	14,39±1,45	не токсично	0,19	допустимая
	<i>Cladonia rangiferina</i>	ЭК	10,32±1,56	не токсично	0,21	допустимая
	<i>Usnea hirta</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	16,48±1,89	не токсично	0,26	высокая
	<i>Cladonia coniocraea</i>	ЭК	11,08±1,42	не токсично	0,17	высокая
12	<i>Cladonia arbuscula</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	13,18±1,18	не токсично	0,13	допустимая
	<i>Cladonia rangiferina</i>	ЭК	12,82±1,83	не токсично	0,18	высокая
	<i>Usnea hirta</i>	ЭП (<i>Pinus sylvestris</i>)	16,44±1,35	не токсично	0,19	высокая

Примечание. * Точки отбора проб: 1 – Карховский лес, сосняк зеленомошник, сосняк разнотравный, липняк разнотравный, МЭД 53 мкр/час (г. Новозыбков); 2 – д. Веприно, сосняк зеленомошный, МЭД 61 мкр/час (Новозыбковский район); 3 – д. Смяльч, черноольшаник крапивный, МЭД 44 мкр/час (Гордеевский район); 4 – г. Брянск, Советский район, ул. Дуки; 5 – Брянск, Володарский район, ул. Пушкина; 6 – Брянск, Бежицкий район, ул. Литейная; 7 – Брянск, Фокинский район, пр-т Московский; 8 – кг. Брянск, лесопарк Соловьи, липняк волосистоосоковый; 9 – г. Брянск, лесопарк Соловьи, сосняк сложный; 10 – Снежетьское лесничество, кв. 24, сосняк зеленомошный; 11 – Снежетьское лесничество, кв. 24, сосняк лишайниковый; 12 – пгт Мирный, сосняк лишайниковый, МЭД 56 мкр/час (Гордеевский район).

**Экологическая группа лишайников: ЭП – эпифит, ЭГ – эпигей, ЭК – эпиксил.

Итак, биотоксикологические исследования позволили выявить процессы трансформации загрязняющих агентов, их токсических свойств. Исследования показали, что виды различных экологических групп лишайников различаются по индексам токсичности, определенных с использованием двух тест-объектов. У эпифитных лишайников индекс токсичности выше, чем у эпиксильных, наименее высокий – у эпигейных лишайников. Загрязнение местообитаний радионуклидами не оказывают на токсичность образцов лишайников заметного влияния. Наиболее высокие значения индексов токсичности для образцов эпифитных лишайников установлены на территории урбоэкосистемы (г. Брянск). В условно эталонных (фоновых) местообитаниях зарегистрировано повышение уровня токсичности у эпифитных видов лишайников. В качестве лишайников-индикаторов рекомендованы эпифитные эвритоппные виды: *Xanthoria parietina*, *Parmeliopsis ambigua* и *Evernia prunastri*.

Параллельный анализ проб лишайников на валовое содержание ТМ в слоевищах выявил превышение ОДК по некоторым из них в различных местообитаниях (рис. 13-15). Для образцов эпифитной лишайниковой концентрации свинца выше ОДК определена в слоевищах *Parmeliopsis ambigua* (Советский район, лесопарк Соловьи), *Xanthoria parietina* (Советский, Володарский, Бежицкий и Фокинский район, лесопарк Соловьи), *Phaeophyscia ciliata* (Бежицкий район), *Evernia prunastri* (лесопарк Соловьи). Валовое содержание меди превышало ОДК в слоевищах *Xanthoria parietina* (Советский, Бежицкий район), *Flavoparmelia caperata* (Володарский район), *Evernia prunastri* (лесопарк Соловьи); цинка – *Xanthoria parietina* (Советский, Володарский район); никеля – *Xanthoria parietina* (Бежицкий и Фокинский район), *Parmeliopsis ambigua* (Советский и Володарский район).

Итак, анализ концентрации ТМ в пробах эпифитных лишайников в урбоэкосистемах выявил накопление отдельных ТМ отдельными слоевищами, что подтверждает мнение о их сильных абсорбционных свойствах (Air pollution and lichens ..., 1973; Monitoring ..., 2002; Азарченкова, 2010).

Для Карховского леса (г. Новозыбков, Новозыбковский район) ОДК превышено в основном по меди для всех видов эпифитных лишайников и по никелю для эпиксильного лишайника *Cladonia coniocraea*. В слоевищах *Usnea hirta* также превышено валовое содержание меди по ОДК. В окрестностях пгт Мирный слоевища *Usnea hirta* накопили никель.

В охранной зоне заповедника валовая концентрация свинца превышает ОДК для *Xanthoria parietina*, *Evernia prunastri*, никеля – для *Xanthoria parietina*.

В кв. 108 территории заповедника валовая концентрация свинца выше ОДК у *Xanthoria parietina*, никеля – у *Evernia prunastri*; в кв. 70 меди – у *Xanthoria parietina*, в кв. 90 и кв. 86 валовое содержание свинца и цинка – у *Xanthoria parietina*. Вероятно, повышенное содержание некоторых ТМ в фоновых местообитаниях вызвано аэротехногенными причинами и повышенной абсорбционной активностью эпифитных лишайников к токсикантам.

Для проб лишайников, собранных в Снежетьском лесничестве, д. Веприн, д. Смяльч, пгт Мирный, содержание всех ТМ ниже ОДК.

Итак, превышение ОДК валового содержания ТМ выявлено в основном в слоевищах эпифитных лишайников: *Xanthoria parietina*, *Evernia prunastri*, *Usnea hirta*, *Parmeliopsis ambigua* и др. В местообитаниях города все эпифитные лишайники накапливают ТМ выше ОДК, на фоновых территориях – *Xanthoria parietina* и *Evernia prunastri*.

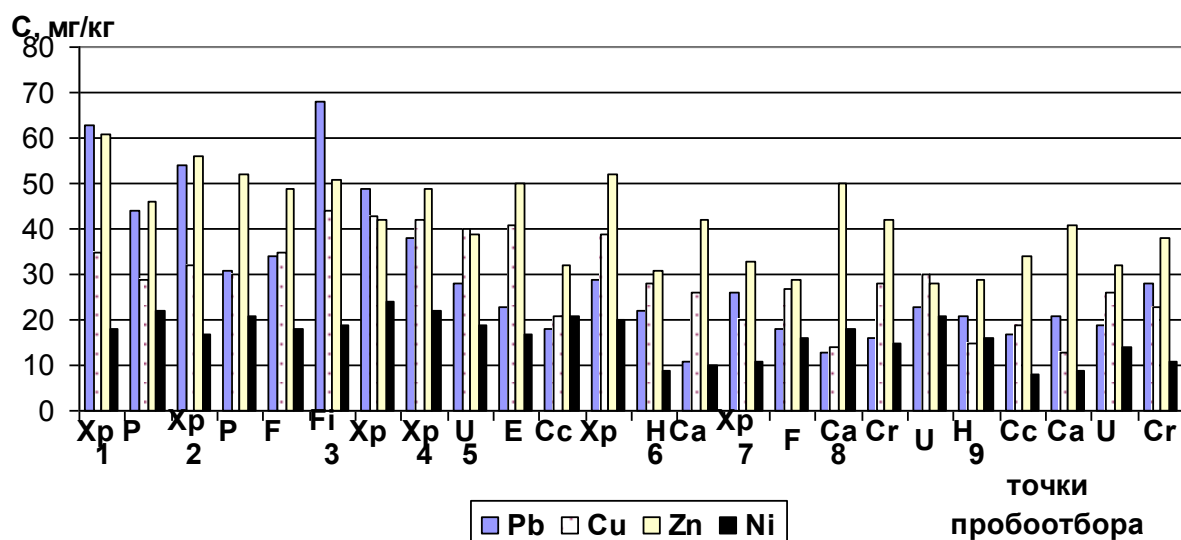


Рисунок 13 – Содержание ТМ в пробах лишайников в антропогенно преобразованных экосистемах

Точки пробоотбора: 1 – г. Брянск, Советский район, ул. Дуки; 2 – Брянск, Володарский район, ул. Пушкина; 3 – Брянск, Бежицкий район, ул. Литейная; 4 – Брянск, Фокинский район, пр-т Московский; 5 – Карховский лес, сосняк зеленомошник, сосняк разнотравный, липняк разнотравный, МЭД 53 мкр/час (г. Новозыбков); 6 – д. Веприно, сосняк зеленомошный, МЭД 61 мкр/час (Новозыбковский район); 7 – д. Смяльч, черноольшаник крапивный, МЭД 44 мкр/час (Гордеевский район); 8 – пгт Мирный, сосняк лишайниковый, МЭД 56 мкр/час (Гордеевский район); 9 – Снежетьское лесничество, кв. 24.

Хр – *Xanthoria parietina*, Сс – *Cladonia coniocraea*, Ca – *Cladonia arbuscula*, Н – *Hypogymnia physodes*, F – *Flavoparmelia caperata*, Р – *Parmeliopsis ambigua*, U – *Usnea hirta*, Cr – *Cladonia rangiferina*, E – *Evernia prunastri*, Pc – *Phaeophyscia ciliata*

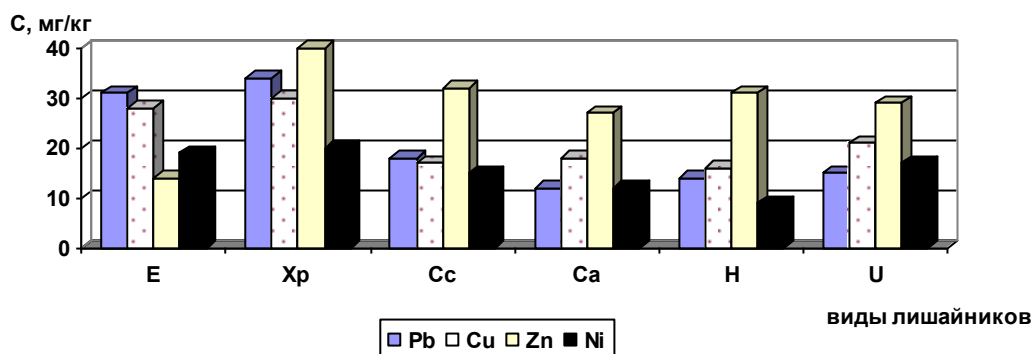


Рисунок 14 – Содержание ТМ в пробах лишайников охранной зоны заповедника (кв. 1) Хр – *Xanthoria parietina*, Сс – *Cladonia coniocraea*, Ca – *Cladonia arbuscula*, Н – *Hypogymnia physodes*, U – *Usnea hirta*, E – *Evernia prunastri*

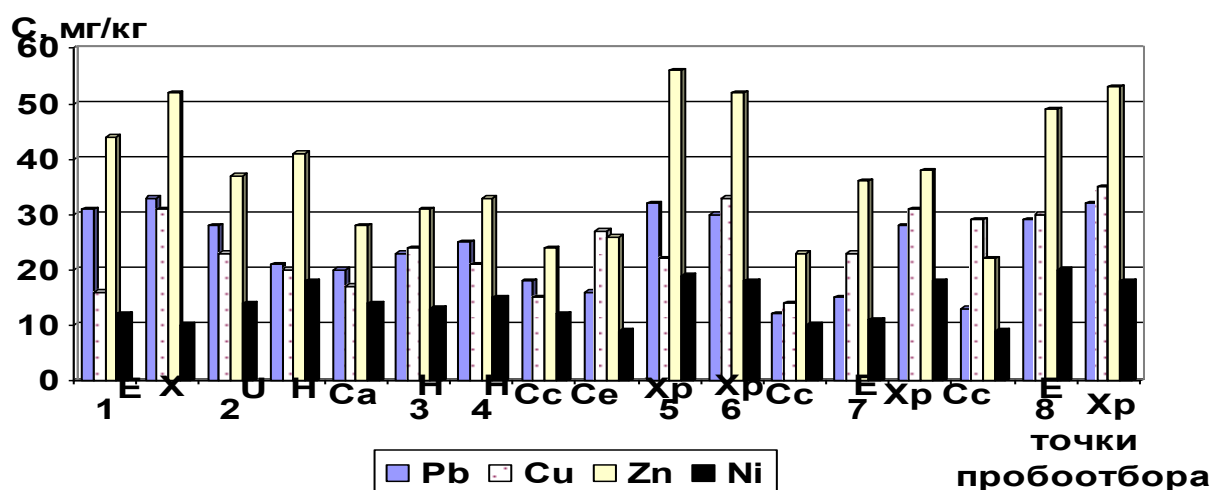


Рисунок 15 – Содержание ТМ в пробах лишайников местообитаний фоновых территорий (заповедник)

Точки пробоотбора: 1 – кв. 86, пойменная дубрава; 2 – кв. 89, урочище Ляхова поляна, сосняк черничный; 3 – кв. 69, урочище Барсуки, сосняк черничный; 4 – кв. 93, болото Гало, березняк болотный; 5 – кв. 90, черноольшаник крапивный; 6 – кв. 70, липняк разнотравный; 7 – кв. 85, дубрава пойменная; 8 – кв. 108, дубрава пойменная.

Хр – *Xanthoria parietina*, Cc – *Cladonia coniocraea*, Ca – *Cladonia arbuscula*, H – *Hypogymnia physodes*, F – *Flavoparmelia caperata*, P – *Parmeliopsis ambigua*, U – *Usnea hirta*, Cr – *Cladonia rangiferina*, E – *Evernia prunastri*.

В образцах эпифитных лишайников, собранных в местообитаниях условно фоновых территорий в зимний период, наблюдалось превышение ОДК по свинцу, никелю, меди. Содержание свинца составляло от 35,6 до 65,1 мг/кг, никеля – от 28,9 до 39,5 мг/кг (отличия статистически достоверны, $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$), меди – от 42,3 до 55,7 мг/кг (отличия статистически недостоверны, $t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$). Все пробы лишайников при исследовании с *Paramecium caudatum* и *Escherichia coli* показали высокий уровень токсичности и диагностировали токсичность образцов. Превышение ОДК ТМ в образцах, отобранных зимой, свидетельствует о влиянии внутренних факторов (вероятно физиологических) на накопительную способность лишайников. Возникает проблема времени сбора образцов для определения содержания элементов, а также дополнительных исследований влияния возрастных характеристик лишайников на скорость поглощения элементов. Поэтому для биоиндикации

аэрогенного загрязнения возможен сбор и анализ смешанных проб эпифитных лишайников с указанием времени (и сезона) года. Для выявления токсического действия загрязнителей необходимо также согласовывать отбор проб. Однако эти рекомендации нуждаются в тщательной разработке и учете ряда сопутствующих факторов.

Сопоставление химико-аналитических и биотоксикологических результатов выявило возможность диагностики изменения жизнедеятельности биосистем (лихеноиндикаторов) при влиянии химического загрязнения сред обитания.

Превышение валового содержания ТМ в слоевищах эпифитных лишайников коррелирует с высокими индексами токсичности – токсичностью, сильной токсичностью, высоким уровнем токсичности (все городские местообитания, экотопы в охрannой зоне и ядре заповедника как фоновых территорий). Все токсические эффекты, регистрируемые методами биотестирования, включают комплексное воздействие токсикантов различных форм, а также позволяют учесть и биологические особенности, которые проявляет объект тестирования (лишайник). Комплексный химико-аналитический и биотоксический анализ также позволил установить накопительные эффекты, проявляющиеся при воздействии загрязнителей на различные экологические группы лишайников. Наибольшая аккумуляционная способность выявлена у эпифитных видов, особенно у *Xanthoria parietina*, *Evernia prunastri*, менее значительно – у *Usnea hirta* в городских местообитаниях – у *Xanthoria parietina* и *Parmeliopsis ambigua*.

Регистрация повышенного валового содержания ТМ в охрannой зоне и на территории заповедника, и ответной реакции тест-объектов при биотестировании проб лишайников показывает воздействия химических и других агентов на объекты исследования, а также позволяет сделать предположение о поступлении загрязнителей различной природы с трансграничным перемещением воздушных масс.

Комплексный анализ также показал невозможность использования

лишайников для диагностики уровня общего загрязнения среды в местообитаниях с различным уровнем радионуклидного загрязнения. Общий токсический эффект проявляют пробы лишайников, собранные в местообитаниях с повышенным промышленным загрязнением, или с возможным трансграничным переносом экотоксикантов химической природы.

Таким образом, биотоксикологические и химико-аналитические методы подтвердили значение лишайников как биоиндикаторов общего состояния сред обитания, доказали приоритетное использование эпифитных форм перед эпигейными и эпиксильными при индикации аэротехногенного загрязнения среды. Индекс токсичности проб связан с содержанием ТМ в тестируемых объектах прямой зависимостью и выявляет общие токсические эффекты. Токсичность образцов определяется накопительной способностью биосистем (лишайников) по отношению к токсикантам химической природы. Степень связывания (и опасность) токсических соединений зависит от вида лишайников и позволяет обосновать биоиндикаторы на региональном уровне. В целом для надежной диагностики качества сред обитания и определения индикаторов рекомендуется использовать комплекс биотоксикологических и химико-аналитических методов.

Выводы

1. Установлен видовой состав эпифитной флоры лишайников семи малых городов Брянской области, представленный 51 видом 29 родов. Ведущие семейства – *Parmeliaceae*, *Physciaceae*, *Teloschistaceae* и *Lecanoraceae*. Для крупных городов установлено 58 видов (г. Брянск) и 52 вида (г. Орёл) эпифитной лишенофлоры из 32 родов. Ведущие по числу видов семейства – *Parmeliaceae* (16), *Lecanoraceae* (9), *Physciaceae* (10 видов), *Teloschistaceae* (7). Число видов-эпифитов, описанных в крупных городах Нечерноземья, превышает видовое разнообразие лишенофлоры для малых городов Брянской области.
2. Выявлены 19 индикаторных эпифитных видов лишенофлоры урбоэкосистем и 4 группы устойчивости лишайников по отношению к общему состоянию атмосферы: не выносящих атмосферного загрязнения, очень чувствительных, чувствительных и устойчивых видов.
3. Предложены информативные в биоиндикационной оценке состояния атмосферы урбоэкосистем признаки лишеноиндикаторов: распределение по территории видов различной чувствительности, лишенобионтов с высокими коэффициентами полеотолерантности, доминирование нитрофильных лишайников, число лишайников в синузиях.
4. Доказано, что синтетические лишеноиндикационные индексы позволяют зонировать территорию крупного города по уровню общего загрязнения атмосферы: на 4 группы зон, различающиеся по ИАЧ (сильное загрязнение (ИАЧ=6-10), среднее (ИАЧ=11-15), умеренное (ИАЧ=16-20), незначительное (ИАЧ>21)), по ИП – на две группы зон (смешанная (ИП=4-7) и зона борьбы (ИП=7-10)). ИП для малых городов также выделяет две группы зон по общему состоянию атмосферы. Доказано, что для крупного и малого города по лишайниковому индексу выделяют три группы: зону значительного общего загрязнения, среднего и слабого. Установлено, что значения параметра лишайникового индекса находится в прямопропорциональной зависимости от расстояния до дороги.

5. Определено, что общее состояние атмосферы г. Брянска за 18-летний период изменилось в связи с возрастанием общего количества транспортных потоков, оживлением работы промышленных предприятий: возросло общее число участков по ИП зоны борьбы (значительное общее загрязнение), по ИАЧ – зоны среднего и значительного загрязнения.
6. Установлено, что валовая концентрация ТМ в фоновых видах эпифитных лишайников зависит от сезона года (в зимний период выше), от вида лишайников; значимая корреляционная зависимость выявлена между парами накопленных ТМ в лишенобиоте крупных городов: кобальт – медь, хром – цинк, железо – стронций.
7. Выявлены для эпифитных лишайников малых городов ряды накопления ТМ по валовой концентрации ТМ: в г. Жуковка – Fe>Mn>Zn>Ti>Sr>Pb>Cr>Cu>Ni>V>As>Co, в г. Дятьково – Fe>Mn>Zn>Pb>Sr>Ti>Cu>Cr>Ni>V>As>Co, в пгт Навля – Fe>Mn>Zn>Sr>Ti>Cr>Pb>Cu>Ni>V>As>Co, в пгт Суземка – Fe>Mn>Zn>Sr>Cr>Cu>Pb>Ni>V>As>Ti>Co; для крупных городов: в г. Брянске – Fe>Mn>Zn>Sr>Cr>Cu>Pb>Ni>As>Co, в г. Орле – Fe>Ti>Mn>Zn>Sr>Cr>Pb>Cu>Ni>V>As>Co. Ряд аккумуляции ТМ по коэффициенту накопления: в пгт Навля – V>Cu>Cr>As>Ni>Pb>Fe>Zn>Mn>Sr>Co>Ti, в пгт Суземка – Cr>Cu>Pb>Zn>Ni>Fe>V>Mn>Sr>As>Co>Ti, в г. Жуковка – Ni>Sr>Cr>Pb>Cu>Mn>Fe>Zn>As>V>Co>Ti. Предложен экологический ряд лишайников-эпифитов по накопительной способности: *Evernia mesomorpha* > *Parmeliopsis ambigua* > *Hypogymnia tubulosa* > *Xanthoria parietina* > *Parmelia sulcata* > *Evernia prunastri*.
8. Обоснована система лишеномониторинга общего состояния атмосферы урбоэкосистем, включающая: применение ИАЧ и лишайникового индекса для зонирования территорий по степени общего загрязнения и продолжения налаженного биомониторинга, применения сочетанных химико-аналитических и биотоксикологических исследований слоевищ фоновых эпифитных лишайников при индикации аэротехногенного загрязнения среды, диагностика видовых показателей эпифитных лишеносинузий.

Практические рекомендации

1. Для зонирования территории урбозкосистем целесообразно использовать синтетические лишеноиндикационные индексы, позволяющие провести более дробное деление территории по общему многолетнему состоянию атмосферы: ИАЧ и лишайниковый индекс, который диагностирует различия в общем состоянии атмосферы даже в малых городах. Предложены региональные индивидуальные коэффициенты полеотолерантности (a_i) для 32 видов лишайников при расчете ИП.

2. В индикации среды обитания городов Нечерноземья рекомендованы фоновые виды – *Xanthoria parietina*, *Parmelia sulcata*, *Parmeliopsis ambigua*, *Physcia pulverulenta*, *Ph. ciliata*, *Ph. tenella*, *Ph. stellaris*, *Physconia distorta*, *Phaeophyscia ciliata*, *Candelariella vitellina*, в том числе и нитрофиты, характеризующие степень антропогенного изменения экологических условий в сообществах: *Caloplaca cerina*, *C. holocarpa*, *Lecanora hagenii*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. stellaris*, *Xanthoria parietina* и др.

3. Целесообразно определять валовые содержания ТМ и устанавливать биотоксичность в смешанных образцах эпифитной лишенофлоры, но также использовать отдельные фоновые виды-концентраторы: *Parmelia sulcata* (пармелия бороздчатая), *Xanthoria parietina* (ксантория настенная), *Evernia prunastri* (эверния сливовая), *Hypogymnia physodes* (гипогимния вздутая). При диагностике общего состояния атмосферы городов учитывать сочетание валовых значений ТМ в образцах лишайников: железа и меди, кобальта и меди, хрома и цинка, железа и стронция.

Список использованной литературы

1. Азарченкова (Сафранкова) Е.А. Лихенобиота в фоновом мониторинге ООПТ (на примере ФГУ заповедника «Брянский лес», Неруссо–Деснянское Полесье) / Е.А. Азарченкова (Сафранкова), Л.Н. Анищенко // Материалы Интернет–конференции «Роль и место научных исследований в государственных природных заповедниках на современном этапе» 1 окт.–30 ноября 2010 г. Хоперский заповедник. Электронный вариант.
2. Азарченкова (Сафранкова) Е.А. Лихенофлора урбоэкосистемы г. Брянска в биомониторинге показателей экологической безопасности / Е.А. Азарченкова (Сафранкова) // Сборник статей IV Международной научно–практической конференции естественно–географического факультета. – Брянск: РИО БГУ, 2011. – С. 13-21.
3. Азарченкова (Сафранкова) Е.А. Лихенофлора урбоэкосистемы г. Брянска в биомониторинге показателей экологической безопасности / Е.А. Азарченкова (Сафранкова) // Сборник статей IV Международной научно–практической конференции естественно–географического факультета. – Брянск: РИО БГУ, 2011 а. – С. 13-21.
4. Агроклиматические ресурсы Брянской области (справочник). – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 91 с.
5. Аржанова В.С. Значение и роль лишеноиндикационных исследований при эколого–геохимической оценке состояния окружающей среды / В.С. Аржанова, И.Ф. Скирина // География и природные ресурсы. 2000. – №4. – С. 33–40.
6. Андерсон Ф.К. Реакция лишайников на атмосферное загрязнение / Ф.К. Андерсон, М. Трешоу // Загрязнение воздуха и жизнь растений. Л., 1988. – С. 295–326.
7. Анищенко Л.Н. Бриофлора и синтаксономия моховой растительности Юго–Западного Нечерноземья России / Л.Н. Анищенко: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Л.Н. Анищенко. – Брянск, 2001. – 23 с.

8. Анищенко Л. Н. Биоиндикация общего состояния атмосферы городской экосистемы (на примере г. Брянска) / Л. Н. Анищенко // Экология. – 2009. – № 4. – С. 264-270.

9. Анищенко Л.Н., Азарченкова Е.А. (Сафранкова Е.А.) Фоновый мониторинг на основе химического анализа лишенобиоты (на примере ФГУ заповедника «Брянский лес», Неруссо–Деснянское Полесье) / Л.Н. Анищенко. Е.А. Азарченкова (Сафранкова) // Экологическая безопасность региона. Сб. статей III Междунар. научно–практич. конф. – Брянск, 21–22 октября 2010 г. – Брянск, 2010. – С. 26-32.

10. Анищенко Л.Н., Азарченкова (Сафранкова) Е.А. Фоновый мониторинг сред обитания методом лишеноиндикации (на примере ООТП Неруссо–Деснянского полесья) / Л.Н. Анищенко. Е.А. Азарченкова (Сафранкова) // Вестник БГУ. Серия Точные и естественные науки. №4 (2012). – Брянск: РИО БГУ, 2012. – С. 27-32.

11. Анищенко Л.Н. Био– и лишеноиндикационные шкалы для оценки качества сред обитания (на примере Средней России) / Л.Н. Анищенко // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5; URL: <http://www.science–education.ru/105–7080>.

12. Анищенко Л.Н., Сафранкова Е.А. Лихенофлора малых городов и поселков городского типа Брянской области: биоразнообразие и использование в биоиндикации / Л.Н. Анищенко. Е.А. Сафранкова // Вестник Оренбургского государственного университета. –2013. –№6. – С 28-32.

13. Анищенко Л.Н. Лишайниковый индекс – количественный способ лишеноиндикации общего состояния атмосферы урбоэкосистем / Л.Н. Анищенко, Е.А. Сафранкова // Экологическая безопасность региона: Сб. статей VI Междунар. науч.–практ. конф. естественно-географического факультета (Брянск). Брянск: Изд-во «РИО БГУ», 2013. С. 24-27.

14. Антипина Г.С. Водоросли, высшие растения и лишайники города Петрозаводска: видовое разнообразие / Г.С. Антипина // Ученые записки

Петрозаводского государственного университета. Сер. Естественные и технические науки. 2013. – № 2 (131). – С. 7-10.

15. Байбаков Э.И. Лихенофлора г. Казани: изменения видового состава в историческом аспекте / Э.И. Байбаков, А.П. Ситников // Вестник ТО РЭА. –2000. – № 1. –С. 41-46.

16. Байбаков Э.И. Оценка экологического состояния урбанизированных территорий с помощью методов лишеноиндикации (на примере Казани) / Э.И. Байбаков: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Ижевск, 2003. – 19 с.

17. Баумгертнер М.В. Оценка антропогенной трансформации территории Кемеровской области методом лишеноиндикации : автореф. ...дисс. докт. биол. наук. / М.В. Баумгертнер. – Владимир, 2012. – 43 с.

18. Бесполитова Л.А. К перспективам лишеноиндикации в урбосреде в условиях лесостепи (на примере года Самары) / Л.А. Бесполитова, Л.М. Кавеленова // Вестник Самарского госуниверситета. Естественнонаучная серия. – 2001. – №4(22). – С. 175-184.

19. Блюм О.Б. Исторический аспект регионального мониторинга тяжёлых металлов в атмосфере, осуществляемый методом БГХА-индикации / О.Б. Блум, Ю.Г. Тютюнник //Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Том 12. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. – С. 73-87.

20. Бязров Л.Г. Некоторые результаты использования лишеноценологических исследований при мониторинге состояния среды в Подмосковье / Л.Г. Бязров // Биоиндикация в городах и пригородных зонах. – М.: Наука, 1993. – С. 55-72.

21. Бязров Л.Г. Видовое разнообразие лишайников Москвы / Л.Г. Бязров // Бюлл. МОИП. Отд. Биол. –1996 а. – Т. 101. – №3. – С. 68-77.

22. Бязров Л.Г. Биоиндикация качества воздуха в Москве по картированию распространения эпифитных лишайников / Л.Г. Бязров // Экология и промышленность России. – 1998. – № 7. – С. 27-31.

23. Бязров Л.Г. Оценка качества воздуха г. Москвы по распространению лишайников / Л.Г. Бязров // Современные проблемы микологии, альгологии и фитопатологии : сб. ст. – М. : МГУ ИД «Муравей», 1998 а. – С. 368-369.
24. Бязров Л.Г. Видовой состав и распространение эпифитных лишайников в лесных насаждениях Москвы / Л.Г. Бязров // Лесоведение. 1994. – №1. – С.45-54.
25. Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге / Л. Г. Бязров. – М.: Научный мир, 2002. – 336 с.
26. Бязров Л.Г. Лишайники лесных рекреационных насаждений Москвы / Л.Г. Бязров // Влияние рекреации на лесные экосистемы и их компоненты. – Москва, 2004. – С. 149-176.
27. Бязров Л.Г. Лишайники – индикаторы радиоактивного загрязнения / Л.Г. Бязров. – М. : КМК, 2005. – 476 с.
28. Бязров Л.Г. 2007. Изменение видового разнообразия эпифитных лишайников г. Москвы – сравнение учетов 1988–1991 и 2006 годов // http://www.sevin.ru/laboratories/biazrov_msk_2006.html
29. Бязров Л.Г. Пространственно–временные тренды величин концентрации некоторых элементов в слоевищах эпифитных лишайников из Подмосковья и ряда районов Москвы / Л.Г. Бязров, Л.А. Пельгунова // Бюлл. МОИП. Отд. Биол. – 2012. – Т. 117. – вып. 1. – С. 59-69.
30. Вайнштейн Е.А. Некоторые вопросы физиологии лишайников. III. Минеральное питание / Е.А. Вайнштейн // Ботан. журн. – 1982. – Т. 67. – № 5. – С. 561-571.
31. Валеева Э.И. Микроэлементный состав лишайников как индикатор загрязнения атмосферы на севере Западной Сибири / Э.И. Валеева, Д.В. Московченко // Исследования эколого–географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и

практика. – Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАЕН, ИОА СО РАН. – 2000. – С. 128-130.

32. Волкова О. М. Флора усадебных парков Тверской области / О.М. Волкова: Автореф. дис. . канд. биол. наук. М., 2007. - 18 с.

33. Волкова О. М. О флоре усадебных парков Торжокского района Тверской области / О.М. Волкова, А.А. Нотов // Вестн. ТвГУ. Серия биология и экология. 2006. Вып. 2. — №5 (22). – С. 96-100.

34. Гайдыш И.С. Биоиндикация природной среды малого северо–таежного промышленного города: на примере г. Костомукша / И.С. Гайдыш: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Петрозаводск, 2012. – 23 с.

35. Гайдыш И.С. Лихеноиндикация состояния воздушной среды г. Костомукши (Республика Карелия) / И.С. Гайдыш, В.Н. Тарасова, Е.Ф. Марковская // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10 (часть 10). С. 22122218; URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10001956.

36. Гелашвили Д.Б. Лихеноиндикационный мониторинг и разработка региональной школы токсифобности эпифитных лишайников (на примере Нижегородской области) / Д.Б. Гелашвили, Е.Ю. Кулябина, М.В. Сидоренко // Поволжский экологический журнал. – 2005. – № 2. – С. 111-120.

37. Геоботаническое районирование Нечерноземья Европейской части СССР. Л.: Наука, 1978. – 62 с.

38. Гимельбрант Д. Е. Лишайники / Д.Е. Гимельбрант// Парк «Сергиевка» комплексный памятник природы. - СПб., 2005. – С. 54-66.

39. Гимельбрант Д. Е., Степанчикова И. С., Конорева Л. А. Лихенофлора парка «Сергиевка» и ее особенности / Д.Е. Гимельбрант, И.С. Степанчикова, Л.А. Конорева // Мониторинг живой природы парка «Сергиевка». СПб., 2006. – С. 58-59.

40. Гимельбрант Д.Е. Лишайники / Д.Е. Гимельбрант, И.С. Степанчикова, Л.А. Конорева, Е.С. Кузнецова // Природа Елагина острова / Ред. Е. А. Волкова, Г. А. Исаченко, В. Н. Храмцов. СПб., 2007. – С. 60-67.

41. Голубкова Н.С. Географический анализ лишенофлоры Верхнее–Волжского флористического района / Н.С. Голубкова // Нов.сист.низш.раст. – 1965. – Т.2. – С. 179-193.
42. Голубкова Н.С. Определитель лишайников средней полосы европейской части СССР / Н.С. Голубкова. – М. – Л. : Наука, 1966. – 256 с.
43. Голубкова Н.С. Компоненты лишайников и их взаимоотношения / Н.С. Голубкова // Жизнь растений. – М. : 1977а. – Т.3. – С. 380-389
44. Голубкова Н.С. Отношение лишайников к субстрату и другим факторам внешней среды / Н.С. Голубкова // Жизнь растений. – М. : 1977б. – Т.3. – С. 426-431.
45. Голубкова Н.С., Малышева Н.В. Влияние роста города на лишайники и лишеноиндикация атмосферных загрязнений г. Казани // Бот. журн. – 1978. – Т. 63. – № 8. – С. 1145-1152.
46. Голубкова Н.С. Анализ флоры лишайников Монголии / Н.С. Голубкова. – Л.: Наука, 1983. – 248 с.
47. Голубкова Н.С. Определитель лишайников России. Вып.6. Алекториевые, пармелиевые, стереокаулоновые / Н.С. Голубкова, А.В. Домбровская, М.П. Журбенко и др. – СПб. : Наука, 1996. – 203 с.
48. Голубкова Н.С, Определитель лишайников СССР. Вып.5. Кладониевые–Акароспоровые / Н.С. Голубкова, В.П. Савич, Х.Х. Трасс – Л. : Наука, 1978. – 304 с.
49. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Брянской области в 1994 г.» / Брянский обл. комитет по экологии и природопользованию. Брянск, 1996. – 63 с.
50. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды по Брянской области в 2005 г.» / Комитет природопользования и охраны окружающей среды, лицензирования отдельных видов деятельности Брянской области // Сост. В.П. Иванов, М.Ю. Смирнова и др. Брянск, 2006. – 298 с.

51. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды по Брянской области в 2006 г.» / Комитет природопользования и охраны окружающей среды, лицензирования отдельных видов деятельности Брянской области // Сост. В.П. Иванов, М.Ю. Смирнова и др. Брянск, 2007. – 299 с.
52. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Брянской области в 2012 году» / Департамент природных ресурсов и экологии Брянской области; сост.: Е.Ф. Ситникова, О.В. Екимова и др. – Брянск, 2013. – Часть 1. – 244 с.
53. Горшков В.В. Влияние атмосферного загрязнения окислами серы на эпифитный лишайниковый покров северо–таежных сосновых лесов / В.В. Горшков // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. – С. 144-159.
54. Горшков В.В. Использование эпифитных лишайников для индикации атмосферного загрязнения: (метод. рекомендации) / В.В. Горшков. Апатиты, 1991. – 48 с.
55. Дунаева Т.А. Лишайники Пензенской области и возможности их применения в мониторинге природных сред / Т.А. Дунаева: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Пенза, 2012. – 22 с.
56. Загрязнение воздуха и жизнь растений / Под ред. Трешоу. – М. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 460 с.
57. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М. : Наука, 1984. – 424 с.
58. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1990. – С. 24.
59. Закутнова В.И. Лишайники в мониторинге городов Астраханского региона / В.И. Закутнова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2004. – № 4. – С. 100-108.

60. Золотарева Б.Н. Лишайники индикаторы загрязнения среды тяжёлыми металлами / Б.Н. Золотарева, И.И. Скрипченко, Ю.Л. Мартин // Природа. – 1981. – № 1. – С. 86-88.
61. Ибрагимова Э.Э. Лихеноиндикация степени аэротехногенного загрязнения в урбоэкосистемах на примере *Xanthoria parietina* (L.) Belt. / Э.Э. Ибрагимова // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2011. Т. 24 (63). – № 1. – С. 34-39.
62. Истомина Н.Б. Лихенобиота усадебных парков Псковской области федерального статуса охраны / Н.Б. Истомина, О.В. Лихачева // Вестник РГУ им. И. Канта. – Серия «Естеств. науки». – Вып. 7. – Калининград, 2010. – С. 122-129.
63. Инсаров Г.Э. Опыт мониторинга эпифитных лишайников в России и сопредельных странах. Бореальная лишенофлора. Лихеноиндикация / Г.Э. Инсаров // Сборник тез. третьей междунаро. лихенологической конференции. – 1983.
64. Инсарова И.Д. Влияние сернистого газа на лишайники / И.Д. Инсарова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л. : Гидрометеиздат, 1982. –Т. 5. – С. 33-48.
65. Инсарова И.Д. Влияние тяжёлых металлов на лишайники / И.Д. Инсарова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л., 1983. –Т.6. – С. 101-113.
66. Инсарова И.Д. Сравнительные оценки чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха / И.Д. Инсарова, Г.Э. Инсаров // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – Т. 12. – С. 113-175.
67. Каннукене Л. Результаты лишено- и бриоиндикационных работ на территории г. Кохтла-Ярве / Л. Каннукене, Л. Мартин, К. Тамм // Проблемы современной экологии. Экологические аспекты охраны

окружающей среды в Эстонии. Тез. докл. 11 респ. экол. конф. Тарту, 1982. – С. 49.

68. Карты городов России. Брянская область. – М.: Роскартография, 1997. – 20 с.

69. Качур А.Н. Лишайники как биохимические индикаторы состояния среды / А.Н. Качур, И.Ф. Скирина // Биохимическая индикация окружающей среды. – Л., 1988. – С. 24-25.

70. Кочерина Е.В., Лобанова О.А. Лихенофлора Архангельской промышленной агломерации // Экологические системы и приборы. – 2004. – № 1. – С. 39-41.

71. Крючкова О.Е. Экология индикаторных видов эпифитных лишайников в г. Красноярске / О.Е. Крючкова, Т.Н. Отнюкова // Вест. Красн. ГУ. – С. 124-128.

