

Владимирская область  
Муниципальное автономное учреждение дополнительного образования  
г. Владимира «Станция юных натуралистов «Патриарший сад».

**Биологическая оценка состояния почвы и воздушной среды  
некоторых территорий города Владимира**

**Автор работы:** Мещерякова  
Ангелина, обучающаяся МАУДО  
«СЮН «Патриарший сад», учащаяся  
11 класса

**Руководитель:** Лукашина О.А.,  
педагог дополнительного  
образования МАУДО «СЮН  
«Патриарший сад»

Владимир 2019

## Оглавление

Введение .....	3
1. Обзор использованных источников .....	4
2. Природно-климатическая характеристика места исследования .....	5
2.1. Характеристика исследуемых точек на территории г. Владимира.....	6
3. Материалы и методы исследования .....	7
3.1. Показатели и методы, использованные для оценки экологического состояния почв .....	7
3.2. Показатели и методы, использованные для оценки качества воздушной сред по показателям жизненного состояния ели колючей .....	8
4. Результаты исследования.....	10
4.1.Физико-химические свойства исследованных почв г. Владимира.....	10
4.2.Биологическая оценка состояния почв различных территорий города ....	13
4.3.Биоиндикация воздушной среды исследуемых территорий города Владимира по показателям жизненного состояния ели колючей .....	15
Выводы .....	22
Список использованных источников .....	22
Приложение .....	24

## **Введение**

Экологическое состояние урбанизированных территорий требует особого внимания. Транспорт, промышленность, процессы строительства оказывает постоянное техногенное воздействие на почвенную систему города, что приводит к изменению химических, физических, микробиологических и биохимических свойств и нарушению способности выполнять важные экологические функции. Воздействие токсикантов приводит к значительному ухудшению состояния древесных насаждений города, которые, в том числе, имеют значимую биоиндикационную роль в оценке качества воздуха. Актуальной проблемой становится поиск объективных и достаточно простых в исполнении методов диагностики состояния почвы и качества атмосферного воздуха биологическими методами. Биологический мониторинг, основанный на ответной реакции живых организмов на негативное воздействие загрязняющих веществ, позволяет достоверно оценить токсические свойства исследуемых сред различных территорий г. Владимира, отличающихся степенью антропогенной нагрузки на почвенно-растительный покров.

Целью исследования явилась биологическая оценка состояния почвы и воздушной среды некоторых территорий города Владимира.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Найти и проанализировать литературу по заданной теме.
2. Оценить состояние почвы по физико-химическим показателям: кислотности (по KCl), концентраций нитрат-ионов и азота нитратов, обменных кальция и магния, хлоридов, сульфатов, подвижных соединений фосфора, ионов аммония, удельной электропроводности (солесодержанию).
3. Оценить уреазную активность городской почвы исследуемых территорий.
4. Оценить токсичность исследуемых почвенных проб методом биотестирования с помощью водоросли хлореллы обыкновенной.
5. Оценить состояние атмосферного воздуха на исследуемых точках г.Владимира с использованием биоиндикационных особенностей ели колючей (*Picea pungens* Engelm.).

## 1. Обзор использованных источников

Многими исследователями (Муравьев А.Г., Каррыев Б.Б., Ляндзберг А.Р., 2015; Забелина О.Н., Феоктистова И.Д., 2012; Строганова М.Н., 1997; др.) доказана значимость оценки экологического состояния почв урбанизированных территорий по физико-химическим показателям [2,18,23,25]. Для определения состояния городской среды широко используют методы биотестирования и биодиагностики, основанные на ответной реакции живых организмов на негативное воздействие загрязняющих веществ, дающие достоверную информацию о ее качестве (Терехова В.А., 2011; Маячкина Н.В., 2009; Мелехова О.П., Егорова Е.И., 2007; др.) [3]. Тест-объектами могут служить микроорганизмы, растения, животные. Преимущества биологических методов: быстрота проведения, доступность и простота проведения экспериментов, воспроизводимость, экономичность, объективность полученных данных (Касаткина Т.А., Цыпленков В.П., 2005; др.) [3,13].

При определении степени токсичности почв методами биотестирования большое значение имеет оценка *ферментативной активности почвы*. Биологическую активность почвы обуславливает общее содержание в почве определенного запаса ферментов, которые выделяются как в процессе жизнедеятельности растений и почвенных микроорганизмов, так и аккумулируется почвой после разрушения отмерших клеток. Исследования различных авторов (Аристовская Т.В., 1989; Забелина О.Н., 2011; Чеснокова С.М., 2004; Феоктистова М.Д., 2012; др.) свидетельствуют, что активность почвенных ферментов может быть использована как дополнительный диагностический критерий почвенного плодородия, а изменение ферментативной активности может сигнализировать об антропогенном воздействии - загрязнении почвы тяжелыми металлами, нефтепродуктами, которые оказывают ингибирующее влияние на общую биологическую активность почвы [8,14,24,25].

В качестве чувствительных индикаторов токсичности почвы используется культура зеленой одноклеточной водоросли хлореллы обкновенной. Определение токсичности проб водных вытяжек почвы оценивается по изменению оптической плотности тест-культуры водоросли. Критерием токсичности воды является снижение на 20% и более (подавление роста) или увеличение на 30% и более (стимуляция роста) величин оптической плотности культуры водоросли, выращиваемой в течение 22 часов на тестируемой водной среде по сравнению с ее ростом в контроле [13,22].

Фитоиндикация, биоиндикация качества окружающей среды с помощью растений, осуществляется по ответной реакции древесных растений на действие антропогенных факторов. Ель колючая (*Picea pungens*) - один из самых распространенных видов растений-индикаторов, используемый в мониторинге окружающей среды, очень чувствительна, повсеместна, возможна круглогодичная индикация [19,21]. За последние десятилетия отечественными и зарубежными авторами накоплен значительный объем

фактического материала по изучению антропогенного воздействия на различные аспекты жизнедеятельности древесных насаждений, в том числе ели колючей (Криволицкий, 1988; Залесов, 2007; Кузнецов, 1998; Башаркевич, 1999; Торопова, Берлинская, 1998; Хенкин, 1987; Мусин, 1993; Дружкина, 2007; Авдеева, 2007; Усольцев, 1995; Майдебура, 2006; Васильев, 1988; Аксенова, 2008; Турмухаметова, 2009). Оценка жизненного состояния хвойных, в том числе и ели колючей, в условиях города проводилась различными исследователями: И.С. Майдебура, Т.Н. Чупахина, А.С., Боголюбов, М.В.Кравченко, 1999; Прожерина Н.А., 2001; Ярмишко В.Т., Герасимов А.О., 2003; Аткина Л.И., Вишнякова С.В., 2007, и др. [1,10,20,31].

Известно, техногенное воздействие оказывает влияние на весь комплекс биометрических, морфометрических показателей, снижается продолжительность жизни и охвоенность ели колючей в целом (Прожерина А.В., 2001; Неверова О.А., Ю.А.Буйволов, Зотова Н.А., 2012) [19,21] .

## **2. Природно-климатическая характеристика места исследования**

В городе Владимире преобладают урбанизированные светло-серые лесные среднесуглинистые почвы. Климатические условия характеризуются как умеренно-континентальные с хорошо выраженными сезонами года. Место проведения исследования расположено в зоне достаточного увлажнения со среднегодовым количеством осадков 610-560 мм. Источники загрязнения (автотранспорт и различные предприятия) выбрасывают в атмосферу такие загрязняющие вещества как диоксиды углерода, серы, озон, фтористый водород, оксиды азота, свинца, периацетилнитрат (ПАН), аэрозоли тяжелых металлов (цинка, хрома, марганца, железа, меди), углеводороды, пылевидные частицы. Уровень загрязнения городской среды соответствует среднестатистическим показателям городов России. Последние годы наблюдается тенденция увеличения повышения объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников.

В озеленении города Владимир широко применяются хвойные древесные насаждения, в том числе, ель колючая форма голубая. Нами проведены наблюдения за посадками ели колючей, произрастающими в насаждениях разных экологических категорий: в посадках вдоль крупнейших магистральных улиц, перекрестков, насаждениях санитарнозащитных зон предприятий. В качестве фона выбрана территория села Борисовское Суздальского района Владимирской области.

Локальными источниками техногенного загрязнения городской среды можно считать крупные автомагистрали, а также несанкционированные свалки бытовых и строительных отходов.

