ЧАСТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО И ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЛИЦЕЙ-ИНТЕРНАТ «ПОДМОСКОВНЫЙ»

143055, Московская область, район Одинцовский, поселок д/о Кораллово, дом.2

Тел. (495) 992-59-27

«Исследование уровня загрязнения окружающей среды методом флуктуирующей асимметрии»

(исследование)

Выполнили:

Карпенко Юрий Валерьевич, 9 «А» класс,

Сапожникова Вероника Вадимовна, 9 «А» класс

Московская область,

район Одинцовский,

поселок д/о Кораллово, дом.2

Руководитель:

Беневольская Ольга Борисовна,

 преподаватель биологии

КОРАЛЛОВО 2021-2022

**Содержание:**

[**Глава 1. Введение 3**](#_heading=h.w8bamiphccau)

[1.1 Введение 3](#_heading=h.ra9r3yo79d34)

[1.2. Понятие флуктуирующей асимметрии как способов оценки экологического состояния исследуемых объектов 3](#_heading=h.13n2prkawbgc)

[**Глава 2. Основная часть. 6**](#_heading=h.lau81bhfefj0)

[2.1. Характеристика территории исследования 6](#_heading=h.ubofs6pqe2u8)

[2.2. Объект исследования 7](#_heading=h.fbyriwp9wwic)

[2.3. Методика исследования 8](#_heading=h.s5uqyzhzkzv)

[2.4. Измерения признаков 9](#_heading=h.4bkk4h23m9z9)

[2.5. Обработка результатов 10](#_heading=h.5d2l83phfa1s)

[**Глава 3. Результаты и их обсуждение 15**](#_heading=h.mpc0bs56m9gc)

[3.1. Результаты исследования площадки на территории лицея-интерната «Подмосковный». 15](#_heading=h.nc2b1hx5bjt8)

[3.2. Результаты исследования площадки на территории района Звенигородского шоссе 17](#_heading=h.kk0t7uj49mi1)

[Вывод 18](#_heading=h.mrcsbdc9ehy0)

[**Список литературы: 21**](#_heading=h.a5tbp4s41kjs)

## Глава 1. Введение

### 1.1 Введение

**Актуальность:** Оценка качества среды становится принципиально важной задачей, как при планировании, так и при осуществлении любых мероприятий по [природопользованию](https://pandia.ru/text/category/prirodopolmzzovanie/), охране природы и обеспечению [экологической безопасности](https://pandia.ru/text/category/bezopasnostmz_okruzhayushej_sredi/).

**Цель работы:** Общая оценка экологического состояния местности по интегральным характеристикам асимметрии листьев березы.

**Задачи:**

1. собрать материал для изучения;
2. изучить метод флуктуирующей асимметрии;
3. выявить, чем отличается осевая симметрия от центральной;
4. проанализировать результат и сделать вывод о экологической обстановке территории лицея-интерната «Подмосковный»

**Объект исследования:** Береза повислая.

**Предмет исследования:** Экологическое состояние территории лицея.

**Гипотеза:** Показатель стабильности развития Березы повислой зависит от экологической обстановки в определенном районе

**Методы:** методы, измерение, анализ и синтез.

### 1.2. Понятие флуктуирующей асимметрии как способов оценки экологического состояния исследуемых объектов

**Флуктуирующая асимметрия** (**ФА**), является одной из форм биологической [асимметрии](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.3fd693be-63f61de5-99b55884-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Asymmetry), наряду с антисимметрией и асимметрией направления. Флуктуирующая асимметрия относится к небольшим случайным отклонениям от идеальной [двусторонней симметрии](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.3fd693be-63f61de5-99b55884-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Symmetry_in_biology). Считается, что это отклонение от совершенства отражает генетическое и экологическое давление, испытываемое на протяжении всего развития, причем большее давление приводит к более высоким уровням асимметрии. Примеры ФА в человеческом теле включают неодинаковые размеры (асимметрию) двусторонних черт лица и тела, таких как левый и правый глаза, уши, запястья и бедра. Также работает и с растениями.