72. Красногорская Н.Н. Лихеноиндикационные шкалы оценки качества атмосферного воздуха / Н.Н. Красногорская, С.Е. Журавлева, Г.Р. Миннуллина // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 5. – С. 38-42.

73. Крючкова О.Е. Эпифитная лихенофлора города в связи с кислотностью коры деревьев и загрязнением воздушной среды (на примере г. Красноярска) / О.Е. Крючкова: автореф. дисс. канд. биол. наук. – Красноярск, 2006. – 23 с.

74. Крючкова О.Е. Видовая специфичность в реакции лишайниковых трансплантатов на загрязнения атмосферы / Ю.С. Григорьев, О.Е. Крючкова // Материалы международной конференции «Мониторинг состояния лесных и урбоэкосистем» (Москва, 19-20 ноября 2002 г.). Москва, 2002. – С. 53-54.

75. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.

76. Лаппо Г.М. География городов: учебное пособие / Г.М. Лаппо. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1997. – 480 с.

77. Лихачева О.В. Эпифитные лишайники усадебных парков – памятников садово–паркового искусства Псковской области / О.В. Лихачева // Бюл. МОИП. – Отдел Биологический. – 2010. – Т. 115. – Вып. 4. – С. 66-72.
78. Лиив С.Э. Лихеноиндикация загрязнения воздуха в городах Южной Эстонии: автореф. дис. ... канд. биол. наук / С.Э. Лиив. – Свердловск, 1988. – 16 с.
79. Лихачева О.В. Лишайники усадебных парков Псковской области: автореф. дисс. ...канд. биол. наук / О.В. Лихачева. – Псков, 2010. – 23 с.
80. Малышева Н.В. Лишайники исторических парков окрестностей Санкт–Петербурга / Н.В. Малышева // Ботанический журнал. – 1994. –Т. 79. – № 11. – С.29-35.
81. Малышева Н.В. Лихенофлора музея–заповедника «Парк Монрепо» / Н.В. Малышева // Ботанический журнал. – 1995. – Т. 80. – №3. – С. 17-26.
82. Малышева Н.В. Лишайники исторических некрополей Санкт–Петербурга / Н.В. Малышева // Ботанический журнал. – 1995а. – Т. 80. – № 3. – С. 74-78.
83. Малышева Н.В. Лишайники парка ботанического института имени В.Л. Комарова Российской АН (СПб) / Н.В. Малышева, О.А. Связева // Ботанический журнал. – 1995. – Т. 80. – №1. – С. 108-118.
84. 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. –1996. – Т. 31. – С. 135-137.
85. Малышева Н.В. Лишайники современных садов и парков Санкт–Петербурга (основанных в 1920–1980 гг.) / Н.В. Малышева // Ботанический журнал. –1997. –Т. 82. – №8. – С. 7784-7789.
86. Малышева Н. В. Лишайники парка Елагина острова (Санкт–Петербург) / Н.В. Малышева // Новости систематики низших растений. 1997 а. – Т. 32. – С. 55-58.

87. Малышева Н. В. Лишайники территории музея–заповедника «Петропавловская крепость» (Санкт–Петербург) / Н.В. Малышева // Ботанический журнал. 1998. – Т. 83. – № 11. – С. 43-48.
88. Малышева Н.В. Лишайники Санкт–Петербурга. Влияние городских условий и лишеноиндикации атмосферного загрязнения / Н.В. Малышева // Ботанический журнал. – 1998а. – Т. 83. – №9. – С. 39-45.
89. Малышева Н.В. Лишайники территории музея–заповедника «Петропавловская крепость» (Санкт–Петербург) / Н.В. Малышева // Ботанический журнал. –1998 б. – Т. 83. – №11. – С. 43-47.
90. Малышева Н.В. Лишайники городов Ивановской области / Н.В. Малышева // Ботанический журнал. – 1999. – Т. 84. – №2. – С. 59-67.
91. Малышева Н.В. Лишайники С.–Петербурга / Н.В. Малышева // Тр. Санкт–Петербургского общества естествоиспытателей. – СПб., 2003. – Серия 3. – Т. 79. – С. 97.
92. Малышева Н.В. Лишайники малых городов Северо–Запада России / Н.В. Малышева // Ботанический журнал. – 2003 а. – Т. 88. – № 10. – С. 40-50.
93. Малышева Н. В. Лишайники города Пскова. 2. Распределение эпифитных лишайников / Н. В. Малышева // Ботанический журнал. – 2004. – Т. 89. – № 8. – С. 1276-1283.
94. Малышева Н. В. Лишайники города Пскова. 2. Распределение эпифитных лишайников / Н. В. Малышева // Ботанический журнал. – 2004 а. – Т. 89. – № 8. – С. 1276-1283.
95. Малышева Н.В. Лишайники городов Европейской России. I. Таксономический анализ / Н. В. Малышева // Ботанический журнал. – 2006. – Т. 91. – № 12. – С. 1834 –1841.
96. Малышева Н.В. О субурбанофлорах лишайников городов / Н. В. Малышева // Флора лишайников России: состояние и перспективы исследований. Труды международного совещания, посвященного 120–летию

со дня рождения Всеволода Павловича Савича. Санкт–Петербург, 24–27 октября 2006. – СПб : БИН РАН, 2006 а. – С. 147-148.

97. Малышева Н. В. Лишайники городов Европейской России. 1. Таксономический анализ / Н. В. Малышева // Ботанический журнал. – 2006 б. – Т. 91. – № 12. – С. 1834-1841.

98. Малышева Н.В. Лишайники городов Европейской России 2. Биоморфологический и эколого–субстратный анализы / Н. В. Малышева // Ботанический журнал. – 2007. – Т. 92. – № 1. – С. 96-101.

99. Малышева Н. В. Лишайники городов Европейской России. 3. Географический анализ / Н. В. Малышева // Ботанический журнал. – 2007 а. – Т. 92. – №2. – С. 254-263.

100. Малышева Н. В. Лишайники городов Европейской России. 2. Биоморфологический и эколого–субстратный анализы / Н. В. Малышева // Ботанический журнал. – 2007 б. – Т. 92. № 1. – С. 96-101.

101. Мандра Ю.А. Влияние антропогенной нагрузки на видовой состав города–курорта Кисловодска / Ю.А. Мандра, Е.Е. Степаненко // Вестник АПК Ставрополя. – 2012. – Сер. Экология. № 3 (7). – С. 109-111.

102. Мартин Ю.Л. Лихенометрическая индикация времени обнажения каменистого субстрата / Ю.Л. Мартин // Экология. – 1970. – №5. – С. 16-24.

103. Мартин Л.Н. Возможности картирования состояния городской атмосферы при помощи лишайников / Л.Н. Мартин // Тезисы докладов на 5 конференции по спорным растениям Средней Азии и Казахстана, Ашхабад, 1974. – С. 240-242.

104. Мартин Л.Н. Определение степени полеотолерантности лишайников при помощи линейной ординации / Л.Н. Мартин, Ю.Л. Мартин. Folia Cryptogam. Eston., Таллинн, 1974. – С. 39-40.

105. Мартин Л.Н. Лихеноиндикационное картирование г. Таллинна / Л.Н. Мартин, Х.Х. Трасс // Лихеноиндикация состояния окружающей среды: Мат–лы Всесоюзн. конф. Таллинн, 1978. – С. 134-139.

106. Мартин Л.Н. Детальное лишеноиндикационное картирование загрязнения воздуха в парке Кадриорг (Таллин) / Л.Н. Мартин // Индикация природных процессов и среды. – Вильнюс, 1976. – С.61-62.
107. Мартин Л.Н. Лишеноиндикация состояния окружающей среды // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей /Л.Н. Мартин. – Таллинн, 1982. – С. 27-47.
108. Мартин Л.Н. Флористический состав и распределение эпифитных лишайников в различных условиях загрязнения воздуха / Л.Н. Мартин // Экология и биология низших растений. – Минск : АН БССР, 1982 а. – С. 235-237.
109. Мартин Л.Н. Лишайники и мхи как показатели состояния окружающей среды в Приокско–Террасном заповеднике / Л.Н. Мартин, Л.Каннукене, Н.А. Костенчук // Лишеноиндикация состояния окружающей среды. – Таллин, 1978. – С. 49-56.
110. Мартин Ю.Л. Динамика лишайниковых синузий и их биогеохимическая роль в экстремальных условиях среды / Ю.Л. Мартин: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Свердловск, 1987. – 32 с.
111. Меденец Е.Ю. Лишеноиндикация атмосферного загрязнения городов Новочеркасска и Ростова–на–Дону / Е.Ю. Меденец: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Ростов–на–Дону, 2010. – 23 с.
112. Мейсурова А.Ф., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. Спектроскопическое изучение воздействия окислов азота на слоевища лишайников *Nurogymnia physodes* (L.) Nyl. // Экологическая химия. – 2007. – Т. 16, № 4. – С. 27-35.
113. Меркулова О. С. Лишайники города Оренбурга / О. С. Меркулова // Ботанический журнал. – 2006. – Т. 91. – № 9. – С. 1334-1341.
114. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. М 049–П/04.–С–Пб. : ООО НПО «Спектрон», 2004. – 20 с.

115. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению интенсивности бактериальной биолуминисценции тест-системой «Эколюм» на приборе «Биотокс-10». ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04. М., 2004.
116. Методы пробоотбора и пробоподготовки / Ю.А.Карпов, А.П.Савостин. И.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 243 с.
117. Михайлова И.Н. Электронно-микроскопическое исследование талломов *Hypogymnia physodes*, произрастающих в условиях техногенного загрязнения / И. Н. Михайлова //Труды международной конференции (С.–Петербург, 24–28 апр. 2005г.). СПб., 2005. – Т.2. – С. 6-9.
118. Михайлова И.Н., Воробейчик Е.Л. Эпифитные лишеносинусии в условиях химического загрязнения: зависимости доза–эффект / И. Н. Михайлова // Экология. –1995. – № 6. – С.455-460.
119. Миннуллина Г.Р. Совершенствование методов лишеноиндикации для оценки качества атмосферного воздуха урбанизированной территории: автореф. дисс. ...канд. биол. наук / Г.Р. Миннуллина // Уфа, 2006. – 23 с.
120. Михайлова И.Н. Размерная и возрастная структура популяций эпифитного лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. в условиях атмосферного загрязнения / И. Н. Михайлова, Е.Л. Воробейчик // Экология. – 1999. –№ 2. – С. 130-137.
121. Мучник С.Э. Лишайники города Воронежа / С.Э. Мучник // Бот. журн. – 2004. Т. 89. –№ 4. –С. 614-624.
122. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Э. Мэгарран. М. : Мир, 1992. – 184 с.
123. Нильсон Э.М. Кислотность субстрата как важный фактор распространения эпифитных лишайников / Э.М. Нильсон // Экология и биология низших растений: Тез. докл. 9 симпозиума микологов и лишенологов Прибалтийской советской республики и БССР, Минск 17–19 ноября 1982 г. – Минск, 1982. – С.237-238.

124. Нильсон Э.М. Эпифитные лишайники в условиях кислого и щелочного загрязнения / Э.М. Нильсон, Л.Н. Мартин // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Таллин, 1982. – С.88-100.

125. Нильсон Э.М. Биохимическая экология эпифитных лишайников в условиях загрязнения: автореф. дис. канд. биол. наук / Э.М. Нильсон. – Свердловск, 1989. –18 с.

126. Нифонтова, М.Г. Радионуклиды в лишайниках и мхах особо охраняемых природных территорий Южного Урала / М.Г. Нифонтова // Вестн. Уральского отделения РАН. –№ 4 (22). – С. 5-9.

127. Нифонтова М.Г. Содержание долгоживущих искусственных радионуклидов в мохово–лишайниковом покрове наземных экосистем Урало–Сибирского региона / М.Г. Нифонтова // Экология. –1998. – С. 196-200.

128. Нифонтова М.Г. Содержание долгоживущих искусственных радионуклидов в мохово–лишайниковом покрове наземных экосистем Урало–Сибирского региона / М.Г. Нифонтова // Экология. – 1998 г. – № 3. – С. 196-200.

129. Нифонтова М.Г. Содержание долгоживущих искусственных радионуклидов в мохово–лишайниковом покрове горных растительных сообществ / М.Г. Нифонтова // Экология. – 2000. – С. 202-205.

130. Нифонтова М.Г. Лихено– и бриоиндикация радиоактивного загрязнения среды: автореф. дисс. ...докт. биол. наук / М.Г. Нифонтова. – Пермь: Пермский госуниверситет, 2003. – 50 с.

131. Нифонтова М.Г. О накоплении Sr90 и Cs137 некоторыми представителями низших растений в окрестностях Белоярской атомной электростанции на Урале / М.Г. Нифонтова, Н.В. Куликов // Экология. – 1981– №6. – С. 84-87.

132. Нифонтова М.Г. Радиоэкологическое изучение природных экосистем в зоне атомной электростанции на Урале / М.Г. Нифонтова, Н.В. Куликов, Г.И. Таршис, А.П. Дьяченко // Экология. – 1981. – №6. – С. 94-97.

133. Нифонтова М.Г., Алексащенко В.Н. Содержание Sr90, Cs 134,137 в грибах, лишайниках и мхах из ближней зоны Чернобыльской АЭС / М.Г. Нифонтова // Экология, май–июнь, 1992. – С. 26-30.
134. Окснер А.Н. Определитель лишайников СССР. Вып. 2. Морфология, систематика и географическое распространение / А.Н. Окснер. Л. : Наука, 1974. – 284 с.
135. Определитель лишайников СССР / отв. ред. И.И. Абрамов. Вып. 1: Пертузариевые, Леканоровые, Пармелиевые. – Л.: Наука, 1971. – 412 с.
136. Определитель лишайников СССР / отв. ред. И.И. Абрамов. Вып. 5. Кладониевые – Акароспоровые. – Л.: Наука, 1978. – 305 с.
137. Отнюкова Т.Н. Распространение эпифитных лишайников в г. Красноярске в зависимости от условий произрастания / Т.Н. Отнюкова, О.Е. Крючкова // Ботанические исследования в Сибири. Красноярск, 2001. Вып. 9. – С. 135-140.
138. Отнюкова Т.Н. Отношение эпифитных лишайников к кислотности коры дерева / Т.Н. Отнюкова, О.Е. Крючкова // Ботанические исследования Азиатской России: Матер. XI съезда Русского бот. общества. Барнаул. – 2003. – Т 1. – С. 181-182.
139. Пауков А.Г. Лихенофлора урбозкосистем: автореф. дисс. ...канд. биол. наук / А.Г. Пауков. – Екатеринбург, 2001. –18 с.
140. Пахомов В.В. Лихенологические и лишайноиндикационные исследования в районе объекта по уничтожению люизита в г. Камбарке / В.В. Пахомов // 4 Молоднуч. конф. Ин-та биол. «Актуал. пробл. биол.», Сыктывкар, 11-12 апр., 1996: Прогр. и тез. Сыктывкар, 1996. – С. 92
141. Петренко Д.Е. Эпифитные лишайники лиственных деревьев придорожных аллей северо–западной части Калининградской области / Д. Е. Петренко, Ю.В. Фещенко // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. 2010. – Вып. 7. – С. 136-139.
142. Плохинский Н.А. Математические методы в биологии / Н.А. Плохинский. М.: Изд–во МГУ, 1978. – 256 с.

143. ПДК и ОПДК химических веществ в почве (ГН 2.1.7.2041–06, ГН 2.1.2042–06).
144. Природное районирование и типы сельскохозяйственных земель Брянской области. – Брянск: Приок.кн.изд–во, 1975. – 610 с.
145. Природные ресурсы и окружающая среда Брянской области / Под ред. Н.Г. Рыбальского, Е.Д. Самотесова, А.Г. Митюкова. – М.: НИА: Природа, 2007. – 1144 с.
146. Пчелкин А. В. Распространение лишайников–эпифитов на территории России в естественных условиях и при антропогенном воздействии / А.В. Пчелкин: дисс. ... докт. биол. наук. – М., 2002. – 267 с.
147. Пчелкин, А.В. 2003. Распространение лишайников в Москве // <http://www.lichenhouse.narod.ru/>
148. Пчелкин А.В. Сравнение флоры лишайников Москвы и Приокско–Террасного заповедника / А.В. Пчелкин // В кн.: Экосистемы Приокско–Террасного биосферного заповедника. – Пущино, 2005. – С. 95–104.
149. Раменский Л.Г. Введение в комплексное почвенно–ботаническое исследование земель / Л.Г. Раменский. – М.: Сельхозгиз, 1938. – 615 с.
150. Растительность европейской части СССР. – Л.: Наука, 1980. – 429 с.
151. Романова Е.В. Лишайники городов–спутников г. Новосибирска / Е.В. Романова // Растительный мир азиатской России. –2008. – № 2. – С. 33–40.
152. Романова Е.В., Седельникова Н.В. Лишайники — биоиндикаторы атмосферного загрязнения Новосибирской городской агломерации / Е.В. Романова, Н.В. Седельникова. – Новосибирск: изд–во «Гео», 2012. – 99 с.
153. Сафранкова Е.А. Лихенофлора городов Брянской области: биоразнообразие и использование в биоиндикации (на примере гг. Севска и Новозыбкова) / Е.А. Сафранкова// Сб. статей V Междунар. научно–практич.

конф. естественно–географического факультета. Брянск: РИО БГУ, 2012. – С. 283-288.

154. Сафранкова Е.А. Метод лишеноиндикации в оценке общего состояния атмосферы малых городов (на примере городов Трубчевска и Севска Брянской области) / Е.А. Сафранкова // Сборник материалов Всероссийской научно–практической конференции: Мониторинг биоразнообразия экосистем степной и лесостепной зон. – Балашов, 2012 а. – С. 145-148.

155. Сафранкова Е.А. Количественная лишеноиндикация (на примере малых городов Брянской области) / Е.А. Сафранкова // Биология – наука XXI века: 17–я Международная Пущинская школа – конференция молодых ученых. Пущино, 2013. – С. 555-556.

156. Сафранкова, Е.А. Оценка состояния атмосферы урбоэкосистем методом лишеноиндикации (на примере г. Брянска и г. Орла) / Е.А. Сафранкова // Материалы X Международной научно–практической интернет–конференции «Проблемы и перспективы развития науки в начале третьего тысячелетия в странах СНГ». Переяслав–Хмельницкий, 2013. – С. 54-56.

157. Сафранкова Е.А. Лишеноиндикация в мониторинге состояния атмосферы: возможные применения и результаты (на примере малых городов Брянской области) / Е.А. Сафранкова // Матер. докладов II Всероссийской (XVII) Молодежной научной конференции (с элементами научной школы) «Молодежь и наука на севере». Сыктывкар, 2013 а. – С. 123-124.

158. Сафранкова Е.А. Экоаналитический лишеноиндикационный мониторинг в условиях малых городов (Брянская область) / Е.А. Сафранкова // Матер. XII Международной научно–практической интернет–конференции «Проблемы и перспективы развития науки в начале третьего тысячелетия в странах СНГ». Переяслав–Хмельницкий, 2013 б. – С. 29-31.

159. Сафранкова Е.А. Ресурсы лишайников и их использование в биомониторинге / Е.А. Сафранкова // Матер. Третьей Междунар.науч.–практ.

конф. «Географические проблемы сбалансированного развития староосвоенных регионов» (Брянск, 24–26 октября 2013 г.). – Брянск: Изд-во «Курсив», 2013 в. – С. 60-64.

160. Сафранкова Е.А. Оценка общего состояния атмосферы городской экосистемы методом лишеноиндикации (на примере малых городов Брянской области) / Е.А. Сафранкова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013 д. – № 1. – С. 140-143.

161. Сафранкова Е.А. Диагностика качества природной среды на основе данных лишеноиндикации / Е.А. Сафранкова, Л.Н. Анищенко // Дополнительное проф. образование в системе подготовки конкурентоспособного специалиста на рынке труда: Сб. науч. Тр. I Всерос. науч.-практ. конф. Брянск. Издательство ГК «Десяточка». – 2011. С. 250-252.

162. Сафранкова Е.А. Лихенобиота урбоэкосистем Брянской области: биоразнообразие и фитоиндикационные аспекты использования / Е.А. Сафранкова, Л.Н. Анищенко // Сб. матер. Всероссийской научно–практической конф.: Мониторинг биоразнообразия экосистем степной и лесостепной зон. – Балашов, 2012. – С. 148-152

163. Сафранкова Е.А. Оценка общего состояния атмосферы малых городов (на примере Брянской области) / Е.А. Сафранкова, Л.Н. Анищенко // Сборник статей Междунар. заочной научно–практич. конф. «Естественные науки: вопросы биологии, химии, физики». – Новосибирск, 2012 а. – С. 47-51.

164. Сафранкова Е.А. Оценка состояния атмосферы урбоэкосистем методом лишеноиндикации (на примере г. Брянска и г. Орла) / Е.А. Сафранкова // Матер. X Междунар. науч.–практ. интернет–конф. «Проблемы и перспективы развития науки в начале третьего тысячелетия в странах СНГ». Переяслав–Хмельницкий, 2013. – С. 54-56.

165. Сафранкова Е.А. Эффективность различных методик лишеноиндикации в диагностике общего состояния атмосферы урбоэкосистем / Е.А. Сафранкова, Л.Н. Анищенко // Экологическая безопасность региона: Сб.статей VI Междунар. науч.–практ. конф.

естественно-географического факультета (Брянск). Брянск: Изд-во «РИО БГУ», 2013. – С. 141-146.

166. Сандер Э. Л. Сравнительный анализ эпифитной лишенофлоры 7 парков северной Эстонии / Э.Л. Сандер// Тезисы докладов 11 Симпозиума микологов и лишенологов Прибалтийских республик и Белоруссии. Таллинн, 1986. – С. 169-172.

167. Свирко Е.В. Лишайники – биоиндикаторы атмосферного загрязнения г. Новосибирска / Е.В. Свирко: автореф. дисс. ...канд. биол. наук. – Новосибирск, 2006. – 23.

168. Свирко Е.В. Тяжёлые металлы и радионуклиды в слоевищах лишайников в Новосибирской области, Алтайском крае и Республике Алтай / Е.В. Свирко, В.Д. Страховенко // Сибирский экологический журнал. –2006. – №3. – С. 385-390.

169. Седельникова Н. В. Видовое разнообразие лишайников новосибирского Академгородка / Н.В. Седельникова, Е.В. Свирко // Сибирский экологический журнал. – 2003. – Т. 10. – №4. – С. 479-486.

170. Сионова Н. А. Оценка экологического состояния атмосферной среды города Краснодара с помощью методов лишеноиндикации / Н.А. Сионова: автореф. дисс. ...канд. биол. наук. – Краснодар, 2006. – 23 с.

171. Список лишенофлоры России. – СПб, 2010. – 194 с.

172. Скирина И.Ф. Лишеноиндикация загрязнения приземного воздуха города Находка (Приморский край) / И. Ф. Скирина, С. И. Коженкова // Ботанический журнал. 2005. – Т. 90. – № 8. – С. 1184-1196.

173. Средняя полоса Европейской части СССР / Под ред. Герасимова И.П. –М.: Наука, 1967. – 440 с.

174. Стаселько, Е. А. Биоиндикация и экологическое районирование урбанизированных территорий (на примере города Элиста): автореф. дисс. ...канд. биол. наук / Е.А. Стаселько. – Астрахань, 2007. – 32 с.

175. Статистика погоды в городах России. Г. Орел. www.atlas-yakutia.ru/weather/stat_weather_279060.php.

176. Страховенко В.Д. Распределение радионуклидов и микроэлементов в лишайниковом покрове регионов Западной Сибири / В.Д. Страховенко, Б.Л. Щербов, Е.И. Хожина // Геология и геофизика. 2005. – Т. 46. – № 2. – С. 206-216.
177. Суетина Ю.Г. Изменения эпифитной лишенофлоры и структуры популяции *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. в городской среде / Ю.Г. Суетина: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Йошкар–Ола, 1999. – 26 с.
178. Суетина Ю.Г. Онтогенез и структура популяции *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. в различных экологических условиях / Ю.Г. Суетина // Экология. – 2001. – №3. – С. 203-208.
179. Суетина Ю.Г. Онтогенез и возрастно–виталитетная структура популяции лишайника *Evernia prunastri* (L.) Ach. / Ю.Г. Суетина, Е.И. Ямбердова // Вест. УдмГУ. – 2010. – Вып. 3. – С. 44-53.
180. Суетина Ю.Г. Онтогенез и морфогенез кустистого лишайника *Usnea florida* (L.) Weber ex F.H. Wigg./ Ю. Г. Суетина, Н. В. Глотов // Онтогенез. – 2010. – Т. 41. – № 1. – С. 32-40.
181. Харин А.В. Синтаксономия и организация биомониторинга растительного покрова города Брянска / А.В. Харин: Автореф. ...дисс.канд.биол.наук. – Брянск, 2006. – 24 с.
182. Ходосовцева Ю.А. Ліхеноіндикаційна оцінка якості атмосферного повітря рекреаційних ландшафтів Ялтинського амфітеатру / Ю.А. Ходосовцева // Чорноморський бот. журн. –2009. – Т. 5. –№ 3. – С. 397-405.
183. Толпышева Т.Ю. Ключи для определения родов лишайников / Т.Ю. Толпышева // Бюлл. МОИП. – 2010. – Т. 115. – Вып. 4. – С. 77-79.
184. Трасс Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг / Х.Х. Трасс // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л., 1985. – Т.7. – С. 122-137.

185. Трасс Х.Х. Трансплантационные методы лишеноиндикации / Х.Х. Трасс // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. –Л.: Гидрометеиздат. –1985 а. – Т. 8. – С.140-143.
186. Трасс Х.Х. Лишеноиндикационные индексы и SO₂ / Х.Х. Трасс // Биогеохимический круговорот веществ в биосфере. – М.: Наука, 1987. – С. 111-115.
187. Трасс Х.Х. Лишеноиндикационная оценка степени загрязненности атмосферной среды южного Прибайкалья / Х.Х. Трасс, А.Й. Пярн, К.Р. Цобель // Региональный мониторинг состояния оз. Байкал. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – С. 54-63.
188. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / С.К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
189. Чхобадзе А. Б. К изучению лишенофлоры старинных усадебных парков Вологодской области / А.Б. Чхобадзе // Бюл. Гл. бот. сада РАН. 1997. Вып. 175. – С. 66-72.
190. Уразбахтина А.Ф. Некоторые итоги лишеноиндикационного анализа рекреационных зон г. Твери / А.Ф. Уразбахтина, Л.А. Катаускайте// Ботанические исследования в Тверском регионе. Тверь, 2003. – С. 20-28.
191. Физико–географическое районирование Нечерноземного центра / Под ред. Н.А. Гвоздецкого, В.К.Жучковой. – М. : Изд–во МГУ, 1963. – 450 с.
192. Цуриков А. Г. Листоватые и кустистые городские лишайники: атлас–определитель: уч.пособ. / А. Г. Цуриков, О. М. Храмченкова. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2009. – 123 с.
193. Шапиро И.А. Устойчивость нитратредуктазы лишайника *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. к действию двух поллютантов / И.А. Шапиро // Труды Ботанического института АН СССР. –1991. –№ 1. С. 89–93, 101, 102.
194. Шапиро И.А. Влияние сернистого ангидрида на содержание азота и пероксидазную активность у лишайников / И.А. Шапиро // Ботан. журн. –1993. – Т. 78. – №6. – С.66-72.

195. Шапиро И.А. Физиолого–биохимические изменения у лишайников под влиянием атмосферного загрязнения / И.А. Шапиро // Успехи соврем. биологии. – 1996. –Т. 116. –Вып.2. – С.158-171.
196. Шапошникова Н.Н. Лихеноиндикация состояния окружающей среды в районе металлургического завода (Приморский край) / Н.Н. Шапошникова // Систематика, экология и география споровых растений Дальнего Востока. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. – С. 87-89.
197. Шарунова И.П. Межвидовая и внутривидовая изменчивость накопления тяжёлых металлов эпифитными лишайниками в градиенте токсической нагрузки / И.П. Шарунова: дисс. ... канд. биол. наук. – Екатеринбург, 2008. – 119 с.
198. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике / В.М. Шмидт. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. – 288 с.
199. Яцына А.П. Эпифитные лишайники парков Беларуси // Инновации-2006. Материалы XIII Республиканской студенческой научно-практической конференции (г. Мозырь, 25 апреля 2006 года). Мозырь: УО МГПУ им. И.П. Шамякина, 2006. – С. 153.
200. Яцына А. П. Лишайники парка г. Логойск (Беларусь) // Материалы (I) IX Международной конференции молодых ботаников в Санкт-Петербурге (г. Санкт-Петербург, 21-26 мая 2006 года). СПб., 2006а. – С. 327 - 328.
201. Air pollution and lichens / Edited by B.W. Ferry, M.S. Baddeley, D.L. Hawksworth. London, 1973.
202. Barkman J.J. Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. Assen, 1958. – 628 p.
203. Beckett R.P. The control of cadmium uptake in the lichen genus *Peltigera* / R.P. Beckett, D.H. Brown // J. Experim. Bot. 1984. – Vol.35, N156. – P.1071-1082.

204. Beckett R. P. The relationship between cadmium uptake and heavy metal tolerance in the lichen genus *Peltigera* I R. P. Beckett, D.H. Brown // *New Phytologist*. 1984a. – Vol.97. – P. 301-311.
205. Brown D.H. The location of mineral elements in lichens: implications for metabolism / D.H. Brown // *Bibl. Lichenol.* 1987. – Vol. 25. – P.361-375.
206. Brown D.H. Mineral cycling and lichens: the physiological basis / D.H. Brown, R.M. Brown // *Lichenologist*. 1991. – Vol. 23, N3. – P. 293-307.
207. De Sloover J., LeBlanc F. J. Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity // *Proc. Symp. Recent Advances in Tropical Ecology* // Ed.by R. Misra. Varansi. R. Misra, B. Gopal – eds. 1968. – P. 42-56.
208. van Dobben H.F. Vegetation as a monitor for deposition of nitrogen and acidity // *Vegetatie als monitor voor depositie van stikstof en zuur*. Rijksuniversiteit te Utrecht, Utrecht. 1993. –214 P.
209. van Dobben H.F., de Bakker A.J. Re-mapping epiphytic lichen biodiversity in the Netherlands – effects of decreasing SO₂ and increasing NH₃ // *Acta Botanica Neerlandica*. 1996. Vol. 45. №1. – P. 55-71.
210. van Dobben H.F., Braak C.J.F. Ranking of epiphytic lichen sensitivity to air pollution using survey data: a comparison of indicator scales // *Lichenologist*, 1999. Vol. 31, № 1. – P. 27-39.
211. Gilbert O.L. Further studies on the effect of sulphur dioxide on lichens and bryophytes // *New Phytol.* 1970.V. 69. – P. 605-627.
212. Garty J. Lichens as biomonitors for heavy metal pollution / J. Garty // *Plants as biomonitors* // *Indicators heavy metals in the terrestrial environment* / B.Markert (ed.). Weinheim etc.: VCH, 1993. – P. 193-263.
213. Garty J. Biomonitoring atmospheric heavy metals with lichens: theory and application / J. Garty // *Critical Reviews in Plant Sciences*. – 2001. – V. 20. – P. 309-371.
214. Goyal R. Metal uptake in terricolous lichens. I. Metal localization within the thallus / R. Goyal, M.R.D. Seaward // *New Phytologist*, 1981. – Vol. 89, N4. – P.631-645.

215. Goyal R. Metal uptake in terricolous lichens. II. Effects on the morphology of *Peltigera canina* and *Peltigera rufescens* / R. Goyal, M.R.D. Seaward // *New Phytologist* 1982a. – Vol. 90, N1. – P.73-84.
216. Goyal R. Metal uptake in terricolous lichens. III. Translocation in the thallus of *Peltigera carina* / R. Goyal, M.R.D. Seaward // *New Phytologist*. 1982b. – Vol. 90, N1. – P.85-98.
217. Haas J.R. Bioaccumulation of metals by lichens uptake of aqueous uranium by *Peltigera membranacea* as function of time and pH / J.R. Haas, E.H. Bailey, O.W. Purvis // *Amer. Mineralogist*. 1998. Vol. 83, №11.12. P.1494-1502.
218. Hawksworth D.L., Rose F. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens // *Nature*. 1970. V. 227. –P. 145-148.
219. van Herk C.M. Mapping of ammonia pollution with epiphytic lichens in the Netherlands // *Lichenologist*. 1999. Vol. 31. №1. P. 9-20.
220. van Herk C.M., Aptroot A., van Dobben H.F. Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming // *Lichenologist*. 2002. Vol. 34. №2. –P. 141-154.
221. Hawksworth D.L., Kirk P.M., Sutton B.S., Pegler D.N. Ainsworth et Bisby's Dictionary of the Fungi. – 8 th Edition. – Egham. CAB Intern., 1995. – 616 s.
222. Huebert D.B. The effects of sulphur dioxide on net CO₂ assimilation in the lichen *Evernia mesomorpha* Nyl. / D.B. Huebert, S.J. L.J.Hirondelle, P.A. Addison // *New Phytologist*. 1985. Vol. 100. – P.643-651.
223. Kauppi M., Mikkonen A. Floristic versus single species analysis in the use of epiphytic lichens as indicators of air pollution in a boreal forest region, Northern Finland // *Flora*. 1980. B.169 (4). – P. 255-281
224. Lawrey J.D. Retrospective study of lichen lead accumulation in the northeastern United States / J.D. Lawrey, M.E. Hale // *Bryologist*. 1981. – Vol. 84, N4. –P. 449-456.

225. LeBlanc, F. Relation between industrialisation and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreale / F. LeBlanc, J. De Sloover // *Can.j.Bot.* 1970. vol.48, №7. – P.1485-1486.
226. LeBlanc, F. The epiphytic vegetation of *Populus balsamifera* and its significance as an air pollution indicator in Sudbury, Ontario / F. LeBlanc, D.N. Rao // *Canad. J. Bot.* 1972. V. 50. – P.519-528.
227. LeBlanc, F. Reaction de quelques lichens et mousses epiphytiques a l'anhydride sulfureux dans le region de Sudbury, Ontario / F. LeBlanc, D.N. Rao // *Briologist.* 1966. V. 69. – P. 338-346.
228. LeBlanc F. Effect of sulphur dioxide on lichens and moss transplants / F. Le Blanc, De Sloover // *Ecology.* 1973 a. V. 54. – P. 612-617.
229. LeBlanc, F. Evaluation of the pollution and drought hypotheses in relation to lichens and bryophytes in urban environments / F. LeBlanc, D.N. Rao // *Briologist.* 1973 b. V. 76. № 1. – P. 1-19.
230. LeBlanc, F. Effects of air Pollutants on lichens and bryophytes / F. LeBlanc, D.N. Rao // *Responses of plants to air pollution.* J.B. Mudd, T.T. Kozlowski – eds. New York: Academic Press, 1975. – P. 237-272.
231. Lichens as bioindicators of air quality /ed. Hukaby L.S.–U.S. Department of Agriculture.–Fort Collins, 1993. – 234 p.
232. Loppi S. Lichens and mosses as biomonitors of trace elements in areas with the thermal springs and fumarole activity (Mt. Amiata, Central Italy) / S. Loppi, I. Bonini // *Chemosphere.* 2000. V. 41. № 9. – P. 1333-1336.
233. Martin L.N., Martin J.L. Comparison of two epiphytic lichens community indices reflecting air pollution // *Folia Cryptogamica Estonica.* – 1974. – № 6. – P. 47-48.
234. Martin L. Phytoindication of atmospheric pollution / L. Martin, X.X. Trass, Ju. Martin. Prospect of the Expo–74. Tallinn, 1974. – 4p.
235. Martin M.N. Biological monitoring of heavy metal pollution /M. N. Martin, P.J. Coughtrey. – Applied Science Publishers. London, 1982. – 476 p.

236. Meisurova A.F., Khizhnyak S.D., Pakhomov P.M. IR spectral analysis of the chemical composition of the lichen *Hypogymnia physodes* to assess atmospheric pollution // *Jour. of Applied Spectroscopy*. – 2009. – Vol. 76, № 3. – P. 420-426.
237. Meysurova A.F., Khizhnyak S.D., Pakhomov P.M. IR spectroscopic study on indicator species of lichens for detection of nitrogen dioxide in atmosphere // *Book of abstracts. 11th European Meeting on Environmental Chemistry – EMEC (Porto, Slovenia, December 8-11)*. – Nova Gorica University, 2010. – P. 30.
238. Monitoring with lichens – monitoring lichens: Proceeding of the NATO advanced research workshop on lichen monitoring // Wales, United Kingdom, 16–23 August, 2000. P.L. Nimis, Ch. Scheidegger, P.A. Wolseley – eds. Kluwer Academic Publ.: Dordrecht etc, 2002. – 408 p.
239. Nash T.H. Lichens as indicators of air pollution / T.H. Nash, C. Gries // *The Handbook of Environmental Chemistry* / O. Hutzinger (ed.). N. Y.: Springer–Verlag, 1991. – Vol. 4. – P. 1-29.
240. Pakarinen P. Nutrient and trace metal content and retention in reindeer lichen carpets of Finnish ombrotrophic bogs / P. Pakarinen // *Ann. Bot. Fennici*. 1981. – Vol. 18. – P. 265-274.
241. Pakarinen P. Regional variation of sulfur concentrations in *Sphagnum* and *Cladonia* lichens in Finnish bogs / P. Pakarinen // *Ann. Bot. Fennici*. 1981 a. – Vol. 18. – P. 275-279.
242. Palomaki V. Lichen transplantation in monitoring fluoride and sulfur deposition in the surroundings of a fertilizer plant and a strip mine at Siilinjärvi / V. Palomaki, S. Tynnyrinen, T. Holopainen // *Ann. Bot. Fennici*. 1992. – Vol. 29, №1. – P. 25-34.
243. Puckett K.J. Bryophytes and lichens as monitors of metal deposition / K.J. Puckett // *Lichens, Bryophytes and Air Quality*. T.H. Nash, V. Wirth – eds. J. Cramer, Berlin–Stuttgart, 1988. – P. 231-267.
244. Richardson D.H.S. Metal uptake in lichens / D.H.S. Richardson // *Symbiosis*. 1995. – Vol. 18, N2. – P. 119-127.