## 2.1. Характеристика исследуемых точек на территории г. Владимира

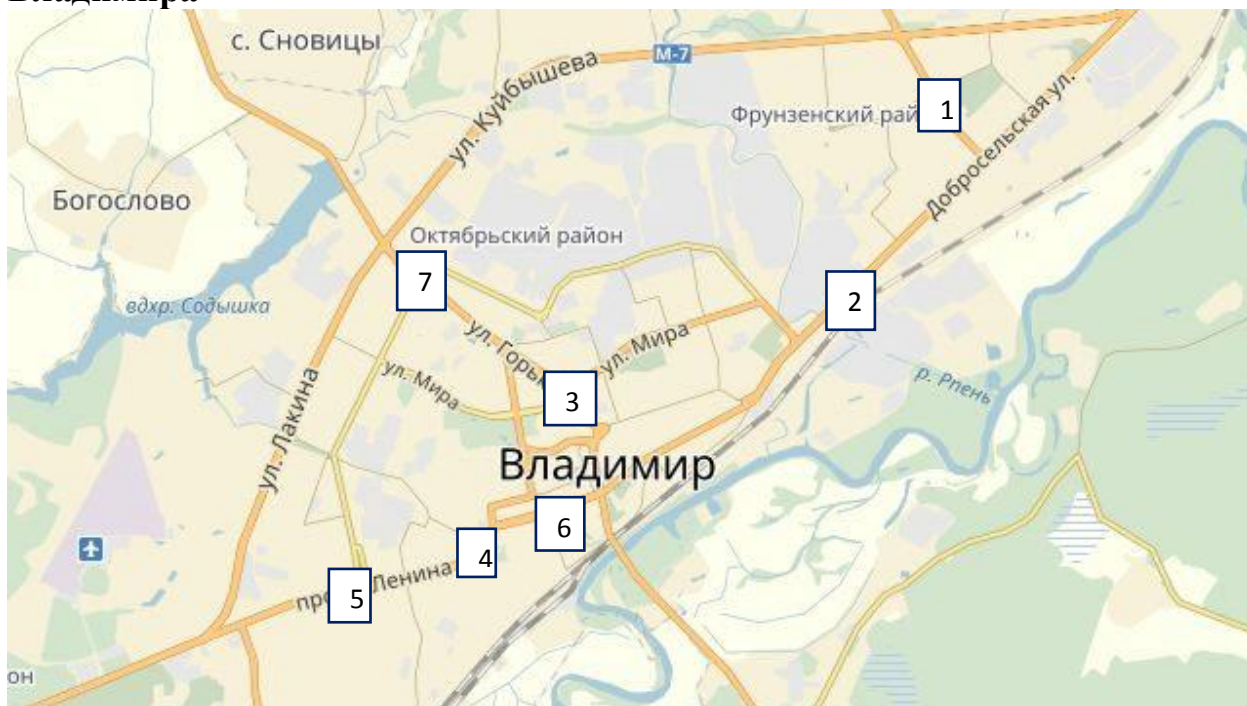


Рис. 2.1. Расположение точек отбора проб на карте

*Точка №1. Перекресток Суздальский проспект- ул. Куйбышева*

Проходит автомагистраль М-7 Москва – Нижний Новгород. Характеризуется высокой интенсивностью движения автотранспорта. Расстояние до автодороги 2,5 м.

*Точка №2. Остановка Химзавод*

Восточная промзона города. Расположены ТЭЦ, мебельный комбинат, завод «Автоприбор», химический завод, железнодорожная станция и др. Кроме еловых насаждений древесно-кустарниковая растительность представлена липой мелколистной и боярышником кроваво-красным, кленами остролистным и американским. Расстояние до автодороги 1,5 м.

*Точка №3. Ул. Мира*

Перекресток улиц Мира и Горького с достаточно интенсивным движением транспорта. Еловые насаждения находятся у здания администрации города Владимира. Расстояние до автодороги 3,5 м.

*Точка №4. Садовая площадь*

Садовая площадь – территория у здания Гостиницы «Заря» и областной филармонии. Расстояние до автодороги 1,9 м.

*Точка №5. Проспект Ленина.*

Остановка Кинотеатр Буревестник, насаждения у здания Областного суда. Кроме еловых насаждений встречается липа мелколистная. Расстояние до автодороги 2,3 м.

*Точка №6. Станция юннатов «Патриарший сад»*

Сад расположен в центре города, является популярным местом отдыха жителей и гостей города. Имеет уникальный ландшафт и особо

благоприятный микроклимат. Окружен с трех сторон возвышенностями и представляет собой рельефную впадину с перепадами высот до 33 метров. Расстояние до автодороги 154 м.

*Точка №7. Ул. Горького*

Остановка Гастелло. Перекресток улицы Горького и проспекта Строителей. Расстояние до автодороги 2,1 м.

*Точка №8. Село Борисовкое Суздальского района Владимирской области.*

Село находится в 30 км от города, еловые насаждения произрастают на окраине, в юго-восточной части.

### 3. Методики и материалы исследований

#### 3.1. Показатели и методы, использованные для оценки экологического состояния почв

Сбор и обработка проб проводилась по стандартным методикам, ГОСТ, МВИ, ПНД [1,6,14,17]. Анализ проводился в трех повторностях. Химический анализ производился с помощью ранцевой полевой лаборатории НКВ-Р (ЗАО «Крисмас+», производство Санкт-Петербург) [2,18,22,24].

Таблица 3.1

#### Физико-химические показатели почвы

рН KCL	Колориметрический метод (ГОСТ 26483-90)
Нитрат-ионы и азот нитратов	Колориметрический метод (ГОСТ 26483)
Обменные кальций и магний	Комплексометрическое титрование (ГОСТ 26487-85)
Хлориды	Аргентометрическое титрование ИСО 9297, МВИ-02-144-09, ПНД Ф 14.1:2.96-97.
Сульфаты	Титриметрический метод ПНД Ф 14.1:2.107—97.
Аммоний	Колориметрический метод (ГОСТ 26483)
Подвижные соединения фосфора	метод Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 54650)
Удельная электропроводность	Кондуктометрический (DIST 4 NANNA INST.)

**Биологическая активность почвы оценивалась по методике Т.В. Аристовской по уреазной активности.** Анализируемые образцы очищали от неразложившихся растительных остатков. Почву подвергали измельчению, затем просеивали через сито с размером ячеек 1 мм. Навеску почвы равную 50 г помещали в чашку Петри. Мочевину в количестве 0,5 г растворяли в небольшом количестве воды, затем добавляли в каждую чашку. Полоску фильтровальной бумаги пропитывали универсальным или другим работающим в широком диапазоне рН индикатором, крепили к внутренней поверхности крышки чашки Петри. После добавления мочевины чашки Петри помещали во влажную камеру, а затем в термостат (теплое место). Скорость

увеличения щелочности воздуха над почвой являлась показателем биологической активности почвы [14].

**Биотестирование токсического загрязнения почвы с использованием в качестве тест-объекта зеленой протококковой водоросли хлореллы обыкновенной.** Методика определения острой токсичности проб по изменению оптической плотности тест-культуры зеленой протококковой водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) основана на регистрации различий в оптической плотности тест-культуры водоросли хлорелла (с помощью ИПС-03), выращенной на среде, не содержащей токсических веществ (контроль) и тестируемых проб водных вытяжек из почвы (1:10). О степени токсического воздействия тестируемой вытяжки на водоросли судят по разнице величины оптической плотности тест-культуры в контрольных и опытных вариантах после 22 часов выращивания в культиваторе КВМ-05. С этой целью для каждого разведения по результатам четырех параллельных определений вычисляют среднее значение оптической плотности. Рассчитывали относительную (в %) разницу средней величины оптической плотности для каждого разведения по сравнению с контролем (I) (формула 1):

$$I = \frac{(\bar{D}_k - \bar{D}_o)}{\bar{D}_k} \times 100, \quad \text{формула 1}$$

где  $\bar{D}_k$  и  $\bar{D}_o$  - средние значения оптической плотности в контроле и в опыте, соответственно. Критерием токсичности пробы воды является снижение средней величины оптической плотности по сравнению с контрольным вариантом на 20 % и более в случае подавления роста тест-культуры или ее повышение на 30 % и более - при стимуляции ростовых процессов [13,22].

### **3.2. Показатели и методы, использованные для оценки качества воздушной среды по показателям жизненного состояния ели колючей**

#### **Жизненное состояние кроны**

При оценке жизненного состояния (ОЖС) в качестве основных параметров выбраны интегральные показатели: плотность кроны, наличие мертвых сучьев на стволе и степень повреждения хвои (площадь некрозов, хлорозов, пятнистостей и объеданий) [1,20,31].

#### **Плотность кроны**

Плотность кроны определяется системой ветвления. По плотности различают три типа крон:

Массивные, плотные (просветы составляют до 25%). Они же подразделяются на плотные цельнокомпактные (крона составляет единое целое) и плотные раздельно-компактные (кроны из отдельных плотных масс ветвей и листьев или ярусно размещенных);

средней плотности (просветы составляют от 25 до 50%);

легкие сквозистые (просветы составляют 50% и более).

