Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 2 имени Героя Советского Cоюза В.П. Чкалова г. Николаевска-на-Амуре Хабаровского края

номинация

«экологический мониторинг»

ТЕМА:

**оценка степени загрязнения компонентов окружающей среды на территории г.Николаевска-на-Амуре**

Выполнили:

Федотова Галина,

ученица 10 класса

Соболева Зоя Юрьевна,

к.б.н., учитель биологии и экологии МБОУ СОШ №2

Николаевск-на-Амуре 2021 г.

**СОДЕРЖАНИЕ**

[**ВВЕДЕНИЕ** 2](#_Toc86664168)

[**ГЛАВА I. Обзор литературы** 4](#_Toc86664169)

[**1.1. Состояние компонентов окружающей среды территории г. Николаевска-на-Амуре.** 6](#_Toc86664170)

[**1.2. Понятие и формы биоиндикации.** 7](#_Toc86664171)

[**1.3 Экологические особенности клевера белого** 8](#_Toc86664172)

[**Глава II. Объем и методы исследования** 9](#_Toc86664173)

[**2.1 Флуктуирующая асимметрия древесных форм растений.** 10](#_Toc86664174)

[**2.2. Экспресс-метод биоиндикации на основе состояния хвои сосны обыкновенной.** 10](#_Toc86664175)

[**2.3. Тест по Гертелю.** 10](#_Toc86664176)

[**2.4. Метод лихеноиндикации.** 11](#_Toc86664177)

[**2.5. Биоиндикация состояния почвы по частотам встречаемости фенов клевера белого.** 11](#_Toc86664178)

[**2.6. Метод корреляционного анализа и построения плеяд по алгоритму Терентьева**. 12](#_Toc86664179)

[**Глава III. результаты ИССЛЕДОВАНИЯ и их обсуждение** 12](#_Toc86664180)

[**3.1 Анализ качества среды по флуктуирующей асимметрии древесных форм растений.** 12](#_Toc86664181)

[**2.2. Анализ результатов экспресс-метода биоиндикации на основе состояния хвои сосны обыкновенной.** 13](#_Toc86664182)

[**2.3. Результаты теста по Гертелю.** 13](#_Toc86664183)

[**2.4. Анализ результатов метода лихеноиндикации.** 13](#_Toc86664184)

[**2.5. Показатели частоты встречаемости фенов клевера белого.** 13](#_Toc86664185)

[**Заключение** 14](#_Toc86664186)

[**Выводы** 14](#_Toc86664187)

[**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ** 15](#_Toc86664188)

# **ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность.** Проблемы антропогенного воздействия на компоненты окружающей среды в настоящее время наиболее являются важными, поскольку обеспечивают гомеостатическое функционирование, как локальных экосистем, так и биосферы в целом. Атмосферный воздух является самой важной жизнеобеспечивающей природной средой и представляет собой смесь газов и аэрозолей приземного слоя атмосферы, сложившуюся в ходе эволюции Земли, деятельности человека и находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений [7]. На территории Дальнего Востока большое влияние на уровень загрязнения воздушного бассейна оказывают климатические условия. В целом территория отнесена к зоне повышенного и высокого потенциала загрязнения атмосферы с особенно неблагоприятными условиями для рассеивания примесей [[7,2](about:blank)]. Но не только климатические условия влияют на состояние атмосферного воздуха, но и ряд известных факторов антропогенного воздействия, что в очередной раз указывает на **актуальность** проведения данного исследования. Анализ источников литературы показал, что ранее на территории города подобных комплексных биоиндикационных исследований не проводилось, что подтверждает **новизну**, данной работы. Николаевск-на-Амуре – город, являющийся муниципальным центром, с активным движением автомобильного транспорта, различной категории, с наличием объектов различного хозяйственного назначения. Все эти факторы оказывают влияние на экологическое состояние города.

В связи с этим **цель работы**: исследование степени загрязнения атмосферного воздуха и почвенного покрова г. Николаевска-на-Амуре

**Задачи исследования:**

1. Провести исследование биологических тест-объектов (хвоя сосны обыкновенной, листовые пластины березы даурской, лишайники, листовые пластины клевера) на территории г. Николаевска-на-Амуре
2. Проанализировать корреляционные связи показателей биологических тест-объектов
3. Оценить степень загрязнения атмосферного воздуха и почвенного покрова на территории города

**Объект исследования:** атмосферный воздух и почвенный покров на территории г. Николаевска-на-Амуре

**Предмет исследования:** степень загрязнения атмосферного воздуха и почвенного покрова

**Гипотеза:** степень загрязнения атмосферного воздуха и почвенного покрова на территории города соответствует среднему значению уровня

**Методы исследования:** флуктуирующая асимметрия древесных форм растений,экспесс-метод биоиндикации на основе состояния хвои сосны обыкновенной; тест по Гертелю; метод лихеноиндикации, методика Т.Я Ашихминой, статистический методы обработки данных (корреляция), метод плеяд по алгоритму Терентьева, для обработки данных: Microsoft Excel.

# **ГЛАВА I. Обзор литературы**

Развитие городов, технический прогресс, создание искусственной среды обитания человека изменили взаимоотношения человека с природой, выдвинув на первое место технические средства контроля окружающей среды. Необходимость соотношения измеряемых параметров физико-химического состояния среды с их биологическим значением стимулировала биоиндикационные исследования в русле научно-технических представлений. В ряде европейских стран изменения в морфологии растений при увеличении химически активных веществ используются в национальной системе мониторинга.