245. Rudnick R.L. Composition of the Continental Crust / R.L. Rudnick, S. Gao // Treatise on Geochemistry. – V. 3. The Crust. – Amsterdam: Elsevier, 2003. – P. 1-64.
246. Santamaria J.M., Martin A. Tree bark as a bioindicator of air pollution in Navarra, Spain // Water, Air, and Soil Pollution 1997; 98 – P. 381-387.
247. Santesson R. The lichens and lichenicolous fungi of Sweden and Norway. 1993. – 240 p.
248. Seaward M.R.D. Lichens and sulphur dioxide air pollution: field studies // Environmental Reviews. 1993. № 3. – P. 73-91.
249. Sechting U. Lichen transplants as biological indicators of SO₂ air pollution in Copenhagen / U. Sechting, I. Jonsen // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 1978. – Vol. 19, №1. – P. 1 -7.
250. Sechting U. Lichens as monitors of nitrogen deposition / U. Sechting // Cryptogamic Botany. 1995. – Vol. 5. – P. 264-269.
251. Sundstrom K.R. Using lichens as physiological indicators of sulphurous pollutants / K.R. Sundstrom, J.E. Hallgren // Ambio. 1973. – Vol. 2. – P. 13 -21.
252. The Lichen Flora of Great Britain and Ireland. – 1994. – 710 p.
253. Van Dobben H.F., ter Braak C.J.F. Ranking of epiphytic lichen sensitivity to air pollution using survey data: a comparison of indicator scales // Lichenologist. 1999. Vol. 31 (1). – P. 27-39.
254. van Herk C.M. Bark pH and susceptibility to toxic air pollution as independent causes of changes in epiphytic lichen composition in space and time // Lichenologist. 2001. V. 33. № 5. – P. 419 -441.
255. Wirth V. Zeigewerte von Flechten // Scripta Geobotanica. 1991. Bd. 18. S. 215-237.
256. Wittig R. General aspects of biomonitoring heavy metals by plants / R. Wittig // Plants as biomonitors. B. Markert – sd. CH Verlagsges., Weinheim, ets., 1993. – P. 3-27.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1

Видовой состав лишайников городов и поселков городского типа
Таблица 1 – Биоразнообразие лишенофлоры малых городов и поселков городского типа Брянской области

Виды лишайников		Малые города*						
		1	2	3	4	5	6	7
Сем. Candelariaceae Hakul.								
1.	<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg.	+	+	+	+	+	+	+
2.	<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau	+	+	+	+	+	+	+
Сем. Cladoniaceae Zenker								
3.	<i>Cladonia cenotea</i> (Ach.) Schaer					+		
4.	<i>C. coniocraea</i> (Flörke) Spreng.					+	+	+
5.	<i>C. fimbriata</i> (L.) Fr.					+	+	+
Сем. Lecanoraceae Koerb.								
6.	<i>Lecanora allophana</i> Nyl.	+	+	+	+	+	+	+
7.	<i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vain.	+	+	+	+	+		
8.	<i>L. hagenii</i> (Ach.) Ach.	+	+	+	+	+	+	+
9.	<i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Sommerf.	+	+	+	+	+	+	+
10.	<i>L. symmicta</i> (Ach.) Ach.	+	+	+	+	+		
11.	<i>Lecidella euphorea</i> (Flörke) Hertel	+	+	+	+	+		
12.	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i> (Graewe ex Stenh.) Vezda	+	+		+		+	
Сем. Parmeliaceae Zenker								
13.	<i>Evernia mesomorpha</i> Nyl.	+	+	+	+	+	+	+
14.	<i>E. prunastri</i> (L.) Ach.	+	+	+	+	+	+	+
15.	<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale.	+	+	+	+	+	+	
16.	<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	+	+	+	+	+	+	+
17.	<i>H. tubulosa</i> (Schaer.) Hav.	+	+	+	+	+	+	+
18.	<i>Melanelixia fuliginosa</i> (Fr. ex Duby) O. Blanco et al.	+		+				
19.	<i>Melanohalea olivacea</i> (L.) O. Blanco et al.	+	+			+	+	+
20.	<i>M. subargentifera</i> (Nyl.) O. Blanco et al.	+			+	+		
21.	<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	+	+	+	+	+	+	+
22.	<i>Parmeliopsis ambigua</i> (Wulf.) Nyl.	+	+	+	+	+	+	+

23.	<i>P. hyperopta</i> (Ach.) Arnold			+	+			
24.	<i>Platismatia glauca</i> (L.) W. Culb. et C. Culb.						+	+
25.	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf		+			+		
26.	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i> (Willd. in numb.) Hale						+	+
27.	<i>Usnea hirta</i> (L.) Weber ex F.U. Wigg.					+		+
28.	<i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J.-E. Mattsson & M. J. Lai					+	+	+
Cem. Graphidaceae Dumort.								
29.	<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach.	+	+	+	+	+	+	+
Cem. Physciaceae Zahlbr.								
30.	<i>Anaptychia ciliaris</i> Koerb.							+
31.	<i>Phaeophyscia ciliata</i> (Hoffm.) Moberg	+	+	+	+	+		
32.	<i>Ph. orbicularis</i> (Neck.) Moberg	+	+	+	+	+	+	+
33.	<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Oliver	+		+				
34.	<i>Ph. aipolia</i> (Ehrh.ex Humb.) Fürrn.		+		+	+		
35.	<i>Ph. caesia</i> (Hoffm.) Fürrn.	+		+				+
36.	<i>Physcia dubia</i> (Hoffm.) Lettau						+	
37.	<i>Ph. stellaris</i> (Ach.) Nyl.	+	+	+	+	+	+	+
38.	<i>Ph. tenella</i> Bitter.	+	+	+	+	+	+	+
39.	<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt	+	+			+	+	+
40.	<i>Ph. distorta</i> (With.) J.R.Laundon	+	+	+	+	+	+	+
Cem. Ramalinaceae								
41.	<i>Ramalina fraxinea</i> (L.) Ach.					+		
Cem. Roccellaceae Chevall.								
42.	<i>Arthonia atra</i> (Pers.)A.Schneid.	+	+	+	+	+	+	+
43.	<i>Opegrapha rufescens</i> Pers.	+	+	+	+	+	+	+
Cem. Teloschistaceae Zahlbr.								
44.	<i>Caloplaca cerina</i> (Ehrh. ex Hedwig) Th. Fr.	+	+	+	+	+	+	+
45.	<i>Caloplaca decipiens</i> (Arn.) Blomb&Forssell	+	+	+	+	+	+	+
46.	<i>C. holocarpa</i> (Hoffm. ex Ach.) Wade	+	+	+	+	+	+	+
47.	<i>Rusavskia elegans</i> (Link) S.Y.Kondr.	+	+	+	+	+		
48.	<i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th.	+	+	+	+	+		

	Fr.							
49.	<i>X. parietina</i> (L.) Th. Fr.	+	+	+	+	+	+	+
50.	<i>X. polycarpa</i> (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber	+	+	+	+	+	+	+
Lichens imperfecti								
51.	<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	+	+	+	+	+	+	+

Примечание *: малые города Брянской области 1 – Жуковка, 2 – Трубчевск, 3 – Навля, 4 – Севск, 5 – Суземка, 6 – Новозыбков, 7 – Сельцо.

Таблица 2 – Биоразнообразие и экологическая характеристика лишенофлоры г. Орла и Брянска

Виды	Встречаемость*		КП**	рН/Н***
	в г.Брянске	в г. Орле		
<i>Arthonia atra</i> (Pers.)A.Schneid.	3	4	9	5/3
<i>Biatora helvola</i> Körb. ex Hellb.	3	3	7	5/1
<i>Caloplaca cerina</i> (Ehrh. ex Hedwig) Th. Fr.	3	3	8	7/5
C. decipiens (Arn.) Blomb&Forssell	3	3	8	9/8
<i>C. holocarpa</i> (Hoffm. ex Ach.) Wade	2	2	6	8/5
<i>Candelariella efflorescens</i> R.C. Harris &W.R. Buck	2	3	7	6/5
<i>C. vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg.	3	3	9	5/5
<i>C. xanthostigma</i> (Ach.) Lettau	3	3	9	5/4
<i>Cladonia cenotea</i> (Ach.) Schaer.	5	5	3	2/1
<i>C. coniocraea</i> (Flörke) Spreng.	5		5	4/2
<i>C. fimbriata</i> (L.) Fr.	5		5	4/1
<i>Evernia mesomorpha</i> Nyl.	5		3	
<i>E. prunastri</i> (L.) Ach.	3	3	4	3/3
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale.	3	4	9	4/3
<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach.	5	5	6	5/3
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	5	5	3	3/2
<i>H. tubulosa</i> (Schaer.) Hav.	4	4	7	3/3
<i>Lecanora allophana</i> Nyl.	5	5	3	6/4
<i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vain.	3	3	6	5/3
L. hagenii (Ach.) Ach.	2	2	9	8/6
<i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Sommerf.	3	3	6	8/6
<i>L. symmicta</i> (Ach.) Ach.	2	2	5	5/4
<i>Lecanora varia</i> (Hoffm.) Ach.	2	2	7	3/3
<i>Lecidea erythrophaea</i> Flörke ex Sommerf.	3	3	7	5/2
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy	3	3	7	6/4

<i>L. euphorea</i> (Flörke) Hertel	3	3	7	
<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	4	5	8	3/3
<i>Melanelixia fuliginosa</i> (Fr. ex Duby) O. Blanco et al.	4		6	4/3
<i>Melanohalea olivacea</i> (L.) O. Blanco et al.	4	5	6	2/3
<i>M. subargentifera</i> (Nyl.) O. Blanco et al.	5	5	6	7/6
<i>Opegrapha rufescens</i> Pers.	3	3	9	6/3
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	2	2	5	5/4
<i>Parmeliopsis ambigua</i> (Wulf.) Nyl.	1	1	8	2/2
<i>P. hyperopta</i> (Ach.) Arnold	5	5	6	2/2
<i>Pertusaria albescens</i> (Hudson) M. Choisy & Werner	4	4	7	6/4
<i>P.</i> (Weigel) Tuck.	4	4	4	5/3
<i>Phaeophyscia ciliata</i> (Hoffm.) Moberg	2	2	7	5/4
Ph. orbicularis (Neck.) Moberg	1	1	8	7/7
<i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot.	5		8	5/3
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Oliver	2	2	8	7/6
<i>Ph. aipolia</i> (Ehrh.ex Humb.) Fürnr.	1	1	5	7/5
Ph. caesia (Hoffm.) Fürnr.	1	1	8	8/8
Ph. stellaris (Ach.) Nyl.	1	1	5	6/5
Ph. tenella (Scop.) DC.	3	3	7	6/6
<i>Physconia enteroxantha</i> (Nyl.) Poelt	3	3	7	6/5
<i>Ph. distorta</i> (With.) J.R.Laundon	2	2	4	7/6
Ph. grisea (Lam.) Poelt	2	2	8	7/7
<i>Platismatia glauca</i> (L.) W.L. Culb&C.F.Culb.	5		4	2/2
<i>Pseudeveria furfuracea</i> (L.) Zopf	5	5	3	2/1
<i>Ramalina fraxinea</i> (L.) Ach.	4	4	5	5/3
Rusavskia elegans (Link) S.Y.Kondr.	2	2	10	8/7
<i>Scoliciosporum chlorococcum</i> (Graewe ex Stenh.) Vezda	3	3	9	3/5
<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i> (Willd. in numb.) Hale	5	5	3	2/1
<i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J.-E. Mattsson & M. J. Lai	4	4	4	2/1
<i>Usnea hirta</i> (L.) Weber ex F.U. Wigg.	5	5	4	3/2
<i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th. Fr.	1	1	6	3/7
X. parietina (L.) Th. Fr.	1	1	8	7/6
<i>X. polycarpa</i> (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber	1	2	8	6/6

Примечание. *Встречаемость: 1 – более чем в 75 % учетных квадратов (широко распространенные, фоновые), 2 – встречаемость в 50 до 74 % учетных квадратов, 3 – встречаемость в 25-49 % учетных квадратов, 4 – встречаемость менее чем в 24 % учетных квадратов, 5 – встречаемость менее чем в 5 % учетных квадратов.

** КП – коэффициенты полеотолерантности.

***Шкала кислотности субстрата (pH): 1 – субстрат экстремально кислый и очень кислый, pH<4.0; 2 – очень кислый субстрат, pH 3,4-4,0, 3 – субстрат довольно кислый, pH 4.1-4.8; 4 – между 3-5, 5 – субстрат умеренно кислый, pH 4.9-5.6; 6 – между 5 и 7, 7 – субстрат полунейтральный, pH 5.7-6.5; 8 – нейтральный субстрат, pH 6,6-7,5, 9 – субстрат нейтральный или слабощелочной, pH>7,0 (Wirth, 1991).

Шкала отношения вида к богатству субстрата элементами питания (N) –1 – очень бедная минеральными элементами (Mg, Ca, K, Na, N) кора деревьев как у ели, лиственницы, березы; 2 – между 1 и 3, 3 – умеренно богатая минеральными элементами кора деревьев с очень малой эвтрофикацией; 4 – между 3 и 5, 5 – кора богата минеральными элементами или умеренно покрыта пылью; 6 – между 5 и 7, 7 – богатая минеральными элементами кора, часто покрыта густым слоем пыли) (Wirth, 1991).

Жирным шрифтом выделены нитрофильные виды лишайников.

Приложение 2

Лихеноиндикационные карты по индексам полеотолерантности для малых городов и поселков городского типа Брянской области

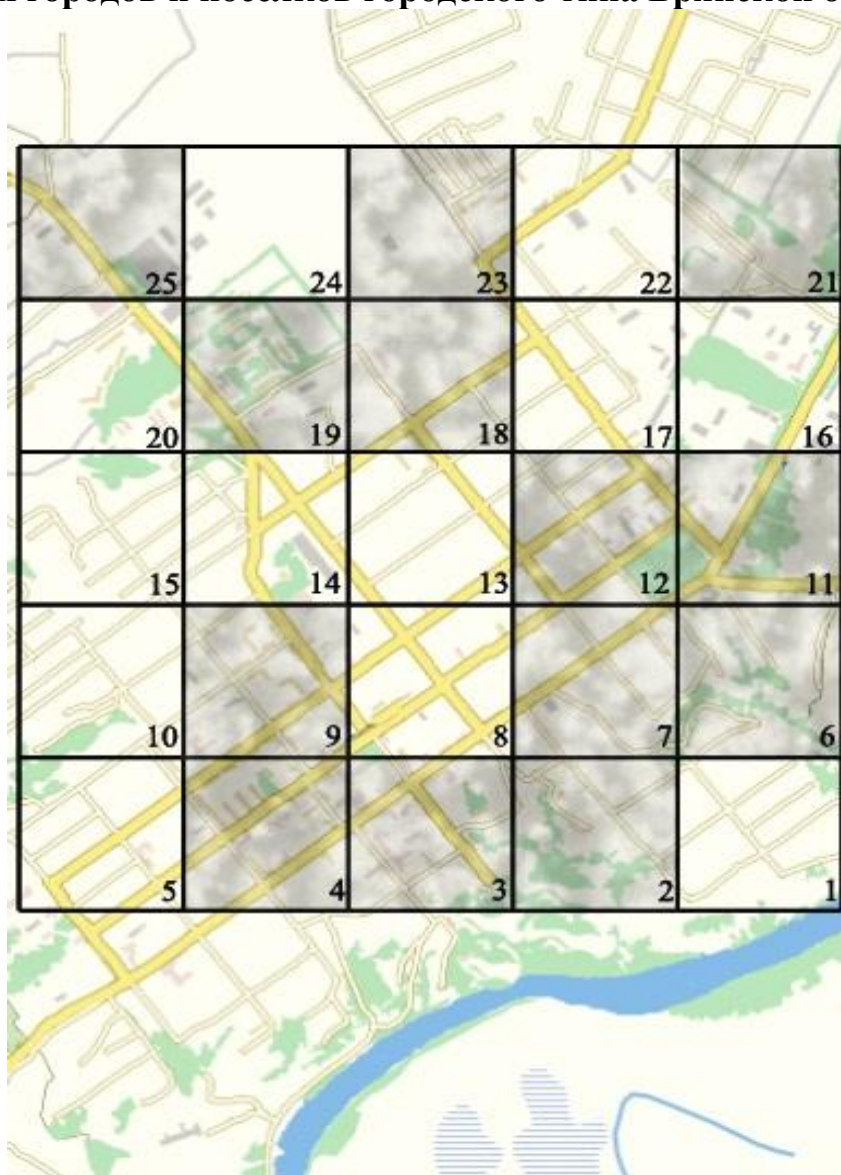


Рисунок 1 – Лихеноиндикационная карта г. Трубчевска по индексам полеотолерантности (ИП) 2012 г.

Масштаб 1:10000

- | | |
|--|---------------------------------|
| | Смешанная зона (ИП от 4,4 до 7) |
| | Зона борьбы (ИП от 7,1 до 9,8) |

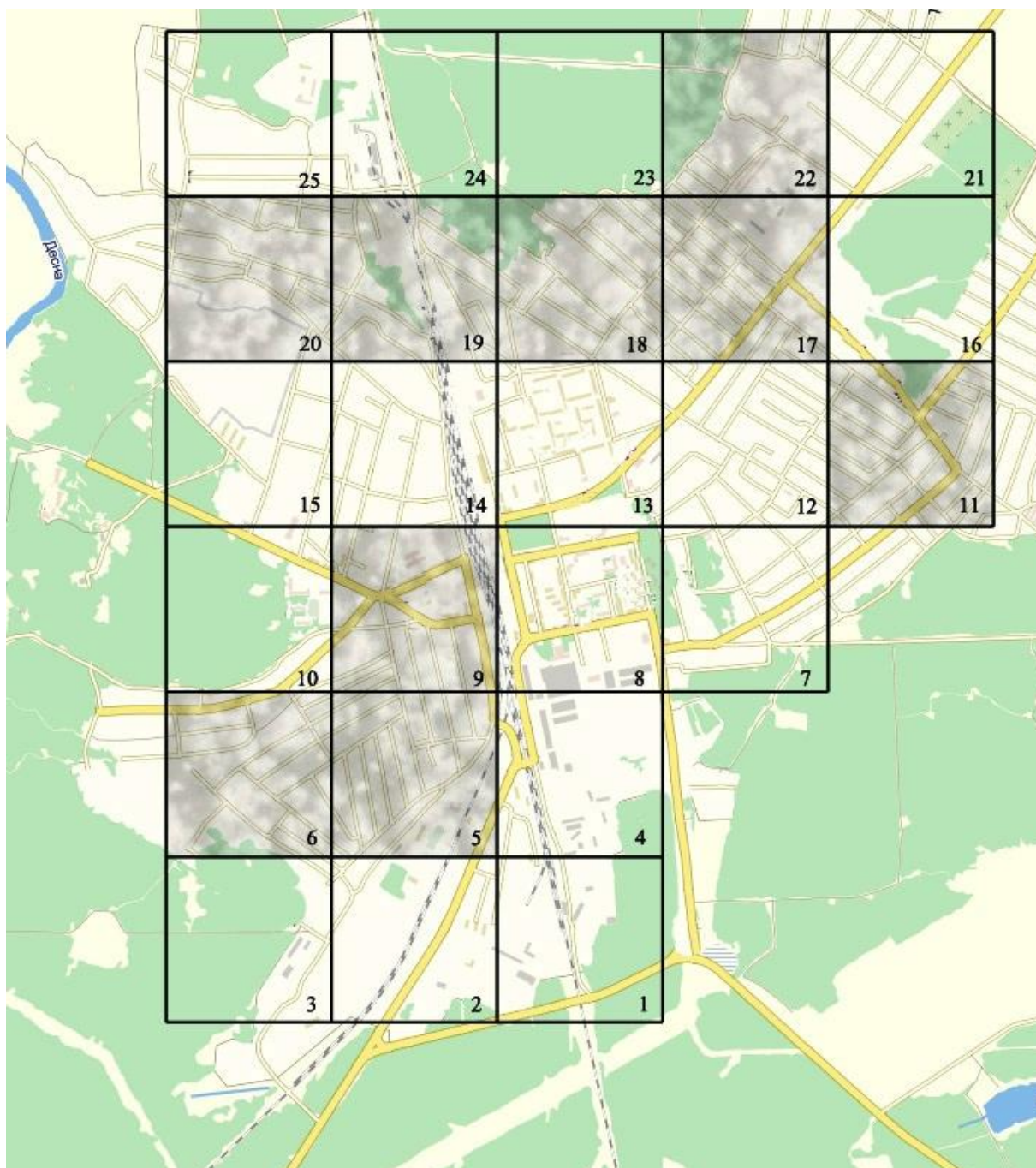


Рисунок 2 – Лихеноиндикационная карта г. Жуковки по индексам
полеотолерантности (ИП) 2012 г.

Масштаб 1:10000

- Смешанная зона (ИП от 4,4 до 7)
- Зона борьбы (ИП от 7,1 до 9,8)

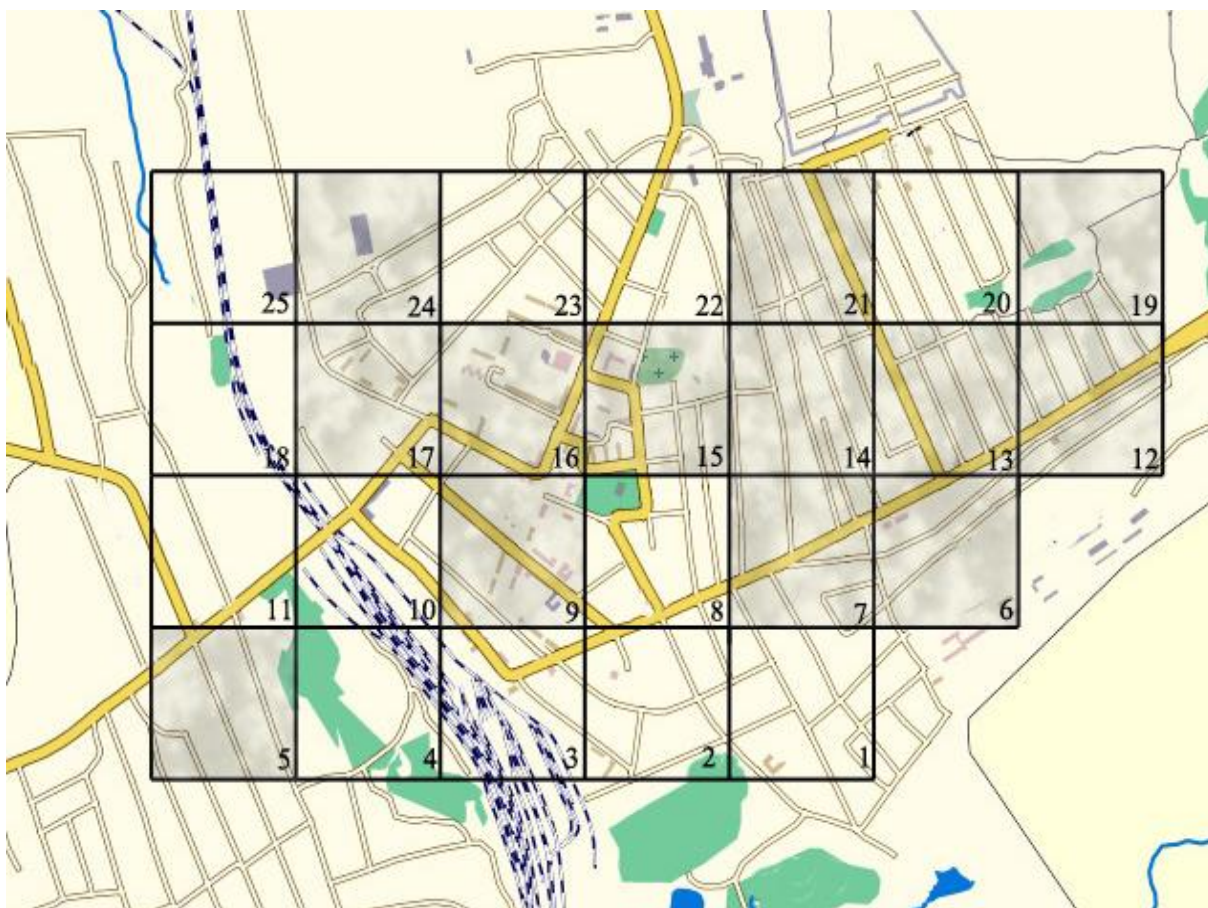
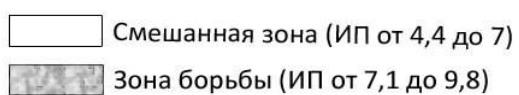


Рисунок 3 – Лихеноиндикационная карта пгт Навли по индексам
 полеотолерантности (ИП) 2012 г.
 Масштаб 1:10000



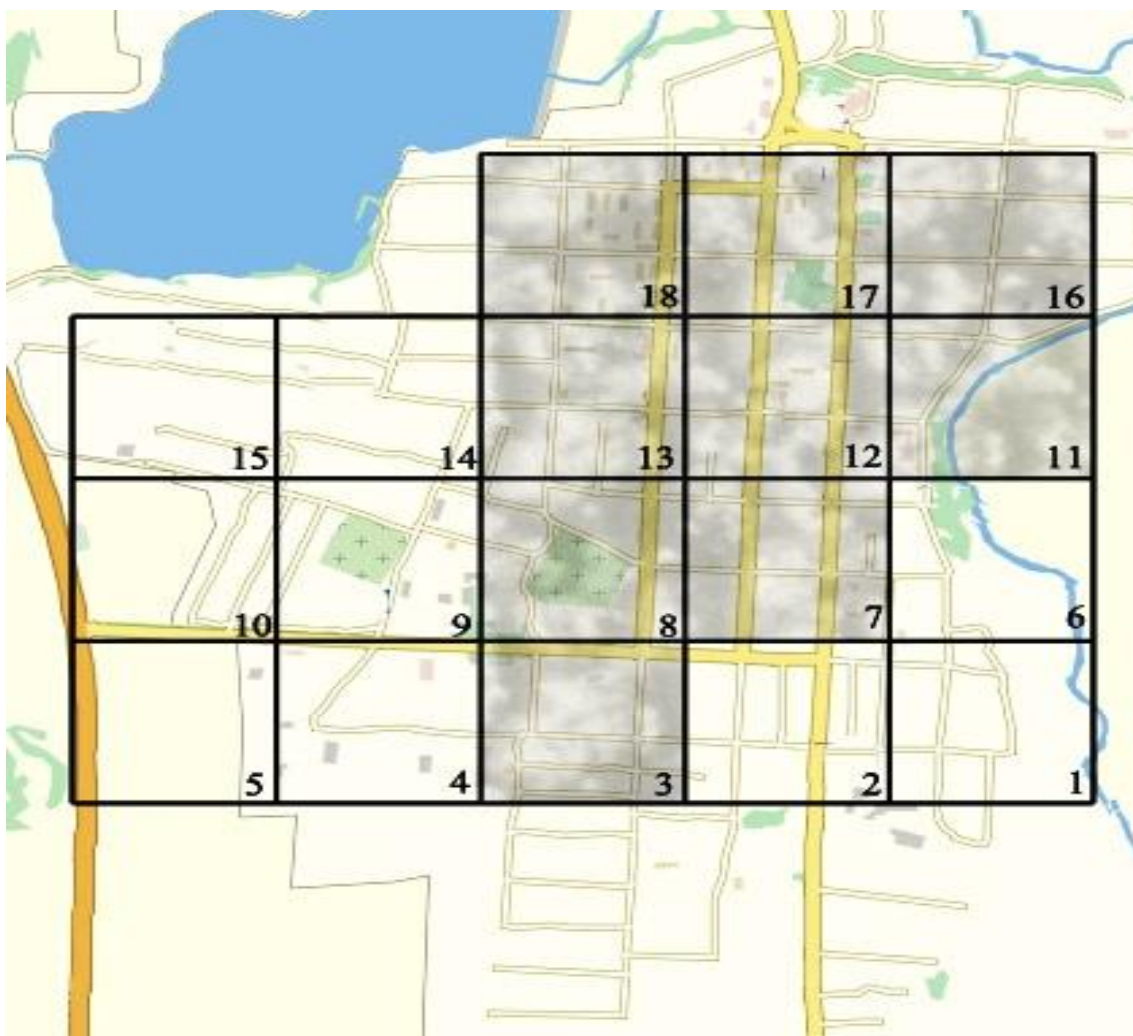


Рисунок 4 – Лихеноиндикационная карта г. Севска по индексам полеотолерантности (ИП) 2012 г.

Масштаб 1:10000

- Смешанная зона (ИП от 4,4 до 7)
- Зона борьбы (ИП от 7,1 до 9,8)

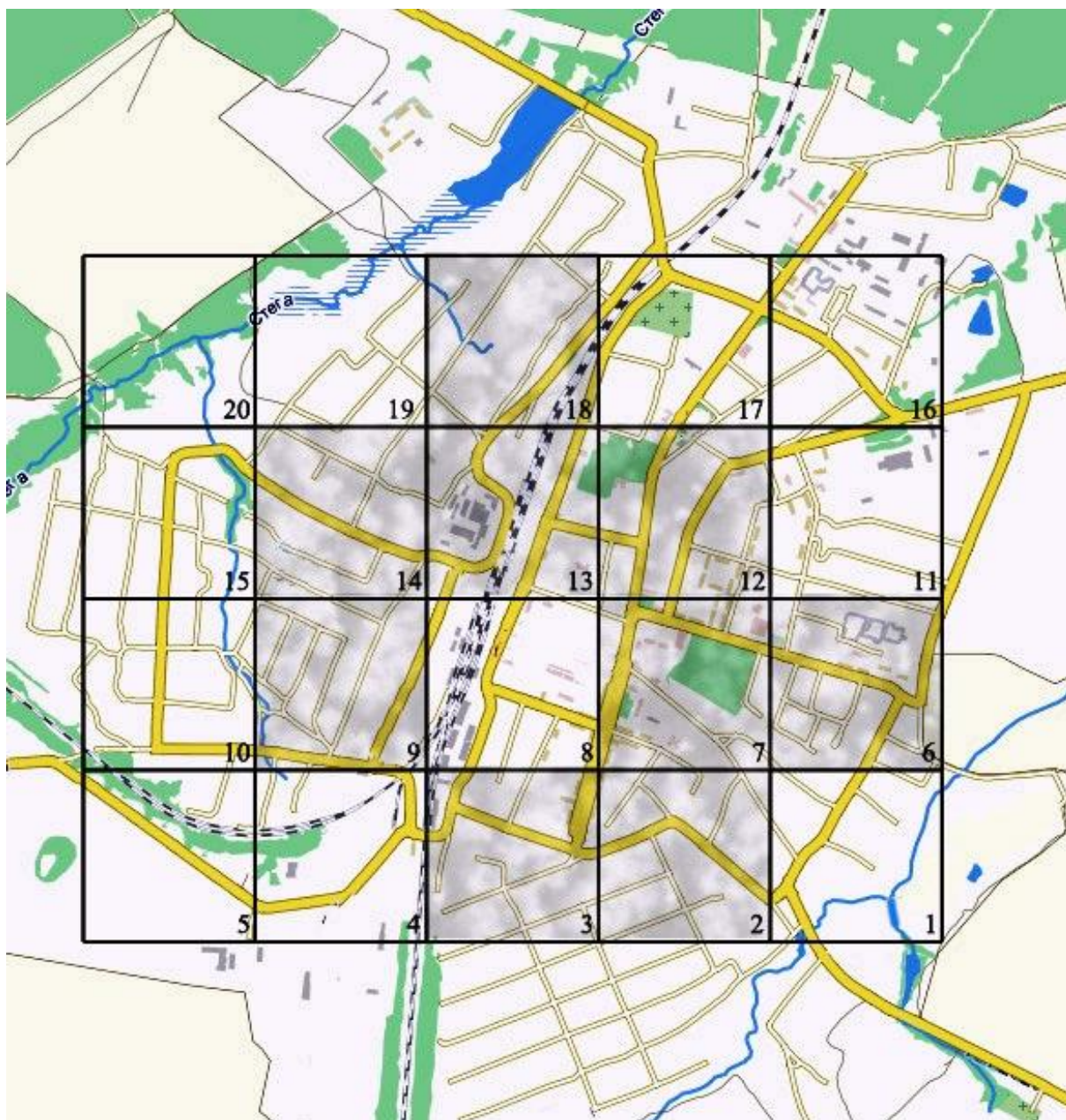


Рисунок 5 – Лихеноиндикационная карта пгт Суземка по индексам полеотолерантности (ИП) 2012 г.

Масштаб 1:10000

- Смешанная зона (ИП от 4,4 до 7)
- Зона борьбы (ИП от 7,1 до 9,8)

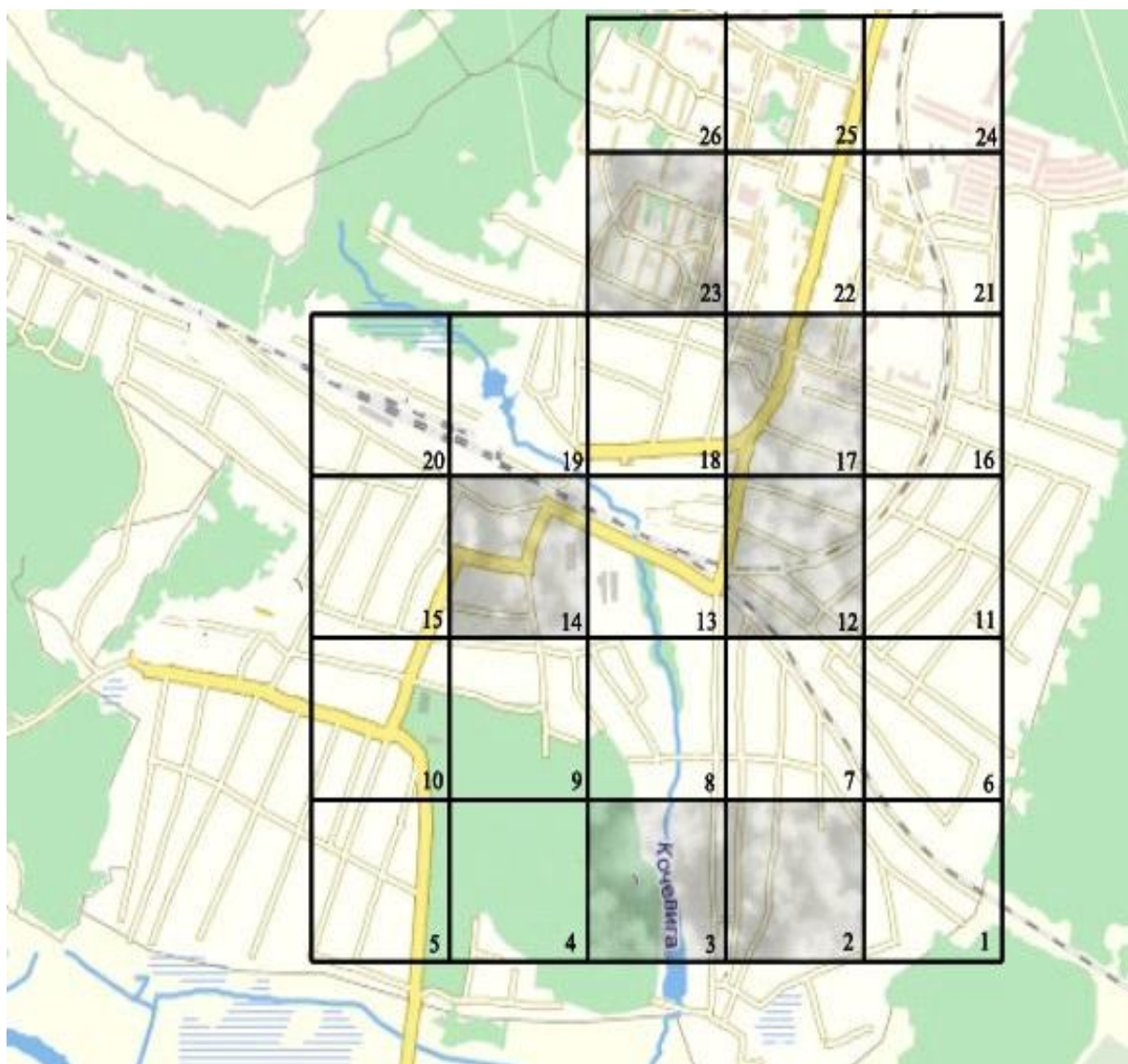


Рисунок 6 – Лихеноиндикационная карта г. Сельцо по индексам полеотолерантности (ИП) 2012 г.

