

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ЭКОНОМИКИ И СЕРВИСА

КАФЕДРА ТУРИЗМА И ЭКОЛОГИИ

ОТЧЕТ ПО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ  
ПО ПОЛУЧЕНИЮ НАВЫКОВ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Оценка воздействия загрязняющих веществ на  
атмосферный воздух (на примере предприятия, отрасли  
региона)

Студент  
гр. БЭП-21-ЭБ1



---

И.В. Исаева

Руководитель  
канд. техн. наук, доцент



---

В.Н. Макарова

Владивосток 2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ЭКОНОМИКИ И СЕРВИСА  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ТУРИЗМА  
КАФЕДРА ТУРИЗМА И ЭКОЛОГИИ

**ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ**  
**на учебную практику по получению навыков исследовательской работы**

Студенту: Исаевой Ирине Вячеславовне группы БЭП-21-ЭБ1

(*ФИО обучающегося полностью*)

Направление подготовки: 05.03.06 Экология и природопользование профиль «Экологическая безопасность»

Место прохождения практики: ФГБОУ ВО «ВГУЭС», МИОСТ, кафедра туризма и экологии

Срок прохождения практики с «07» февраля 2022 г. по «25» июня 2022 г.

**Содержание отчета по практике:**

***Задание 1. Анализ поставленной задачи***

- развернутое описание поставленной задачи с точки зрения ее актуальности, истоков возникновения проблемы, возможных форм проявлений и последствий (УК-1.3);

- анализ содержания проблемы с точки зрения сфер, которые она затрагивает (социальная, экономическая, политическая и т.п.) (УК-1.3);

- разбивка поставленной цели исследования на задачи, разработка плана исследования, выбор методов исследования (УК-1.3).

***Задание 2. Сбор и анализ информации***

- определение перечня информации/данных, необходимых для анализа и поиска решения поставленной задачи (УК-1.3);

- определение источников необходимой информации/данных (УК-1.1);

- сбор и систематизация информации/данных (УК-1.1).

***Задание 3. Разработка решения поставленных задач***

- формулировка выводов и заключений по результатам проведенного анализа информации (УК-1.3);

- разработки и обоснования решений поставленных задач на основе полученных результатов исследования (УК-1.3);

- определение возможных направлений дальнейших исследований анализируемой проблемы (УК-1.1).

***Задание 4.*** Оформить отчет и документы практики в печатном и электронном виде и представить на защиту в соответствии с требованиями организации и в установленные графиком практики сроки.

Отчет должен быть оформлен в соответствии с предъявляемыми требованиями стандарта ВГУЭС СК-СТО-ТР-04-1.005-2015 «Требования к оформлению текстовой части выпускных квалификационных работ, курсовых работ (проектов), рефератов, контрольных работ, отчетов по практикам, лабораторным работам».

Руководитель практики

канд.техн.наук, доцент кафедры туризма и экологии

Задание получил студент

«07» февраля 2022 г.



В.Н. Макарова

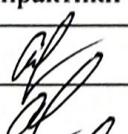
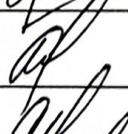
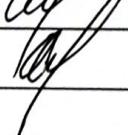
И.В. Исаева

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ЭКОНОМИКИ И СЕРВИСА  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ТУРИЗМА  
КАФЕДРА ТУРИЗМА И ЭКОЛОГИИ

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН-ГРАФИК**

Студент Исаева Ирина Вячеславовна группы БЭП-21-ЭБ1  
направляется для прохождения учебной практики по получению навыков  
исследовательской работы

Срок прохождения практики с «07» февраля 2022 г. по «25» июня 2022 г.

Содержание выполняемых работ	Сроки исполнения		Заключение и оценка руководителя практики	Подпись руководителя практики
	начало	окончание		
Анализ поставленной задачи	07.02.2022	18.02.2022	ОТЛ	
Сбор и анализ информации	19.02.2022	19.05.2022	ОТЛ	
Разработка решения поставленных задач	20.05.2022	11.06.2022	ОТЛ	
Оформление отчета и сдача руководителю практики от кафедры	12.06.2022	23.06.2022	ОТЛ	
Защита отчета	24.06.2022	25.06.2022	ОТЛ	

Студент-практикант



И.В. Исаева

Руководитель от кафедры



В.Н. Макарова

## Содержание

Введение.....	5
1 Влияние автотранспорта на атмосферный воздух в городе Владивосток .....	7
2 Флуктуирующая асимметрия как метод биоиндикации .....	10
2.1 Роль растений в улучшении качества окружающей среды городов.....	10
2.2 Биоиндикация .....	11
2.3 Флуктуирующая асимметрия .....	12
2.4 Материалы и методы .....	13
3 Оценка загрязненности атмосферного воздуха по интегральному показателю стабильности развития .....	15
3.1 Определение вида исследуемого биоиндикатора.....	15
3.2 Морфометрические показатели листовых пластинок берёзы плосколистной.....	16
3.3 Математическая обработка результатов.....	16
Заключение.....	18
Список использованной литературы .....	19
Приложение А. Определение вида берёзы .....	22
Приложение Б. Математическая обработка результатов .....	23

