МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

«ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ТВОРЧЕСТВА ДЕТЕЙ И ЮНОШЕСТВА»

***Очно-заочная школа юных естествоиспытателей***

***«Команда Гениальных Биологов»***

***«Комплексная оценка состояния здоровья окружающей среды***

***с помощью методов биоиндикации и биотестирования»***

Выполнил: Васин Богдан Олегович

5 класс

Дата рождения: 28.03.2007 г.

Руководитель: Якушов Василий Дмитриевич

Педагог дополнительного образования

ГБУ ДОПО «Центр развития творчества детей и юношества»

г. Пенза, 2018 г.

Оглавление

[Введение 3](#_Toc529097221)

[1. Методы исследования. 8](#_Toc529097222)

[1.1. Оценка состояния здоровья среды по флуктуирующей асимметрии листьев растений. 9](#_Toc529097223)

[1.2. Определение загрязнения воздуха с помощью лихеноиндикации. 11](#_Toc529097224)

[1.3. Определение загрязнения почвы методом биотестирования с использованием кресс-салата. 13](#_Toc529097225)

[2. Результаты исследований. 15](#_Toc529097226)

[2.1. Результаты оценки состояния здоровья среды по флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой. 15](#_Toc529097227)

[2.2. Результаты определения степени загрязнения воздуха по лишайникам. 17](#_Toc529097228)

[2.3. Результаты определения загрязнения почвы методом биотестирования с использованием кресс-салата. 19](#_Toc529097229)

[Выводы. 22](#_Toc529097230)

[Список использованной литературы. 23](#_Toc529097231)

[ПРИЛОЖЕНИЯ 24](#_Toc529097232)

# **Введение**

*Уметь расслышать голоса природы-*

*Не только наслаждаться пеньем птиц,*

*Прочесть, понять ее слова и коды,*

*Ее мольбы с березовых страниц*

*Она мудра, она нам шлет сигналы,*

*Кричит о том, как хрупок этот мир,*

*Чтобы Земля пустынею не стала,*

*Давайте слышать – вместе сохраним!*

*Богдан Васин*

*2018г.*

Изучение воздействия деятельности человека на окружающую среду в наши дни – одна из актуальных проблем человечества. В процессе своей жизнедеятельности люди неизбежно оказывают влияние на природные экосистемы. Особенно велико это влияние на городских территориях: меняется микроклимат и природный ландшафт, происходят изменения состава атмосферного воздуха, почвы и вод, природный растительный покров заменяется искусственными насаждениями.

Перечисленные изменения нередко создают в городах неблагоприятные экологические ситуации, которые могут угрожать здоровью и даже жизни человека. Поэтому вопросом самого выживания человечества становится оценка состояния окружающей среды. Своевременное выявление экологических рисков поможет незамедлительно принять меры, позволяющие снизить неблагоприятное воздействие, а также разработать профилактические мероприятия по охране окружающей среды.

Мониторинг состояния окружающей среды осуществляется в настоящее время в основном физико-химическими методами. С их помощью экологи определяют наличие и концентрацию загрязняющих веществ в воздухе, воде, почве. Далее проводится сравнение полученных результатов со значениями ПДК – это предельно допустимая концентрация химических элементов и их соединений, которая не вызывает негативных последствий у живых организмов и их потомства [5].

Однако такая методика не может учесть все многочисленные факторы, одновременно оказывающие влияние на живые организмы. Недостатком метода является и то, что экологическая ситуация непрерывно меняется, а результаты анализа проб отражают состояние среды лишь на момент их сбора. Нельзя не отметить трудоемкость и высокую стоимость комплексного физико-химического мониторинга состояния окружающей среды.

Именно поэтому одним из перспективных методов оценки экологического состояния окружающей среды становятся биоиндикация и биотестирование – способы определения наличия в окружающей среде загрязнителя по состоянию определенных организмов, наиболее чувствительных к изменению экологической обстановки [2]. Ряд исследователей [7] считает, что именно биоиндикация и биотестирование обеспечивают получение комплексной информации о состоянии среды в зонах экологического риска.

Интерес к теме биоиндикации растет, о чем свидетельствует большое количество исследовательских работ, посвященных методам исследования окружающей среды биологическими методами, проведенных в последнее время.

**Новизна** моей работы заключается в проведении экологического мониторинга на одних и тех же участках с использованием нескольких методик биоиндикации и биотестирования с целью проверки полученных результатов каждым из способов и их сопоставления.

**Цель работы:** с помощью ряда методов биоиндикации и биотестирования оценить состояние окружающей среды в районах исследования.

**Задачи работы:**

1. Выбрать участки в городе и за его пределами для проведения исследования и контрольный участок с низкой антропогенной нагрузкой;
2. Выбрать методы биоиндикации и провести сбор данных по выбранным методикам;
3. Подобрать метод биотестирования и провести опыт;
4. Провести обработку полученных данных согласно выбранным методикам;
5. Провести оценку состояния окружающей среды на основании полученных результатов;
6. Провести сравнительный анализ результатов, полученных различными методами биоиндикации и биотестирования.

**Объект исследования** – отдельные участки г. Пензы и области.

**Предмет исследования** – экологическое состояние объекта исследования, оцениваемое методами биоиндикации и биотестирования.

Сроки выполнения наблюдений и опытов – сентябрь-октябрь 2018 г.

Исследованиями были охвачены 6 участков, расположенных в г. Пенза и за его пределами:

1. Сквер «45 меридиан», разбитый в непосредственной близости от моего дома;
2. двор школы (МБОУ СОШ №58), в которой я обучаюсь;
3. окрестности ТЦ «Суворовский», который я часто посещаю с родителями, также через них пролегает мой ежедневный путь в школу;
4. ЦПКиО им. В.Г. Белинского – мое любимое место для прогулок;
5. окрестности полигона ТБО (с. Чемодановка), куда вывозят мусор с нашей придомовой контейнерной площадки;
6. лесопарковая зона в окрестностях с. Чаадаевка Городищенского района Пензенской области выбрана в качестве контрольного участка.

Выбор участков для проведения исследований был сделан с учетом их значения для моей жизнедеятельности, выбраны места, в которых я провожу большую часть своего времени. Характеристика участков исследования приведена в таблице 1. Расположение пробных площадок указано на карте в приложении 1.

**Таблица 1.** Характеристика участков исследования.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Участок, координаты* | *Характеристика* | *Загрязняющие факторы* |
| 1 | Городищенский район Пензенской области, лесопарковая зона села Чаадаевка. GPS-координаты: 53.11323,46.04378 | Лесной массив, в котором преобладает сосна обыкновенная, часто встречается береза обыкновенная, лиственные кустарники. | Железная дорога на расстоянии около 5 км, автомобильные дороги местного значения с небольшим трафиком, хозяйственная деятельность местного населения. |
| 2 | ЦПКиО им. В.Г. Белинского г.Пензы GPS-координаты: 53.18562,45.00179 | Обширный лесопарковый массив среднерусской дубравы, оборудованный для отдыха горожан. | Хозяйственная деятельность населения. Относительно защищен от воздействия выхлопных газов зелеными насаждениями. |
| 3 | Двор МБОУ СОШ №58 г.Пензы, ул. Ворошилова, д.9. GPS-координаты: 53.20518,44.99270 | Школа расположена в глубине городского жилого массива. Растительность представлена в основном искусственными насаждениями: березами, рябинами, тополями, декоративными кустарниками и клумбами, естественным газоном. | Автомобильный транспорт. (Удаленность от автомобильных дорог: до ул. Суворова – 500 м, до ул. Коммунистической – 500 м.) |
| 4 | Сквер «45 Меридиан» расположен на перекрестке улиц Пушкина и Кулакова.  GPS-координаты: 53.19803, 44.99929 | Городской сквер площадью около 800 м2, расположенный недалеко от перекрестка оживленных автомобильных дорог, от которых его отделяет со стороны ул. Кулакова газон с деревьями и тротуар, а с другой – только тротуар. Насаждения: березы, липы, декоративные кустарники, естественный газон. | Автомобильный транспорт.  (Удаленность от автомобильных дорог: до ул. Кулакова – 100 м, до ул. Пушкина – 80 м.) |
| 5 | ТЦ «Суворовский», г.Пенза  GPS-координаты: 53.20189, 44.99836 | Участок представляет собой газон на обочине дороги ул. Суворова в непосредственной близости от крупного перекрестка автомобильных дорог и торгового центра. Представляет собой естественный газон с деревьями, преимущественно березами. | Автомобильный транспорт, кроме того, в непосредственной близости располагаются объекты общественного питания: KFC, McDonalds и проч.  (Удаленность от автомобильных дорог: до ул. Суворова – 16 м, до ул. Кулакова – 200 м.) |
| 6 | Окрестности полигона ТБО с.Чемодановка Бессоновского района.  GPS-координаты: 53.22943, 45.20297 | Участок представляет собой защитную лесополосу автодороги, ведущей от федеральной трассы «Урал» к полигону ТБО. Напротив участка располагается большой дачный массив. | Автомобильный транспорт, полигон захоронения ТБО.  (Удаленность от автодороги федер. значения М-5 «Урал» - 950 м, от границы полигона ТБО – 950 м.) |

Предварительный обзор выбранных участков позволяет предположить, что основным для всех участков фактором, оказывающим негативное влияние на их экологическое состояние, является автомобильный транспорт, выделяющий в атмосферу выхлопные газы.

Из-за загрязнения окружающей среды автотранспортом страдает практически всё живое на земле. Выхлопные газы вдыхают животные, из-за чего ухудшается функционирование их дыхательной системы. В результате нарушения дыхания и нехватки кислорода страдают другие органы. Также заметно снижаются темпы размножения, в результате чего одни виды становятся малочисленными, а другие начинают относиться к редким и вымирающим.

Сильно страдает и флора, ведь отработанные газы автомобильного транспорта практически сразу попадают на растения, образуя на них плотный налёт и нарушая процессы дыхания. Кроме того, вредные соединения проникают в почву и из неё всасываются корнями, что также негативно сказывается на состоянии и росте представителей флоры. Связанные с негативным влиянием автотранспорта перемены с каждым годом становятся всё более масштабными, со временем они могут привести к краху биосферы, что ставит под вопрос сам факт существования человечества.

Ещё одна опасность активного использования автомобильного транспорта – кислотные дожди, возникающие из-за взаимодействия компонентов выхлопных газов с атмосферной влагой. Они влияют на растительный мир и здоровье людей, меняют состав почвы, а также сильно загрязняют водоёмы и делают их воду непригодной для хозяйственного использования и обитания в ней живых организмов.

Также источниками загрязнений атмосферного воздуха в г.Пензе являются промышленные и теплоэнергетические предприятия, железнодорожный транспорт [5].

На экологическое состояние участка №6, расположенного в п. Чемодановка, может оказывать влияние полигон захоронения твердых бытовых отходов. Основными источниками загрязнения окружающей среды, образующимися на полигонах ТБО являются фильтрат и так называемый свалочный газ. *Фильтрат* – это сложная и неоднородная по химическому составу жидкость, имеющая ярко выраженный неприятный запах, возникающая в результате инфильтрации атмосферных осадков в грунт полигона ТБО и концентрирующаяся в его основании.

Основной состав свалочного газа – это [метан](http://urban.plandex.ru/page/?pageid=34809#metan) (40 - 75%) и [диоксид углерода](http://urban.plandex.ru/page/?pageid=34809#dioksid_ugleroda) (30 - 45%). Эти газы относятся к парниковым газам. Помимо этого, свалочный газ содержит большое количество токсичных органических соединений, которые и являются источником неприятного запаха. Каждый год из одной тонны ТБО образуется 4-5 м³ свалочного газа[8].

1. **Методы исследования.**

Методами биотестирования и биоиндикации определяется наличие в окружающей среде загрязнителя по состоянию определенных организмов, наиболее чувствительных к изменению экологической обстановки. Первые схемы растений-индикаторов горных пород были представлены еще в конце XIX в. А. П. Карпинским.

*Биоиндикация* – это определение биологически значимых нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ. В полной мере это относится ко всем видам антропогенных загрязнений.

Основной задачей биоиндикации является разработка методов и критериев, которые могли бы адекватно отражать уровень антропогенных воздействий с учетом комплексного характера загрязнения и диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах природных сообществ.

Организмы и сообщества организмов, жизненные функции которых сильно зависят от состояния определенных факторов среды и могут применяться для их оценки, называются биоиндикаторами.

*Биотестирование* – это активная форма биоиндикации, когда специально отобранные живые организмы помещаются в среду, опасность которой для их существования необходимо проверить. Биоиндикаторы сигнализируют об опасности загрязненной среды независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения их жизненно важных функций [4].

Биоиндикаторами могут быть представители всех царств живой природы, они должны:

* быть типичными для данных условий;
* иметь высокую численность на исследуемой территории;
* обитать в данном месте в течение ряда лет, что дает возможность проследить динамику загрязнения;
* находиться в условиях, удобных для отбора проб;
* давать возможность проводить прямые анализы без сложных предварительных обработок проб;
* характеризоваться зависимостью между концентрацией загрязняющих веществ в организме-индикаторе и объекте исследования;
* использоваться в естественных условиях его существования;
* ответная реакция биоиндикатора на определенное физическое или химическое воздействие должна быть четко выражена, легко регистрироваться визуально или с помощью приборов.

Для биоиндикации необходимо выбирать наиболее чувствительные сообщества, характеризующиеся максимальной скоростью отклика на загрязнение среды.

На всей территории исследования нами выбраны общие биоиндикаторы: береза повислая и лишайники. В качестве тест-объекта загрязнения почв выбран кресс-салат.

* 1. **Оценка состояния здоровья среды по флуктуирующей асимметрии листьев растений.**

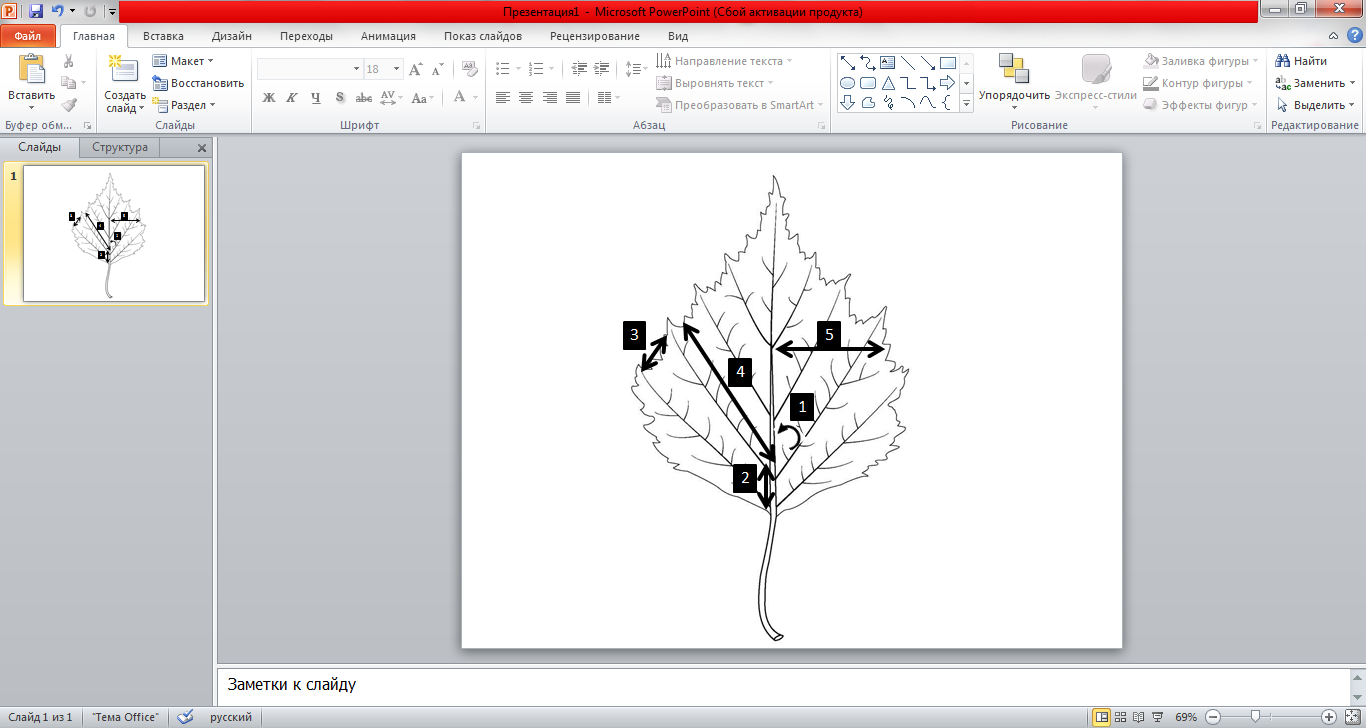
В данной работе проводилась экспресс-оценка качества среды обитания на основе анализа флуктуирующей асимметрии (ФА) листовой пластинки березы повислой (Betula pendula).

