

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Казанский государственный аграрный университет»

Факультет лесного хозяйства и экологии  
Кафедра лесоводства и лесных культур

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

**ТЕМА: «ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АССИМЕТРИИ  
ЛИСТЬЕВ БЕРЁЗЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ Г.КАЗАНЬ»**

Направление подготовки: 05.03.06 «Экология и природопользование»  
Направленность (профиль): Экология

Обучающийся: Шагалеев Булат Нурисламович  
Ф.И.О.

  
подпись

Руководитель: Ятманова Надежда Михайловна, к.с.-х.н., доцент  
Ф.И.О.

степень, уч.звание   
подпись

Обсуждена на заседании кафедры и допущена к защите,  
протокол № 10 от 10.06 2020 г.

И.о.зав. каф.: Мусин Харис Гайнутдинович, д.с.-х.н., профессор  
Ф.И.О.

степень, уч.звание   
подпись

Казань, 2020 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	6
2.ПРОГРАММА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	13
2.1.Программа исследований	13
2.2.Характеристика объектов исследования	13
2.2.1.Природные и хозяйственно-экономические условия района	13
2.2.2.Общая характеристика объекта исследования	16
2.3 Методы исследований	20
3.РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ	23
3.1. Характеристика ПАО «Казаньоргсинтез»	23
3.2. Исследование флуктуирующей асимметрии листьев березы для оценки качества городской среды г.Казань	26
3.3. Инструкция по безопасности труда при организации и проведении исследовательских работ	31
3.4. Физическая культура на производстве	33
ВЫВОДЫ	34
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	35
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	36
ПРИЛОЖЕНИЯ	38

## АННОТАЦИЯ

С использованием методики оценки качества среды по флуктуирующей асимметрии листьев берёзы были получены данные об экологическом состоянии г.Казань на примере ПАО «Казаньоргсинтез» - крупнейшем отечественном производителе полимеров и сополимеров этилена, ведущее предприятие химической промышленности Российской Федерации. На всех исследуемых пунктах вблизи промышленного предприятия интегральное значение флуктуирующей асимметрии демонстрирует высокий уровень загрязнения окружающей среды, что доказывает техногенное воздействие. Минимальное значение ФА – Парк «Горкинско-Ометьевский лес», что свидетельствует об отсутствии существенного стрессирующего воздействия.

Using the methodology for assessing the quality of the environment according to the fluctuating asymmetry of birch leaves, data were obtained on the ecological state of Kazan using the example of Kazanorgsintez PJSC, the largest domestic producer of ethylene polymers and copolymers, a leading enterprise in the chemical industry of the Russian Federation. At all studied points near the industrial enterprise, the integral value of fluctuating asymmetry demonstrates a high level of environmental pollution, which proves the anthropogenic impact. The minimum FA value is Gorkinsko-Ometyevsky Forest Park, which indicates the absence of significant stressful effects.

## ВВЕДЕНИЕ

По состоянию видов с сильно выраженной средообразующей способностью природного сообщества, от которых зависит его дальнейшее существование определяется устойчивость экосистем. Такими объектами для оценки состояния городских экосистем являются древесные растения. Наиболее чувствительные к исследуемым факторам биологические системы или организмы выбирают в качестве биоиндикаторов.

По степени развития отдельных органов и структур, интенсивности протекания основных процессов, их жизненному состоянию можно судить о соответствии условий среды потребностям живых организмов. Большое внимание при диагностике состояния древесных растений уделяется ассимиляционным органам, и в частности листам и хвое, поскольку они определяют рост и развитие всех других структур растительного организма.

Метод флуктуирующей асимметрии применяется для этой цели. Небольшие ненаправленные (случайные) отклонения от двусторонней симметрии у организмов или их частей (например, листьев березы) называют флуктуирующей асимметрией. Как индикатор состояния среды, степени антропогенного загрязнения величину флуктуирующей асимметрии используют у разных видов организмов.

Качество здоровья среды позволит определить вышеуказанная методика путем изучения асимметрии листьев березы повислой. В результате работы будут выявлены в сравнении оптимальные районы и районы, на которые необходимо обратить внимание, для проведения независимой экспертизы с целью установления решающих факторов, влияющих на здоровье среды, и дальнейшего их устранения.

В связи с этим, цель исследования – оценка экологической ситуации г.Казани на примере ПАО «Казаньоргсинтез» методами биологического мониторинга – флуктуирующей асимметрии по листовой пластинке березы повислой (*Betula pendula*.Roth.).

## 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПО ЛИТЕРАТУРНЫМ ДАННЫМ

Оценка степени антропогенного влияния на зеленые насаждения городов является одной из актуальных задач экологии. Городские растения находятся под влиянием целого комплекса негативных факторов, связанных с антропогенным загрязнением среды обитания и соответствующим образом реагируют на него. Показателем соответствия условий среды потребностям живых организмов является их жизненное состояние, о котором можно судить по степени развития отдельных органов и структур, интенсивности протекания основных процессов. При диагностике состояния древесных растений большое внимание уделяется ассимиляционным органам, и в частности хвое и листве, поскольку они определяют рост и развитие всех других структур растительного организма. Состояние биологической системы (организм, популяция, биоценоз) в той или иной степени характеризует воздействие на неё природных или антропогенных факторов и условий среды и может применяться для их оценки. «Биоиндикатор: группа особей одного вида или сообщество, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в среде, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей... Сообщество индикаторное – сообщество, по скорости развития, структуре и благополучию отдельных популяций микроорганизмов, грибов, растений и животных которого можно судить об общем состоянии среды, включая ее естественные и искусственные изменения» (Реймерс, 1990).

Биоиндикаторы – организмы, присутствие, количество или особенности развития которых служат естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания. Их индикаторная значимость определяется экологической толерантностью биологической системы. В пределах зоны толерантности организм способен поддерживать свой гомеостаз. Любой фактор, если он выходит за пределы «зоны комфорта» для данного организма, является стрессовым. В этом случае организм реагирует ответной реакцией различной интенсивности и длительности, проявление

которой зависит от вида и является показателем его индикаторной ценности. По словам Кашина, Иванова (1980), «растения являются высокоинформативным 5 индикатором уровня доступных форм химических элементов в окружающей среде и основным источником их для человека и животных. В связи с этим они представляют большой интерес в качестве эффективных объектов при экологическом мониторинге загрязнения окружающей среды ...» (Горышина 1991) Именно ответную реакцию определяют методы биоиндикации. Биологическая система реагирует на воздействие среды в целом, а не только на отдельные факторы, причём амплитуда колебаний физической толерантности модифицируется внутренним состоянием системы – условиями питания, возрастом, генетически контролируемой устойчивостью.

Специальные экспериментальные исследования в лабораториях и полевых условиях, проведенные в различных промышленных районах страны показали, что устойчивость растений к загрязнению атмосферы различными вредными веществами – сложное экологическое явление (Илькун, 1971; Кулагин, 1974). Степень устойчивости растения даже к одному и тому же виду загрязнения воздуха зависит от многих причин: расстояния от источника загрязнения, времени суток, погодных условий, интенсивности и режима выбросов вредных примесей, от физико-географических условий района, обеспечения растения элементами питания и пр.

Так же известный российский эколог Н.Ф. Реймерс поставил эксперимент по определению влияния озеленения на здоровье людей. Оказалось, что уровень здоровья людей выше в тех небольших и сопоставимых по числу жителей городов, где больше озелененной территории, приходящейся на жителя (Реймерс, 1990).

Уровень всех загрязнений нормируют путем установления предельно допустимых концентраций (ПДК) и времени воздействия. ПДК – это нормативное количество вредного вещества в окружающей среде, которое

при постоянном контакте с человеком или при воздействии на него в течение определенного промежутка времени практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. ПДК устанавливается в законодательном порядке или рекомендуется компетентными учреждениями. При определении ПДК учитывается не только степень влияния загрязнителей на здоровье человека, но и воздействие этих загрязнителей на природные сообщества в целом.

Таким образом, присутствие растительности в городе способствует повышению комфортности среды обитания человека и улучшению его физического самочувствия. Для получения максимального эффекта от применения древесных посадок в городе необходим правильный подбор ассортимента. Перечень далеко не всех видов древесных растений, обладающих способностью отфильтровывать или поглощать токсичные включения из состава городской атмосферы, показывает, что большинство видов рекомендуемых Э.И. Якушиной (1990) ассортимента не только декоративны, но могут выполнять защитную функцию в промышленных зонах города.

В качестве объектов для биоиндикации применяются разнообразные организмы – бактерии, водоросли, высшие растения, беспозвоночные животные, млекопитающие. Для гарантированного выявления присутствия в природных средах токсичного агента неизвестного химического состава, как правило, используется набор объектов, представляющих различные группы сообщества. Для биоиндикации необходимо выбирать наиболее чувствительные сообщества, характеризующиеся максимальными скоростью отклика и выраженностью параметров. Растения – крайне важный и интересный объект для характеристики состояния окружающей природной среды. Важность оценки состояния природных популяций растений состоит в том, что именно растения являются основными продуцентами, их роль в экосистемах трудно переоценить. Биотестирование – использование в контролируемых условиях биологических объектов (тест-объектов) для

выявления и оценки действия факторов (в том числе и токсических) окружающей среды на организм, его отдельную функцию или систему организмов (Шуберт, 1988).