## Введение

Стремительное развитие городов, различных отраслей промышленности ведет к увеличению численности населения, потребления ресурсов, к росту числа транспорта и загрязнению биосферы. Именно загрязнение чаще всего приводит к нарушению нормального функционирования экологических систем [1]. Для современного этапа развития человечества характерна интенсивная урбанизация, с учетом того, что в настоящее время большая часть населения проживает в городах. К положительным условиям жизни в городе относится довольно простое решение социальных проблем. В наибольшей степени на состояние атмосферного воздуха в городе влияют промышленные предприятия и автотранспорт. Уровень автомобилизации в России достиг 200 автомобилей на 1000 жителей и продолжает быстро расти. Город Владивосток относится к городам с наибольшим показателем автомобилизации в России. Загрязнители, поступающие в урбанизированную среду, нарушают гомеостаз городской среды, изменяют естественные процессы круговорота веществ и перехода энергии по трофическим цепям [2-4]. Под угрозой оказываются все живые организмы, населяющие городскую среду. Городская среда максимально трансформирована, и качество жизни в ней с точки зрения биологических показателей человеческой жизни намного сложнее. Тем важнее проводить периодическую оценку качества урбанизированной среды. Оценивать качество среды, ее благоприятность или опасность для человека необходимо через влияние загрязнённого воздуха на все компоненты биоты не только в черте города, но и за его пределами. Изучение последствий антропогенного воздействия на окружающую среду проводят с применением методов биологической индикации. Для этого используют живые организмы в качестве биоиндикаторов, отражающие состояние окружающей среды. Оптимальными биоиндикаторами в городе являются листья березы, поскольку это деревья с высокими поглощательными способностями. При формировании листовой пластины по мере накопления токсичных веществ происходит торможение ростовых процессов и деформация листа. Наиболее доступная и широко применяемая морфогенетическая мера нарушения стабильности развития – флуктуирующая асимметрия, которая наблюдается при нарушениях в развитии организма вследствие антропогенных воздействий [5]. Одними из главных достоинств метода биоиндикации является простота, доступность; не нужно много громоздкого оборудования, реактивов. Реакции живого организма позволяют оценить антропогенное воздействие на среду обитания человека. Актуальность исследования состоит в том, что экспресс оценка качества воздушной среды города Владивосток по флуктуирующей асимметрии листовой пластинки, позволит оперативно оценить уровень загрязнённости воздуха в районе расположения исследуемых деревьев.

Целью работы является определение уровня загрязнения атмосферного воздуха на территории Ленинского района города Владивостока.

Предмет исследования: качество воздушной среды Ленинского района города Владивосток.

Объект исследования: листовая пластинка берёзы.

Поставленная цель определяет следующие задачи:

- 1) Выбрать площадку для проведения натурных исследований.
- 2) Определить вид березы для индикации.
- 3) Отобрать образцы биологического материала для исследования (листовые пластинки берёзы плосколистной (*Betula platyphylla*)).
- 4) Рассчитать усредненный показатель и определить по нему качество воздушной среды с помощью балльной системы.

Методы исследования разработаны в Институте биологии развития имени Н.К. Кольцова РАН авторским коллективом ученых под руководством д.б.н., чл.-корр. РАН В.М. Захарова и рекомендованы Центром экологической политики России; в работе использовались методы сравнения, анализа, классификации, а также применялось стандартное программное обеспечение для математической обработки результатов натурных исследований [6].

## 1 Влияние автотранспорта на атмосферный воздух в городе Владивосток

Анализ состояния атмосферного воздуха по официальным информационным источникам в городе Владивосток свидетельствует, что наиболее негативное влияние на качество атмосферного воздуха оказывает автотранспорт. Владивосток – один из лидеров в стране по количеству автомобилей на душу населения. Плотность движения, узкие дороги, пробки, выхлопные газы, практически полное отсутствие экологичного электрического городского транспорта оказывают далеко не самое благоприятное воздействие на атмосферу. Во Владивостоке рекордное количество автомобилей. Городские магистрали давно не справляются с таким объемом транспорта, ежедневные пробки создают очаги загазованности, основные пути борьбы с которой – постепенно разгружать движение в городе и увеличивать количество зеленых насаждений. При значительном увеличении масштабов и темпов роста автомобилизации возникает ряд серьезных проблем, связанных с вредными для окружающей среды и общества последствиями, которые сопровождают этот процесс. Автомобили сжигают огромное количество топлива из нефтепродуктов, нанося одновременно ощутимый вред окружающей среде, главным образом атмосфере. Транспортные средства являются источниками окиси углерода, оксидов азота, диоксида серы, взвешенных веществ. По федеральным требованиям в атмосферном воздухе необходимо контролировать три группы веществ:

1. Основные вещества: общие взвешенные вещества (пыль), диоксид азота, оксид углерода, диоксид серы (наблюдения за концентрациями данных веществ являются обязательными во всех городах).

2. Специфические вещества: аммиак, бенз(а)пирен, бензол и другие ароматические углеводороды, кадмий, никель, ртуть, свинец, сероуглерод, сероводород, фенол, формальдегид, фторид водорода (выбираются согласно специфике выбросов от источников загрязнения).

3. Озон и мелкие взвешенные частицы (организовывать наблюдения за концентрациями данных веществ также необходимо).