*Симметрия* (точная или приблизительная) — важнейшее свойство подавляющего числа живых организмов. Но поскольку в природе строение живых тел не бывает совершенным, естественно, встречаются самые различные отклонения от билатеральной симметрии. ФА — это незначительные, ненаправленные различия между правой и левой сторонами различных морфологических структур, в норме обладающих билатеральной симметрией. Такие различия обычно являются результатом ошибок в ходе развития организма. Уровень таких морфологических отклонений от нормы оказывается минимальным лишь при определенных условиях, которые могут рассматриваться как оптимальные, и неспецифично возрастает при любых стрессовых воздействиях [2].

В качестве объекта исследования была выбрана береза повислая (или береза бородавчатая) (Betula pendula), листья которой имеют чётко выраженную двустороннюю симметрию, что является главным требованием метода.

На каждой из 6 выбранных для исследования площадок было собрано по 30 листьев березы. Материал для исследования был собран в сентябре 2018 года, после завершения интенсивного роста листьев. Выборка листьев древесных растений делалась с нескольких близко растущих деревьев на площади 10х10 метров. Использовались только средневозрастные растения. Всего было гербаризировано и обработано 180 листовых пластинок берёзы повислой. Листья собирались из нижней части кроны, на уровне поднятой руки, с максимального количества доступных веток и согласно правилам сбора материала для вычисления ФА листовых пластинок [2].

Обработка полученных результатов заключалась в расчете показателя флуктуирующей асимметрии. Для этого с каждого листа были сняты показатели по пяти параметрам, по схеме, показанной на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Основные промеры листа березы:

1. Угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.
2. Расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка;
3. Расстояние между концами этих жилок;
4. Длина жилки второго порядка, второй от основания листа;
5. Ширина левой и правой половинок листа;

Полученные измерения вносились в электронные таблицы. Расчеты показателей ФА проводились с использованием возможностей программы Microsoft Excel (Приложение 2 табл. 2.1.1.-2.6.2.).

Обработка данных проводилась в следующем порядке:

В 1-м действии для каждого промеренного листа вычисляются относительные величины ФА (Х) для каждого признака. Для этого модуль разности между промерами слева (L) и справа (R) делят на сумму промеров:

X = |L-R|/(L+R)

Во 2-м действии вычисляется показатель асимметрии (Y) для каждого листа. Для этого суммируют значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и делят на число признаков:

Y = (X1 + X2 + X3 + X4 + X5)/5

В 3-м действии вычисляется показатель стабильности развития. Для этого вычисляют среднюю арифметическую (Z) всех величин асимметрии для каждого листа:

Z = (Y1 + Y2 + Y3 +…+Y30)/30

Для оценки отклонений состояния организма по величине ФА использовалась пятибалльная шкала Захарова В.М., приведенная в таблице 2.

**Таблица 2.** Пятибальная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине показателя стабильности развития для березы повислой.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Балл состояния | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <0,040 (условная норма) | 0,040-0,044 | 0,045-0,049 | 0,050-0,054 | >0.054 (критическое состояние) |

* 1. **Определение загрязнения воздуха с помощью лихеноиндикации.**

*Лихеноиндикация* – использование лишайников в качестве биоиндикаторов степени загрязнения атмосферного воздуха, основанное на изучении состава и биологических особенностей лишайников. Лишайники прекрасно приспособлены к экстремальным проявлениям абиотических факторов среды (резкие перепады температур, низкая влажность, избыток или недостаток света и др.). Они способны успешно противостоять таким биотическим факторам, как вытаптывание, поедание, конкуренция с растениями. В то же время они плохо приспособлены к различным проявлениям антропогенного воздействия. Именно поэтому лишайники могут быть использованы для определения степени воздействия человека на биоценоз. В настоящее время именно лишайники считаются наиболее удобными биоиндикаторами, т. е. живыми показателями качества окружающей среды[4]. А сам метод использования лишайников в качестве биоиндикаторов получил название лихеноиндикации.

У лишайников отсутствует непроницаемая кутикула и газообмен происходит свободно через всю поверхность. Также всей поверхностью лишайники впитывают дождевую воду, где концентрируется много токсичных газов.

Наиболее опасны для лишайников такие загрязнители воздушного бассейна, как оксиды азота, угарный газ, соединения фтора [6]. В последние десятилетия показано, что самое негативное воздействие на них оказывают соединения серы, особенно сернистый газ, который уже в концентрации 0,08 - 0,1 мг/м3 угнетает большинство лишайников, а в концентрации 0,5 мг/м3 губителен практически для всех видов. Сернистый газ выделяется в атмосферу в результате переработки и сжигания органических веществ (кокс, бурый уголь, нефть и нефтепродукты, древесина), при производстве серы и серной кислоты, плавке руд, содержащих серу.

На территории России встречается около 25 тысяч видов лишайников [6]. Их точное определение требует профессиональных знаний и опыта, однако, отличить некоторые виды лишайников возможно, используя специальные справочники-определители.

По внешнему строению лишайники делятся на три основные группы:

1. Накипные (состоят из тонких корочек; плотно сросшихся с той поверхностью, на которой разместился лишайник) – обитают на коре деревьях, почве, камнях;

2. Листоватые – похожи на листья, их тело плоское, стелется по камням, деревьям, прикрепляясь особыми нитями, напоминающие маленькие корешки. Листоватый лишайник обычно можно отделить от поверхности;

3. Кустистые (не стелющейся по поверхности, они стоят кустиками или свисают сверху вниз «бородами») – размеры этих лишайников сильно варьируются (от нескольких сантиметров до 7-8 метров).

По отношению к загрязнению воздуха виды лишайников можно разделить на три категории.

1. Самые чувствительные, исчезающие при первых симптомах загрязнения – кустистые (уснея хохлатая пышная, цетрария сизая).

2. Среднечувствительные, приходящие на смену погибшим чувствительным видам, с которыми они не могли конкурировать, пока воздух был совсем чистым – листоватые (пармелия бороздчатая, скальная кладония порошистая, бахромчатая).

3. Самые выносливые, толерантные к загрязнению, как правило, накипные лишайники.

В 1985 г. советский и эстонский ученый-ботаник Ханс-Вольдемар Хартмутович Трасс на основании чувствительности вида к влиянию антропогенных факторов выделил 10 классов полеотолерантности эпифитных лишайников (см. Приложение 3). Эта классификация положена в основу применяемой нами методики лихеноиндикации [3].

Для оценки загрязнения окружающей среды методом лихеноиндикации нами применена следующая методика:

1. На каждом участке выбраны 10 ближайших друг к другу берез среднего возраста.
2. На стволах деревьев на уровне 150 см от земли с каждой из сторон света с помощью самодельной палетки размером 10\*10 см, разлинованной на 100 равных квадратов проведены измерения площади проективного покрытия лишайников.
3. Подсчитано число квадратов, в которых лишайники визуально занимают больше половины квадрата, им условно присвоено значение покрытия 100%.
4. Квадратам, в которых лишайники занимают менее половины площади, условно присвоено значение равное 50%. Количество таких квадратов также посчитано.
5. В рабочих таблицах 4.1. – 4.6. Приложения 4 указаны результаты замеров площади проективного покрытия лишайников на пробных площадках. Общее проективное покрытие в процентах (R) вычисляли по формуле:

R= (100 a + 50 b) / С,

где С - общее число квадратов палетки (например, при использовании палетки 10 х 10 см с ячейками 1 х 1 см, С = 100).

1. На основе данных об общем проективном покрытии был вычислен индекс полеотолерантности (IP). Формула и таблица значения баллов полеотолерантности представлена в Приложении 4.
   1. **Определение загрязнения почвы методом биотестирования с использованием кресс-салата.**

Кресс-салат – это однолетнее растение семейства Крестоцветных. Этот биоиндикатор отличается быстрым прорастанием семян и почти стопроцентной всхожестью, которая заметно уменьшается в присутствии загрязнителей.

Побеги и корни этого растения под действием загрязнителей подвергаются заметным морфологическим изменениям (задержка роста и искривление побегов, уменьшение длины и массы корней, а также числа и массы семян). Кресс-салат как биоиндикатор удобен еще и тем, что действие стрессоров можно изучать одновременно на большом числе растений при небольшой площади рабочего места (чашка Петри, кювета, поддон и т. п.). Привлекательны также и весьма короткие сроки эксперимента. Семена кресс-салата прорастают уже на третий-четвертый день, и на большинство вопросов эксперимента можно получить ответ в течение 10-15 суток [3].

При проведении опытов с кресс-салатом следует учитывать, что большое влияние на всхожесть семян и качество проростков оказывают водно-воздушный режим и плодородие субстрата. Кроме загрязнения почвы на кресс-салат оказывает влияние состояние воздушной среды. Газообразные выбросы автомобилей вызывают морфологические отклонения от нормы у проростков кресс-салата, в частности отчетливо уменьшается их длина.

Для опыта были приобретены семена кресс-салата «Данский».

1. Партия семян проверена на всхожесть, для чего 50 семян пророщены на промытом речном песке в течение 3-х суток.

2. В 6 лотков слоем 3-4 см был насыпан грунт с 6 экспериментальных участков. Увлажняем субстрат одинаковым количеством отстоянной водопроводной воды до появления признаков насыщения.

3. В каждый лоток на увлажненный субстрат выложены по 50 семян кресс-салата, при этом соблюдено расстояние между рядами и семенами.

4. Высеянные семена аккуратно покрываются слоем субстрата из той же пробы, который затем увлажняется, как и нижний слой почвы.

5. Лотки помечаются флажками с указанием места сбора проб почвы.

6. В течение 15 суток поддерживается влажность субстратов, ведется наблюдение за прорастанием семян и запись результатов.

7. На 15 сутки измеряется средняя длину побега и корня, общая масса растений, выросших в каждом лотке.

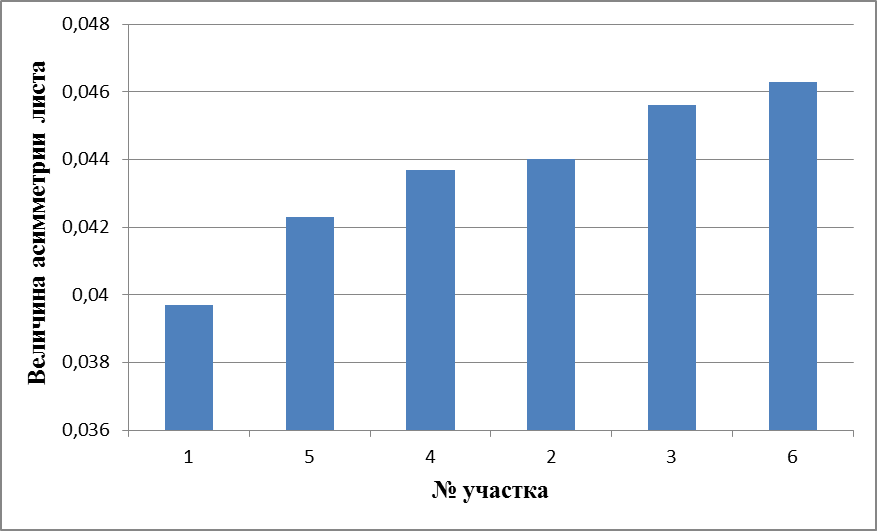
1. **Результаты исследований.**
   1. **Результаты оценки состояния здоровья среды по флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой.**

Оценив величину флуктуирующей асимметрии с помощью показателя стабильности развития, были получены следующие результаты (см. табл.3, рис 2).

**Таблица 3.** Результаты оценки здоровья среды по флуктуирующей асимметрии листьев березы.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Участок | Величина асимметрии листа | Балл состояния |
| 1 | Лесопарковая зона села Чаадаевка | 0,0397 | 1 |
| 2 | ЦПКиО им. В.Г. Белинского г.Пензы | 0,0440 | 2 |
| 3 | Двор МБОУ СОШ №58 г.Пензы | 0,0456 | 3 |
| 4 | Сквер «45 Меридиан» , г.Пенза | 0,0437 | 2 |
| 5 | ТЦ «Суворовский», г.Пенза | 0,0423 | 2 |
| 6 | Окрестности полигона ТБО с.Чемодановка | 0,0463 | 3 |

**Рис. 2.** Состояние здоровья среды на участках исследования.



Как мы и предполагали, уровень морфологических отклонений оказался минимальным на участке №1 в окрестностях с. Чаадаевка. Величина асимметрии листа составила 0,0397 , что соответствует 1 баллу (по пятибальной шкале оценки отклонения состояния организма от условной нормы). Такое значение асимметрии наблюдается в выборках растений из благоприятных условий произрастания, например, из природных заповедников.

Наибольшее нарушение стабильности развития выявлено в окрестностях полигона ТБО в с. Чемодановка, где величина флуктуирующей асимметрии составила 0,0463, что соответствует 3 баллам и указывает на сильную загрязненность окружающей среды.

Величина асимметрии листьев берёзы на территории школы №58 чуть ниже, чем на участке №6, но также соответствует 3 баллам по пятибальной шкале. Это говорит о том, что данный участок также подвержен значительной антропогенной нагрузке. ЦПКиО им. Белинского, сквер «45 меридиан» и ТЦ «Суворовский» получили 2 балла по пятибальной шкале, следовательно, их территория загрязнена незначительно.

Интересен тот факт, что двор школы №58 оказался самым загрязненным после полигона в с. Чемодановка. Однако различия в показателе флуктуирующей асимметрии листьев на участках №2-6 незначительны (0,006). Для того чтобы получить более достоверные результаты, необходимо увеличить объемы выборки.

Использование данной методики в нашей работе подтвердило тот факт, что городская территория значительно загрязненнее, нежели чем окрестности села Чаадаевка, где проходит наш семейный отдых, и менее подвержена антропогенной нагрузке, чем окрестности полигона ТБО.

## Результаты определения степени загрязнения воздуха по лишайникам.

Определение видовой принадлежности лишайников требует профессиональных знаний и опыта. Полученные нами данные носят предварительный характер и нуждаются в тщательной проверке квалифицированным специалистом.