Масштаб 1:10000

- Смешанная зона (ИП от 4,4 до 7)
- Зона борьбы (ИП от 7,1 до 9,8)

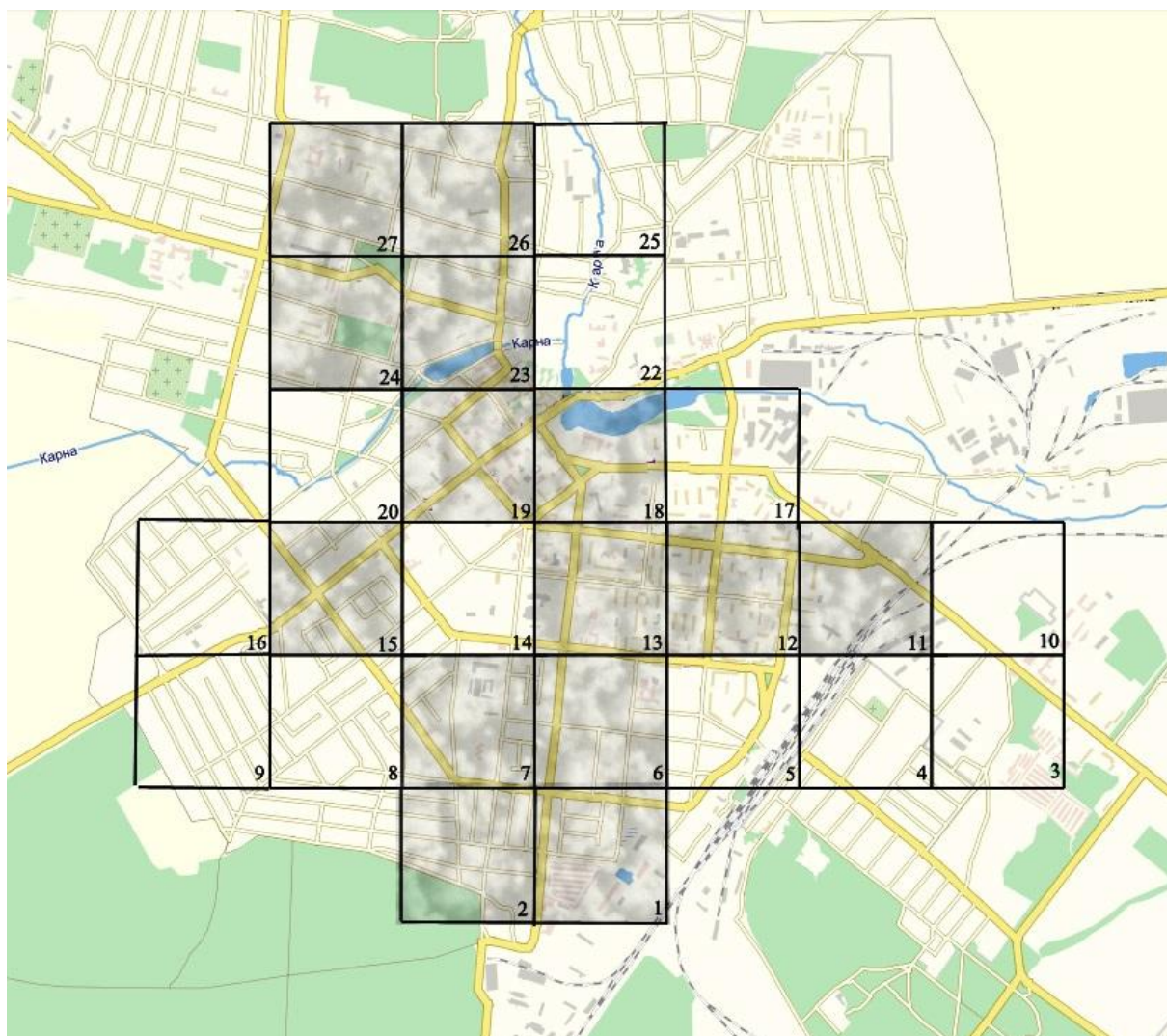


Рисунок 7 – Лихеноиндикационная карта г. Новозыбкова по индексам
полеотолерантности (ИП) 2012 г.
Масштаб 1:10000

- Смешанная зона (ИП от 4,4 до 7)
- Зона борьбы (ИП от 7,1 до 9,8)

Приложение 3

Лихеноиндикационные карты по индексам полеотолерантности для г. Брянска

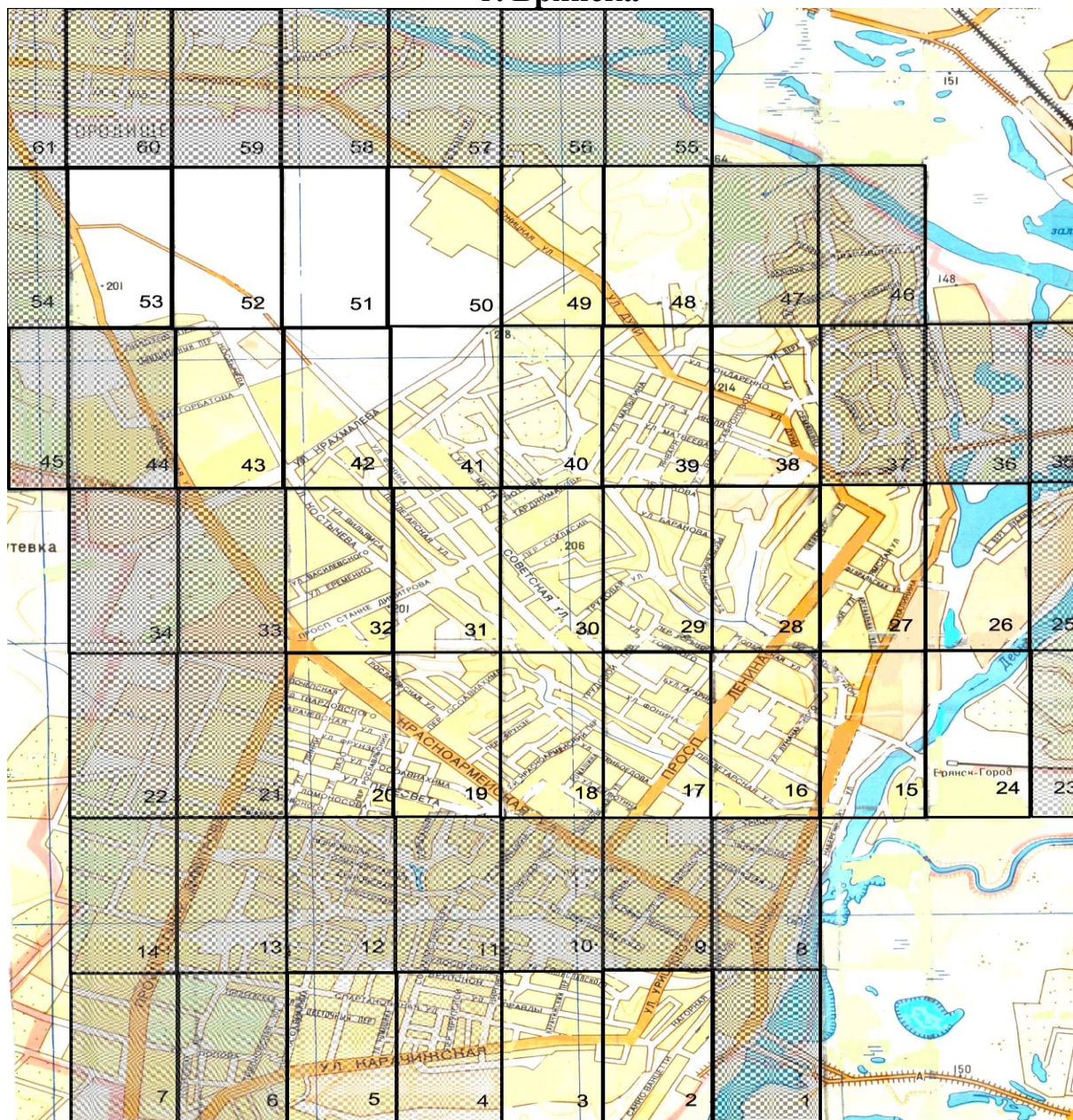


Рисунок 1 - Лихеноиндикационная карта Советского района г. Брянска по индексам полеотолерантности (ИП) 1994 года

Масштаб 1:25 000

Условные обозначения:



Смешанная зона (ИП от 4,4 до 7,0)



Зона борьбы (ИП от 7,1 до 9,8)

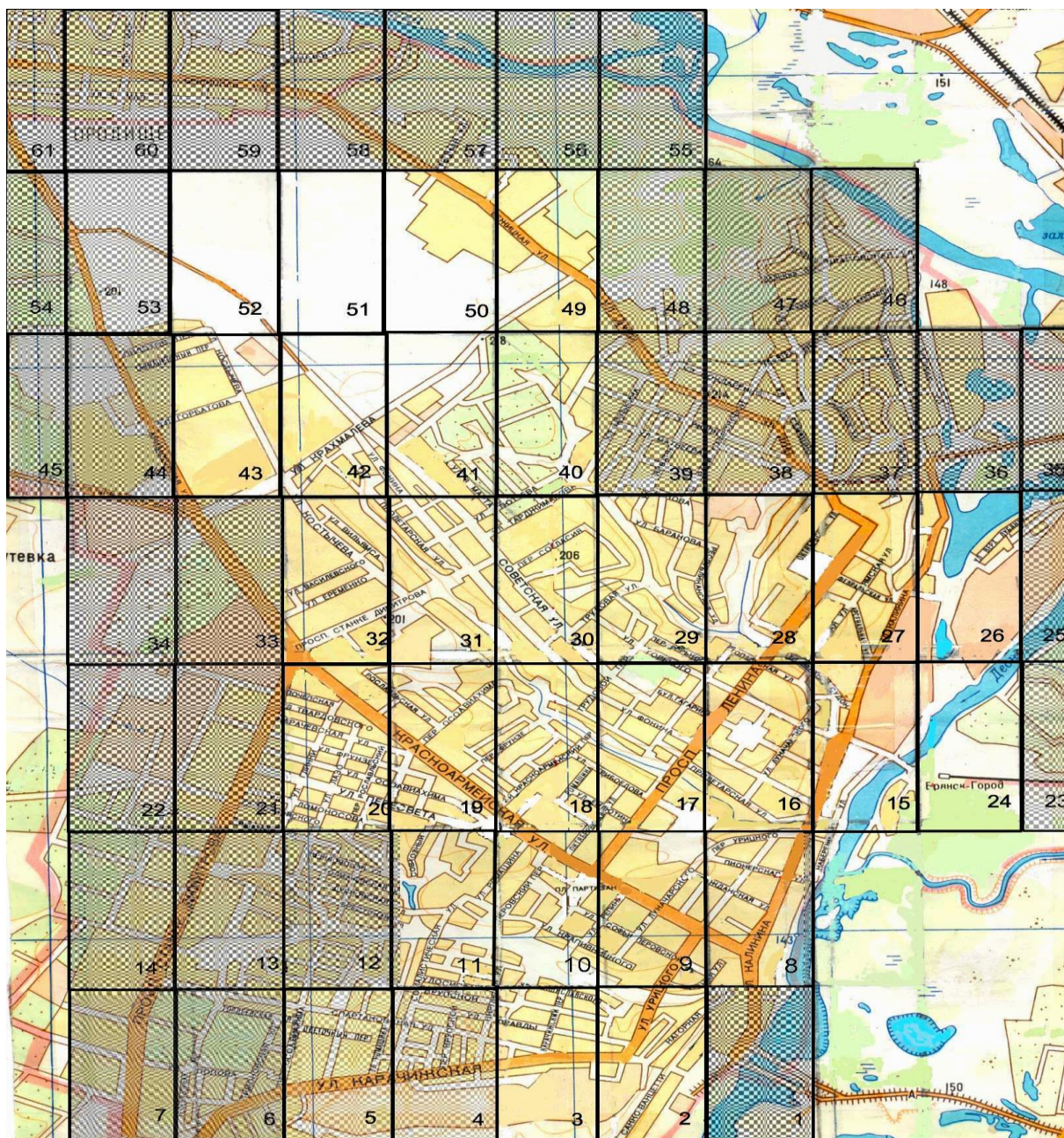


Рисунок 2 - Лихеноиндикационная карта Советского района г. Брянска по индексам полеотолерантности (ИП) 2000 года

Масштаб 1:25 000

Условные обозначения:



Смешанная зона (ИП от 4,4 до 7,0)



Зона борьбы (ИП от 7,1 до 9,8)

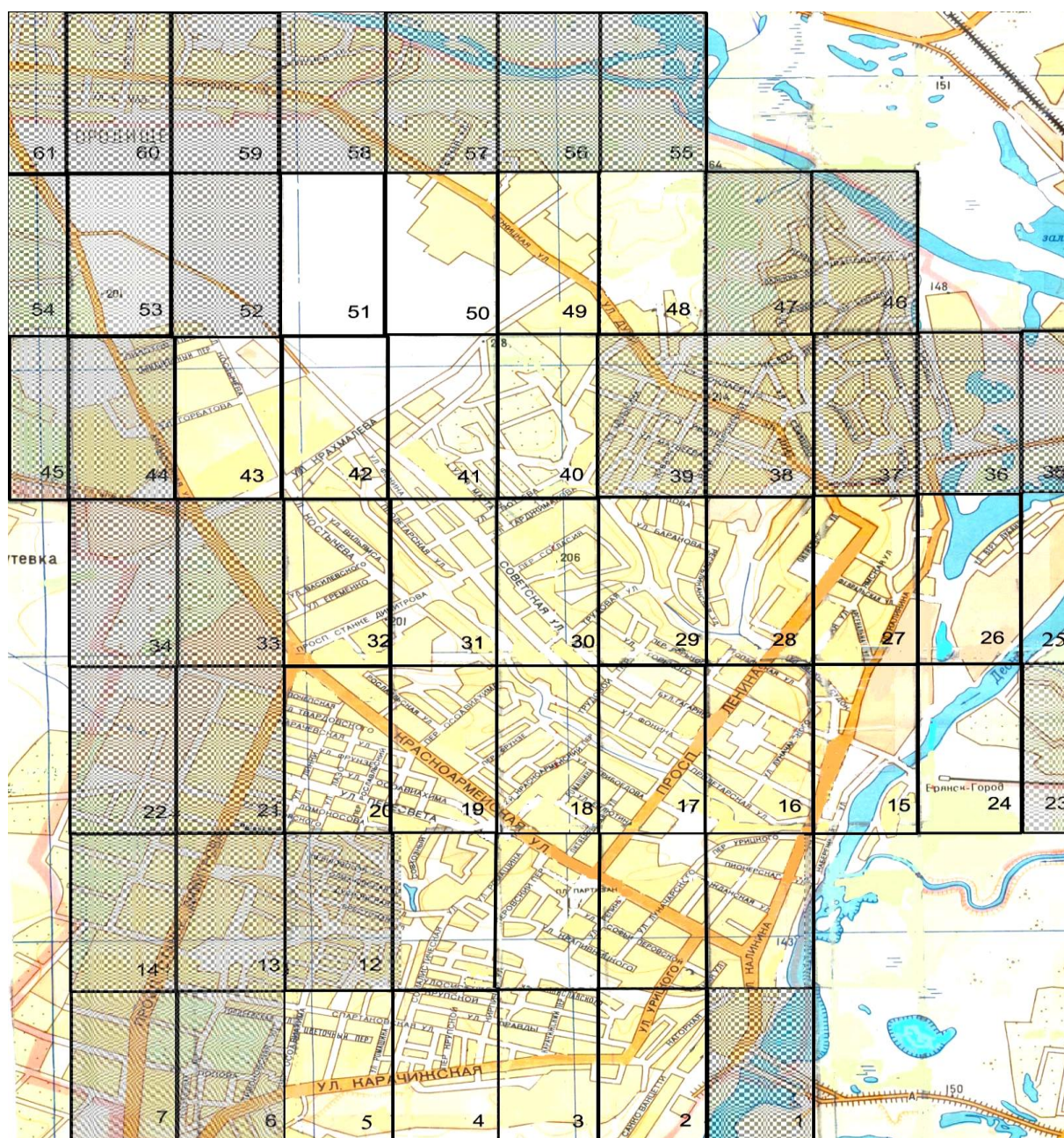


Рисунок 3 - Лихеноиндикационная карта Советского района г. Брянска по индексам полеотолерантности (ИП) 2010 года

Масштаб 1:25 000

Условные обозначения:



Смешанная зона (ИП от 4,4 до 7,0)



Зона борьбы (ИП от 7,1 до 9,8)

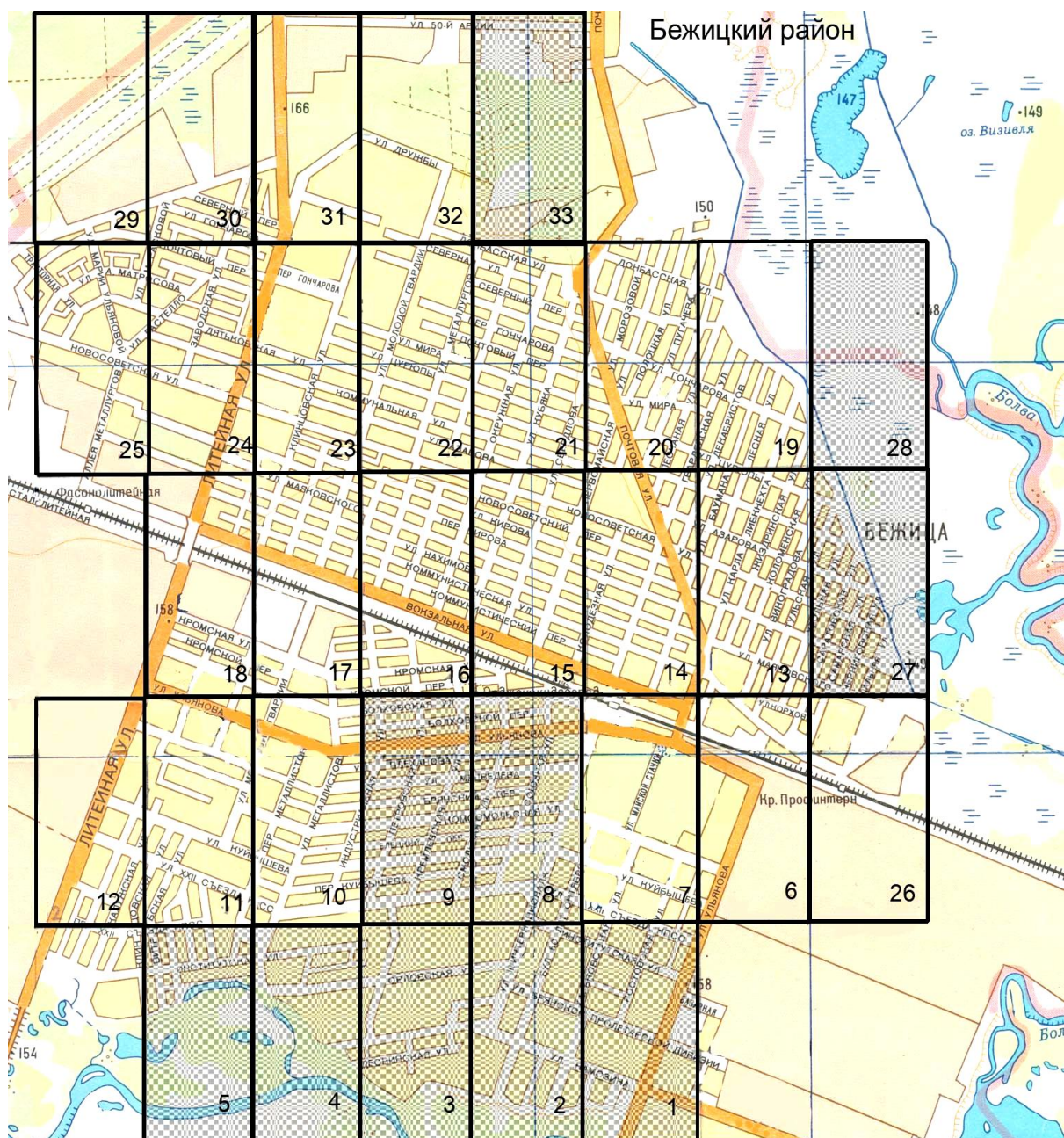


Рисунок 4 - Лихеноиндикационная карта Бежицкого района г. Брянска по индексам полеотолерантности (ИП) 1994 года

Масштаб 1:25 000

Условные обозначения:



Смешанная зона (ИП от 4,4 до 7,0)



Зона борьбы (ИП от 7,1 до 9,8)

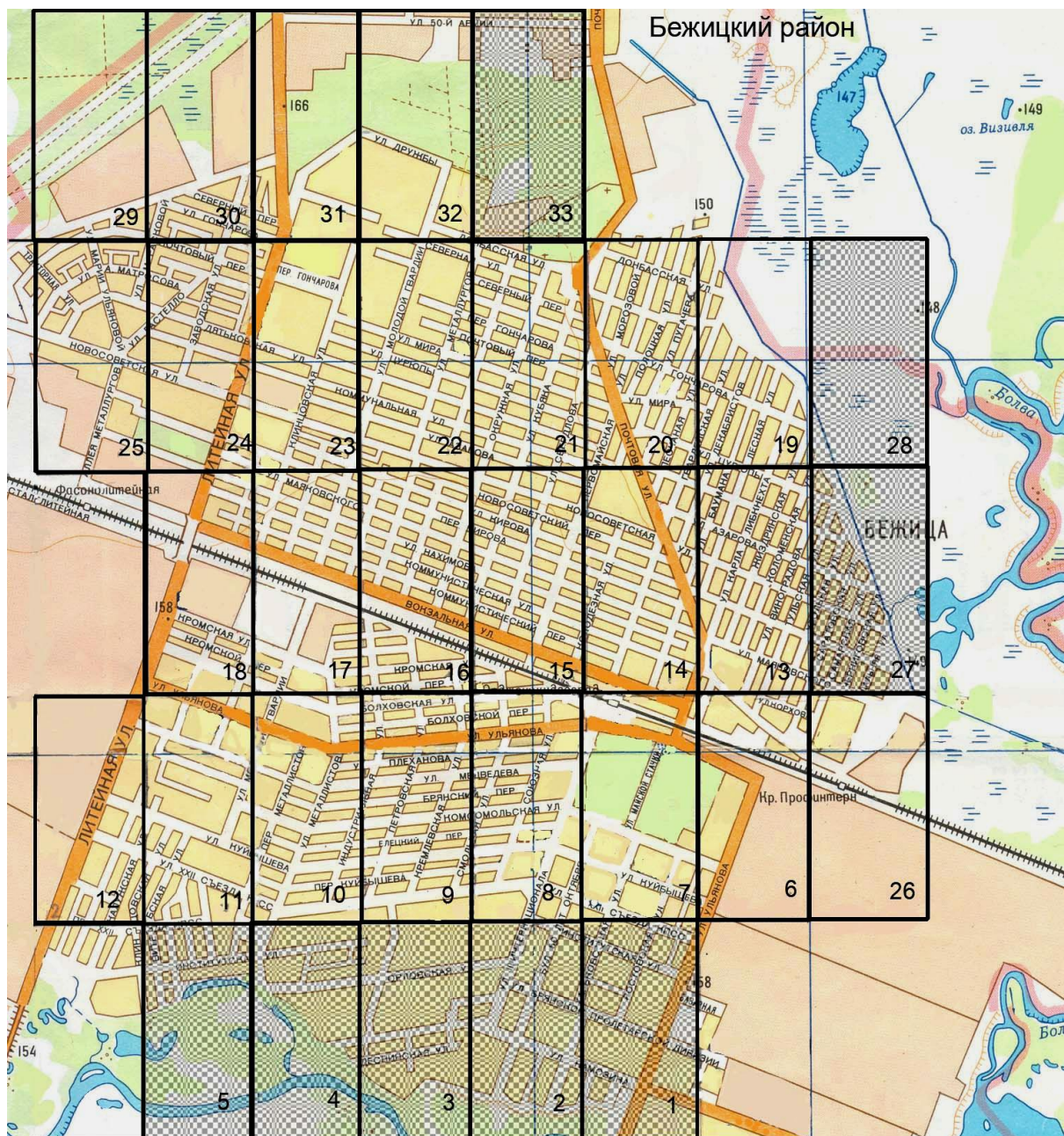


Рисунок 5 - Лихеноиндикационная карта Бежицкого района г. Брянска по индексам фитоотолерантности 2000 года

Масштаб 1:25 000

Условные обозначения:



Сешанная зона (ИП от 4,4 до 7,0)



Зона борьбы (ИП от 7,1 до 9,8)

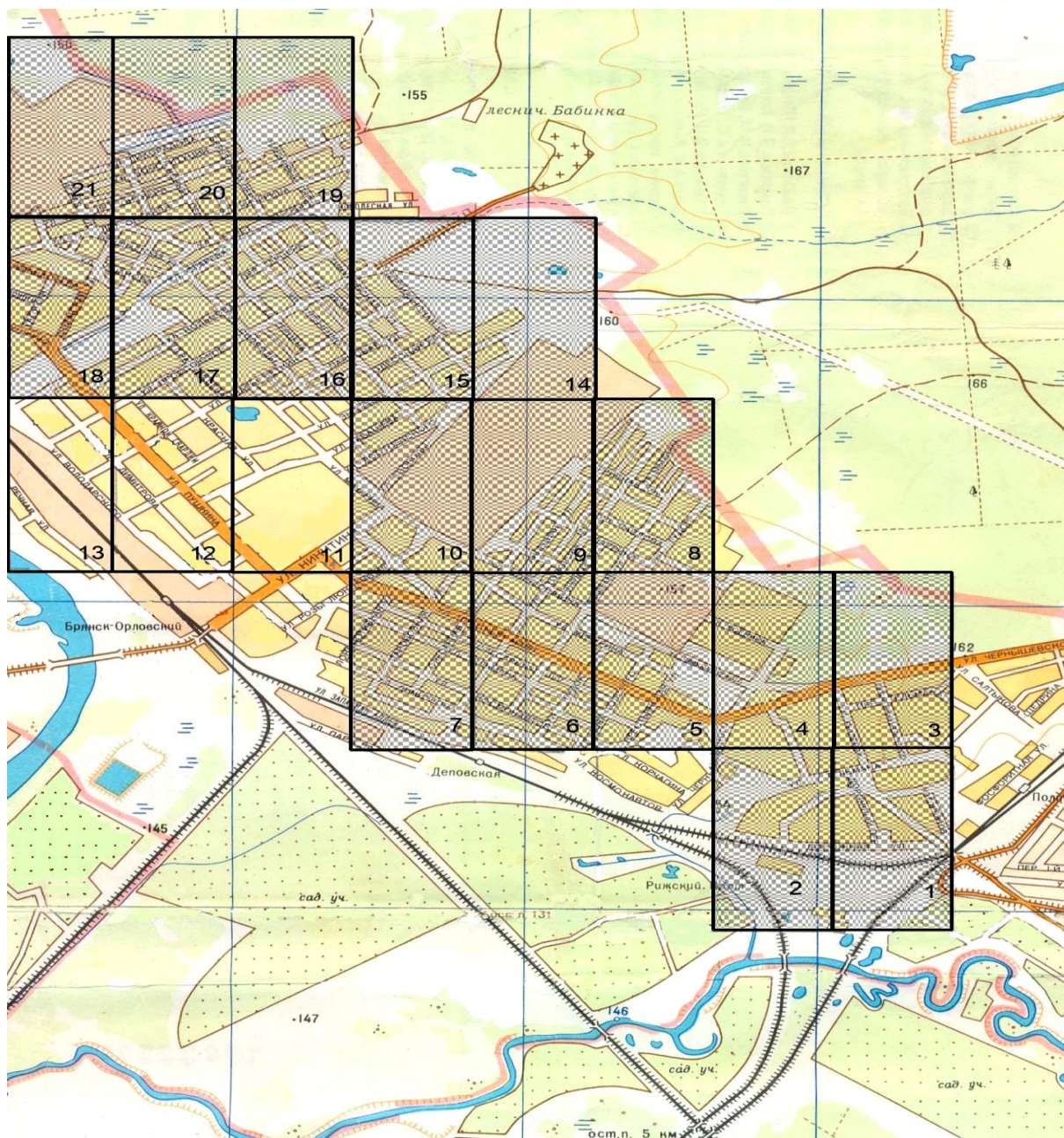


Рисунок 6 - Лихеноиндикационная карта Володарского района г. Брянска по индексам полеотолерантности (ИП) 1994 года

Масштаб 1:25 000

Условные обозначения:



Смешанная зона (ИП от 4,4 до 7,0)



Зона борьбы (ИП от 7,1 до 9,8)

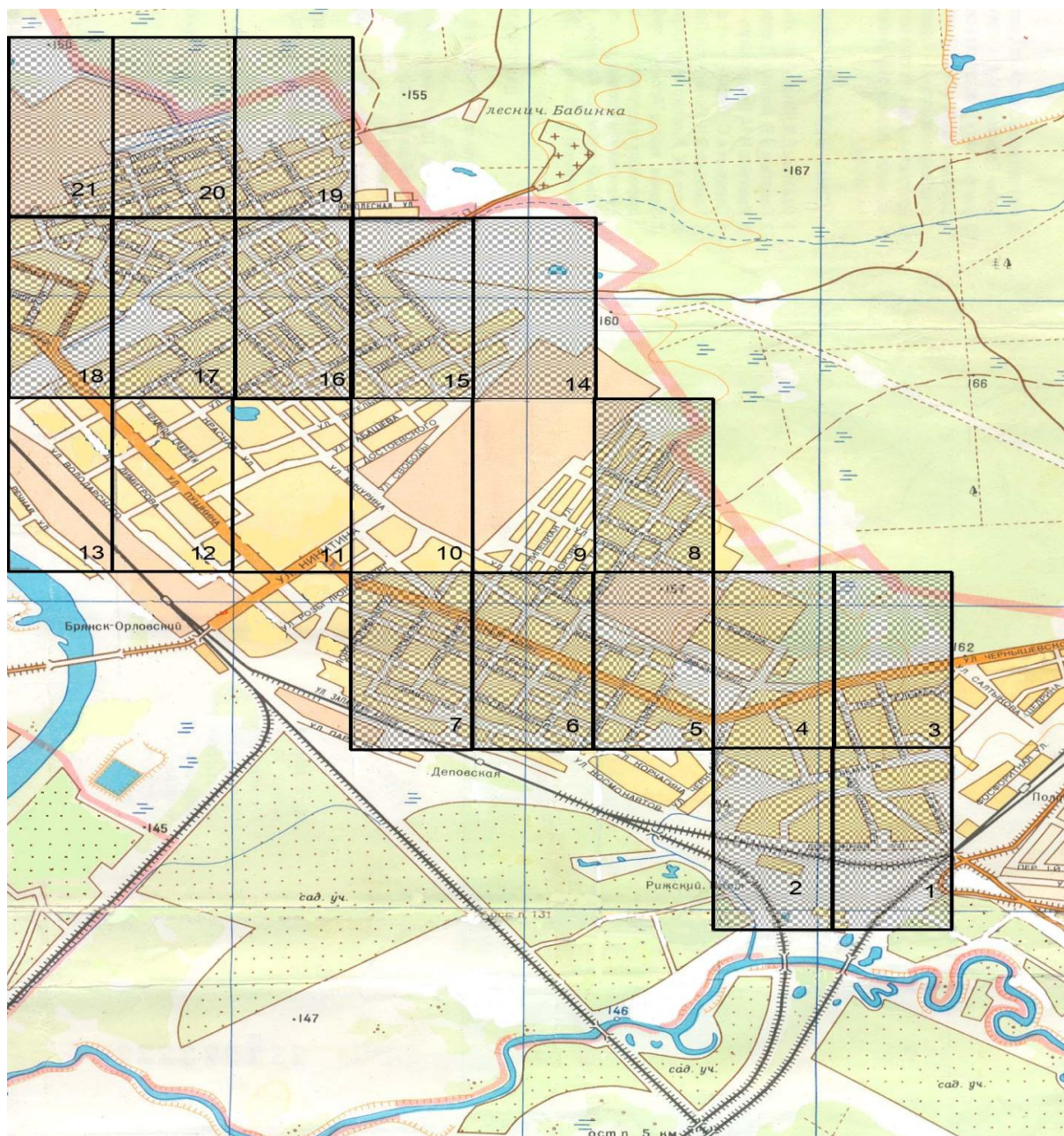


Рисунок 7 - Лихеноиндикационная карта Володарского района г. Брянска по индексам полеотолерантности (ИП) 2010 года

Масштаб 1:25 000

Условные обозначения:



Смешанная зона (ИП от 4,4 до 7,0)



Зона борьбы (ИП от 7,1 до 9,8)

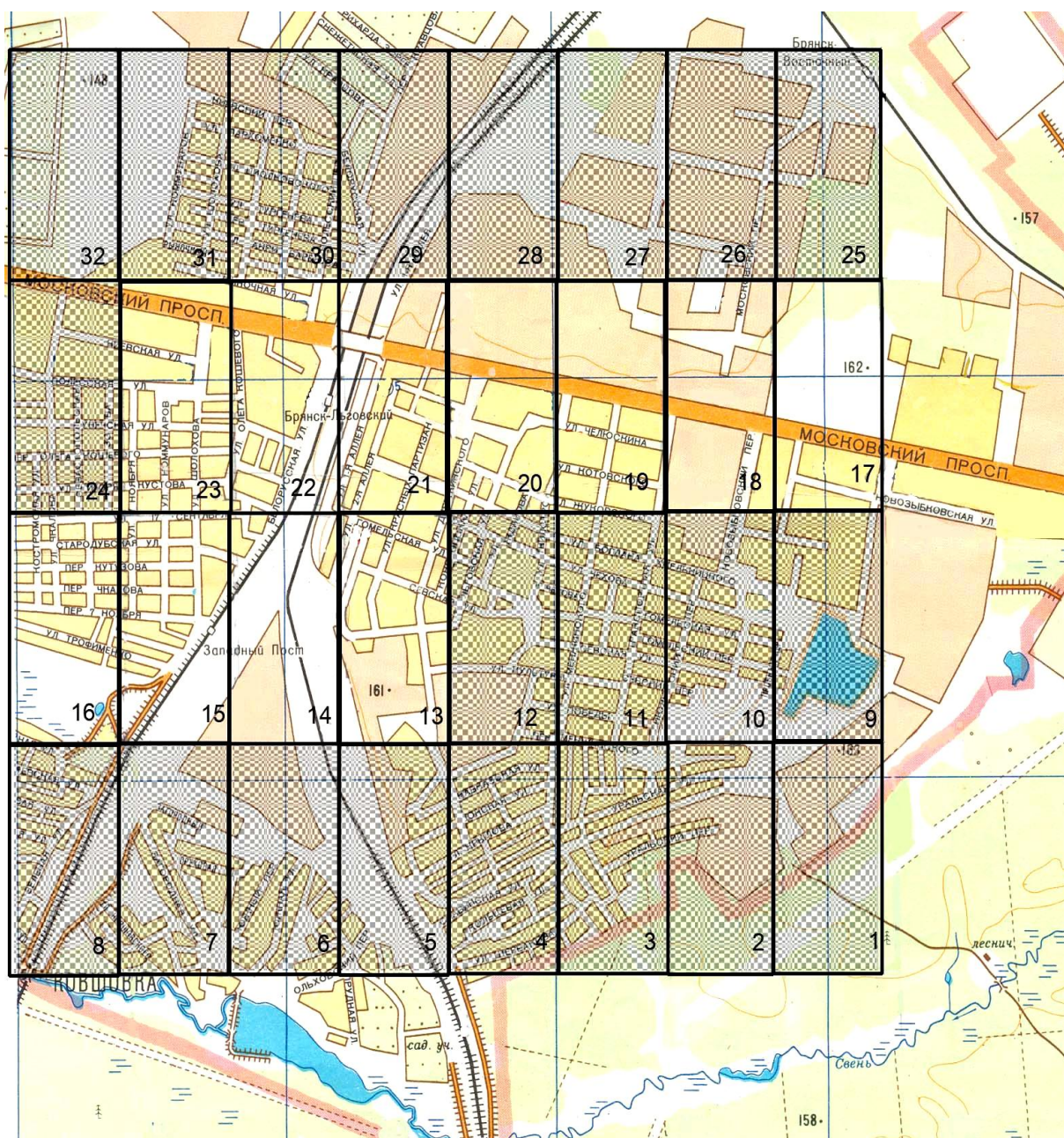


Рисунок 8 - Лихеноиндикационная карта Фокинского района г. Брянска по индексам полеотолерантности (ИП) 1994 года

Масштаб 1:25 000

Условные обозначения:



Смешанная зона (ИП от 4,4 до 7,0)



Зона борьбы (ИП от 7,1 до 9,8)

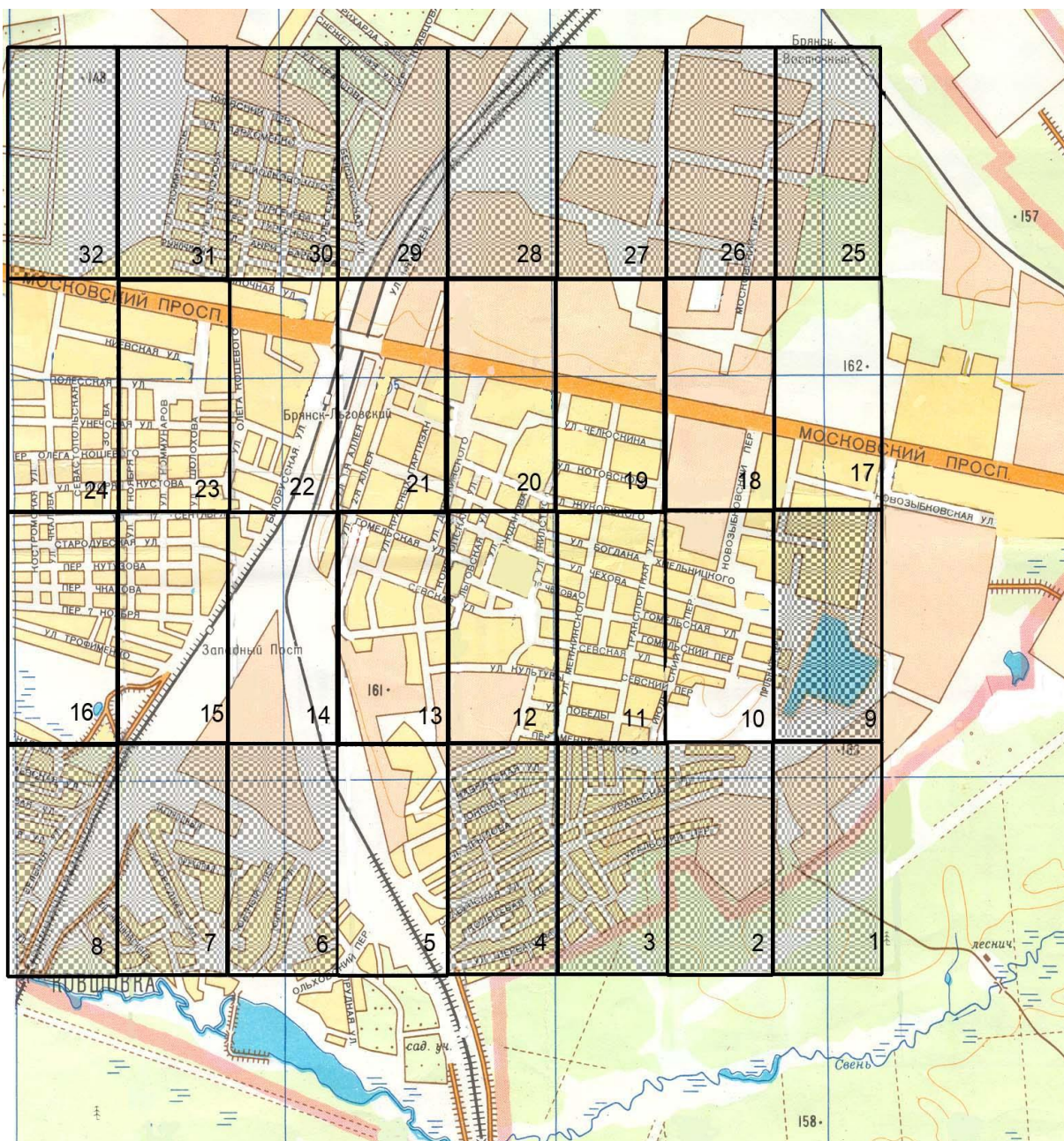


Рисунок 9 - Лихеноиндикационная карта Фокинского района г. Брянска по индексам полеотолерантности (ИП) 2010 года