Растения – чувствительный объект, позволяющий оценивать весь комплекс воздействий, характерный для данной территории в целом, поскольку они ассимилируют вещества и подвержены прямому воздействию одновременно и двух сред: из почвы и из воздуха. В связи с тем, что растения ведут прикреплённый образ жизни, состояние их организма отражает состояние конкретного локального места обитания. Удобства использования растений состоит в доступности и простоте сборов материала для исследования. Каждая выборка должна включать в себя минимум 50 листьев (по 10 листьев с 5 растений). Листья с одного растения лучше хранить отдельно, для того, чтобы в дальнейшем можно было проанализировать полученные результаты индивидуально для каждой особи. Все листья, собранные для одной выборки, сложить в полиэтиленовый пакет, туда же вложить этикетку. В этикетке указать номер выборки, место сбора (делая максимально подробную привязку к местности), дату сбора. При выборе растений нужно учитывать четкость определения принадлежности растения к исследуемому виду, условия произрастания особи и возрастное состояние растения. Для оценки стабильности развития растения можно использовать любые признаки по различным морфологическим структурам, для которых возможно нормальное значение и соответственно учесть степень отклонения от него. Предпочтительным в силу простоты и однозначности интерпретации является учёт асимметрии исследуемых структур, которые в норме являются симметричными. Невозможно по отдельности перечислить антропогенные факторы, которые модифицируют окружающую среду, превращая её в стрессовую для организмов, или непосредственно действуют на организмы напрямую. Прогресс в области разного рода промышленности, транспорта способствовал возникновению новых химических соединений, обладающих высокой биологической активностью. Антропогенное воздействие можно

разделить на биотические и абиотические. Антропогенные факторы становятся опасными для живого, потому что они отличны по интенсивности, продолжительности и величине нагрузки на организмы существующей в природной норме, к которой они адаптированы. Биоиндикация может осуществляться на разных уровнях организации живой материи. С повышением уровня организации возрастает их сложность. Существуют различные формы биоиндикации. Если две одинаковые реакции вызваны разными антропогенными факторами, то это – неспецифическая биоиндикация. Если же те или иные происходящие изменения можно связать только с одним фактором, речь идёт о специфической биоиндикации. Если биоиндикатор реагирует значительным отклонением жизненных проявлений от нормы, значит он является чувствительным биоиндикатором. Биоиндикаторы аккумулятивного порядка – накапливают антропогенные воздействия без быстрого проявления нарушений.

Повышающееся влияние человека на экологическую среду требует все больший контроль за состоянием природы для поддержания благоприятной атмосферы для всех живых организмов, в том числе и человека. Как говорилось ранее, первенствующее положение для анализа качества природы занимает биоиндикация, которая является серией биологических оценок в окружающей среде. Листья принято считать за главный вегетативный орган деревьев. Листья хорошо отражают человеческое воздействие на природу. Например, появляется асимметрия, уменьшается размер листовой пластины. Так как береза имеет высокие абсорбирующие свойства, ее листья считаются удобными биоиндикаторами в городской среде. При неблагоприятной обстановке из-за концентрации токсичных веществ, развитие листовой пластины затруднено. Начинается процесс затормаживания роста листа, происходит деформация. При заключительном этапе развития листовых пластин на древесных растениях, которые испытывают высокий уровень влияния человеческой цивилизации на природные условия, происходит уменьшение площади листа. Это хорошо

проявляется в сравнении с древесными растениями, которые растут в наиболее благоприятных природных условиях. При учете нормального развития и измерения здоровья природной среды, основными объектами выступают качественные признаки листа берёзы повислой. В правовых документах государственных экологических подразделений Российской Федерации листовая пластинка берёзы повислой взята за стандарт показателя флуктуирующей асимметрии.

Флуктуирующая асимметрия позволяет оценить нестабильность развития организма. Флуктуирующей асимметрией называют небольшие ненаправленные различия между правой и левой (R - L) сторонами различных морфологических структур, в норме обладающих билатеральной симметрией. Большинство авторов предлагает считать определение флуктуирующей асимметрии одним из морфологических методов оценки состояния и динамики биосистем, а сам показатель флуктуирующей асимметрии – индексом стабильности развития организма.

Основное требование к признакам, по которым ведется определение флуктуирующей асимметрии – относительно равная их величина, отсутствие влияния на них ряда факторов, среди которых большое значение имеет вычленение из общей асимметрии двух ее форм: направленной асимметрии и антисимметрии (Криволицкий, 1993).

Д. Е. Гавриков и С.Г. Баранов сравнивали разные методы оценки окружающей среды с помощью исследования морфологических показателей в своей работе «Сравнение методов оценки флуктуирующей асимметрии листовых пластинок *Betula pendula* Roth. и пришли к выводу, что данный метод может быть использован для оценки качества здоровья среды, так как сходные тенденции в флуктуации листовых пластинок березы повислой (*Betula pendula* Roth.) были выявлены разными методами. (Баранов. Гавриков 2006).

Данное направление исследования следует считать актуальным, так как анализ характеристики окружающей среды столицы Татарстана по

флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы, разрешает проблему определения степени состояния городской среды Казани, благодаря научному изысканию асимметрии листьев березы повислой. В ходе данного исследования были обнаружены районы, требующие к себе особое внимание научного сообщества. Следует определить важнейшие проблемы, которые влияют на обстановку природы и требуют скорейшего устранения. Малоизученным остается вопросы о степени качества растительных объектов на территории города, а также сопротивляемость кустарников и деревьев к пагубному влиянию города. Увеличение средоулучшающей роли растений в парковых зонах, равным образом и практическое применение казанского зеленого фонда являются рассмотренными вопросами в данном исследовании. Исходя из этого, применение методов флуктуирующей асимметрии по листовой пластинке березы повислой в характеристике экологической обстановки районов Казани промышленного типа, является целью дипломной работы. Опираясь на цель исследования, были поставлены следующие задачи:

## **2. ПРОГРАММА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **2.1. Программа исследований**

- 1) Проанализировать материалы литературных источников по использованию методов биотестирования по флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой;
- 2) Провести экспериментальные замеры параметров на выбранных площадках с использованием методики оценки качества окружающей среды по флуктуирующей асимметрии берёзы повислой на примере ПАО «Казаньоргсинтез»;
- 3) Дать оценку состоянию окружающей среды на основе проведенного исследования.

### **2.2. Характеристика объектов исследования**

#### **2.2.1. Природные и хозяйственно-экономические условия района**

Климат Казани умеренно-континентальный с теплым летом и умеренно холодной зимой. Продолжительность солнечного сияния за год в среднем составляет 1916 ч. Наиболее солнечным является период с апреля по август. Наиболее облачным месяцем является ноябрь. Погода и климат в большей степени определяются атмосферной циркуляцией, и особенно преобладанием западных потоков воздуха, что обуславливает существенное влияние на местный климат атлантических воздушных течений, которые смягчают и увлажняют его. Вместе с тем сюда поступают и воздушные массы, сформировавшиеся в других, в том числе арктических и резко континентальных районах. По северо-западным, северным и северо-восточным траекториям на территорию входит холодный воздух из Арктики. Иногда он поступает и с юго-востока, огибая с юга Уральские горы. С юго-запада, юга, а летом и с юго-востока обычно приходит тропический воздух, обуславливающий резкие потепления. Из районов Сибири зимой вторгается холодный континентальный воздух умеренных широт, приводящий к

установлению малооблачной, морозной погоды. В целом же западные и юго-западные потоки преобладают, поэтому климат здесь менее континентальный, чем к востоку и юго-востоку. На процессы погоды и формирование особенностей климата большое влияние оказывают циклонические и антициклонические макроциркуляционные формы движения атмосферы. Они обуславливают как зональные, так и меридиональные движения различных воздушных масс. Циклоны сопровождаются обычно быстрыми и резкими изменениями погоды с сильно развитой облачностью, осадками и порывистыми ветрами. В антициклонах преобладает более спокойная и малооблачная погода. Повторяемость циклонических процессов в Ср. Поволжье составляет в среднем за год 173 дня (47%), антициклонических — 192 дня (53%). Важной особенностью климата г. Казани, как, впрочем, и большей части территории России, является наличие двух резко различающихся между собой периодов — теплого (апрель-октябрь) с положительными температурами воздуха и холодного (ноябрь-март) с отрицательными температурами и образованием устойчивого снежного покрова. Среднегодовая температура воздуха в Казани составляет около 4,0°C. Самым теплым месяцем года является июль, его средняя температура составляет 20,3°C. Январь наиболее холодный месяц со средней температурой -12,0°C. Абсолютный максимум температуры воздуха в Казани во все месяцы выше нуля, а абсолютный минимум температуры положителен лишь в июле и августе. Абсолютный максимум температуры достигал 39°C (август, 2010 г.), абсолютный минимум -47°C (январь, 1942 г.). По количеству осадков район относится к зоне умеренного увлажнения. Наибольшее количество осадков приходится на июль, а наименьшее — на март. Суммы осадков в отдельные годы могут значительно отклоняться от среднего значения. Количество осадков, выпадающих в жидком виде (дожди), составляет около 70%, в твердом (снег) — 20%, смешанные осадки — 10%. В июне, июле, августе осадки выпадают только в жидком виде, за исключением случаев града. В период отрицательных среднесуточных

температур осадки выпадают в виде снега, образуя снежный покров. Он формируется не сразу, так как наступающие обычно потепления быстро разрушают его. Период между появлением первого снежного покрова (конец октября — начало ноября) и образованием устойчивого снежного покрова (вторая декада ноября) составляет в Казани около 20 дней. Число дней со снежным покровом около 150. Высота снежного покрова достигает наибольших значений в марте. Преобладающими направлениями ветра за год и в холодный период в районе Казани являются южное, западное и юго-восточное. В летний период увеличивается повторяемость северных и северо-западных ветров. Зимний период характеризуется более сильными ветрами, чем летний. Средние скорости ветра невелики (так среднегодовая скорость ветра составляет порядка 3 м/с), однако в отдельных случаях порывы ветра могут превышать 30 м/с. В Казани возможны такие опасные метеорологические явления как шквал, сильные ветры, метели, дожди, ливни, снег, туман, жара, мороз и крупный град. Наиболее высока вероятность сильных ливней, дождей и ветра (20-30%). (<http://www.Tatmeteo.ru>)

Казань является основным экономическим центром Татарстана, здесь сосредоточено 35% населения занятого в отраслях экономики Республики Татарстан. Крупных и средних предприятий в городе - 151, из них 98 - акционерные предприятия. Главными отраслями промышленности города являются машиностроение, химическая и нефтехимическая промышленность, легкая и пищевая промышленность. Известны всей стране крупные промышленные предприятия: авиационное, вертолетное, моторостроительное производственные объединения, ПО «Органический синтез», «Казанькомпрессормаш», «Мелита», «Мединструмент» и другие, которые выпускают самолеты, вертолеты, вычислительную технику и измерительные приборы, полиэтилен, меха, обувь, одежду. (<https://geo.bobrodobro.ru/2679>)

### 2.2.2. Общая характеристика объекта исследования

В качестве объекта исследования была использована берёза повислая (*Betula pendula* Roth.) (рис.2.1).