Флуктуирующая асимметрия чаще всего считается результатом стресса и нестабильности в развитии, вызванных как генетическим, так и экологическим стрессорами.  Представление о том, что ФА является результатом генетических факторов и факторов окружающей среды, подтверждается концепцией [канализации](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.3fd693be-63f61de5-99b55884-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/C._H._Waddington)[Уоддингтона](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.3fd693be-63f61de5-99b55884-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Canalisation_%28genetics%29), которая подразумевает, что ФА является мерой способности [генома](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.3fd693be-63f61de5-99b55884-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Genome) успешно сдерживать развитие для достижения нормального [фенотипа](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.3fd693be-63f61de5-99b55884-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Phenotype) в несовершенных условиях окружающей среды. Различные факторы, вызывающие нестабильность развития и ФА, включают [инфекции](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.3fd693be-63f61de5-99b55884-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Infection), [мутации](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.3fd693be-63f61de5-99b55884-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Mutation) и [токсины](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.3fd693be-63f61de5-99b55884-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Toxin).

Следовательно, при нормальных условиях уровень различия минимален, возрастая при любом стрессирующем воздействии, что и приводит к увеличению асимметрии. Это означает, что информация, получаемая при анализе ограниченного набора признаков, позволяет охарактеризовать стабильность развития организма.

Выбор нами данного метода исследований обусловлен следующими его плюсами:

- не возникает затруднений со сбором, хранением и обработкой материала;

- не требуется сложного специального оборудования;

- методика разработана для крупных фоновых видов;

- может быть проведена непосредственно в природе;

- возможна интегральная оценка состояния организма.

В качестве основного объекта для характеристики наземной среды предлагаются растения, конкретно - вид берёзы повислой.

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.

• Растения - чувствительный объект, позволяющий оценивать весь комплекс воздействий, характерный для данной территории в целом, поскольку они ассимилируют вещества и подвержены прямому воздействию одновременно двух сред: почвы и воздуха.

• В связи с тем, что растения ведут прикреплённый образ жизни, состояние их организма отражает состояние конкретного локального местообитания.

• Удобство использования растений состоит в доступности и простоте сбора материала для исследования.

Метод флуктуирующей асимметрии - это относительно новый метод. Впервые показатель асимметрии был использован в работах Р. Лири и его соавторов и с тех пор широко применяется в мире.

## Глава 2. Основная часть.

### 2.1. Характеристика территории исследования

Первая площадка нашего исследования – территория лицея-интерната «Подмосковный». Территория представляет собой лесной массив, включающий в себя часть долины р. Сторожки в 5 км от Звенигорода. Леса принято называть природным комплексом. Леса отличаются живописным ландшафтом, интересными особенностями геологического строения, разнообразным растительным и животным миром.

Основные богатства – это разнообразные леса. По большей части территория покрыта хорошо сохранившимися коренными ельниками со значительной примесью широколиственных растений. Возраст деревьев, в среднем. 60-100 лет, высота до 30 м. Растительный покров территории определяется принадлежностью ее к зоне смешанных хвойно-широколиственных лесов и прохождением по ней границ южно-таежной и широколиственно-лесной подзон. Наибольшее распространение в районе имеют легко- и среднесуглинистые почвы. Они распространяются по всей территории района. Древостой первого яруса слагают сосна и ель, а также осина и берёза, единично примешивается дуб.

В настоящее время многие виды растений стали редкими или совсем исчезли в районе вследствие значительного негативного антропогенного воздействия. Наиболее уязвимые из этих – 6 видов занесены в федеральную и региональную Красные книги.

Вторая площадка – район Звенигородского шоссе.

### 2.2. Объект исследования

Специфика растений как объекта исследования предъявляет определённые требования к выбору вида.

Что нужно учитывать при выборе:

* Силу прикреплённого образа жизни
* Мелкие травянистые виды растений1
* Лучше использовать древесные растения2

1 В большей степени, по сравнению с древесными видами, могут отражать микробиотические условия (как естественные - локальные различия типа почв, влажности и других факторов, так и антропогенные -точечное загрязнение).
2 При наличии таких микробиотических различий, получаемые оценки состояния растений могут существенно различаться для разных видов, поэтому для характеристики достаточно больших территории лучше использовать их.

Для исследований состояния территории лицея мы выбрали вид береза повислая (*Betula pendula*).