Масштаб 1:25 000

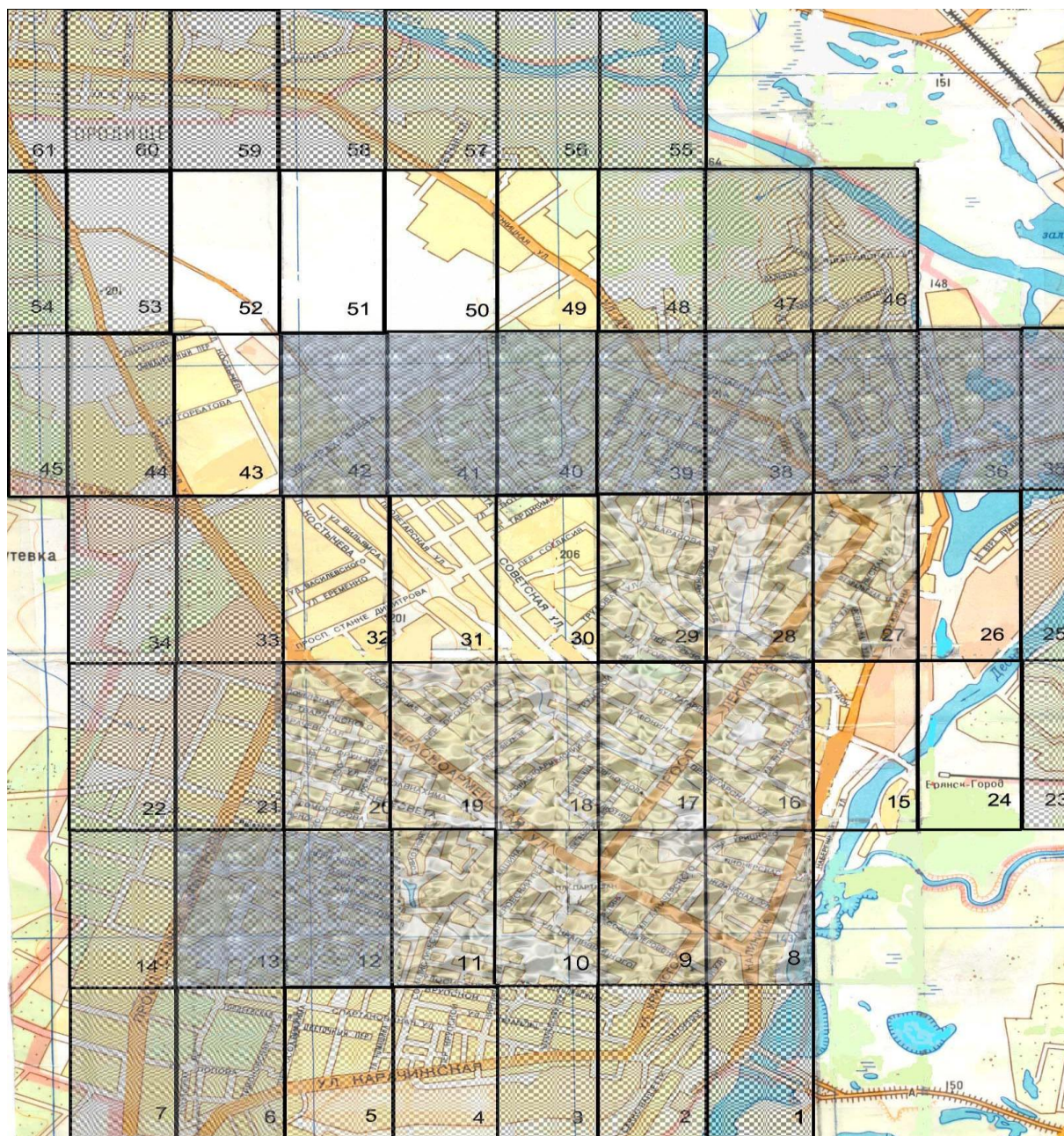
Условные обозначения:



Смешанная зона (ИП от 4,4 до 7,0)



Зона борьбы (ИП от 7,1 до 9,8)



6-10 ИЧА

16-20 ИЧА

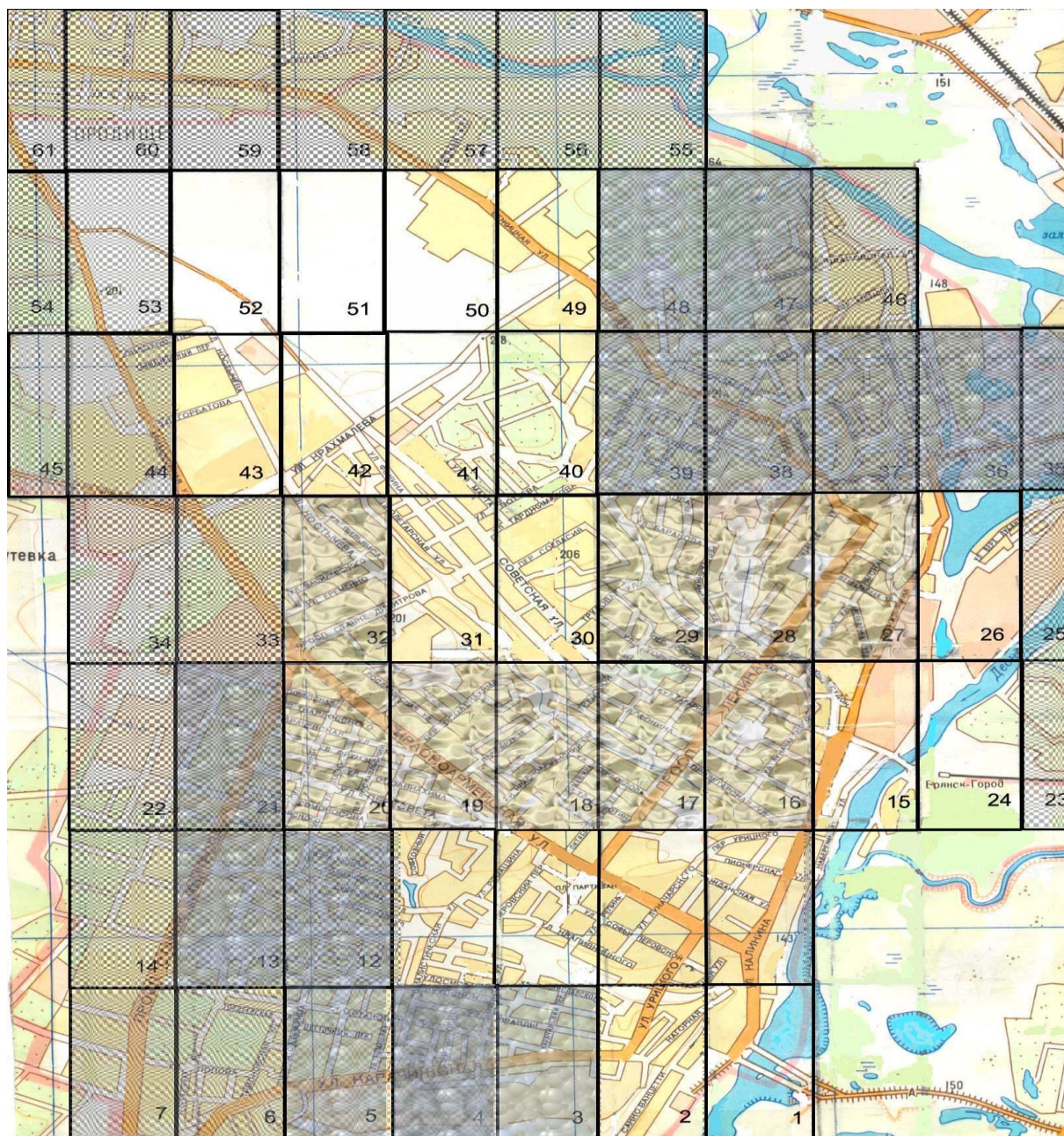


Рисунок 12 - Лихеноиндикационная карта Советского района г. Брянска по индексам чистоты атмосферы (ИЧА) 2010 года

Масштаб 1:25 000

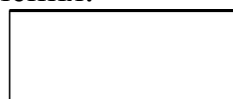
Условные обозначения:



6-10 ИЧА



16-20 ИЧА



11-15 ИЧА



≥21

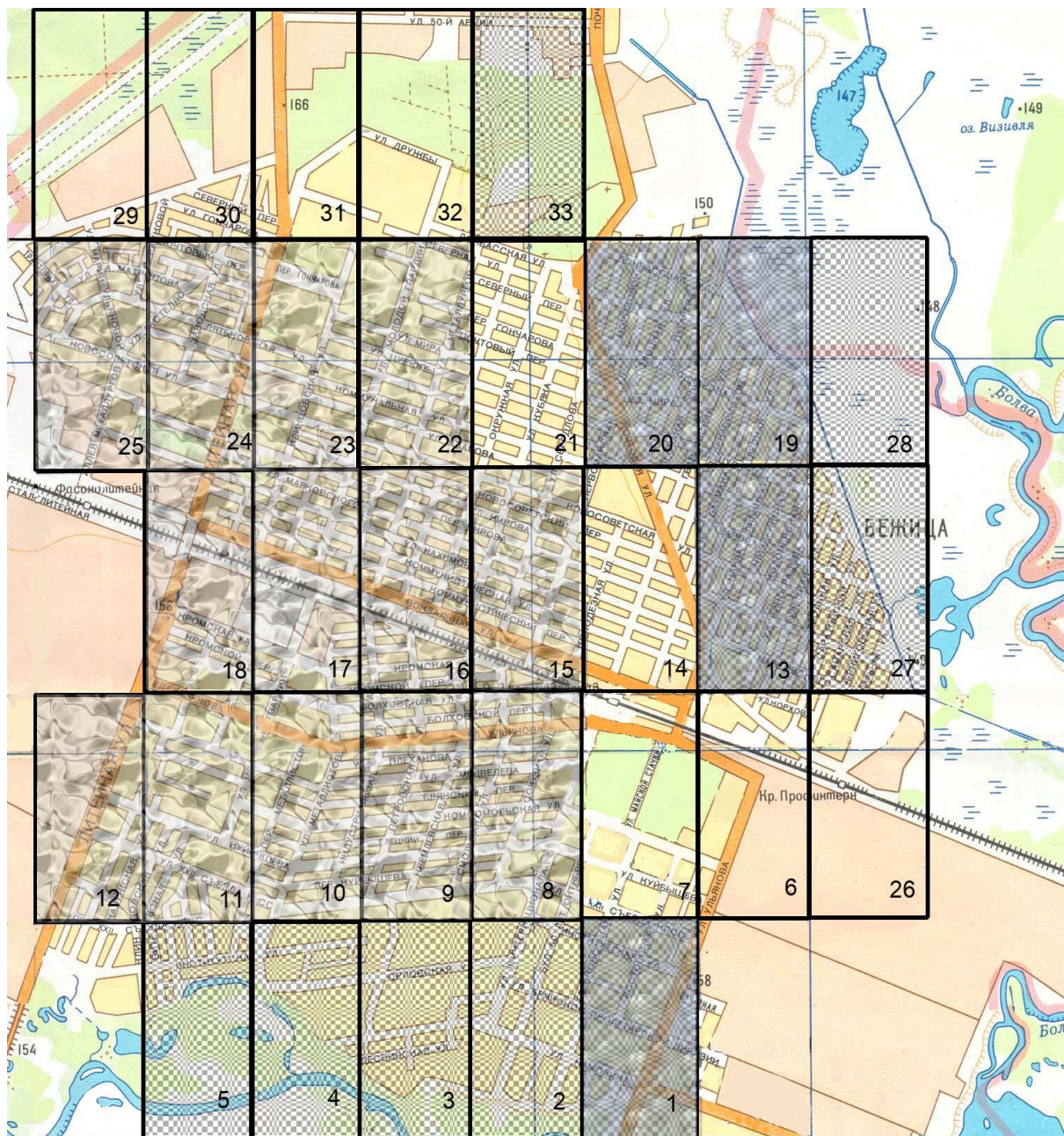


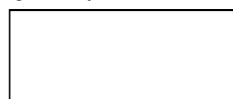
Рисунок 13 - Лихеноиндикационная карта Бежицкого района г. Брянска по индексам чистоты атмосферы (ИЧА) 1994 года

Масштаб 1:25 000

Условные обозначения:



6-10 ИЧА



11-15 ИЧА



16-20 ИЧА



≥21

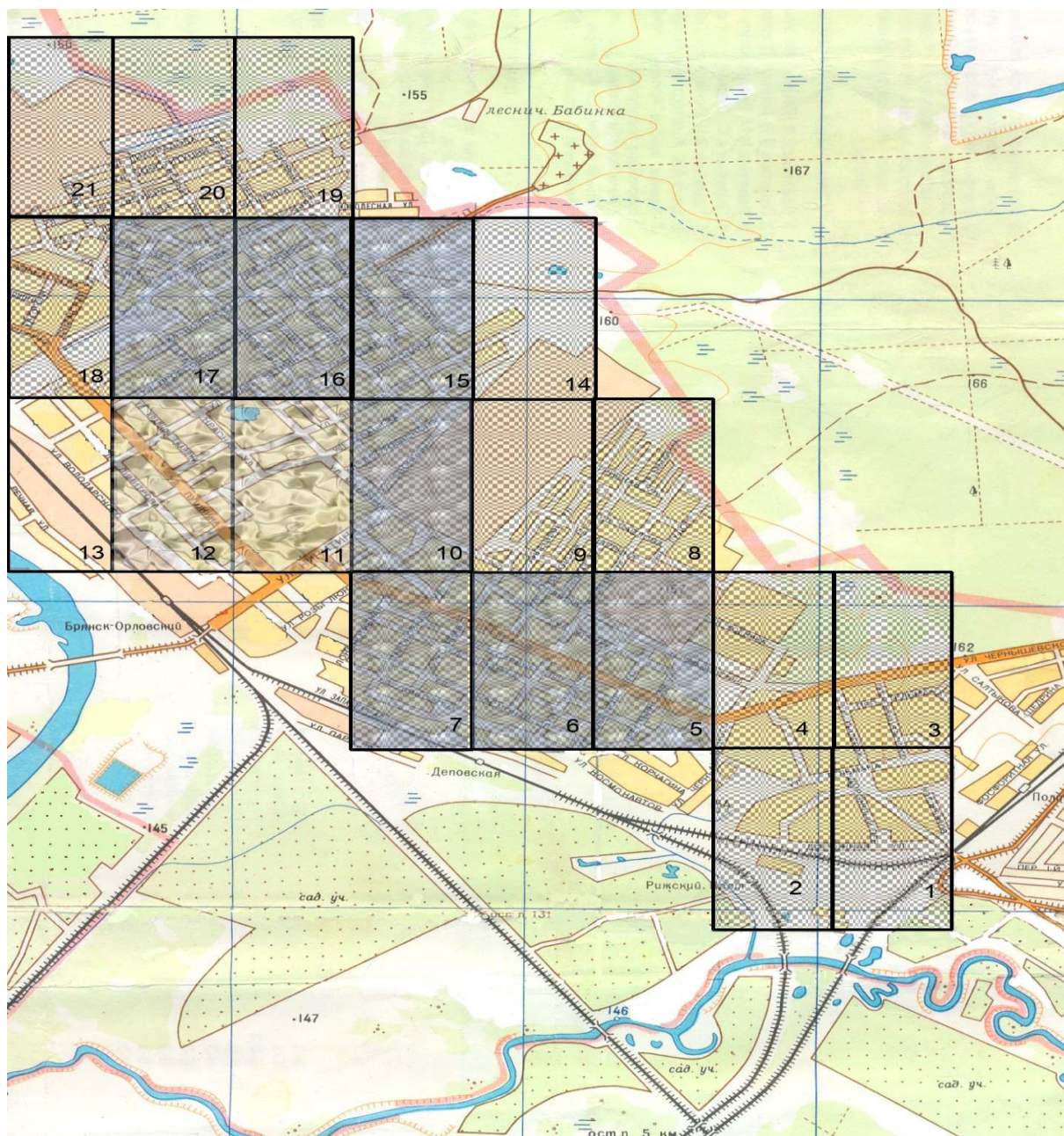


Рисунок 14 - Лихеноиндикационная карта Володарского района
г. Брянска по индексам чистоты атмосферы (ИЧА) 1994 года

Масштаб 1:25 000

Условные обозначения:



6-10 ИЧА



16-20 ИЧА



11-15 ИЧА



≥21

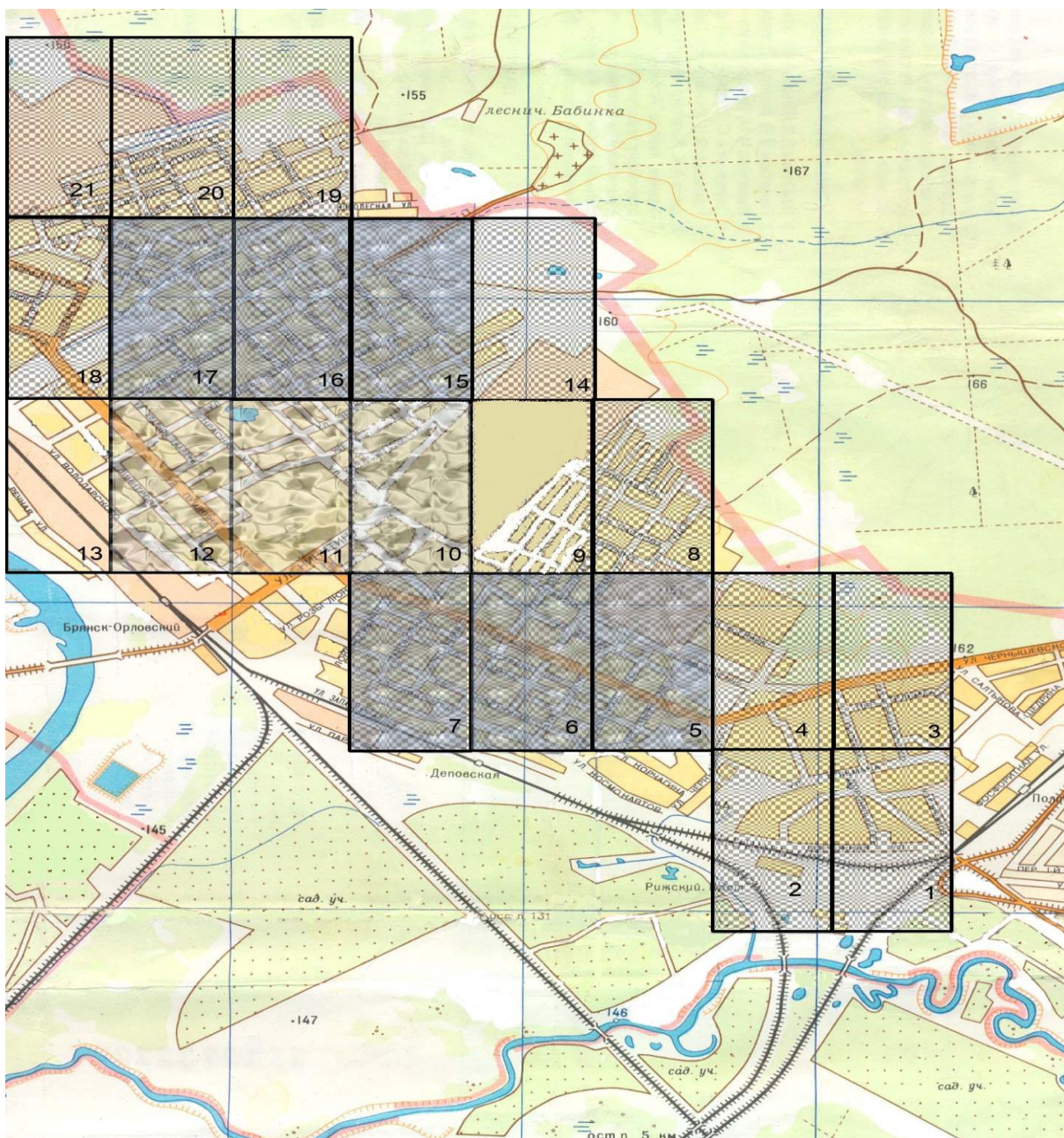


Рисунок 15 - Лихеноиндикационная карта Володарского района
г. Брянска по индексам чистоты атмосферы (ИЧА) 2010 года

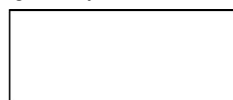
Условные обозначения:



6-10 ИЧА



16-20 ИЧА



11-15 ИЧА



≥21

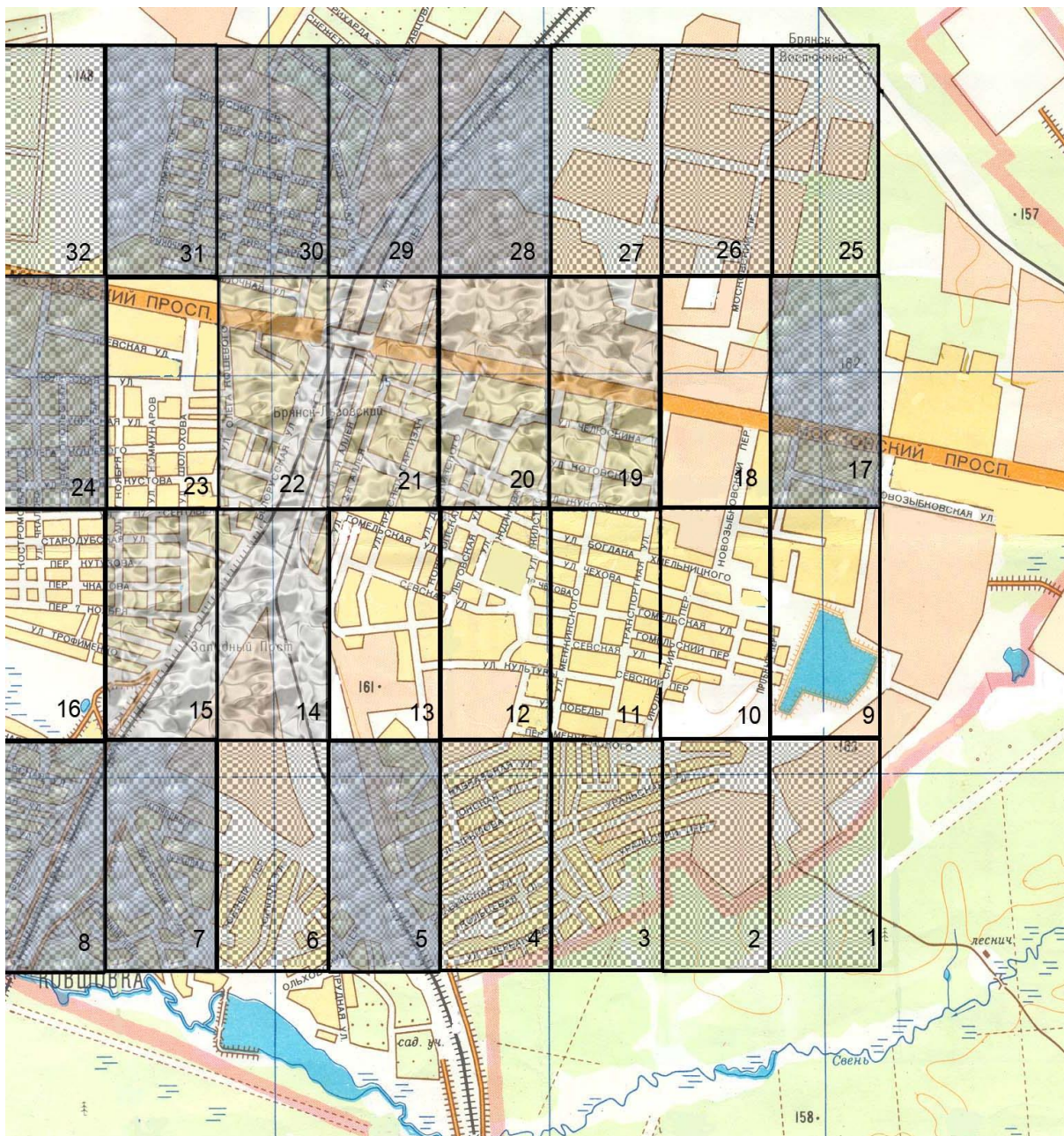
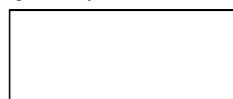


Рисунок 16 - Лихеноиндикационная карта Фокинского района
г. Брянска по индексам чистоты атмосферы (ИЧА) 1994 года
Масштаб 1:25 000

Условные обозначения:



6-10 ИЧА



11-15 ИЧА



16-20 ИЧА



≥21

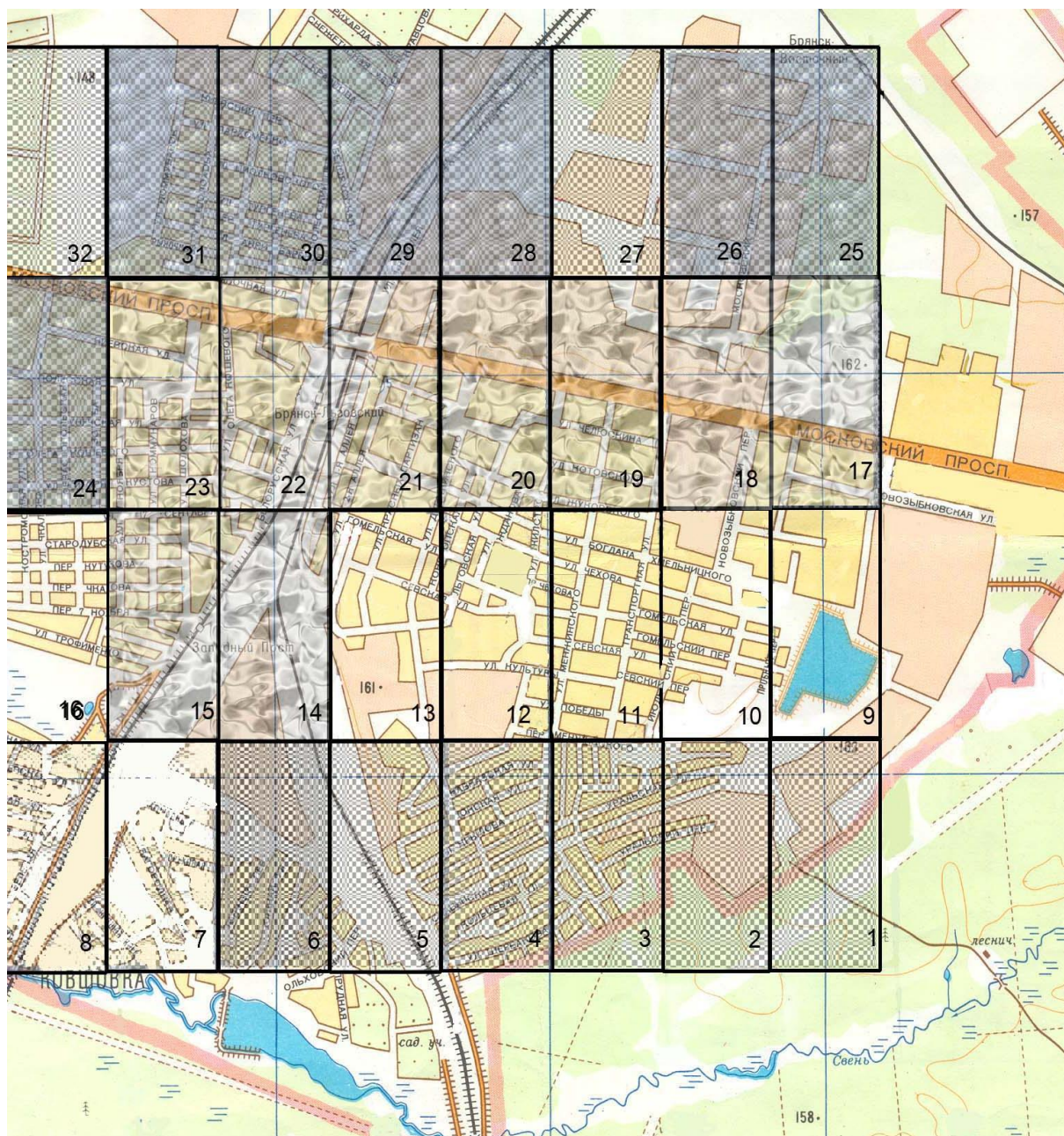


Рисунок 17 - Лихеноиндикационная карта Фокинского района
г. Брянска по индексам чистоты атмосферы (ИЧА) 2010 года

Масштаб 1:25 000

Условные обозначения:



6-10 ИЧА



11-15 ИЧА



16-20 ИЧА



≥21

Приложение 4
Валовые содержания ТМ в слоевищах эпифитных лишайников
Таблица 1 - Среднее содержание ТМ (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников,
собранных на территории г. Брянска (декабрь 2011, январь 2012 гг.)

ТМ	Точки отбора проб											
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sr	116±8,9	121,6±10,3	131,1±11,9	103,8±9,6	178±12,9	77,65±6,7	85±7,9	72,15±7,4	94±8,6	95±7,8	112±9,3	125±10,5
Pb	52±4,6	57,85,3	41,75±4,1	45,3±4,1	37±3,8	53±5,1	51±4,7	52,1±4,6	45±3,5	51±4,7	47±4,2	38±2,8
As	1,4	9,95±0,7	5,05	9,8±0,7	11±0,9	11,7±0,7	13±0,9	13,15±1,1	10±0,8	10±0,9	13±0,6	4,6±0,4
Zn	160±11,5	254,8±12,9	214,8±14,6	202,0±13,8	248±13,9	197,2±16,3	187±15,8	199,6±14,7	268±14,9	254±13,9	144±11,5	108±10,7
Cu	44±3,6	36,3±3,3	34,2±3,1	34,15±3,9	36,7±3,7	37,7±3,6	35,6±3,6	49,6±3,6	45,1±3,4	32,4±2,9	43,5±3,8	44±3,7
Ni	24±2,4	22,65±2,4	19,85±1,9	19,75±2,0	20±1,6	20,5±1,5	20±1,6	25,05±1,8	17±0,8	23±1,7	24±2,1	23±2,0
Co	1	0,2	0,1	0,1	0	0,8	0	0,2	0	0	0	0
Fe	17146±21,5	21792±23,7	19480±20,8	22243±25,3	13018±19,6	7304±17,9	8152±18,9	7107±16,9	9033±17,8	11948±19,9	16114±20,3	13928±20,4
Mn	426±15,2	401,7±17,4	399,8±14,7	400,3±16,3	334±15,3	213,6±14,1	158±12,2	176,1±14,7	146±11,9	296±18,6	387±16,3	359±15,7
Cr	81±8,1	80,5±8,5	81,7±8,1	91,7±8,5	857,9	74±7,2	104±9,4	85,45±8,1	101±8,8	97±8,5	84±7,5	89±7,5
ТМ												
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Sr	91±8,3	82±7,4	121±10,6	117±10,3	104±8,6	112±10,3	83±6,4	94±8,2	109±8,9	103±8,9	121±10,6	114±10,1
Pb	44±3,6	43±3,5	40±3,1	44±3,6	41±3,1	41±3,6	35±2,9	34±2,6	44±3,6	42±3,7	49±4,1	52±4,7
As	5±0,4	2,6±0,7	5±0,6	6±0,7	9±0,9	6±0,7	4	5±0,9	9±0,8	8±0,8	9±0,9	4
Zn	238±13,2	225±17,8	276±13,5	260±17,5	257±14,9	129±10,6	187±15,2	183±14,9	213±15,7	396±14,7	263±14,5	115±11,1
Cu	49±4,1	34±2,6	56±4,8	72±5,8	60±4,8	72±6,5	71±6,8	53±4,8	64±5,3	58±4,8	57±5,3	55±4,3
Ni	26±1,9	28±2,1	27±2,1	19±1,3	22±2,1	22±1,9	26±2,2	25±2,1	28±1,8	23±1,7	20±1,7	21±1,8
Co	2	0	3	5	5	2	2	0	6±0,9	4	2	4
Fe	12056±21,8	5934±17,9	11711±19,7	14292±20,5	14155±19,9	15073±19,6	12184±19,8	10146±20,5	14398±19,9	13319±18,5	13024±19,3	13638±18,8
Mn	258±18,7	143±10,9	449±16,3	328±15,4	400±15,8	334±13,9	315±16,5	253±15,9	427±17,5	380±13,8	384±14,4	319±16,3
Cr	83±7,7	92±7,6	95±7,4	99±7,8	92±7,5	63±5,4	65±5,9	57±4,6	67±6,1	85±7,9	72±6,5	64±5,5

ТМ	25	26	27	28	29	30	31	32
Sr	119±11,6	69±5,3	93±7,9	91±7,9	91±7,6	141±12,6	121±12,6	130±13,1
Pb	79±6,5	24±2,2	252,1	16±1,0	22±1,9	24±1,7	25±1,6	21±1,7
As	5,6	5±0,7	7±0,7	8	7±0,6	7	6	8
Zn	209±13,7	63±6,1	34±3,1	34±3,7	34±2,8	57±4,6	62±5,8	63±5,8
Cu	79±6,9	39±3,1	63±5,8	26±1,8	54±4,6	64±5,4	43±3,7	69±6,62
Ni	24±2,2	17±0,9	20±1,8	20±2,0	22±2,1	23±2,5	22±2,1	22±2,0
Co	8	0	5	2	6	7	5	8
Fe	15955±19,5	10640±19,6	11496±18,7	11220±16,4	11858±19,8	16425±17,3	16106±20,7	16140±19,6
Mn	431±15,7	529±16,4	662±14,9	661±15,3	693±14,8	386±14,8	351±14,3	349±12,9
Cr	74±6,8	56±5,3	51±3,9	554,3	58±5,4	80±6,6	63±5,4	63±5,9

* 1 - ул. Калинина (фабрика РТИ); 2 - ул. Калинина (з-д Арсенал); 3 – ул. Ульянова; 4 – ул. Дуки; 5 – ул. Авиационная; 6 – пр-т Московский (гипермаркет «Линия»); 7 – пр-т Московский (ж/д мост); 8 – ост. «Мясокомбинат»; 9 – ул. Пушкина; 10 – пер. Волгоградский; 11 – ул. Красноармейская (памятник Летчикам); 12 – ул. Красноармейская (район автовокзала); 13 – Лицей №1; 14 – ул. Литейная ; 15 – ул. Бежицкая (БГУ); 16 – ул. Бежицкая (Городищенский поворот) 17– памятник Болгарским патриотам; 18 – Бежицкий рынок; 19 – ост. «Стальзавод»; 20 – ул. Куйбышева; 21 – гимназия № 2 (Бежицкий р-н); 22 – ост. «Автозаводец» (Бежицкий р-н); 23 – ост. «Школа № 46»; 24 – ж/д вокзал Брянск-1; 25 – район школы № 40; 26 - ул. Красноармейская, 158; 27 – ост. «Телецентр»; 28 – ул. Карачижская; 29 – Район дачного кооператива «Союз», Брянский район; 30 – спортплощадка БГИТА; 31 – овраг Нижний Судок; 32 – лесопарк «Соловьи».

Таблица 2 - Среднее содержание ТМ (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников, собранных на территории г. Брянска (август 2012 г.)

ТМ	Точки отбора проб											
	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Sr	41,5±3,7	133,5±15,4	112±10,4	101,6±10,9	94±8,3	125±11,9	103±9,9	94±6,9	82±6,4	90±8,7	121±11,9	144±17,5
Pb	40,15±3,6	38,9±3,8	37±2,7	57,5±4,8	43±3,7	48±4,2	54±5,3	46±3,9	37±3,2	40±3,6	57±4,8	41±3,6
As	4,55	9,23±0,9	5	9±0,9	6,5±0,6	13±0,8	9,8±0,6	4,3	5	2	5	3
Zn	78,7±7,4	106,9±10,3	108±10,1	80±7,4	68±5,7	104±9,5	102±8,6	83±6,7	154±13,2	122±10,6	154±16,4	102±11,1
Cu	16,25±1,5	35,7±2,8	43±3,6	65,3±5,9	55±6,0	44±4,0	34±2,7	20±1,8	20±2,0	34±2,8	29±2,7	37±2,7
Ni	12,1±0,9	17±0,7	20±1,7	25±2,3	37±3,5	44±3,6	39,75±3,8	15±1,0	17±1,6	15±0,9	21±1,7	22±2,0
Co	0,2	0,2	0	0	6,5	0	0,1	0	0	0	5	2
Fe	1175±18,6	2343,4±17,9	13928±19,4	14168±19,8	9033±18,6	16114,7±17,9	2224323,7	9033±17,9	7304±16,8	7107±16,7	1503±17,9	1480018,9
Mn	53±4,8	113,7±10,7	623±16,4	359±12,8	146±14,2	384±14,8	123±8,7	139±12,1	296±14,9	220±14,9	449±17,5	395±16,4
Cr	13±1,1	41,7±3,7	64±5,5	56±4,7	51±3,7	69±5,9	51,3±3,7	51±4,3	55±4,9	49±3,6	80±6,9	63±5,7
ТМ								* 33 – выезд из Бежицы; 34 – ост. «Цирк»; 35 – ул. Ленина (возле дамбы); 36 – район общежитий БГУ; 37 – ул. Никитинская; 38 – ул. Литейная; 39 – ул. Бежицкая (Городищенский поворот); 40 – ост. «Школа № 46»; 41 – Московский микрорайон; 42 – ж/д вокзал Брянск-1; 43 – пр-т Московский (ж/д мост); 44 – ост. «Мясокомбинат»; 45 – ул. Авиационная; 46 – ул. Красноармейская (памятник Летчикам); 47 – ул. Красноармейская (район автовокзала); 48 – ост. «Стальзавод»; 49 – ул. Ульянова; 50 – лесопарк «Соловьи»; 51 – лесопарк «Соловьи» (100 м от дороги).				
	45	46	47	48	49	50	51					
Sr	103±8,9	94±7,8	91±6,9	91±8,5	83±7,3	79±7,0	70±6,5					
Pb	45±3,7	41±3,6	44±3,4	43±3,6	34±2,9	3	7					
As	3	4	3	4	2,2	0	0					
Zn	108±8,9	76±6,8	68±6,4	75±6,8	64±5,9	34±3,1	34±2,8					
Cu	29±3,0	72±6,4	51±4,9	49±4,3	32±2,8	25±2,1	29±2,4					
Ni	19±0,9	19±1,1	17±0,9	16±1,1	23±2,1	17±1,9	10±0,6					
Co	0	0,2	0	0	0	0	0					
Fe	15955±18,6	9033±16,3	7103±17,3	7304±19,7	9088±16,9	9621±17,5	12140±17,9					
Mn	328±14,9	315±13,9	258±14,2	143±14,7	146±13,1	128±14,2	119±11,9					
Cr	63±5,7	85±15,3	67±5,9	57±4,7	51±4,9	45±4,0	44±3,8					

Таблица 3 - Среднее содержание ТМ (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников, собранных на территории г. Орла (зима 2013 г.)

ТМ	Точки отбора проб					
	1*	2	3	4	5	6
Sr	105,1±9,5	130,25±15,3	97,25±8,0	97,13±8,8	94,35±7,9	116,7±11,4
Pb	48,95±4,8	43,25±3,7	69,65±6,1	104,3±9,4	60,7±5,6	53,6±4,7
As	4,95	9,82	7,45	6,71	6,55	14,75±1,5
Zn	268,85±13,2	206,5±15,3	161,85±13,9	221,8±14,7	210,25±15,4	271,3±13,9
Cu	41,9±3,5	40,7±3,6	47,55±3,9	42,14±3,7	45,95±3,9	49,3±4,1
Ni	24±1,5	25,3±2,1	23,45±2,7	22,86±2,1	24,55±2,2	22,75±2,1
Co	0	0	0	0	0	0
Fe	18241,4±19,0	10005,9±18,9	15631±18,4	19874±20,6	14644,9±17,9	14355,1±17,3
Mn	340,75±14,7	202,65±17,4	333,6±15,2	398,7±15,7	235,6±13,6	366,5±14,2
Cr	101,8±8,9	53,7±4,8	91,75±8*,4	109,6±10,4	92,15±7,8	67,15±6,0
V	9,85	5,85	23,45±2,6	0	15,05±0,9	13,9±0,8
Ti	897,5±17,4	0	863,65±17,9	206,5±15,3	289,3±15,9	667,1±15,8

* 1 – парк у автовокзала (проба Ксантории постенной с каштана конского); 2 – набережная Дубровинского; 3 – Карачевское шоссе (проба Ксантории постенной); 4 – Карачевское шоссе (проба Пармелиопсиса сомнительного); 5 – парк у автовокзала (проба Ксантории постенной с рябины); 6 – ул. Лескова

Таблица 4 - Среднее содержание ТМ (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников, собранных на территории г. Орла (лето 2013 г.)