На пробных площадках выполнено предварительное определение видового состава лишайников, вычислена площадь проективного покрытия. По формуле, представленной в разделе 1.2. вычислен индекс полеотолерантности (IP). Все данные занесены в таблицу 5. Более подробно со всеми проведенными измерениями можно ознакомиться в приложении 4.

Чем больше значение IP, тем более загрязнен воздух в соответствующем местообитании. Степень загрязненности атмосферного воздуха с помощью индекса полеотолерантности определена по рабочей шкале, представленной в таблице 4.

**Таблица 4.** Рабочая шкала для определения степени загрязнения атмосферного воздуха с помощью лишайников по индексу их полеотолерантности.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| IP | Концентрация SO2 (мг/м3) | Условная зона |
| 1 – 2 | Менее 0,01 | Нормальная |
| 2 – 5 | 0,01 - 0,03 | Малого загрязнения |
| 5 – 7 | 0,03 - 0,08 | Среднего загрязнения |
| 7 – 10 | 0,08 - 0,10 | Сильного загрязнения |
| 10 | 0,10 - 0,30 | Критического загрязнения |
| 0 | более 0,3 | Лишайниковая пустыня |

**Таблица 5.** Результаты определения степени загрязнения воздуха по лишайникам.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Участок | Вид, класс полеотолерантности | Площадь проективного покрытия, % | Площадь проективного покрытия в баллах | Индекс полеотолерантности |
| 1. Лесопарковая зона с. Чаадаевка. | Эверния сливовая (Evernia prunastri) (VI класс) | 20 | 5 | 4,25  Зона среднего загрязнения |
| Пармелиопсис сомнительный (Parmeliopsis ambigua) (IV класс) | 5 | 3 |
| 1. ЦПКиО им. В.Г.Белинского | Пармелия бороздчатая (Parmelia sulcata) (VII класс) | 20 | 5 | 7, 89  Зона сильного загрязнения |
| Ксантория (Xantoria parientina) (IX класс) | 10 | 4 |
| 1. Двор МБОУ СОШ №58 г.Пензы | Ксантория (Xantoria parietina) (IX класс) | 14,6 | 4 | 8,14  Зона сильного загрязнения |
| Пармелия бороздчатая (Parmelia sulcata) (VII класс) | 5,7 | 3 |
| 1. Сквер «45 меридиан», г.Пенза | Пармелия бороздчатая (Parmelia sulcata) (VII класс) | 1,2 | 1 | 8,5  Зона сильного загрязнения |
| Ксантория (Xantoria parietina) (IX класс) | 7 | 3 |
| 1. ТЦ «Суворовский», г.Пенза | Пармелия бороздчатая (Parmelia sulcata) (VII класс) | 5,2 | 3 | 8,1  Зона сильного загрязнения |
| Ксантория (Xantoria parietina) (IX класс) | 10,2 | 4 |
| 1. Окрестности полигона ТБО с.Чемодановка | Ксантория (Xantoria parietina) (IX класс) | 1 | 1 | 9  Зона сильного загрязнения |

Как и следовало ожидать, наиболее чистой оказалась площадка в окрестностях с. Чаадаевка, это зона малого загрязнения, среднегодовая концентрация SO2 здесь не превышает 0,03 мг/м3 (см. табл. 4). Окрестности с. Чемодановка, напротив, характеризуются большим содержанием оксида серы в атмосфере. Все площадки исследования, расположенные в черте города, так же характеризуются сильным загрязнением атмосферы. Высокое содержание SO2 в атмосфере обусловлено в первую очередь выхлопными газами автомобилей.

**2.3. Результаты определения загрязнения почвы методом биотестирования с использованием кресс-салата.**

Проверка всхожести партии семян кресс-салата «Данский» показала отличный результат. Из 50 заложенных семян на 3 день взошло 49, что соответствует 98% всхожести

9 октября нами были заложены семяна в 6 лотках с пробами почвы с 6 исследуемых участков согласно методике. Лотки были размещены в моей квартире на подоконнике. Начиная с 3-го дня, всходы пересчитывали и полученные значения заносили в таблицу 6.

**Таблица 6.** Скорость прорастания семян кресс-салата.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исследуемый участок | Доля проросших семян, % / сутки | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1. Лесопарковая зона с. Чаадаевка. | 76 | 78 | 80 | 82 | 82 | 82 | 82 | 82 | 82 | 82 | 82 | 82 | 82 |
| 2. ЦПКиО им. В.Г. Белинского | 94 | 96 | 98 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3. Двор МБОУ СОШ №58 г.Пензы | 92 | 92 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 |
| 4. Сквер «45 меридиан», г.Пенза | 80 | 84 | 84 | 86 | 86 | 88 | 88 | 88 | 88 | 88 | 88 | 88 | 88 |
| 5. ТЦ «Суворовский» г.Пенза | 66 | 72 | 82 | 84 | 84 | 84 | 84 | 84 | 84 | 84 | 84 | 84 | 84 |
| 6. Окрестности полигона ТБО с.Чемодановка | 66 | 74 | 74 | 76 | 78 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |

На 15 сутки эксперимента растения были аккуратно извлечены из почвы, их корневая система промыта водой. У 10 случайных растений из каждого лотка были проведены измерения длины побега и корневой системы.

Растения с каждого лотка были взвешены на электронных весах MH-Series Pocket Scale с наименьшим пределом взвешивания 0,01 г, погрешностью +/- 5%. Результаты измерений представлены в таблице 7. Детальные результаты измерений приведены в таблицах Приложения 5.

**Таблица 7.** Результаты взвешивания и измерения проростков на 15-е сутки.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Участок/измерения | Длина побега, см | Длина корня, см | Длина растения, см | Вес всех растений, биомасса, г |
| 1. Лесопарковая зона с. Чаадаевка | 4,3 | 3,6 | 7,9 | 2,40 |
| 2. ЦПКиО им. В.Г. Белинского | 8,3 | 4,5 | 12,8 | 3,64 |
| 3. Двор МБОУ СОШ №58 г.Пензы | 6,6 | 5,5 | 12,1 | 3,20 |
| 4. Сквер «45 меридиан», г.Пенза | 6,3 | 6,4 | 12,7 | 3,00 |
| 5. ТЦ «Суворовский», г.Пенза | 6 | 7,2 | 13,2 | 2,90 |
| 6.Окрестности полигона ТБО с.Чемодановка | 5 | 5,6 | 10,6 | 2,70 |

Результаты эксперимента показали (см. приложение 5), что наилучшая всхожесть - 100% и наибольшая масса растений – 3,64 г была получена на субстрате с участка №2 (ЦПКиО им. В.Г. Белинского), на втором месте результаты пробы с участка №3 (школьный двор МБОУ СОШ №58) – 94% и 3,2 г соответственно, всхожесть 88% и вес 3 г показали растения на субстрате в участка №4 (сквер «45 меридиан»). На пробе грунта с участка №5 (ТЦ «Суворовский») всхожесть составила 84%, масса выращенного кресс-салата – 2,9 г. Наихудший результат по всхожести был получен на пробе грунта с участка №6 (окрестности полигона ТБО с.Чемодановка) – 80%, вес растений – 2,7 г.; по весу растений – на участке №1 (окрестности с.Чаадаевка)– 2,4г. На пробе грунта с участка №1 была так же зафиксирована низкая всхожесть семян – 82%.

Растения, выращиваемые на субстрате с участка №1 (с.Чаадаевка) существенно отстают в росте от растений, растущих на почве с участка №2 (ЦПКиО им. В.Г. Белинского), и даже от растений, помещенных в грунт, полученный с участка №6 (окрестности полигона ТБО в с.Чемодановка).

Такие результаты пробы почвы с участка №1, расположенного в окрестностях с.Чаадаевка оказались для меня неожиданными. Предыдущие наблюдения с использованием флуктуирующей асимметрии листьев березы и лихеноиндикации подтвердили относительную чистоту этой территории, а биотест с использованием кресс-салата оказался одним из худших из 6-ти проб. Необходимо было найти причину плохой всхожести и низкого урожая кресс-салата на почве из окрестностей с. Чаадаевка.

Еще при закладке семян для эксперимента я обратил внимание на то, что образец почвы с участка №1 отличается светлым, по сравнению с другими цветом, а его консистенция похожа на серый песок. С помощью индикаторных полосок «Кислотность почвы» производства ООО «Дельта хим-тэк» была измерена кислотность проб грунта.

Результаты измерения кислотности почв приведены в таблице 8:

**Таблица 8.** Кислотность проб почвы.

|  |  |
| --- | --- |
| Проба почвы | Кислотность, pH |
| 1. Лесопарковая зона с. Чаадаевка | 4,5-5,0 |
| 2. ЦПКиО им. В.Г. Белинского | 6,5 |
| 3. Двор МБОУ СОШ №58 г.Пензы | 6,0 |
| 4. Сквер «45 меридиан», г.Пенза | 6,0 |
| 5. ТЦ «Суворовский», г.Пенза | 5,5 -6,0 |
| 6. Окрестности полигона ТБО с.Чемодановка | 6,5 |

Нейтральная почва благотворно влияет на рост и развитие большинства растений. Почва из с. Чаадаевка оказалась очень кислой, что свойственно серым лесным почвам, характеризующимся низким плодородием [1]. В грунте с повышенной кислотностью ухудшается корневой рост. Это происходит из-за недостаточного поступления питательных веществ к растениям. Кроме этого, в кислой почве быстрее растворяются железистые, алюминиевые и марганцевые соединения, что замедляет рост растений. По моему мнению, причина «плохих» результатов биотеста образца почвы из окрестностей с.Чаадаевка.с использованием кресс-салата заключается в ее высокой кислотности, а не в антропогенной нагрузке. Если исключить из результатов теста пробу с данного участка, то наихудшие показатели всхожести и роста растений показывает участок №6, окрестности полигона ТБО с. Чемодановка, что полностью соответствует нашим ожиданиям.

# **Выводы.**

В ходе работы были проведены исследования состояния здоровья окружающей среды (степени загрязнения почвы и воздуха) с помощью методов биоиндикации и биомониторинга. Самой чистой является площадка №1, расположенная в окрестностях с.Чаадаевка Городищенского района Пензенской области. Две из трех примененных методик показали, что этот участок слабо загрязнен. Опыт с кресс-салатом оказался непоказательным, так как на развитие растений негативно повлияла высокая кислотность почв этих мест.

Результаты исследования участка №2 (ЦПКиО им. В.Г. Белинского), проведенного методом лихеноиндикации биотестирования, оказались значительно хуже, чем участка №1, но с лучше, чем для участков 4-5, расположенных в центре г. Пензы, что позволяет сделать вывод о том, что зеленый массив парка и его удаленность от автомобильных дорого благотворно влияют на состояние окружающей среды.

Участки 3-5, расположенные в центральной части г.Пензы в результате проведенных исследований охарактеризованы как участки с сильными загрязнениям.

Самым неблагополучным с точки зрения состояния окружающей среды по результатам проведенных опытов и наблюдений оказался, как и предполагалось, участок №6, который находится на расстоянии меньше 1 км от полигона ТБО в с.Чемодановка и на таком же удалении от автотрассы М-5. Сравнение результатов исследований этого участка с данными, полученными на участках 3-5, также расположенных около автодорог, позволяют предположить, что наибольшее влияние на загрязнение этой территории оказывает полигон захоронения ТБО.

В перспективе планируется продолжить наши исследования. Необходимо исследовать новые площадки, а также ежегодно повторять измерения на старых, чтобы отследить динамику изменений.

Определение здоровья среды с помощью методов биоиндикации и биотестирования может быть выполнено в рамках уроков биологии в каждой школе. Если объединить полученные данные в рамках одной работы, станет возможным составление карты загрязненности окружающей среды, выполненной с помощью вышеперечисленных методик. Эту карту можно будет использовать в качестве наглядного пособия на уроках естественнонаучной направленности в школах и учреждениях дополнительного образования.

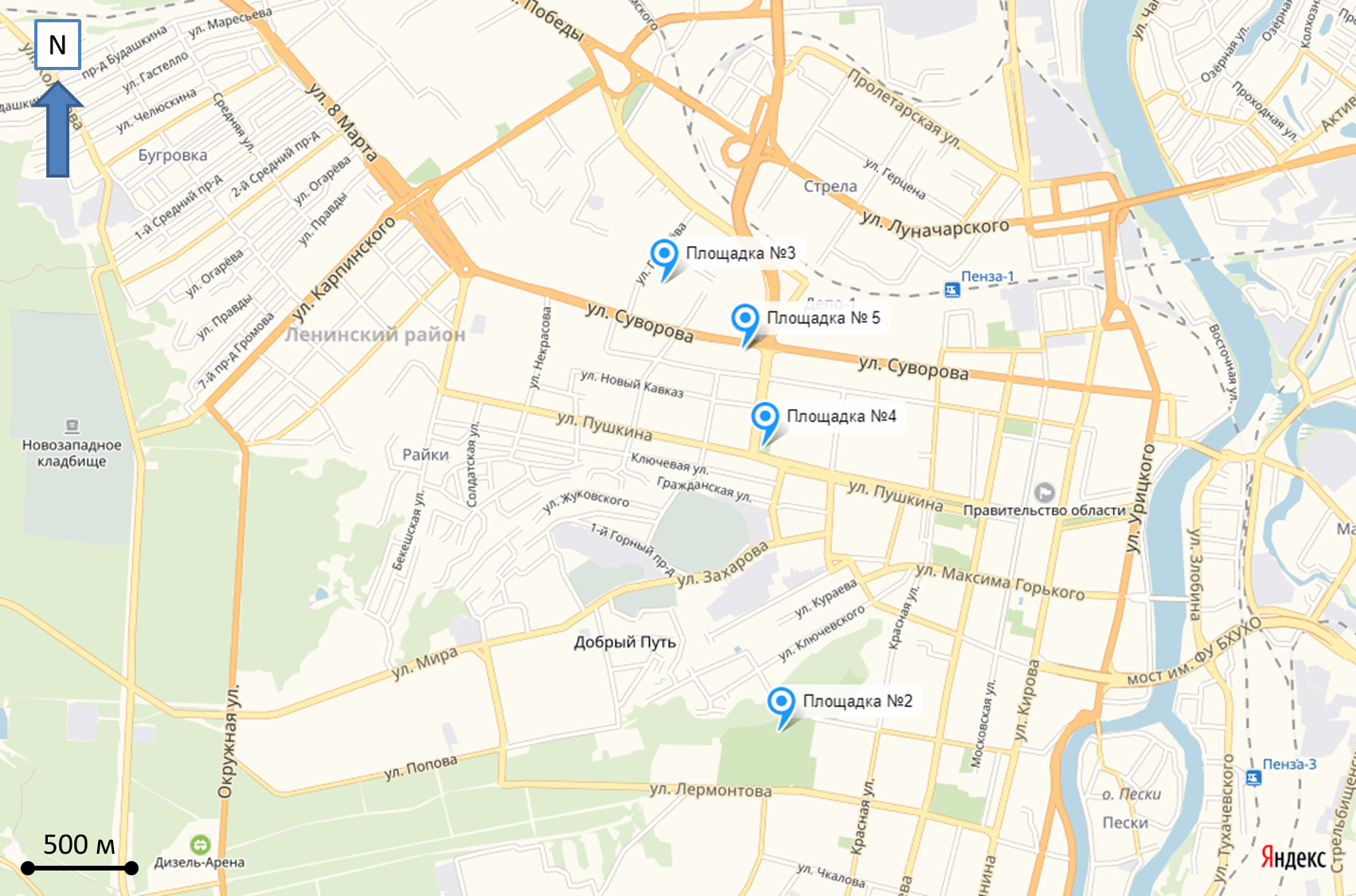
# **Список использованной литературы.**

1. Гальдин Г.Б. ПОЧВЫ / Пензенская энциклопедия. М.: Научное издательство «Большая Российская энциклопедия», 2001, с. 491-493
2. Захаров В.М. Здоровье среды: методика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методологическое руководство для заповедников / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов и др. — М.: Центр экологической политики России, 2000. — 68 с.
3. Лукьянова И.Ю. Экологический мониторинг: учебное пособие/ Цыганов А.Н., Стойко Т.Г. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2016г., 84 с.
4. Ляшенко О. А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды. — Санкт- Петербург: Издательство СПбГТУРП, 2012. — 67 с.
5. Обзор состояния загрязнения окружающей среды на территории деятельности Пензенского ЦГМС в 2016 году / ФГБУ «Приволжское УГМС Пензенский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал ФГБУ «Приволжское УГМС» // <http://pogoda-sv.ru/docs/ecology_info/ecology_review/penz_2016.pdf>
6. Пчелкин А. В., Боголюбов А. С. Методы лихеноиндикации загрязнений окружающей среды / Методическое пособие. М.: Экосистема, 1997 - 25с. ;
7. Уфимцева М.Д., Терехина Н.В. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга // Наука. – 2005г.
8. Хвостиков А.Г., Гарин В.М. Утилизация твердых отходов в населенных пунктах и на производстве: учебное пособие/ Ростов-на-Дону, Ростовский государственный университет путей сообщения, 2010, 118 с.