Размеры ареалов популяций растений существенно зависят от газо-дымных выбросов. В качестве биоиндикатора многолетних наблюдений загрязненности может быть использован дымоустойчивый вид накипного лишайника (Liecanora coniza-coides), который встречается на всех древесно-кустарниковых породах (Шуберт, 1988). Уменьшение обилия лишайников коррелирует с концентрацией SO2 в воздухе. Водное растение чилим (Trapa natans) распространено только в чистых, незагрязненных водоемах. Значительное сокращение чилима в реках и озерах Европы происходит в результате увеличения концентрации углеводородов.

Аэрозоли ZnO, PbO, Fe2O3, Al2O3 и NCl отрицательно сказываются на росте пихты, ели и в последнюю очередь сосны. Необходимо отметить, что пихта очень чувствительна к атмосферным и гидрологическим загрязнениям. Картирование ареалов пихты при многолетней динамике может быть использовано в качестве оценки степени атмосферной загрязненности промышленными предприятиями. Высокой устойчивостью к SO2 обладает японская лиственница, и вытеснение ею лиственницы обыкновенной также свидетельствует о неблагоприятной экологической ситуации. По отношению к тяжелым металлам также можно выделить ряд устойчивых растений: подорожник — устойчив к мышьяку и окисям свинца автомобильных газов, полевица (Agrosis tennis) — устойчива к меди, смолевка хлопушка, фиалки (Viola calaminaria), армерия Галлера, армерия приморская, которые растут на старых отвалах медных рудников.

Весь комплекс антропогенных воздействий в первую очередь оказывает широкое воздействие на растительность, изменяет эволюционно сложившиеся ареалы популяций растений. Для оценки и прогнозирования возникающих экологических ситуаций необходимы исследования по составлению подробных геоботанических карт природныхтерриторий и разработка на их основе долговременных рекультивационных комплексных мероприятий в зависимости от целевого использования природных территорий.

Приамурский регион, как и некоторые другие регионы России, относится к провинции с низким содержанием Se, повышенным содержанием Fe и Mn. Развитие промышленности и широкой сети автотранспорта в крае привело к возникновению искусственных биогеохимических районов, сосредоточенных в крупных городах. Это дополнительно увеличивает уровень таких микроэлементов в окружающей среде, как свинец, литий, кобальт, допустимые концентрации которых превышены (Евсеева Г.П., Супрун С.В., Козлов В.К., 2006).

Согласно современным представлениям, биогеохимические факторы (микроэлементы почвы, воды, воздуха, продукты биотического и абиотического происхождения, промышленные и сельскохозяйственные отходы) оказывают влияние на нормальную жизнедеятельность и функциональные резервы организма человека (Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А. и др., 1991; Агаджанян Н.А., Бяхов М.Ю., Токмалаев А.К., 2001; Лобанова Ю.Н., 2007; Смертина Н.А., 2012).

В условиях возрастающего антропогенного давления увеличиваются техногенные потоки загрязняющих веществ, усиливается их воздействие на все компоненты биосферы, изменяются биогеохимические циклы элементов (Гичев Ю.П., 2000).

Поступление тяжелых металлов в окружающую среду городов существенно ухудшает экологическое состояние территорий, вызывает изменение химического состава всех природных компонентов урбоэкосистемы и отрицательно сказывается на здоровье населения (Битюкова В.В., 2009; Королева Г.П., Верхозина А.В., и др., 2005).

## **1.1. Состояние компонентов окружающей среды территории г. Николаевска-на-Амуре.**

Из государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Хабаровском крае»: «Атмосферный воздух – один из важных факторов среды обитания, оказывающих влияние на здоровье человека. Анализ состояния атмосферного воздуха на территории Хабаровского края проведен по данным центра наблюдений загрязнения атмосферного воздуха Дальневосточного территориального управления Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, ФБУЗ «Центра гигиены и эпидемиологии в Хабаровском крае». Основными веществами, контролируемыми на территории края, являются диоксид серы, диоксид азота, оксид углерода, оксид азота, взвешенные вещества, сажа, хлорид водорода, формальдегид, 3,4-бензапирен, аммиак, сероводород, фенол, хром, металлы. Ведущими источниками загрязнения атмосферы городов являются предприятия по производству электроэнергии, газа и воды, топливной промышленности, транспорта, котельные. Суммарные выбросы в атмосферу от стационарных источников за 2012 г. составили 114,9 тыс. тонн (2010 г. - 112,7 тыс. тонн). По-прежнему, значительный вклад в загрязнение атмосферы вносит автотранспорт. Ранжирование загрязняющих веществ по показателю превышения гигиенических нормативов показало, что наибольший удельный вес проб атмосферного воздуха с превышением гигиенических нормативов отмечается по содержанию взвешенных веществ, ароматических углеводородов, оксида углерода [12].

## **1.2. Понятие и формы биоиндикации.**

Термин биоиндикация прошёл долгий путь развития, до того момента, как был сформулирован в 1988 году Криволуцким: «Биоиндикация – это определение биологически значимых нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ. В полной мере это относится ко всем видам антропогенных загрязнений». До этой формулировки термин не имел четкого определения, хотя и встречался во многих трудах естествоиспытателей [1]. Главной задачей биоиндикации является адекватная оценка антропогенного воздействия на экосистему. Оценить биотические последствия отклонения экологических факторов и условий от нормы можно лишь на примере живого организма. Для этого используют так называемые биоиндикаторы, организмы, наиболее тесно взаимодействующие с определёнными факторами среды. Биоиндикаторы очень восприимчивы к определённому виду загрязнений и/или иных изменений в экосистеме, что позволяет обнаружить последствия этих изменений и предположить причину их возникновения [1,2].