Древесные растения с плотной кроной хорошо защищают от пыли и ветра, создают хорошую тень. Древесные растения с неплотной кроной хороши для архитектурных композиций [1,16].

**Определение градации древостоя по его жизненному состоянию (метод В.Т. Ярмишко, модификация Алексеева, 2005)**

Класс 0 – Здоровые деревья – допускается наличие повреждений не более 5% общей площади;

Класс 1 – Ослабленные деревья – слабоажурная крона, повреждение насекомыми и болезнями не более 30-40% хвои, усыхание отдельных ветвей в нижней трети кроны, хлорозы и некрозы не более 10% площади хвои дерева.

Класс 2 – Сильно ослабленные деревья – ажурная крона, повреждение и усыхание до 60-70% хвои, суховершинность, сухие ветви в средней и верхней частях кроны, значительные повреждения и поражение ствола, корневых лап, укороченный прирост или его полное отсутствие, хлорозы и некрозы более 10% площади хвои всех возрастов, снижение продолжительности хвои в 2-3 раза.

Класс 3 – Усыхающие деревья – сильно поврежденная крона или отдельные живые ветви с повреждением более 70-80% листвы или хвои, отсутствие текущего прироста по высоте, по стволу и корням насечки и единичные свежие поселения столовых вредителей. Оставшаяся на деревьях хвоя хлоротична, отличается бледно-зеленым, желтоватым или оранжево-красным цветом.

Класс 4 – Свежий сухостой – деревья с желтой и бурой хвоей или без нее, усохшие в текущем году, по стволу свежие поселения короедов.

Класс 5 – Старый сухостой – деревья, усохшие в прошлые годы, хвоя и листва отсутствуют, кора, и мелкие веточки легко отваливаются, стволовые вредители вылетели.

**Длина хвои (второго года жизни):** класс №1 (0.5 - 1см.), класс №2 (1.6 - 2.5см.), класс №3 (2.6 - 4см.)

**Масса 50 хвоинок (второго года жизни).** Определение массы проводилось электронными весами DIGITAL SCALE PROFESSIONAL-MINI до 0,01 г.

**Оценка повреждения игл (50 хвоинок второго года жизни):**

**Оценка повреждения хвои (желтые или черные пятна)**

Класс повреждения хвои: 1 - хвоинки без пятен, 2 - хвоинки с небольшим числом пятен, 3- хвоинки с большим числом черных и желтых пятен, некоторые из них крупные, во всю ширину хвоинки

**Оценка усыхания хвои:** классы 1- нет сухих участков, 2-кончик 2-2мм усох и пожелтел, 3- усохло до 1/3 длины, 4- вся хвоинка желтая, более 1/2 длины сухая. Надо иметь в виду, что шипик на конце хвоинки всегда более светлый, поэтому его окраска не включается в оценку.

**Продолжительность жизни хвои**

**Охвоенность побега второго года жизни** – количество хвоинок на 1 см побега второго года жизни.

**Экспресс-оценка загрязнения воздуха [1,20]**

Максимальный возраст хвои	Класс повреждения хвои на побегах второго года жизни		
	1	2	3
7	I	I-II	III
6	I	II	III-IV
5	II	III	IV-V
4	III	IV	IV-V
3	III	IV	V-VI
2	III	-	VI

Условные обозначения степени загрязнения воздуха: I – идеально чистый; II – чистый; III - относительно чистый («норма»); IV – загрязненный («тревога»); V – грязный («опасно»); VI – очень грязный («вредно»); прочерком обозначены невозможные сочетания.

**Методы статистической обработки**

Статистическая обработка проводилась при помощи программы Microsoft Office Excel для вычисления следующих показателей: средних арифметических значений, стандартного отклонения, корреляции показателей, статистической значимости различий по t -критерию Стьюдента ( $p < 0,05$ ).

**4. Результаты исследования и их интерпретация****4.1. Физико-химические свойства исследованных почв г. Владимира**

В верхнем слое городских почв реакция среды (кислотность) изменялась в интервале  $pH_{KCl}$  6,76 -7,33. Близко к нейтральной реакции обладает почвы «Патриаршего сада» (рис.4.1.1.).

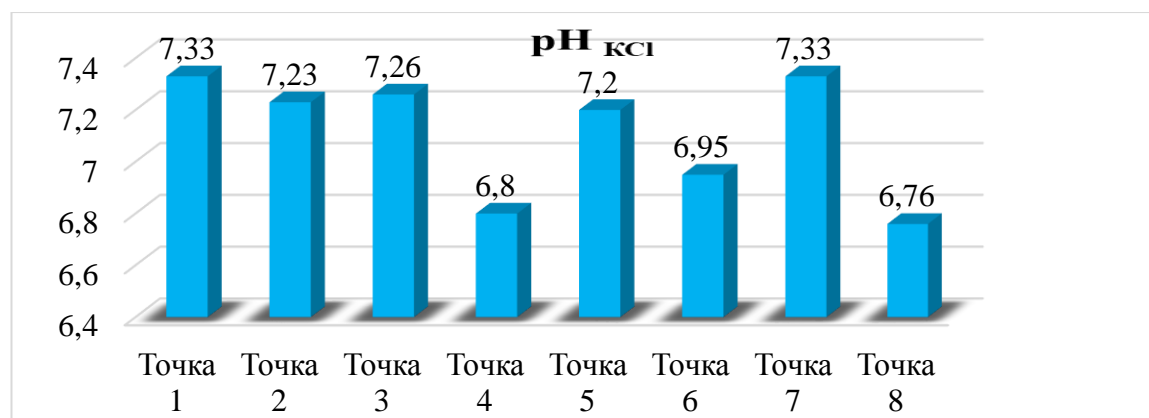


Рис. 4.1.1. Кислотность исследованных почв г. Владимира.

Отмечен небольшой рост показателей концентрации обменных кальция и магния в исследованных почвах, для точек №1,2,4 (Суздальский проспект, Остановка Химзавод и Садовая площадь) (рис.4.1.2.).

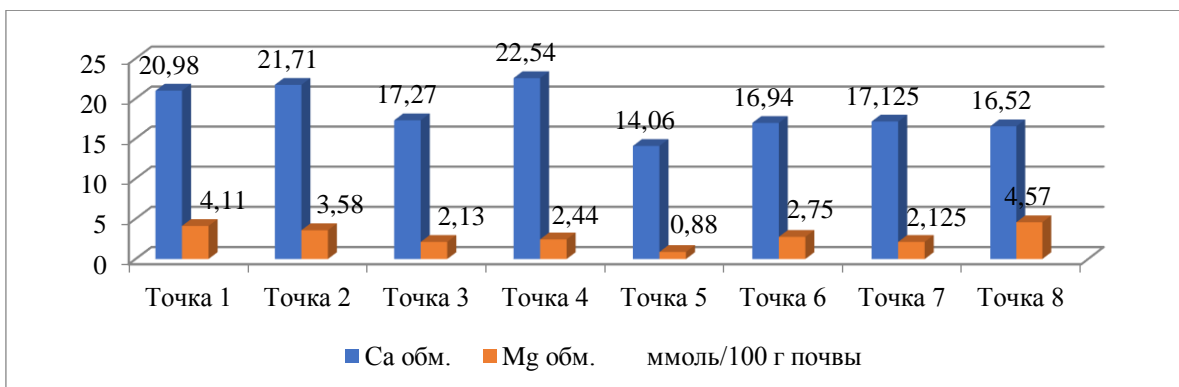


Рис. 4.1.2. Содержание обменных кальция и магния в исследованных почвах г. Владимира.

В большинстве проб обнаружено повышенное содержание нитрат-ионов (азота нитратов). Достоверное снижение ( $p < 0,05$ ) установлено в точках №№1,5 (Перекресток Суздальский проспект и пр-т Ленина). Избыточное количество  $N-NO_3^-$  и  $NO_3^-$  имеют точки №№ 2,3,4. Предполагаем, что высокая интенсивность процессов аммонификации и нитрификации вызвано загрязнением территорий бытовым мусором, высоким содержанием органики, выгулом домашних животных. В точках № 2,3,4 ПДК превышен в 1,5 – 1,88 раза (ПДК 130 мг/кг). (рис. 4.1.4.).

