

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НЕТИПОВОЕ  
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ПЕНЗЕНСКОЙ  
ОБЛАСТИ «ГУБЕРНСКИЙ ЛИЦЕЙ»**

**БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПО ЧАСТОТАМ  
ВСТРЕЧАЕМОСТИ ФЕНОВ КЛЕВЕРА  
БЕЛОГО В ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Выполнила: Кривошеева Полина,**  
учащаяся 11х/б класса

**Научный руководитель: Суханова Е. В.,**  
учитель биологии и экологии

**Пенза, 2020**

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| Введение .....   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Глава 1. Обзор литературы.....                                   | 6                                   |
| 1.1 Загрязнение окружающей среды и его виды .....                | 6                                   |
| 1.2 Биоиндикация .....   | 8                                   |
| 1.3. Экология и биология клевера белого.....                     | 10                                  |
| 1.4 Морфогенетический полиморфизм листьев клевера ползучего..... | 11                                  |
| Глава 2. Материалы и методы исследований .....                   | 14                                  |
| 2.1.Методика работы.....   | 14                                  |
| 2.2.Точки исследования.....                                      | 16                                  |
| Глава 3. Результаты исследования.....                            | 20                                  |
| Литература.....  | 24                                  |
| Приложение 1.....  | 25                                  |
| Приложение 2.....  | 26                                  |
| Приложение 3.....  | 29                                  |

## **Введение**

Природная среда находится под влиянием все возрастающей антропогенной нагрузки, из-за которой возникают локальные, региональные и глобальные нарушения. Результат антропогенного воздействия на окружающую среду - глобальная проблема человечества, которое изменяет природу ради улучшения своей жизни. Люди должны понимать, что у всех действий есть последствия, что загрязнение окружающей среды бумерангом вернется ухудшением состояния здоровья человека.

Именно поэтому существует необходимость широкого применения надежных и доступных методов оценки воздействия человека на естественные экосистемы и выявления аномалий экологических факторов. Одним из таких методов представляет собой биоиндикация, принцип которой состоит в выявлении ответных реакций живых организмов на внешние воздействия.

Биоиндикация – это оценка состояния среды с помощью живых объектов обнаружение и определение антропогенных нагрузок по реакциям на них живых организмов и их сообществ.

**Актуальность исследования:** метод биоиндикации является самым доступным и дешевым по сравнению с другими методами оценки окружающей среды. Наличие или отсутствие изменений в строении биоиндикатора показывает малейшие изменения состояния среды, так как эти организмы очень чувствительны. Определение степени загрязненности среды позволит принять своевременные меры по устранению источника загрязнения. Под воздействием антропогенных факторов в популяциях увеличивается частота встречаемости специфических фенотипов клевера

Белого, которая является биоиндикатором загрязнения окружающей среды.

**Цель исследования** – определить состояние окружающей среды с помощью метода биоиндикации по частотам встречаемости фенов клевера белого.

**Задачи:**

1. Собрать, проанализировать и систематизировать теоретический и справочный материал по теме исследования.

2. Освоить методику индикации состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов белого клевера.

3. Выбрать площадки в разных районах, различающиеся антропогенной нагрузкой, где произрастает клевер белый.

4. Оценить степень загрязненности окружающей среды, используя методику индикации состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов клевера Белого. Произвести расчет частоты встречаемости отдельных фенов и суммарную частоту встречаемости фенов.

5. Сравнить степень загрязненности окружающей среды в разных районах города методом биоиндикации.

**Объект исследования:** фены Клевера Белого

**Предмет исследования:** изменение фенов клевера под воздействием окружающей среды

**Гипотеза:** изменения внешнего вида клевера Белого на территории с высокой антропогенной нагрузкой могут показать степень загрязненности окружающей среды.

**Практическая значимость:** метод биоиндикации доступен всем от школьников младших классов до людей, далеких от биологии, так как он не требует никаких материальных затрат и использования дорогостоящего оборудования. Клевер Белый один из самых распространенных видов на

территории Пензенской области и его легко найти, так как он произрастает повсеместно.

**Новизна исследования:** методика биоиндикации окружающей среды по частотам встречаемости фенов белого клевера ранее не применялась на территории Пензенской области.

## **Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

### **1.1. Загрязнение окружающей среды и его виды.**

Загрязнение окружающей среды, под которой понимаются также природная среда и биосфера — это повышенное содержание в ней физических, химических или биологических реагентов, не характерных для данной среды, занесенных извне, наличие которых приводит к негативным последствиям.

#### **Виды и основные источники загрязнения окружающей среды**

Основные виды загрязнений классифицируют сами источники загрязнения окружающей среды:

- биологическое;
- химическое
- физическое;
- механическое.

Каждый тип загрязнения имеет характерный для него источник загрязнения, который является началом поступления загрязнителя в окружающую среду.

Различают природные и антропогенные источники загрязнения. Основные природные источники поступления токсикантов в окружающую среду — ветровая пыль, лесные пожары, вулканический материал, растительность, морские соли. Антропогенные источники — это первичное и вторичное производство цветных металлов, стали, чугуна, железа, добыча полезных ископаемых, автомобильный транспорт, химическая промышленность, производство фосфатных удобрений, процессы сжигания угля, нефти, газа и древесины [О.А. Ляшенко, 2012].