Домен - Эукариоты

Царство –Растения

Подцарство – Зелёные растения

Надотдел – Высшие растения

Отдел -Цветковые

Класс – Двудольные

Порядок –Букоцветные

Семейство -Берёзовые



Рис. 2.1. Берёза повислая (*Betula pendula* Roth.)

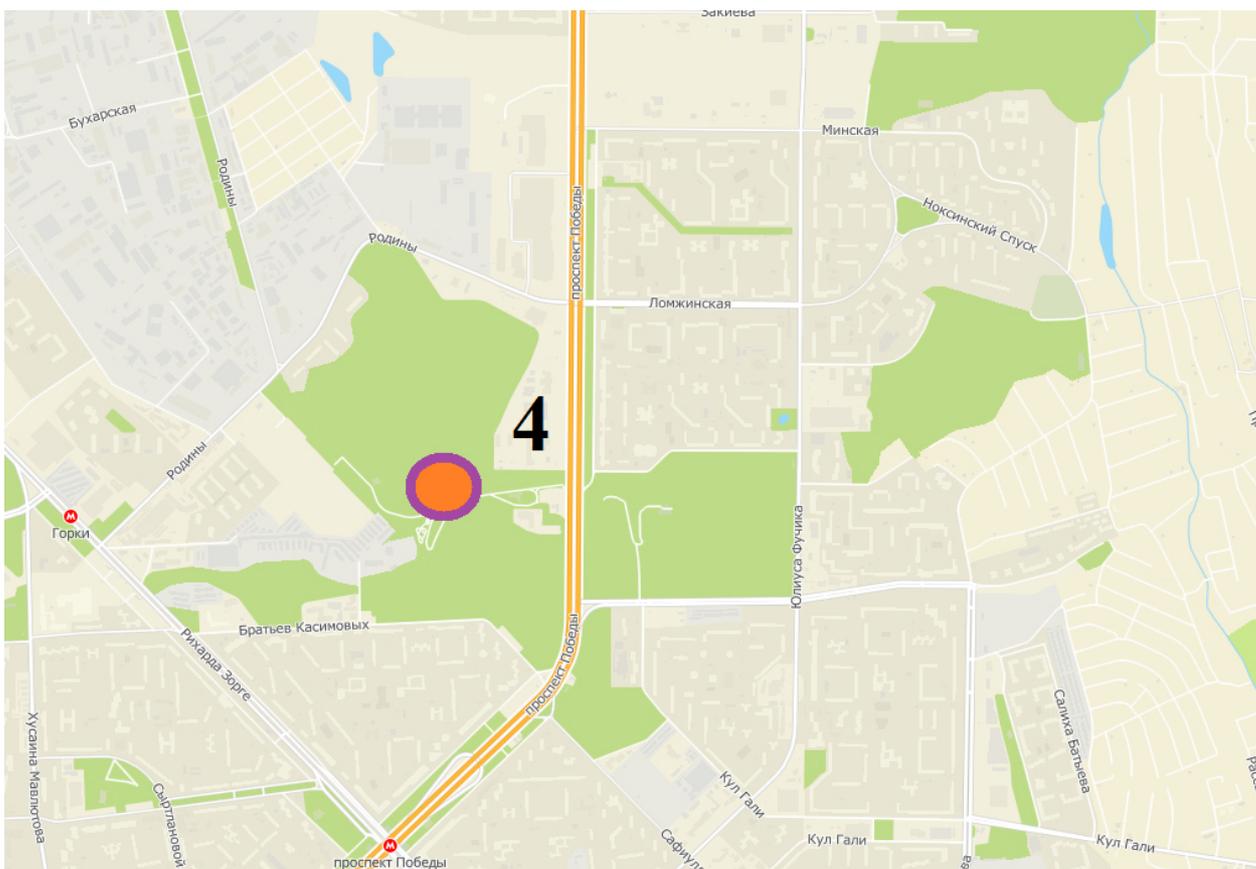
Берёза повислая – листопадное дерево семейства берёзовых, высотой до 30 м с гладкой, белой, легко расслаивающейся корой. У старых деревьев кора оснований стволов с глубокими трещинами, черно-серая. Ствол прямой, ветви обычно повислые; молодые побеги красно-бурые, голые, покрыты смолистыми железками - «бородавочками». Листья очередные, треугольно-яйцевидные до ромбических, по краям двоякоострозубчатые, тонко кожистые, гладкие, темно-зеленые, молодые – клейкие, длиной 3-7 см, шириной 2,5-5 см. Почти яйцевидно-конусовидные, длиной 3-5 мм и толщиной 2-5 мм, слегка заостренные, прямые, блестящие с восковым, обычно клейким налетом. Мужские сережки длиной 5-6 см, повисающие, по 2-3 на концах ветвей; женские сережки цилиндрические, длиной 2-3 см, одиночные, на коротких боковых веточках. Плод – продолговато-эллиптический орешек с двумя перепончатыми крыльями, в 2-3 раза превышающими ширину орешка. В сережке содержится около 500 орешков. Цветет в мае - июне; плоды созревают в августе – сентябре. Живет 100-120 лет. Берёза повислая произрастает на большей части территории страны. Наиболее обильна в Западной и Средней Сибири, а также в средней полосе

европейской части страны. Береза повислая образует производные леса, возникающие на месте вырубленных или сгоревших сосняков, ельников, лиственничников, дубняков. Она быстро заселяет освобожденные территории и господствует на них, создавая лишь временные группировки; в дальнейшем вытесняется другими древесными породами. Коренные древостой образует лишь в лесостепных и степных областях, особенно в Западной Сибири (характерные для ландшафта лесостепной зоны березовые колки). Часто встречается в разных типах леса в качестве примеси. Растет на сухих и влажных песчаных, суглинистых, черноземных и каменисто-щебнистых почвах; светолюбива. Выносит различные климатические условия, поэтому произрастает от тундры до степной зоны. Растет быстро, хорошо возобновляется порослью и самосевом. Легко поддается механической обработке. Чрезвычайно неустойчива против гниения. Лучше всего сохраняется погруженной в воду. Используется как фанерное сырьё, в производстве лыж, мелких резных игрушек. Из древесины получают древесный уголь, уксусную кислоту, метиловый спирт, скипидар. При сухой перегонке коры образуется дёготь, применяемый в медицине и парфюмерии. Благодаря высокой теплотворности ценится как хорошее топливо. Из ветвей вяжут веники для бани. Почки и листья применяют в народной и официальной медицине, они обладают мочегонным, желчегонным, потогонным, кровоочистительным, бактерицидным, противовоспалительным и ранозаживляющим действием. Листья выделяют фитонциды, способные убивать болезнетворные микроорганизмы уже через 3 часа (Коновалова, Шевырёва, 2007)

Места сбора материала выбирались с учётом цели исследования, а именно вблизи промышленного завода на примере ПАО «Казаньоргсинтез». Для сравнения в качестве контроля были выбраны насаждения березы повислой в зеленой зоне Парка «Горкинско-Ометьевский лес». Точки отбора указаны на рис.2.2, 2.3.



**Рис. 2.2 - Авиастроительный район г.Казань,  
точки отбора вблизи промышленного предприятия ПАО «Казаньоргсинтез»**



**Рис. 2.3 - Точка отбора (контроль) Парк «Горкинско-Ометьевский лес»**

Площади для отбора материала были заложены в четырёх точках г.Казань, три из них находились в непосредственной близости к промышленному объекту. В качестве контроля был выбран Парк «Горкинско-Ометьевскийлес». Это самый крупный по территории парк Казани. Создан на основе двух внутригородских лесных массивов, расположенного с южной стороны Горкинского леса и с северной стороны — Ометьевского леса. Оба лесных массива изначально были разделены друг от друга пустошью, которая позже частично заросла; в рамках единого паркового пространства эта промежуточная территория превращена в зону семейного отдыха и досуга.

Отбор материала был произведен вблизи территории ПАО «Казаньоргсинтез» в трёх точках:

Точка 1 – Насаждения березы до предприятия, находящиеся в черте города Казани;

Точка 2 – Насаждения березы, примыкающие к санитарной зоне предприятия;

Точка 3 – Березняк, находящийся на расстоянии 1 км от санитарной зоны в сторону жилого массива «Салават Купере»;

Точка 4 – контроль насаждения берёзы Парка «Горкинско-Ометьевский лес» (рис.2.4).



