

Университет Правительства Москвы

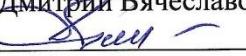
VIII Конкурс исследовательских и проектных работ обучающихся образовательных организаций города Москвы и Московской области «Мегаполис XXI века – город для жизни» в 2023/2024 учебном году

Конкурсная работа

На тему: «Исследование качества окружающей среды г.Балашиха»

Выполнена: учащимся 10 класса  
Государственного автономного  
общеобразовательного учреждения  
Московской области  
«Балашихинский лицей»  
Карташовым Семеном  
Валерьевичем

Подпись   
Научные руководители работы:  
Майджи Ольга Владимировна,  
к.б.н., учитель биологии,  
Буланкина Елена Георгиевна,  
учитель географии.  
Руководитель ГАОУ МО  
«Балашихинский лицей»  
Белоусов Дмитрий Вячеславович,

Подпись 

Москва  
2023-2024



## ОТЗЫВ

к исследовательскому проекту Карташова Семена  
«Исследование качества окружающей среды г.Балашиха»

С 2010г. в научном обществе лицея проводятся исследования качества окружающей среды нашего города методом флюктуирующей асимметрии листьев берёзы. Работа Карташова Семена является продолжением этого проекта. Целью работы является анализ качества окружающей среды территории г.Балашиха.

В 2022г. объектами исследования Карташова С. были Городской парк, ул.Быковского и пр.Ленина; в 2023г.: пр.Ленина, улицы: Твардовского, Октябрьская, Свердлова, Орджоникидзе, мкрн.Дзержинского. В сборе и оценке материала принимали участие ребята 6 классов. Проводилась статистическая обработка данных методом Стьюдента по группам деревьев и компьютерный анализ достоверности различий между выборками листьев.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о загрязнении окружающей среды города. Сравнительный статистический анализ полученных данных с мониторинговыми исследованиями прошлых лет выявил тенденцию улучшения качества окружающей среды в районах города. Для территории прилежащей к лицею показано достоверное улучшение показателей асимметрии по сравнению с данными прошлых лет.

Научный руководитель проекта  
учитель биологии. к.б.н.

 /Майджи О.В./

## **Содержание**

1. Введение .....	2
2. Экологическая ситуация в г. Балашиха .....	3
3. Флуктуирующая асимметрия и загрязнение окружающей среды.....	4
3.1. Флуктуирующая асимметрия в природе .....	4
3.2 Флуктуирующая асимметрия как индикатор загрязнения окружающей среды.....	5
4. Материалы и методы.....	7
4.1. Методика флуктуирующей асимметрии .....	7
4.1.1. Сбор материала.....	7
4.1.2. Оценка листовых пластин.....	7
4.1.3. Расчет показателя асимметрии листьев одного дерева .....	8
4.2.Статистическая обработка данных.....	9
5. Результаты исследований .....	9
6. Заключение .....	121
7. Литература.....	132
8. Приложения .....	13 <u>-</u> 22

## **1.Введение**

В настоящее время одной из самых актуальных экологических проблем является загрязнение окружающей среды города. Экологическими службами в городах проводится постоянный экологический мониторинг, разрабатывается и применяется экспресс-диагностика антропогенного воздействия, учитывая качественную интегральную характеристику антропогенного воздействия на природу.

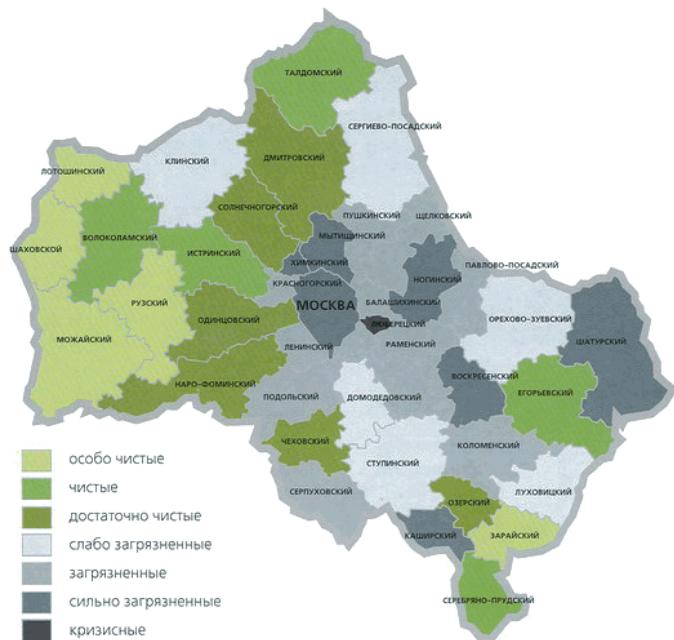
Одним из подходов для диагностики качества среды является оценка состояния живых организмов по стабильности развития, которая определяет уровень флюктуирующей асимметрии морфологических структур (Астауров, 1978; Захаров, 1987; Захаров, Кларк, 1993). Этот метод нашёл применение для оценки степени антропогенного воздействия на окружающую среду [1-4] и является актуальным для оценки экологического состояния городской среды.

Несколько лет в научном обществе лицея проводятся мониторинговые исследования качества окружающей среды нашего города методом флюктуирующей асимметрии листьев берёзы. Получены результаты мониторинговых исследований различных улиц города. Представляло интерес исследовать качество окружающей среды городской территории, прилежащей к школе. **Целью** моей работы является анализ качества окружающей среды территории г.Балашиха. **Задачи проекта:** 1. Оценка качества окружающей среды улиц города методом флюктуирующей асимметрии листовых пластинок берёзы. 2. Сравнение полученных данных с мониторинговыми исследованиями этих улиц, полученных за предыдущие годы. **Предмет исследования** – территория городского округа Балашиха. **Объектом исследования** являются листья березы бородавчатой или повислой.