Биоиндикацию нельзя путать с биотестированием, которое предполагает помещение в исследуемые условия лабораторных биологических объектов, для оценки воздействия окружающей среды на их организм, функции и функционирование системы организмов [1,2]. Для целей биомониторинга могут использоваться только те виды живых организмов, которые отвечают требованиям, применяемым к биоиндикаторам. Для оценки качества водной среды оптимальными являются водные и околоводные крупные высшие сосудистые растения, многие из которых могут являться биоиндикаторами. Листья у них формируются каждый год, что позволяет проводить ежегодный мониторинг; многие виды имеют массовое распространение и чётко выраженные признаки, по которым возможно проводить исследование. Оценка воздушной среды, или интегральная оценка качества среды обитания живых организмов, проводится по состоянию высших древесных и травянистых форм растений. Наиболее удобными для целей биоиндикации являются следующие виды растений: травянистые – сныть обыкновенная (Aegopodium podagraria); мать-и-мачеха обыкновенная (Tussilago farfara); древесные: тополь бальзамический (Populus balsamifera); клён остролистный (Acer platanoides) и ясенелистный (A. negundo); берёза бородавчатая (Betula pendula); водные – рдест прозенолистный (Potamogeton perfoliatus); рдест блестящий (P. lusens); рдест плавающий (P. natans). Все перечисленные растения имеют чётко выраженную двустороннюю симметрию, что является главным требованием метода. Кроме указанных растений часто для биомониторинга стабильности развития используют: подорожник большой (Plantago major) как наиболее пластичный вид травянистых растений; манжетку обыкновенную (Alchemilla vulgaris) и клевер гибридный (Trifolium hybridum) и ползучий (T. repens) как луговые виды; ячмень (Hordeum sp.), овёс (Avenna sp.) и пшеницу (Triticum sp.) как сельскохозяйственные культуры для оценки состояния агроценозов. Берёза бородавчатая (повислая) Betula pendula и близкий к ней вид берёза пушистая B.alba способны скрещиваться между собой, образуя межвидовые гибриды, которые обладают признаками обоих видов. Во избежание ошибок следует выбирать деревья с чётко выраженными признаками одного вида.

## **1.3 Экологические особенности клевера белого**

Клевер белый (Trifolium repens L.) хорошо растет на разных почвах с достаточным количеством питательных веществ и воды, но плохо переносит избыток влаги в почве, сухие и сильнокислые почвы. Это светолюбивое растение, которое при благоприятных условиях быстро разрастается и образует сомкнутый покров, вытесняя из травостоя злаки и разнотравье [11]. Характерной экологической особенностью клевера белого является хорошая адаптация к большому диапазону абиотических условий, в том числе и экстремальных, что способствует его широкому распространению на нарушенных территориях. Для клевера белого в естественных местах обитания лучше абиотические условия, но острее ценотический стресс; в загрязненных местообитаниях, хотя и имеют место токсические эффекты нефтепродуктов, но практически полностью снята конкуренция [3]. Клевер белый может быть использован в качестве фенотипического биоиндикатора экологического состояния почв на основании того, что на экологически напряженных территориях под воздействием антропогенных факторов окружающей среды естественный отбор и мутационный процесс приводят к расширению наборов фенов, увеличению частоты их встречаемости и появлению в популяциях специфических «городских» фенотипов [6]. Гистологические исследования показали, что «седые пятна» связаны с особой группой палисадных клеток, в которых хлоропласты отсутствуют или содержатся в меньшей концентрации. При этом палисадные клетки в районе пятна уменьшены в размерах, менее вытянуты, пространство между ними оказывается большим, чем в зеленой зоне листа [6].

Таким образом, изучив и проанализировав литературу по теме исследования, мы узнали, что антропогенное воздействие, в частности загрязнение, зачастую является таким фактором, который может отражаться на фенотипической структуре популяции. Поэтому частота встречаемости некоторых фенов может являться биоиндикатором степени загрязнения среды.

# **Глава II. Объем и методы исследования**

Исследование проводилось в летне-осенний период 2020-2021 гг. Количество исследуемых площадок составило n=15, расположенных в разных районах города (приложение: рис.1).

## **2.1 Флуктуирующая асимметрия древесных форм растений.**

**Принцип метода основан на выявлении нарушений симметрии развития листовой пластины древесных форм растений под действием антропогенных факторов.** Интегральным показателем стабильности развития для комплекса мерных признаков является средняя величина относительного различия между сторонами на признак. Этот показатель рассчитывается как среднее арифметическое суммы относительной величины асимметрии по всем признакам у каждой особи, отнесенное к числу используемых признаков. Сначала вычисляется относительная величина асимметрии для каждого признака. Для этого модуль разности между промерами слева (Л) и справа (П) делят на сумму этих же промеров: |Л-П| / |Л+П|. Затем вычисляют показатель асимметрии для каждого листа. На последнем этапе вычисляется интегральный показатель стабильности развития – величина среднего относительного различия между сторонами на признак. Статистическая значимость различий между выборками по величине интегрального показателя стабильности развития определяется по t критерию Стьюдента.

## **2.2. Экспресс-метод биоиндикации на основе состояния хвои сосны обыкновенной.**

Принцип использованного метода основан на выявлении зависимости степени повреждения хвои от загрязнения воздуха. Цель метода**–** экспресс-оценка качества воздуха по состоянию хвои сосны обыкновенной[3]. Выбор хвойных как индикатора загрязнения воздуха оказался не случайным и связано это прежде всего с тем, что хвойные породы, помимо их высокой радиочувствительности, особенно сильно страдают от сернистого газа. Чувствительность к нему убывает в последовательности: ель – пихта – сосна обыкновенная – лиственница[3].