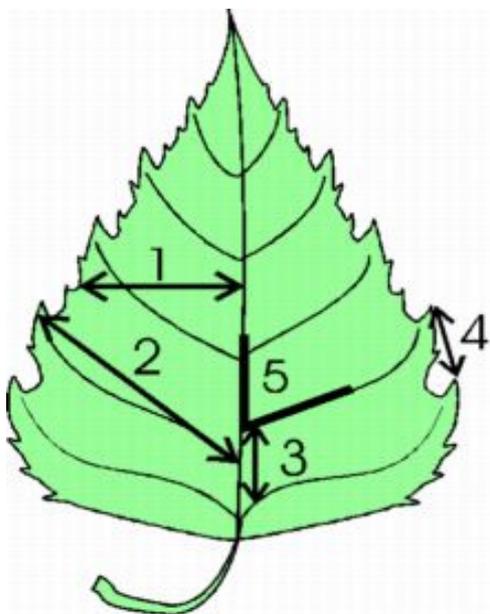
**Рис. 2.4 - Парк «Горкинско-Ометьевский лес» - контроль**

Расположение точек отбора связан со схемой розы ветров города. Преобладающими направлениями ветра за год и в холодный период в районе Казани являются южное, западное и юго-восточное. В летний период увеличивается повторяемость северных и северо-западных ветров(<https://weatherarchive.ru/Pogoda/Kazan>)

### **2.2.3. Методика исследований**

Отбор проб растительного материала (листьев берёзы) происходил в конце августа (в момент окончания роста листьев) 2019 года в четырёх точках на территории города. На каждом объекте было отобрано по 10 штук листьев с 5 деревьев, всего 50 листьев. Листья отобраны со средневозрастных деревьев из нижней части кроны, равномерно вокруг дерева на уровне поднятой руки. При сборе материала строго придерживались методических требований.

С каждого листа снимают показатели по пяти параметрам с левой и правой стороны (рис.2.5). Величина асимметричности оценивается с помощью интегрального показателя – величины среднего относительного различия на признак (средняя арифметическая отношения разности к сумме промеров листа слева и справа, отнесенная к числу признаков).



- 1 – ширина половинки листа;
- 2 – длина второй жилки второго порядка от основания листа;
- 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилки второго порядка;
- 4 – расстояние между концами этих жилок
- 5 – угол между главной жилкой и второй от основания жилкой второго порядка.

Рис.2.5. Измеряемые параметры листа

Значение одного промера обозначают как  $X$ , значение промера с левой и правой стороны обозначают соответственно как  $X_l$  и  $X_n$ . Измеряя параметры по пяти признакам (слева и справа), получают 10 значений  $X$ . Сначала находят относительное различие между значениями признака слева и справа для каждого признака по формуле:

$$Y_n = \frac{X_l - X_n}{X_l + X_n}. \quad ( )$$

В результате получают 5 значений  $Y$  для каждого листа. Далее рассчитывают значение среднего относительного различия между сторонами на признак для каждого листа ( $Z$ ) по формуле ( ):

$$Z_n = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5}{N}. \quad ( )$$

Наконец вычисляют среднее относительное различие на признак для выборки ( $X$ ) по формуле ( ):

$$X = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+\dots+Z_{100}}{n} . \quad ( )$$

Этот показатель  $X$  характеризует степень асимметричности организма. Для данного показателя разработана пятибалльная шкала отклонения от нормы, в которой 1 балл – условная норма, а 5 баллов – критическое состояние (табл.2.1).

**Таблица 2.1 - Бальные значения показателя асимметричности**

Балл	Значение показателя асимметричности
1 балл	до 0,055
2 балла	0,055 - 0,06
3 балла	0,06 - 0,065
4 балла	0,065 - 0,07
5 баллов	более 0,07

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1. Характеристика ПАО «Казаньоргсинтез»

На территории 7 административных районов г. Казани расположено свыше 140 крупных и более 70 тысяч средних и мелких предприятий.

В Казани и Приказанье по суммарному индексу загрязнения выделяется 11 критических зон и 3 зоны риска. Значения суммарного индекса загрязнения достигают максимума в северной части Казани – центральной части Заречья (здесь расположены крупные источники загрязнения – ПАО «Казаньоргсинтез», ФГУП им.Ленина, НПХФО «Татхимфармпрепараты», ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3, ОАО «Татэнерго»).

Вторая по значимости зона – южная часть города (южный пром. узел Приволжского района вблизи Волги). Критические зоны (отдельные очаги со значениями выше фоновых) расположены по периферии Приказанского района и по направлениям к с. Лаишево, г. Арск, с. Бол. Атня, г. Зеленодольск, а также в зонах между Казанью и Арском, Казанью и Зеленодольском, южнее Казани (Программа «Оздоровление окружающей среды г. Казани на 2004-2008гг»).

ПАО «Казаньоргсинтез» - крупнейший отечественный производитель полимеров и сополимеров этилена, ведущее предприятие химической промышленности Российской Федерации, имеющее стратегическое значение для развития экономики Республики Татарстан и входящее в Группу компаний ТАИФ. Предприятие находится в Казани, столице Республики Татарстан. Основано в 1958 году. В 1963 году выпущена первая продукция – фенол и ацетон.

ПАО «Казаньоргсинтез» расположено на одной производственной площадке общей площадью 4,2 км<sup>2</sup>, имеет единую транспортную, энергетическую и телекоммуникационную инфраструктуру (рис.3.1).



**Рис. 3.1 – Территория ПАО «Казаньоргсинтез»**

Производственная структура ПАО «Казаньоргсинтез»:

- 1) завод этилена;
- 2) завод полиэтилена высокого давления (ПВД);
- 3) завод по производству и переработке полиэтилена низкого давления (ППНД);
- 4) завод бисфенола А, включая производство фенола и ацетона (БФА);
- 5) завод поликарбонатов (ПК);
- 6) завод органических продуктов и технических газов (ОП и ТГ);
- 7) завод по подготовке и проведению капитального ремонта (ППКР);
- 8) вспомогательные подразделения.

В настоящее время предприятием производятся этилен, полиэтилен, поликарбонат, полиэтиленовые трубы, бисфенол, фенол, ацетон, этиленгликоли, этаноламины и другие продукты органического синтеза. Ассортимент выпускаемой продукции включает более 170 наименований.

Объем годового производства – 1,7 миллиона тонн. Продукция соответствует международным стандартам качества и экспортируется в 31 страну мира.

Основными видами сырья для производства продукции являются: этан, этилен, сжиженные углеводородные газы (пропан, бутан), бензол, окись этилена, пропан-пропиленовая фракция, винилацетат.

Однако, наравне с ТЭЦ-1 (2,435 тыс.т), ТЭЦ-3 Филиал ОАОТГК-16 (1,272тыс.т), ТЭЦ-2 (1,523 тыс. т), МУП ПО «Казэнерго» (1,672 тыс. т), ООО «Казанский комбинат силикатных стеновых материалов» (0,764 тыс. т), ПАО «Казаньоргсинтез» (11,724 тыс. т) является основным источником загрязнения атмосферного воздуха в г. Казани. Доля загрязняющих веществ, выделяемых этими стационарными источниками составляет 67,5 % всех выбросов города. Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух, являются: ЛОС – 13,311 тыс. т, оксиды азота – 6,333 тыс. т, оксид углерода – 5,750 тыс. т, углеводороды (без ЛОС) – 0,904 тыс. т, твердые – 1,516 тыс. т, диоксиды серы – 0,672 тыс.т.

Отрицательное влияние промышленных выбросов на здоровье человека зависит от количества и концентрации загрязняющих веществ, поступающих в организм. Очень опасным для нашего организма являются концентрации нетоксичных газов и пыли, которые в принципе является неявными, и инструментальными методами исследования не всегда ощутимы. Их влияние может проявляться от малого раздражения до местного или общего разрушения определенных органов и, наконец, полной интоксикации организма. Кроме того, загрязнение атмосферы может сопровождаться вторичными вредными воздействиями на здоровье человека, приводя к снижению природной сопротивляемости болезням.

Исходя из этого материала, как раз и был выбран основной объект биологического мониторинга наших исследований – ПАО «Казаньоргсинтез», а метод исследования – биоиндикация.

### 3.2. Исследование флуктуирующей асимметрии листьев березы

#### Для оценки качества городской среды г.Казань

Оценка комплексного антропогенного воздействия с использованием березы проводилась в ряде работ. Суть данного подхода заключается в сравнении территорий с высокой антропогенной нагрузкой (как правило, городская среда) с контролем.

Математическая обработка данных проводилась на базе программы Microsoft Office Excel. Расчёт средних значений по каждому показателю в отборных точках проводился по формулам приведенной выше методики.

Для обоснования возможности применения метода флуктуирующей асимметрии нами рассчитана корреляционная зависимость относительного различия признаков (табл.3.1-3.4).