В соответствии с целью была определена рабочая гипотеза: состояние окружающей среды города является удовлетворительным.

## **2. Экологическая ситуация в г. Балашиха**

По экологической оценке, Балашихинский район относится к неблагополучным районам Подмосковья.



Техногенное воздействие на окружающую среду города обусловлено близостью к городу Москве и Московской кольцевой автомобильной дороге. Угрозу окружающей среде в нашем городе представляет также автомобильный транспорт, продвигающийся по трем основным магистралям г.Балашихи: Нижегородское, Носовихинское и Щелковское шоссе. Процессам деградации природных комплексов подвержены придорожные территории и участки, близкие к заводам, фабрикам и другим техногенным объектам. Степень химического загрязнения почвенного покрова неоднородна. Рядом с дорогами отмечается накопление тяжелых металлов в отличие от других районов города, где уровень загрязнения почвенного покрова значительно ниже. Уровень загрязнения воздушной среды в районах автомагистралей диоксидами азота и серы, оксидом углерода, формальдегидом по среднестатистическим данным в Балашихинском районе может достигать 2 ПДК.

Состояние окружающей среды влияет на здоровье человека. В городе наблюдается высокий уровень респираторных, инфекционных и аллергических заболеваний, что непосредственно связано с состоянием окружающей среды.

### **3.Флуктуирующая асимметрия и загрязнение окружающей среды**

#### **3.1. Флуктуирующая асимметрия в природе**

Флуктуирующая асимметрия имеет широкое распространение в природе. Считается, что этот метод эффективно определяет «средовый стресс». В биологии принято рассматривать фенотипическую изменчивость как результат интеграции генотипической и модификационной ее составляющих. Вместе с этим целый ряд исследователей указывает на наличие асимметрии проявления признаков билатерально-симметричных организмов, которая может определяться вариацией системы развития. Данная асимметрия, в большинстве работ названная флуктуирующей, привлекает к себе все большее внимание. Одними из первых обратили внимание на это явление Н.В. Тимофеев-Ресовский (1925) и Б.Л. Астауров (1927). В настоящее время изучение асимметрии проводится у различных видов растений и животных. Для выяснения причин возникновения асимметрии, которые и по настоящее время остаются дискуссионными, исследуется влияние на ее проявление генетических, средовых факторов, характера развития особи.

Показано, что в основе популяционной изменчивости по флуктуирующей асимметрии лежат генетическая и средовая компоненты. Мерные признаки, в отличие от счетных, проявляют большую генотипическую изменчивость по данному показателю.

Абсолютной симметрии в природе практически не существует. Проявление симметрии и ее нарушение следует рассматривать как результат взаимодействия биохимических, биофизических механизмов в организме, регулирующих направление и интенсивность процессов роста и дифференцировки органов.

В природе редки случаи резкой асимметрии значимых биологических признаков. Мелкие признаки, влияющие на приспособленность, часто обнаруживают асимметрию проявления. Любому признаку в ходе его онтогенеза и в конечном фенотипическом выражении свойственна случайная флуктуация признака, даже при постоянстве генотипа и среды. По этому поводу Астауров говорил: «в силу существования объективной случайности, вторгающейся в процессы осуществления сложнейшей программы индивидуального развития, создается некоторый спектр случайной изменчивости признака, изменчивости, не сводимой ни к изменениям наследственной основы, ни к колебаниям условий среды. Эта полностью случайная изменчивость в той или иной степени имеет место всегда, даже среди организмов, совершенно тождественных как по своей наследственной структуре, так и по условиям, в которых шло развитие, и, таким образом, любой сформировавшийся признак есть результат трех групп факторов: наследственности, среды и случайностей формообразовательного процесса» (Астауров, 1978) [2]. Была предложена гипотеза, согласно которой взаимодействие организма и окружающей среды определяет в ходе онтогенеза любой признак как относительно постоянный, флуктуирующий под влиянием некоторых факторов, которыми могут быть условия окружающей среды. Для морфологических структур организма характерна флуктуирующая асимметрия (ФА), которая проявляется незначительными отклонениями морфологических признаков от идеальной симметрии и нормальным распределением разниц между правой и левой стороной этой структуры.

Критерий флуктуирующей асимметрии адекватно отражает состояние популяции: быстро реагирует на усиление стресса различного происхождения (например, температуры, плотности и т.д.), что позволяет использовать его как индикатор средового воздействия на особей в популяции.

### **3.2 Флуктуирующая асимметрия как индикатор загрязнения окружающей среды**

Методика флуктуирующей асимметрии основана на теории «стабильности

развития», разработанной российскими учеными Яблоковым и Захаровым. Стабильность развития - это способность организма к нормальному развитию, которая обеспечивается гомеостазом. Воздействие стресса вызывает в живых организмах нарушение гомеостаза. Изменения гомеостаза проявляется в различиях между правой и левой сторонами морфологических структур. Эти различия неизбежно появляются в ходе развития организма и при нормальных условиях минимальны. Антропогенная нагрузка на среду обитания оказывает стрессовое воздействие на организмы и приводит к изменению стабильности развития - увеличению асимметрии их морфологических структур. Стабильность развития является чувствительным индикатором состояния природных популяций и позволяет оценивать суммарную величину антропогенной нагрузки. Получаемая интегральная оценка качества среды является ответом на вопрос – какова реакция живого организма на неблагоприятное воздействие, которое имело место в период его развития.