### 2.3. Методика исследования

* Сбор Материала

Сбор материала для исследований проводился после остановки роста листьев с 20 сентября по 6 октября на отдалении от жилых корпусов территории лицея лесов. Каждая выборка составляла по 10 листьев с 10 деревьев. У берёзы повислой*(Betula pendula)* мы собирали листья из нижней части кроны дерева с максимального количества доступных веток относительно равномерно вокруг дерева.

* Места сбора материала

Для оценки последствий антропогенного воздействия площадки выбираются из максимально сходных по естественным условиям биотопов с разной степенью антропогенной нагрузки. Мы старались выбирать растения, растущие на открытых участках, поскольку берёза светолюбива и в условиях затенения являются для неё стрессовыми и могут существенно снизить стабильность развития.

Исследования велись на площадках, испытывающих различную рекреационную нагрузку: первая площадка территории лицея-интерната «Подмосковный», вторая – район Звенигородского шоссе, места возле заправки и дороги.

### 2.4. Измерения признаков

Оценка стабильности развития по каждому признаку сводилась к оценке асимметрии. На практике это означает учет различий в значении признака слева и справа.

Камеральная обработка проводилась по общепринятым методикам. С

Схема морфологических признаков, использованных для оценки стабильности развития березы повислой *(Betula pendula)*

*(*Приложение 1. Рис 1.)

### 2.5. Обработка результатов

При оценке стабильности развития у растений используется система пластических признаков. Для пластического признака величина асимметрии у особи рассчитывается как различие в промерах слева и справа, отнесенное к сумме промеров на двух сторонах. Использование такой относительной величины необходимо для того, чтобы исключить зависимость величины асимметрии от величины самого признака. Популяционная оценка выражается средней арифметической этой величины.

При анализе комплекса морфологических признаков лучше использовать интегральные показатели стабильности развития. Для комплекса пластических признаков интегральным показателем является средняя величина относительного различия на признак. Этот показатель рассчитывается как средняя арифметическая суммы относительной величины по всем признакам у каждой особи, отнесенная к числу используемых признаков.

**Расчеты проводились по следующему плану:**

1. В первом действии для каждого промеренного листа вычислялись относительные величины асимметрии для каждого признака. Для этого разность между промерами слева (L) и справа (R) делят на сумму этих же промеров:

**(L-R)/(L+R),**

Например: Лист №1 (таблица 1), признак 1

**(L-R)/(L+R) = (18-20)/( 18+20) = 2:38 = 0,052**

Полученные величины заносились во вспомогательную таблицу 2 в графы 2 - 6.

2. Во втором действии вычисляли показатель асимметрии для каждого листа. Для этого суммировались значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и делились на число признаков. Результаты вычислений заносились в графу 7 вспомогательной таблицы.

3. Вычислялся интегральный показатель стабильности развития - величина среднего относительного различия между сторонами на признак. Для этого вычислялось среднее арифметическое всех величин асимметрии для каждого листа (графа 7)

(Смотреть таблицу 1. и таблицу 2.)

Результаты оценки интегрального показателя стабильности развития используются для сравнения выборок, собранных либо с одной и той же модельной площадки в разное время, либо с разных площадок. Характеристика уровня, на котором стабилизировалось состояние исследуемых популяций, возможна путем использования системы балльной оценки стабильности развития, где низкие значения интегрального показателя стабильности развития соответствует первому баллу, наиболее высокие - пятому баллу.

Использование балльной шкалы возможно как для фонового мониторинга, так и для оценки последствий разных видов антропогенного воздействия. При этом нужно иметь в виду, что изменение состояния, здоровья живого организма является реакцией на самые различные воздействия, и показатель стабильности развития дает информацию о результате всех этих воздействий (Захаров, Чубинишвили, 2001, с. 103-107).

Для оценки степени нарушения стабильности развития мы использовали пятибалльную шкалу. (таблица 3. Приложение 3.)

Первый балл шкалы - условная норма. Значения интегрального показателя асимметрии, соответствующие первому баллу наблюдается, обычно, в выборках растений из благоприятных условий произрастания, например, из природных заповедников. Пятый балл - критическое значение, такие значение показателя асимметрии наблюдаются в крайне неблагоприятных условиях, когда растения находится в сильно угнетенном состоянии.