**Таблица 3.1 - Корреляция относительного различия признаков на объекте 1**

Названия признаков	Ширина половинок листа	Длина 2-й жилки	Расстояние между основания 1 и 2 жилки	Расстояние между концами 1 и 2 жилки	Угол между центральной и 2-й жилкой
Ширина половинок листа	1				
Длина 2-й жилки	0,463	1			
Расстояние между основания 1 и 2 жилки	-0,031	-0,164	1		
Расстояние между концами 1 и 2 жилки	0,054	-0,097	0,304	1	
Угол между центральной и 2-й жилкой	-0,161	-0,059	0,069	0,225	1

**Таблица 3.2 - Корреляция относительного различия признаков на объекте 2**

Названия признаков	Ширина половинок листа	Длина 2-й жилки	Расстояние между основания 1 и 2 жилки	Расстояние между концами 1 и 2 жилки	Угол между центральной и 2-й жилкой
--------------------	------------------------	-----------------	--	--------------------------------------	-------------------------------------

Ширина половинок листа	1				
Длина 2-й жилки	0,198	1			
Расстояние между основания 1 и 2 жилки	-0,031	0,003	1		
Расстояние между концами 1 и 2 жилки	-0,166	0,063	-0,077	1	
Угол между центральной и 2-й жилкой	-0,233	-0,106	0,199	0,115	1

**Таблица 3.3 - Корреляция относительного различия признаков на объекте 3**

Названия признаков	Ширина половинок листа	Длина 2-й жилки	Расстояние между основания 1и 2жилки	Расстояние между концами 1 и2 жилки	Угол между центральной и 2-й жилкой
Ширина половинок листа	1				
Длина 2-й жилки	0,257	1			
Расстояние между основания 1 и2 жилки	-0,130	-0,276	1		
Расстояние между концами 1 и 2 жилки	-0,043	0,473	-0,023	1	
Угол между центральной и 2-й жилкой	-0,168	-0,070	0,528	0,023	1

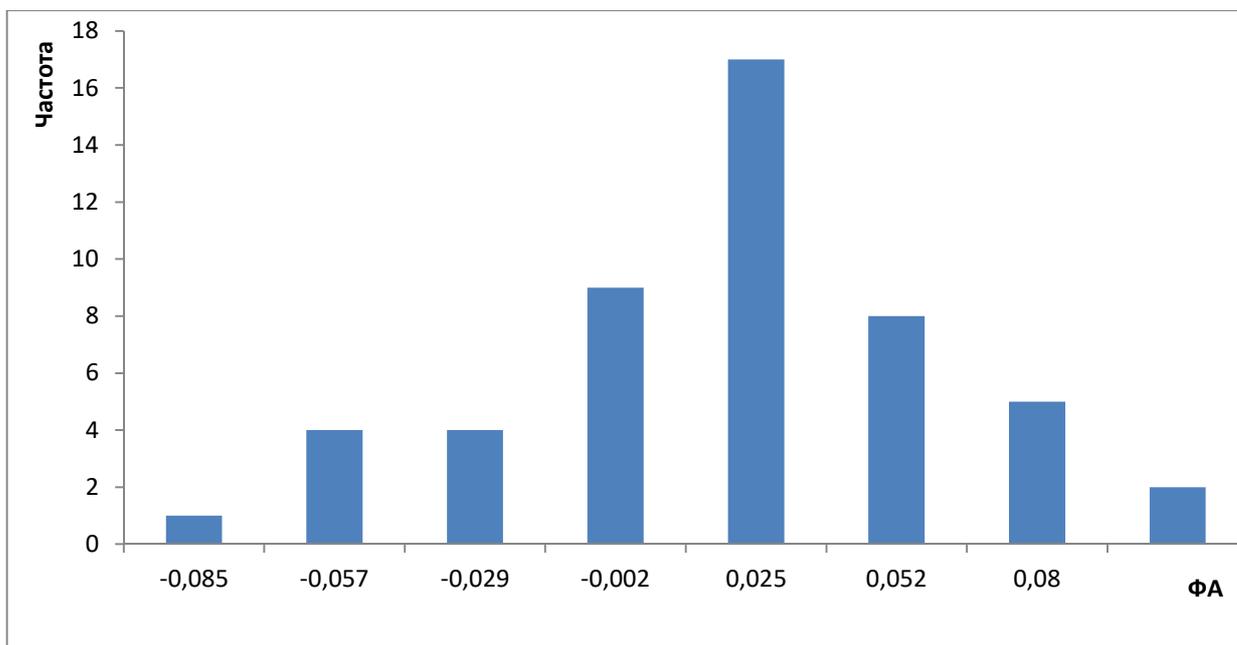
**Таблица 3.4 - Корреляция относительного различия признаков на объекте 4**

Названия признаков	Ширина половинок листа	Длина 2-й жилки	Расстояние между основания 1и 2жилки	Расстояние между концами 1 и2 жилки	Угол между центральной и 2-й жилкой
Ширина половинок листа	1				
Длина 2-й жилки	-0,101	1			

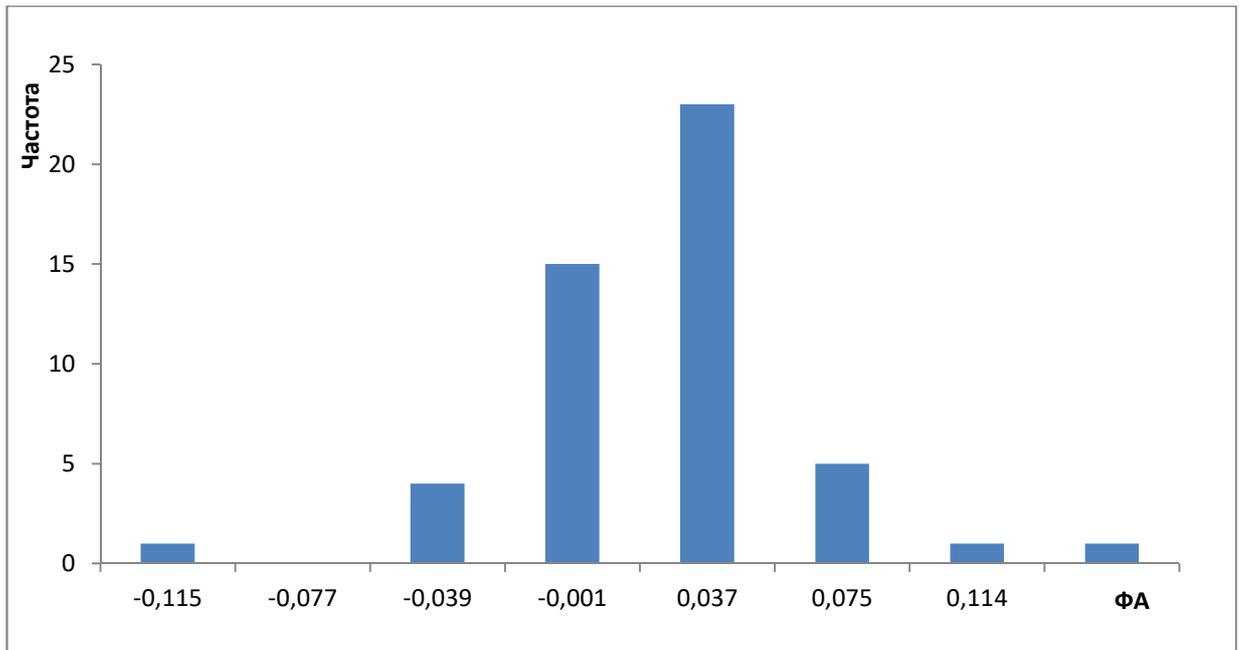
Расстояние между основаниями 1 и 2 жилки	0,136	0,213	1		
Расстояние между концами 1 и 2 жилки	0,056	0,187	0,030	1	
Угол между центральной и 2-й жилкой	0,139	-0,066	0,457	0,210	1

Из таблицы следует, что связь между исследуемыми признаками в листьях березы на объектах исследования либо отсутствует, либо очень слабая. Таким образом, признаки не зависят друг от друга, поэтому мы можем применить метод флуктуирующей асимметрии (ФА).

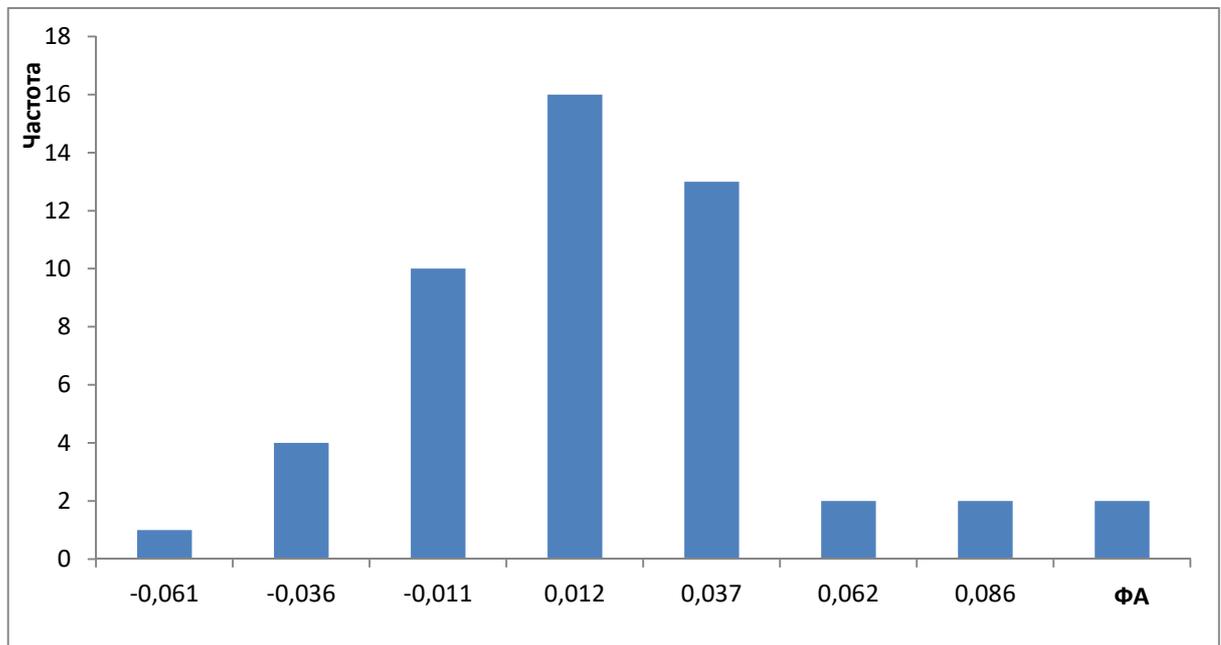
Для определения нормального распределения массива данных ФА нами были построены гистограммы (рис. 3.2-3.5).