Антропогенное загрязнение окружающей среды подразделяют на:

-пылевое,

- шумовое,
- радиационное,
- электромагнитное,
- газовое,
- химическое (в том числе загрязнение почвы химикатами),
- ароматическое,
- тепловое (изменение температуры воды, воздуха, почвы).

На территории Пензенской области можно обнаружить два вида загрязнений: промышленные и загрязнение бытовыми отходами. Они могут иметь как локальный, так и региональный характер. При этом загрязнение природной среды распространяется неравномерно, что вызвано характером размещения по области промышленных предприятий. Наиболее сильно загрязняют среду металлургическая, энергетическая, целлюлозно-бумажная, деревообрабатывающая отрасли промышленности, автотранспорт.

В Октябрьском районе города расположены крупные промышленные предприятия: ОАО «Пензтяжпромартматура», ОАО «Пензхиммаш», «Арбековская котельная», ОАО «Электроприбор», ОАО «Радиозавод», ОАО «Мясоптицекомбинат «Пензенский»», а также автомагистрали с интенсивным движением транспорта.

В Ленинском районе города среди предприятий можно отметить, такие как: ОАО «Электромеханика», ОАО «Пензэнерго», ООО «Пензенский завод коммунального машиностроения», ООО Пивоваренный завод «Самко», НИИ физических измерений, ЗАО НИИФИ и ВТ.

В Железнодорожном районе действует 2660 предприятий и организаций различных форм собственности. На территории района расположена крупнейшая в области Теплогенерирующая компания № 6, около 30 ведущих промышленных предприятий. В их числе ОАО «Маяк», ОАО «Биосинтез», ОАО «Пензенский арматурный завод», ОАО «Пензенский комбинат хлебопродуктов», ОАО «Дрожжевой завод

Пензенский», ЗАО «Исток», ЗАО ПТФ «Пекоф», сосредоточено значительное количество строительных и транспортных предприятий, предприятий торговли и общественного питания. На территории района находится филиал Куйбышевской железной дороги ОАО «РЖД» в г. Пензе, расположены вокзалы станций Пенза I, Пенза II, Пенза III, Пенза IV, а также крупнейший в области автовокзал.

В Первомайском районе зарегистрировано свыше 3000 хозяйствующих субъектов, 30 крупных и средних промышленных предприятий, представляющих машиностроение, строительную отрасль, лёгкую и пищевую промышленность. Из перерабатывающих предприятий широкую известность имеет ЗАО «Пензенская кондитерская фабрика». Кроме того, на территории Первомайского района находятся аэропорт, ГТРК «Пенза», ЗАО «ТРК «Наш Дом»», ООО «Горводоканал», МУП «Зелёное хозяйство», торговые центры, предприятия государственной собственности и учреждения.

## **1.2 Биоиндикация.**

Биоиндикация – это биологическая дисциплина, изучающая окружающую среду на основе сведений характеризующих состояние обитающих в ней организмов, их численности и состава биоты. Биоиндикация основана на выявлении изменений, происходящих в живых системах в ответ на действия факторов среды их обитания.

Биоиндикация представляет собой доступный первичный способ оценки окружающей среды, поскольку даёт ответ о непосредственном влиянии на живые системы ее факторов.

Биоиндикаторы – это живые организмы или их сообщества, наличие, численность, особенности строения и характер жизнедеятельности которых служат показателями объектов биоиндикации. Данные объекты представляют собой конкретные условия среды обитания биоиндикаторов, процессы ее естественных изменений, а также изменений, вызванных антропогенным воздействием [В.Б.Скупченко, Л.О. Соколова, 2008г.]



Биоиндикаторами могут быть живые организмы, обладающие хорошо выраженной реакцией на внешнее воздействие: различные виды бактерий, водорослей, грибов, растений, животных. Существенным свойством биоиндикаторов является чувствительность.

Растениям отводится особое место при биоиндикаторной оценке состояния окружающей среды. В связи с автотрофным характером метаболизма растения очень чутко реагируют на загрязненность окружающей среды, проявляя высокую чувствительность, особенно к действию газообразных токсинов, а также тяжелых металлов.

В отличие от животных, растения, как наземные, так и многие пресноводные, прочно связаны со своим местообитанием, что облегчает задачу учета факторов, действующих на растительный организм со стороны корневой системы, и позволяет широко использовать растения в целях фитоиндикации и контроля загрязненности как воздушной среды, так почвы и гидросферы. [Ляшенко О.А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды 2012г.].

Биоиндикаторы – это биологические объекты (от клеток и биологических макромолекул до экосистем и биосферы), используемые для оценки состояния среды.

С помощью биоиндикаторов может проводиться оценка как абиотических факторов (температура, влажность, кислотность, соленость, содержание поллютантов и т.д.), так и биотических (благополучие организмов, их популяций и сообществ).