Согласно литературным данным [7] каждый автомобиль выбрасывает в атмосферу с отработавшими газами около 200 различных компонентов. Уровень загрязнения воздуха зависит не только от количества выбросов вредных веществ, но и, в большей степени, от условий рассеивания примесей в атмосфере. Выбросы автотранспорта в городской застройке поступают в приземный слой воздуха, где их рассеивание затруднено. При определенных метеорологических условиях концентрации примесей в воздухе увеличиваются и могут достигать опасных значений. Значения концентраций компонентов

автомобильных выхлопов в атмосферном воздухе подвержены большим колебаниям и зависят от целого ряда факторов: сравнительно низкие скорости движения, частые изменения направления и скорости движения, сопровождающиеся многократными торможениями и разгонами, короткие расстояния перевозок, обуславливающие работу двигателей преимущественно на неустановившихся тепловых режимах. Указанные условия работы автомобиля существенно усугубляются при увеличении плотности движения [8-9]. Требования по обеспечению экологической безопасности и охраны здоровья населения очень важны, их следует выполнять при планировке и застройке поселений. На территории поселений необходимо обеспечивать достижение нормативных требований и стандартов, определяющих качество атмосферного воздуха. Влияние выхлопных газов оказывает отрицательное влияние как на растительность (таблица 1), так и на здоровье населения (таблица 2).

Таблица 1 – Токсичность загрязнения воздуха для растений

Вредные вещества	Характеристика
Диоксид серы	Основной загрязнитель, яд для ассимиляционных органов растений, действует на расстоянии до 30 км.
Фтористый водород и четырехфтористый кремний	Токсичны даже в небольших количествах, склонны к образованию аэрозолей, действуют на расстоянии до 5 км.
Хлор, хлористый водород	Повреждают в основном на близком расстоянии
Соединения свинца, углеводороды, оксид углерода, оксид азота	Заражают растительность в районах с высокой концентрацией промышленности и транспорта
Сероводород	Клеточный и ферментный яд
Аммиак	Повреждает растения на близком расстоянии

Составлено автором по [10]

Таблица 2 – Влияние выхлопных газов автомобиля на здоровье человека

Вредные вещества	Последствия воздействия на организм человека
Оксид углерода	Препятствует абсорбированию кровью кислорода, что ослабляет мыслительные способности, замедляет рефлексы, вызывает сонливость и может быть причиной потери сознания и смерти
Свинец	Влияет на кровеносную, нервную и мочеполовую системы: вызывает, вероятно, снижение умственных способностей у детей, откладывается в костях и других тканях, поэтому опасен в течение длительного времени

## Продолжение таблицы 2

Оксиды азота	Могут увеличивать восприимчивость организма к вирусным заболеваниям (типа гриппа), раздражают легкие, вызывают бронхит и пневмонию
Озон	Раздражает слизистую оболочку органов дыхания, вызывает кашель, нарушает работу легких: снижает сопротивляемость к простудным заболеваниям; может обострять хронические заболевания сердца, а также вызывать астму, бронхит
Токсичные выбросы	Вызывают рак, нарушение функции половой системы и дефекты у новорожденных

Составлено автором по [11]

Так, например, свинец не удаляется из организма, а накапливаются в нем, поражая органы и ткани организма, нервную систему, желудочно-кишечный тракт, нарушая обменные процессы. Аккумуляция свинца растениями приводит к опасности его поступления в организм людей с пищей. Бенз(а)пирен также обладает способностью к биоаккумуляции. Высокая концентрация бензапирена приводит к поражению органов дыхательных путей и кровеносной системы, провоцирует рак у человека [12].

## 2 Флуктуирующая асимметрия как метод биоиндикации

### 2.1 Роль растений в улучшении качества окружающей среды городов

Важнейшим условием существования растений, как и человека, является воздушная среда (для последнего без нее невозможно дыхание, для первых – не только дыхание, но и «воздушное питание» – фотосинтез). Городской воздух по основному газовому составу мало чем отличается от воздуха естественных местообитаний: кислорода для дыхания хватает, углекислого газа для фотосинтеза тоже. Существенное отличие городского воздуха заключается в присутствии различных примесей-загрязнителей. Зеленые насаждения в городской среде являются одним из наиболее эффективных и экономичных способов повышения комфорта и качества среды обитания человека. Зеленые насаждения выполняют различные функции в формировании городской среды: санитарную, архитектурную, эстетическую, эмоционально-психологическую и другие. Работая как своего рода живой фильтр, растения поглощают из воздуха разнообразные вредные и токсичные химические вещества и задерживают значительное количество пыли. Кроме того, зеленые насаждения способствуют формированию микроклимата территории города и обеспечивают защиту человека от негативных атмосферных, т.е. климатических воздействий. Древесные растения очищают, увлажняют и обогащают кислородом атмосферу городов, изменяют радиационный и температурный режимы, уменьшают силу ветра и шум [13]. Ведущее место в озеленении городов умеренного пояса занимают лиственные породы, хвойные практически не представлены. Это объясняется слабой устойчивостью этих пород к загрязненной среде города. Особенности городской среды сказываются на ходе жизненных процессов растений, флоры, их внешнем виде и строении органов. Например, у городских деревьев снижена фотосинтетическая активность, поэтому они имеют более редкую крону, мелкие листья, короче побеги. Обращает на себя внимание, что в условиях города листья многих растений, подсыхают по краям, на них появляются бурые пятна различной величины и формы, иногда проявляется белый, мучнистый налет. Подобные симптомы говорят о развитии всевозможных заболеваний (сосудистых, некрозно-раковых, гнилевых). Видовой состав городских насаждений очень ограничен. Преобладающими являются широколиственные деревья – липа, в том числе мелколистная (*Tilia cordata*), клен остролистный (*Acer platanoides*), тополь бальзамический (*Populus balsamifera*), ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica*), вяз гладкий (*Ulmus laevis*), из мелколиственных – береза повислая (*Betula pendula*). Среди важных факторов, оказывающих негативное влияние на состояние городских насаждений, можно выделить:

- экологические условия города;
- нарушение технологии посадки и отсутствие дополнительного ухода;

- неудовлетворительное состояние;
- повреждения, вызванные вредителями и болезнями;
- случайные факторы (вандализм, механические повреждения).

Под влиянием всех этих факторов снижается жизнеспособность растений и снижается качество санитарно-гигиенической роли. В условиях увеличения техногенных нагрузок санитарно-гигиеническая роль покрытых растительностью пространств города является мощным средством нейтрализации вредных последствий техногенного загрязнения для городского населения. Поэтому природные, озелененные территории, а также акватории, влияют на микроклиматические характеристики городской среды, в том числе задерживают десятки тонн пыли, концентрируют в листьях тяжелые металлы, участвуют в формировании температурно-влажностных режимов, химического состава воздуха: биотрансформируют и рассеивают сотни тысячи тонн загрязняющих веществ, обогащают воздух кислородом. Они оказывают воздействие на скорость движения воздушных потоков, уровень инсоляции поверхностей на уровне земли, зданий и сооружений, а также снижают шумовую нагрузку от автомобилей и других источников. По мере увеличения возраста древесных растений ослабевают их естественные защитные механизмы и падает их биологическая устойчивость, снижаются возможности противодействия антропогенным факторам, падает устойчивость к засухам, морозам и ветрам и к гнилевым болезням. Поэтому необходимо дифференцировано подходить к срокам омоложения насаждений на территории города. [14].

## 2.2 Биоиндикация

Современные технические средства контроля состояния окружающей среды, разработанные в первую очередь для оценки степени загрязненности в промышленных условиях, – не единственные способы определения состояния природной среды. Оптимальным и активно развивающимся методом её оценки является биоиндикация – обнаружение и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов непосредственно в среде их обитания. Биологические индикаторы обладают признаками, свойственными системе или процессу, на основании которых производится качественная или количественная оценка тенденций изменений, определение или оценочная классификация состояния экологических систем, процессов и явлений [15, 17]. При проведении биоиндикации необходимы информативные биологические объекты, называемые биоиндикаторами. Биоиндикаторы – особи одного вида или другой таксономической группы в сообществе, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в природной среде, о присутствии и концентрации

загрязнителя [16]. Преимущество использования для исследования биоиндикаторов заключается в том, что они позволяют по целому ряду причин более эффективно, быстрее, гуманнее, дешевле, технически проще определять воздействие окружающей среды на биосистему, в том числе – воздействие на человека. Биоиндикация может происходить на уровне макромолекул, клетки, организма, популяции, экосистемы. Как известно, воздух представляет собой смесь газов, которая в разных регионах Земли представлена в приблизительно равных пропорциях. Загрязнение атмосферного воздуха не имеет границ, поскольку постоянно происходит перемещение воздушных масс в атмосфере, следовательно, проблемы охраны воздуха являются межрегиональными проблемами.

Устойчивость экосистемы определяться по состоянию видов-эдификаторов природного сообщества, от состояния которых зависит его дальнейшее существование. Для оценки состояния городских экосистем такими объектами являются древесные растения. В качестве биоиндикаторов выбирают наиболее чувствительные к исследуемым факторам биологические системы или организмы. Виды реакций чувствительных организмов-биоиндикаторов: изменение окраски растений, например, хлороз, пожелтение, покраснение, серебристость листьев и другие; некроз – отмирание ограниченных частей ткани; синергизм – совместное действие нескольких стрессоров окружающей среды (минимум двух), когда их составляющие суммируются; ингибирование – торможение или замедление жизненных процессов. Поэтому загрязнение воздуха представляет наибольшую опасность для растений, так как растения не могут менять своё место нахождения и непрерывно подвергаются влиянию вредного фактора, если таковой появился в окружающих растения компонентах природной среды (воздухе, воде, почве). Именно поэтому растения наиболее пригодны для обнаружения неблагоприятных изменений состава воздуха [17].

### 2.3 Флуктуирующая асимметрия

Флуктуирующая асимметрия – это незначительные ненаправленные различия между правой и левой сторонами и является результатом ошибок в ходе индивидуального развития организма. Среди всех биоиндикаторов растения наиболее удобны, т.к. они – основные продуценты, находятся на границе двух сред – почвы и воздуха, ведут прикрепленный образ жизни, доступны и удобны в сборе материала. Для древесных растений лист является лучшим вегетативным органом. При формировании листовой пластины происходит накопление токсических веществ и нарушение гомеостаза, что приводит к деформации листа (асимметрии). Поэтому хорошими биоиндикаторами в городе являются листья березы – дерева с высокими поглотительными качествами.