Оценка флюктуирующей асимметрии хорошо зарекомендовала себя при определении общего уровня антропогенного воздействия.

Известно, растительность в значительной степени определяет экологобиотическое состояние местности, так как быстро реагирует на загрязнение окружающей среды, что позволяет использовать растения как тест объекты для мониторинговых исследований. Биоиндикация растительных объектов позволяет говорить о загрязнении среды. В неблагоприятных условиях среды у растений проявляется асимметрия листовой пластиинки. Повышение степени воздействия приводит к возрастанию изменчивости показателей асимметрии. Было установлено, что морфологические показатели изменяются под влиянием внешних факторов [1]. Растения, подверженные большему антропогенному воздействию характеризовались более высоким уровнем морфологических и физиологических нарушений. Это проявлялось в ухудшении роста, повреждении листьев, отмирании побегов [2,3]. У высших растений возможны аномалии развития корней, листьев, побегов, почек, цветков. Наблюдается изменение

размера и конфигурации органов. Растения, как продуценты экосистемы, в течение всей своей жизни привязаны к локальной территории и подвержены влиянию почвенной и воздушной сред, наиболее полно отражающих весь комплекс стрессирующих воздействий на экосистему. Исследования показывают, что уровень флюктуирующей асимметрии растительных объектов чувствителен к действию химического загрязнения и возрастает при увеличении антропогенного прессинга [3]. Критерий флюктуирующей асимметрии адекватно отражает состояние популяции: быстро реагирует на усиление стресса различного происхождения, что позволяет использовать его как индикатор средового воздействия в популяции.

#### 4. Материалы и методы

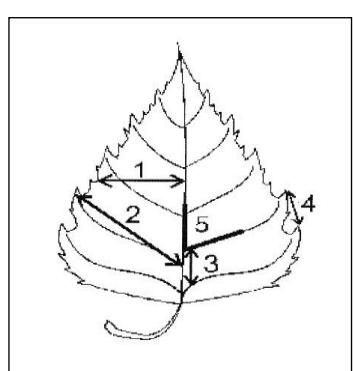
##### 4.1. Методика флюктуирующей асимметрии

###### 4.1.1. Сбор материала

Объект наших исследований - распространенный вид в Подмосковье береза повислая (*Betula pendula* Roth.). Выбирались группы деревьев примерно одного возраста и расположенные рядом в разных районах г.Балашиха. От каждого дерева отбирались из нижней части кроны примерно равное количество листьев среднего размера.

###### 4.1.2. Оценка листовых пластин

С одного листа снимают показатели по 5-ти параметрам с левой и правой стороны листа (рис.1) Схема морфологических признаков, использованных для оценки стабильности развития березы повислой (*Betula pendula*):



- 1- ширина левой и правой половинок листа. 2 - длина жилки второго порядка, второй от основания листа.
- 3 - расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка.
- 4 - расстояние между концами этих же жилок.
- 5.- угол между главной жилкой и второй от основания

Рис.1 Измеряемые признаки

Угол между главной жилкой и второй жилкой измеряли транспортиром. Данные измерений заносятся в таблицу (табл 1.)

№	Ширина Половинок Листа мм		Длина 2-й Жилки мм		Расстояние Меж- Основаниями		Расстояние Меж- ду 1-й и 2-й		Угол между Центральной и 2-й жилкой	
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П
1.										
2.										

Табл.1. Результаты измерений морфологических признаков листьев

Для показателя асимметрии разработана 5 бальная шкала (Захаров В.М., Крысанов Е.Ю., 1996.) 1балл - условная норма, 5 балл - критическое состояние.

Показатель ФА	Балл	Качество среды
< 0,040	I	Условно нормальное
0,040-0,044	II	Начальные, незначительные отклонения от нормы
0,045-0,049	III	Средний уровень отклонений от нормы
0,050-0,054	IV	Существенные отклонения от нормы
0,055 и >	V	Критическое состояние

Табл.2 Границы баллов коэффициента флюктуирующей асимметрии листовой пластиинки березы повислой

#### 4.1.3. Расчет показателя асимметрии листьев одного дерева

1. Относительная величина асимметрии по каждому листу для данного признака- отношение модуля разности промеров слева и справа к сумме этих промеров

$$Y_i = \frac{x_n - x_p}{x_n + x_p}$$

2. Среднее значение показателя асимметрии листа по пяти признакам

$$Z = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5}{5}$$

3. Среднее арифметическое всех величин асимметрии для выборки листьев данного дерева:

$$\bar{A} = \frac{\sum A_i}{n}$$

#### 4.2. Статистическая обработка данных

Результаты по каждому объекту исследования выражены  $X \pm m$ , где  $X$  — среднее арифметическое по группе деревьев ( $n$ ),  $m$  - среднее квадратическое отклонение от среднего. Рассчитывали отклонение от среднего  $|x_i - X|$ , где  $x_i$  - данные показателя асимметрии по каждому дереву.

Дисперсия  $S^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$

Среднее квадратическое отклонение  $m_{\alpha, v} = \frac{t_{\alpha} \cdot S}{\sqrt{n}}$

где  $n$  – количество деревьев по данному объекту,  $\alpha$  - надежность,  $t_{\alpha}$  критерий Стьюдента, - при заданном значении  $\alpha = 0,95$  или  $p = 0,05$ ; определяется по таблице [2].