Достоинством биоиндикаторов является то, что они характеризуются следующими особенностями:

- Реакция на относительно слабые нагрузки вследствие эффекта кумуляции дозы;
- Суммирование действий различных антропогенных факторов;
- Не требуется регистрация химических и физических параметров; характеризующих состояние окружающей среды;

- Возможность оценки и контроля степени воздействия загрязняющих веществ на живые организмы и человека [Вайнерт Э., Вальтер Р., Ветцель Т. и др. 1988г.].

- Связаны со своим местообитанием, обладают высокой чувствительностью и стабильностью ответных реакций на действие различных внешних факторов.

### **1.3. Экология и биология клевера Белого.**

**Клевер ползучий, или Клевер белый, или Клевер голландский, или Кашка белая, или Амория ползучая (лат. *Trifolium repens*)** – растение из рода Клевер подсемейства Мотыльковые семейства Бобовые.

#### **Научная классификация:**

Домен: Эукариоты

Царство: Растения

Подцарство: Зелёные растения

Отдел: Цветковые

Класс: Двудольные

Надпорядок: *Rosanae*

Порядок: Бобовоцветные

Семейство: Бобовые

Подсемейство: Мотыльковые

Триба: Клеверные

Род: Клевер

Вид: Клевер ползучий

**Клевер ползучий (*Trifolium repens* L.)** - влаголюбивое и светолубивое зимостойкое растение, хорошо развивающееся на почвах разного плодородия, с реакцией среды от кислой до щелочной. Прекрасное

кормовое пастбищное растение, устойчивое к вытаптыванию и уплотнению почвы и хорошо отрастающее во второй половине лета после стравливания. Как и многие другие виды клевера, улучшает плодородие и структуру почвы.

По биологии ползучий белый клевер значительно отличается от других известных в культуре многолетних видов — клевера красного и клеверарозового. Продолжительность жизни его в условиях культуры 3—5 лет.

В естественных условиях он сохраняется гораздо дольше, чему способствует укоренение стеблей на узлах.

### **Распространение и экология**

Распространён в зоне умеренного климата — в Северной Африке, Малой, Передней и Средней Азии, Пакистане, практически повсюду в Европе и Закавказье.

Широко натурализовался на юге Африки, в тропических районах Азии, в Австралии и Новой Зеландии, в Северной и Южной Америке.

В России встречается в Европейской части, на Кавказе, в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и Камчатке.

Растёт по полям и лугам, берегам водоёмов и обочинам дорог, на пастбищах и возле жилья. Часто сорничает в посевах. К почвам нетребователен. Влаго- и светолюбив. Морозостоек. Имеет от трёх до шести пластинок листьев, рекорд — 21, иногда в одном скоплении почти нет трёхлистных. [[http://wikiredia.ru/wiki/Клевер\\_белый](http://wikiredia.ru/wiki/Клевер_белый).].

### **1.4. Морфогенетический полиморфизм листьев клевера ползучего**

Характерной особенностью природных популяций клевера ползучего является полиморфизм по форме седого рисунка (пятна) на листовой пластинке. Рисунок на листе может отличаться расположением, окраской, интенсивностью проявления, размером. На его выраженность оказывают

влияние возраст, форма, относительный размер листьев. Доказано, что разнообразие растений по этому признаку определяется серией множественных аллелей гена V (Табл. 1).

Таблица 1. Генетическая детерминация разнообразия формы «седых» пятен на листьях клевера (по П.Я. Шварцману, 1986)

| Аллель | Фен                                  | Обозначение фена |
|--------|--------------------------------------|------------------|
| v      | Пятно отсутствует                    | О                |
| V      | Полное пятно                         | А                |
| VH     | Полное пятно, высокое                | АН               |
| VB     | Разорванное пятно                    | В                |
| VBh    | Разорванное высокое                  | ВН               |
| VP     | Центральная верхняя точка            | С                |
| VF     | Большое сплошное пятно у основания   | Д                |
| VS     | Низкое треугольное пятно у основания | Е                |

Наличие «седого» пятна на листьях – признак доминантный (V), его отсутствие – рецессивный (v). Все аллели гена V нарушают нормальное развитие хлорофилла в палисадных клетках светлой зоны листа, приводят к сокращению в них количества хлоропластов вплоть до их полного отсутствия, способствуют уменьшению размеров палисадных клеток и увеличению пространства между ними, более ранней гибели клеток.

Различные уровни расположения пятен соответствуют времени действия соответствующих аллелей, нарушающих нормальное развитие хлорофилла, в онтогенезе. Насчитывается 11 или более аллелей этого гена. Для большинства комбинаций аллелей характерно их проявление совместно с образованием различных вариантов (Табл. 2). Форма седого рисунка на пластинках листа клевера ползучего и частота его встречаемости – индикатор загрязнения среды обитания.