Площадь листьев уменьшается в условиях повышенной техногенной нагрузки. Предельный возраст деревьев также уменьшается в зависимости от условий обитания (например, для липы в лесу возраст может достигать 300 лет, в парке – 150 лет, в городе при техногенном загрязнении – 50-70 лет) [18]. Флуктуирующая асимметрия позволяет оценить нестабильность развития организма. Живые организмы очень чувствительны к изменениям в окружающей их среде. Чтобы живой организм был хорошим биоиндикатором, у него должны проявляться достаточно выразительно ответы на изменения в окружающей среде. Одним из таких выразительных ответов оказалось нарушение симметрии в строении некоторых организмов и их частей. Для сравнения между собой разных признаков, величину асимметрии следует учитывать в относительных величинах. [18-20].

## 2.4 Материалы и методы

Оценка уровня состояния атмосферного воздуха была проведена с помощью метода оценки качества среды, разработанного в Институте биологии развития им. Н.К. Кольцова. С помощью данного метода можно определить флуктуирующую асимметрию и в дальнейшем с помощью шкалы оценки определить степень загрязнения атмосферного воздуха [21]. При сборе и отборе материала для исследования учитываются следующие правила:

- листья собирают с растений, находящихся в сходных условиях;
- вид растения. Все деревья должны быть одного вида.
- время сбора. Сбор материала проводится после остановки роста листьев, в летний период и до опадания листьев осенью;
- возраст дерева; у всех исследуемых деревьев возраст должен быть примерно одинаковым, о чем свидетельствуют примерно одинаковые диаметры столбов;
- число листьев. Каждая выборка включает в себя 100 листьев (по 10 листьев с 10 деревьев).

Измерения отобранного листа проводят по таким параметрам, как: ширина половинки листа; длина второй от основания листа жилки второго порядка; расстояние между основанием 1-й и 2-й жилок второго порядка; расстояние между концами 1-й и 2-й жилок второго порядка; угол между основной и второй от основания листа жилками второго порядка. Измерительные приборы, используемые в исследовании: линейка, транспортир. Жилки измеряют с точностью до 1 мм. Затем определяют процент асимметрии по приведённым выше показателям. Величину флуктуационной асимметрии оценивают с помощью интегрального показателя – величины среднего различия [22, 23, 19]. Графические характеристики проводимых замеров представлены на рисунке 1.

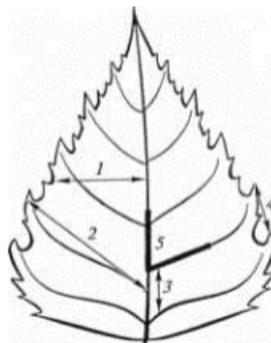


Рисунок 1 – Параметры измерений листа березы.

Составлено автором по [20]

1 – ширина половинки листа; 2 – длина второй жилки от основания листа; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилками; 4 – расстояние между концами этих жилок; 5 – угол между главной и основными жилками

Расчёт интегрального показателя качества воздуха производят по методике В.М. Захарова [21]:

1) Сначала для каждого промеренного листа вычисляют относительные величины асимметрии для каждого признака. (Для этого модуль разности между промерами слева  $L$  и справа  $R$  делят на сумму этих же промеров:

$$y_1 = \frac{x_R - x_L}{x_R + x_L}; \quad (1)$$

2) Вычисляют показатель асимметрии для каждого листа. Для этого суммируют значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и делят на число признаков:

$$Z_1 = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5}{5}; \quad (2)$$

3) Определяют среднее относительное отличие на один признак для 10 листьев одного дерева.

$$X = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10}}{10} \quad (3)$$

Этот показатель характеризует степень асимметрии организма. При оценке величины асимметрии по нескольким размерным признакам применяется интегральный показатель, который показывает среднее относительное различие между сторонами на признак [21, 23-26]. Для оценки данного показателя имеется пятибалльная шкала отклонения от нормы, в которой 1 балл – условная норма, а 5 баллов – критическое состояние [21].

### 3 Оценка загрязненности атмосферного воздуха по интегральному показателю стабильности развития

#### 3.1 Определение вида исследуемого биоиндикатора

Ленинский район является одним из самых оживленных районов города Владивостока. В этот район входят улицы с одним из самых высоких уровней автомобильного трафика, например, проспект Красного Знамени. Для определения пригодности использования методики биологической индикации в районе со специфическими природно-климатическими характеристиками, которые будут влиять на аэрационный режим территории было выбрано место произрастания деревьев вблизи автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения автотранспорта. Место отбора находится на пересечение проспекта Красного Знамени и улицы Некрасовской Ленинского района (место отбора закрыто с трех сторон первым эшелон застройки – удовлетворительно проветриваемые территории). Индикатор находится на исследуемой территории пролонгированное время (до 4-5 месяцев) (рисунок 2).