Эта шкала может быть использована для оценки состояния популяций отдельных видов растений, а также качества среды в целом. Так как уровень стабильности развития зависит от условий обитания растения, то соответствующими баллами можно оценивать и состояние окружающей среды.

## Глава 3. Результаты и их обсуждение

### 3.1. Результаты исследования площадки на территории лицея-интерната «Подмосковный».

Из цели нашего исследования, мы произвели измерение листьев и вычислили показатель асимметрии для каждого листа. Результаты всех вычислений были занесены во вспомогательные таблицы. Данные по величине асимметрии для каждого дерева выборки мы свели в таблицу 4. (Приложение 4)

Проведем анализ результатов исследований деревьев, произрастающих на территории лицея. Как видно из табличных данных показатель по листьям у двух растений (№1, №9) соответствует I баллу по пятибалльной шкале оценки стабильности развития. Этот низкий показатель можно объяснить достаточно хорошими условиями существования этих деревьев - они растут на просторном месте: одно - у столовой, другое - у спортплощадки. Но в этой же выборке имеются два дерева с показателем 0,059, что соответствует V баллу. Мы считаем, что такое сильное отклонение от нормы в худшую сторону также связано конкретны местообитанием этих деревьев, где они испытывают некоторое затенение от произрастающих рядом сосен. Показатели по остальным деревьям относятся к III и IV баллам.

Средний показатель по десяти обследуемым деревьям = 0,049, что соответствует III баллу. Это означает, что растения испытывают умеренное неблагоприятное воздействие. Оно может быть как абиотическим (степень увлажненности и тип почвы, затененность и др.), так и антропогенным (проложенных площадок и проезжей дороги).

### 3.2. Результаты исследования площадки на территории района Звенигородского шоссе

Анализ отклонений от симметрии листовых пластинок, собранных на территории лицея, выявил такую же закономерность (Таблица 5). Те березы, которые не испытывали антропогенного воздействия, т. е. росли в глубине леса, показывали низкий показатель асимметрии. Деревья с V баллом обнаружены не были. Средний показатель биомониторинга составил 0,042, что соответствует II классу. Это означает, что растения испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов. Разница в показателях стабильности развития берёзы повислой в разных точках (№1 и №2) может быть объяснена разной степенью антропогенного воздействия на эти территории, №2 находится вдали от населенной территории, проезжих дорог. (Смотреть таблицу 5. Приложение5.)

### Вывод

Проведя исследования в на территории лицея мы получили довольно большой для этой зоны балл флуктуирующей асимметрии. Поэтому было интересно оценить аналогичный показатель для территории, где степень антропогенной нагрузки несравненно выше. С этой целью мы сразу собрали материал в районе Звенигородского шоссе, в местах автомобильных дорог и заправки.

Результаты по флуктуирующей асимметрии листьев березы, собранных из этих мест, представлены в таблицах 6, 7, 8, 9. Эти данные нас несколько озадачили, так как полученные результаты не совсем совпали с ожидаемыми показателями.

Так наиболее низкий показатель - 0,043, что соответствует II баллу, был получен для площадки Звенигородского шоссе (таблица 6), которая по нашему мнению испытывала наибольшую рекреационную нагрузку: это АЗС и объездная дорога областного назначения, по которой движутся крупногабаритные грузовики-рефрижераторы, автобусы «Икарусы», сжигающие тонны бензин и солярки.

Напомним, что аналогичный II балл, соответствующий слабому влиянию неблагоприятных факторов мы получили на территории лицея, находящейся вдали от населенных пунктов в зоне соснового бора с небольшой долей широколиственных пород. Мы считаем, что основной причиной низкого показателя может быть преобладающая в нашей местности западная роз ветров, а это означает, что все основные выбросы и загрязнения от предприятия и дороги относятся в противоположную от места сбора сторону. Не последнюю роль в реализации признака, как это мы обнаружили на деревьях из разных мест обитания на территории лицея, играет и абиотическая составляющая, в частности почва. Почва на данной территории суглинистая, что несравненно более предпочтительно для березы.

Метод флуктуирующей асимметрии, применённый в исследовании, является методом интегральной оценки качества среды, её состояния при всём комплексе воздействия. (Смотреть таблицу 6. Приложение 5.)