Достоверность различия между двумя выборками  $X_1 \pm m_1$  и  $X_2 \pm m_2$

$$t_{\text{эксп}} = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{m_1^2}{n_1^2} + \frac{m_2^2}{n_2^2}}}$$

рассчитывалась определением:  $t_{\text{эксп}}$  и  $t_{\text{табл}}$

$t_{\text{табл}}$  - по критерию Стьюдента при  $k = n_1 + n_2 - 2$  и  $p = 0,05$ ;

При  $t_{\text{эксп}} > t_{\text{табл}}$  различие достоверно.

### 5. Результаты исследований

Исследования проводились в следующем порядке:

1. Объекты исследования выбирались по районам проживания учащихся лицея и отмечались по карте.

2. От 4-5 деревьев, расположенных примерно на площади 100кв.м. в различных районах г.Балашихи отбирались листья в количестве 15-17 штук от каждого дерева.

3. В камеральных условиях листья измерялись по методике, описанной в разделе 4.1.2. В сборе материала и оценке морфологических признаков листовых пластин принимали участие ребята 6 классов (Приложение 1). В 2022г объектами исследования были: ул.Быковского, пр.Ленина и городской парк (Приложение 2). В сентябре 2023г.: пр.Ленина, ул.Твардовского, ул.Октябрьская, ул.Свердлова, ул.Орджоникидзе и мкрн.Дзержинского (Приложение 3). Проведен компьютерный анализ результатов промеров исследуемых листьев. Для систематизации расчетов показателя асимметрии была использована программа Microsoft Excel. Данные измерений по деревьям вносились в таблицы, по заданным формулам, указанным в разделе 4.1.3., программа рассчитывала показатели асимметрии для расчета среднего показателя асимметрии по одному дереву (Приложение 4).

Мы включили в компьютерный анализ статистическую обработку данных методом Стьюдента по группе деревьев объекта исследования. В программе Excel рассчитывается среднее значение коэффициента асимметрии с отклонениями от среднего по группе деревьев (раздел 4.1.4.). В таблице (Приложение 5) представлены значения коэффициента флюктуирующей асимметрии по объектам наблюдения 2022г.: пр.Ленина, ул.Быковского и городской парк. Эти объекты располагаются рядом и территориально прилегают к школе. Коэффициенты асимметрии практически были на уровне 0,055, что в соответствии со шкалой Захарова (раздел 2.1.1.) свидетельствует о загрязнении окружающей среды. Различия между показателями были недостоверны, это показали сравнительные исследования коэффициентов асимметрии объектов 2022 г. между собой: ул.Быковского - пр.Ленина; городской парк – пр.Ленина и городской парк – ул.Быковского. (Приложение 8).

При сравнении с данными мониторинговых исследований исследований, проведенных в научном обществе лицея ранее по данным объектам [4] мы видим,

что состояние окружающей среды по ул.Быковского и пр.Ленина несколько улучшилось (Приложение 5). Проведение статистического анализа показало, что различие коэффициентов асимметрии пр.Ленина 2011 и 2022 достоверно, тогда как по сравнению с данными 2021г различие недостоверно (Приложение 8), различие между данными по ул. Быковского в 2010 и в 2022г. также достоверно, что позволяет считать, что экологическая ситуация в районе нашей школы по сравнению с 2010 и 2011гг улучшилась.

В 2023г объектами исследования были Объекты исследования: ул.Свердлова, ул.Октябрьская, мкрн.Дзержинского, ул.Твардовского, пр.Ленина и ул.Орджоникидзе. Результаты исследований в сравнительном аспекте с данными 2010, 2011, 2014 и 2021гг представлены в таблице (Приложение 6). Наименее загрязненными в 2023г. оказались ул. Твардовского и мкрн.Дзержинского. По сравнению с данными прошлых лет [4] мы видим, что несколько улучшились показатели асимметрии по улицам Твардовского, Орджоникидзе и мкрн. Дзержинского. (Приложение 6). При проведении сравнительного статистического анализа различия между улицами Октябрьская, Орджоникидзе и Твардовского 2011-2023гг, мкрн. Дзержинского и ул. Орджоникидзе 2014-2023гг, а также пр.Ленина 2022-2023гг. были достоверны (Приложение 9). В целом данные коэффициента асимметрии варьируют от 0,083 в 2011г до 0,069 в 2023г.

## **6.Заключение**

Результаты наших исследований позволили сделать следующие выводы:

1.В 2022 и 2023гг. проведена оценка качества окружающей среды территории г.Балашиха: ул. Октябрьская, ул. Твардовского, мкрн. Дзержинского, ул. Свердлова, ул. Орджоникидзе, ул.Быковского, городской парк и пр. Ленина методом флюктуирующей асимметрии листьев берёзы. Результаты свидетельствуют о загрязнении окружающей среды.

2.Сравнительный статистический анализ полученных данных с мониторинговыми исследованиями прошлых лет выявил тенденцию улучшения качества окружающей среды в этих районах города.

3. Для территории прилежащей к лицою показано достоверное улучшение показателей асимметрии по сравнению с данными прошлых лет.