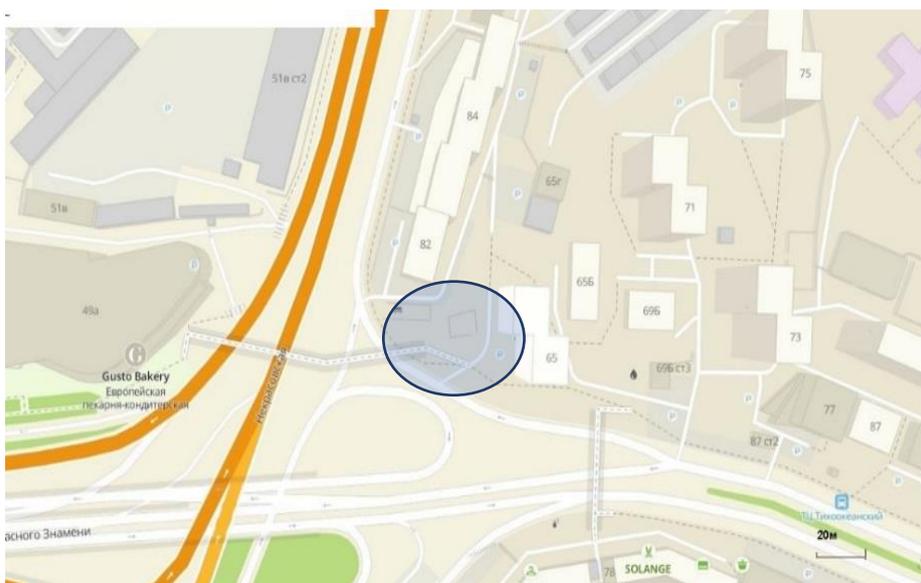


Рисунок 2 – Место отбора биологических образцов

Составлено автором

Далее было необходимо определить вид дерева-индикатора. Для этого мы изучили характеристику предполагаемого вида дерева, использовали образцы листьев и фотографию взятой в качестве индикатора березы и сравнили с другими видами берез, которые произрастают на территории Приморского края (рисунок 1, приложение А). В результате мы определили вид березы. Это береза плосколистная (*Betula platyphylla*). Береза плосколистная распространена на Дальнем востоке. Кора белая или серовато-белая, отслаивающаяся. Ветви не повислые (в отличие от близкого вида Берёза повислая – *Betula pendula*), тёмно-серые или тёмно-коричневые, голые. Концы молодых ветвей с редкими

железками. Листья овально-треугольные, широкоовальные, ромбически-треугольные, 3-9 x 2-7,5 см, в основании усечённые, широко-клиновидные или сердцевидные [27]. Сбор листовых пластинок берёзы был проведен после остановки роста листьев в сентябре 2021 года. Все листья были без видимых поражений, одного цвета, без пятен, неповрежденные насекомыми. При сборе и отборе биологического материала учитывались все правила используемой методики.

### 3.2 Морфометрические показатели листовых пластинок берёзы плосколистной

Далее были проведены измерения собранных листьев по всем указанным параметрам:

1. ширина половинки листа;
2. длина второй жилки от основания листа;
3. расстояние между основаниями первой и второй жилками;
4. расстояние между концами этих жилок;
5. угол между главной и основными жилками.

В процессе работы выполнено 500 замеров. Жилки измеряли с точностью до 1 мм. Затем нами была составлена таблица для результатов измерений всех листьев. Пример результатов замеров 10 листьев первого дерева представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Пример результатов замеров, мм 10 листьев первого дерева

Лист	Левая сторона листа					Правая сторона листа				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	27	43	5	14	51	25	40	3	13	52
2	21	42	6	15	50	23	43	7	16	47
3	20	41	7	13	49	22	42	6	14	46
4	25	44	5	15	43	27	47	5	14	44
5	22	41	5	14	45	20	40	7	12	50
6	37	56	10	16	42	42	50	9	18	48
7	26	48	4	17	39	27	47	6	15	37
8	29	46	6	15	39	33	49	5	16	32
9	21	37	6	14	49	24	40	6	13	45
10	24	41	7	17	50	26	38	6	16	56

Составлено автором

### 3.3 Математическая обработка результатов

Первым этапом мы для каждого промеренного листа вычислили относительные величины асимметрии для каждого признака (таблица 1, приложение Б).

Вторым этапом вычислили показатель асимметрии для каждого листа (таблица 2, приложение Б).

Третьим этапом определили среднее относительное отличие на один признак для 10 листьев одного дерева (таблица 3, приложение Б).

Мы получили данные, что флуктуирующая асимметрия, усредненная по всем образцам деревьев, находится в интервале от 0,052 до 0,086. Интегральный показатель в результате наших расчетов равен 0,066. Оценка загрязненности воздуха проводится по шкале отклонения от нормы (таблица 4).

Таблица 4 – Шкала отклонения от нормы

№ п/п	Оценочная шкала	Характеристика состояния воздушной среды
1	<0,055	Чистый воздух
2	0,055–0,060	Относительно чистый воздух
3	0,060–0,065	Загрязненный воздух
4	0,065–0,070	Сильно загрязненный воздух
5	0,070>	Очень сильно загрязненный воздух

Составлено автором по [23]

Таким образом, качество воздушной среды Ленинского района соответствует 4 баллам по пятибалльной шкале и является показателем сильно загрязненного воздуха.