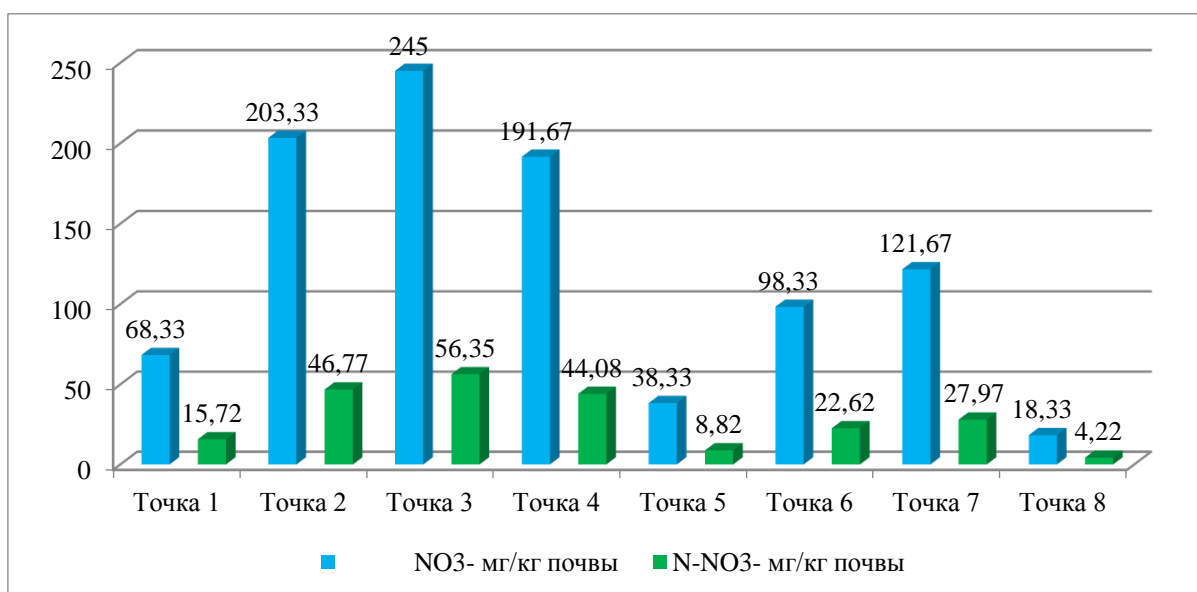


Рис. 4.1.5. Содержание азота в исследованных почвах г. Владимира в нитратной форме.

Почвы исследованных территорий г. Владимира характеризуются низким содержанием сульфатов и хлоридов (рис.4.1.3., рис. 4.1.4.).

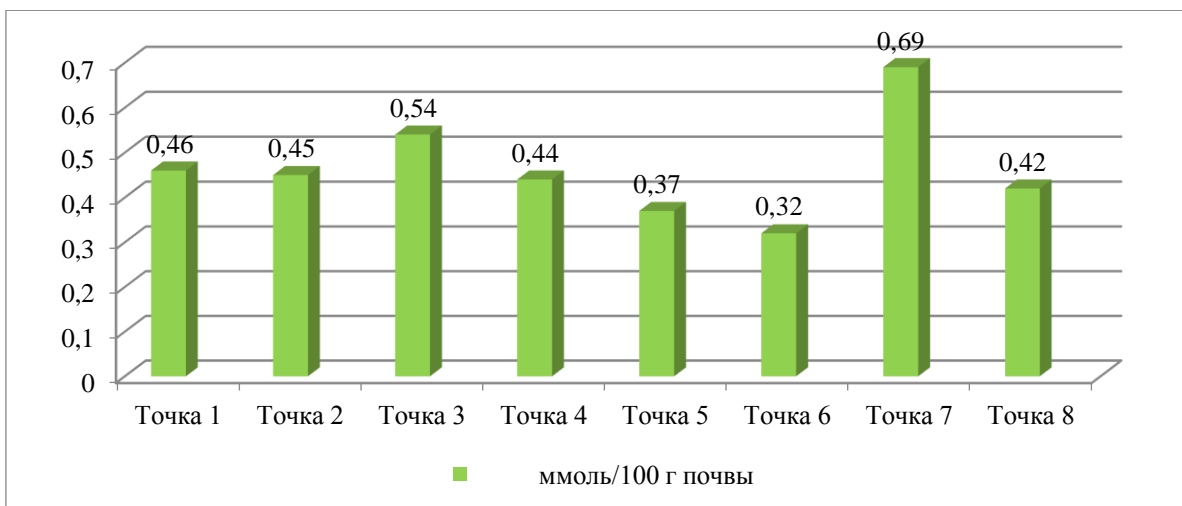


Рис. 4.1.3. Содержание сульфатов в исследованных почвах г. Владимира

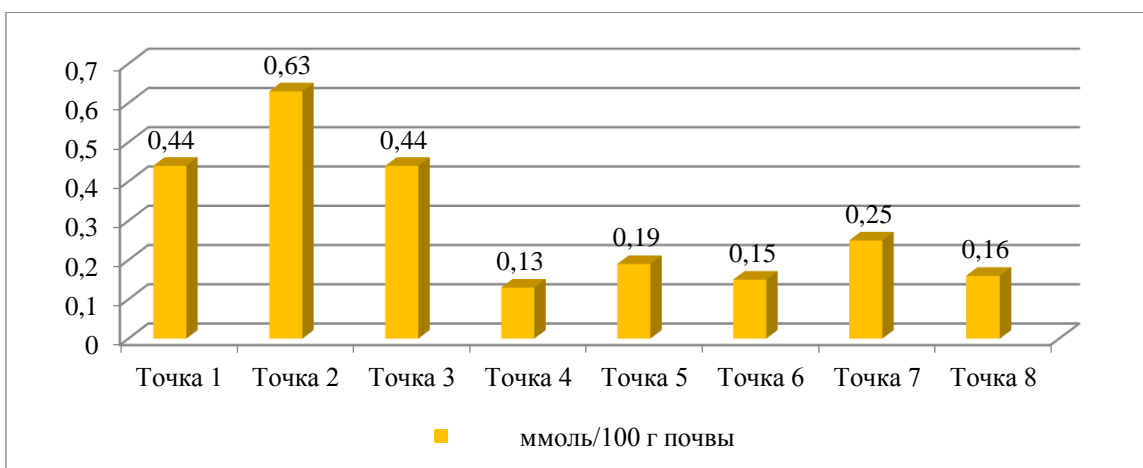


Рис. 4.1.4. Содержание хлоридов в исследованных почвах г. Владимира.

Исследуемые пробы почвы характеризовались высокой обогащенностью подвижными формами фосфора ( $P_2O_5$  от 116,5 до 754,1 мг/кг почвы) (рис. 4.1.5).

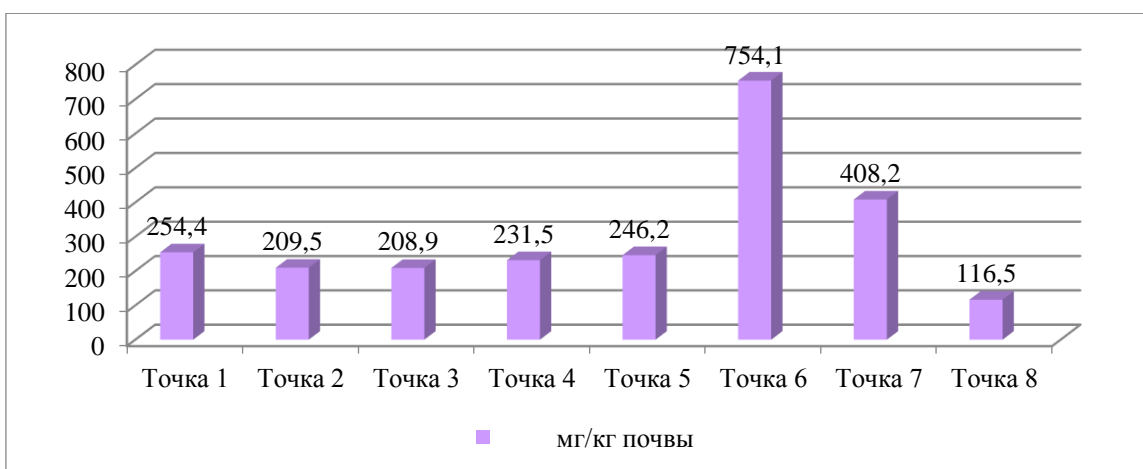


Рис. 4.1.5. Содержание подвижных соединений фосфора в исследованных почвах г. Владимира.

Более высокое содержание ионов аммония обнаружены в пробах №1 и 5) (рис. 4.1.6).