## **2.3. Тест по Гертелю.**

Суть метода заключается в том, что после кипячения хвои в дистиллированной воде, определяется степень помутнения экстракта, которая прямо пропорциональна количеству воска, покрывающего хвою, чем выше мутность тем больше концентрация сернистого газа в воздухе. Такой метод получил название "тест помутнения по Гертелю" [4].

## **2.4. Метод лихеноиндикации.**

Лихеноиндикация – это один из специфических методов мониторинга загрязнения окружающей среды с помощью живых организмов (биоиндикации). На исследуемых участках, определяют степень покрытия деревьев лишайниками, индекс относительной чистоты воздуха, проводят сравнительный анализ состояния воздушной среды на разных участках делают выводы по результатам исследования. Лишайники весьма чувствительны к загрязнению воздуха, и поэтому быстро погибают в городах, где уделяется недостаточно внимания чистоте воздуха. Они представляют собой идеальное средство для контроля за загрязнением среды, так как их численность и видовое разнообразие резко возрастают с увеличением расстояния от источника загрязнения.

## **2.5. Биоиндикация состояния почвы по частотам встречаемости фенов клевера белого.**

Для биоиндикации загрязнения почв мы использовали методику Т.Я Ашихминой [12]. Данная методика основана на выделении так называемого «седого» пятна на листьях клевера белого, форма которого и частота встречаемости разных фенов могут сильно варьировать (приложение 1). Фен – это вариант признака, заложенный в генотипе и проявляющийся при изменении условий окружающей среды тем чаще и разнообразнее, чем сильнее воздействие фактора и его амплитуда [9].

На чистых территориях величина ИСФ не превышает 30%, а на загрязненных территориях ИСФ может достигать 70-80% [12].

Существует более дифференцированная оценка степени загрязнения почв, исходя из оценочной шкалы, используемой в биоиндикации:

Значения ИСФ (индекс соотношения фенов):

до 20-30% - очень чистые почвы;

31-40% - удовлетворительное состояние;

41-60% - средняя степень загрязнения;

60-80% - сильное загрязнение;

81-100% - очень сильное загрязнение.

Для сбора и исследования ботанического материала были определены учетные площадки, расположенные в разных районах города и где встречается клевер белый. На каждой учетной площадке выбираются по 3-5 пробных площадок, задается направление движения, по которому будет производиться исследование. Таким образом, увеличение или уменьшение частоты встречаемости специфических фенотипов у разных видов растений является биологическим индикатором воздействия антропогенных факторов.

## **2.6. Метод корреляционного анализа и построения плеяд по алгоритму Терентьева**.

Для построения многомерной генерализованной математической модели использован один из методов анализа корреляционной матрицы ─ кластерный анализ на основе принципа «подобия формализации признаков» и алгоритма Терентьева (Веремчук Л.В., 2006; Ростова Н.С. 2008, Терентьев П.В., Ростова Н.С., 1977). Метод ранговой корреляции Спирмена (Медик В.А., 2003). Для математических расчетов использовался офисный пакет MicrosoftOfficeExcel.

# **Глава III. результаты ИССЛЕДОВАНИЯ и их обсуждение**

## **3.1 Анализ качества среды по флуктуирующей асимметрии древесных форм растений.**

Проведя оценку отклонений состояния листьев берёзы даурской от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития в 2021 г., мы определили, что 4 территории имеют показатель степени загрязнения окружающей среды на уровне «грязно»: ул. Кантера 2, Медколледж, ТЭЦ, ул. Нагорная 87 (средний показатель величины асимметрии 0,054-0,058), 9 участков на территории города имеют показатель на уровне «загрязнено», 4 точки имеют показать «воздух чистый» (приложение: рис. 3 табл.1).

## **2.2. Анализ результатов экспресс-метода биоиндикации на основе состояния хвои сосны обыкновенной.**

Проведя оценку степени усыхания хвои сосны обыкновенной мы определили, что 4 территории: ул. Кантера 2, Медколледж, ТЭЦ, ул. Нагорная 87 (приложение: рис.4) имеют третий класс степени загрязнения, степень загрязнения атмосферного воздуха на территории 9 участков имеет 2ую степень загрязнения, 5 точек около 1ую степень загрязнения (приложение: рис. 4).

## **2.3. Результаты теста по Гертелю.**

Для более точного определения степени загрязнения воздуха мы использовали тест по Гертелю, результаты которого подтверждают уровень загрязнения территории в той ил иной степени (приложение: рис.4)

## **2.4. Анализ результатов метода лихеноиндикации.**

Анализ степени покрытия лишайниками, числа доминирующих видов позволил установить, что три территории (приложение: рис.5) (ТЭЦ, МедКолледж, Нагорная 87, Сибирская 130) имеют показатель на уровне «сильное загрязнение», в близи территорий Кантера 2, Луначарского 123, Наумова 97, Аэропорт, Атлант, ДЮСШ, Орлова-Школьная, определен средний уровень загрязнения. Уровень загрязнения воздуха определен как «относительно чистый» на территориях: Орлова 5б, Лиманская 43, Чкаловский городок, Горького 96, Орлова 3 (приложение: рис.5).

## **2.5. Показатели частоты встречаемости фенов клевера белого.**

На 50% исследуемых территорий (приложение: рис.6) определен показатель индекса соотношения фенов (ИСФ) в пределах от 31 до 40% , что свидетельствует об удовлетворительное состоянии почвы. Одна территория, вблизи ТЭЦ, определен показатель ИСФ в пределах: 60-80% - сильное загрязнение.