## Заключение

Биоиндикация является актуальным методом исследования, который позволяет выявить степень и интенсивность воздействия того или иного поллютанта, а также проследить динамику деградации экосистем во времени и пространстве. В городской среде в качестве биоиндикатора оптимально использовать зеленые насаждения (в нашем случае ими являются древесные растения). С их помощью можно изменять температуру урбанизированной среды, влиять на скорость ветра и территорию распространения шума, а также корректировать влажность воздуха.

С помощью метода флуктуирующей асимметрии в 2021 году была проведена оценка качества окружающей среды на примере Ленинского района города Владивостока. Для постановки эксперимента была выбрана площадка произрастания берез в Ленинском районе как одном из самых оживленных районов города Владивостока. Определён вид исследуемого индикатора – береза плосколистная (*Betula platyphylla*). Был отобран биологический материал для исследования на выбранной площадке, произведена математическая обработка полученных данных. Все деревья находились в стрессовых условиях, вблизи автомобильной дороги с высокой интенсивностью движения. В результате расчетов было получено следующее: качество воздуха на пересечении дорог проспекта Красного Знамени и улицы Некрасовской Ленинского района (удовлетворительно проветриваемые территории) находится в пределах 4 баллов – сильно загрязненный воздух.

Загрязнение воздуха имеет многообразные вредные последствия. Воздействия его могут быть различны в зависимости от вида загрязнителя, концентрации его в воздухе, длительности и периодичности воздействия. Береза, выбранная в качестве индикатора, обладает свойством поглощать и накапливать в листьях загрязненные вещества. Реакция на пагубное воздействие проявляется в деформации листовой пластинки, что позволяет определить её интегральный показатель развития. Поэтому в результате нашего исследования, мы выяснили на примере произрастающих деревьев в Ленинском районе города Владивосток, что человеческая деятельность негативно влияет на живые объекты. С помощью метода флуктуирующей асимметрии мы смогли оценить качество воздуха городской среды на примере Ленинского района города Владивосток.

### Список использованной литературы:

1. Макарова В.Н., Ткалич В.М., Деркаченко П.П. Оценка воздействия загрязняющих веществ на атмосферный воздух (на примере предприятия приморского филиала ООО «Ростелеком», г. Уссурийск) // Территория новых возможностей. Вестник ВГУЭС. – 2021. – Т. 13, № 2. – С. 99-108.
2. Рахмангулов Р.С., Ишбирдин А.Р., Салпагарова А.С. Флуктуирующая асимметрия – показатель дестабилизации или поиск путей адаптивного морфогенеза? // Вестник Башкирского университета. – 2014. – Т. 19, № 3. – С. 831-834.
3. Krupnova T., Mashkova I., Kostryukova A. Using birch leaves to indicate air pollution // International Journal of GEOMATE. – 2017. – № 13 (40). – С.54-59.
4. Кушбокова Д.А. Биоиндикация как метод исследования экосистем // Достижения вузовской науки. – 2013. – № 4. – С. 14–17.
5. Зорина А.А., Коросов А.В. Характеристика флуктуирующей асимметрии листа двух видов берез в Карелии // Экология. Экспериментальная генетика и физиология: труды Карельского научного центра РАН. – Петрозаводск. – 2007. – Вып. 11. – С. 28-36.
6. Макарова В.Н., Пчелкин А.М., Исаева И.В. Оценка уровня загрязнения воздуха городской среды на территории Ленинского района города Владивостока // Территория новых возможностей. Вестник ВГУЭС. – 2022. – № 1. – С. 109-120.
7. Фельдман Ю.Г. Гигиеническая оценка автотранспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха: учебник для медицинских вузов / Ю.Г. Фельдман. – М.: Медицина, 1975. – 160 с.
8. Никифорова В.А. Экологические аспекты влияния автотранспорта на окружающую среду / В.А. Никифорова, О.В. Сташок, А.И. Мендофий, А.А. Никифорова // Системы. Методы. Технологии – 2014. – №4 (24). – С. 144-150.
9. Германова Т.В. Загрязнение атмосферного воздуха города автомобильным транспортом на примере Тюмени / Т.В. Германова, А.Ф. Керножитская // Научный журнал: «Современные наукоемкие технологии» – 2014. – №2. – С. 26-29.
10. Горышина Т.К. Экология растений: учебное пособие / Т.К. Горышина. – М.: Высшая школа, 1991. – 368 с.
11. Аксенов И.Я. Транспорт и охрана окружающей среды: учебник для вузов / И.Я. Аксенов, В.И. Аксенов. – М.: Транспорт, 1986. – 319 с.
12. Анисимов Е.Е. Исследование влияния выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания на окружающую среду республики Саха (Якутия) // Молодой ученый. – 2014. – № 21. – С. 71-72.