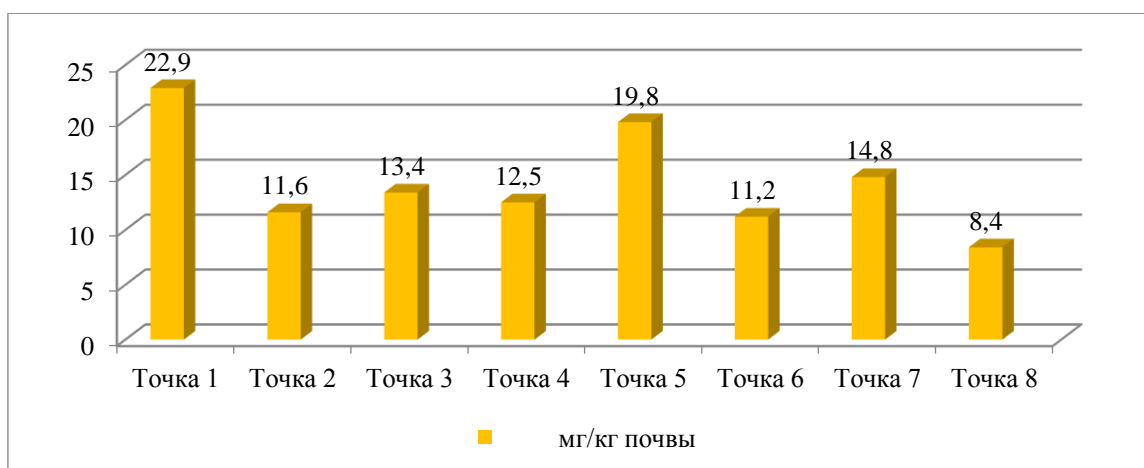


Рис. 4.1.6. Содержание ионов аммония в исследованных почвах г. Владимира

В результате исследования физических свойств городской почвы по показателям удельной электропроводности, определяющих концентрацию солей (хлоридов, сульфатов, карбонатов и др.), выявлено, что исследованные почвы относятся к слабозасоленным (удельная электропроводность  $EC_{1:5} < 2$ ) (табл. 4.1.2.).

Таблица 4.1.2.

#### Удельная электропроводность ( $EC_{1:5}$ ) почвы г. Владимира

Место отбора почвенных проб	$EC_{1:5}$ , мСм/см ± стандартное отклонение
Точка №1. Перекресток Суздальский проспект - Куйбышева	0,57±0,05
Точка №2. Остановка Химзавод	0,67 ±0,03
Точка №3. Ул. Мира	0,59±0,02
Точка №4. Садовая площадь	0,45±0,03
Точка №5. Проспект Ленина	0,40±0,06
Точка №6. Станция юннатов «Патриарший сад»	0,41±0,01
Точка №7. Ул. Горького	0,39±0,04
Точка №8. Село Борисовское	0,41± 0,02

## 4.2. Биологическая оценка состояния почв различных территорий города

Быстрое нарастание активности уреазы и высокая скорость разложения мочевины отмечена в почвенных образцах точек №№ 1,2, 3,4. Предполагаем, что содержание нефтепродуктов и тяжёлых металлов на данных территориях наибольшее (табл. 4.2.1.). В ходе исследования нами сравнивалось время увеличения щелочности паров, находящихся в равновесии с почвой в присутствии мочевины, за которое рН достигал значения 8, так как данное значение рН паров над почвой было достигнуто во всех пробах. Плавный, без

резких колебаний процесс разложения мочевины наблюдался в почвенных пробах, собранных на удалении от источников техновоздействия.

Таблица 4.2.1.

**Активность фермента уреазы в почвах г. Владимира  
(время увеличения рН в часах)**

Место отбора проб	Время увеличения щелочности воздуха над почвой, ч.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	24
	Значение рН паров над почвой									
Точка №1. Перекресток Суздальский проспект - Куйбышева	6,5	7	8	8,5	8,5	9	9	9	9	10
Точка №2. Остановка Химзавод	7,5	7,5	8	8	8,5	8,5	9	9	10	10
Точка №3. Улица Мира	6,5	7	7,5	8	8,5	8,5	8,5	9	10	10
Точка №4. Садовая площадь	6,5	7,5	7,5	8	8,5	9	9	9	9	10
Точка №5. Проспект Ленина	6	6	7	7,5	7,5	7,5	8	8	9	9
Точка №6. Станция юннатов «Патриарший сад»	6	7	7	7	7,5	7,5	7,5	7,5	8	9
Точка №7. Улица Горького	6	7	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	8	8	9
Точка №8. Село Борисовское	6	7	7	7	7	7	7	8	8	9

**Биотестирование загрязнения почвы по оптической плотности суспензии хлореллы обыкновенной**

Из результатов эксперимента следует (рис. 4.2.1.), что исследуемые пробы почвенных вытяжек (соотношение почвы и воды 1:10) подавляют рост тест-культуры водоросли. Во всех случаях разница D в сравнении с контролем превысила порог в 20 % (критерий токсичности 36,14-85,91). Высокая разница величин (гипертоксичность) наблюдается на перекрестках и остановках, точках №№1-4.

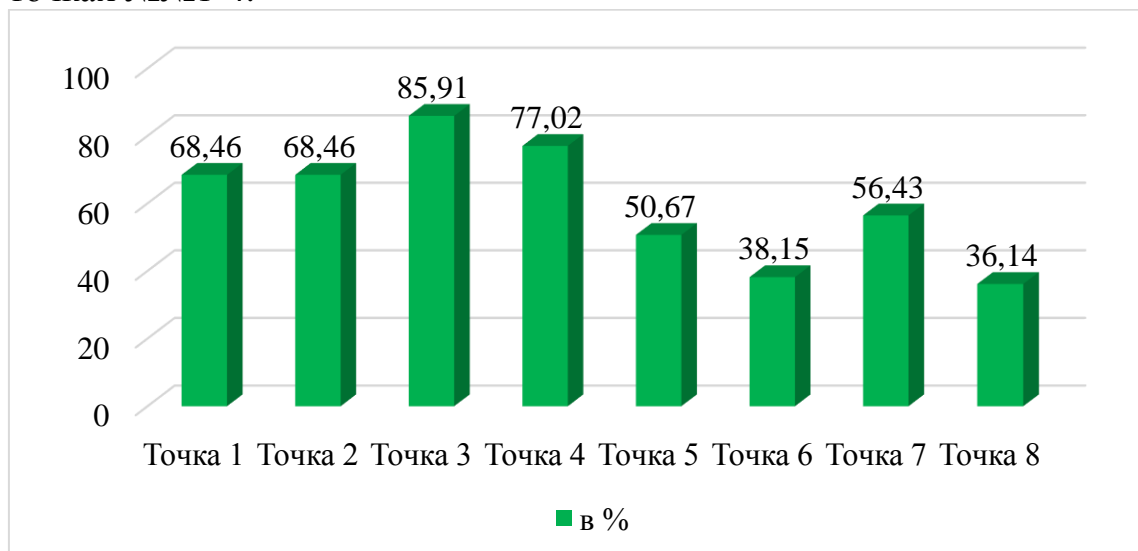


Рис.4.2.1. Относительная (в %) разница средней величины оптической плотности суспензии хлореллы по сравнению с контролем.

Выявлена высокая корреляция между показателями уреазной активности почвы и результатами биотестирования с помощью хлореллы (0,84).

### 4.3. Биоиндикация воздушной среды исследуемых территорий города Владимира по показателям жизненного состояния ели колючей

По мере приближения к автодорогам наблюдается увеличение степени дефолиации крон, снижается плотность кроны, отмечается заметное ухудшение состояния еловых посадок. Высокая степень деформации (повреждения) кроны выявлена на территории участков («ослабленные» и «сильно ослабленные»): точки №№1,2,3 (табл. 4.3.1., рис.4.3.1.).