## 7 Литература

- 1.Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г. идр. Здоровье среды: практика оценки. – М.: Центр экологической политики России, 2000.
2. Кряжева Н.Г. Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения / Краткие сообщения 243 Н.Г. Кряжева, Е.К. Чистякова, В.М. Захаров // Экология. – 1996. – № 6. – С. 441-444.
- 3.Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Захаров В.М., Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения//Экология. – 1996. – № 6. – С. 441-444.
4. Майджи О.В., Буланкина Е.Г. Исследование качества окружающей среды методом флюктуирующей асимметрии. Вестник ГРАЗУ, №13/18,2-12, с.33-38
- 5.Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). – М., 2003.
- 6.Последствие Чернобыльской катастрофы: Здоровье среды/ Под ред. В.М. Захарова, Е.Ю. Крысанова. – М.: Центр экологической политики России, 1996. – 170 с.
- 7.Солдатова В.Ю., Шадрина Е.Г. Флюктуирующая асимметрия березы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.) как показатель качества городской среды// Проблемы региональной экологии. – 2007. – № 5.

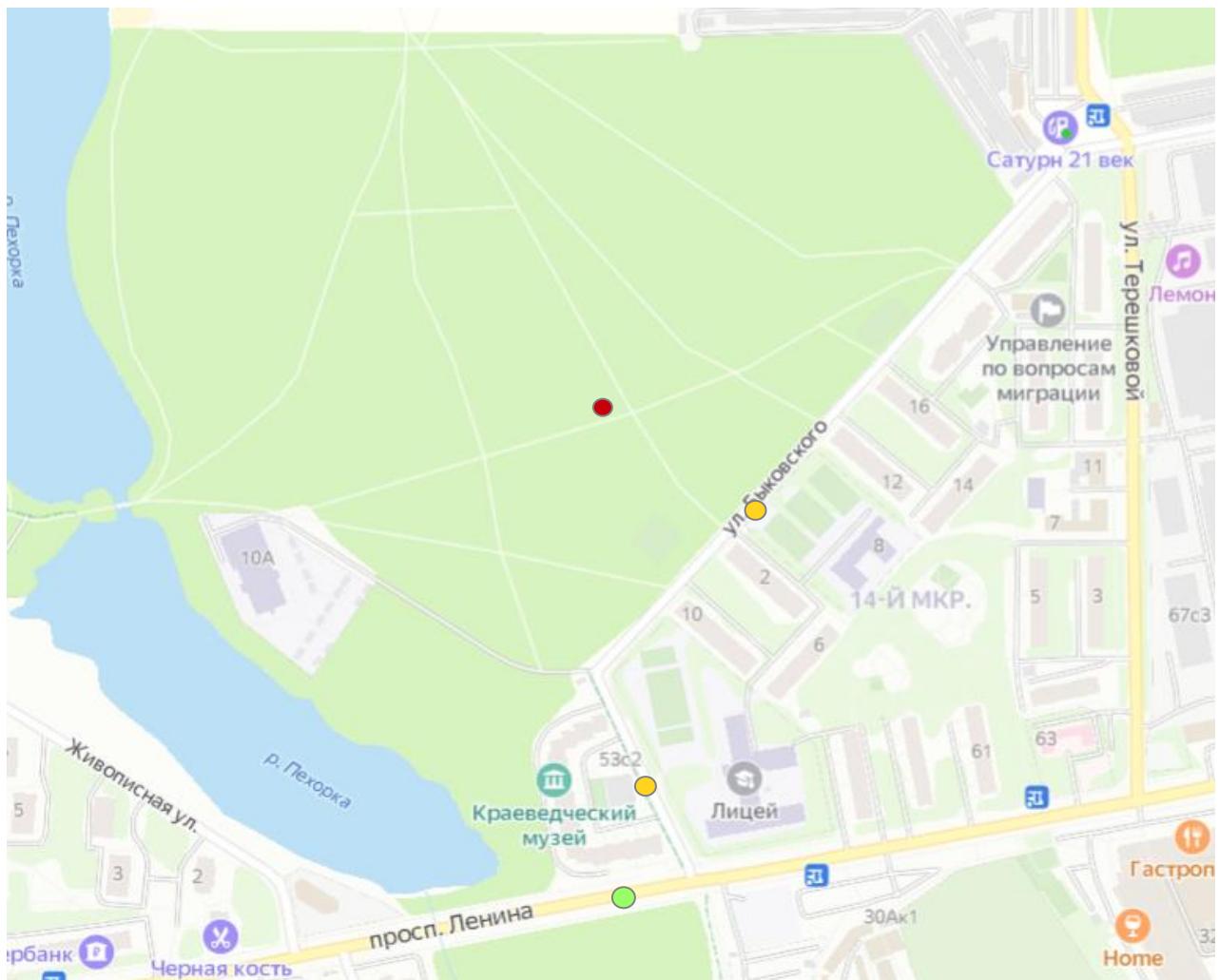
## 8. Приложения

### Приложение 1 Оценка листовых пластин



## Приложение 2

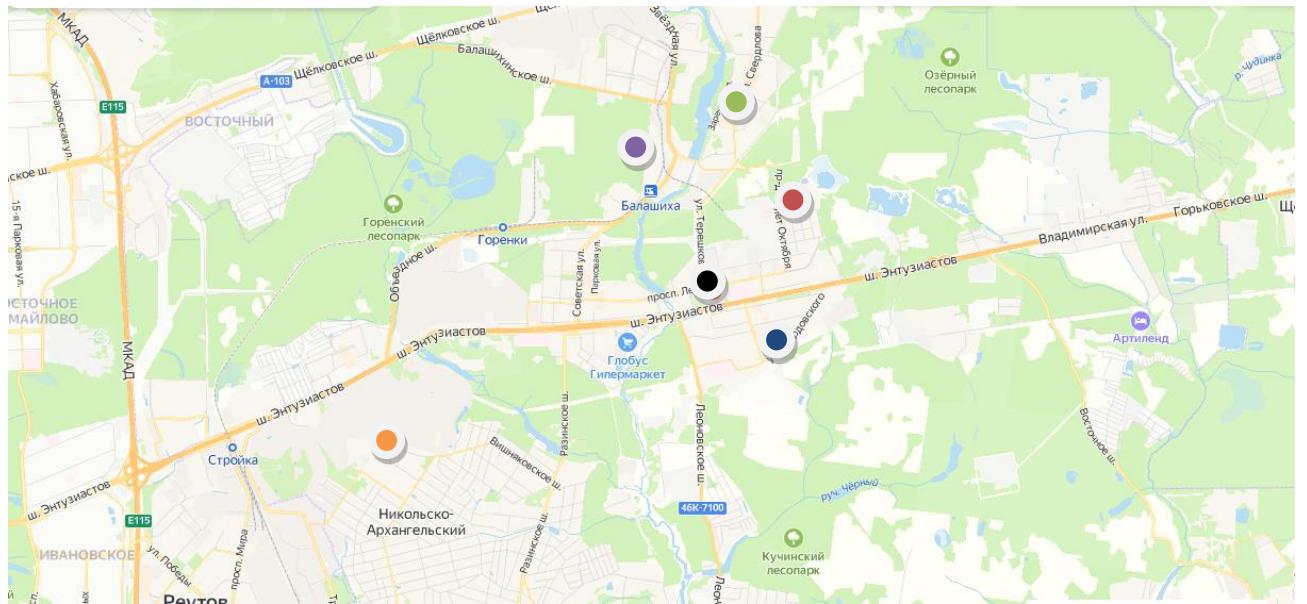