13. Афонина М.И. Основы городского озеленения: учебник для вузов / М.И. Афонина. – М.: МГСУ, 2010. – 208 с.
14. Чомаева М.Н. Роль зеленых насаждений для городской среды // Международный журнал гуманитарных и естественных наук, – 2020. – № 4-3 (43). – С. 12-14.
15. Мелехова О.П., Егорова Е.И., Евсеева Т.И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учебник для студ. Вузов / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева. – М.: Академия, 2007. – 288 с.
16. Зорина А.А., Коросов А.В. Оценка флуктуирующей асимметрии // Специальные методы биометрии. – Петрозаводск, 2007. – С. 79–88.
17. Выходцева И.С., Рыхлова Т.А. Биоиндикация как метод оценки окружающей среды: Актуальность и перспективы исследования // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2015. – № 6. – С. 44-46.
18. Баранов С.Г., Зыков И.Е., Федорова Л.В. Изучение внутривидовой изменчивости липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) на основе билатеральной асимметрии листовых пластин // Вестник Томского государственного университета, – 2015. – № 2 (30). – С. 134-145.
19. Стрельцов А.Б. Региональная система биологического мониторинга качества (здоровья) окружающей среды в Калужской области // Проблемы региональной экологии, – 2012. – №6. – С. 158-162.
20. Опекунова М.Г., Башарин Р.А. Применение флуктуирующей асимметрии листьев березы (*Betula pubescens* Ehrh.) для оценки загрязнения окружающей среды в районе Костомукши // Вестник СПбГУ. – 2014. – Сер. 7, вып. 3. – С. 58-70.
21. Здоровье среды: практика оценки / В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили, С.Г. Дмитриев [и др.]. – Москва: Центр экологической политики России, 2000. – 318 с.
22. Балашкевич Ю.А. Изменение флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой на неиспользуемых сельскохозяйственных землях // Нива Поволжья. – 2010. – № 1 (14). – С. 14-18.
23. Развитие методики биоиндикационной оценки здоровья (качества) окружающей среды. /А.Б. Стрельцов, И.Н. Лыков, Е.Л. Константинов, А.А. Логинов // Вестник Калужского ун-та. – Калуга: Изд-во КГУ им. К.Э. Циолковского. – 2016. – № 2. – С. 100-104.
24. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). Утверждены Распоряжением МПР от 16.10.2003

№ 460-р. – Москва, 2003. – Текст: электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [сайт] – URL:<https://docs.cntd.ru/document/901879474> (дата обращения: 20.05.2022).

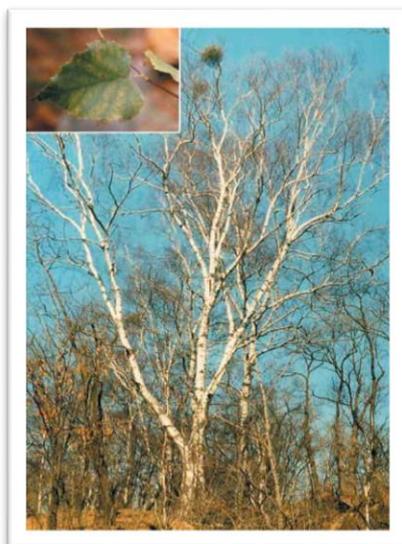
25. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений: учеб. Пособие / М.Г. Опекунова. –Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2016. – 300 с.

26. Алексеева Т.Н. Исследование окружающей среды методом биоиндикации // Экологічна безпека. – 2008. – № 3, 4. – С. 46-49.

27. Ботанический сад-институт ДВО РАН: [сайт]. – URL: <https://botsad.ru/> (дата обращения: 21.05.2022).

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
(рекомендуемое)

Определение вида берёзы



Берёза маньчжурская (*Betula mandshurica*)



Берёза плосколистная (*Betula platyphylla*)



Берёза повислая (*Betula pendula*)



Берёза пушистая (*Betula pubescens*)



Берёза плосколистная (*Betula platyphylla*)

Рисунок 1, приложение А – Определение вида берёзы

Составлено автором по [27]

ПРИЛОЖЕНИЕ Б  
(рекомендуемое)

Математическая обработка результатов

Таблица 1, приложение Б – Относительные величины асимметрии для каждого признака первого дерева

y1	y2	y3	y4	y5
0,0385	0,0361	0,2500	0,0370	0,0097
0,0455	0,0118	0,0769	0,0323	0,0309
0,0476	0,0120	0,0769	0,0370	0,0316
0,0385	0,0330	0,0232	0,0345	0,0115
0,0476	0,0123	0,1667	0,0769	0,0526
0,0633	0,0566	0,0526	0,0588	0,0667
0,0189	0,0105	0,2000	0,0625	0,0263
0,0645	0,0316	0,0909	0,0323	0,0986
0,0667	0,0390	0,0000	0,0370	0,0426
0,0400	0,0380	0,0769	0,0303	0,0566

Составлено автором

Таблица 2, приложение Б – Показатель асимметрии для каждого листа первого дерева

z <sub>1</sub>	z <sub>2</sub>	z <sub>3</sub>	z <sub>4</sub>	z <sub>5</sub>	z <sub>6</sub>	z <sub>7</sub>	z <sub>8</sub>	z <sub>9</sub>	z <sub>10</sub>
0,0743	0,0395	0,0365	0,0410	0,0235	0,0712	0,0596	0,0636	0,0646	0,0370

Составлено автором

Таблица 3, приложение Б – среднее относительное отличие на один признак для 10 листьев каждого дерева

x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>
0,0522	0,0638	0,0521	0,0557	0,0857	0,0851	0,0700	0,0713	0,0666	0,0534

Составлено автором