Таблица 2. Гомо- и гетерозиготы по аллелям гена V, определяющего рисунок «седого» пятна на листьях клевера ползучего [Г.Г. Соколова, Г.Т. Камалтдинова ].

|                      | 1<br>v      | 2<br>V      | 3<br>V <sup>H</sup>                                 | 4<br>V <sup>B</sup>   | 5<br>V <sup>BH</sup>   | 6<br>V <sup>P</sup>                                      | 7<br>V <sup>F</sup>                                      | 8<br>V <sup>E</sup>                                      |
|----------------------|-------------|-------------|---|---|--|--|--|--|
| 1<br>v               | <br>VV<br>0 | <br>Vv<br>A | <br>V <sup>H</sup> v<br>A <sup>H</sup>              | <br>V <sup>B</sup> v<br>B   | <br>V <sup>BH</sup> v<br>B <sup>H</sup>                                | <br>V <sup>P</sup> v<br>C                                | <br>V <sup>F</sup> v<br>D                                | <br>V <sup>E</sup> v<br>E                                |
| 2<br>V               |             | <br>VV<br>A | <br>V <sup>H</sup> V<br>A <sup>H</sup> A            | <br>V <sup>B</sup> V<br>A (B)   | <br>V <sup>BH</sup> V<br>A (B <sup>H</sup> )                           | <br>V <sup>P</sup> V<br>A (C)                            | <br>V <sup>F</sup> V<br>A (D)                            | <br>V <sup>E</sup> V<br>A (E)                            |
| 3<br>V <sup>H</sup>  |             |             | <br>V <sup>H</sup> V <sup>H</sup><br>A <sup>H</sup> | <br>V <sup>H</sup> V <sup>B</sup><br>A <sup>H</sup> (B <sup>H</sup> ) | <br>V <sup>H</sup> V <sup>BH</sup><br>A <sup>H</sup> (B <sup>H</sup> ) | <br>V <sup>H</sup> V <sup>P</sup><br>A <sup>H</sup> (C)  | <br>V <sup>H</sup> V <sup>F</sup><br>A <sup>H</sup> (D)  | <br>V <sup>H</sup> V <sup>E</sup><br>A <sup>H</sup> (E)  |
| 4<br>V <sup>B</sup>  |             |             |   | <br>V <sup>B</sup> V <sup>B</sup><br>B                                | <br>V <sup>B</sup> V <sup>BH</sup><br>B (B <sup>H</sup> )              | <br>V <sup>B</sup> V <sup>P</sup><br>B (C)               | <br>V <sup>B</sup> V <sup>F</sup><br>B (D)               | <br>V <sup>B</sup> V <sup>E</sup><br>B (E)               |
| 5<br>V <sup>BH</sup> |             |             |   |   | <br>V <sup>BH</sup> V <sup>BH</sup><br>B <sup>H</sup>                  | <br>V <sup>BH</sup> V <sup>P</sup><br>B <sup>H</sup> (C) | <br>V <sup>BH</sup> V <sup>F</sup><br>B <sup>H</sup> (D) | <br>V <sup>BH</sup> V <sup>E</sup><br>B <sup>H</sup> (E) |
| 6<br>V <sup>P</sup>  |             |             |   |   |  | <br>V <sup>P</sup> V <sup>P</sup><br>C                   | <br>V <sup>P</sup> V <sup>F</sup><br>C (D)               | <br>V <sup>P</sup> V <sup>E</sup><br>C (E)               |
| 7<br>V <sup>F</sup>  |             |             |   |   |  |  | <br>V <sup>F</sup> V <sup>F</sup><br>D                   | <br>V <sup>F</sup> V <sup>E</sup><br>D (E)               |
| 8<br>V <sup>E</sup>  |             |             |   |   |  |  |  | <br>V <sup>E</sup> V <sup>E</sup><br>E                   |

## **Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.**

### **2.1 Методика работы.**

Исследование проводилось на основе методики «Индикация состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов белого клевера» (Ашихмина Т. Я., 2005 г.).

Фены - это четко различающиеся варианты какого-либо признака или свойства биологического вида.

Под воздействием антропогенных факторов в популяциях увеличивается частота встречаемости специфических фенов у различных видов растений и животных. Таким образом, частота встречаемости некоторых фенов является биологическим индикатором воздействия антропогенных факторов, в том числе загрязнения.

В качестве биоиндикатора был использован клевер Белый. Форма седого рисунка на пластинках листа и частота встречаемости использовались как индикатор загрязненности среды.

Наблюдения осуществлялись путем подсчета форм с различным рисунком и без него, и путем последующего расчета частоты встречаемости в процентах.

Сначала задается направление движения, по которому проводится исследование. Обнаружив экземпляр клевера Белого (обычно в виде куртинки), определяем его фенотип по рисунку (см. рис. 1) и делаем отметку в графе рабочей таблицы.