### Исследуемые объекты 2022г



**Городской парк**  
**Ул. Быковского**  
**Пр. Ленина**

## Приложение 3

### Исследуемые объекты 2023г



- Пр. Ленина
- Ул. Твардовского
- Ул. Октябрьская
- Ул. Свердлова
- Ул. Орджоникидзе
- Мкр. Дзержинского

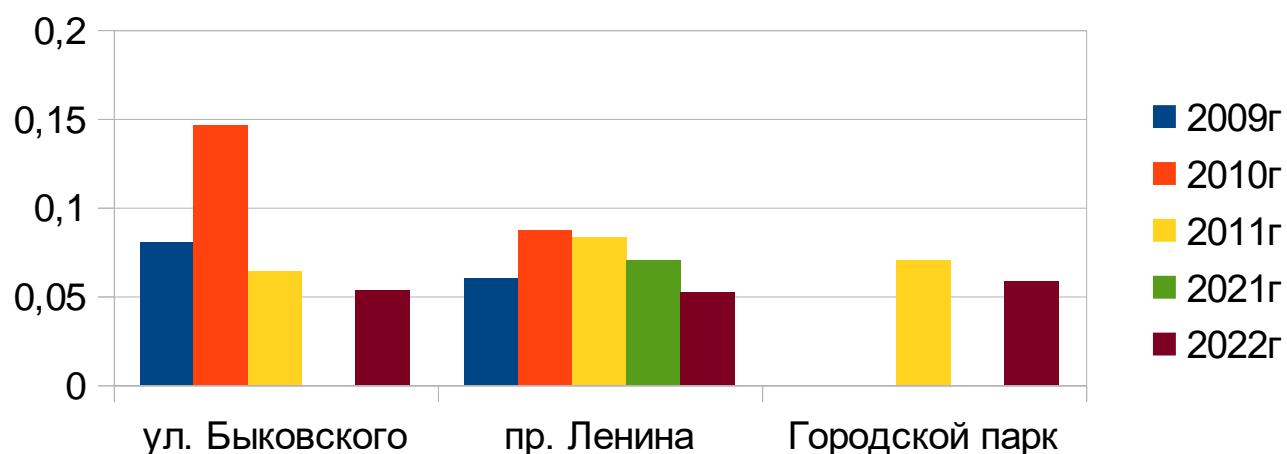
**Приложение 4**  
**Компьютерный расчет показателя асимметрии**  
**для выборки листьев от одного дерева**

ул. Быковского 2023г.													
	л	п	л	п	л	п	л	п	л	п	л	п	среднее
1	19	17	34	31	4	4	10	10	32	32			
2	13	14	26	24	4	4	10	9	37	34			
3	14	15	24	24	4	4	9	8	36	37			
4	13	12	21	20	3	5	8	10	32	33			
5	15	14	24	24	2	4	9	7	46	36			
6	12	10	24	21	3	3	7	6	38	40			
7	14	14	28	30	9	7	9	10	32	31			
8	12	13	25	27	6	5	6	9	31	29			
9	12	12	24	24	4	4	6	7	30	33			
10	12	12	20	20	4	2	7	9	38	48			
11	13	13	24	23	5	6	8	8	31	35			
1	0,05555556		0,04615		0		0		0		0,02034		
2	0,037037		0,04		0		0,05263		0,04225		0,03438		
3	0,344828		0		0		0,058823		0,01369		0,0214		
4	0,04		0,02439		0,25		0,11111		0,01358		0,08818		
5	0,034483		0		0,333333		0,125		0,12195		0,12295		
6	0,090909		0,06667		0		0,07692		0,02564		0,05203		
7	0		0,03448		0,125		0,05263		0,01587		0,04559		
8	0,04		0,38462		0,090909		0,2		0,03333		0,08054		
9	0		0		0		0,07692		0,04762		0,0249		
10	0		0		0,333333		0,125		0,11628		0,11492		
11	0		0,21277		0,090909		0		0,06061		0,03456		
				Средний коэффициент ассиметрии:							0,058		