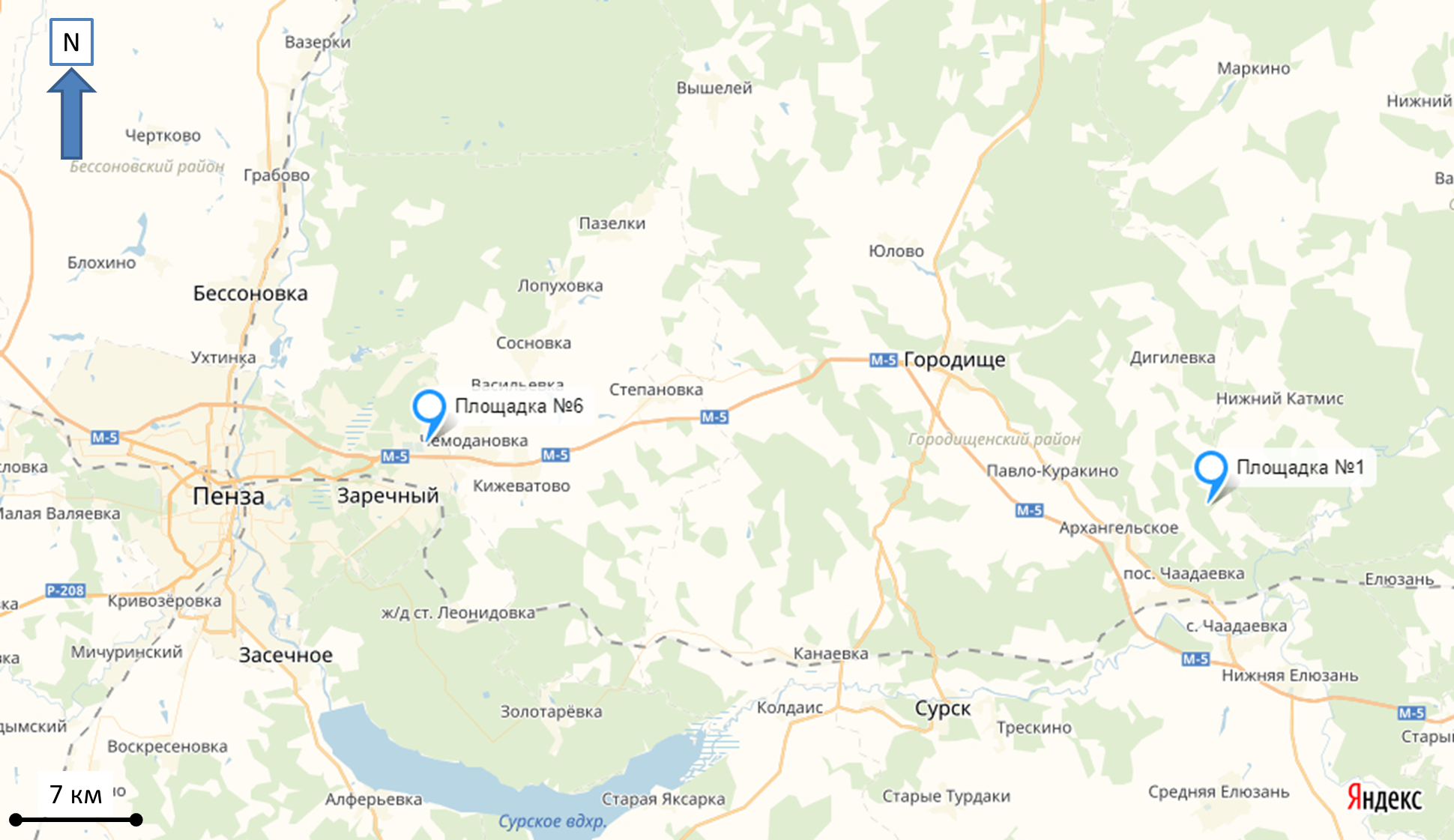
**ПРИЛОЖЕНИЯ**

*Приложение 1.*

**Расположение площадок исследования.**

****

**2.** – ЦПКиО им. В.Г. Белинского; **3. –** Двор МБОУ СОШ №58; **4. –** Сквер «45 Меридиан»; **5. –** ТЦ «Суворовский»

****

**1.** – Лесопарковая зона села Чаадаевка

**6.** – Окрестности полигона ТБО с.Чемодановка

*Приложение 2*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 2.1.1. Данные промеров листа для обработки по оценке стабильности развития (слева - L, справа -R), мм. *(Участок №1. Окрестности с. Чаадаевка)*** | | | | | | | | | | |
|  | № признака | | | | | | | | | |
| № листа | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
|  | L | R | L | R | L | R | L | R | L | R |
| 1 | 44 | 46 | 4 | 4 | 13 | 12 | 34 | 34 | 24 | 22 |
| 2 | 39 | 39 | 6 | 6 | 11 | 13 | 37 | 37 | 22 | 23 |
| 3 | 40 | 41 | 4 | 5 | 13 | 12 | 36 | 37 | 24 | 23 |
| 4 | 41 | 46 | 6 | 5 | 16 | 14 | 46 | 46 | 25 | 26 |
| 5 | 39 | 40 | 4 | 5 | 12 | 11 | 35 | 34 | 24 | 23 |
| 6 | 40 | 43 | 4 | 6 | 11 | 15 | 44 | 43 | 26 | 24 |
| 7 | 44 | 45 | 4 | 5 | 12 | 13 | 35 | 36 | 24 | 25 |
| 8 | 42 | 41 | 5 | 4 | 13 | 12 | 41 | 40 | 26 | 21 |
| 9 | 41 | 39 | 5 | 5 | 10 | 12 | 37 | 36 | 23 | 24 |
| 10 | 39 | 40 | 3 | 5 | 11 | 12 | 35 | 34 | 21 | 22 |
| 11 | 44 | 43 | 6 | 7 | 13 | 14 | 34 | 35 | 21 | 21 |
| 12 | 41 | 39 | 6 | 6 | 12 | 10 | 35 | 35 | 19 | 20 |
| 13 | 39 | 39 | 6 | 7 | 12 | 13 | 41 | 40 | 26 | 24 |
| 14 | 36 | 38 | 5 | 5 | 10 | 9 | 33 | 34 | 20 | 21 |
| 15 | 41 | 40 | 6 | 6 | 13 | 10 | 36 | 32 | 24 | 20 |
| 16 | 35 | 37 | 6 | 5 | 11 | 10 | 31 | 30 | 19 | 18 |
| 17 | 37 | 40 | 7 | 7 | 14 | 12 | 40 | 38 | 26 | 25 |
| 18 | 40 | 39 | 5 | 6 | 10 | 11 | 34 | 35 | 19 | 20 |
| 19 | 41 | 39 | 6 | 5 | 12 | 11 | 35 | 35 | 20 | 21 |
| 20 | 41 | 40 | 6 | 6 | 11 | 10 | 34 | 35 | 19 | 19 |
| 21 | 39 | 38 | 7 | 6 | 13 | 12 | 41 | 42 | 27 | 24 |
| 22 | 38 | 40 | 6 | 7 | 12 | 12 | 42 | 40 | 26 | 24 |
| 23 | 39 | 39 | 7 | 7 | 12 | 13 | 41 | 42 | 25 | 27 |
| 24 | 38 | 39 | 6 | 7 | 13 | 11 | 40 | 43 | 26 | 27 |
| 25 | 36 | 37 | 5 | 6 | 10 | 11 | 32 | 34 | 19 | 21 |
| 26 | 41 | 42 | 7 | 6 | 12 | 10 | 35 | 33 | 23 | 21 |
| 27 | 41 | 40 | 5 | 6 | 13 | 11 | 36 | 34 | 25 | 23 |
| 28 | 42 | 40 | 6 | 6 | 12 | 10 | 35 | 35 | 24 | 21 |
| 29 | 40 | 41 | 6 | 7 | 12 | 11 | 37 | 34 | 23 | 21 |
| 30 | 36 | 38 | 6 | 6 | 12 | 10 | 32 | 31 | 19 | 17 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 2.1.2. Результаты расчета показателя флуктуирующей асимметрии в выборке с участка №1 (окрестности с. Чаадаевка).** *Формулы расчета приведены в разделе 1.1. данной работы.* | | | | | |
| Показатель асимметрии для каждого листа по каждому признаку | | | | | Величина асимметрии листа |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0,022222 | 0 | 0,04 | 0 | 0,043478 | 0,02114 |
| 0 | 0 | 0,083333 | 0 | 0,022222 | 0,021111 |
| 0,012346 | 0,111111 | 0,04 | 0,013699 | 0,021277 | 0,039686 |
| 0,057471 | 0,090909 | 0,066667 | 0 | 0,019608 | 0,046931 |
| 0,012658 | 0,111111 | 0,043478 | 0,014493 | 0,021277 | 0,040603 |
| 0,036145 | 0,2 | 0,153846 | 0,011494 | 0,04 | 0,088297 |
| 0,011236 | 0,111111 | 0,04 | 0,014085 | 0,020408 | 0,039368 |
| 0,012048 | 0,111111 | 0,04 | 0,012346 | 0,106383 | 0,056378 |
| 0,025 | 0 | 0,090909 | 0,013699 | 0,021277 | 0,030177 |
| 0,012658 | 0,25 | 0,043478 | 0,014493 | 0,023256 | 0,068777 |
| 0,011494 | 0,076923 | 0,037037 | 0,014493 | 0 | 0,027989 |
| 0,025 | 0 | 0,090909 | 0 | 0,025641 | 0,02831 |
| 0 | 0,076923 | 0,04 | 0,012346 | 0,04 | 0,033854 |
| 0,027027 | 0 | 0,052632 | 0,014925 | 0,02439 | 0,023795 |
| 0,012346 | 0 | 0,130435 | 0,058824 | 0,090909 | 0,058503 |
| 0,027778 | 0,090909 | 0,047619 | 0,016393 | 0,027027 | 0,041945 |
| 0,038961 | 0 | 0,076923 | 0,025641 | 0,019608 | 0,032227 |
| 0,012658 | 0,090909 | 0,047619 | 0,014493 | 0,025641 | 0,038264 |
| 0,025 | 0,090909 | 0,043478 | 0 | 0,02439 | 0,036756 |
| 0,012346 | 0 | 0,047619 | 0,014493 | 0 | 0,014891 |
| 0,012987 | 0,076923 | 0,04 | 0,012048 | 0,058824 | 0,040156 |
| 0,025641 | 0,076923 | 0 | 0,02439 | 0,04 | 0,033391 |
| 0 | 0 | 0,04 | 0,012048 | 0,038462 | 0,018102 |
| 0,012987 | 0,076923 | 0,083333 | 0,036145 | 0,018868 | 0,045651 |
| 0,013699 | 0,090909 | 0,047619 | 0,030303 | 0,05 | 0,046506 |
| 0,012048 | 0,076923 | 0,090909 | 0,029412 | 0,045455 | 0,050949 |
| 0,012346 | 0,090909 | 0,083333 | 0,028571 | 0,041667 | 0,051365 |
| 0,02439 | 0 | 0,090909 | 0 | 0,066667 | 0,036393 |
| 0,012346 | 0,076923 | 0,043478 | 0,042254 | 0,045455 | 0,044091 |
| 0,027027 | 0 | 0,090909 | 0,015873 | 0,055556 | 0,037873 |
| Величина асимметрии в выборке | | | | | 0,039783 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 2.2.1. Данные промеров листа для обработки по оценке стабильности развития (слева - L, справа -R), мм. *(Участок №2. ЦПКиО им. В.Г. Белинского)*** | | | | | | | | | | |
|  | № признака | | | | | | | | | |
| № листа | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
|  | L | R | L | R | L | R | L | R | L | R |
| 1 | 45 | 44 | 4 | 4 | 13 | 12 | 33 | 34 | 22 | 22 |
| 2 | 39 | 40 | 6 | 5 | 11 | 13 | 35 | 35 | 21 | 22 |
| 3 | 40 | 41 | 5 | 5 | 11 | 12 | 34 | 33 | 19 | 21 |
| 4 | 41 | 44 | 5 | 7 | 16 | 14 | 45 | 44 | 24 | 25 |
| 5 | 39 | 40 | 4 | 5 | 12 | 11 | 35 | 34 | 25 | 23 |
| 6 | 41 | 43 | 4 | 5 | 11 | 15 | 42 | 43 | 27 | 25 |
| 7 | 43 | 44 | 5 | 5 | 12 | 14 | 35 | 37 | 20 | 19 |
| 8 | 42 | 41 | 5 | 4 | 13 | 12 | 41 | 40 | 23 | 21 |
| 9 | 40 | 39 | 6 | 5 | 11 | 12 | 35 | 36 | 24 | 22 |
| 10 | 38 | 40 | 4 | 5 | 11 | 12 | 33 | 34 | 22 | 23 |
| 11 | 41 | 43 | 5 | 7 | 13 | 14 | 34 | 36 | 21 | 22 |
| 12 | 38 | 39 | 6 | 5 | 11 | 10 | 35 | 36 | 19 | 21 |
| 13 | 38 | 39 | 7 | 6 | 12 | 11 | 39 | 40 | 26 | 25 |
| 14 | 35 | 36 | 6 | 5 | 9 | 11 | 33 | 34 | 22 | 20 |
| 15 | 41 | 40 | 5 | 6 | 12 | 10 | 35 | 32 | 23 | 21 |
| 16 | 36 | 38 | 6 | 5 | 10 | 10 | 33 | 32 | 20 | 21 |
| 17 | 37 | 40 | 5 | 6 | 12 | 13 | 35 | 39 | 21 | 22 |
| 18 | 38 | 40 | 4 | 6 | 11 | 12 | 40 | 38 | 23 | 21 |
| 19 | 41 | 39 | 6 | 4 | 11 | 11 | 38 | 36 | 19 | 20 |
| 20 | 40 | 40 | 6 | 5 | 12 | 10 | 36 | 35 | 26 | 24 |
| 21 | 40 | 38 | 6 | 6 | 9 | 12 | 42 | 41 | 27 | 25 |
| 22 | 39 | 40 | 5 | 6 | 11 | 12 | 43 | 41 | 24 | 24 |
| 23 | 38 | 41 | 7 | 6 | 14 | 13 | 39 | 42 | 23 | 25 |
| 24 | 38 | 39 | 4 | 5 | 12 | 11 | 37 | 40 | 26 | 27 |
| 25 | 37 | 38 | 6 | 6 | 11 | 10 | 35 | 36 | 21 | 20 |
| 26 | 40 | 39 | 5 | 7 | 12 | 10 | 35 | 33 | 19 | 21 |
| 27 | 41 | 40 | 5 | 4 | 12 | 11 | 35 | 34 | 24 | 26 |
| 28 | 41 | 39 | 7 | 6 | 12 | 12 | 34 | 37 | 24 | 23 |
| 29 | 39 | 41 | 6 | 5 | 12 | 11 | 36 | 35 | 23 | 21 |
| 30 | 36 | 39 | 6 | 6 | 12 | 10 | 32 | 32 | 20 | 18 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 2.2.2. Результаты расчета показателя флуктуирующей асимметрии в выборке с участка №2 (*ЦПКиО им. В.Г. Белинского*).** *Формулы расчета приведены в разделе 1.1. данной работы.* | | | | | |
| Номер признака | | | | | Величина асимметрии листа |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0,011236 | 0 | 0,04 | 0,014925 | 0 | 0,013232 |
| 0,012658 | 0,090909 | 0,083333 | 0 | 0,023256 | 0,042031 |
| 0,012346 | 0 | 0,043478 | 0,014925 | 0,05 | 0,02415 |
| 0,035294 | 0,166667 | 0,066667 | 0,011236 | 0,020408 | 0,060054 |
| 0,012658 | 0,111111 | 0,043478 | 0,014493 | 0,041667 | 0,044681 |
| 0,02381 | 0,111111 | 0,153846 | 0,011765 | 0,038462 | 0,067799 |
| 0,011494 | 0 | 0,076923 | 0,027778 | 0,025641 | 0,028367 |
| 0,012048 | 0,111111 | 0,04 | 0,012346 | 0,045455 | 0,044192 |
| 0,012658 | 0,090909 | 0,043478 | 0,014085 | 0,043478 | 0,040922 |
| 0,025641 | 0,111111 | 0,043478 | 0,014925 | 0,022222 | 0,043476 |
| 0,02381 | 0,166667 | 0,037037 | 0,028571 | 0,023256 | 0,055868 |
| 0,012987 | 0,090909 | 0,047619 | 0,014085 | 0,05 | 0,04312 |
| 0,012987 | 0,076923 | 0,043478 | 0,012658 | 0,019608 | 0,033131 |
| 0,014085 | 0,090909 | 0,1 | 0,014925 | 0,047619 | 0,053508 |
| 0,012346 | 0,090909 | 0,090909 | 0,044776 | 0,045455 | 0,056879 |
| 0,027027 | 0,090909 | 0 | 0,015385 | 0,02439 | 0,031542 |
| 0,038961 | 0,090909 | 0,04 | 0,054054 | 0,023256 | 0,049436 |
| 0,025641 | 0,2 | 0,043478 | 0,025641 | 0,045455 | 0,068043 |
| 0,025 | 0,2 | 0 | 0,027027 | 0,025641 | 0,055534 |
| 0 | 0,090909 | 0,090909 | 0,014085 | 0,04 | 0,047181 |
| 0,025641 | 0 | 0,142857 | 0,012048 | 0,038462 | 0,043802 |
| 0,012658 | 0,090909 | 0,043478 | 0,02381 | 0 | 0,034171 |
| 0,037975 | 0,076923 | 0,037037 | 0,037037 | 0,041667 | 0,046128 |
| 0,012987 | 0,111111 | 0,043478 | 0,038961 | 0,018868 | 0,045081 |
| 0,013333 | 0 | 0,047619 | 0,014085 | 0,02439 | 0,019885 |