**2.6. Результаты корреляционного анализа.** Корреляционная связь показателей степени загрязнения атмосферного воздуха на основе анализа состояния хвои сосны обыкновенной, флуктуирующей асимметрии листьев березы, лихеноиндикации, частоты встречаемости фенов клевера белого, свидетельствующая о загрязнении почвы, определена на уровне сильной корреляционной связи, что свидетельствует о проведении достоверных исследований (приложение: рис.7).

# **Заключение**

В результате проведенного исследования наша гипотеза подтвердилась тк мы обнаружили места на территории города как с показателями по атмосферному воздуху и почвы на уровне «относительно чисто» (50% исследуемых территорий), так и «средняя степень загрязнения» и «сильное загрязнение». Результаты исследования являются достоверными. Для проведения исследований в текущем году мы увеличили не только количество исследуемых территорий, образцов, но и дополнили новыми методами, такими как частота встречаемости белых фенов у клевера. Практическая значимость данной работы заключается в возможности использования полученных результатов на эколого-просветительских мероприятиях, уроках биологии, экологии, создании информационного портала об экологическом состоянии территории города.

**Выводы**

1. Проведено исследование биологических тест-объектов (хвоя сосны обыкновенной, листовые пластины березы даурской, лишайники, листовая пластина клевера) на территории г. Николаевска-на-Амуре (n=17), в результате которого освоены методы биоиндикации и способы оценки степени загрязнения атмосферного воздуха и почвенного покрова.
2. Анализ корреляционных связей между показателями степени загрязнения атмосферного воздуха и почвенного покрова, полученными различными методами биоиндикации, показал их достоверную связь. Так, между показателями флуктуирующей асимметрии листьев березы и экспресс-оценки состояния хвои определена достоверная связь r=0.562, как и между показателями лихеноиндикации и состоянии хвои (0.456), величиной асимметрии и показателями лихеноиндикации (0.671).
3. Достоверные сильные корреляционные связи между значением ИСФ и флуктуирующей асимметрии листьев березы, экспресс-оценкой состояния хвои, показателями лихеноиндикации свидетельствуют о комплексном незначительном уровне загрязнения территории г. Николаевска-на-Амуре

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Битюкова, В.Р. Тенденции атмосферного загрязнения в городах России / В.Р. Битюкова, А.А. Попов // Экол. пром-ть России. – 2004. С.4 – 7.

2. Благоустройство городов и поселков / Герасимов Н. А.[и др.]. М - Л., 1950 – 160 с.

3. Влияние загрязнения атмосферы на лесные экосистемы. Лекции / В. Соловьев [и др.]. - Л.: ЛТА, 1989. - 48с.

4. Гелашвили, Д.Б. Количественные методы оценки загрязнения атмосферного воздуха / Экологический мониторинг. Методы биологического и физико-химического мониторинга. Ч IV. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2000 – 427 с.

5. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Хабаровском крае в 2013 году»Голицын, А.Н.

6. Основы промышленной экологии: учебник / А.Н. Голицын. – М.: Академия, 2002. – 240 с.

7. Гудериан, Р. Загрязнение воздушной среды / Р. Гудериан. – М.: Мир, 1979. – 200 с.

8. Кончина Т.А., Марина А.В. Возможности использования растений рода Клевер при изучении экологического состояния почв // Биология в школе. – 2010. - №7. – С.38-45.

9. Муравьев А.Г., Пугал Н.А., Лаврова В.Н. Экологический практикум: Учебное пособие с комплектом карт-инструкций / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. – 4-е изд. – СПб.: Крисмас+, 2014. – 176 с.: ил.

10. Николайкин, Н.И. Экология / Н.И. Николайкин, Н.Е. Николайкина, О.П. Мелехова.– М.: Дрофа, 2003. – 624 с.

11. Одум, Ю. Основы экологии. / Ю. Одум. – М.: Мир, 1975. – 345 с.

12. Степановских, А.С. Охрана окружающей среды: / А.С. Степановских. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 559 с.

13. Рост концентрации CO2 в атмосфере – всеобщее благо? / Алексеев [и др.] // Природа. – 1999. - №9. С. 13 – 16.

14.Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометиздат, 1979. – 448 с.

15.Руководящий документ: Руководство по контролю загрязнений атмосферы РД 52.04.186 – 89. – М.: 1991. - 694 с.

16.Тищенко, Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха : справочник : в 2-х ч. Ч. 1. Выделение вредных веществ / Н.Ф. Тищенко, А.Н. Тищенко. – М.: Химия, 1993. – 192 с.

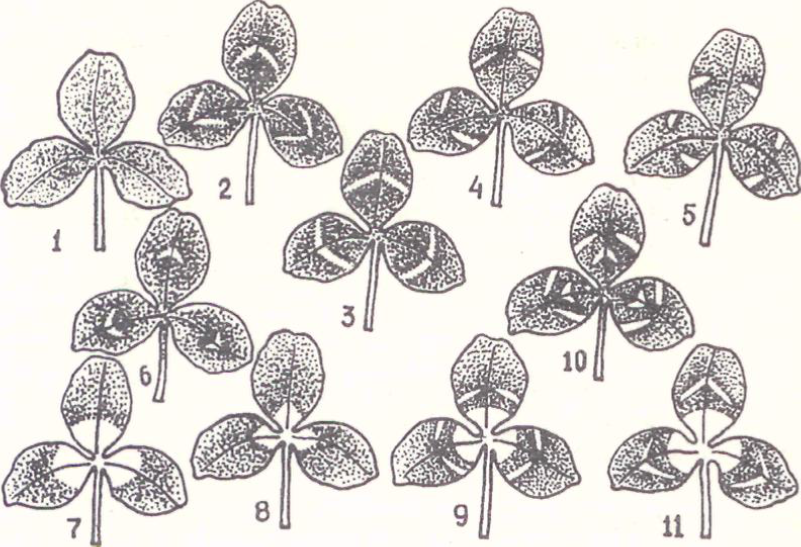
17.Тищенко, Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха: справочник: в 2-х ч. Ч. 2. Распределение вредных веществ / Н.Ф. Тищенко, А.Н. Тищенко. – М.: Химия, 1993. – 314 с.