ТМ	Точки отбора проб									
	7*	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Sr	98±8,2	112±11,1	125±	92±8,5	110±11,1	118±9,0	119±11,6	118±9,5	105±9,9	94±8,7
Pb	60±5,1	64±5,4	55±4,8	39±3,3	73±5,5	81±7,6	81±6,7	64±6,3	55±4,3	45±3,8
As	2,9	2,2	3,5	2,3	2,1	2,6	2,9	2,5	2,6	2,2
Zn	366±14,8	192±15,3	193±14,9	157±13,8	364±13,2	345±17,8	278±14,7	219±16,8	184±15,8	198±15,9
Cu	30±2,»7	46±3,7	36±3,1	39±2,8	41±3,6	44±3,3	38±2,4	45±3,8	44±3,7	47±3,7
Ni	27±2,3	25±2,3	23±2,0	20±2,0	28±2,0	26±2,7	29±2,6	22±1,4	24±2,0	24±2,0
Co	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0
Fe	17696±19,8	17150±20,3	14960±19,9	9455±16,8	17761±18,6	17194±18,9	17841±20,8	17247±19,4	11787±19,8	14664±20,4
Mn	468±16,8	515±16,4	291±16,8	214±14,2	374±16,4	359±16,2	399±17,0	216±16,5	211±17,0	275±15,8
Cr	71±6,7	60±5,4	70±5,8	64±5,0	101±10,9	93±7,6	99±7,6	76±5,9	53±5,0	82±7,6
V	17±0,9	28±2,4	17±0,8	17±0,9	27±2,3	12±0,9	14±0,7	7	13±0,9	17±1,3
Ti	837±16,5	973±17,5	702±17,3	0	935±17,9	25±2,1	276±17,5	0	0	243±17,2
ТМ										
	17	18	19	20	21	22				
Sr	109±10,1	118±10,5	89±7,8	103±9,5	115±10,5	103±9,6	*7 - пересечение улицы Комсомольская и Кромское шоссе; 8 - Карачевское шоссе (проба Пармелиопсиса сомнительного); 9 – ул. Розы Люксембург (район корпуса № 2 ОГУ); 10 – сквер им. Поликарпова (проба пармелиопсис сомнительный); 11 - ул. Комсомольская (сквер перед корпусом № 1 ОГУ); 12 – пересечение улиц Комсомольская и Красина; 13 - парк у автовокзала (проба пармелиопсис сомнительный); 14 - парк у автовокзала (ксантория постенная); 15 – парк у ж/д вокзала; 16 – ул. 1-ая Курская; 17 - Карачевское шоссе (проба Ксантории постенной); 18 - сквер Политеха (проба Ксантории постенной); 19 – пересечение улиц Комсомольская и Авиационная; 20 - ул. Нормандия-Неман; 21 – набережная Дубровинского; 22 – сквер Лескова			
Pb	38±2,6	46±3,7	38±3,0	68±5,7	61±5,7	49±4,2				
As	2,1	2,3	2,9	2,2	2,6	2,4				
Zn	233±16,9	190±16,2	192±14,9	326±13,6	279±13,9	233±17,4				
Cu	44±3,6	40±3,6	41±3,5	43±3,5	42±2,8	36±3,2				
Ni	23±2,2	25±2,»4	21±1,6	25±2,4	29±1,8	27±1,9				
Co	0	0	0	0	0	0				
Fe	13367±20,6	11925±19,6	12228±18,5	12322±18,9	17843±20,5	16995±17,9				
Mn	296±17,3	236±17,5	285±18,3	261±14,0	297±16,3	228±12,7				
Cr	61±5,7	68±4,7	63±5,4	64±4,6	69±5,8	71±5,8				
V	20±1,8	11±1,0	9±0,6	12±0,7	16±1,1	7±0,6				
Ti	711±18,0	96±6,3	112±10,6	237±17,3	156±14,6	81±7,2				

Приложение 5

Данные о коэффициентах накопления элементов группы ТМ для лишайников-эпифитов в г. Орле



Рисунок 1 – Гистограмма распределения коэффициентов накопления ТМ лишайниками-эпифитами в г. Орле

Приложение 6 **Изолинии валовых концентраций тяжёлых металлов в слоевищах** **эпифитных лишайников гг. Брянска и Орла**

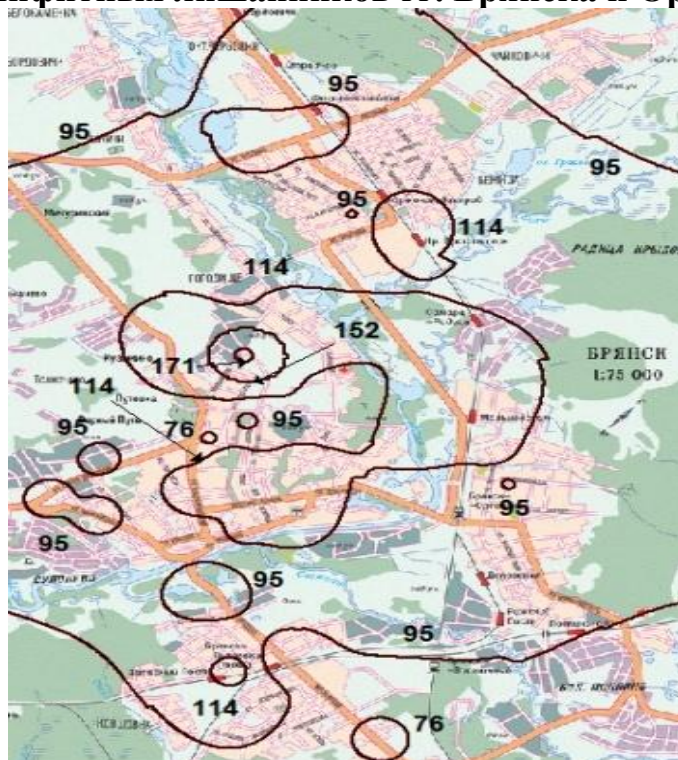


Рисунок 1 - Изолинии валовой концентрации стронция (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Брянске 2013 г.
Масштаб 1:75 000

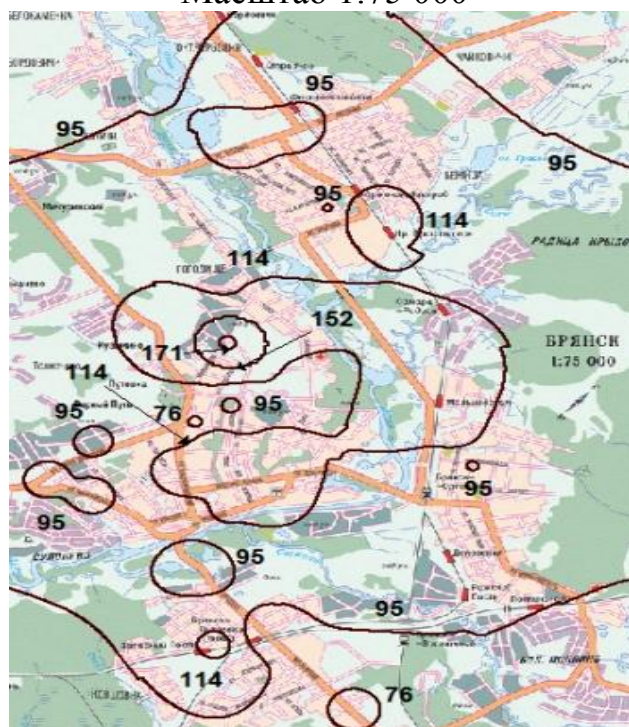


Рисунок 2 - Изолинии валовой концентрации стронция (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Брянске 2013 г.
Масштаб 1:75 000

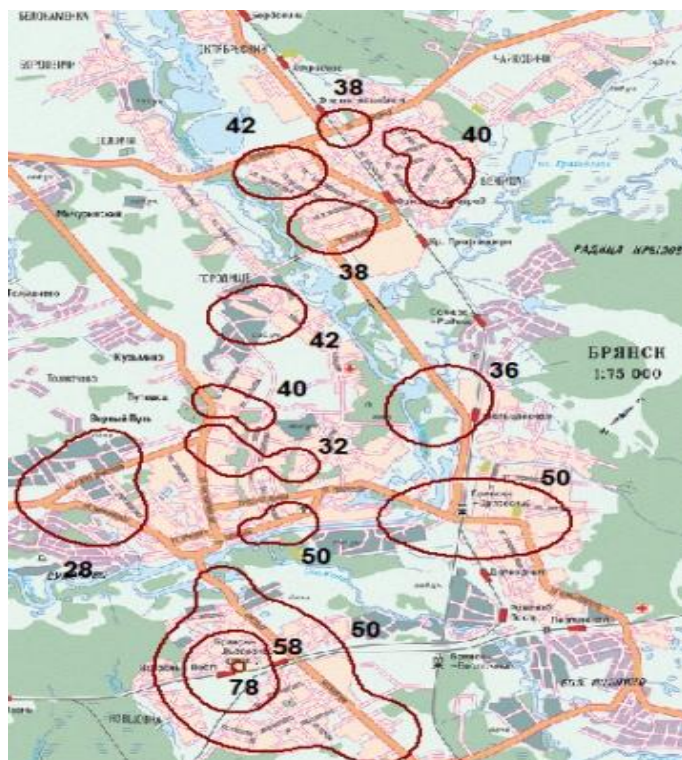


Рисунок 3 - Изолинии валовой концентрации свинца (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Брянске 2013 г.
Масштаб 1:75 000



Рисунок 4 - Изолинии валовой концентрации мышьяка (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Брянске 2013 г.
Масштаб 1:75 000

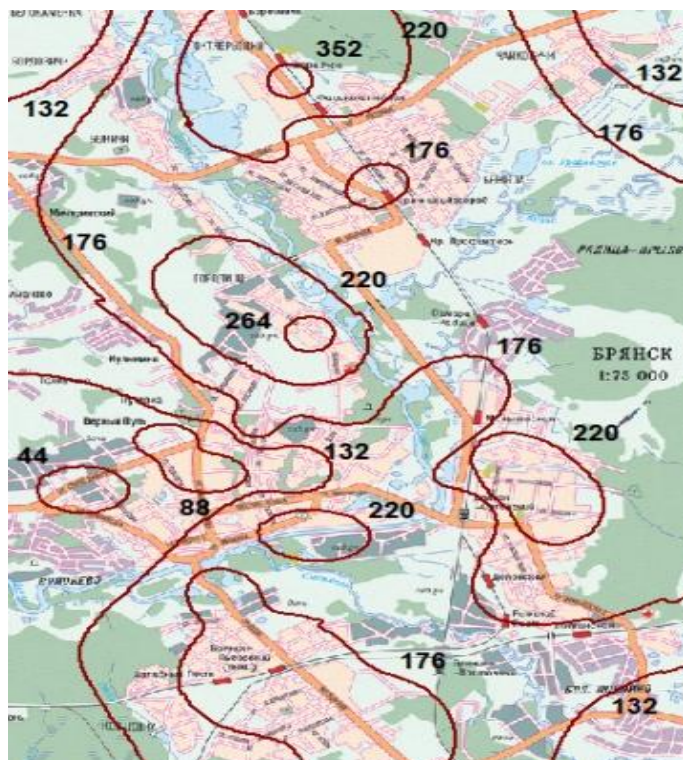


Рисунок 5 - Изолинии валовой концентрации цинка (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Брянске 2013 г.
Масштаб 1:75 000

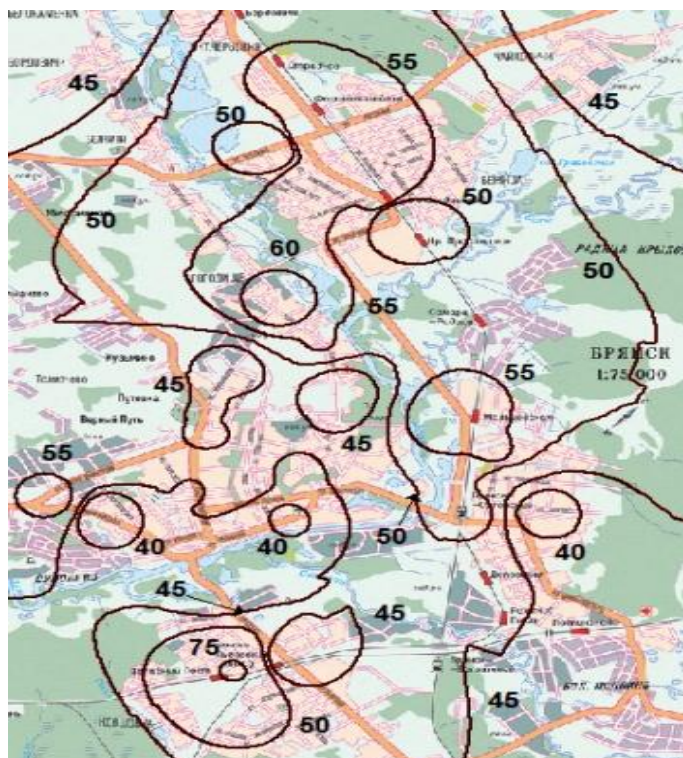


Рисунок 6 - Изолинии валовой концентрации меди (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Брянске 2013 г.
Масштаб 1:75 000

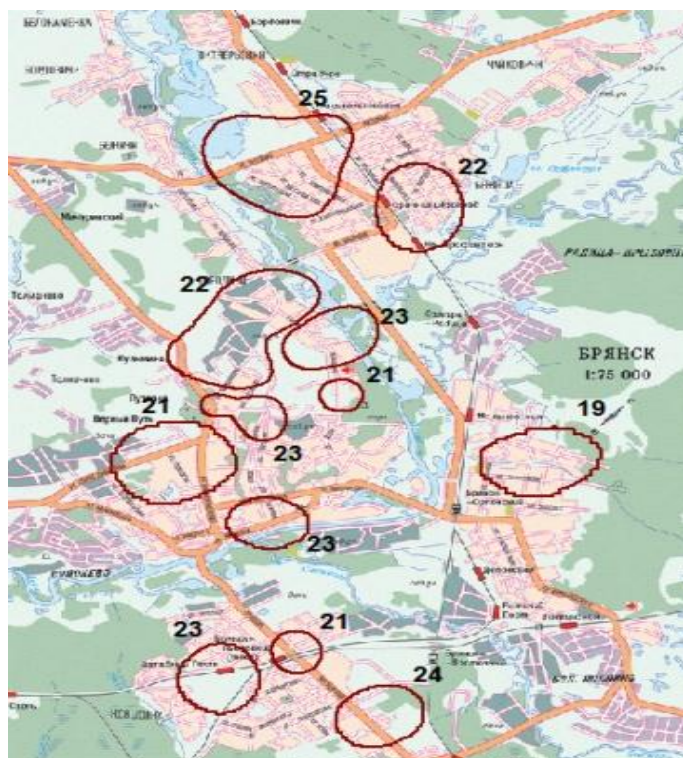


Рисунок 7 - Изолинии валовой концентрации никеля (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Брянске 2013 г.
Масштаб 1:75 000

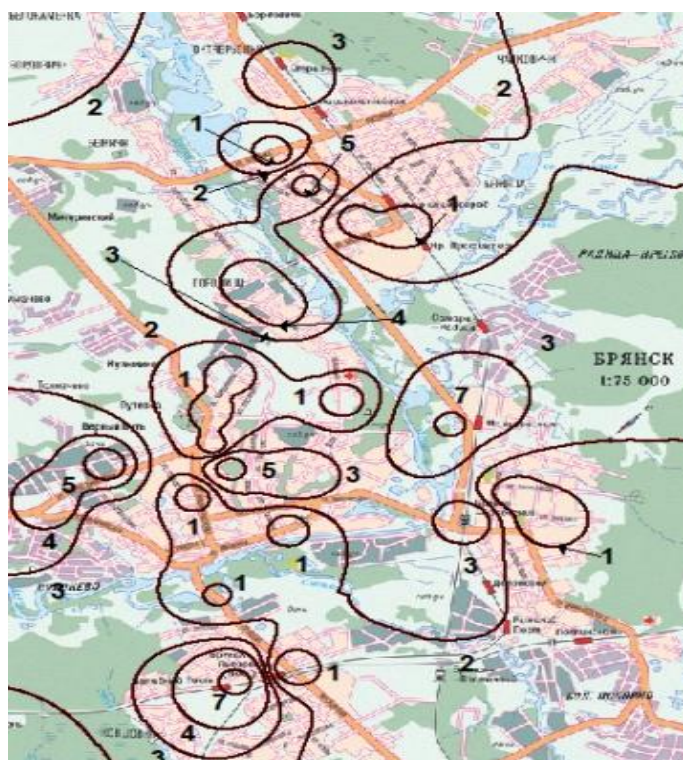


Рисунок 8 - Изолинии валовой концентрации кобальта (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Брянске 2013 г.
Масштаб 1:75 000

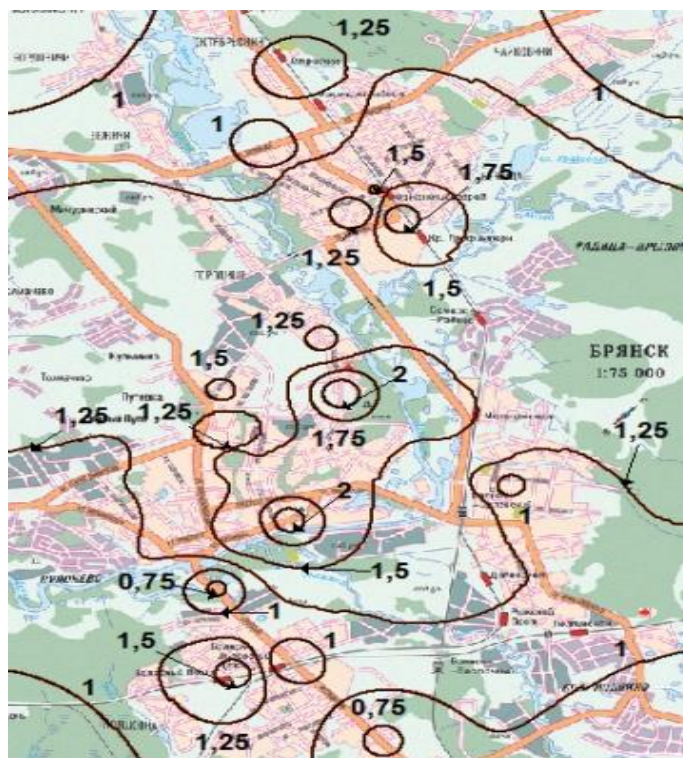


Рисунок 9 - Изолинии валовой концентрации железа (г/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Брянске 2013 г.
Масштаб 1:75 000

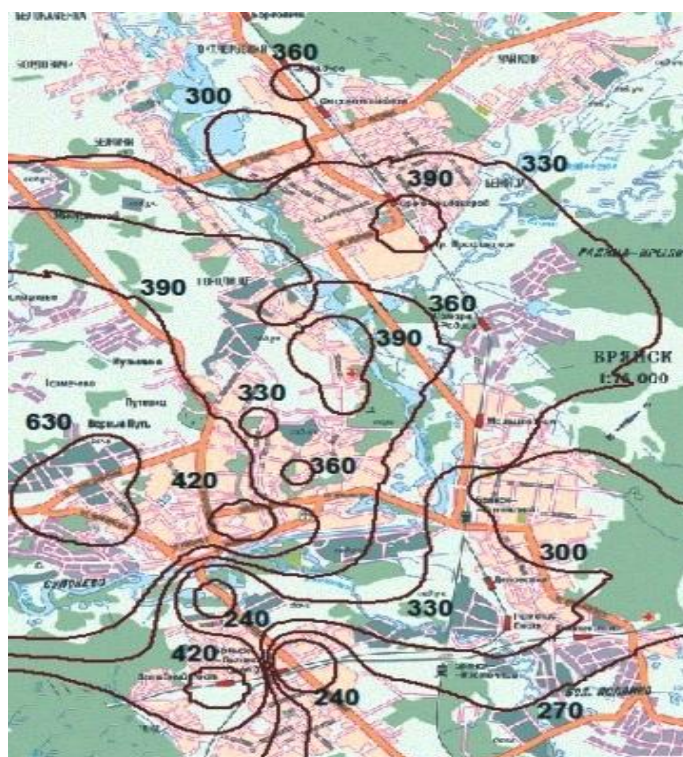


Рисунок 10 - Изолинии валовой концентрации марганца (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Брянске 2013 г.
Масштаб 1:75 000

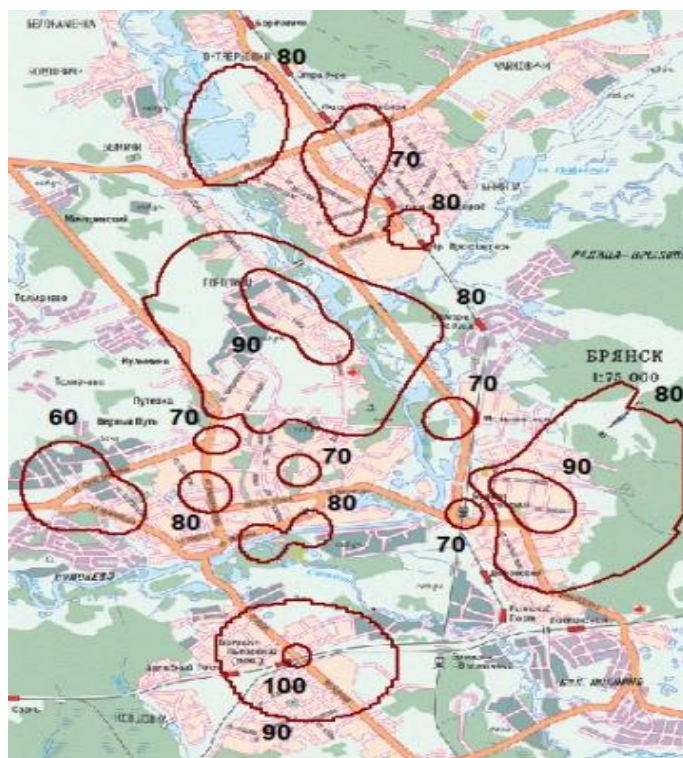


Рисунок 11 - Изолинии валовой концентрации хром (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Брянске 2013 г.
Масштаб 1:75 000

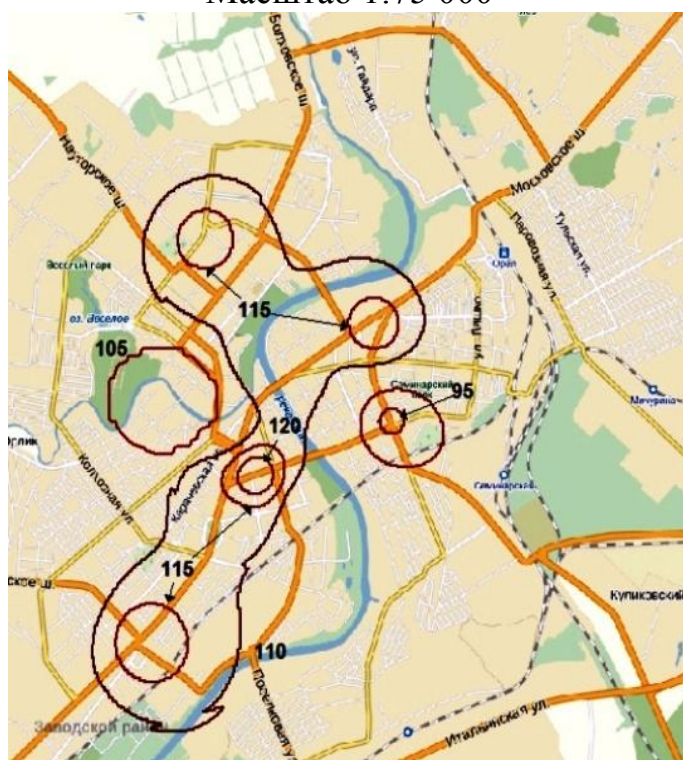


Рисунок 12 - Изолинии валовой концентрации стронция (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Орле 2013 г.
Масштаб 1:64 000

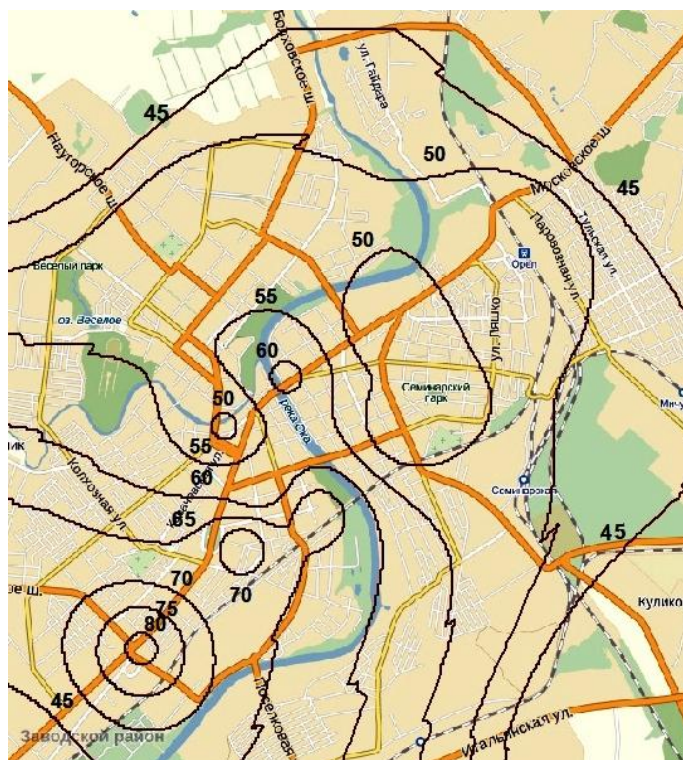


Рисунок 13 - Изолинии валовой концентрации свинца (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Орле 2013 г.
Масштаб 1:64 000

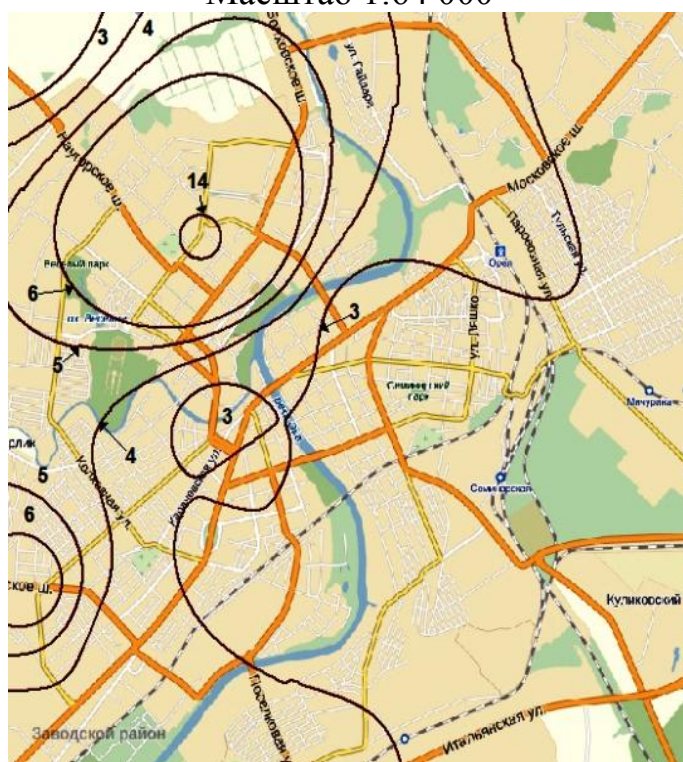


Рисунок 14- Изолинии валовой концентрации мышьяка (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Орле 2013 г.
Масштаб 1:64 000

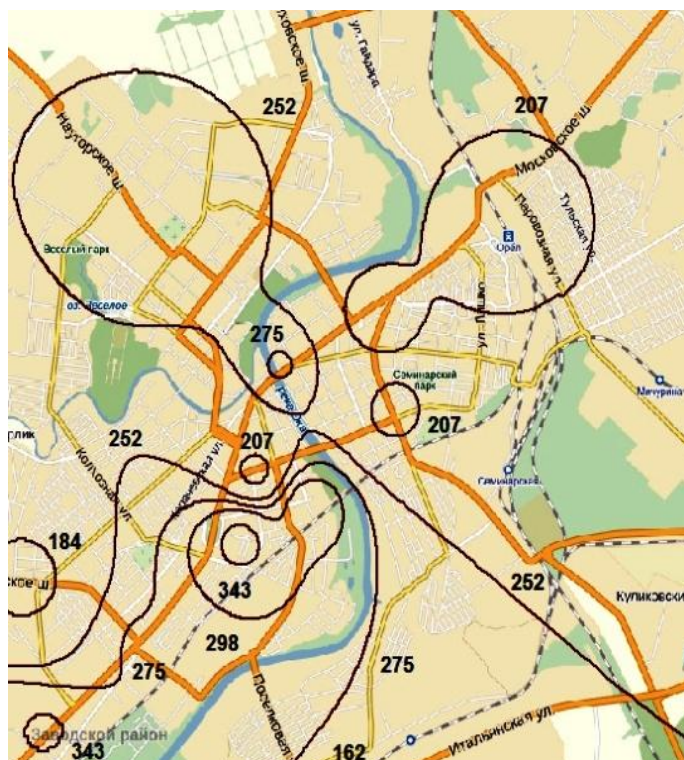


Рисунок 15 - Изолинии валовой концентрации цинка (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Орле 2013 г.

Масштаб 1:64 000

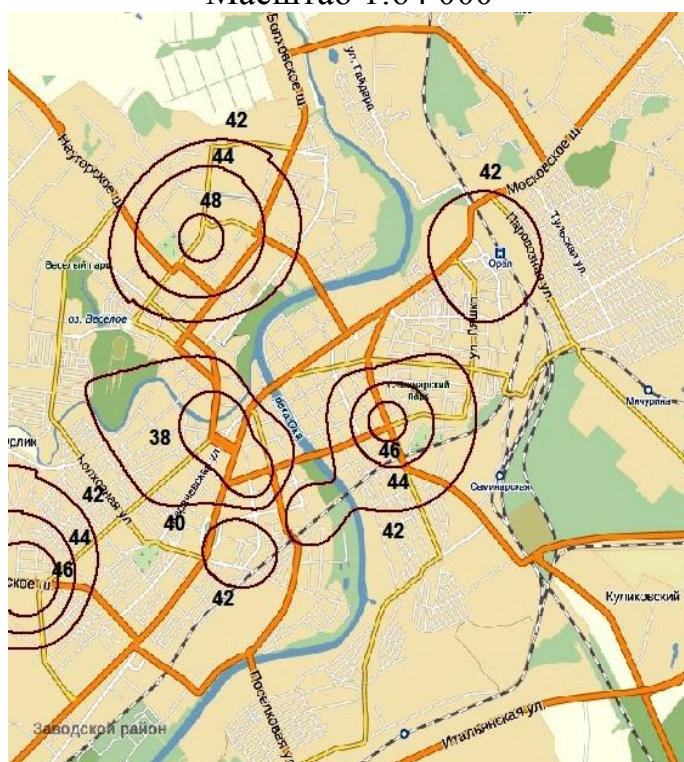


Рисунок 16 - Изолинии валовой концентрации меди (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Орле 2013 г.

Масштаб 1:64 000

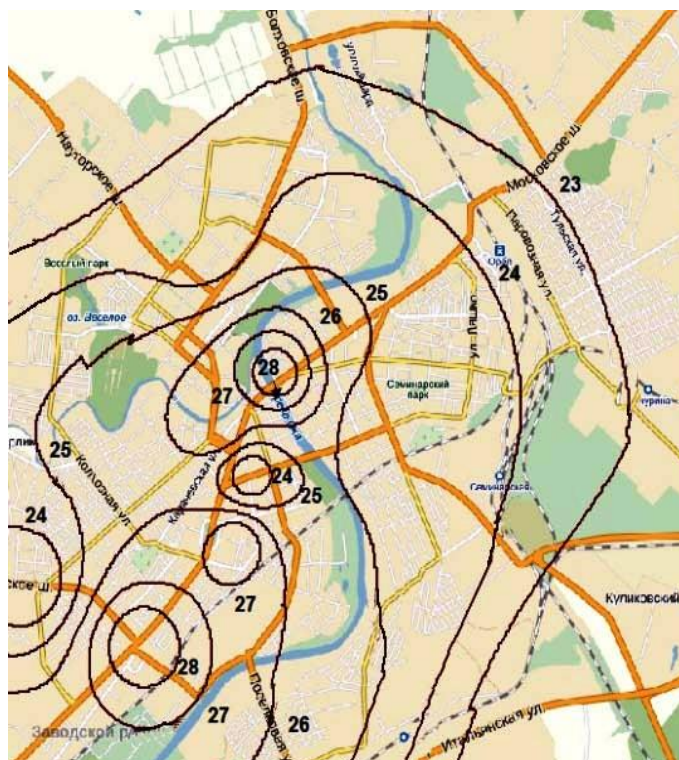


Рисунок 17 - Изолинии валовой концентрации никеля (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Орле 2013 г.
Масштаб 1:64 000

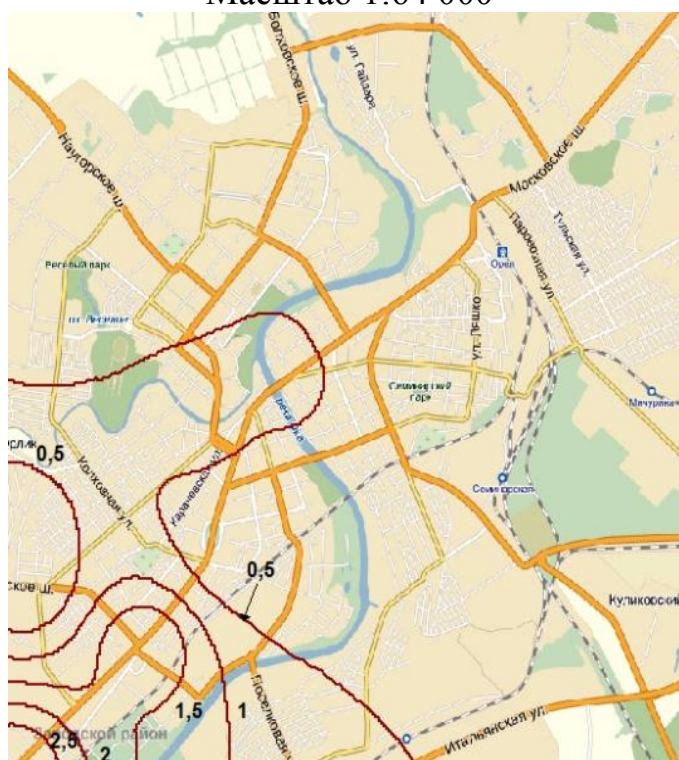


Рисунок 18 - Изолинии валовой концентрации кобальта (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Орле 2013 г.
Масштаб 1:64 000

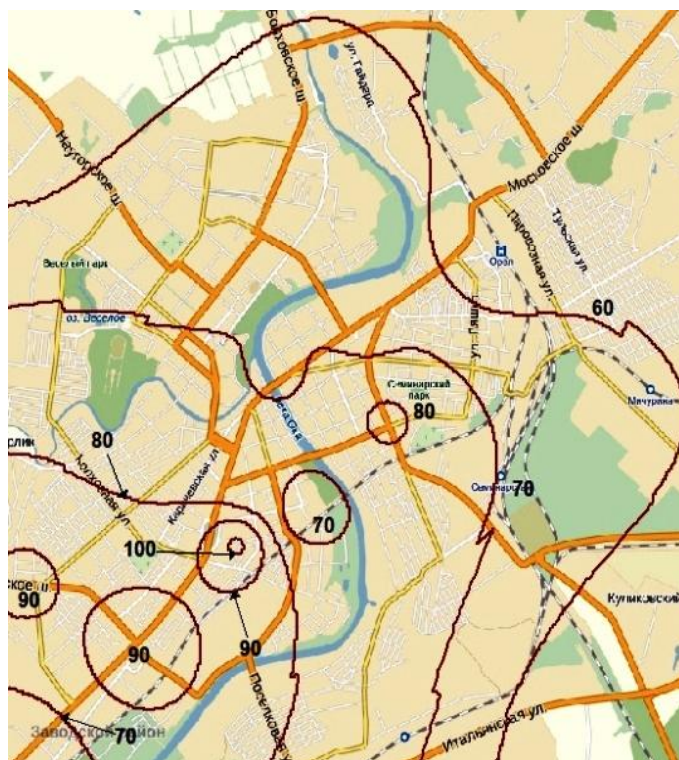


Рисунок 21 - Изолинии валовой концентрации хрома (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Орле 2013 г.
Масштаб 1:64 000

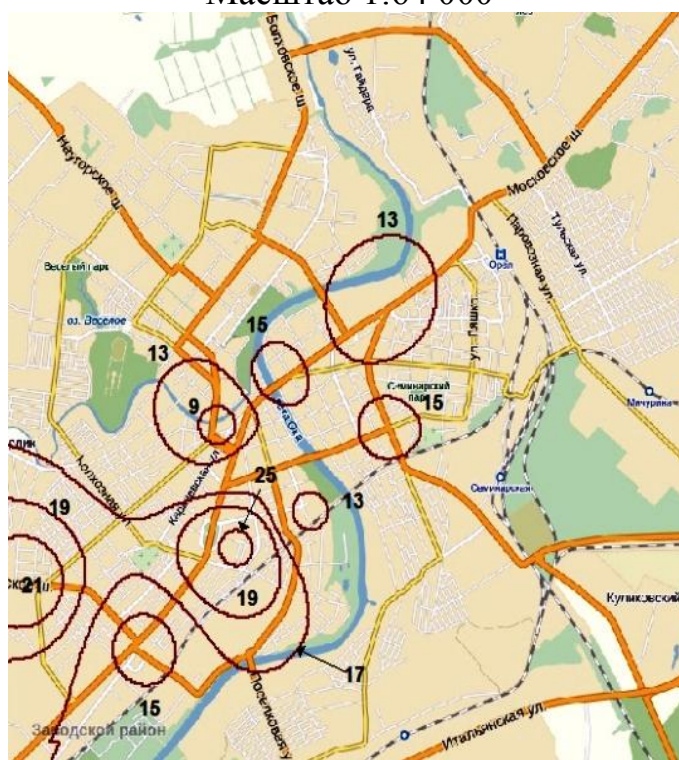


Рисунок 22 - Изолинии валовой концентрации ванадия (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Орле 2013 г.
Масштаб 1:64 000

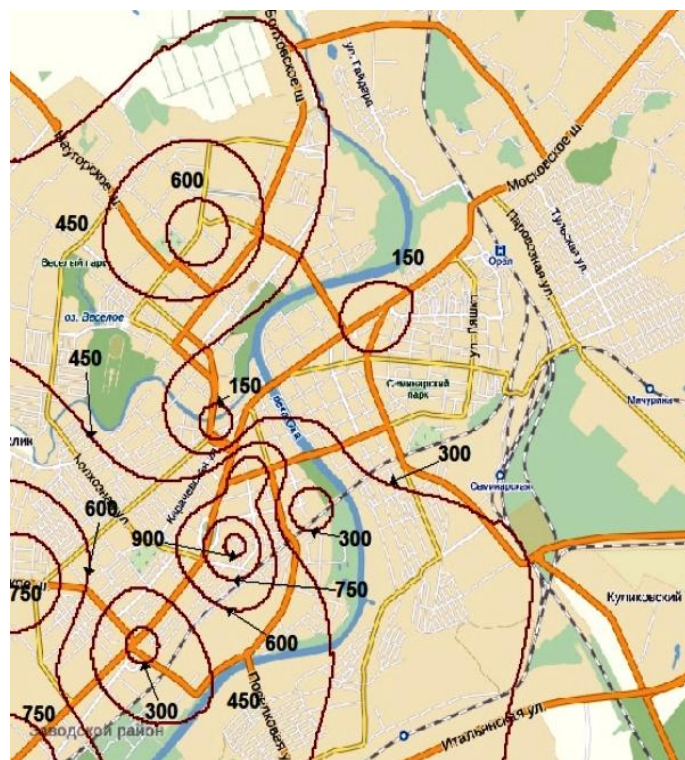


Рисунок 23 - Изолинии валовой концентрации титана (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Орле 2013 г.
Масштаб 1:64 000

Таблица 1 - Градации содержания тяжёлых металлов в слоевищах эпифитных лишайников (мг/кг) в городах и поселках городского типа Брянской и Орловской областей

Градации: содержание тяжёлых металлов, мг/кг:	Тяжёлые металлы											
	Sr	Pb	As	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	V	Ti
низкое	42-86,9	3-65,9	0-3,9	34-180,9	16-36,9	10-20,9	0-1,9	1175-8196,9	53-644,9	13-44,9	0-8,9	0-323,9
среднее	87-131,9	66-128,9	4-7,9	181-327,9	37-57,8	21-31,9	2-3,9	8197-15218,9	645-1236,9	45-76,9	9-17,9	324-647,9
высокое	132-176,9	129-191,9	8-11,9	328-474,9	58-78,9	32-42,9	4-5,9	15219-22240,9	1237-1828,9	77-108,9	18-26,9	648-971,9
очень высокое	177-222	192-255	12-16	475-612	79-100	43-54	6-8	22241-29263	1829-2421	109-141	27-36	972-1296

Приложение 7

Данные о валовых концентрациях ТМ в малых городах и поселках городского типа Брянской области

Таблица 1 - Среднее содержание ТМ (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников, собранных на территории пгт Суземка (лето 2012 г.)