| 0,012658 | 0,166667 | 0,090909 | 0,029412 | 0,05 | 0,069929 |
| 0,012346 | 0,111111 | 0,043478 | 0,014493 | 0,04 | 0,044286 |
| 0,025 | 0,076923 | 0 | 0,042254 | 0,021277 | 0,033091 |
| 0,025 | 0,090909 | 0,043478 | 0,014085 | 0,045455 | 0,043785 |
| 0,04 | 0 | 0,090909 | 0 | 0,052632 | 0,036708 |
| Величина асимметрии в выборке | | | | | 0,044 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 2.3.1. Данные промеров листа для обработки по оценке стабильности развития (слева - L, справа -R), мм. *(Участок №3. Двор МБОУ СОШ №58)*** | | | | | | | | | | |
|  | № признака | | | | | | | | | |
| № листа | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
|  | L | R | L | R | L | R | L | R | L | R |
| 1 | 30 | 34 | 11 | 14 | 15 | 14 | 49 | 47 | 33 | 30 |
| 2 | 31 | 31 | 10 | 9 | 13 | 15 | 39 | 36 | 28 | 26 |
| 3 | 30 | 30 | 9 | 8 | 13 | 14 | 38 | 37 | 25 | 25 |
| 4 | 30 | 35 | 8 | 8 | 11 | 13 | 39 | 41 | 28 | 28 |
| 5 | 33 | 35 | 9 | 8 | 12 | 12 | 33 | 36 | 20 | 24 |
| 6 | 31 | 36 | 7 | 7 | 12 | 13 | 36 | 37 | 24 | 25 |
| 7 | 36 | 30 | 9 | 9 | 12 | 14 | 44 | 42 | 29 | 31 |
| 8 | 31 | 30 | 8 | 8 | 12 | 11 | 37 | 38 | 23 | 27 |
| 9 | 32 | 34 | 11 | 13 | 15 | 14 | 45 | 48 | 30 | 28 |
| 10 | 31 | 33 | 10 | 8 | 12 | 15 | 37 | 39 | 24 | 25 |
| 11 | 32 | 32 | 9 | 8 | 9 | 11 | 35 | 36 | 23 | 24 |
| 12 | 35 | 35 | 6 | 9 | 11 | 12 | 37 | 35 | 22 | 22 |
| 13 | 35 | 34 | 7 | 8 | 10 | 9 | 33 | 31 | 25 | 21 |
| 14 | 38 | 38 | 8 | 7 | 14 | 11 | 38 | 35 | 23 | 22 |
| 15 | 36 | 32 | 7 | 7 | 9 | 10 | 32 | 32 | 20 | 21 |
| 16 | 31 | 32 | 8 | 9 | 10 | 11 | 32 | 29 | 19 | 18 |
| 17 | 30 | 31 | 9 | 10 | 11 | 10 | 29 | 33 | 21 | 22 |
| 18 | 33 | 32 | 6 | 7 | 11 | 11 | 31 | 34 | 21 | 21 |
| 19 | 31 | 32 | 8 | 7 | 8 | 9 | 33 | 32 | 22 | 22 |
| 20 | 40 | 39 | 8 | 10 | 11 | 10 | 32 | 35 | 23 | 25 |
| 21 | 34 | 36 | 7 | 8 | 10 | 12 | 34 | 36 | 24 | 26 |
| 22 | 31 | 33 | 8 | 6 | 9 | 11 | 31 | 33 | 22 | 21 |
| 23 | 33 | 32 | 5 | 8 | 10 | 11 | 36 | 35 | 25 | 24 |
| 24 | 30 | 32 | 8 | 7 | 9 | 11 | 32 | 31 | 20 | 22 |
| 25 | 32 | 33 | 7 | 10 | 9 | 12 | 35 | 34 | 24 | 23 |
| 26 | 33 | 33 | 8 | 6 | 14 | 13 | 35 | 35 | 21 | 22 |
| 27 | 32 | 36 | 12 | 10 | 10 | 12 | 36 | 35 | 26 | 26 |
| 28 | 30 | 31 | 13 | 10 | 11 | 12 | 46 | 42 | 30 | 28 |
| 29 | 29 | 32 | 7 | 8 | 11 | 12 | 35 | 32 | 24 | 22 |
| 30 | 35 | 32 | 7 | 6 | 11 | 12 | 34 | 36 | 25 | 26 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 2.3.2. Результаты расчета показателя флуктуирующей асимметрии в выборке с участка №3 (двор МБОУ СОШ №58).** *Формулы расчета приведены в разделе 1.1. данной работы.* | | | | | |
| Номер признака | | | | | Величина асимметрии листа |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0,0625 | 0,12 | 0,034483 | 0,020833 | 0,047619 | 0,057087 |
| 0 | 0,052632 | 0,071429 | 0,04 | 0,037037 | 0,040219 |
| 0 | 0,058824 | 0,037037 | 0,013333 | 0 | 0,021839 |
| 0,076923 | 0 | 0,083333 | 0,025 | 0 | 0,037051 |
| 0,029412 | 0,058824 | 0 | 0,043478 | 0,090909 | 0,044525 |
| 0,074627 | 0 | 0,04 | 0,013699 | 0,020408 | 0,029747 |
| 0,090909 | 0 | 0,076923 | 0,023256 | 0,033333 | 0,044884 |
| 0,016393 | 0 | 0,043478 | 0,013333 | 0,08 | 0,030641 |
| 0,030303 | 0,083333 | 0,034483 | 0,032258 | 0,034483 | 0,042972 |
| 0,03125 | 0,111111 | 0,111111 | 0,026316 | 0,020408 | 0,060039 |
| 0 | 0,058824 | 0,1 | 0,014085 | 0,021277 | 0,038837 |
| 0 | 0,2 | 0,043478 | 0,027778 | 0 | 0,054251 |
| 0,014493 | 0,066667 | 0,052632 | 0,03125 | 0,086957 | 0,0504 |
| 0 | 0,066667 | 0,12 | 0,041096 | 0,022222 | 0,049997 |
| 0,058824 | 0 | 0,052632 | 0 | 0,02439 | 0,027169 |
| 0,015873 | 0,058824 | 0,047619 | 0,04918 | 0,027027 | 0,039705 |
| 0,016393 | 0,052632 | 0,047619 | 0,064516 | 0,023256 | 0,040883 |
| 0,015385 | 0,076923 | 0 | 0,046154 | 0 | 0,027692 |
| 0,015873 | 0,066667 | 0,058824 | 0,015385 | 0 | 0,03135 |
| 0,012658 | 0,111111 | 0,047619 | 0,044776 | 0,041667 | 0,051566 |
| 0,028571 | 0,066667 | 0,090909 | 0,028571 | 0,04 | 0,050944 |
| 0,03125 | 0,142857 | 0,1 | 0,03125 | 0,023256 | 0,065723 |
| 0,015385 | 0,230769 | 0,047619 | 0,014085 | 0,020408 | 0,065653 |
| 0,032258 | 0,066667 | 0,1 | 0,015873 | 0,047619 | 0,052483 |
| 0,015385 | 0,176471 | 0,142857 | 0,014493 | 0,021277 | 0,074096 |
| 0 | 0,142857 | 0,037037 | 0 | 0,023256 | 0,04063 |
| 0,058824 | 0,090909 | 0,090909 | 0,014085 | 0 | 0,050945 |
| 0,016393 | 0,130435 | 0,043478 | 0,045455 | 0,034483 | 0,054049 |
| 0,04918 | 0,066667 | 0,043478 | 0,044776 | 0,043478 | 0,049516 |
| 0,044776 | 0,076923 | 0,043478 | 0,028571 | 0,019608 | 0,042671 |
| Величина асимметрии в выборке | | | | | 0,045585 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 2.4.1. Данные промеров листа для обработки по оценке стабильности развития (слева - L, справа -R), мм. *(Участок №4. Сквер «45 меридиан»)*** | | | | | | | | | | |
|  | № признака | | | | | | | | | |
| № листа | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
|  | L | R | L | R | L | R | L | R | L | R |
| 1 | 31 | 34 | 9 | 8 | 12 | 13 | 39 | 41 | 31 | 30 |
| 2 | 30 | 31 | 4 | 6 | 10 | 9 | 42 | 41 | 30 | 29 |
| 3 | 30 | 31 | 9 | 8 | 13 | 11 | 38 | 37 | 27 | 27 |
| 4 | 30 | 30 | 7 | 5 | 11 | 12 | 38 | 40 | 28 | 28 |
| 5 | 31 | 30 | 4 | 6 | 10 | 12 | 29 | 30 | 22 | 24 |
| 6 | 30 | 32 | 7 | 7 | 9 | 10 | 36 | 37 | 29 | 27 |
| 7 | 35 | 33 | 8 | 9 | 10 | 10 | 41 | 43 | 29 | 30 |
| 8 | 31 | 30 | 8 | 7 | 10 | 11 | 38 | 37 | 25 | 29 |
| 9 | 32 | 33 | 10 | 9 | 9 | 11 | 43 | 41 | 31 | 29 |
| 10 | 30 | 31 | 9 | 8 | 12 | 13 | 40 | 39 | 25 | 26 |
| 11 | 31 | 32 | 9 | 8 | 9 | 11 | 36 | 36 | 24 | 25 |
| 12 | 36 | 35 | 6 | 5 | 11 | 10 | 33 | 34 | 19 | 21 |
| 13 | 30 | 30 | 7 | 8 | 9 | 9 | 33 | 31 | 23 | 21 |
| 14 | 34 | 35 | 7 | 7 | 11 | 12 | 36 | 37 | 28 | 26 |
| 15 | 31 | 32 | 8 | 7 | 11 | 10 | 32 | 32 | 19 | 20 |
| 16 | 31 | 30 | 8 | 7 | 10 | 11 | 31 | 30 | 21 | 18 |
| 17 | 30 | 31 | 5 | 6 | 9 | 10 | 31 | 33 | 30 | 28 |
| 18 | 32 | 32 | 6 | 7 | 12 | 11 | 32 | 34 | 26 | 24 |
| 19 | 31 | 32 | 5 | 7 | 8 | 9 | 33 | 32 | 21 | 23 |
| 20 | 36 | 39 | 9 | 8 | 10 | 10 | 32 | 33 | 23 | 25 |
| 21 | 33 | 34 | 5 | 7 | 10 | 12 | 40 | 38 | 28 | 26 |
| 22 | 32 | 33 | 8 | 6 | 9 | 10 | 31 | 32 | 24 | 23 |
| 23 | 29 | 32 | 5 | 8 | 10 | 11 | 30 | 32 | 27 | 29 |
| 24 | 30 | 32 | 6 | 7 | 9 | 12 | 33 | 31 | 21 | 23 |
| 25 | 30 | 31 | 7 | 8 | 10 | 12 | 31 | 32 | 23 | 23 |
| 26 | 32 | 33 | 8 | 6 | 12 | 13 | 31 | 29 | 28 | 25 |
| 27 | 34 | 36 | 8 | 10 | 10 | 11 | 36 | 35 | 25 | 24 |
| 28 | 32 | 31 | 11 | 10 | 11 | 10 | 34 | 37 | 30 | 28 |
| 29 | 30 | 32 | 7 | 8 | 9 | 10 | 32 | 34 | 22 | 22 |
| 30 | 34 | 32 | 7 | 7 | 12 | 10 | 33 | 33 | 25 | 26 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 2.4.2. Результаты расчета показателя флуктуирующей асимметрии в выборке с участка №4 (сквер «45 меридиан»).** *Формулы расчета приведены в разделе 1.1. данной работы.* | | | | | |
| Номер признака | | | | | Величина асимметрии листа |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0,046154 | 0,058824 | 0,04 | 0,025 | 0,016393 | 0,037274 |
| 0,016393 | 0,2 | 0,052632 | 0,012048 | 0,016949 | 0,059604 |
| 0,016393 | 0,058824 | 0,083333 | 0,013333 | 0 | 0,034377 |
| 0 | 0,166667 | 0,043478 | 0,025641 | 0 | 0,047157 |
| 0,016393 | 0,2 | 0,090909 | 0,016949 | 0,043478 | 0,073546 |
| 0,032258 | 0 | 0,052632 | 0,013699 | 0,035714 | 0,026861 |
| 0,029412 | 0,058824 | 0 | 0,02381 | 0,016949 | 0,025799 |
| 0,016393 | 0,066667 | 0,047619 | 0,013333 | 0,074074 | 0,043617 |
| 0,015385 | 0,052632 | 0,1 | 0,02381 | 0,033333 | 0,045032 |
| 0,016393 | 0,058824 | 0,04 | 0,012658 | 0,019608 | 0,029497 |
| 0,015873 | 0,058824 | 0,1 | 0 | 0,020408 | 0,039021 |
| 0,014085 | 0,090909 | 0,047619 | 0,014925 | 0,05 | 0,043508 |
| 0 | 0,066667 | 0 | 0,03125 | 0,045455 | 0,028674 |
| 0,014493 | 0 | 0,043478 | 0,013699 | 0,037037 | 0,021741 |
| 0,015873 | 0,066667 | 0,047619 | 0 | 0,025641 | 0,03116 |
| 0,016393 | 0,066667 | 0,047619 | 0,016393 | 0,076923 | 0,044799 |
| 0,016393 | 0,090909 | 0,052632 | 0,03125 | 0,034483 | 0,045133 |
| 0 | 0,076923 | 0,043478 | 0,030303 | 0,04 | 0,038141 |
| 0,015873 | 0,166667 | 0,058824 | 0,015385 | 0,045455 | 0,06044 |
| 0,04 | 0,058824 | 0 | 0,015385 | 0,041667 | 0,031175 |
| 0,014925 | 0,166667 | 0,090909 | 0,025641 | 0,037037 | 0,067036 |
| 0,015385 | 0,142857 | 0,052632 | 0,015873 | 0,021277 | 0,049605 |
| 0,04918 | 0,230769 | 0,047619 | 0,032258 | 0,035714 | 0,079108 |
| 0,032258 | 0,076923 | 0,142857 | 0,03125 | 0,045455 | 0,065749 |
| 0,016393 | 0,066667 | 0,090909 | 0,015873 | 0 | 0,037968 |
| 0,015385 | 0,142857 | 0,04 | 0,033333 | 0,056604 | 0,057636 |