## Приложение 5

**Результаты исследований качества окружающей среды на территории, прилегающей к школе 2022г по сравнению с данными прошлых лет.**

Улицы города	Средний коэффициент асимметрии				
	2009г.	2010г.	2011г.	2021г.	2022г.
ул. Быковского	0,08 ±0,043	0,146 ±0,02	0,064 ±0,01		<b>0,053 ±0,007</b>
Пр.Ленина	0,06 ±0,043	0,087 ±0,02	0,083 ±0,007	0,07 ±0,012	<b>0,052 ±0,007</b>
Городской парк				0,070 ±0,01	<b>0,058 ±0,007</b>

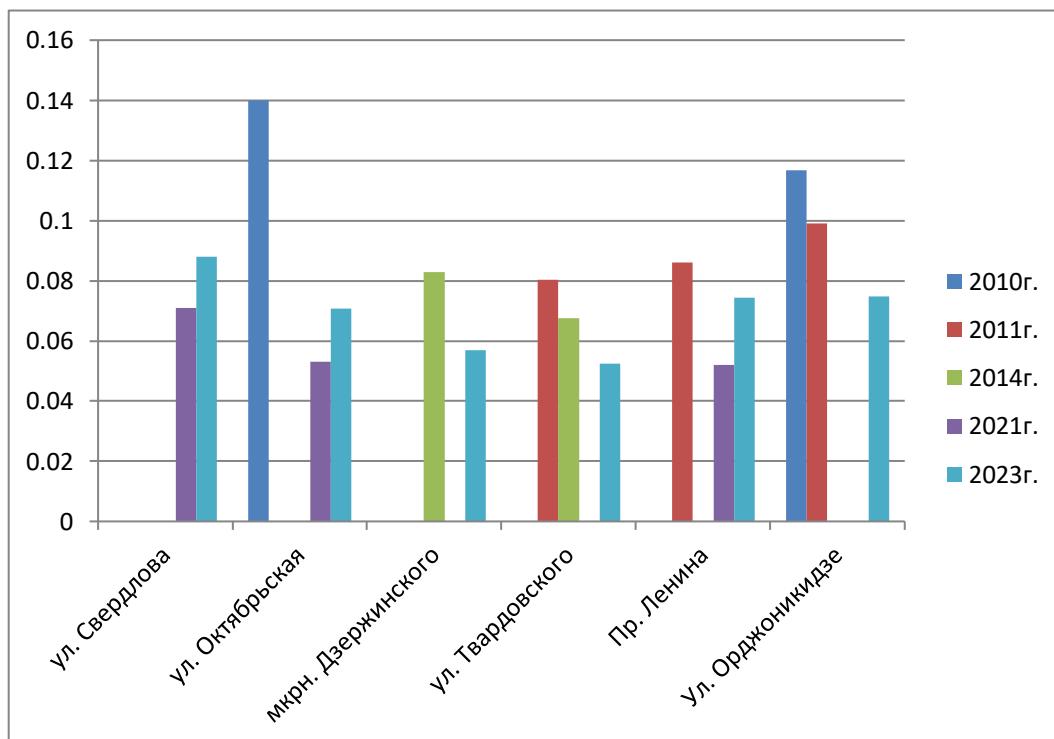


## Приложение 6

**Результаты исследований качества окружающей среды г. Балашиха в 2023г. по сравнению с данными прошлых лет.**

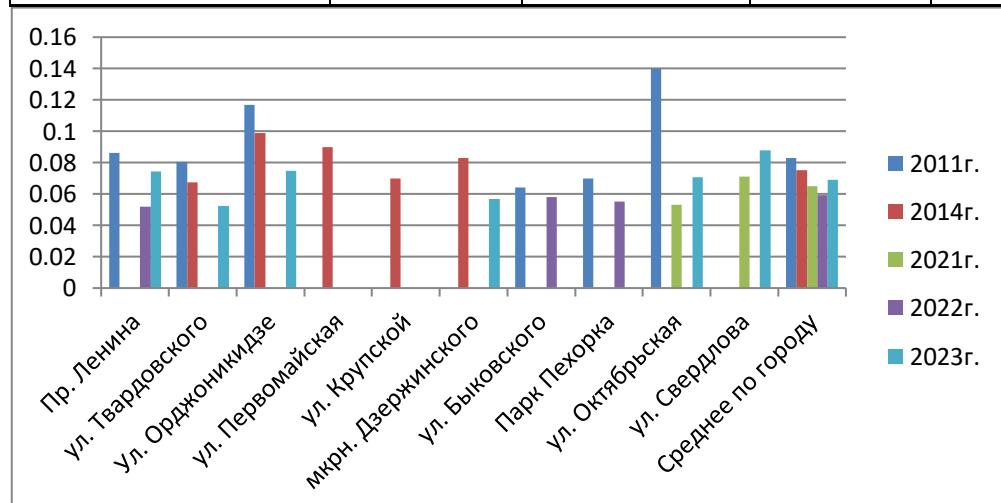
**Объекты исследования: ул. Свердлова, ул. Октябрьская, мкрн. Дзержинского, ул. Твардовского, Пр. Ленина**