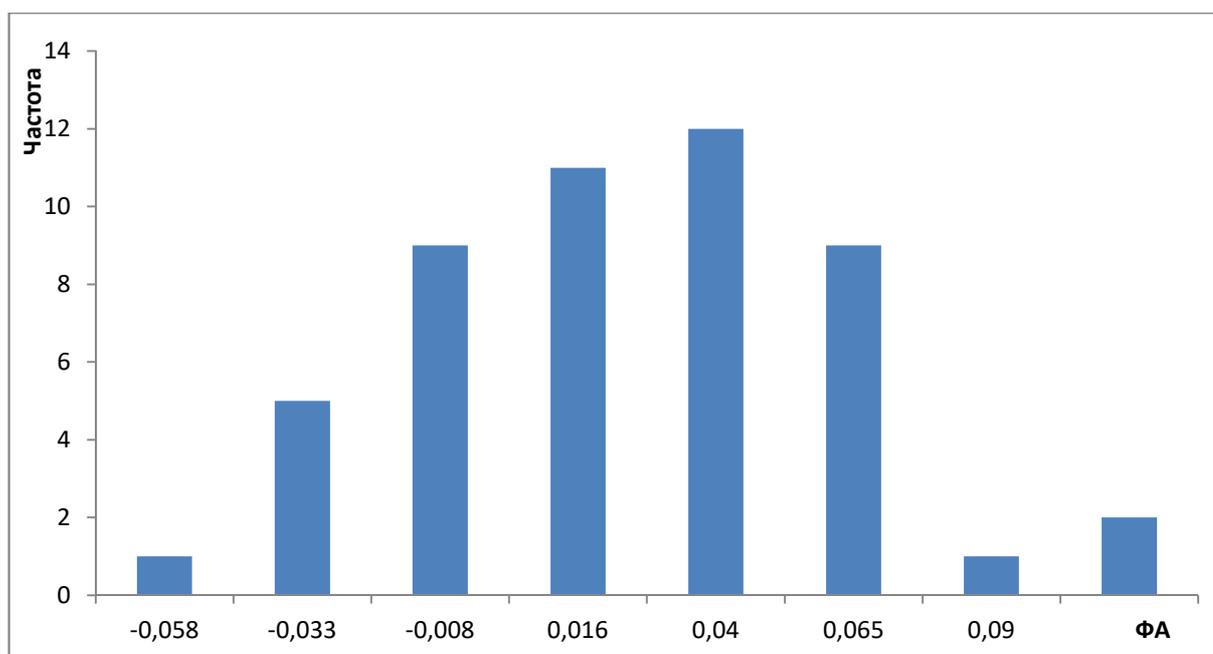
**Рис. 3.2 - Массив данных на объекте 1**



**Рис. 3.3 - Массив данных на объекте 2**



**Рис. 3.4 - Массив данных на объекте 3**



**Рис. 3.5 - Массив данных на объекте 3**

Наличие нормального распределения полученных данных мы установили методом гистограмм. Этот факт подтверждает, что мы можем использовать данные для дальнейших расчётов.

Для каждого пункта отбора полевого материала определили *среднее значение показателя* флуктуирующей асимметрии. Затем сравнили полученные значения со шкалой качества среды (табл.3.5).

**Таблица 3.5– Стабильность качества среды путем оценки флуктуирующей асимметрии листьев березы**

Место сбора	Значение показателя асимметричности	Балл	Качество среды
Насаждения березы до предприятия, находящиеся в черте города Казани.	0,068	4	Высокая степень загрязнения
Насаждения березы, примыкающие к санитарной зоне предприятия.	0,061	3	Средняя степень загрязнения
Березняк, находящийся на расстоянии 1 км от	0,065	4	Высокая степень загрязнения

санитарной зоны в сторону жилого массива «Салават Купере»			
Выборка берёзы в Парке «Горкинско-Ометьевский лес»	0,014	1	Условно нормальное значение

На всех исследуемых пунктах вблизи промышленного предприятия - ПАО «Казаньоргсинтез» -интегральный показатель флуктуирующей асимметрии демонстрирует высокий показатель загрязнения окружающей среды. Минимальным коэффициентом характерна для выборки берёзовых насаждений в пункте 4 (контроль) – Парк «Горкинско-Ометьевский лес». На данном пункте величина коэффициента располагается на уровне условной нормы, а качество среды согласно классификации, оценивается как «условно нормальное».

### **3.3. Инструкция по безопасности труда при организации и проведении исследовательских работ**

Подготовка к проведению полевых экспедиционных работ должна соответствовать программе (плану) проведения полевых экспедиционных работ.

Комплектование полевых подразделений должно производиться с учетом обеспечения здоровых и безопасных условий труда при проведении полевых работ.

Все сотрудники, выезжающие в натурные исследования, должны проходить обязательные медицинские осмотры в установленном порядке с учетом профиля их работ.

Принимать на работу, а также направлять в поле лиц, состояние здоровья которых не соответствует данным условиям работы, запрещается.

Все участники до начала полевых работ должны быть ознакомлены с основными природными особенностями района работ, возможными опасностями, а также уметь оказывать первую медицинскую помощь.

Управление транспортом, механизмами, а также обслуживание двигателей, компрессоров, электроустановок и др. оборудования должно производиться лицами, имеющими на это право, при наличии соответствующих документов.

Передавать управление и обслуживание механизмов и оборудования лицам, не имеющим на то право, а также оставлять без присмотра работающие механизмы, требующие присутствия людей, запрещается.

Экспедиционные группы, выезжающие на полевые работы, должны быть полностью обеспечены исправным снаряжением и средствами техники безопасности в соответствии с Перечнем средств техники безопасности и охраны труда для экспедиций.

При получении полевого имущества необходимо контролировать его качество и соответствие нормам обеспечения.

Полевое подразделение должно получить набор медикаментов, перевязочных и др. средств. Каждая маршрутная группа обеспечивается аптечкой первой помощи.

Выезд группы на полевые работы разрешается только после проверки их готовности к этим работам.

Все выявленные недостатки должны быть устранены до выезда на полевые работы.

При аварийной ситуации руководство полевого подразделения обязано принять все возможные меры вплоть до прекращения производственной работы для ликвидации опасности и оказания помощи пострадавшим.

Все полевые экспедиционные, а также вспомогательные работы должны выполняться в соответствии с Правилами пожарной безопасности.

### 3.4. Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве является главным фактором ускорения научно-технического прогресса и производительности труда. Поэтому выпускник Казанского ГАУ, который освоил программы бакалавриата, должен уметь использовать методы и средства физической культуры для того, чтобы обеспечить полноценную социальную и профессиональную деятельность.

На основе физической культуры лежат физические упражнения, с помощью которых индивид всесторонне совершенствует себя. Происходит развитие его двигательных качеств, умений и навыков, которые необходимы для профессиональной деятельности. Для этого используют следующие способы и методы. Направленные на развитие физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

В занятия по физической культуре на производстве следует включать различные виды спорта, так как это способствует сохранению здоровья индивидуума, его психического благополучия и совершенствуются физические способности. Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума

## ВЫВОДЫ

Согласно проанализированным данным литературных источников, уровень загрязнения атмосферного воздуха в г.Казани вблизи промышленной зоны Авиастроительного района характеризуется как «высокий». Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух, являются: Летучие органические соединения, Оксиды азота, оксиды углерода, углеводороды. Углеводороды используются в производстве на ПАО «Казаньоргсинтез».

На всех исследуемых пунктах вблизи промышленного предприятия интегральное значение флуктуирующей асимметрии демонстрирует высокий уровень загрязнения окружающей среды, что доказывает техногенное воздействие. Минимальное значение ФА – Парк «Горкинско-Ометьевский лес», что свидетельствует об отсутствии существенного стрессирующего воздействия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работы было провести оценку качества окружающей среды г.Казань методом флуктуирующей асимметрии листьев березы, произрастающих в промышленных районах города.

В ходе работы изучил методики определения биологических показателей воздушной среды. Были получены необходимые знания о состоянии вопроса по теме исследования.

Антропогенное воздействие, вызванное за счет увеличения количества заводов, фабрик и предприятий сильно сказывается на качестве окружающей среды. Актуальность данной проблемы растёт изо дня в день, отсюда следует необходимость изучать данный вопрос – проводить постоянный экологический мониторинг, чтобы эффективнее решать экологические проблемы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов С.Г., Д.Е. Гавриков. Сравнение методов оценки флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* Roth // <http://www.recoveryfiles.ru/laws.php?ds=2250>, 2009.
2. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. и др. Здоровье среды: методика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методологическое руководство для заповедников / В.М. Захаров.
3. Якушина Э.И. Древесные растения и городская среда. Древесные растения, рекомендуемые для озеленения Москвы / Э.И. Якушина - М: Наука, 1990
4. Реймерс Н.Ф. Экологизация. Введение в экологическую проблематику / Н.Ф. Реймерс - М.: Изд-во РОУ, 1992.
5. Шуберт Р. Биоиндикация загрязнителей наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1998.
6. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда / Ю.З. Кулагин - М.: Наука, 1974. – 125с.
7. Илькун Г.М. Принципы подбора растений для озеленения промышленных предприятий // Растение и промышленная среда. - Киев, 1976 -С. 164-167.
8. Боголюбов С.А. Экология. Учебное пособие. / С.А. Боголюбов-
9. Босняцкий Г.П. Методы биоиндикации для контроля состояния окружающей среды. / Экология в газовой промышленности / Г.П. Босняцкий.– ВНИИгаз, 2004.
10. Гелашвили Д.Б., Лобанова И.В., Ерофеева Е.Я., Наумова М.М. Влияние лесопатологического состояния березы повислой на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки / Поволжский экол. журн. 2007. № 6. С. 106-115.
11. Ашихмина Т.Я. и др. Биоиндикация и биотестирование – методы познания экологического состояния окружающей среды / Т.Я. Ашихмина – Киров, 2005. – 236 с.