18.Трахтенберг, И.М. Тяжелые металлы во внешней среде: современные гигиенические и токсикологические аспекты / И.М. Трахтенберг, В.С. 19.Колесников, В.П. Луковенко. – Минск: Наука и техника, 1994. – 286 с.

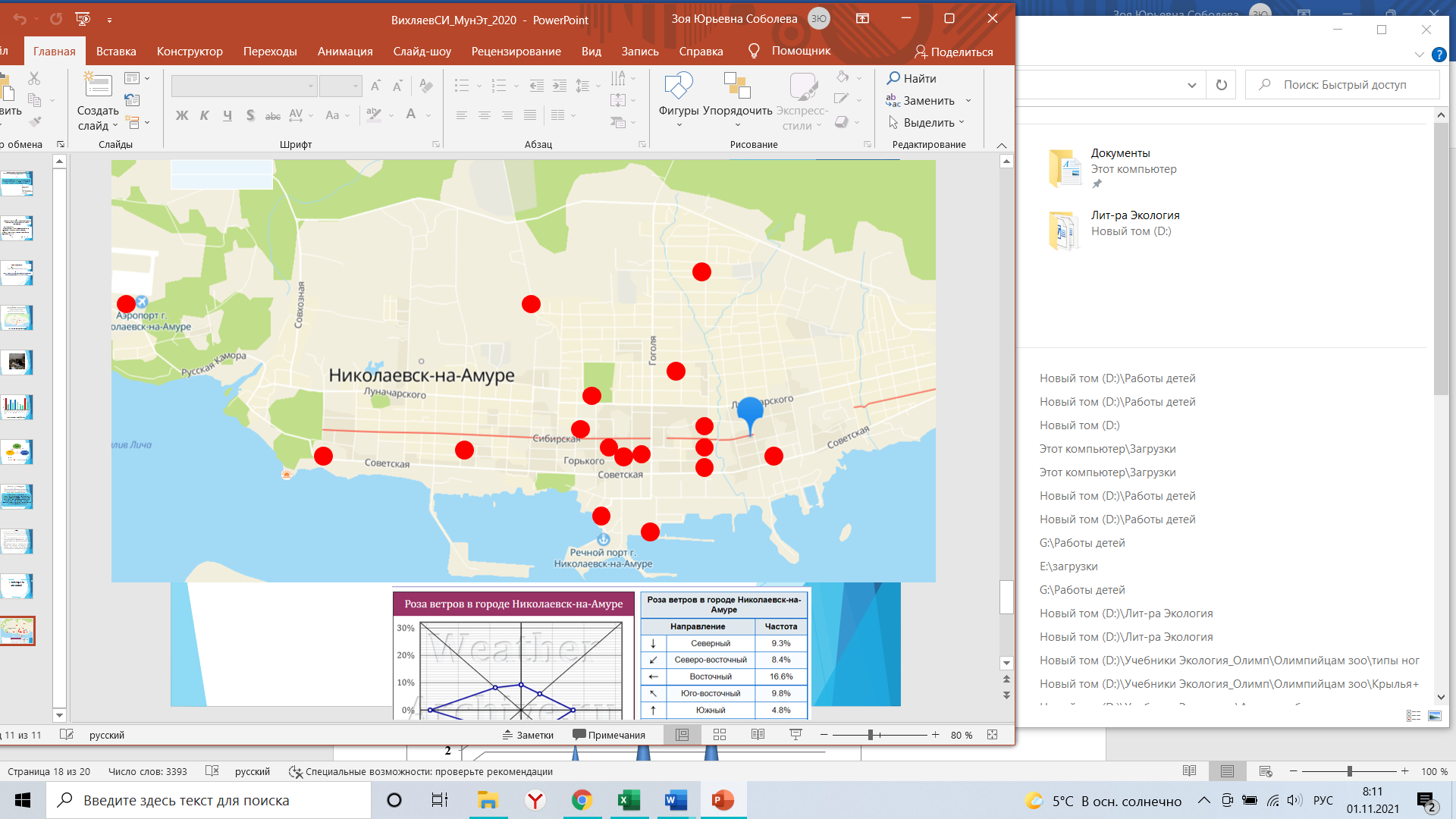
20.Экология и охрана природы: Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 31.12 Часть 1. / Р.Р. Иванова, Е.М. Романов, Е.Н. Щеглова.- Йошкар-Ола.: МарПИ, 1992. – 64 с

21. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. / Под ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический Проект («Gaudeamus»), 2006. – 416 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**