**В результате проведенных исследований мы можем сделать следующие выводы:**

1. Анализ литературы по проблеме исследования показал, что одним из современных и доступных методов биоиндикации является метод флуктуирующей асимметрии.
2. В ходе обследования 100 листьев березы повислой, взятых из разных мест обитания, были определены интегральные показатели стабильности развития: для территории лицея - 0,042 (II балл), для территории шоссе - 0,049 (III балл).
3. Используемый метод флуктуирующей асимметрии некоторых морфологических структур листа березы показал его адекватность для оценки экологического состояния среды, включающей как абиотическую, биотическую так и антропогенную её составляющие.

Наше исследование показало, что на предлагаемом разработчиками методики объекте - берёзе трудно выделить антропогенную составляющую. Поэтому в дальнейшем мы планируем использовать для оценки стабильности развития доминантные виды растений в сообществе и начать поиск наиболее адекватных, и тем самым более надёжных растительных объектов, которые позволят более точно и четко определять степень негативного влияния человека на экосистему. Для определения степени повреждающего действия на окружающую среду промышленных предприятий и роли воздушных масс в переносе вредных веществ, мы решили в будущем закладывать по две площадки - восточнее и западнее источника загрязнения. Заинтересовал нас вопрос и о критических стадиях онтогенеза листа, когда он наиболее чувствителен к внешнему воздействию, поэтому планируется ряд экспериментов в этом направлении.

Проведённые нами исследования ещё раз показывают как мы мало знаем о гомеостазе развития как наиболее общей характеристике функционирования живого организма и сколько много интересного таит в себе эта проблема.

**Приложение**

Приложение 1

Скаждой стороны листа были сняты показатели по пяти параметрам:

1 - ширина левой и правой половинок листа (для измерения лист складывался пополам, совмещая верхушку с основанием, потом разгибался, и по образовавшейся складке производились измерения);

2 - длина жилок второго порядка, второй от основания листа;

3 - расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка;

4 - расстояние между концами этих же жилок;

5 - угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Схема признаков для березы повислой приведена на рисунке 

Приложение 2.

Таблица 1.
Образец таблицы для обработки данных по оценке стабильности с использованием пластических признаков

|  |  |
| --- | --- |
| **№** | **Номер признака** |
| **]** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **слева** | **справа** | **слева** | **справа** | **слева** | **справа** | **слева** | **справа** | **слева** | **справа** |
| **1** | 18 | 20 | 32 | 33 | 4 | 4 | 12 | 12 | 46 | 50 |
| **2** | 20 | 19 | 33 | 33 | 3 | 3 | 14 | 13 | 50 | 49 |
| **3** | 18 | 18 | 31 | 31 | 2 | 3 | 12 | 11 | 50 | 46 |
| **4** | 18 | 19 | 30 | 32 | 2 | 3 | 10 | 11 | 49 | 49 |
| **5** | 20 | 20 | 30 | 33 | 6 | 3 | 13 | 14 | 46 | 53 |
| **6** | 12 | 14 | 22 | 22 | 4 | 4 | 11 | 9 | 39 | 39 |
| **7** | 14 | 12 | 26 | 25 | 3 | 3 | 11 | 11 | 34 | 40 |
| **8** | 13 | 14 | 25 | 23 | 3 | 3 | 10 | 8 | 39 | 42 |
| **9** | 12 | 14 | 24 | 25 | 5 | 5 | 9 | 9 | 40 | 32 |
| **10** | 14 | 14 | 25 | 25 | 4 | 4 | 9 | 8 | 32 | 32 |

Таблица 2.
Образец вспомогательной таблицы для расчета интегрального показателя флуктуирующей асимметрии в выборке