Улицы города	Средний коэффициент асимметрии				
	2010г.	2011г.	2014г.	2021г.	<b>2023г.</b>
ул. Свердлова				0,071 ±0,02	<b>0,088 ±0,0405</b>
ул. Октябрьская	0,140 ±0,02			0,053 ±0,012	<b>0,0707 ±0,0139</b>
мкрн. Дзержинского			0,0828 ±0,010		<b>0,057 ±0,0163</b>
ул. Твардовского		0,0803 ±0,01	0,0675 ±0,008		<b>0,0525 ±0,0246</b>
Пр. Ленина		0,086 ±0,007			<b>0,0743 ±0,0335</b>
Ул. Орджоникидзе	0,1167±0,02	0,099 ±0,044			<b>0,0747 ±0,0345</b>



**Приложение 7**  
**Результаты мониторинговых исследований территориальных объектов наблюдения методом флюктуирующей асимметрии листовой пластины бересы повислой**

Объект исследования	Коэффициент асимметрии по группе деревьев $X \pm m$ n=4 p=0,05				
	2011г.	2014г.	2021г.	2022г.	2023г.
Пр. Ленина	0,086± 0,007			0,052± 0,007	<b>0,0743± 0,0335</b>
ул. Твардовского	0,0803± 0,01	0,0675± 0,008			<b>0,0525± 0,0246</b>
Ул. Орджоникидзе	0,1167± 0,044	0,099± 0,0005			<b>0,0747± 0,0345</b>
ул. Первомайская		0,090± 0,008			
ул. Крупской		0,070± 0,037			
мкрн. Дзержинского		0,0828± 0,010			<b>0,057± 0,0163</b>
ул. Быковского	0,064 ±0,01			0,058±0,007	
Парк Пехорка	0,070 ±0,01			0,055±0,007	
ул. Октябрьская	0,140± 0,01		0,053± 0,012		<b>0,0707± 0,0139</b>
ул. Свердлова			0,071± 0,02		<b>0,088± 0,0405</b>
Среднее по городу	0,083± 0,01	0,075± 0,013	0,065± 0,012	0,0594± 0,007	<b>0,069± 0,028</b>



**Приложение 8**  
**Сравнительный статистический анализ**  
**коэффициента флуктуирующей асимметрии 2022 год с данными прошлых лет**

Объект исследования	$X \pm m$ $n_1=n_2=4 \quad p=0,05$		
пр. Ленина 2011 г. 2022 г.	$0,086 \pm 0,007$ $0,052 \pm 0,007$	$t_{\text{табл}}=2,36$ $t_{\text{ЭКС}}=15,171$	Различие достоверно
пр. Ленина 2021 г. пр. Ленина 2022 г.	$0,066 \pm 0,037$ $0,052 \pm 0,007$	$t_{\text{табл}}=2,36$ $t_{\text{ЭКС}}=1,841$	Различие недостоверно
ул. Быковского пр. Ленина 2022 г.	$0,058 \pm 0,007$ $0,052 \pm 0,007$	$t_{\text{табл}}=2,45$ $t_{\text{ЭКС}}=2,424$	Различие недостоверно
Городской парк пр. Ленина 2022 г.	$0,055 \pm 0,007$ $0,052 \pm 0,007$	$t_{\text{табл}}=2,45$ $t_{\text{ЭКС}}=1,212$	Различие недостоверно
Городской парк ул. Быковского 2022 г.	$0,055 \pm 0,007$ $0,058 \pm 0,007$	$t_{\text{табл}}=2,45$ $t_{\text{ЭКС}}=1,212$	Различие недостоверно
ул. Быковского 2022 г. ул. Быковского 2010 г.	$0,058 \pm 0,007$ $0,146 \pm 0,02$	$t_{\text{табл}}=16,61$ $t_{\text{ЭКС}}=2,45$	Различие достоверно

**Приложение 9**  
**Сравнительный статистический анализ**  
**коэффициента флуктуирующей асимметрии (2023 год)**

Объект исследования	$X \pm m$ n1=n2=4 p=0,05		
Ул. Октябрьская 2011 и 2023 г.г.	$0,140 \pm 0,01$ (2011 г.) $0,0707 \pm 0,014$ (2023 г.)	$t_{\text{эксп}} = 18,54$ $t_{\text{табл}} = 2,36$	Различие достоверно
Мкр. Дзержинского 2014 и 2023 г.г.	$0,0828 \pm 0,01$ (2014 г.) $0,057 \pm 0,0163$ (2023 г.)	$t_{\text{эксп}} = 5,397$ $t_{\text{табл}} = 2,45$	Различие достоверно
Ул. Орджоникидзе 2011 и 2023 г.г.	$0,1167 \pm 0,044$ (2011 г.) $0,0747 \pm 0,035$ (2023 г.)	$t_{\text{эксп}} = 4,68$ $t_{\text{табл}} = 2,45$	Различие достоверно
Ул. Орджоникидзе 2014 и 2023 г.г.	$0,099 \pm 0,0005$ (2014 г.) $0,0747 \pm 0,035$ (2023 г.)	$t_{\text{эксп}} = 2,82$ $t_{\text{табл}} = 2,45$	Различие достоверно
Пр. Ленина 2022 и 2023 г.г.	$0,052 \pm 0,007$ (2022 г.) $0,0743 \pm 0,034$ (2023 г.)	$t_{\text{эксп}} = 2,61$ $t_{\text{табл}} = 2,45$	Различие достоверно
ул. Твардовского 2011 и 2023 г.г.	$0,0803 \pm 0,01$ (2011 г.) $0,0525 \pm 0,025$ (2023 г.)	$t_{\text{эксп}} = 3,243$ $t_{\text{табл}} = 2,57$	Различие достоверно