**Рис.1. Фенотипы клевера белого**



**Рис.2. Точки сбора биоиндикационных образцов**

**Рис.3. Средний показатель величины, флуктуирующей асимметрии листьев на территории** **г. Николаевска-на-Амуре**

**Рис.4. Показатели степени загрязнения атмосферного воздуха по результатам экспресс-оценки хвои**

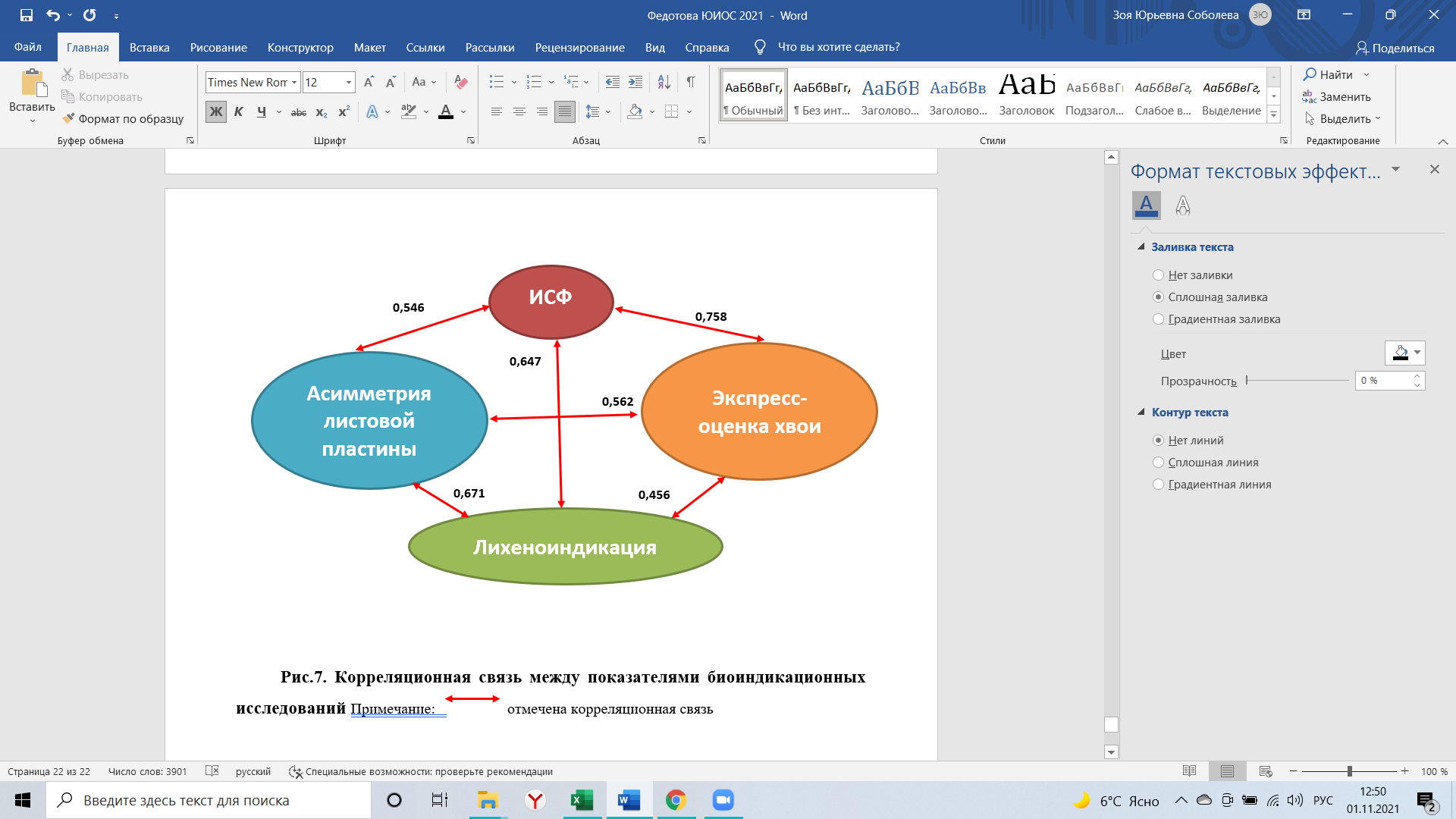
**Таблица 2**

**Расчеты величины, флуктуирующей асимметрии листьев на территории г. Николаевска-на-Амуре**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование территории | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Асимметрия листа |
| Лиманская 43 | 23 | 23 | 32 | 32 | 10 | 10 | 11 | 11 | 44 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,047619 | 0,010 |
| 22 | 25 | 32 | 27 | 10 | 9 | 10 | 10 | 40 | 40 | -0,06383 | 0,084746 | 0,052632 | 0 | 0 | 0,015 |
| 21 | 25 | 35 | 35 | 9 | 7 | 10 | 10 | 40 | 40 | -0,08696 | 0 | 0,125 | 0 | 0 | 0,008 |
| 19 | 17 | 28 | 9 | 12 | 11 | 10 | 10 | 34 | 33 | 0,055556 | 0,513514 | 0,043478 | 0 | 0,014925 | 0,125 |
| 20 | 23 | 33 | 31 | 11 | 6 | 9 | 10 | 39 | 40 | -0,06977 | 0,03125 | 0,294118 | -0,05263 | -0,01266 | 0,038 |
| 24 | 27 | 34 | 33 | 7 | 8 | 11 | 9 | 40 | 45 | -0,05882 | 0,014925 | -0,06667 | 0,1 | -0,05882 | 0,040 |
| 21 | 20 | 25 | 25 | 11 | 11 | 7 | 10 | 30 | 33 | 0,02439 | 0 | 0 | -0,17647 | -0,04762 | 0,040 |
| 22 | 23 | 30 | 32 | 11 | 11 | 10 | 10 | 33 | 31 | -0,02222 | -0,03226 | 0 | 0 | 0,03125 | 0,005 |
| 23 | 19 | 26 | 30 | 12 | 13 | 9 | 7 | 31 | 32 | 0,095238 | -0,07143 | -0,04 | 0,125 | -0,01587 | 0,019 |
| 20 | 19 | 27 | 30 | 5 | 5 | 9 | 10 | 42 | 38 | 0,025641 | -0,05263 | 0 | -0,05263 | 0,05 | 0,006 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **Асимметрия в выборке:** | | | | | **0,030** |
| Наумова 37 | 22 | 23 | 33 | 32 | 5 | 7 | 13 | 13 | 45 | 41 | -0,02222 | 0,015385 | -0,16667 | 0 | 0,046512 | 0,025 |
| 23 | 25 | 38 | 37 | 9 | 5 | 15 | 13 | 45 | 46 | -0,04167 | 0,013333 | 0,285714 | 0,071429 | -0,01099 | 0,064 |
| 23 | 23 | 33 | 33 | 8 | 5 | 12 | 12 | 45 | 48 | 0 | 0 | 0,230769 | 0 | -0,03226 | 0,040 |
| 25 | 25 | 35 | 38 | 7 | 10 | 15 | 14 | 45 | 46 | 0 | -0,0411 | -0,17647 | 0,034483 | -0,01099 | 0,039 |
| 20 | 22 | 30 | 29 | 7 | 4 | 10 | 11 | 41 | 40 | -0,04762 | 0,016949 | 0,272727 | -0,04762 | 0,012346 | 0,041 |
| 25 | 20 | 40 | 40 | 9 | 5 | 16 | 13 | 49 | 45 | 0,111111 | 0 | 0,285714 | 0,103448 | 0,042553 | 0,109 |