| 0,028571 | 0,111111 | 0,047619 | 0,014085 | 0,020408 | 0,044359 |
| 0,015873 | 0,047619 | 0,047619 | 0,042254 | 0,034483 | 0,037569 |
| 0,032258 | 0,066667 | 0,052632 | 0,030303 | 0 | 0,036372 |
| 0,030303 | 0 | 0,090909 | 0 | 0,019608 | 0,028164 |
| Величина асимметрии в выборке | | | | | 0,043671 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 2.5.1. Данные промеров листа для обработки по оценке стабильности развития (слева - L, справа -R), мм. *(Участок №5. Газон напротив ТЦ «Суворовский»)*** | | | | | | | | | | |
|  | № признака | | | | | | | | | |
| № листа | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
|  | L | R | L | R | L | R | L | R | L | R |
| 1 | 38 | 40 | 8 | 7 | 12 | 12 | 28 | 29 | 17 | 18 |
| 2 | 42 | 42 | 6 | 6 | 10 | 10 | 28 | 30 | 16 | 19 |
| 3 | 35 | 39 | 7 | 6 | 9 | 7 | 22 | 20 | 13 | 13 |
| 4 | 39 | 40 | 8 | 8 | 10 | 10 | 29 | 29 | 18 | 19 |
| 5 | 42 | 42 | 3 | 3 | 7 | 8 | 21 | 20 | 12 | 13 |
| 6 | 38 | 39 | 7 | 8 | 12 | 9 | 32 | 29 | 19 | 18 |
| 7 | 40 | 38 | 7 | 8 | 8 | 8 | 25 | 25 | 16 | 16 |
| 8 | 39 | 37 | 7 | 8 | 10 | 9 | 26 | 25 | 17 | 17 |
| 9 | 35 | 37 | 6 | 6 | 10 | 8 | 26 | 26 | 15 | 17 |
| 10 | 41 | 48 | 7 | 5 | 10 | 10 | 31 | 32 | 19 | 20 |
| 11 | 40 | 41 | 7 | 8 | 12 | 10 | 32 | 27 | 20 | 18 |
| 12 | 32 | 42 | 6 | 5 | 9 | 10 | 28 | 22 | 13 | 13 |
| 13 | 39 | 40 | 8 | 10 | 15 | 17 | 41 | 43 | 26 | 29 |
| 14 | 31 | 35 | 8 | 5 | 10 | 10 | 29 | 29 | 17 | 18 |
| 15 | 33 | 30 | 9 | 8 | 10 | 8 | 31 | 30 | 16 | 17 |
| 16 | 41 | 42 | 7 | 8 | 10 | 9 | 25 | 25 | 16 | 17 |
| 17 | 40 | 39 | 9 | 8 | 10 | 10 | 30 | 29 | 20 | 18 |
| 18 | 39 | 39 | 5 | 8 | 11 | 11 | 30 | 28 | 19 | 18 |
| 19 | 31 | 36 | 9 | 10 | 10 | 10 | 30 | 29 | 17 | 18 |
| 20 | 35 | 31 | 7 | 8 | 9 | 8 | 25 | 23 | 14 | 14 |
| 21 | 32 | 32 | 8 | 7 | 8 | 9 | 25 | 26 | 14 | 16 |
| 22 | 38 | 40 | 7 | 7 | 10 | 10 | 25 | 26 | 16 | 17 |
| 23 | 35 | 42 | 8 | 6 | 9 | 8 | 24 | 22 | 14 | 15 |
| 24 | 35 | 39 | 7 | 6 | 9 | 8 | 28 | 26 | 15 | 15 |
| 25 | 38 | 41 | 6 | 6 | 7 | 8 | 24 | 24 | 14 | 15 |
| 26 | 36 | 41 | 5 | 6 | 8 | 9 | 24 | 24 | 14 | 16 |
| 27 | 35 | 30 | 8 | 7 | 9 | 9 | 22 | 25 | 14 | 15 |
| 28 | 32 | 35 | 7 | 7 | 10 | 8 | 25 | 22 | 15 | 14 |
| 29 | 34 | 32 | 6 | 7 | 10 | 10 | 25 | 24 | 15 | 15 |
| 30 | 35 | 34 | 7 | 6 | 8 | 8 | 23 | 23 | 14 | 14 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 2.5.2. Результаты расчета показателя флуктуирующей асимметрии в выборке с участка №5 (газон напротив ТЦ «Суворовский»).** *Формулы расчета приведены в разделе 1.1. данной работы.* | | | | | |
| Номер признака | | | | | Величина асимметрии листа |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0,025641 | 0,066667 | 0 | 0,017544 | 0,028571 | 0,027685 |
| 0 | 0 | 0 | 0,034483 | 0,085714 | 0,024039 |
| 0,054054 | 0,076923 | 0,125 | 0,047619 | 0 | 0,060719 |
| 0,012658 | 0 | 0 | 0 | 0,027027 | 0,007937 |
| 0 | 0 | 0,066667 | 0,02439 | 0,04 | 0,026211 |
| 0,012987 | 0,066667 | 0,142857 | 0,04918 | 0,027027 | 0,059744 |
| 0,025641 | 0,066667 | 0 | 0 | 0 | 0,018462 |
| 0,026316 | 0,066667 | 0,052632 | 0,019608 | 0 | 0,033044 |
| 0,027778 | 0 | 0,111111 | 0 | 0,0625 | 0,040278 |
| 0,078652 | 0,166667 | 0 | 0,015873 | 0,025641 | 0,057366 |
| 0,012346 | 0,066667 | 0,090909 | 0,084746 | 0,052632 | 0,06146 |
| 0,135135 | 0,090909 | 0,052632 | 0,12 | 0 | 0,079735 |
| 0,012658 | 0,111111 | 0,0625 | 0,02381 | 0,054545 | 0,052925 |
| 0,060606 | 0,230769 | 0 | 0 | 0,028571 | 0,063989 |
| 0,047619 | 0,058824 | 0,111111 | 0,016393 | 0,030303 | 0,05285 |
| 0,012048 | 0,066667 | 0,052632 | 0 | 0,030303 | 0,03233 |
| 0,012658 | 0,058824 | 0 | 0,016949 | 0,052632 | 0,028212 |
| 0 | 0,230769 | 0 | 0,034483 | 0,027027 | 0,058456 |
| 0,074627 | 0,052632 | 0 | 0,016949 | 0,028571 | 0,034556 |
| 0,060606 | 0,066667 | 0,058824 | 0,041667 | 0 | 0,045553 |
| 0 | 0,066667 | 0,058824 | 0,019608 | 0,066667 | 0,042353 |
| 0,025641 | 0 | 0 | 0,019608 | 0,030303 | 0,01511 |
| 0,090909 | 0,142857 | 0,058824 | 0,043478 | 0,034483 | 0,07411 |
| 0,054054 | 0,076923 | 0,058824 | 0,037037 | 0 | 0,045368 |
| 0,037975 | 0 | 0,066667 | 0 | 0,034483 | 0,027825 |
| 0,064935 | 0,090909 | 0,058824 | 0 | 0,066667 | 0,056267 |
| 0,076923 | 0,066667 | 0 | 0,06383 | 0,034483 | 0,04838 |
| 0,044776 | 0 | 0,111111 | 0,06383 | 0,034483 | 0,05084 |
| 0,030303 | 0,076923 | 0 | 0,020408 | 0 | 0,025527 |
| 0,014493 | 0,076923 | 0 | 0 | 0 | 0,018283 |
| Величина асимметрии в выборке | | | | | 0,04232 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 2.6.1. Данные промеров листа для обработки по оценке стабильности развития (слева - L, справа -R), мм. *(Участок №1. Окрестности с. Чемодановка)*** | | | | | | | | | | |
|  | № признака | | | | | | | | | |
| № листа | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
|  | L | R | L | R | L | R | L | R | L | R |
| 1 | 49 | 44 | 5 | 4 | 15 | 14 | 36 | 38 | 22 | 21 |
| 2 | 48 | 46 | 4 | 4 | 7 | 8 | 25 | 27 | 15 | 18 |
| 3 | 41 | 40 | 4 | 4 | 12 | 12 | 31 | 32 | 18 | 22 |
| 4 | 49 | 47 | 3 | 3 | 7 | 9 | 27 | 29 | 17 | 16 |
| 5 | 49 | 46 | 4 | 3 | 8 | 7 | 27 | 26 | 16 | 17 |
| 6 | 46 | 48 | 4 | 4 | 8 | 8 | 26 | 28 | 18 | 19 |
| 7 | 49 | 51 | 4 | 4 | 8 | 9 | 25 | 25 | 15 | 16 |
| 8 | 48 | 45 | 4 | 3 | 7 | 8 | 27 | 26 | 17 | 18 |
| 9 | 44 | 46 | 3 | 3 | 9 | 8 | 25 | 22 | 15 | 14 |
| 10 | 49 | 47 | 4 | 3 | 8 | 7 | 26 | 27 | 17 | 19 |
| 11 | 42 | 44 | 2 | 3 | 5 | 6 | 17 | 18 | 12 | 12 |
| 12 | 48 | 46 | 4 | 4 | 7 | 7 | 26 | 25 | 15 | 17 |
| 13 | 40 | 43 | 4 | 4 | 6 | 7 | 16 | 17 | 10 | 9 |
| 14 | 49 | 48 | 4 | 3 | 7 | 7 | 26 | 27 | 17 | 18 |
| 15 | 41 | 41 | 4 | 5 | 13 | 11 | 31 | 32 | 18 | 20 |
| 16 | 49 | 46 | 4 | 3 | 7 | 8 | 27 | 28 | 16 | 17 |
| 17 | 42 | 40 | 5 | 5 | 12 | 11 | 33 | 31 | 191 | 20 |
| 18 | 44 | 47 | 3 | 4 | 9 | 9 | 25 | 23 | 15 | 16 |
| 19 | 42 | 41 | 4 | 4 | 12 | 12 | 33 | 32 | 20 | 21 |
| 20 | 43 | 46 | 4 | 5 | 8 | 9 | 24 | 22 | 15 | 13 |
| 21 | 40 | 41 | 4 | 4 | 13 | 11 | 30 | 33 | 20 | 22 |
| 22 | 44 | 46 | 3 | 3 | 9 | 8 | 24 | 23 | 16 | 15 |
| 23 | 41 | 41 | 4 | 5 | 11 | 13 | 31 | 32 | 19 | 22 |
| 24 | 49 | 52 | 4 | 4 | 8 | 8 | 26 | 25 | 16 | 17 |
| 25 | 48 | 51 | 4 | 5 | 8 | 9 | 25 | 26 | 16 | 16 |
| 26 | 49 | 51 | 4 | 4 | 9 | 9 | 26 | 25 | 17 | 16 |
| 27 | 44 | 46 | 4 | 4 | 9 | 8 | 25 | 23 | 16 | 14 |
| 28 | 42 | 44 | 2 | 2 | 5 | 7 | 18 | 19 | 13 | 14 |
| 29 | 43 | 44 | 2 | 3 | 6 | 7 | 19 | 20 | 14 | 14 |
| 30 | 40 | 42 | 4 | 4 | 7 | 6 | 16 | 18 | 10 | 11 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 2.6.2. Результаты расчета показателя флуктуирующей асимметрии в выборке с участка №1 (окрестности с. Чемодановка).** *Формулы расчета приведены в разделе 1.1. данной работы.* | | | | | |
| Номер признака | | | | | Величина асимметрии листа |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0,053763 | 0,111111 | 0,034483 | 0,027027 | 0,023256 | 0,049928 |
| 0,021277 | 0 | 0,066667 | 0,038462 | 0,090909 | 0,043463 |
| 0,012346 | 0 | 0 | 0,015873 | 0,1 | 0,025644 |
| 0,020833 | 0 | 0,125 | 0,035714 | 0,030303 | 0,04237 |
| 0,031579 | 0,142857 | 0,066667 | 0,018868 | 0,030303 | 0,058055 |
| 0,021277 | 0 | 0 | 0,037037 | 0,027027 | 0,017068 |
| 0,02 | 0 | 0,058824 | 0 | 0,032258 | 0,022216 |
| 0,032258 | 0,142857 | 0,066667 | 0,018868 | 0,028571 | 0,057844 |
| 0,022222 | 0 | 0,058824 | 0,06383 | 0,034483 | 0,035872 |
| 0,020833 | 0,142857 | 0,066667 | 0,018868 | 0,055556 | 0,060956 |
| 0,023256 | 0,2 | 0,090909 | 0,028571 | 0 | 0,068547 |
| 0,021277 | 0 | 0 | 0,019608 | 0,0625 | 0,020677 |
| 0,036145 | 0 | 0,076923 | 0,030303 | 0,052632 | 0,0392 |
| 0,010309 | 0,142857 | 0 | 0,018868 | 0,028571 | 0,040121 |
| 0 | 0,111111 | 0,083333 | 0,015873 | 0,052632 | 0,05259 |
| 0,031579 | 0,142857 | 0,066667 | 0,018182 | 0,030303 | 0,057918 |
| 0,02439 | 0 | 0,043478 | 0,03125 | 0,810427 | 0,181909 |
| 0,032967 | 0,142857 | 0 | 0,041667 | 0,032258 | 0,04995 |
| 0,012048 | 0 | 0 | 0,015385 | 0,02439 | 0,010365 |
| 0,033708 | 0,111111 | 0,058824 | 0,043478 | 0,071429 | 0,06371 |
| 0,012346 | 0 | 0,083333 | 0,047619 | 0,047619 | 0,038183 |
| 0,022222 | 0 | 0,058824 | 0,021277 | 0,032258 | 0,026916 |
| 0 | 0,111111 | 0,083333 | 0,015873 | 0,073171 | 0,056698 |
| 0,029703 | 0 | 0 | 0,019608 | 0,030303 | 0,015923 |
| 0,030303 | 0,111111 | 0,058824 | 0,019608 | 0 | 0,043969 |
| 0,02 | 0 | 0 | 0,019608 | 0,030303 | 0,013982 |
| 0,022222 | 0 | 0,058824 | 0,041667 | 0,066667 | 0,037876 |
| 0,023256 | 0 | 0,166667 | 0,027027 | 0,037037 | 0,050797 |
| 0,011494 | 0,2 | 0,076923 | 0,025641 | 0 | 0,062812 |
| 0,02439 | 0 | 0,076923 | 0,058824 | 0,047619 | 0,041551 |
| Величина асимметрии в выборке | | | | | 0,046237 |