Таблица 4.3.1

#### Оценка жизненного состояния (ОЖС) кроны ели колючей

Точка	Количество елей (старше 35 лет)	Плотность кроны, %	Степень повреждений класс/%
Точка №1. Перекресток Суздальский пр-кт - Куйбышева	8	25%	класс 1 (50%) класс 2 (50%)
Точка №2. Остановка Химзавод	4	30%	класс 1 (25%) класс 2 (50%) класс 3 (25%)
Точка №3. Ул. Мира	8	30%	класс 1 (33,3%) класс 2 (67,7%)
Точка №4. Садовая площадь	11	30%	1 класс (60%) 2 класс (40%)
Точка №5. Проспект Ленина.	3	40%	класс 2 (66,7%) класс 1 (33,3%)
Точка №6. Станция юннатов «Патриарший сад».	4	2.5%	класс 1 (100%)
Точка №7. Ул. Горького	8	15%	класс 1 (75%) класс 2 (25%)
Точка №8. Село Борисовское.	2	2.5%	класс 1 (100%)

### Степень повреждения еловых насаждений в процентах

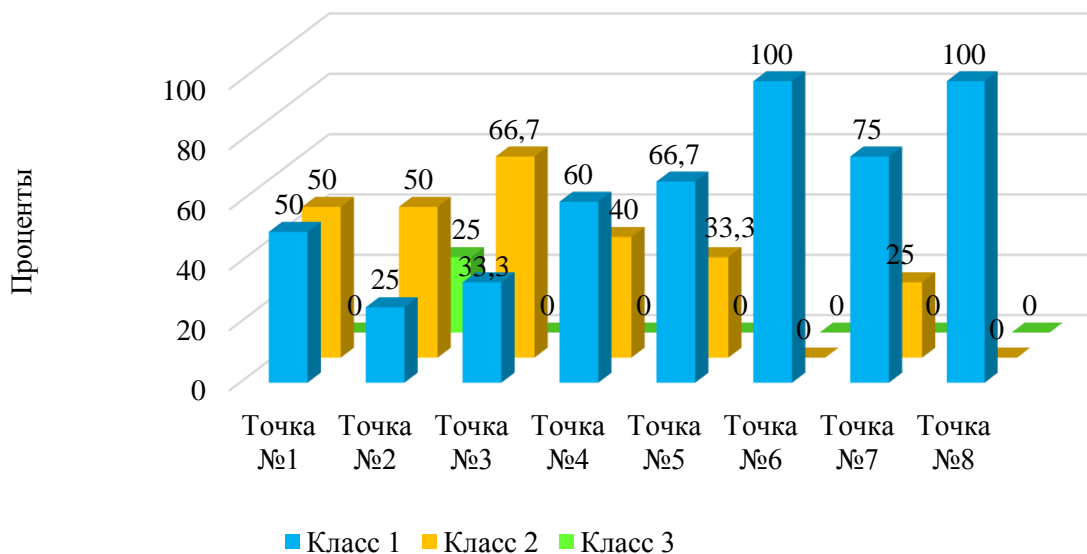


Рис.4.3.1. Степень повреждения еловых насаждений в процентах.

С увеличением градиента загрязнения происходило снижение длины, массы хвои ели. Исследуя данные показатели, выявлено, что на территориях точек №№1-5 наблюдается достоверное снижение показателей массы 50-ти хвоинок ели (табл. 4.3.2., 4.3.3.; рис. 4.3.2., 4.3.3.).

Таблица 4.3.2.

#### Оценка длины хвои ели голубой в условиях города

Точка	Классы оценки длины хвои, см		
	Класс №1	Класс №2	Класс №3
Точка №1. Перекресток Суздальский проспект - Куйбышева			2,58±1,02
Точка №2. Остановка Химзавод			2,65±1,25
Точка №3. Ул. Мира			2,54 ±0,32
Точка №4. Садовая площадь		2,48±0,92	
Точка №5 Проспект Ленина.		2,36±0,68	
Точка №6. Станция юннатов «Патриарший сад».			2,72±1,05
Точка №7. Ул. Горького			2,65±0,82
Точка №8. Село Борисовское.			2,82±0,65

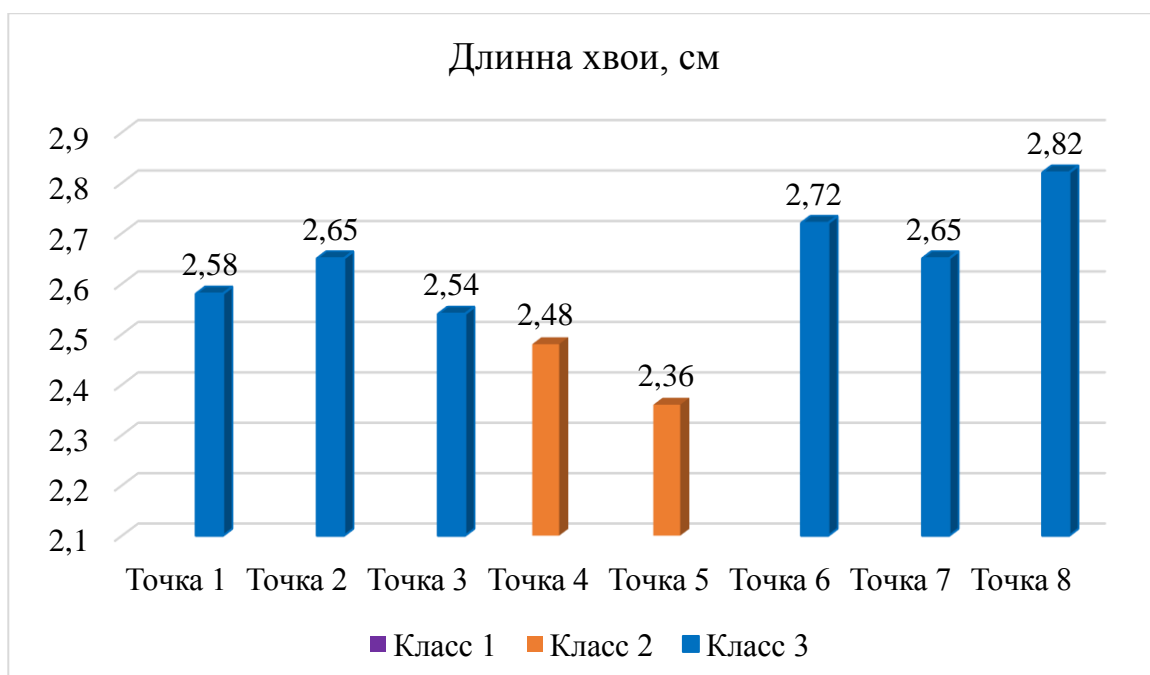


Рис. 4.3.2. Оценка длины хвои ели голубой в условиях города

Таблица 4.3.3.

**Оценка массы 50-ти хвоинок ели колючей в условиях города**

<b>Точка</b>	<b>Масса 50-ти хвоинок в граммах</b>
Точка №1. Перекресток Суздальский проспект - Куйбышева	0,71±0,17
Точка №2. Остановка Химзавод	0,91±0,18
Точка №3. Ул. Мира	0,88±0,11
Точка №4. Садовая площадь	0,80±0,11
Точка №5 Проспект Ленина.	0,74±0,03
Точка №6. Станция юннатов «Патриарший сад».	1,35 ±0,75
Точка №7. Ул. Горького	1,10±0,12
Точка №8. Село Борисовское.	1,43±0,54

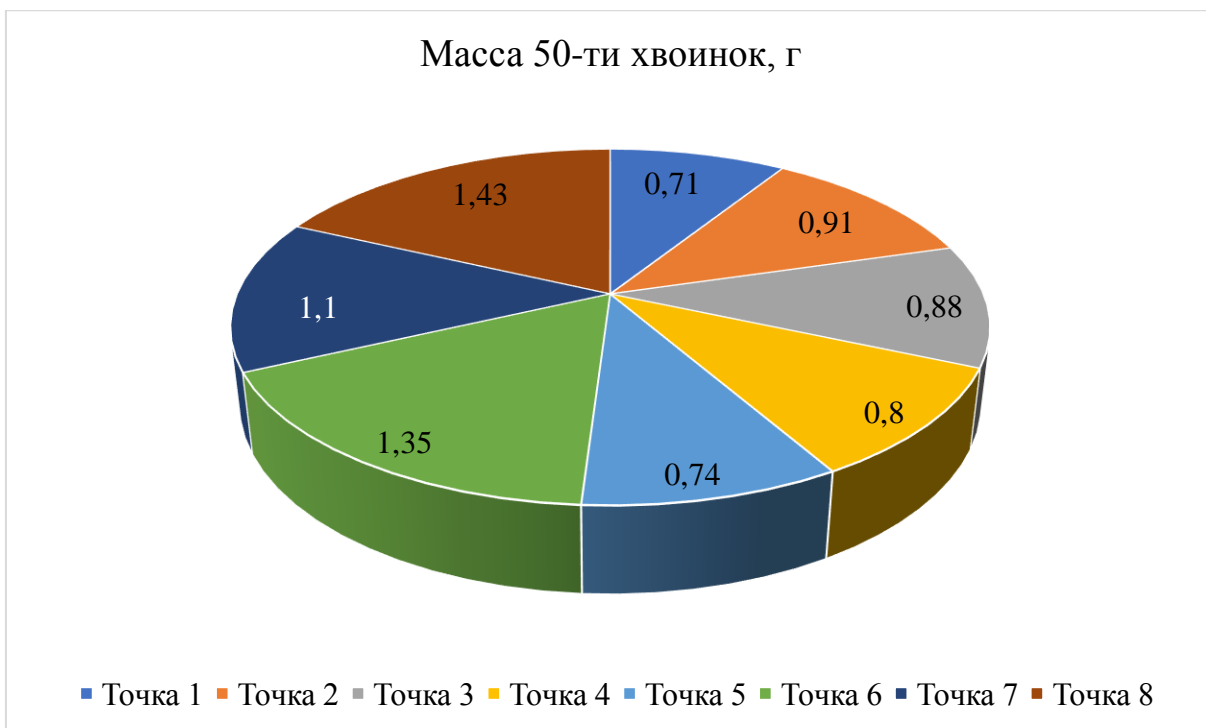


Рис. 4.3.3. Оценка массы 50-ти хвоинок ели колючей в условиях города

По показателям охвоенности побега и продолжительности хвои наблюдается общая тенденция: достоверное снижение значений. У деревьев продолжительность жизни хвои составляет 3-8,5 года. (табл. 4.3.4., рис. 4.3.4.).