| 12 | 12 | 30 | 30 | 10 | 14 | 10 | 10 | 39 | 37 | 0 | 0 | -0,16667 | 0 | 0,026316 | 0,028 |
| Горького96 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **Асимметрия в выборке:** | | | | | **0,049** |
|  | 17 | 18 | 28 | 29 | 5 | 4 | 10 | 11 | 54 | 46 | -0,02857 | -0,01754 | 0,111111 | -0,04762 | 0,08 | 0,019 |
| 17 | 18 | 27 | 27 | 4 | 3 | 10 | 10 | 59 | 59 | -0,02857 | 0 | 0,142857 | 0 | 0 | 0,023 |
| 16 | 18 | 26 | 25 | 4 | 3 | 11 | 10 | 60 | 51 | -0,05882 | 0,019608 | 0,142857 | 0,047619 | 0,081081 | 0,046 |
| 17 | 17 | 25 | 25 | 3 | 4 | 10 | 10 | 60 | 53 | 0 | 0 | -0,14286 | 0 | 0,061947 | 0,016 |
| 18 | 17 | 26 | 27 | 5 | 3 | 11 | 9 | 50 | 50 | 0,028571 | -0,01887 | 0,25 | 0,1 | 0 | 0,072 |
| 13 | 16 | 23 | 22 | 4 | 5 | 10 | 10 | 45 | 45 | -0,10345 | 0,022222 | -0,11111 | 0 | 0 | 0,038 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **Асимметрия в выборке:** | | | | | **0,036** |
| Орлова 3 | 23 | 23 | 34 | 34 | 13 | 11 | 10 | 11 | 43 | 50 | 0 | 0 | 0,083333 | -0,04762 | -0,07527 | 0,008 |
| 17 | 20 | 29 | 30 | 5 | 4 | 8 | 9 | 44 | 40 | -0,08108 | -0,01695 | 0,111111 | -0,05882 | 0,047619 | 0,000 |
| 23 | 20 | 35 | 33 | 5 | 6 | 13 | 10 | 42 | 41 | 0,069767 | 0,029412 | -0,09091 | 0,130435 | 0,012048 | 0,030 |
| 28 | 28 | 40 | 39 | 6 | 5 | 13 | 13 | 54 | 53 | 0 | 0,012658 | 0,090909 | 0 | 0,009346 | 0,023 |
| 20 | 22 | 32 | 33 | 5 | 6 | 13 | 11 | 43 | 48 | -0,04762 | -0,01538 | -0,09091 | 0,083333 | -0,05495 | 0,025 |
| 23 | 20 | 30 | 33 | 5 | 6 | 10 | 10 | 39 | 41 | 0,069767 | -0,04762 | -0,09091 | 0 | -0,025 | 0,019 |
| 19 | 19 | 33 | 29 | 5 | 5 | 8 | 10 | 43 | 42 | 0 | 0,064516 | 0 | -0,11111 | 0,011765 | 0,007 |
| 26 | 28 | 40 | 38 | 7 | 7 | 13 | 14 | 47 | 49 | -0,03704 | 0,025641 | 0 | -0,03704 | -0,02083 | 0,014 |
| 22 | 19 | 30 | 30 | 7 | 4 | 10 | 10 | 44 | 45 | 0,073171 | 0 | 0,272727 | 0 | -0,01124 | 0,067 |
| 25 | 25 | 36 | 35 | 6 | 8 | 13 | 12 | 41 | 43 | 0 | 0,014085 | -0,14286 | 0,04 | -0,02381 | 0,023 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **Асимметрия в выборке:** | | | | | **0,022** |

**Рис.5. Показатели степени загрязнения атмосферного воздуха по результатам лихеноиндикации.**

**Рис.6.** Значения ИСФ (индекс соотношения фенов)



**Рис.7. Корреляционная связь между показателями биоиндикационных исследований** Примечание: отмечена корреляционная связь