*Приложение 3.*

**Классы полеотолерантности и типы местообитаний**

**эпифитных лишайников (по Трассу, 1985)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Классы полеотолерантности | Типы местообитаний по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость в них видов | Виды |
| 1 | Естественные место обитания (ландшафты) без ощутимого антропогенного влияния | *Lecanactis abietina*, *Lobaria scrobiculata*, *Menegzzia terebrata*, *Mycoblastus sanguinarius*, виды родов *Pannaria*, *Parmeliella*, самые чувствительные виды рода *Usnea* |
| 2 | Естественные (часто) и антропогенно слабо измененные местообитания (редко) | *Bryoria fuscescens*, *Evernia divaricata*, *Cyalecta ulmi*, *Lecanora coilocarpa*, *Ochrolechia androgyna*, *Parmeliopsis aleurites*, *Ramalina calicaris*. |
| 3 | Естественные (часто) и антропогенно слабо измененные местообитания (часто) | *Bryoria fuscescens*, *Cetraria chlorophilla*, *Hypogymnia tubulosa*, *Lecidea tenebricosa*, *Opegrapha pulicaris*, *Pertusaria pertusa*, *Usnea subfloridana* |
| 4 | Естественные (часто), слабо (часто) и умеренно (редко) измененные местообитания | *Bryoria implexa*, *Cetraria pinastri*, *Graphis scripta*, *Lecanora leptirodes*, *Lobaria pulmonaria*, *Opegrapha diaphora*, *Parmelia subaurifera*, *Parmeliopsis ambigua*, *Pertusaria coccodes*, *Pseudevernia furfuraceae*, *Usnea filipendula*. |
| 5 | Естественные, антропогенно слабо- и умеренно измененные местообитания (с равной встречаемостью) | *Caloplaca pyracea*, *Lecania cyrtella*, *Lecanora chlarotera*, *L. rugosa*, *L. subfuscat*a, *L. subrugosa*, *Lecidea glomerulosa*, *Parmelia exasperata*, *P. olivacea*, *Physcia aipolia*, *Ramalina farinacea* |
| 6 | Естественные (сравнительно редко) и антропогенно умеренно измененные (часто) место обитания | *Arthonia radiata*, *Caloplaca aurantiaca*, *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes*, *Lecanora allophana*, *L. carpinea*, *L chlarona*, *L. pallida*, *L. symmictera*, *Parmelia acetabulum*, *P. subargentifera*, *P. exasperatul*a, *Pertusaria discoidea*, *Hypocenomyce scalaris*, *Ramalina fraxinea*, *Rinodina exigua*, *Usnea hirta*. |
| 7 | Умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно измененные местообитания | *Caloplaca vitellina*, *Candelariella vitellina*, *C xanthostigma*, *Lecanora varia*, *Parmelia conspurcata*, *P. sulcata*, *P. verruculifera*, *Pertusaria amara*, *Phaeophyscia nigricans*, *Phlyctis agelaea*, *Physcia ascendens*, *Ph. stellaris*, *Ph. tenella*, *Physconia pulverulacea*, *Xanthoria polycarpa*. |
| 8 | Умеренно и сильно антропогенно измененные местообитания (с равной встречаемостью) | *Caloplaca cerina*, *Candelaria concolor*, *Phlyctis argena*, *Physconia grisea*, *Ph. enteroxantha*, *Ramalina pollinaria*, *Xanthoria candelaria*. |
| 9 | Сильно антропогенно измененные местообитания (часто) | *Buellia punctata*, *Lecanora expallens*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina*. |
| 10 | Очень сильно антропогенно измененные местообитания (встречаемость и жизненность видов низкие) | *Lecanora conizaeoides*, *L. hageni*, *Lepraria incana*, *Scoliciosporum chlorococcum*. |

*Приложение 4.*

**Таблица 4.1.** Результаты обследования лишайников на участке №1

Пензенская область, Городищенский район, лесопарковая зона с. Чаадаевка.

Дата обследования: 23 сентября 2018г.

Вид исследуемых деревьев: береза обыкновенная

Виды обнаруженных лишайников, класс полеотолерантности:

Эверния сливовая (*Evernia prunastri*) (VI класс), пармелиопсис сомнительный (*Parmeliopsis ambigua*) (IV класс).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Дерево | № замера | Эверния сливовая  (Evernia prunastri) (VI класс) | | | Пармелиопсис сомнительный (Parmeliopsis ambigua) (IV класс) | | |
| целый квадрат, шт. | половина квадрата, шт. | покрытие, % | целый квадрат, шт. | половина квадрата, шт. | покрытие, % |
| 1 | 1 | 20 | 22 | 31,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 2 | 20 | 38 | 39,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 3 | 14 | 8 | 18,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 4 | 5 | 4 | 7,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| 2 | 1 | 30 | 15 | 37,50 | 10 | 40 | 30,00 |
|  | 2 | 4 | 3 | 5,50 | 14 | 3 | 15,50 |
|  | 3 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 3 | 1,50 |
|  | 4 | 7 | 10 | 12,00 | 5 | 10 | 10,00 |
| 3 | 1 | 98 | 2 | 99,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 2 | 30 | 12 | 36,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 3 | 6 | 12 | 12,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 4 | 28 | 12 | 34,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| 4 | 1 | 18 | 15 | 25,50 | 18 | 7 | 21,50 |
|  | 2 | 4 | 6 | 7,00 | 10 | 3 | 11,50 |
|  | 3 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 2 | 1,00 |
|  | 4 | 4 | 0 | 4,00 | 4 | 0 | 4,00 |
| 5 | 1 | 24 | 14 | 31,00 | 14 | 6 | 17,00 |
|  | 2 | 17 | 10 | 22,00 | 5 | 0 | 5,00 |
|  | 3 | 0 | 0 | 0,00 | 4 | 0 | 4,00 |
|  | 4 | 0 | 0 | 0,00 | 12 | 6 | 15,00 |
| 6 | 1 | 32 | 12 | 38,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 2 | 8 | 14 | 15,00 | 6 | 3 | 7,50 |
|  | 3 | 12 | 34 | 29,00 | 8 | 10 | 13,00 |
|  | 4 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| 7 | 1 | 12 | 26 | 25,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 2 | 17 | 23 | 28,50 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 3 | 3 | 18 | 12,00 | 5 | 6 | 8,00 |
|  | 4 | 0 | 0 | 0,00 | 7 | 3 | 8,50 |
| 8 | 1 | 13 | 14 | 20,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 2 | 18 | 27 | 31,50 | 4 | 10 | 9,00 |
|  | 3 | 33 | 31 | 48,50 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 4 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| 9 | 1 | 32 | 24 | 44,00 | 4 | 7 | 7,50 |
|  | 2 | 22 | 28 | 36,00 | 2 | 8 | 6,00 |
|  | 3 | 6 | 5 | 8,50 | 3 | 5 | 5,50 |
|  | 4 | 0 | 8 | 4,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| 10 | 1 | 28 | 19 | 37,50 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 2 | 0 | 6 | 3,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 3 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 4 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| Общее проективное покрытие стволов деревьев, %: | | | | 20,03 |  |  | 5,03 |
| Полеотолерантность в зависимости от покрытия поверхности , баллы | | | | 5,00 |  |  | 3 |

Индекс полеотолерантности (IP) = 6\*5/(5+3) + 4\*3/(5+3) =5,25, что соответствует зоне малого загрязнения.

**Таблица 4.2.** Результаты обследования лишайников на участке №2.

ЦПКиО им. В.Г. Белинского

Дата обследования: 22 сентября 2018г.

Вид исследуемых деревьев: береза обыкновенная.

Виды обнаруженных лишайников, класс полеотолерантности:

пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*) (VII класс), ксантория (*Xantoria parientina*) (IX класс).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Дерево | № замера | Пармелия бороздчатая (Parmelia sulcata) (VII класс) | | | Ксантория (Xantoria parientina) (IX класс) | | |
| целый квадрат, шт. | половина квадрата, шт. | покрытие, % | целый квадрат, шт. | половина квадрата, шт. | покрытие, % |
| 1 | 1 | 15 | 22 | 26,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 2 | 23 | 10 | 28,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 3 | 3 | 8 | 7,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 4 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| 2 | 1 | 28 | 15 | 35,50 | 18 | 7 | 21,50 |
|  | 2 | 10 | 3 | 11,50 | 16 | 8 | 20,00 |
|  | 3 | 0 | 0 | 0,00 | 1 | 4 | 3,00 |
|  | 4 | 3 | 16 | 11,00 | 11 | 7 | 14,50 |
| 3 | 1 | 32 | 14 | 39,00 | 16 | 9 | 20,50 |
|  | 2 | 16 | 14 | 23,00 | 26 | 18 | 35,00 |
|  | 3 | 8 | 4 | 10,00 | 7 | 6 | 10,00 |
|  | 4 | 3 | 0 | 3,00 | 3 | 1 | 3,50 |
| 4 | 1 | 32 | 7 | 35,50 | 10 | 6 | 13,00 |
|  | 2 | 10 | 16 | 18,00 | 24 | 11 | 29,50 |
|  | 3 | 0 | 12 | 6,00 | 16 | 12 | 22,00 |
|  | 4 | 4 | 0 | 4,00 | 0 | 3 | 1,50 |
| 5 | 1 | 44 | 21 | 54,50 | 9 | 4 | 11,00 |
|  | 2 | 26 | 13 | 32,50 | 17 | 16 | 25,00 |
|  | 3 | 12 | 10 | 17,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 4 | 3 | 0 | 3,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| 6 | 1 | 21 | 33 | 37,50 | 11 | 4 | 13,00 |
|  | 2 | 18 | 24 | 30,00 | 5 | 9 | 9,50 |
|  | 3 | 14 | 16 | 22,00 | 7 | 11 | 12,50 |
|  | 4 | 0 | 0 | 0,00 | 5 | 0 | 5,00 |
| 7 | 1 | 42 | 16 | 50,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 2 | 18 | 23 | 29,50 | 11 | 16 | 19,00 |
|  | 3 | 13 | 16 | 21,00 | 6 | 18 | 15,00 |
|  | 4 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| 8 | 1 | 16 | 12 | 22,00 | 16 | 9 | 20,50 |
|  | 2 | 27 | 10 | 32,00 | 18 | 22 | 29,00 |
|  | 3 | 2 | 6 | 5,00 | 10 | 27 | 23,50 |
|  | 4 | 0 | 0 | 0,00 | 2 | 4 | 4,00 |
| 9 | 1 | 32 | 18 | 41,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 2 | 33 | 26 | 46,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 3 | 17 | 13 | 23,50 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 4 | 0 | 8 | 4,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| 10 | 1 | 38 | 15 | 45,50 | 4 | 9 | 8,50 |
|  | 2 | 22 | 9 | 26,50 | 9 | 19 | 18,50 |
|  | 3 | 3 | 1 | 3,50 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 4 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| Общее проективное покрытие стволов деревьев, %: | | | | 20,09 |  |  | 10,20 |
| Полеотолерантность в зависимости от покрытия поверхности, баллы | | | | 5,00 |  |  | 4,00 |

IP = (7\*5)/(5+4)+(9\*4)/(5+4)=7,89,что соответствует зоне сильного загрязнения.

**Таблица 4.3.** Результаты обследования лишайников на участке №3.

Г. Пенза, двор МБОУ СОШ №58.

Дата обследования: 24 сентября 2018г.

Точка начала обследования: 53.205186, 44.992709.

Вид исследуемых деревьев: береза обыкновенная.

Виды обнаруженных лишайников, класс полеотолерантности:

пармелия бороздчатая (*P.sulcata*), (VII класс), кcантория (*Xantoria parietina*) (IX класс).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Дерево | № замера | Ксантория (Xantoria parietina) (IX класс) | |  | Пармелия бороздчатая (Parmelia sulcata) (VII класс) | | |
| целый квадрат, шт. | половина квадрата, шт. | покрытие, % | целый квадрат, шт. | половина квадрата, шт. | покрытие, % |
| 1 | 1 | 18 | 9 | 22,50 |  |  | 0,00 |
|  | 2 | 15 | 18 | 24,00 |  | 8 | 4,00 |
|  | 3 | 10 | 8 | 14,00 | 14 | 17 | 22,50 |
|  | 4 | 6 | 2 | 7,00 |  |  | 0,00 |
| 2 | 1 | 10 | 13 | 16,50 | 4 | 6 | 7,00 |
|  | 2 | 4 | 8 | 8,00 |  |  | 0,00 |
|  | 3 | 3 | 2 | 4,00 |  |  | 0,00 |
|  | 4 | 7 | 12 | 13,00 | 6 | 12 | 12,00 |
| 3 | 1 | 26 | 16 | 34,00 | 10 | 11 | 15,50 |
|  | 2 | 14 | 32 | 30,00 |  |  | 0,00 |
|  | 3 | 0 | 0 | 0,00 |  |  | 0,00 |
|  | 4 | 4 | 14 | 11,00 | 24 | 16 | 32,00 |
| 4 | 1 | 17 | 15 | 24,50 | 10 | 7 | 13,50 |
|  | 2 | 14 | 12 | 20,00 |  |  | 0,00 |
|  | 3 | 0 | 0 | 0,00 |  |  | 0,00 |
|  | 4 | 5 | 6 | 8,00 |  |  | 0,00 |
| 5 | 1 | 7 | 18 | 16,00 |  |  | 0,00 |
|  | 2 | 13 | 18 | 22,00 |  |  | 0,00 |
|  | 3 | 0 | 0 | 0,00 |  |  | 0,00 |
|  | 4 | 3 | 0 | 3,00 |  |  | 0,00 |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0,00 | 28 | 17 | 36,50 |
|  | 2 | 4 | 2 | 5,00 | 14 | 22 | 25,00 |
|  | 3 | 6 | 17 | 14,50 | 6 | 8 | 10,00 |
|  | 4 | 0 | 0 | 0,00 |  |  | 0,00 |
| 7 | 1 | 14 | 8 | 18,00 |  |  | 0,00 |
|  | 2 | 27 | 18 | 36,00 |  |  | 0,00 |
|  | 3 | 5 | 7 | 8,50 |  |  | 0,00 |
|  | 4 | 0 | 0 | 0,00 |  |  | 0,00 |
| 8 | 1 | 23 | 24 | 35,00 | 17 | 14 | 24,00 |
|  | 2 | 14 | 16 | 22,00 | 10 | 7 | 13,50 |
|  | 3 | 8 | 11 | 13,50 | 12 |  | 12,00 |
|  | 4 | 0 | 1 | 0,50 |  |  | 0,00 |
| 9 | 1 | 37 | 22 | 48,00 |  |  | 0,00 |
|  | 2 | 16 | 21 | 26,50 |  |  | 0,00 |
|  | 3 | 6 | 8 | 10,00 |  |  | 0,00 |
|  | 4 | 0 | 4 | 2,00 |  |  | 0,00 |
| 10 | 1 | 32 | 16 | 40,00 |  |  | 0,00 |
|  | 2 | 7 | 16 | 15,00 |  |  | 0,00 |
|  | 3 | 8 | 6 | 11,00 |  |  | 0,00 |
|  | 4 | 0 | 0 | 0,00 |  |  | 0,00 |
| Общее проективное покрытие стволов деревьев, %: | | | | 14,58 |  |  | 5,69 |
| Полеотолерантность в зависимости от покрытия поверхности, баллы | | | | 4,00 |  |  | 3,00 |

IP=9\*4/(3+4)+7\*3/(3+4) =8,142, что соответствует зоне сильного загрязнения.