12. Гуртяк А.А., Углев А.А. Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора//Известия Томского политехнического университета. 2010.- Т. 317.- №1- С.200-204.

13. Кряжев, Н.Г. Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения / Н.Г. Кряжев, В.М. Чистяков, В.М.Захаров // Экология. -1996. - № 6.- С.441-444.

14. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых организмов (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). - Распоряжение Росэкологии № 460-р от 16 октября 2003 г.

15. Реймерс Н.Ф. Экологизация. Введение в экологическую проблематику / Н.Ф. Реймерс - М.: Изд-во РОУ, 1994. - 99 с.

16. Реймерс Н. Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы / Реймерс Н.В. - М.: Россия молодая, 1994. - 366 с.

17. Реймерс Н. Ф. Краткий словарь биологических терминов. Книга для учителя. 2-е изд / Н.Ф. Реймерс - М.: Просвещение, 1995. - 367 с.

18. Шенников А.П. Экология растений / А.П. Шенников – М.: Советская наука, 1950.-375 с.

19. Татарский энциклопедический словарь. — Казань: Институт Татарской энциклопедии АН РТ, 1999. - 703с.

20. Лархер В. Экология растений / В.Лархер - М.: Мир, 1978.- 384 с.

21. Захаров В.М, Яблоков А.В. Анализ морфологической изменчивости как метод оценки состояния природных популяций // Новые методы изучения почвенных животных в радиоэкологических исследованиях. – М.: Наука,1985. – С.176-185.

22. <http://www.tatarmeteo.ru>

23. <https://geo.bobrobro.ru/2679>

24. <https://ru.wikipedia.org>

**Приложение 1 - Объект 1, Насаждения березы до предприятия, находящиеся  
в черте города Казань**

№ лис та	1-ый признак	2-ой признак	3-ий признак	4-ый признак	5-ый признак	Среднее Относительное различие на признак
1	-0,06667	-0,09434	0,076923	0,1	-0,03571	-0,0039595
2	-0,03704	-0,09524	-0,11111	-0,05263	0,037975	-0,051608628
3	-0,02564	0,029412	-0,11111	-0,17647	-0,00917	-0,058597054
4	0,047619	0,032258	0,2	0,1	0,017241	0,079423698
5	0,023256	0,016949	0	0,047619	-0,04425	0,008715245
6	0,028571	0,018182	-0,09091	-0,14286	-0,03509	-0,044420141
7	0,081081	0,032258	0,125	0,04	0,019608	0,059589398
8	-0,0303	0,018868	0,142857	0	0,018182	0,029920771
9	0,028571	-0,03448	0,058824	0,166667	0,117117	0,067339197
10	0,030303	-0,01818	0,058824	-0,17647	0,028037	-0,015497693
11	-0,04348	-0,01587	0,142857	0	-0,00917	0,014866311
12	-0,09091	-0,04348	0,076923	0,2	0,019608	0,032428714
13	0,023256	0,015873	-0,05263	0,04	0,051724	0,015644278
14	0,045455	-0,03448	0,058824	-0,05263	-0,02804	-0,002174729
15	-0,03704	0	0,090909	-0,05263	0,027027	0,0056535
16	-0,0625	-0,0566	-0,33333	0	0,047619	-0,080963612
17	0,028571	0,016949	0	0	0,018868	0,012877701
18	0,027027	0,054545	-0,09091	0,176471	0,032258	0,039878409
19	-0,0625	-0,0566	0,076923	-0,1	-0,00971	-0,030377887
20	0	0,020408	0,076923	-0,11111	0,017544	0,000752798
21	0	0,035714	0,076923	-0,04762	0,052632	0,023529979
22	0	-0,07143	-0,07692	0,222222	-0,0297	0,008833521
23	0,071429	0,06383	-0,14286	0,052632	-0,03704	0,001599152
24	0,071429	0,069767	-0,07692	0,066667	-0,00917	0,024353058
25	0,047619	0,047619	0,066667	0,12	-0,06383	0,043614995
26	0,043478	-0,01587	0,142857	0,058824	-0,03774	0,038310014
27	0	-0,01887	0,066667	-0,15789	-0,02804	-0,027626676
28	0	0,04	-0,16667	-0,2	-0,01695	-0,068723164
29	-0,05	0,037037	-0,14286	-0,11111	0,009524	-0,051481481
30	0	-0,04545	0,090909	-0,07692	0,008403	-0,004613034
31	0	0,035714	-0,07692	0,047619	0,047619	0,010805861
32	-0,05556	0	0,090909	0,142857	0,089109	0,053463918
33	-0,03448	-0,02222	0,052632	0,052632	-0,08108	-0,006504581
34	0,081081	-0,01695	0,1	-0,05263	-0,03448	0,015403518
35	-0,04762	0,044776	-0,14286	0	0,042735	-0,020593006
36	0,025641	0,018868	0,166667	0,25	0,079646	0,108164327
37	-0,05882	-0,02041	0,111111	0,047619	0,033708	0,022641266
38	0,047619	-0,01695	0,111111	0,1	0,018182	0,051992565
39	-0,06122	-0,0137	0,142857	0,034483	-0,02857	0,014769071

40	0,043478	-0,05405	-0,17647	0,034483	0,010989	-0,028314922
41	-0,01961	-0,02778	0,076923	-0,07692	-0,02222	-0,013921569
42	-0,0625	0	0,125	0,052632	0,056911	0,03440843
43	-0,02326	-0,01818	0,125	0,222222	-0,02703	0,055751513
44	-0,02703	-0,01818	0,333333	0,052632	0,069307	0,0820126
45	0,090909	0,090909	-0,14286	0,047619	0,025641	0,022444222
46	-0,03448	-0,12195	0	0,125	0,08	0,009713204
47	0,030303	0,056604	0,076923	0	0,029126	0,038591219
48	-0,04762	-0,0411	-0,2	-0,15385	0,02521	-0,083470202
49	0	0,05	-0,33333	-0,125	-0,01887	-0,085440252
50	0	0,058824	-0,11111	0	0,009346	-0,008588357

**Приложение 2 - Объект 2, Значения для насаждений березы, примыкающие к санитарной зоне предприятия**

№ листа	1-ый признак	2-ой признак	3-ий признак	4-ый признак	5-ый признак	Среднее Относительное различие на признак		
1	0,058824	0,090909	-0,07692	0,111111	0	0,036784131		
2	0,055556	0	0	0	-0,01818	0,007474747		
3	0,052632	-0,03448	0,142857	0,2	0,019608	0,076122761		
4	0	-0,04615	0	0,076923	0,010101	0,008174048		
5	0,028571	-0,01961	0,066667	0	0,009346	0,016995209		
6	0,021277	-0,01695	0	0	-0,01887	-0,002908096		
7	-0,02326	0,035714	-0,15789	0,142857	-0,00917	-0,002350687		
8	0,125	0	0,076923	0,111111	0,017241	0,066055113		
9	0	-0,02041	0	0,157895	0,02439	0,032375363		
10	0,073171	0	-0,06667	-0,04348	-0,01695	-0,01078467		
11	-0,15385	0	0	0	0,00885	-0,028999319		
12	0,027027	-0,04	-0,14286	0,1	-0,03093	-0,01735159		
13	-0,02041	-0,03125	0	-0,08333	-0,04762	-0,036522109		
14	-0,05882	-0,0625	-0,27273	0	0,040816	-0,070646895		
15	-0,02564	-0,09434	0	0	-0,01124	-0,026243321		
16	0,027027	-0,02128	0,2	0,052632	-0,00917	0,04984154		
17	0,04	-0,03125	-0,07692	-0,03704	0,010753	-0,018891485		
18	-0,05455	-0,02941	0,076923	0	0,022727	0,003138626		
19	-0,09434	0,052632	-0,2	0,142857	0,018182	-0,016133817		
20	0,028571	-0,02128	-0,25	0,058824	-0,07317	-0,051410474		
21	0	-0,03448	0,076923	-0,04762	0,010309	0,00102611		
22	0,027027	-0,04	-0,14286	0	0,011236	-0,028918832		
23	0,076923	0,032258	0	0,047619	0,038961	0,039152246		
24	0,058824	0,014925	-0,27273	0,052632	-0,0297	-0,035209952		
25	-0,02222	-0,01695	0	0	-0,01075	-0,009984813		
26	-0,02128	0	0,142857	-0,04	0,012346	0,018785245		
27	0,055556	-0,01961	0	0,157895	-0,00952	0,036863728		
28	0	0,032258	0	0,1	0,032258	0,032903226		
29	0	0,030303	0,111111	0	0	0,028282828		
30	0,018868	-0,0303	0	0,142857	0,031579	0,032600197		
31	0,043478	0,04918	0	0	0	0,018531718		
32	0,086957	-0,0303	-0,6	-0,04762	0,010989	-0,115995309		
33	0,054545	0,026316	-0,14286	0	-0,08046	-0,028491134		
34	0,086957	0,0625	0,2	-0,1	-0,02381	0,0451294		
35	0	-0,0303	0,2	0,090909	0,043478	0,060816864		
36	-0,01961	-0,01493	0	0,04	0	0,001093357		
37	-0,04	0,015873	0,111111	0,04	0,011236	0,027644016		
38	0	-0,01408	0,142857	-0,07692	0,047619	0,019893721		
39	-0,01961	-0,02941	-0,2	0	0,02381	-0,045042017		