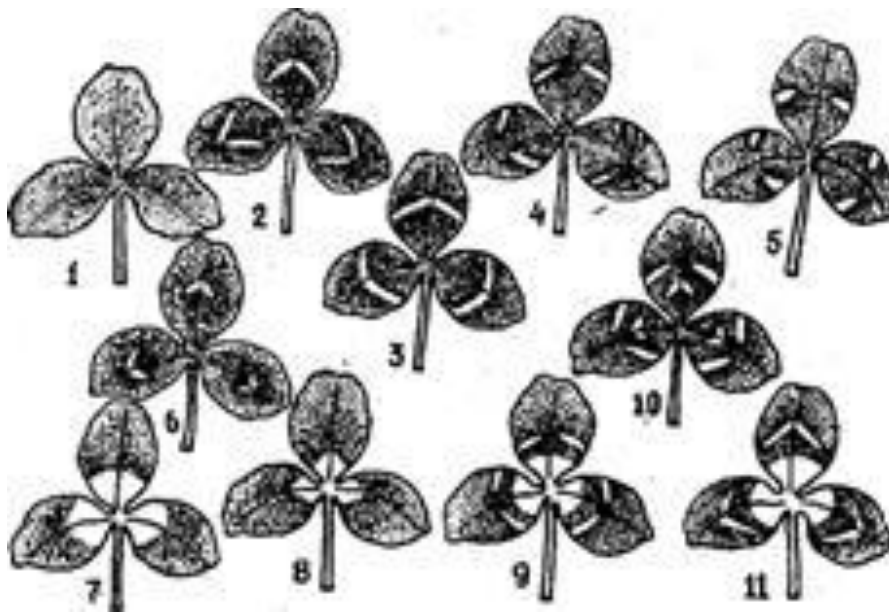


Рис. 1. Фенотипы клевера Белого

Отсчеты фенов проводятся не чаще, чем через 2-3 шага. Эта процедура повторяется по ходу движения в заданном направлении до конца пробной площадки. После этого направление движения меняется. Если в какой-либо точке площадки обнаруживаются два разных фена, то данный результат не учитывается ввиду переплетения куртинок.

При обнаружении на пробной площадке фенов, не указанных на рисунке, результаты вносятся в графу «новые формы». Отдельно отмечается наличие растений с какими-либо уникальными фенами (например, с рисунком красного цвета), растения-мутанты с четырьмя, пятью и более листьями.

Для популяции белого клевера на каждой пробной площадке рассчитываются частоты встречаемости отдельных фенов  $P_i$ , а также суммарная частота встречаемости всех форм с рисунком (индекс соотношения фенов ИСФ) в процентах:

$$P_i = 100n_i/N,$$

$$\text{ИСФ} = 100(n_2 + n_3 + \dots)/N,$$

где  $P_i$  – частота  $i$ -го фена,

$n_i$  – количество учтённых растений с  $i$ -м рисунком на листовой пластинке

$N$  – общее число учтённых растений.

Результаты заносятся в таблицу.

Определение степени загрязнения проводится по таблице 3.

Таблица 3. Характеристика состояния окружающей среды по индексу соотношения фонов (ИСФ)

| Показатель ИСФ              | Классификация загрязнения среды (%) |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| Чистый                      | 0-30                                |
| Слабо загрязненный          | 31-45                               |
| Загрязненный                | 45-70                               |
| Высокий уровень загрязнения | 71-100                              |

## 2.2. Точки исследования

Нами были выбраны следующие точки исследования:

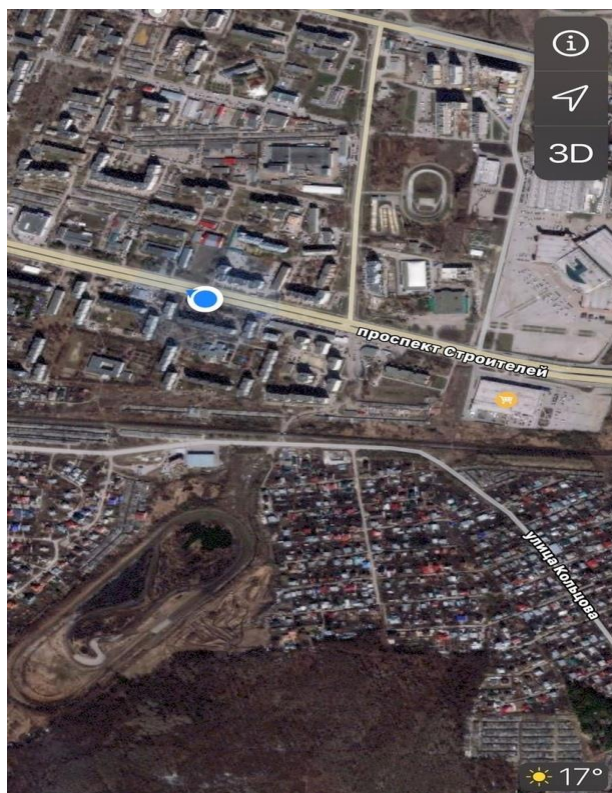
1. Территория Губернского лицея (ул. Попова 66, Первомайский район)



Напротив лицея находится Олимпийская аллея, на которой располагается большое количество зеленых насаждений. Единственный источник загрязнения на данной территории – автомобильная дорога, которая используется по большей части лишь жителями ближайших домов.