ТМ	Точки отбора проб								
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9
Sr	72,45±5,6	122,8±10,7	87,75±8,2	101,05±9,5	84,7±7,5	92,05±8,2	154,8±12,9	106,05±9,5	109,5±8,8
Pb	45,2±3,6	45,8±3,7	42,15±4,0	33,5±3,9	41,06±3,5	30,55±2,5	31,4±2,6	31,5±2,7	56,85±4,2
As	1,52	1,65	1,39	1,46	1,43	1,27	1,43	1,28	1,605
Zn	477,0±17,0	146,75±13,5	98,55±7,9	312,25±17,4	95,9±6,9	131,35±16,3	106,1±9,9	76,5±5,8	255,2±17,3
Cu	32,35±3,1	40,4±3,7	38,1±3,1	41,25±3,5	40,95±2,6	43,7±4,9	44,2±3,7	42,5±2,6	42,55±3,3
Ni	23,25±1,8	21,35±2,0	19,25±1,9	21,7±2,0	20,55±1,7	19,1±1,2	20,25±2,1	20,5±1,7	20,2±1,7
Co	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe	10289,4±20,7	12947,2±17,9	7931,8±18,5	19225,5±22,5	10066,3±16,9	7511,1±17,3	9237,7±16,5	6828,05±19,9	9158,35±17,5
Mn	413,95±16,9	693,35±17,4	156,8±14,7	1532,45±18,4	398,35±16,9	159,8±14,3	327,3±15,9	259,95±14,3	306,95±13,9
Cr	41,7±3,7	50,8±4,7	45,6±2,6	43,9±4,1	52,75±4,6	65,2±4,8	56,9±4,3	48,85±4,9	48,75±4,4
V	5,45±0,6	3,35	2,9	1,5	2,15	6,75	11,75±0,9	1,5	6,3
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*1 – ул. Вокзальная (север пгт); 2 – пересечение улиц Вокзальная и Ленина (центр пгт); 3 – ул. Вокзальная (юг пгт); 4 – Центральный парк; 5 – памятник Партизанам; 6 – район школы № 2; 7 – ул. Южная; 8 – Центральный парк; 9 – пересечение улиц Брянская и Объездная (выезд из пгт)

Таблица 2 - Среднее содержание ТМ (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников, собранных на территории пгт Навля (весна 2012 г.)

ТМ	Точки отбора проб								
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9
Sr	91,75±7,4	102,6±8,9	73,25±7,1	88,2±8,2	112±10,6	130±11,3	120±11,5	151±13,5	113±10,5
Pb	46,4±3,2	38,55±3,8	34,0±3,1	43,4±3,7	33±3,6	48±3,7	31±2,7	37±3,6	31±2,7
As	2,14	2,36±0,6	3,35±0,7	2,51±0,5	1,9	1,8	1,6	1,9	1,7
Zn	269,4±14,9	105,4±9,3	169,95±14,3	430,8±15,8	239±15,7	146±13,8	180±12,4	109±9,9	322±15,2
Cu	42,75±3,3	40,7±3,1	41,4±4,2	39,05±3,2	40±4,8	38±3,2	36±3,2	41±4,1	38±3,6
Ni	18,55±1,8	18,45±1,4	17,65±1,1	23,7±2,2	18±1,2	16±1,1	20±2,1	22±1,8	20±1,9
Co	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe	9334±19,7	10738,7±19,7	7420,8±20,6	15341,2±20,4	6382±18,5	5659±19,9	5844±16,2	7860±17,9	7820±19,6
Mn	297,7±13,5	285,05±15,2	385,35±16,8	155,95±13,8	184±13,7	103±10,4	155±15,3	205±14,7	128±
Cr	58,7±4,7	63,96±5,3	42,7±4,5	55,3±5,1	46±4,4	45±3,9	45±3,9	49±4,1	46±4,1
V	5,6±0,7	5,3±0,8	0	0	3	6	2	16±1,12	3
Ti	135,6±11,8	236,05±14,0	0	0	0	0	0	179±12,7	0
ТМ									
	10	11	12	13	14				
Sr	102±9,8	96±8,4	99±8,9	136±12,6	102±8,6				
Pb	41±3,7	45±4,3	52±5,1	35±3,1	39±2,9				
As	1,9	1,9	1,5	2,1	2,0				
Zn	379±14,7	177±12,6	350±13,5	114±10,1	170±10,7				
Cu	41±3,8	21±2,0	44±4,3	47±3,8	42±3,8				
Ni	23±2,1	21±1,8	21±2,1	22±1,9	22±1,9				
Co	0	0	0	0	0				
Fe	9498±17,5	7751±17,9	9714±17,8	8397±19,6	10792±17,4				
Mn	242±13,2	270±15,8	421±14,7	133±10,9	192±12,7				
Cr	56±4,8	44±3,8	44±3,9	54±5,2	75±6,3				
V	5±0,9	5±0,8	4±0,5	6±0,8	10±0,9				
Ti	21±1,8	276±14,8	0	1	120±10,5				

* 1 – ул. Восточная (восток пгт); 2 – ул. Промышленная (север пгт); 3 – сквер имени Комсомольцев-подпольщиков; 4 – ул. Чапаева (от ж/д 1 км); 5 – район ж/д вокзала; 6 – район администрации Навлинского района; 7 – район гимназии № 1; 8 – сквер им. П.И. Деревянко; 9 – пересечение улиц Чапаева и Комсомольской; 10 – ул. Луговая; 11 – ул. Навлинская (частный сектор); 12 – ул. Розы Люксембург; 13 – ул. Советская; 14 – ул. Ломоносова

Таблица 3 - Среднее содержание ТМ (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников, собранных на территории г. Жуковка (осень 2012 гг.)

ТМ	Точки отбора проб								
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9
Sr	78,75±7,3	82,5±6,8	138,6±12,9	59,35±4,4	71,9±6,5	179±15,9	101±8,8	99±8,6	126±11,14
Pb	40,97±3,6	37,4±3,1	44,5±3,2	192,9±12,8	34,1±2,9	32±2,6	38±2,6	61±5,3	37±2,5
As	2,39	2,4	1,505	3,515±0,5	2,64	1,6	1,7	2,3	1,6
Zn	159,8±11,6	187,35±15,7	350,4±14,8	159,35±14,7	171,6±14,2	229±15,3	129±12,6	309±16,8	129±13,6
Cu	40,5±3,6	35,7±2,9	41,8±3,7	40,25±3,2	34,7±2,9	49±3,7	46±3,6	48±3,8	47±4,0
Ni	19,5±1,6	17,55±1,2	18,95±1,5	19,45±1,4	19,45±1,6	23±2,1	21±1,8	25±2,2	21±1,7
Co	0	0	0,95	0	0	0	0	0	0
Fe	7118,1±19,5	8748,45±19,9	20063,0±23,7	5799,4±15,8	4651,94±17,5	10034±16,8	7916±17,5	15043±21,7	6903±19,6
Mn	233,4±15,3	442,1±13,7	1830,1±17,3	211,55±13,6	157,1±13,5	226±15,5	171±15,3	733±18,8	168±14,8
Cr	48,15±3,7	46,85±4,7	38,5±3,1	42,1±3,6	40±3,2	52±5,1	49±3,7	55±5,0	46±3,9
V	12,65±1,1	0	0,4	0,7	0	13±0,9	9±0,6	6±0,9	6±0,8
Ti	598,35±15,8	339,05±14,6	0	21,15±1,8	0	134±14,8	0	135±14,5	0
ТМ									
	10	11	12	13					
Sr	117±10,5	177±14,7	96±7,7	90,75±8,5					
Pb	31±2,4	40±3,5	44±3,9	29,45±16,6					
As	1,8	2,3	2,1	1,34					
Zn	145±13,2	108±9,5	119±9,3	151,8±15,4					
Cu	57±4,6	36±2,8	40±3,5	40,4±4,2					
Ni	31±2,8	19±1,5	24±2,1	20,35±2,2					
Co	0	0	0	0,6					
Fe	15036±20,5	6790±18,5	8895±17,4	7414,6±15,5					
Mn	318±16,3	241±15,4	201±14,7	431,3±15,9					
Cr	68±5,6	51±4,2	48±3,6	43, 6±4,0					
V	9±0,8	6±0,8	1	3,6					
Ti	244±15,3	0	0	0					

* 1 – район АЗС; 2 – ул. Осенняя; 3 – район санатория «Жуковский»; 4 – район дома-интерната; 5 – район лагеря «Деснянка»; 6 – ул. Дзержинского; 7 - Парк культуры и отдыха; 8 – ул. Карла Маркса (север города); 9- район стадиона «Зенит»; 10 – ул. Учительская (восток города); 11 – пересечение улиц Калинина и Краснофлотская; 12 – ул. Ленина (35 м от ж/д); 13 – ул. Некрасова (юг города)

Таблица 4 - Среднее содержание ТМ в слоевищах эпифитных лишайников, собранных на территории г. Дятьково (весна 2012 гг.)

ТМ	Точки отбора проб									
	1 *	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sr	77,95±6,8	111,6±9,9	147,05±12,7	100,7±9,7	124,2±11,0	112,9±10,9	118,2±10,1	169,8±12,6	93,2±7,9	99,2±8,5
Pb	317,15±15,8	117,15±10,1	91,9±6,6	144,5±12,6	140,3±11,8	113,0±9,9	107,35±9,9	112,55±10,1	179,9±13,8	111,5±9,6
As	5,145±0,7	2,435	2,09	2,82	2,665	2,385	2,29	2,325	3,29	2,44
Zn	417,9±16,4	157,75±13,2	358,05±15,8	317,75±14,8	185,6±13,8	238,4±15,8	158,95±11,9	215,45±15,9	32,95±3,1	176,7±12,9
Cu	46,9±4,2	45,85±3,6	40,2±3,7	42,4±3,6	45,85±4,1	41,35±3,8	47,4±3,6	44,75±3,8	153,85±14,3	43,1±3,6
Ni	23,55±2,2	22,55±2,4	17,6±1,0	21,4±1,7	21,45±1,8	19,6±1,8	23,2±2,1	21,45±1,9	26,23±2,0	19,7±1,7
Co	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe	13407,0±19,9	10449,5±17,8	6977,7517,8±	11073,8±20,2	11171,5±19,8	7852,6±17,9	12989,2±16,3	12090,6±17,4	6415,75±19,8	7572,55±19,8
Mn	720,3±16,7	412,3±16,8	215,25±11,9	291,15±15,3	321,15±16,4	238,15±17,5	527,85±13,9	384,1±14,3	186,25±13,6	217,8±13,2
Cr	51,05±4,7	49,8±3,7	45,05±4,2	59,35±4,7	47,55±3,3	51,6±4,8	57,35±4,3	66,25±5,3	48,4±4,2	51,75±5,3
V	9,85±0,9	1,5	0	11,05±0,9	13,6±0,9	2,4	2,2	7,6±0,7	0,4	2,05
Ti	0	0	0	136,15±11,6	229,9±14,8	0	63,5±5,5	368,45±14,7	0	0

* 1 – проспект Доброславина (район ООО «ДХЗ»); 2 – парк в центре города; 3 – ул. Калинина (частный сектор); 4 – пересечение проспекта Доброславина и ул. Красная Роза; 5 – ул. Крупской; 6 – ул. Садовая; 7 – Железнодорожный парк; 8 – район школы № 2; 9 – парк Мальцова; 10 – ул. Энергетическая (вдоль ж/д «Дятьково-Брянск»)

Приложение 8

Таблица 1 – Парные коэффициенты корреляции между тяжёлыми металлами в слоевищах эпифитных лишайников гг. Брянска и Орла

TM	Sr	Pb	As	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr
Sr	1,00	0,00	-0,05	0,06	0,13	-0,06	0,24	0,58	0,11	0,12
Pb	0,00	1,00	0,17	0,60	0,09	0,18	-0,18	0,09	-0,45	0,48
As	-0,05	0,17	1,00	0,19	-0,22	-0,26	-0,19	-0,10	-0,19	0,29
Zn	0,06	0,60	0,19	1,00	0,03	0,19	-0,26	-0,03	-0,48	0,66
Cu	0,13	0,09	-0,22	0,03	1,00	0,25	0,72	0,08	0,09	-0,20
Ni	-0,06	0,18	-0,26	0,19	0,25	1,00	0,12	-0,09	-0,17	0,03
Co	0,24	-0,18	-0,19	-0,26	0,72	0,12	1,00	0,21	0,39	-0,34
Fe	0,58	0,09	-0,10	-0,03	0,08	-0,09	0,21	1,00	0,34	-0,03
Mn	0,11	-0,45	-0,19	-0,48	0,09	-0,17	0,39	0,34	1,00	-0,56
Cr	0,12	0,48	0,29	0,66	-0,20	0,03	-0,34	-0,03	-0,56	1,00

Приложение 9
Изолинии валовых концентраций тяжёлых металлов в слоевищах
эпифитных лишайников малых городов
и поселков городского типа Брянской области

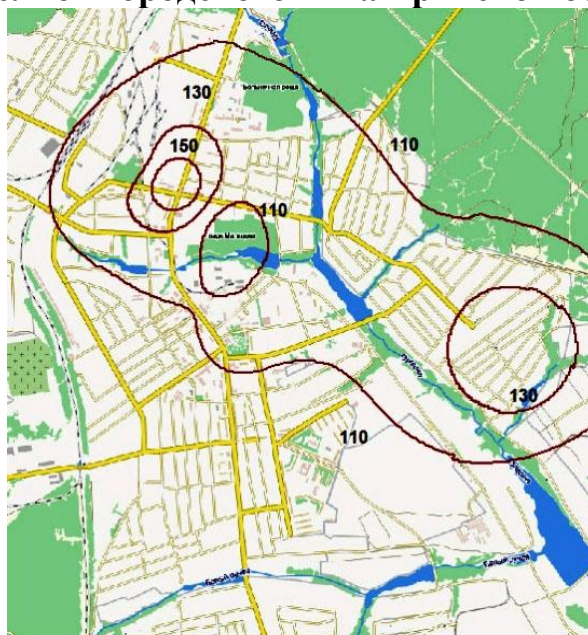


Рисунок 1 - Изолинии валовой концентрации стронция (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Дятьково 2013 г.
Масштаб 1:45 000

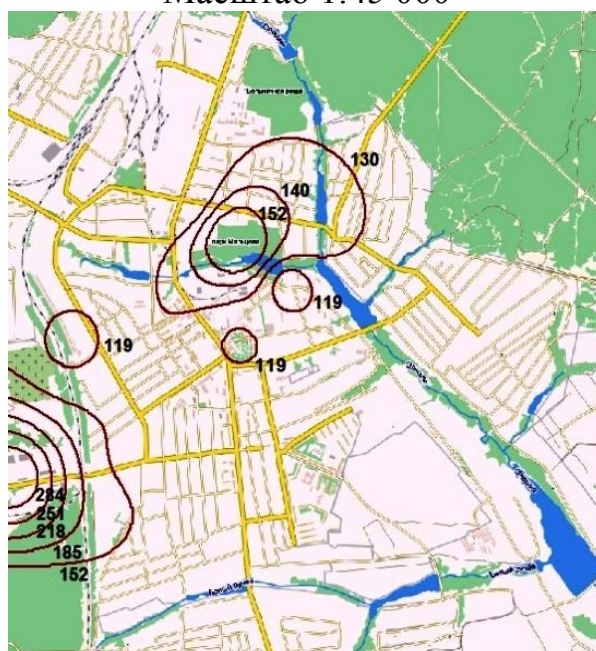


Рисунок 2 - Изолинии валовой концентрации свинца (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Дятьково 2013 г.
Масштаб 1:45 000

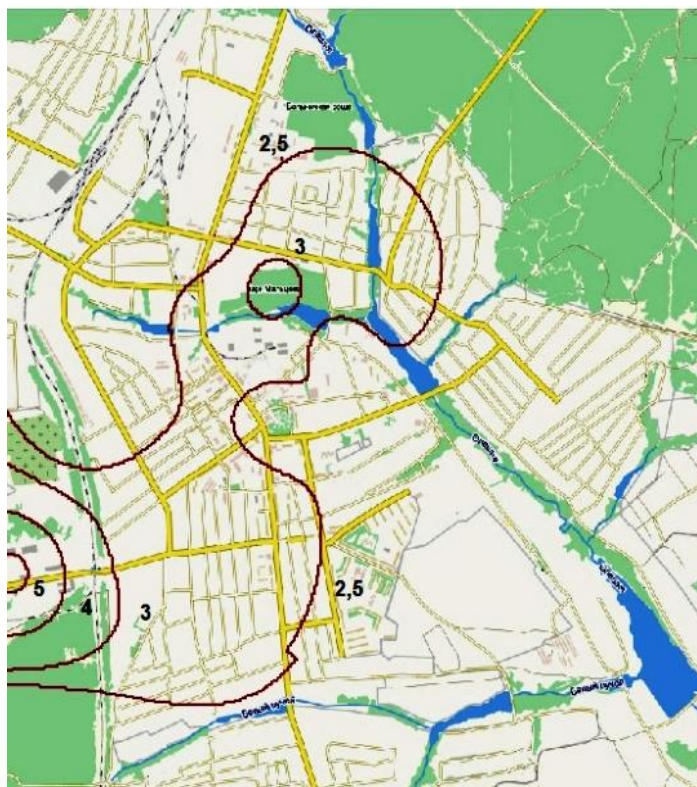


Рисунок 3 - Изолинии валовой концентрации мышьяка (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Дятково 2013 г.
Масштаб 1:45 000

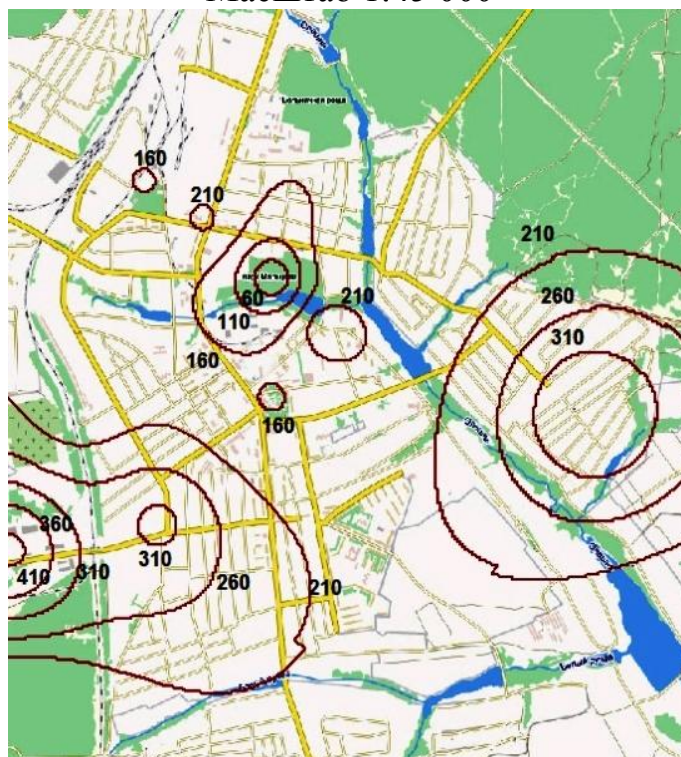


Рисунок 4 - Изолинии валовой концентрации цинка (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Дятково 2013 г.
Масштаб 1:45 000

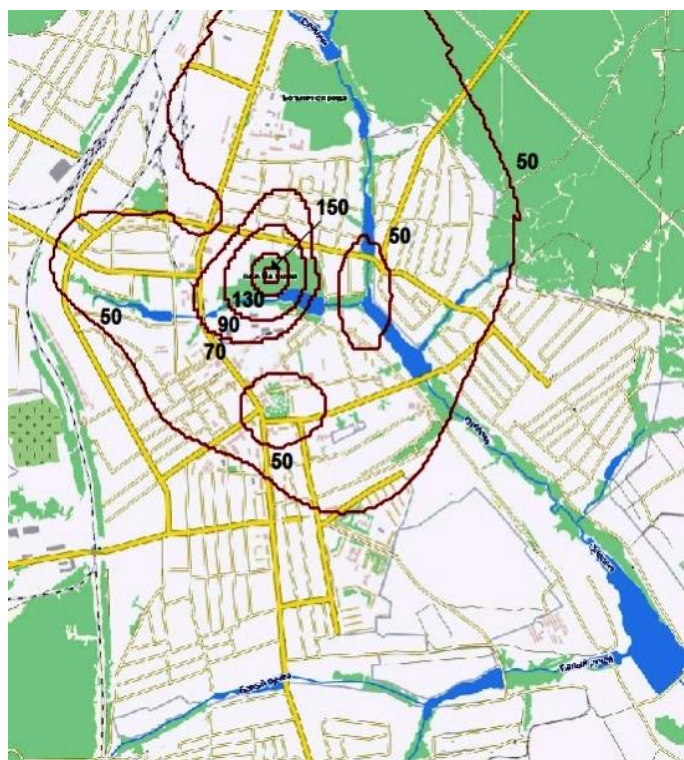


Рисунок 5- Изолинии валовой концентрации меди (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Дят'kовo 2013 г.
Масштаб 1:45 000

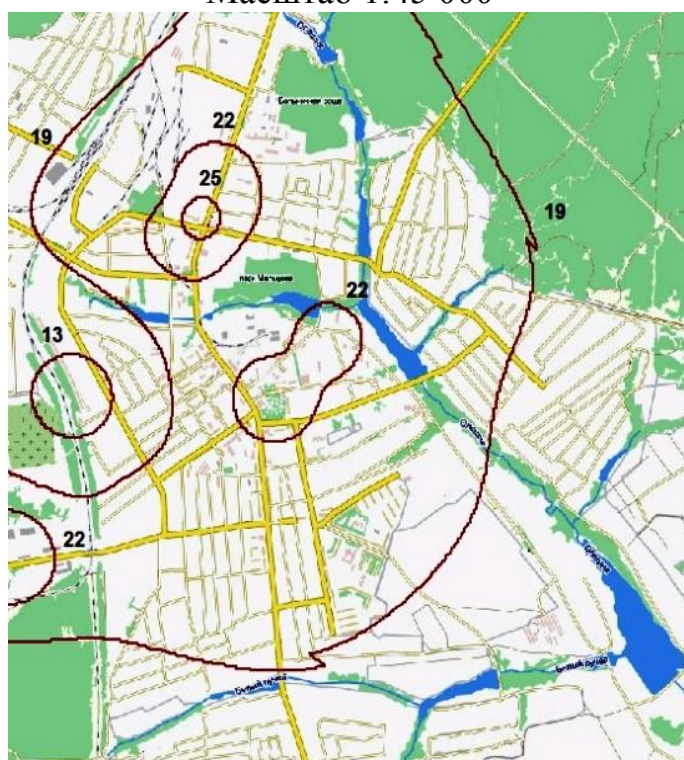


Рисунок 6 - Изолинии валовой концентрации никеля (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Дят'kовo 2013 г.
Масштаб 1:45 000

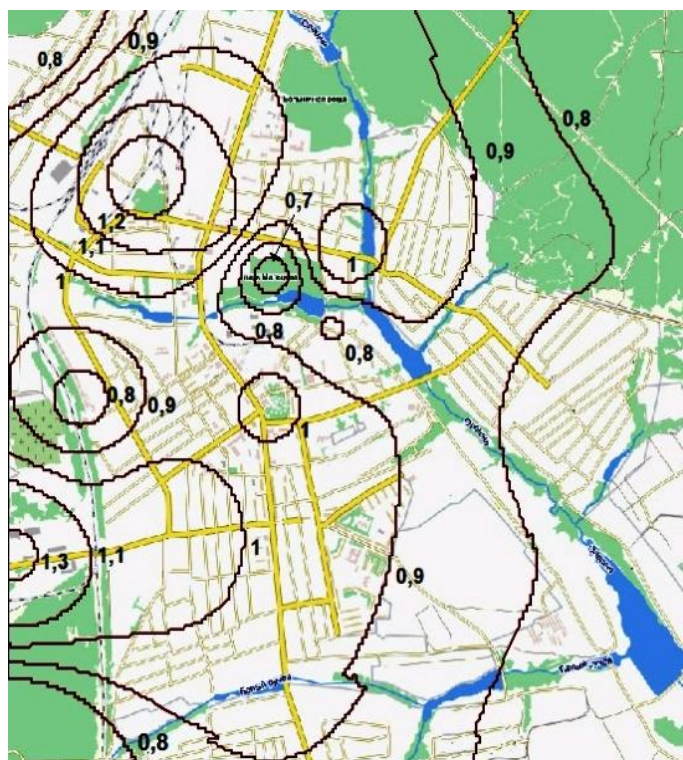


Рисунок 7 - Изолинии валовой концентрации железа (г/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Дят'kовo 2013 г.
Масштаб 1:45 000

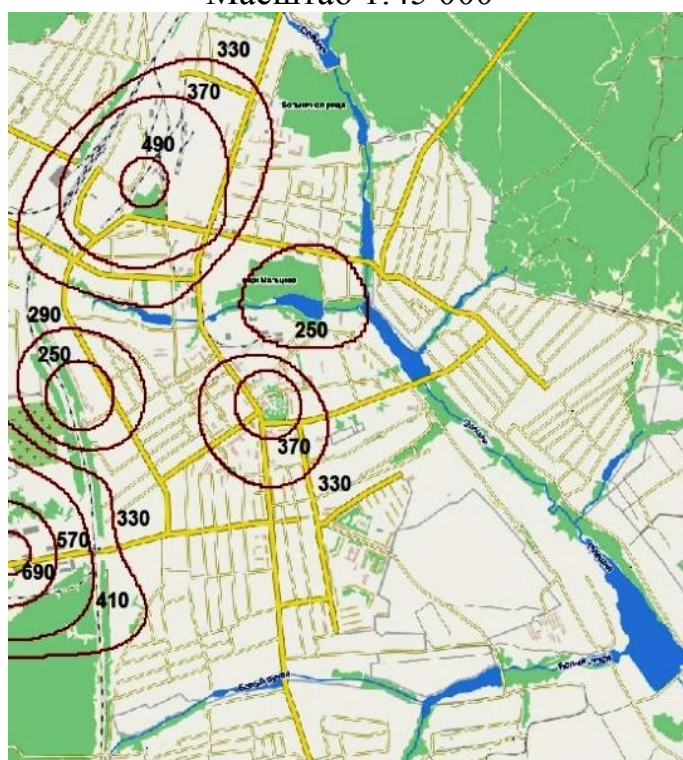


Рисунок 8 - Изолинии валовой концентрации марганца (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Дят'kовo 2013 г.
Масштаб 1:45 000

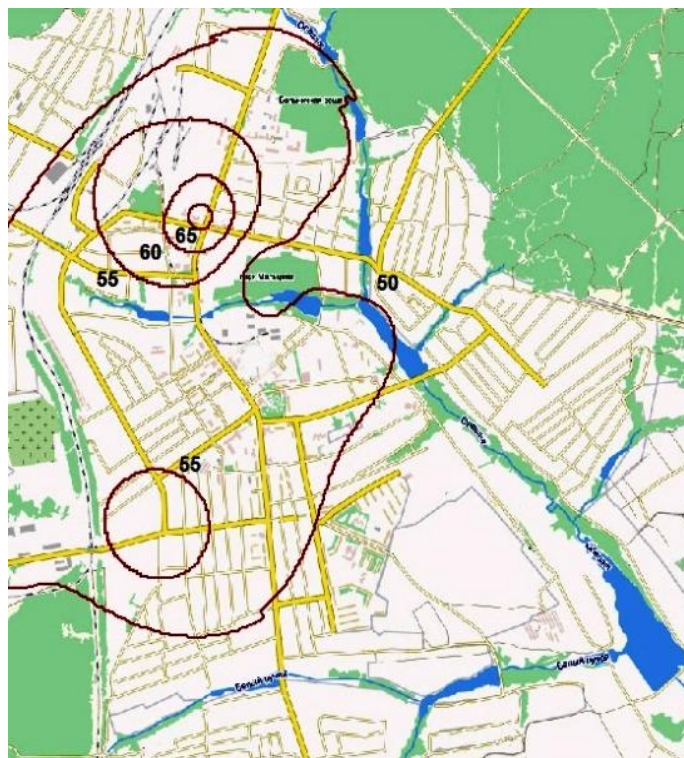


Рисунок 9 - Изолинии валовой концентрации хрома (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Дятково 2013 г.
Масштаб 1:45 000

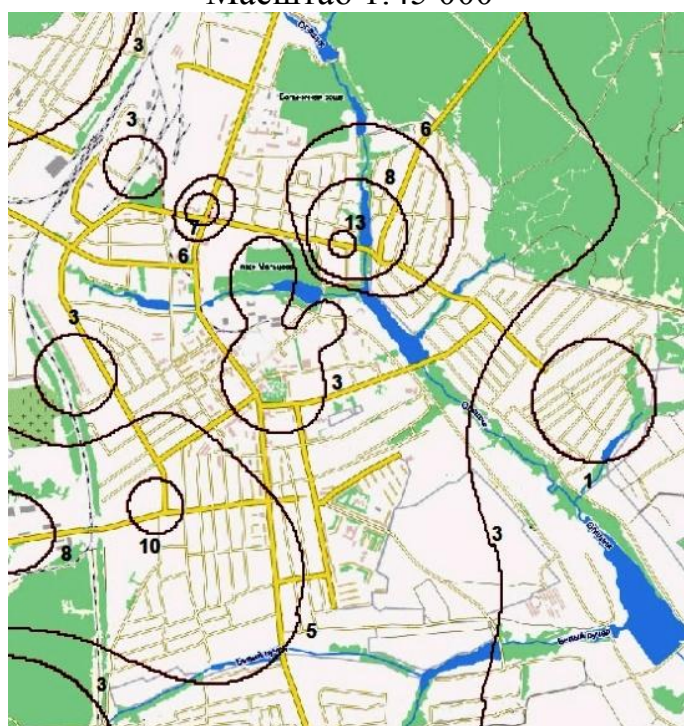


Рисунок 10 - Изолинии валовой концентрации ванадия (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Дятково 2013 г.
Масштаб 1:45 000

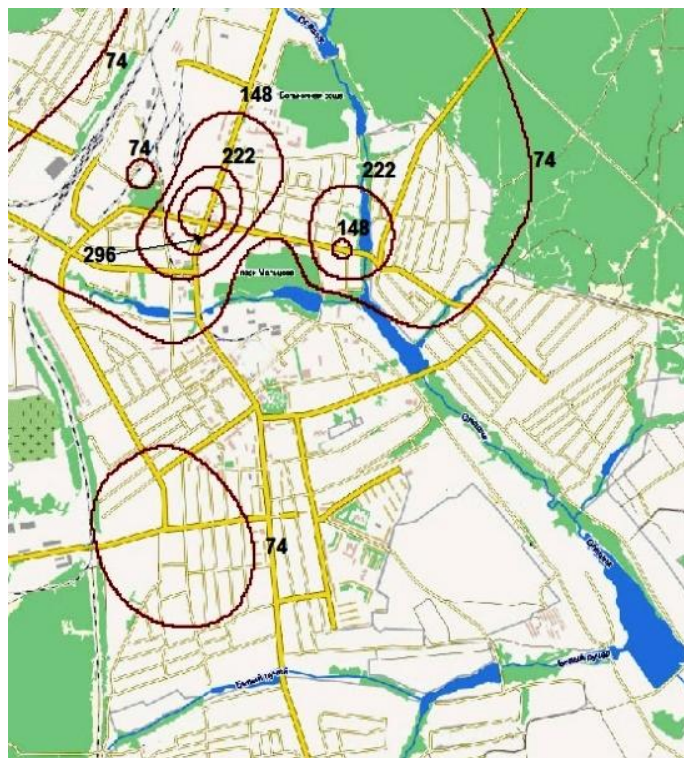


Рисунок 11 - Изолинии валовой концентрации титана (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Дятьково 2013 г.
Масштаб 1:45 000

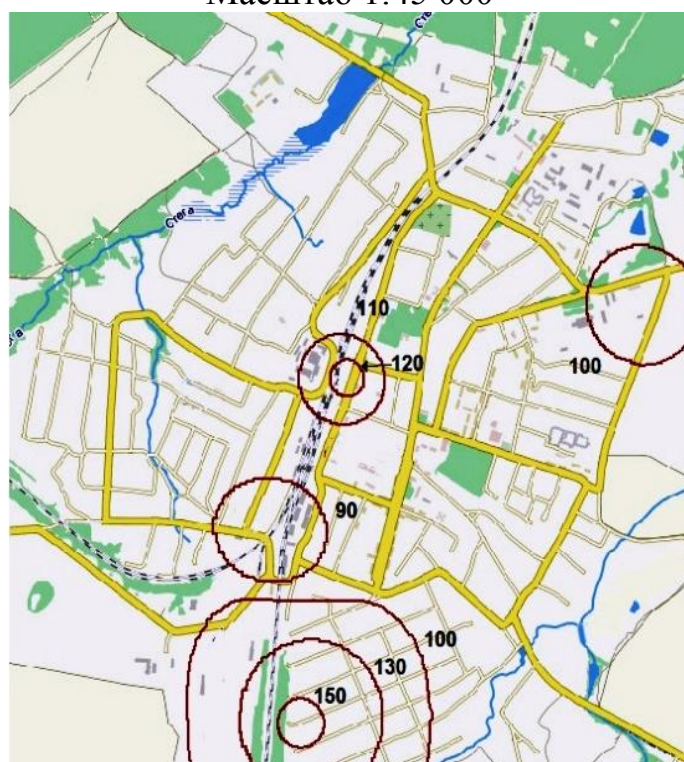


Рисунок 12 - Изолинии валовой концентрации стронция (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Суземка 2013 г.
Масштаб 1:33 000

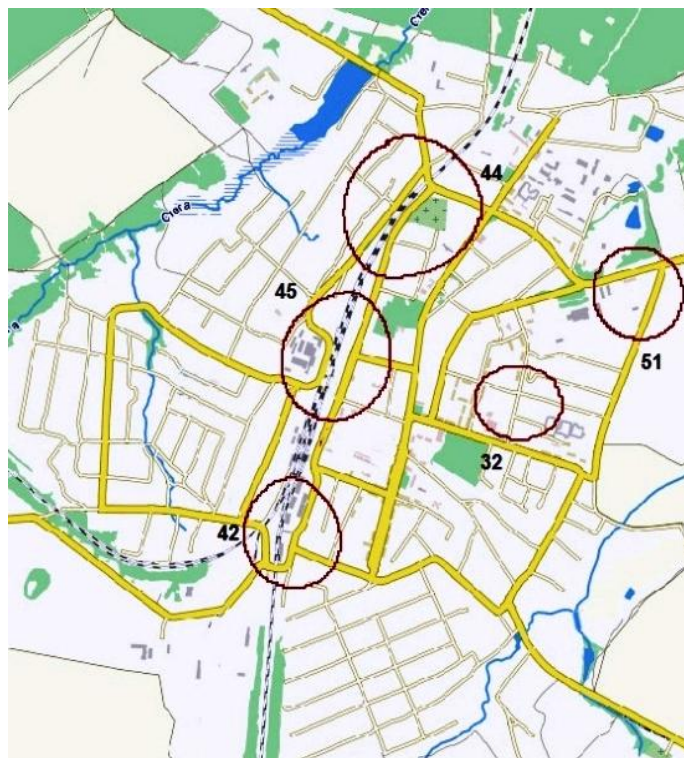


Рисунок 13 - Изолинии валовой концентрации свинца (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Суземка 2013 г.