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Номер признака** |  |  | **Величина асимметрии листа** |
| **№ дерева** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **1** | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| **1** | 0,052 | 0,015 | 0 | 0 | 0,042 | 0,022 |
| **2** | 0,026 | 0 | 0 | 0,037 | 0,010 | 0,015 |
| **3** | О | 0 | 0,2 | 0,044 | 0,42 | 0,057 |
| **4** | 0,027 | 0,032 | 0,2 | 0,048 | 0 | 0,061 |
| **5** | 0 | 0,048 | 0,33 | 0,037 | 0,071 | 0,098 |
| **6** | 0,077 | 0 | 0 | 0,1 | 0 | 0,035 |
| **7** | 0,077 | 0,019 | 0 | 0 | 0,081 | 0,036 |
| **8** | 0,037 | 0,042 | 0 | 0,111 | 0,037 | 0,045 |
| **9** | 0,077 | 0,020 | 0 | 0 | 0,111 | 0,042 |
| **10** | 0 | 0 | 0 | 0,059 | 0 | 0,012 |
| **Величина асимметрии в выборке:** | Х=0,042 |

Приложение 3. Таблица 3.

Пятибалльная шкала оценки стабильности развития для березы повислой *(Betula pendula*). Таблица 3.

|  |  |
| --- | --- |
| **Балл** | **Величина показателя стабильности развития** |
| I | <0,040 |
| II | 0,040-0,044 |
| III | 0,045-0,049 |
| IV | 0,050-0,054 |
| V | >0,054 |

Приложение 4.

Таблица 4.
Сводные данные по величине асимметрии в выборке с территории лицея

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Деревья** |  |  | **Баллы** |  |  |
|  | **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** |
| **1** | 0,039 |  |  |  |  |
| **2** |  |  | 0,048 |  |  |
| **3** |  |  |  | 0,050 |  |
| **4** |  |  |  |  | 0,059 |
| **5** |  |  |  |  | 0,059 |
| **6** |  |  |  | 0,050 |  |
| **7** |  |  | 0,047 |  |  |
| **8** |  |  | 0,049 |  |  |
| **9** | 0,038 |  |  |  |  |
| **10** |  |  |  | 0,051 |  |
| **Среднее арифметическое** |  |  | 0,049 |  |  |

Приложение 5.

Таблица 5.
Сводные данные по величине асимметрии в выборке с территории №2

|  |  |
| --- | --- |
| **Деревья** | **Баллы** |
|  | **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** |
| **1** |  |  |  | 0,051 |  |
| **2** | 0,037 |  |  |  |  |
| **3** |  | 0,042 |  |  |  |
| **4** |  |  |  | 0,051 |  |
| **5** |  |  | 0,048 |  |  |
| **6** |  |  | 0,047 |  |  |
| **7** |  | 0,041 |  |  |  |
| **8** | 0,03 |  |  |  |  |
| **9** | 0,029 |  |  |  |  |
| **10** |  |  | 0,045 |  |  |
| **Среднее арифметическое** |  | 0,042 |  |  |  |

Таблица 6.
Сводные данные по величине асимметрии в выборке с площадки № 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Деревья** |  |  | **Баллы** |  |  |
| **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** |
| **1** |  |  |  | 0,053 |  |
| **2** |  |  | 0,048 |  |  |
| **3** |  |  | 0,046 |  |  |
| **4** |  |  |  | 0,050 |  |
| **5** | 0,032 |  |  |  |  |
| **6** |  | 0,041 |  |  |  |
| **7** | 0,034 |  |  |  |  |
| **8** |  |  | 0,046 |  |  |
| **9** |  | 0,044 |  |  |  |
| **10** | 0,033 |  |  |  |  |
| **Среднее арифметическое** |  | 0,043 |  |  |  |

## Список литературы:

 (Leary ct al., 1983)

https://translated.turbopages.org/proxy\_u/en-ru.ru.3fd693be-63f61de5-99b55884-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Fluctuating\_asymmetry

[https://kartaslov.ru/карта-знаний/Симметрия+%28биология%29](https://kartaslov.ru/%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B0-%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9/%D0%A1%D0%B8%D0%BC%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F%2B%28%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F%29)

<https://bio.chsu.ru/kacestvo-okruzausej-sredy>

[https://ru.wikipedia.org/wiki/Биоиндикация](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F)

1.Захаров В.М., Чубинишвили А.Т. Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях. - М.: Центр экологической политики России, 2001.

2. Криволуцкий Д.А. Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. М.: Наука, 1982.

3. . Экологический словарь. / Авт.-сост. С. Делятицкий и др. - М.: Конкорд лтд. - Экопром, 1998.