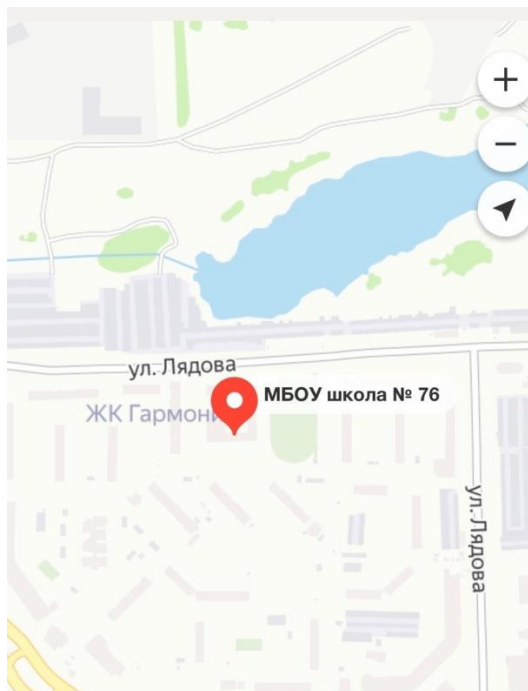


2. Проспект Строителей (территория около дороги, Октябрьский район)



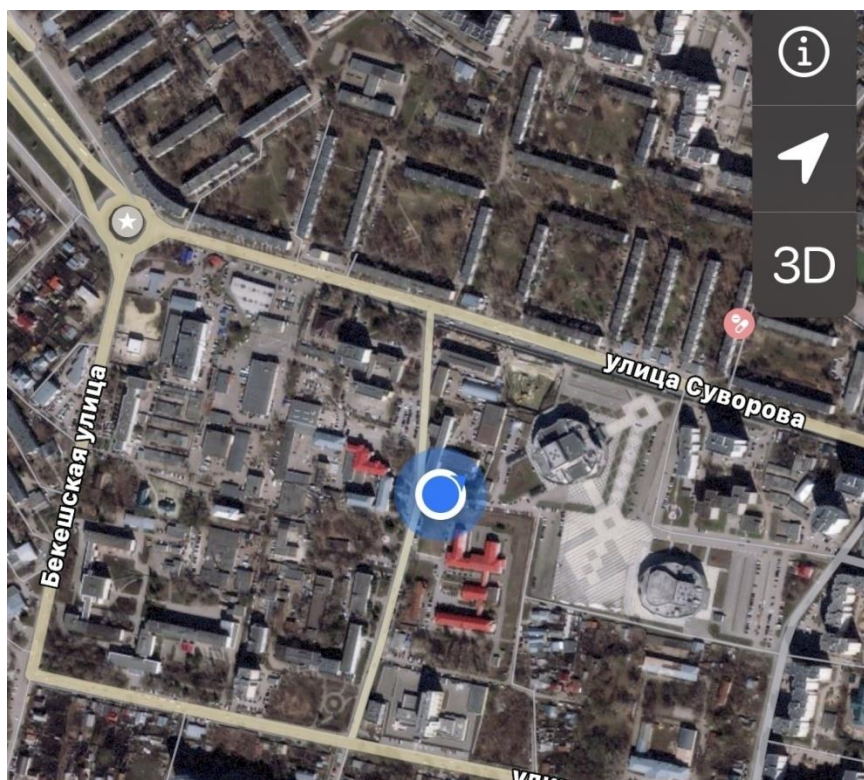
Выбранная нами территория находится около проезжей части, рядом располагаются железнодорожные пути. Эти факторы могут служить источниками загрязнения. Рядом располагается Арбековский лес.

### 3. Территория МБОУ СОШ № 76 (Октябрьский район)



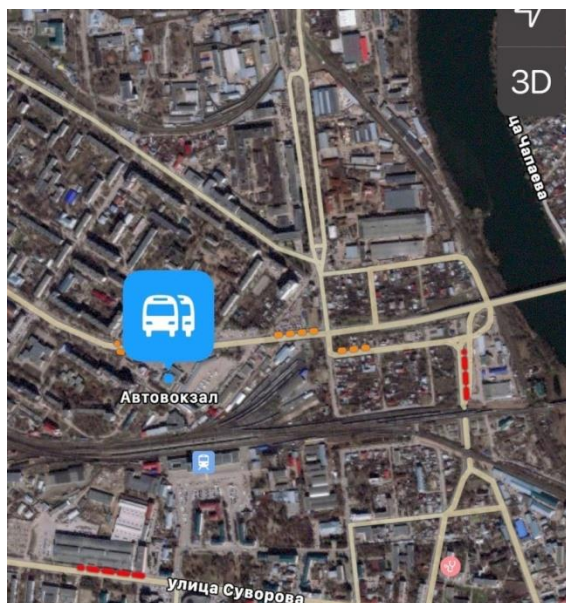
На территории школы располагаются зеленые насаждения. Основной источник возможного загрязнения – автомобильная дорога, расположенная в нескольких метрах от точки, но транспортное движение на этом участке не оживленное. Недалеко располагается Арбековский лес.

### 4. Ул. Суворова (Ленинский район)



Выбранная территория находится в жилом районе, рядом находится проезжая часть с активным транспортным движением, автомобильная стоянка. Зеленых насаждений немного.

5. Территория около Автовокзала (ул. Луначарского, Железнодорожный район)



Территория находится около проезжей части с активным транспортным движением, рядом находится железная дорога, крупная ТЭЦ № 1, Пензенский арматурный завод, которые являются потенциальными источниками загрязнения.