Масштаб 1:33 000

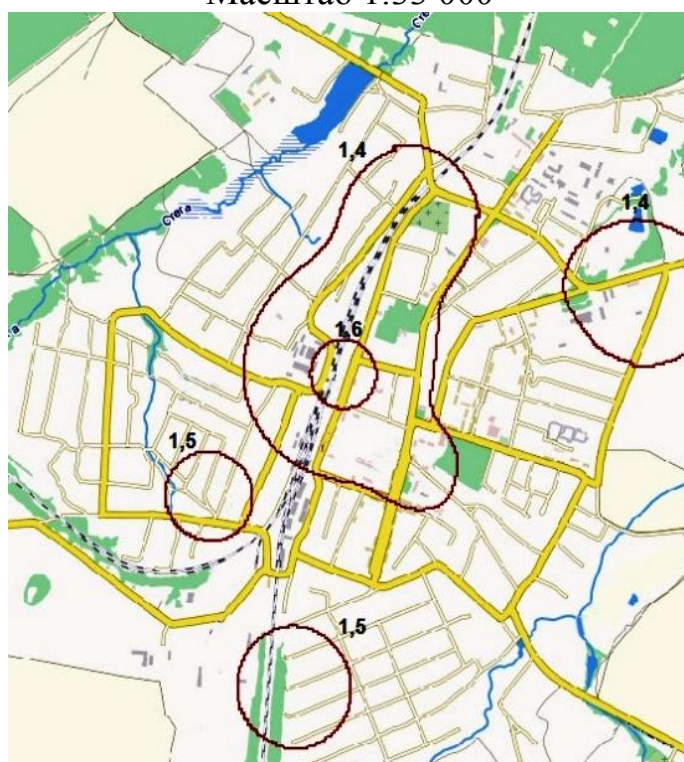


Рисунок 14 - Изолинии валовой концентрации мышьяка (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Суземка 2013 г.

Масштаб 1:33 000

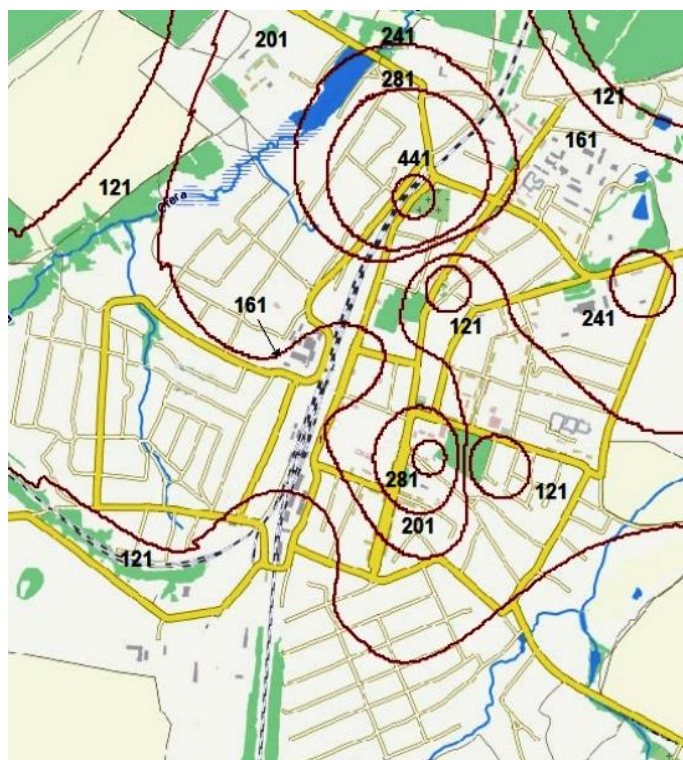


Рисунок 15 - Изолинии валовой концентрации цинка (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Суземка 2013 г.

Масштаб 1:33 000

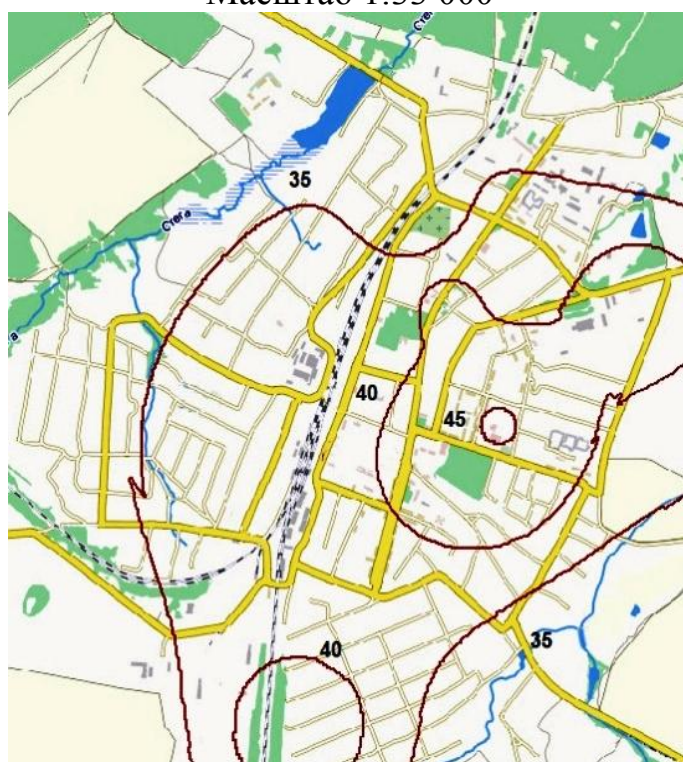


Рисунок 16 - Изолинии валовой концентрации меди (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Суземка 2013 г.

Масштаб 1:33 000



Рисунок 17- Изолинии валовой концентрации никеля (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Суземка 2013 г.
Масштаб 1:33 000

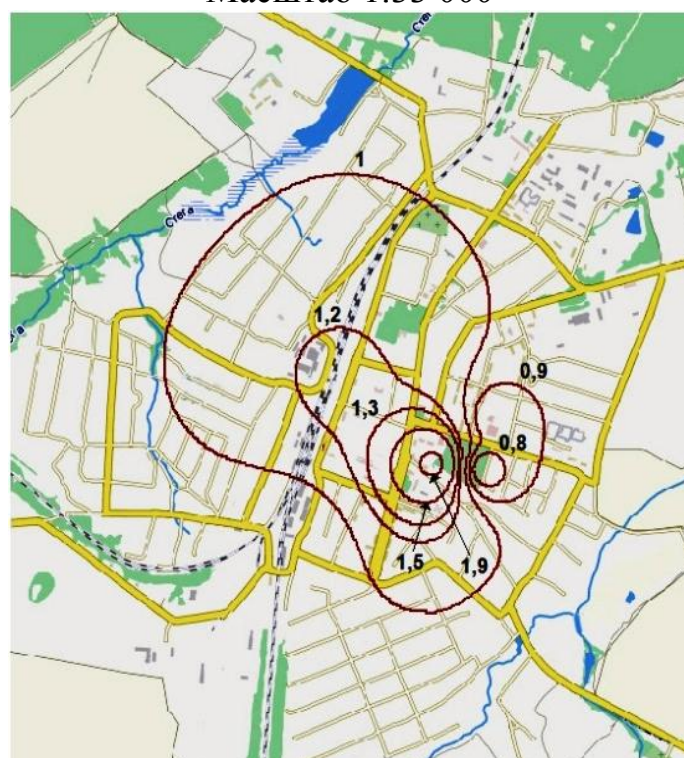


Рисунок 18 - Изолинии валовой концентрации железа (г/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Суземка 2013 г.
Масштаб 1:33 000

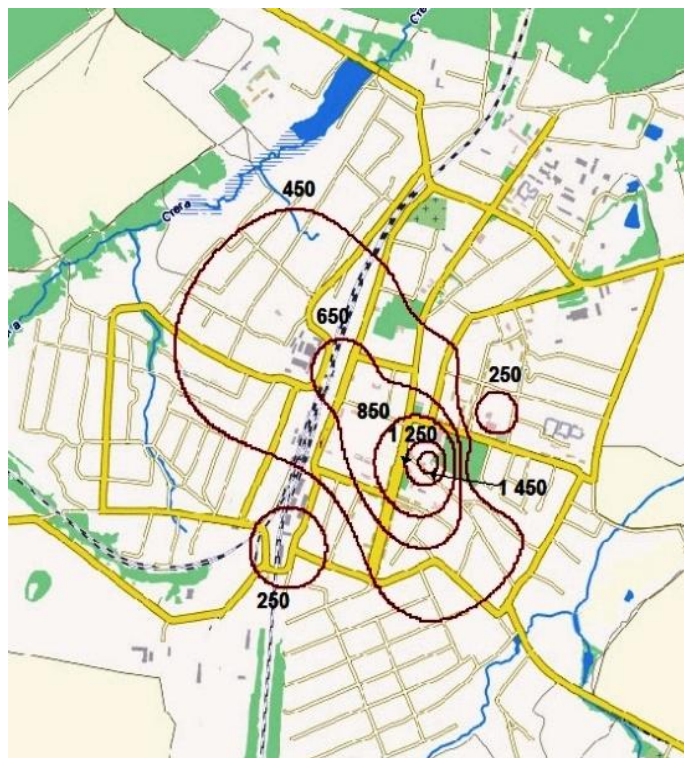


Рисунок 19 - Изолинии валовой концентрации марганца (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Суземка 2013 г.
Масштаб 1:33 000

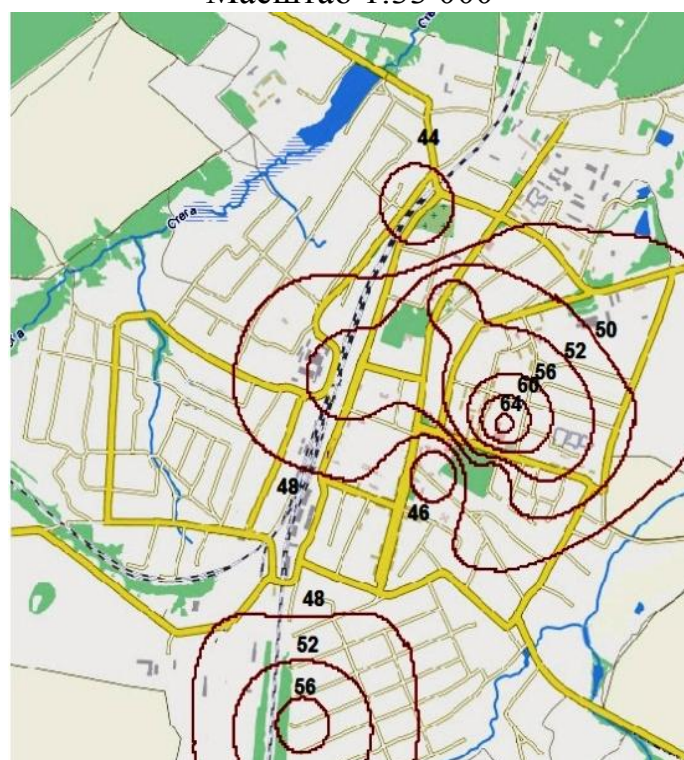


Рисунок 20 - Изолинии валовой концентрации хрома (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Суземка 2013 г.
Масштаб 1:33 000



Рисунок 21- Изолинии валовой концентрации ванадия (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Суземка 2013 г.
Масштаб 1:33 000

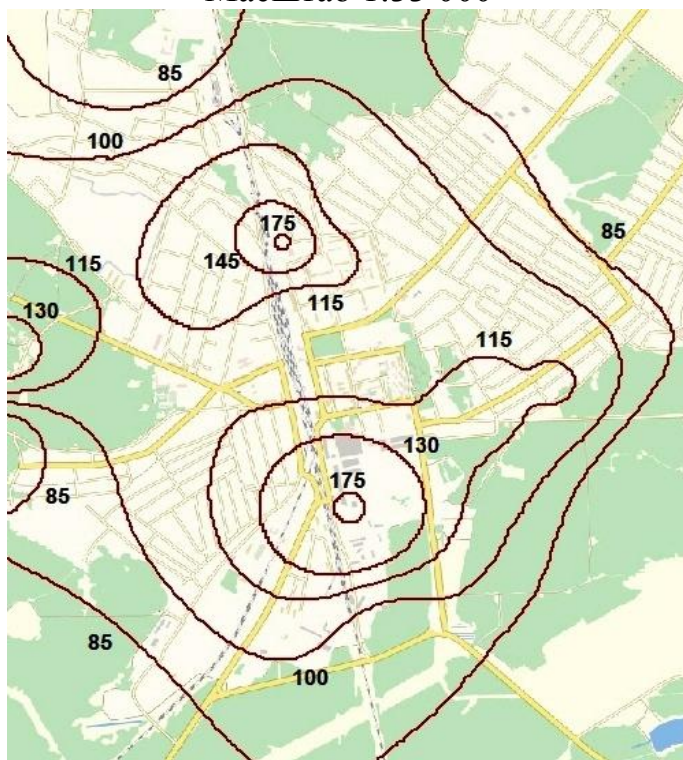


Рисунок 22 - Изолинии валовой концентрации стронция (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Жуковка 2013 г.
Масштаб 1:33 000

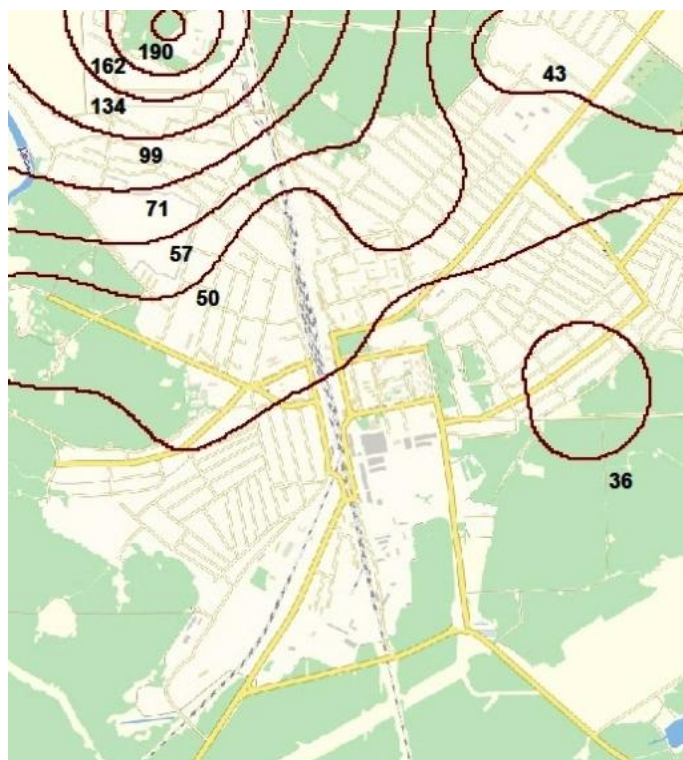


Рисунок 23 - Изолинии валовой концентрации свинца (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Жуковка 2013 г.

Масштаб 1:33 000

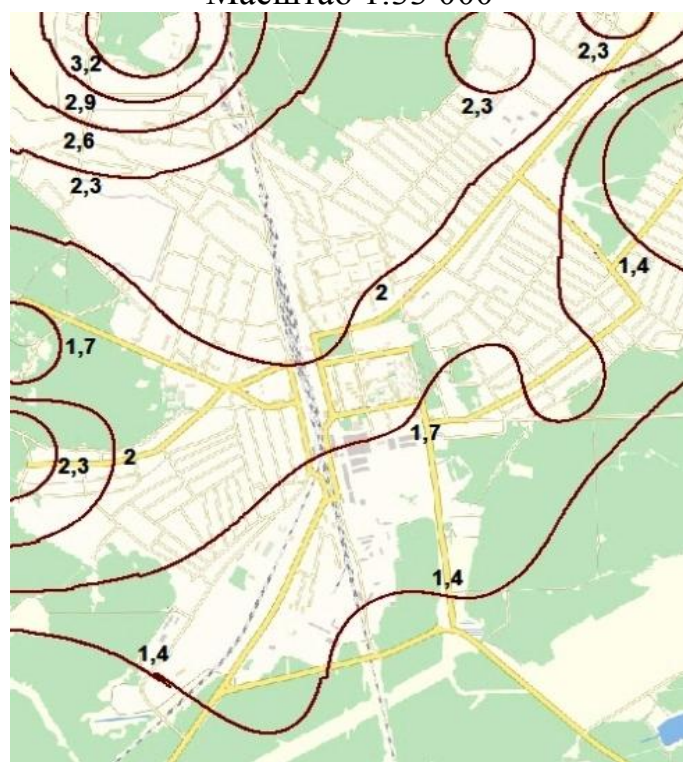


Рисунок 24 - Изолинии валовой концентрации мышьяка (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Жуковка 2013 г.

Масштаб 1:33 000

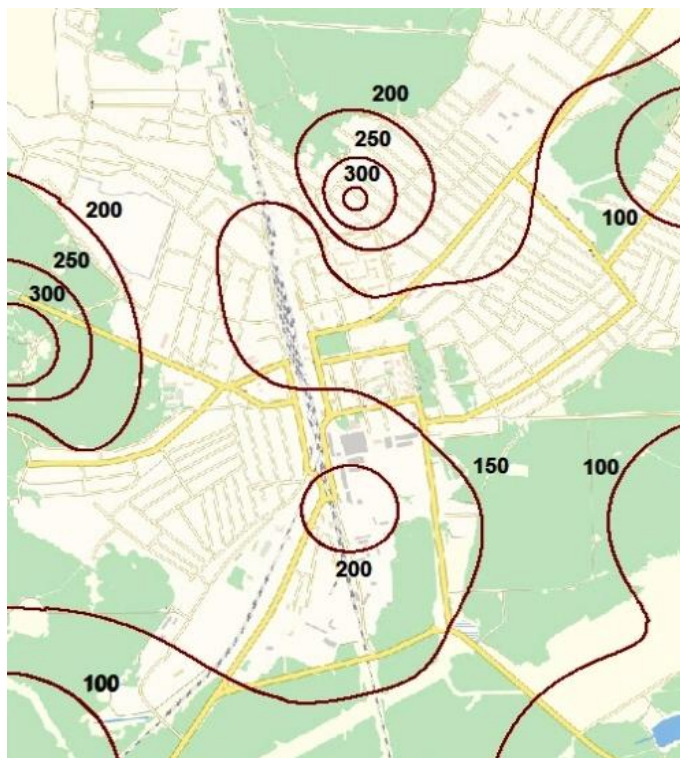


Рисунок 25 - Изолинии валовой концентрации цинка (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Жуковка 2013 г.

Масштаб 1:33 000

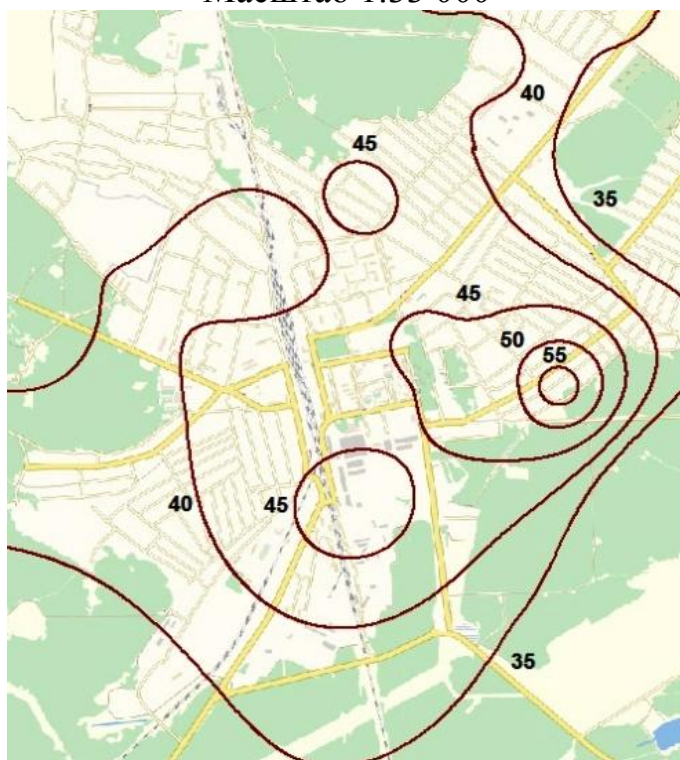


Рисунок 26 - Изолинии валовой концентрации меди (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Жуковка 2013 г.

Масштаб 1:33 000

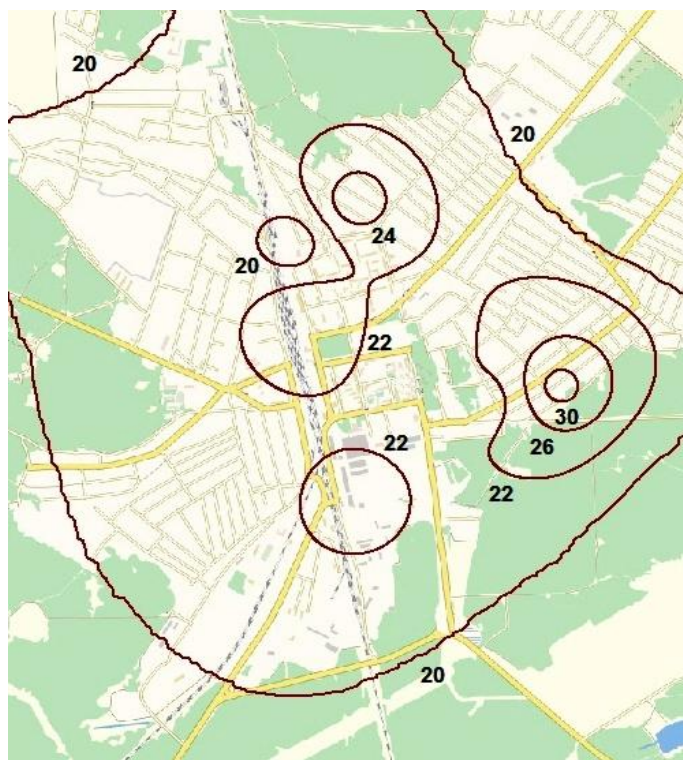


Рисунок 27 - Изолинии валовой концентрации никеля (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Жуковка 2013 г.
Масштаб 1:33 000



Рисунок 28 - Изолинии валовой концентрации железа (г/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Жуковка 2013 г.
Масштаб 1:33 000

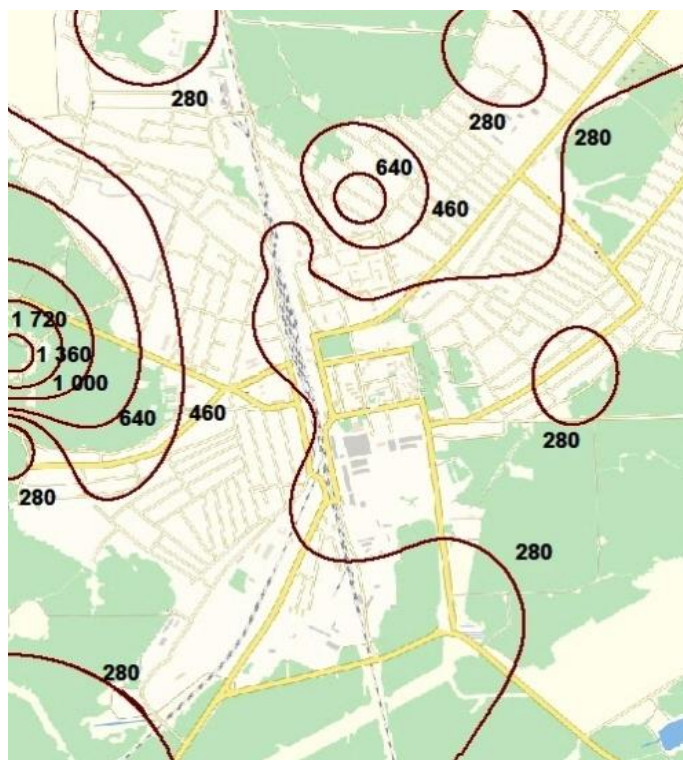


Рисунок 29- Изолинии валовой концентрации марганца (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Жуковка 2013 г.
Масштаб 1:33 000

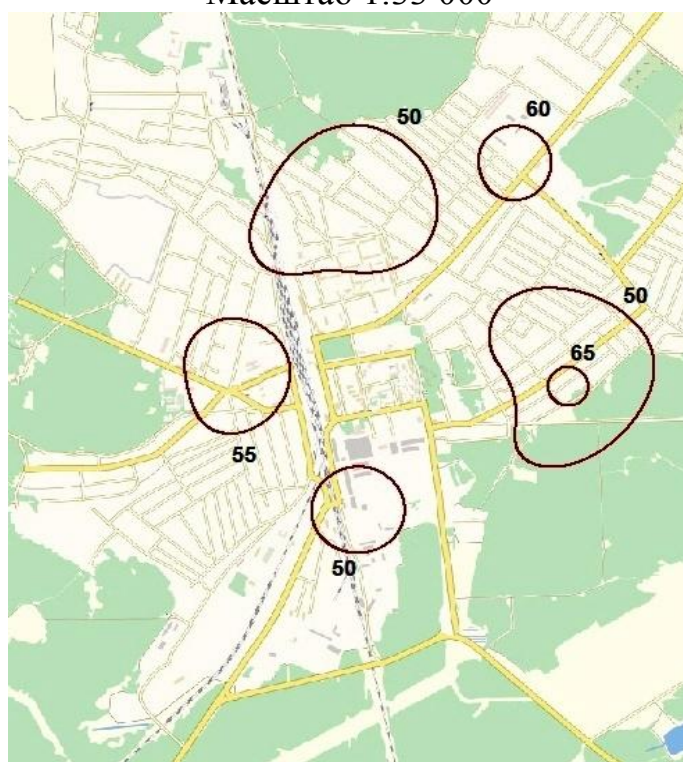


Рисунок 30 - Изолинии валовой концентрации хрома (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Жуковка 2013 г.
Масштаб 1:33 000



Рисунок 31 - Изолинии валовой концентрации ванадия (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Жуковка 2013 г.
Масштаб 1:33 000



Рисунок 32 - Изолинии валовой концентрации титана (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в г. Жуковка 2013 г.
Масштаб 1:33 000



Рисунок 33- Изолинии валовой концентрации стронция (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Навля 2013 г.

Масштаб 1:33 000

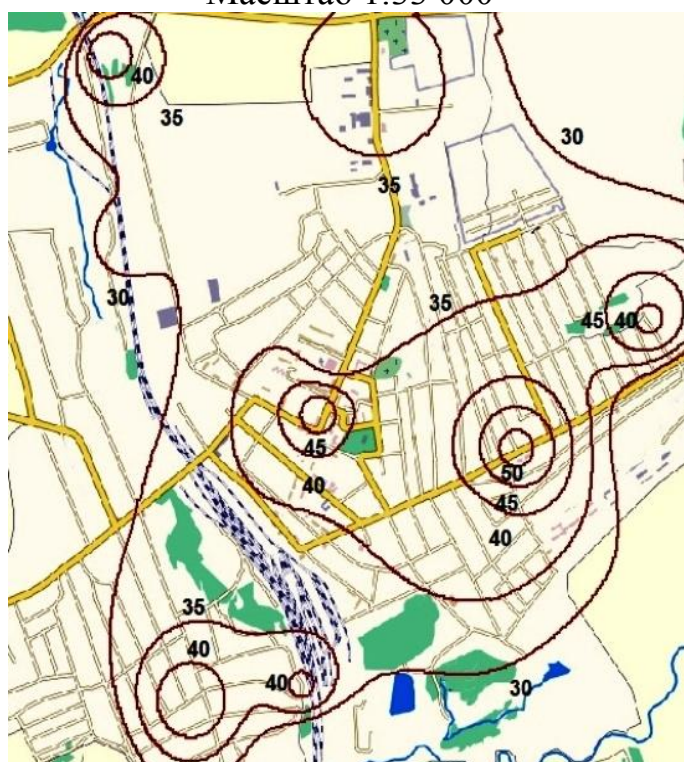


Рисунок 34 - Изолинии валовой концентрации свинца (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Навля 2013 г.

Масштаб 1:33 000

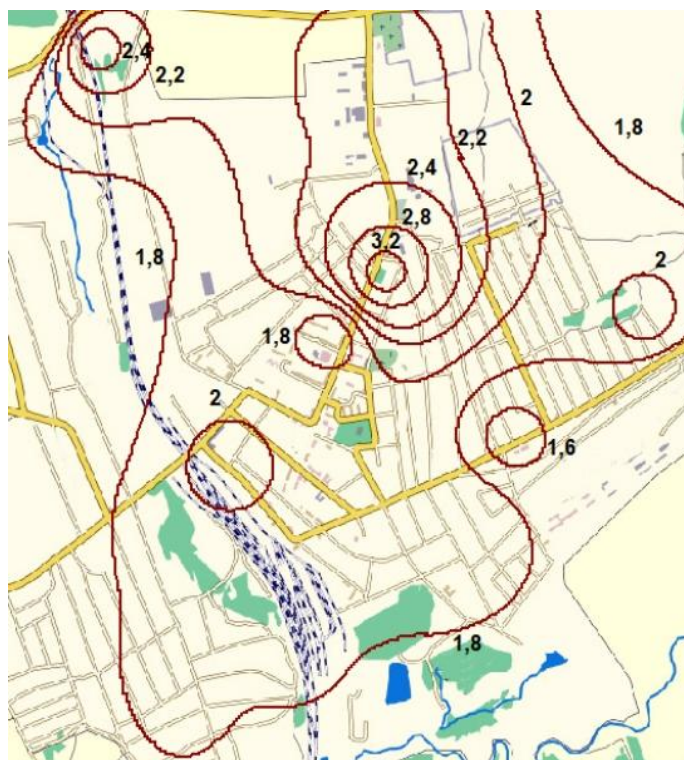


Рисунок 35 - Изолинии валовой концентрации мышьяка (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Навля 2013 г.

Масштаб 1:33 000

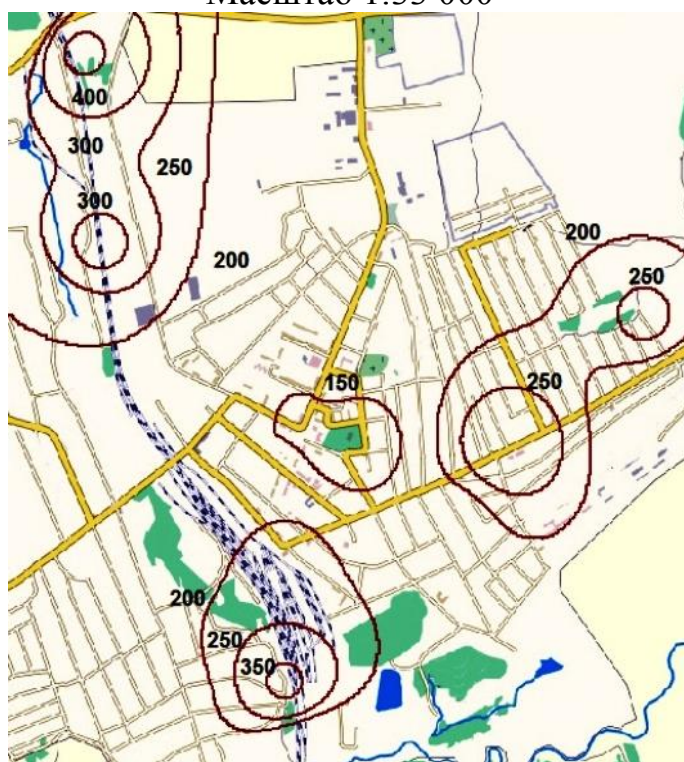


Рисунок 36- Изолинии валовой концентрации цинка (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Навля 2013 г.

Масштаб 1:33 000

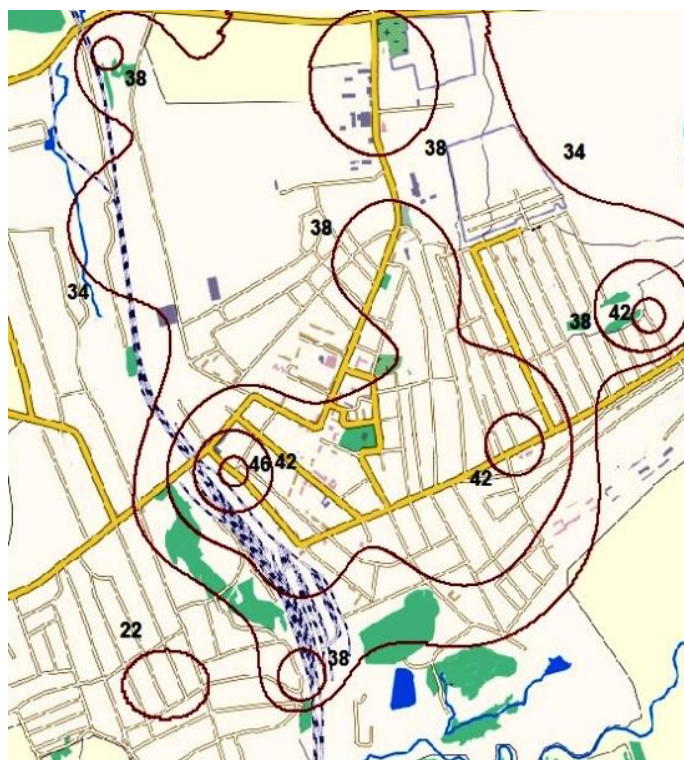


Рисунок 37 - Изолинии валовой концентрации меди (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Навля 2013 г.
Масштаб 1:33 000

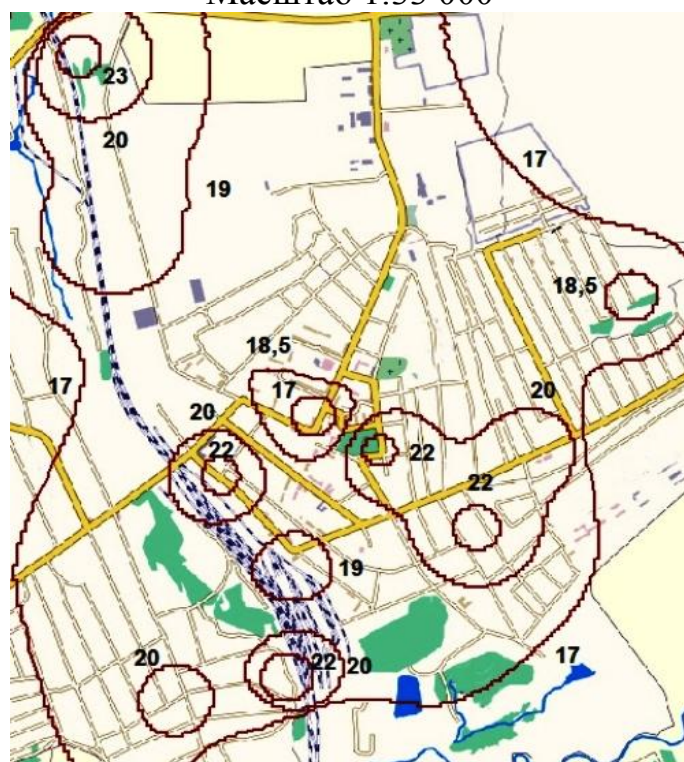


Рисунок 38 - Изолинии валовой концентрации никеля (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Навля 2013 г.
Масштаб 1:33 000



Рисунок 39 - Изолинии валовой концентрации железа (г/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Навля 2013 г.

Масштаб 1:33 000

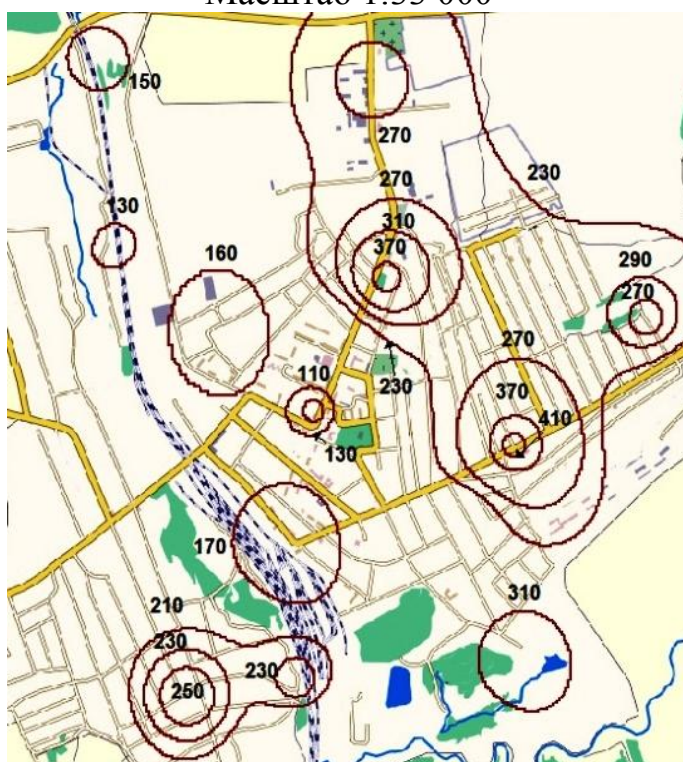


Рисунок 40 - Изолинии валовой концентрации марганца (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Навля 2013 г.

Масштаб 1:33 000



Рисунок 41 - Изолинии валовой концентрации хрома (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Навля 2013 г.

Масштаб 1:33 000



Рисунок 42 - Изолинии валовой концентрации ванадия (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Навля 2013 г.

Масштаб 1:33 000

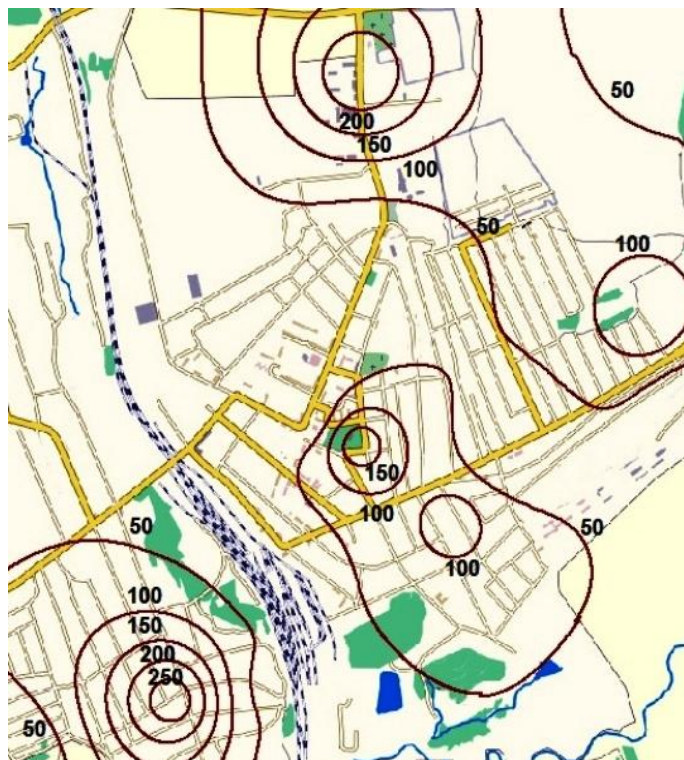


Рисунок 43- Изолинии валовой концентрации титана (мг/кг) в слоевищах эпифитных лишайников в пгт Навля 2013 г.
Масштаб 1:33 000