40	-0,02041	-0,02941	0	-0,13043	0,023256	-0,031399779
41	0,017544	0,014085	-0,16667	-0,03448	-0,05155	-0,04421349
42	0,05	-0,01961	0,25	-0,21429	0,011236	0,01546848
43	0,017544	-0,01124	0,142857	0	-0,05263	0,019306694
44	0,069767	-0,03571	0	-0,1	0,009709	-0,011247621
45	0,056604	-0,02703	0,090909	-0,07143	-0,01235	0,007342317
46	-0,01961	0	0	0,083333	0,058824	0,024509804
47	-0,04348	-0,04918	0,142857	-0,04762	0,02439	0,00539395
48	-0,04762	-0,01818	0	0,818182	0,011494	0,152775041
49	0,043478	0,04918	0	0	0	0,018531718
50	0,05	0,04918	0	0,052632	0,022727	0,034907836

**Приложение 3 - Объект 3, Березняк, находящийся на расстоянии 1 км от санитарной зоны в сторону жилого массива «Салават Купере»**

№ листа	1-ый признак	2-ой признак	3-ий признак	4-ый признак	5-ый признак	Среднее Относительное различие на признак
1	0,021277	0,014085	-0,09091	0,037037	-0,01818	-0,007338554
2	-0,05	-0,06667	0,176471	-0,04	0,050847	0,014130276
3	-0,02128	-0,01149	-0,14286	-0,04348	-0,02326	-0,048472413
4	0	0,060606	-0,16667	0,043478	-0,03509	-0,019534013
5	-0,04762	-0,01493	0,142857	0,043478	0,037037	0,032165604
6	-0,04167	0,012346	0,2	-0,07692	0,051724	0,029096015
7	-0,02564	-0,01408	-0,07692	0,037037	0,016667	-0,012588981
8	-0,02326	-0,01493	0,052632	0	0,042735	0,011437087
9	0,066667	0,014085	0,058824	-0,07692	0,008403	0,014210998
10	0	0,047619	-0,09091	0,090909	0,098039	0,029131653
11	0,021277	0,083333	-0,33333	0,166667	-0,02609	-0,017628739
12	-0,05	0,014085	-0,07692	0,090909	-0,01786	-0,007957324
13	0,081081	0	0,2	0	0,06087	0,068390129
14	0,023256	0,015873	0,076923	-0,04762	-0,0084	0,0120059
15	-0,04762	0	-0,09091	-0,04348	0,018182	-0,032764916
16	0,045455	-0,0137	0,076923	-0,04348	0,043478	0,021735798
17	-0,02439	-0,02857	-0,09091	-0,15385	-0,00917	-0,061378246
18	-0,02439	-0,01333	0,142857	-0,08333	-0,01754	0,000851275
19	0,045455	0,013699	0	0,153846	-0,02609	0,037382475
20	0	0	-0,16667	-0,04348	0,02521	-0,036986969
21	0,02439	0,027778	-0,06667	0	-0,03448	-0,009796281
22	0	-0,04762	0,090909	-0,14286	0,044248	-0,011063862
23	-0,02222	-0,02778	0	0,047619	-0,01887	-0,004249775
24	0,058824	0,012658	-0,07692	0	-0,02655	-0,006397998
25	0,055556	0,014925	0,272727	0,166667	0,048544	0,111683711
26	0,02439	0,014493	-0,06667	0,043478	0,066667	0,016472252
27	-0,02326	0,054054	0,076923	0,066667	0,036364	0,042150324
28	-0,02564	0	-0,05882	0	-0,0084	-0,018573583
29	0,025641	0,042254	0,090909	0,076923	0,051724	0,057490171
30	0,05	-0,01449	-0,07692	-0,14286	-0,06122	-0,049099493
31	-0,02326	0,016949	-0,04762	-0,11111	0,067797	-0,019448042
32	0,055556	-0,06061	0	-0,08333	-0,04348	-0,02637242
33	-0,02222	-0,05263	0,076923	-0,03448	0,092593	0,012035822
34	0,05	0,044776	-0,14286	0,111111	-0,03846	0,00491371
35	0,043478	-0,09091	0	-0,12	0,037736	-0,025938996
36	0,047619	0,014493	-0,2	0,076923	-0,00935	-0,014062183
37	0	0,032258	0,25	0,166667	0,038462	0,097477254
38	0,105263	0,014493	-0,07692	-0,03448	0,047619	0,011193825
39	0,02439	-0,01493	-0,09091	-0,04348	-0,00971	-0,026926244
40	0,052632	0,015385	-0,09091	0,166667	0,009174	0,030589616

41	-0,04167	-0,05263	0,090909	0,12	0,038462	0,031014477
42	0,052632	0,046154	0	-0,04348	0,037037	0,01846884
43	0,027027	0,015873	-0,07692	0	0,009346	-0,004935448
44	0,085714	0,016393	0	-0,09091	0,018182	0,005876091
45	-0,05556	-0,01639	0,076923	0	0,082569	0,017508577
46	0,085714	0,016949	-0,07692	0,043478	-0,01887	0,01007014
47	0,1	0,029412	0,058824	-0,05263	0,033333	0,03378741
48	0,085714	0	-0,23077	-0,09091	-0,04425	-0,056042365
49	0,081081	0,032258	0,125	0	0,090909	0,065849647
50	0	0,034483	-0,07692	0,047619	0,041322	0,009300209

**Приложение 4 - Объект 4, Берёзы в Горкинско-Ометьевском лесу**

№ листа	1-ый признак	2-ой признак	3-ий признак	4-ый признак	5-ый признак	Среднее Относительное различие на признак
1	0,073171	-0,01961	0	0,142857	0,121951	0,06367425
2	0,037037	0	0	0,032258	0,011765	0,016211961
3	-0,02041	-0,01587	0,066667	0,037037	0,069767	0,027437993
4	0	0,034483	-0,14286	0,090909	0,011494	-0,001194208
5	0,183673	-0,01887	0	-0,04348	0,022222	0,028709901
6	0,023256	0	0,142857	-0,09091	0,105263	0,036093405
7	-0,04348	-0,03448	-0,09091	-0,08333	0,082353	-0,033970101
8	-0,04	-0,05556	-0,11111	0,032258	-0,02564	-0,040009926
9	0,021277	-0,01408	0,2	-0,0303	0,08642	0,052661762
10	0,021277	-0,01587	0,142857	0,037037	0,051282	0,047315962
11	0	-0,01818	0	0,052632	0,04878	0,01664605
12	-0,08108	0,038462	0,142857	0	0,013699	0,022787246
13	-0,03704	0,014085	-0,09091	-0,03226	-0,08642	-0,046507888
14	-0,05556	0	0,142857	-0,05263	0,052632	0,017460317
15	0,034483	0,025	0,090909	-0,0303	0,027027	0,029423169
16	0,027027	0	0	0,047619	-0,02326	0,010278052
17	0,021277	-0,01449	-0,11111	-0,07143	-0,02703	-0,040556573
18	-0,08571	0,054545	0,111111	0,181818	0,064935	0,065339105
19	-0,0303	-0,01887	0	0,047619	0,012048	0,002099257
20	0,027027	0,04	0,142857	0	0,038961	0,049769042
21	-0,02439	0,017544	-0,11111	0	0,025641	-0,018463294
22	-0,01754	-0,0137	-0,11111	-0,03226	-0,01408	-0,037739234
23	-0,02041	0,028571	-0,09091	0	0,023256	-0,011898002
24	-0,02439	0,033333	0	-0,08333	0,064935	-0,001891036
25	0	0,034483	-0,07692	0,04	-0,02703	-0,005893469
26	0	0	0	-0,14286	0,057143	-0,017142857
27	0,028571	-0,01887	0	0,157895	-0,03614	0,026290733
28	0,021277	0,030303	-0,11111	0,04	-0,07692	-0,019290912
29	0	0,033333	0,090909	-0,08333	-0,025	0,003181818
30	0,027027	0,017544	0,2	0,076923	0,076923	0,079683408
31	0,027027	0,035714	0,111111	-0,04348	0,04	0,034074833
32	0,021277	0,028571	0,2	-0,03704	0,012987	0,0451596
33	0	-0,01493	0	-0,07692	0,037037	-0,010962283
34	0,052632	0,018868	0	0,047619	0,060241	0,035871903
35	0,058824	0	0	0,047619	-0,03529	0,014229692
36	0,041667	0,027778	-0,2	-0,03448	0,012346	-0,030538527
37	0,045455	0,03125	0,25	0,037037	0,105882	0,093924787
38	-0,04762	-0,01754	-0,2	0,037037	0,069767	-0,031671686
39	0,04	0,013699	0,333333	0,04	0,15	0,115406393
40	0,021277	0	-0,11111	-0,11111	-0,05882	-0,051953831
41	-0,02703	0,152542	0,111111	0,052632	-0,01205	0,055441969

42	0	0,035714	0	-0,12	-0,05405	-0,027667954
43	0,043478	0,064516	0	0,153846	0,047619	0,061891918
44	-0,01887	-0,01449	0,111111	-0,07692	-0,03614	-0,007063444
45	0,034483	0,022222	0	0,157895	0,1	0,062919944
46	0,023256	0,016949	-0,11111	0,043478	0,012987	-0,002888174
47	-0,04	-0,01538	-0,2	-0,03704	0	-0,05848433
48	0,0625	-0,01961	0,142857	-0,05263	0,037037	0,034030952
49	-0,01754	0,027778	0,090909	0	0,023256	0,024879765
50	0,043478	0,015385	0	0	0,076923	0,027157191