Данные точки были выбраны нами, исходя из месторасположения. Мы выбирали точки, которые находятся в разных районах города, чтобы охватить большую территорию города. Также мы учитывали загруженность территории, наличие или отсутствие поблизости дорог с интенсивным движением, предприятий, что позволило сравнить полученные результаты.

Клевер белый произрастает не повсеместно, поэтому его наличие на территории играло решающую роль ее выбора.

### Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

В таблице 4 представлено число особей различных фенов, найденных на территории. Фотографии всех найденных фенов представлены в Приложении 2.

Таблица 4. Количество особей разных фенов на территории.

| Место сбора                                  | Число особей |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |            |
|--|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|------------|
|  | Фен 1        | фен 2 | фен 3 | фен 4 | фен 5 | фен 6 | фен 7 | фен 8 | фен 9 | фен 10 | фен 11 | Новые фены |
| 1.Губернский лицей (всего пластинок: 97)     | 60           | 29    | -     | -     | -     | 8     | -     | -     | -     | -      | -      | -          |
| 2. Проспект Строителя (всего пластинок: 300) | 96           | 169   | 20    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -      | 15         |
| 3. Школа № 76 (всего пластинок: 120)         | 74           | 28    | 13    | -     | -     | 5     | -     | -     | -     | -      | -      | -          |
| 4.Улица Суворова(всего пластинок: 255)       | 87           | 38    | -     | -     | 3     | -     | -     | -     | -     | -      | -      | 125        |
| 6.Автовокзал (всего пластинок: 89)           | 10           | 65    | 14    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -      | -          |

Освоив методику биоиндикации окружающей среды по частотам встречаемости фенов клевера белого, мы произвели подсчеты количества особей с тем или иным феном на выбранной территории. Затем мы посчитали частоту встречаемости отдельных фенов клевера белого по формуле, представленной в методике исследования. Результаты подсчетов представлены в таблице 4.

Таблица 5. Частота встречаемости отдельных фенов клевера белого.

| Место сбора            | Частота фена, % |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |       |
|------------------------|-----------------|----|----|---|---|---|---|---|---|----|----|-------|
|                        | 1               | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | новые |
| 1. Губернский лицей    | 62              | 30 | -  | - | - | 8 | - | - | - | -  | -  | -     |
| 2. Проспект Строителей | 32              | 56 | 7  | - | - | - | - | - | - | -  | -  | 5     |
| 3. Школа № 76          | 62              | 23 | 11 | - | - | 4 | - | - | - | -  | -  | -     |
| 4. Улица Суворова      | 35              | 15 | -  | - | 1 | - | - | - | - | -  | -  | 49    |
| 5. Автовокзал          | 11              | 73 | 16 | - | - | - | - | - | - | -  | -  | -     |

Нами были исследованы 5 точек. Во всех изученных точках встречаются феноны № 1,2. Феноны № 4,7,8,9,10,11 не обнаружены ни на одной точке исследования.

Фен № 6 был обнаружен только на территории Губернского лицея и школы № 76, на других участках этот фен обнаружен не был.

Фен № 5 был обнаружен только на участке улицы Суворова, но в малом количестве.

Новые феноны были обнаружены на участке проспекта Строителей и на улице Суворова (см. Приложение 1).

Мы рассчитали суммарную частоту встречаемости всех форм клевера с рисунком по формуле, представленной в главе 2. Соотнесли показатель ИСФ с таблицей 3 (Характеристика состояния окружающей среды по индексу соотношения фенонов (ИСФ)) и выяснили степень загрязненности выбранных территорий. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 6. Суммарная частота встречаемости всех форм с рисунком (индекс соотношения фенов ИСФ) в процентах.

| Точка исследования     | Индекс соотношения фенов с рисунком, % | Показатель ИСФ              |
|------------------------|--|-----------------------------|
| 1. Губернский лицей    | 39                                     | Слабо загрязненный          |
| 2. Проспект Строителей | 68                                     | Загрязненный                |
| 3. Школа № 76          | 38                                     | Слабо загрязненный          |
| 4. Улица Суворова      | 65                                     | Загрязнённый                |
| 5. Автовокзал          | 89                                     | Высокий уровень загрязнения |

Наиболее загрязненной точкой оказался Автовокзал. Это можно связать с тем, что Автовокзал находится в Железнодорожном районе, где большое количество предприятий, таких как заводы, ТЭС. На территории автовокзала находится стоянка большого количества машин, которые тоже могут являться источниками антропогенного загрязнения. Рядом с данной точкой также находится проезжая часть и трасса М5 с большой загруженностью.

Загрязненными точками оказались: улица Суворова и проспект Строителей.

На улице Суворова обнаружен новый фен, что свидетельствует о частом возникновении мутаций у данного вида. Источниками загрязнения в данном районе могут служить: близкорасположенная проезжая часть с высокой загруженностью и автомобильная стоянка.

На проспекте Строителей был обнаружен новый фен, что также говорит о том, что у данного вида часто возникают мутации. Источниками загрязнения в данном районе могут служить: наличие около точки исследования проезжей части с большой загруженностью, расположенная рядом железная дорога.