Таблица 4.3.4.

**Оценка охвоенности побега ели колючей в условиях города**

Точка	Продолжительность жизни хвои в годах	Количество хвоинок на 1 см побега (2-го года жизни)
Точка №1. Перекресток Суздальский проспект - Куйбышева	3,5	12,1±1,2
Точка №2. Остановка Химзавод	3	6,0± 1,8
Точка №3. Ул. Мира	5	8,9±1,9
Точка №4. Садовая площадь	4,5	7,4±0,5
Точка №5. Проспект Ленина.	3,5	8,5±1,3
Точка №6. Станция юннатов «Патриарший сад».	7,5	19,2±3,9
Точка №7. Ул. Горького	4,5	10,2 ±1,3
Точка №8. Село Борисовское.	8,5	16,2± 1,5

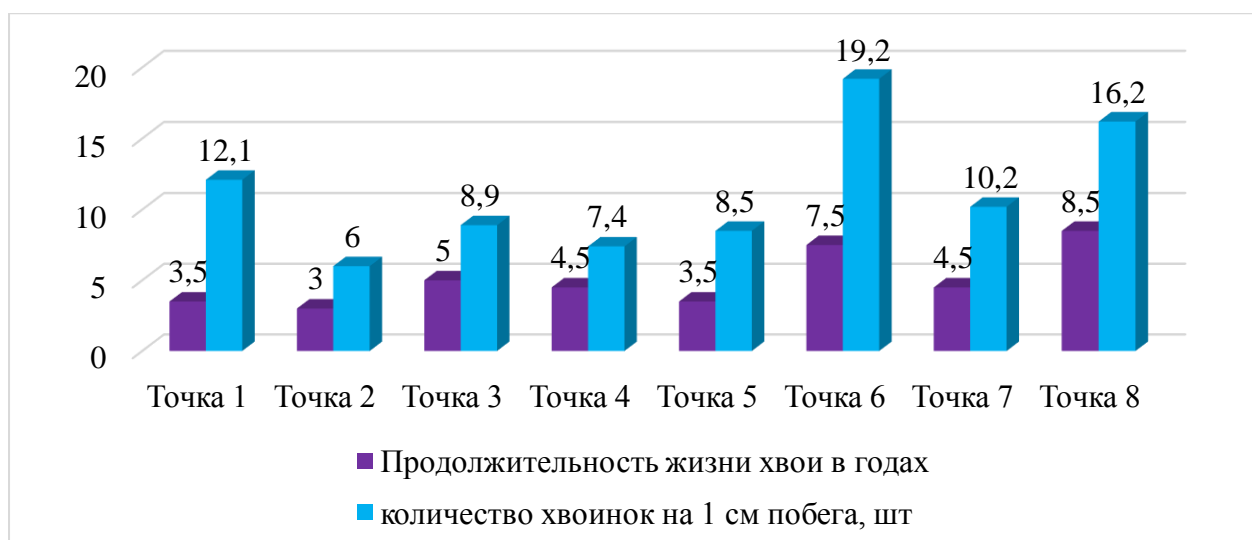


Рис. 4.3.4. Оценка охвоённости побега ели колючей в условиях города.

Степень повреждения и усыхания хвоинок ели колючей повышается на перекрёстках, остановках и точках с интенсивным движением транспорта. ( $p < 0,05$ ). Большой процент усыхания и краевой некроз заметен на территориях точек №№ 2,3,4 в сравнении с другими участками (табл. 4.3.5., 4.3.6.; рис. 4.3.5, 4.3.6.).

Таблица 4.3.5.

#### Оценка повреждения игл (количество игл/%)

Точка	Классы повреждения игл		
	Класс №1/%	Класс №2/%	Класс №3/%
Точка №1. Перекресток Суздальский проспект - Куйбышева	205/51,25%	152/38%	43/10,75%
Точка №2. Остановка Химзавод	74/37%	91/45,5%	35/17,5%
Точка №3. Ул. Мира	70/46,7%	67/44,7%	13/8,6%
Точка №4. Садовая площадь	95/47,5%	125/50%	30/12%
Точка №5. Проспект Ленина.	95/63,3%	47/31,3%	8/5,4%
Точка №6. Станция юннатов «Патриарший сад».	138/69%	56/28%	6/3%
Точка №7. Ул. Горького	135/54%	95/38%	20/8%
Точка №8. Село Борисовское.	75/75%	21/21%	4/4%

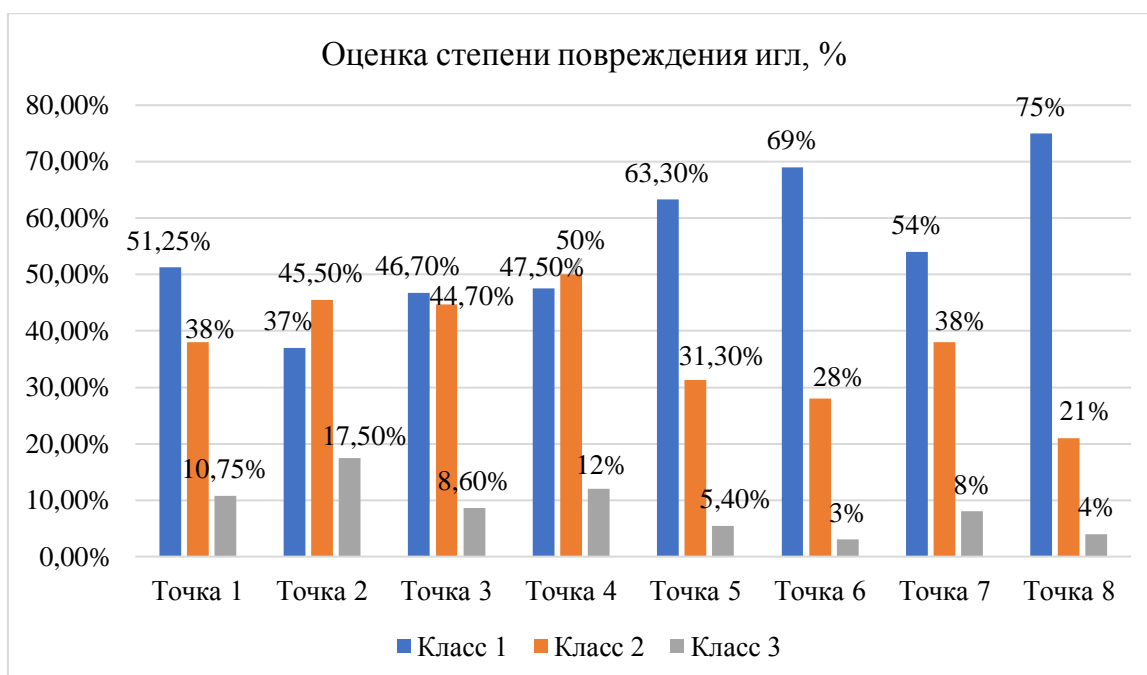


Рис. 4.3.5. Оценка повреждения игл в условиях города

Таблица 4.3.6.

**Оценка усыхания хвои ели колючей в условиях города**

Точка	Классы усыхания хвои (количество хвоинок/%)			
	Класс №1/%	Класс №2/%	Класс №3/%	Класс №4/%
Точка №1. Перекресток Суздальский проспект - Куйбышева	274/68,5%	75/18,75%	26/6,5%	25/6,25%
Точка №2. Остановка Химзавод	66/33%	49/24,5%	45/22,5%	40/20%
Точка №3. Ул. Мира	97/64,7%	30/20%	16/10,6%	7/4,7%
Точка №4. Садовая площадь	111/44,4%	67/26,8%	56/22,4%	16/6,4%
Точка №5. Проспект Ленина.	108/72%	21/14%	13/8,7%	8/5,3%
Точка №6. Станция юннатов «Патриарший сад».	167/83,5%	26/13%	5/2,5%	2/1%
Точка №7 Ул. Горького	126/50,4%	73/29,5%	26/10,4%	25/1%
Точка №8. Село Борисовское.	90/90%	6/6%	2/2%	2/2%

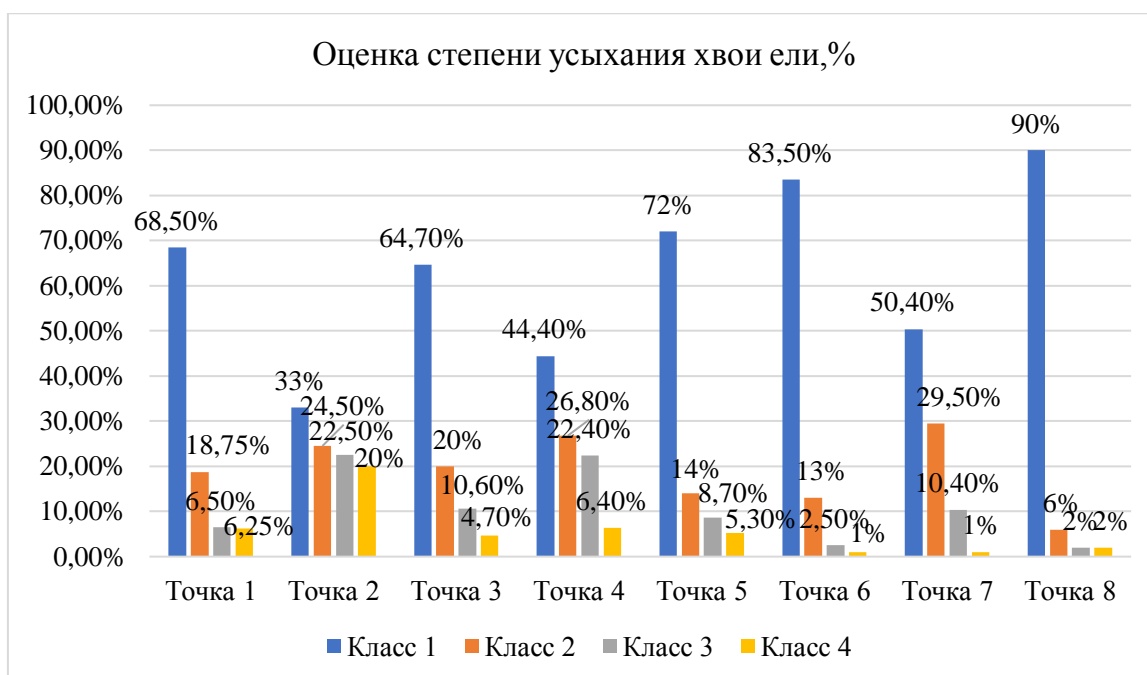


Рис. 4.3.6. Оценка усыхания хвои ели колючей в условиях города

Выявлена высокая корреляция между результатами биологической оценки состояния почв и жизненным состоянием еловых насаждений на исследованных территориях города Владимира (0,87-0,91).

Исследовав состояние атмосферного воздуха в разных точках г. Владимира с использованием биоиндикационных особенностей ели колючей (продолжительность хвои и ее степень повреждения) выявлено, что для точек №2 и №4 (остановка химзавод и садовая площадь) характерен 4 класс качества загрязненности окружающего воздуха (табл. 4.3.7.).

Таблица 4.3.7.

**Экспресс-оценка качества загрязненности окружающего воздуха**

Точки	Условные обозначения степени загрязнения воздуха
Точка №1. Перекресток Суздальский проспект - Куйбышева	III
Точка №2. Остановка Химзавод	IV
Точка №3. Ул. Мира	II
Точка №4. Садовая площадь	IV
Точка №5. Проспект Ленина.	III
Точка №6. Станция юннатов «Патриарший сад».	I
Точка №7 Ул. Горького	III
Точка №8. Село Борисовское.	I

## **Выводы**

Таким образом, проведенные исследования показали, что в почвах города Владимира рН находится в пределах 6,76 -7,33. В пробах №№2,3,4 обнаружено повышенное содержание нитрат-ионов (азота нитратов). Исследованные почвы относятся к группе слабозасоленных.

Биологическая оценка состояния почвы города Владимира выявила следующее: быстрое нарастание активности уреазы отмечено в почвенных образцах точек №№ 1,2,3,4 (с наибольшей степенью антропогенного воздействия), что говорит о высоком содержании нефтепродуктов.

Городские почвы исследуемых территорий подавляют рост тест-культуры водоросли хлореллы (критерий токсичности 36,14-85,91%). Высокая разница величин оптической плотности суспензии хлореллы опытных и контрольных вариантов наблюдается на перекрестках и остановках, точках №№1-4. Выявлена высокая корреляция между показателями уреазной активности почвы и результатами биотестирования с помощью хлореллы.

Жизненное состояние голубой ели в условиях города Владимира ухудшается в местах с высокой антропогенной нагрузкой и интенсивностью автотранспорта: повреждается и изреждается крона, уменьшаются длина, масса, продолжительность жизни хвои, снижается охвоенность побега, усиливается степень повреждения и усыхания хвои, нарушается восковой налет на хвое ели. Между результатами биологической оценки состояния почв и жизненным состоянием еловых насаждений на исследованных территориях города Владимира выявлена высокая корреляция. Исследование состояния атмосферного воздуха г. Владимира с использованием биоиндикационных особенностей ели колючей показало, что для точек №2 и №4 (остановка химзавод и садовая площадь) характерен 4 класс качества загрязненности окружающего воздуха.

Использование методов биодиагностики позволяет эффективно оценить экологическое состояние почвенной и воздушной сред различных территорий г. Владимира.

## **Список использованных источников**

1. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев// Лесоведение.- 1989.- №4.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1971. – 487 с.
3. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: Учеб. пос. / Под ред. О.П. Мелеховой, Е.И. Егоровой. М.: Академия, 2007.
8. Герасимова М.И. Антропогенные почвы. Уч. пособие. Под ред. акад. РАН Г.В. Добровольского / М.И.Герасимова, М.Н. Строганова, Т.В. Можарова, Т.В.Прокофьева. – М., 2003. 268 с.
10. Дружкина Т. А. Скрининговая оценка экологического состояния городской среды по древесным культурам. – Астрахань, 2007.

13. Жмур Н.С., Орлова Т.Л. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей. ФР.1.3.9.2007.03223. Москва, «Акварос», 2007.

14. Заболотских В.В., Васильев А.В., Танких С.Н. Экспресс диагностика токсичности почв, загрязнённых нефтепродуктами / В.В. Заболотских, А.В. Васильев, С.Н. Танких// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - Т. 14.- 2012.- №1(3).

18. Муравьев А.Г., Каррыев Б.Б., Ляндзберг А.Р. Оценка экологического состояния почвы: практическое руководство/ Под ред. А.Г. Муравьева. – Изд.4-е, перераб. и дополн. – СПб.: Крисмас+, 2015. – 208 с.

19. Неверова О.А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды // М.: «Биосфера», Т.1, 2009, № 1. – С. 82-92.

20. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. Пушкино: ВНИИЛМ, 2002.

21. Прожерина Н. А. Морфофизиологическая диагностика состояния Хвойных в условиях аэротехногенного загрязнения (на примере архангельского промышленного узла): дис. ...канд. биол.наук: 03.00.16/ Прожерина Надежда Александровна; Уральское отделение Институт экологических проблем Севера; науч.рук. Ярмишко В.Т., Тарханов С.Н. – Архангельск, 2001.

22. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 Методика определения токсичности питьевых, природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов производства и потребления по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer), издание 2014 г.

23. Строганова, М.Н. Городские почвы: генезис, классификация, функции / М.Н. Строганова, А.Д. Мягкова, Т.В. Прокофьева // Сб. «Почва, город, экология». - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. - С.15-88.

24. Трифонова, Т.А. Комплексная оценка пространственно-временной динамики урбанизированной территории / Т.А. Трифонова, Н.В. Мищенко, С.М. Чеснокова, А.Н. Краснощеков. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. – 78 с.

25. Феоктистова И.Д. Оценка экологического состояния почв урбанизированных территорий, загрязненных нефтепродуктами и тяжелыми металлами (на примере г. Владимира): автореф. дис. ...канд.биол. наук: 03.02.08/ Феоктистова Ирина Дмитриевна: ВлГУ. - Владимир, 2012. – 22 с.

31. Ярмишко В.Т., Лянгузова И.В. Методы изучения лесных сообществ. - СПб, 2002. -240 с.

Фотоматериалы



Фото. Проспект Ленина.



Фото. Суздальский проспект.



Фото. Остановка Химзавод.



Фото. Ул. Горького



Фото. Отбор проб почвенных образцов.



Фото. Подготовка почвы к анализу.



Фото. Химический анализ почвы.



Фото. Оценка уреазной активности исследованных почв.