**Таблица 4.4.** Результаты обследования лишайников на участке №4.

Г. Пенза, Сквер "45 меридиан".

Дата обследования: 24 сентября 2018г.

Точка начала обследования: 53.198035, 44.999297.

Вид исследуемых деревьев: береза обыкновенная.

Виды обнаруженных лишайников, класс полеотолерантности:

пармелия бороздчатая (*P.sulcata*) (VII класс), ксантория (*Xantoria parietina*) (IX класс).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Дерево | № замера | Пармелия бороздчатая (Parmelia sulcata) (VII класс) | | | Ксантория (Xantoria parietina) (IX класс) | | |
| целый квадрат, шт. | половина квадрата, шт. | покрытие, % | целый квадрат, шт. | половина квадрата, шт. | покрытие, % |
| 1 | 1 |  |  | 0,00 | 9 | 8 | 13,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 | 5 | 6 | 8,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 | 0 | 1 | 0,50 |
|  | 4 |  |  | 0,00 | 8 | 6 | 11,00 |
| 2 | 1 |  |  | 0,00 | 7 | 4 | 9,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 | 0 | 1 | 0,50 |
| 3 | 1 | 6 | 8 | 10,00 | 16 | 10 | 21,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 | 6 | 11 | 11,50 |
|  | 3 |  |  | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 | 0 | 2 | 1,00 |
| 4 | 1 |  |  | 0,00 | 5 | 7 | 8,50 |
|  | 2 |  |  | 0,00 | 1 | 3 | 2,50 |
|  | 3 | 4 | 10 | 9,00 | 29 | 16 | 37,00 |
|  | 4 | 3 | 6 | 6,00 | 3 | 4 | 5,00 |
| 5 | 1 |  |  | 0,00 | 5 | 12 | 11,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 | 7 | 6 | 10,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 | 1 | 0 | 1,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| 6 | 1 |  |  | 0,00 | 1 | 5 | 3,50 |
|  | 2 |  |  | 0,00 | 11 | 10 | 16,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 | 0 | 4 | 2,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 | 3 | 5 | 5,50 |
| 7 | 1 |  |  | 0,00 | 1 | 2 | 2,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 | 0 | 1 | 0,50 |
|  | 3 |  |  | 0,00 | 3 | 3 | 4,50 |
|  | 4 |  |  | 0,00 | 1 | 0 | 1,00 |
| 8 | 1 |  |  | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 | 0 | 2 | 1,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 | 4 | 4 | 6,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 | 5 | 7 | 8,50 |
| 9 | 1 | 7 | 4 | 9,00 | 11 | 10 | 16,00 |
|  | 2 | 3 | 5 | 5,50 | 0 | 4 | 2,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 | 0 | 2 | 1,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 | 15 | 6 | 18,00 |
| 10 | 1 | 4 | 6 | 7,00 | 15 | 8 | 19,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 | 5 | 10 | 10,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 | 6 | 8 | 10,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 | 4 | 1 | 4,50 |
| Общее проективное покрытие стволов деревьев, %: | | | | 1,16 |  |  | 7,04 |
| Полеотолерантность в зависимости от покрытия поверхности, баллы | | | | 1,00 |  |  | 3,00 |

IP = (1\*7)/(3+1)+3\*9/(3+1) = 8,5, что соответствует зоне сильного загрязнения.

**Таблица 4.5.** Результаты обследования лишайников на участке №5.

Г. Пенза, окрестности ТЦ "Суворовский" .

Дата обследования: 24 сентября 2018г.

Точка начала обследования: 53.201898, 44.998368.

Вид исследуемых деревьев: береза обыкновенная.

Виды обнаруженных лишайников, класс полеотолерантности:

пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*) (VII класс), ксантория (*Xantoria parietina*) (IX класс).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Дерево | Номер замера | Пармелия бороздчатая (Parmelia sulcata) (VII класс) | | | Ксантория (Xantoria parietina) (IX класс) | | |
| целый квадрат, шт. | половина квадрата, шт. | покрытие, % | целый квадрат, шт. | половина квадрата, шт. | покрытие, % |
| 1 | 1 |  |  | 0,00 | 8 | 6 | 11,00 |
|  | 2 | 7 | 6 | 10,00 | 16 | 24 | 28,00 |
|  | 3 | 11 | 5 | 13,50 | 13 | 5 | 15,50 |
|  | 4 |  | 6 | 3,00 | 0 | 2 | 1,00 |
| 2 | 1 | 15 | 6 | 18,00 | 5 | 7 | 8,50 |
|  | 2 | 2 | 11 | 7,50 | 17 | 5 | 19,50 |
|  | 3 |  |  | 0,00 | 19 | 8 | 23,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 | 2 | 4 | 4,00 |
| 3 | 1 |  | 7 | 3,50 | 0 | 1 | 0,50 |
|  | 2 | 11 | 9 | 15,50 | 17 | 6 | 20,00 |
|  | 3 | 7 | 8 | 11,00 | 16 | 14 | 23,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| 4 | 1 |  |  | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 | 0 | 11 | 5,50 |
|  | 3 |  |  | 0,00 | 16 | 19 | 25,50 |
|  | 4 |  |  | 0,00 | 17 | 9 | 21,50 |
| 5 | 1 |  |  | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 2 |  | 4 | 2,00 | 0 | 2 | 1,00 |
|  | 3 | 14 | 9 | 18,50 | 15 | 17 | 23,50 |
|  | 4 | 6 | 12 | 12,00 | 9 | 13 | 15,50 |
| 6 | 1 | 5 | 5 | 7,50 | 18 | 16 | 26,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 | 13 | 4 | 15,00 |
|  | 3 | 9 | 12 | 15,00 | 5 | 12 | 11,00 |
|  | 4 | 5 | 8 | 9,00 | 7 | 10 | 12,00 |
| 7 | 1 |  |  | 0,00 | 4 | 0 | 4,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 | 1 | 5 | 3,50 |
|  | 4 |  |  | 0,00 | 11 | 10 | 16,00 |
| 8 | 1 | 11 | 15 | 18,50 | 0 | 7 | 3,50 |
|  | 2 | 19 | 16 | 27,00 | 6 | 5 | 8,50 |
|  | 3 | 10 | 4 | 12,00 | 1 | 12 | 7,00 |
|  | 4 | 4 | 3 | 5,50 | 0 | 1 | 0,50 |
| 9 | 1 |  |  | 0,00 | 3 | 3 | 4,50 |
|  | 2 |  |  | 0,00 | 1 | 0 | 1,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 | 0 | 12 | 6,00 |
| 10 | 1 |  |  | 0,00 | 9 | 4 | 11,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 | 5 | 7 | 8,50 |
|  | 3 |  |  | 0,00 | 11 | 17 | 19,50 |
|  | 4 |  |  | 0,00 | 0 | 4 | 2,00 |
| Общее проективное покрытие стволов деревьев, %: | | | | 5,23 |  |  | 10,15 |
| Полеотолерантность в зависимости от покрытия поверхности, баллы | | | | 3,00 |  |  | 4,00 |

IP = ( 7\*3)/(4+3)+9\*4/(4+3) = 8,1,что соответствует зоне сильного загрязнения.

**Таблица 4.6.** Результаты обследования лишайников на участке №6.

С. Чемодановка Бессоновского района.

Дата обследования: 24 сентября 2018г.

Точка начала обследования: 53.229431, 45.202976.

Вид исследуемых деревьев: береза обыкновенная.

Виды обнаруженных лишайников, класс полеотолерантности:

ксантория (*Xantoria parietina*) (IX класс).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Дерево | Номер замера | Ксантория (Xantoria parietina) (IX класс) | | |
| целый квадрат, шт. | половину квадрата, шт. | Процент покрытия, % |
| 1 | 1 |  |  | 0,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 |
| 2 | 1 |  | 4 | 2,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 |
| 3 | 1 |  |  | 0,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 |
| 4 | 1 | 3 | 6 | 6,00 |
|  | 2 |  | 2 | 1,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 |
| 5 | 1 |  |  | 0,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 |
| 6 | 1 |  |  | 0,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 |
| 7 | 1 |  |  | 0,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 |
| 8 | 1 | 6 | 7 | 9,50 |
|  | 2 |  | 2 | 1,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 |
| 9 | 1 |  |  | 0,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 |
| 10 | 1 |  |  | 0,00 |
|  | 2 |  |  | 0,00 |
|  | 3 |  |  | 0,00 |
|  | 4 |  |  | 0,00 |
| Общее проективное покрытие стволов деревьев, %: | | |  | 0,49 |
| Полеотолерантность в зависимости от покрытия поверхности , баллы | | | | 1,00 |

Площадь проективного покрытия приравняем к 1%

IP = 9, что соответствует зоне высокого загрязнения.

**Приложение 5.**

**Результаты промеров растений кресс-салата на 15-е сутки эксперимента.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Участок №1. *Лесопарковая зона с. Чаадаевка*** | | | | | | | | | | | |
| Промеры | Растение | | | | | | | | | | Средняя |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Длина побега, см. | 4,3 | 4,2 | 4,0 | 4,5 | 4,5 | 4,0 | 4,7 | 4 | 4,1 | 4,4 | 4,3 |
| Длина корня, см. | 4,0 | 3,6 | 3,4 | 4,0 | 3,3 | 3,0 | 3,3 | 3,3 | 3,8 | 4,0 | 3,6 |
| Общая длина растения, см. | 8,3 | 7,8 | 7,4 | 8,5 | 7,8 | 7,0 | 8,0 | 7,3 | 7,9 | 8,4 | 7,8 |
| Вес всех растений, г. | | | | | | | | | | | 2,4 |
| **Участок №2. *ЦПКиО им. В.Г. Белинского*** | | | | | | | | | | | |
| Промеры | Растение | | | | | | | | | | Средняя |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Длина побега, см. | 10,0 | 8,5 | 6,5 | 8,5 | 7,5 | 7,5 | 7,8 | 8,0 | 9,4 | 8,8 | 8,3 |
| Длина корня, см. | 5,0 | 3,0 | 5,5 | 3,9 | 3,0 | 4,0 | 6,0 | 5,9 | 5,0 | 4,0 | 4,5 |
| Общая длина растения, см. | 15,0 | 11,5 | 12,0 | 12,4 | 10,5 | 11,5 | 13,8 | 13,9 | 14,4 | 12,8 | 12,9 |
| Вес всех растений, г. | | | | | | | | | | | 3,6 |
| **Участок №3. *Двор* *МБОУ СОШ №58 г.Пензы.*** | | | | | | | | | | | |
| Промеры | Растение | | | | | | | | | | Средняя |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Длина побега, см. | 6,0 | 6,5 | 6,4 | 6,6 | 7,0 | 6,7 | 7,0 | 6,5 | 7,1 | 6,3 | 6,6 |
| Длина корня, см. | 6,0 | 5,5 | 5,0 | 5,3 | 5,0 | 6,3 | 5,6 | 5,3 | 5,2 | 5,3 | 5,5 |
| Общая длина растения, см. | 12,0 | 12,0 | 11,4 | 11,9 | 12,0 | 13,0 | 12,6 | 11,8 | 12,3 | 11,6 | 12,1 |
| Вес всех растений, г. | | | | | | | | | | | 3,2 |
| **Участок №4. *Сквер «45 меридиан»*** | | | | | | | | | | | |
| Промеры | Растение | | | | | | | | | | Средняя |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Длина побега, см. | 5,3 | 7,0 | 5,1 | 8,5 | 6,0 | 6,3 | 5,9 | 6,5 | 5,4 | 7,0 | 6,3 |
| Длина корня, см. | 6,0 | 5,3 | 6,0 | 8,0 | 8,0 | 5,2 | 6,0 | 5,4 | 7,0 | 6,8 | 6,4 |
| Общая длина растения, см. | 11,3 | 12,3 | 11,1 | 16,5 | 14,0 | 11,5 | 11,9 | 11,9 | 12,4 | 13,8 | 12,8 |
| Вес всех растений, г. | | | | | | | | | | | 3,0 |
| **Участок №5. *ТЦ «Суворовский»*** | | | | | | | | | | | |
| Промеры | Растение | | | | | | | | | | Средняя |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Длина побега, см. | 6,0 | 6,0 | 5,5 | 7,3 | 6,5 | 4,5 | 4,9 | 6,3 | 7,1 | 6,1 | 3 |
| Длина корня, см. | 7,5 | 7,5 | 7,0 | 7,8 | 10,0 | 6,5 | 7,0 | 5,9 | 6,8 | 5,5 | 7,2 |
| Общая длина растения, см. | 13,5 | 13,5 | 12,5 | 15,1 | 16,5 | 11,0 | 11,9 | 12,2 | 13,9 | 11,6 | 13,2 |
| Вес всех растений, г. | | | | | | | | | | | 2,9 |
| **Участок №6. *Окрестности с. Чемодановка*** | | | | | | | | | | | |
| Промеры | Растение | | | | | | | | | | Средняя |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Длина побега, см. | 4,5 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 5,5 | 4,3 | 4,7 | 5,5 | 4,9 | 5,2 | 5 |
| Длина корня, см. | 8,0 | 6,0 | 6,0 | 5,0 | 4,0 | 5,7 | 5,1 | 4,8 | 6,0 | 5,8 | 5,6 |
| Общая длина растения, см. | 12,5 | 11,5 | 11,0 | 9,5 | 9,5 | 10,0 | 9,8 | 10,3 | 10,9 | 11,0 | 10,6 |
| Вес всех растений, г. | | | | | | | | | | | 2,7 |