Кроме этого, для каждой изученной площадки рассчитывался индекс соотношения фенов – ИСФ в %. В результате исследования были получены минимальные значения ИСФ на территории Губернского лицея и школы № 76, максимальные – на территории Автовокзала. Данные результаты говорят о загрязненности среды. Проанализировав результаты, мы выяснили, что загрязненными оказались точки: проспект Строителей и улица Суворова.

Выводы:

1. Мы освоили методику индикации состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов белого клевера.
2. Произвели расчет частоты встречаемости отдельных фенов и суммарную частоту встречаемости фенов.
3. Оценили степень загрязненности окружающей среды, используя методику индикации состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов клевера Белого, и сравнили степень загрязненности точек в различных районах города. По нашим данным, наиболее загрязненной точкой оказался Автовокзал, наименее загрязненным – территория Губернского лицея и школы № 76.
4. Сравнивая исследуемые участки, выяснили, что вариативный ряд фенов и проявление новых форм иллюстрирует адаптационный характер растения, устойчивого к различным загрязнениям.
5. Наша гипотеза подтвердилась, действительно, изменения внешнего вида клевера Белого на территории с высокой антропогенной нагрузкой могут показать степень загрязненности окружающей среды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды  
Ляшенко О.А. 2012г.
2. БИОИНДИКАЦИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В.Б. Скупченко, Л.О.  
Соколова 2008г.
3. БИОМОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации ФГБОУ  
ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» Кафедра  
общей биологии и экологии 2014
4. «Биоиндикация загрязнения наземных экосистем» Вайнерт Э.,  
Вальтер Р., Ветцель Т. и др. - Под ред. Р. Шуберта; – М.: Мир. – 1988.
5. «Клевер» Мухина Н.А., Шестиперова З. И. - Л., 1978
6. Ландшафтная индикация загрязнения природной среды. – М.:  
Экология, 1992.
7. Ландшафтная индикация загрязнения природной среды. – М.:  
Экология, 1992.
8. Статья «Морфогенетический полиморфизм листьев клевера  
ползучего», Г.Г. Соколова, Г.Т. Камалтдинова.
9. «Полевая практика по генетике с основами селекции». Шварцман  
П.Я.– М., 1986.
10. «Школьный экологический мониторинг». Учебно-методическое  
пособие / Под ред. Т. Я. Ашихминой. – М.: АГАР, 2000.
11. «Эколого-генетическая изменчивость клевера белого (*Trifolium repens*  
L.) в природных популяциях Среднего Приобья, Готов Н. В.,  
Максименко О. Е., Орлинский Д. Б. // Экология
12. <https://tion.ru/blog/zagryaznenie-okruzhayushchej-sredy/>
13. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Клевер\\_ползучий](https://ru.wikipedia.org/wiki/Клевер_ползучий)
14. Яндекс.Карты
15. Goglemaps



ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ( Новые фены)



*Новый фен на точке проспект Строителей*



*Новый фен на улице Суворова*

## Приложение 2 (Фены)



*Фен 1*



*Фен 2*



*Фен 3*



*Фен 5*



*Фен 6*

### Приложение 3 ( Вычисления)

Вычисление ИСФ:

ИСФ=100\*на всех особей с рисунком/на всех особей

Губернский лицей

$$38*100/97=39$$

Проспект строителей 204\*100/300=68

Школа №76 46\*100/120=38

Улица Суворова 166\*100/255=65

Автовокзал 79\*100/89=89

**Рецензия на работу  
ученицы 11 х/б класса ГБНОУ ПО «Губернский лицей» Кривошеевой Полины  
Александровны**

Работа посвящена теме «Биоиндикация состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов клевера белого в Пензенской области». При всей важности проведения оценки качества среды на всех уровнях, с применением различных подходов (включая физические, химические, социальные и др. аспекты), приоритетной представляется именно биологическая оценка. Наиболее простым объяснением этому может быть то, что именно состояние, самочувствие различных видов живых существ и самого человека является ключевым моментом и волнует всех нас в наибольшей степени.

Характерной особенностью природных популяций клевера ползучего является полиморфизм по форме седого рисунка (пятна) на листовой пластинке. Рисунок на листе может отличаться, его выраженность находится под влиянием возраста, формы, размера листьев. Оценить степень загрязненности окружающей среды, используя методику индикации состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов клевера Белого, произвести расчет частоты встречаемости отдельных фенов и суммарную частоту встречаемости фенов является наиболее простым и доступным для широкого использования способом биоиндикации. Этот подход использовал автор, метод достаточно прост с точки зрения сбора, хранения и обработки материала. Он не требует сложного оборудования, но при этом позволяет получить оценку состояния организмов при всем комплексе воздействий, включая антропогенные факторы.

В работе проанализирован объемный теоретический материал, освоена методика индикации состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов белого клевера (Ашихмина Т. Я., 2005 г.). Автор произвел оценку степени загрязненности окружающей среды методом биоиндикации и сравнил степень загрязненности точек в различных районах города.

Работа оснащена иллюстративным материалом и может быть представлена на конференции учащихся.

Рецензент: учитель биологии «Губернского лицея» Маякова Светлана Николаевна

Подпись:

И.О. директора Губернского лицея Танасова Т.Н.

Подпись:

