

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
средняя общеобразовательная школа с углубленным изучением отдельных предметов  
№5 им. А. М. Дубинного г. Пятигорска Ставропольского края.

**Определение экологического состояния почв города  
Пятигорска по частотам встречаемости фенов клевера белого.**

Работу выполнила:  
ученица 11 В класса  
МБОУ «СОШ № 5 им. А. М. Дубинного»  
Молхозова Бэлла  
Руководитель: учитель биологии  
МБОУ СОШ № 5 им. А. М. Дубинного  
Вартанова Алена Алексеевна.

Пятигорск, 2024 год.

## **Содержание**

### **Введение**

### **Глава 1. Обзор литературы**

1.1.Общий обзор свойств почвы.

1.2.Морфологические признаки почвы.

1.3.Структура почвы

1.4.Гранулометрический (механический) состав.

1.5.Биоиндикация

1.6.Растения – индикаторы

### **Глава 2. Методика выполнения исследований**

2.1.Определение механического состава почв.

2.2. Определение цвета почвы

2.3.Определение влажности почвы

2.4.Определение кислотности почвы.

2.5. Объект исследования

2.6.Методы биоиндикации загрязнения почв

### **3. Выводы**

### **4.Заключение**

### **5.Список литературы**

### **6.Приложение**

## **Введение**

Почва - верхний слой суши, образовавшийся под влиянием растений, животных, микроорганизмов и климата из материнских горных пород, на которых он находится. Это важный и сложный компонент биосферы, тесно связанный с другими ее частями.

В настоящее время антропогенные нагрузки на окружающую среду возрастают с каждым годом. В результате развития хозяйственной деятельности человека происходит загрязнение, изменение состава почвы и даже ее уничтожение. И вопросы, связанные с оценкой её состояния становятся актуальными не только для развитых районов, но и для небольших городов и сельской местности.

Не всегда есть возможность проводить комплексные научные исследования, требующие больших материальных затрат и специального оборудования. В этой связи чрезвычайно актуальным является использование быстрых и эффективных методов биологического мониторинга загрязнения почв. Биоиндикация — метод, который позволяет судить о состоянии окружающей среды по факту встречи, отсутствия, особенностям развития организмов — биоиндикаторов.

**Научная новизна:** изучению антропогенного воздействия на растительные организмы, с помощью методов биоиндикации не уделялось внимания.

**Теоретическая значимость:** на основании проведенных исследований определить экологическое состояние почв г. Пятигорска и его окрестностей.

**Практическая значимость:** полученные данные могут быть использованы для мониторинга состояния почв города Пятигорска и его окрестностей.

**Цель работы:** оценить экологическое состояние почв города Пятигорска и его окрестностей по частотам встречаемости фенов клевера белого.

**Задачи:**

1) произвести фенотипический анализ признака «седой» рисунок на листе белого клевера в популяциях, произрастающих в различных территориях г.

Пятигорска и его окрестностей, подверженных разной степени антропогенного воздействия;

2) определить наиболее встречаемый фенотип *Trifolium repens* L.;

3) определить степень влияния антропогенной нагрузки на почвы на разных территориях г. Пятигорска.

**Методы исследования:** маршрутный метод, методика Ашихминой Т.Я.

«Индикация состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов белого клевера», статистический анализ полученных данных.

**Объект исследования:** белый клевер *Trifolium repens* L. (клевер белый).

**Предмет исследования:** изменение рисунка на листьях клевера ползучего в зависимости от уровня антропогенного воздействия.

## **Глава 1. Обзор литературы**

### **1.1.Общий обзор свойств почвы.**

Почва представляет собой совокупность горизонтов, различающихся физическими свойствами, окраской и общим обликом. Зная тип строения и сочетания горизонтов почвенного профиля, можно по внешним морфологическим признакам установить тип почвы и её важнейшие свойства. Почва обладает специфическими физическими свойствами, рыхлостью и структурой. Наличие специфических свойств в почве создаёт в ней благоприятные условия для развития корневых систем растений и для заселения её высшими и низшими организмами. Почва отличается рядом химических свойств. Важнейшим из них является накопление в верхней части почвенного профиля гумуса – продукта векового существования и отмирания растений, почвенных животных, микроорганизмов. Гумус окрашивает верхние горизонты почвенного профиля в тёмный цвет, содержит элементы и соединения, необходимые для питания растений. Наиболее интенсивное антропогенное воздействие воспринимает верхний обрабатываемый слой почвы.

### **1.2.Морфологические признаки почвы.**

Морфологические или внешние признаки почв позволяют определять почвы подобно тому, как определяют какой-нибудь минерал, растение или животное. Я главным морфологическим признакам почвы относятся строение, мощность почвы и ее отдельных горизонтов, цвет и окраска, влажность, сложение, структура, механический состав, новообразования, включения, характер смены горизонтов.

Одним из главных морфологических признаков является цвет почвы, который зависит от наличия в ней тех или иных химических соединений. Черный цвет - от содержания в почве темноцветных минералов и гумуса. Если его более 10 почва приобретает интенсивно-черный цвет, если -3 - 4

% - серый, иногда бурый, при 6-7 % гумуса почва имеет каштановый цвет. Торфянистые горизонты чаще всего бывают шоколадного цвета.

Красный и красно-бурый цвета почв обуславливаются соединениями водной окиси железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). В зависимости от количества содержащегося железа почва приобретает различные оттенки: при значительном содержании окиси железа-красный, ржавый, красно-бурый, при не большом - желтый или оранжевый. Закисные формы железа, образующиеся при недостаточной аэрации почв (при избыточном увлажнении), дают сизоватые и грязно-синие тона. Светло-серый, белесый, белый цвета обусловлены большим содержанием в почве кремнезёма ( $\text{SiO}_2$ ), углекислой извести ( $\text{CaCO}_3$ ) или соединений гидратов глинозема ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ).

### **1.3. Структура почвы**

Согласно Н.А. Качинскому (1965), почвенная структура - это совокупность агрегатов различной величины, формы, порозности, механической прочности и водопрочности, характерных для каждой почвы и ее горизонте. Структурность почвы - ее способность распадаться в естественном состоянии на агрегаты разных размеров и форм. Такие агрегаты называются структурными элементами, структурными отдельностями, педами. Взаимное расположение в почвенном теле структурных отдельностей определенной формы и размеров называется почвенной структурой (Б.Г. Розанов, 1983). Золи почва не распадается на естественные структурные отдельности, а имеет сыпучее состояние, как песок или пыль, то она называется бесструктурной раздельно-частичной, если же почва выламывается большими глыбами произвольной формы, то будет называться бесструктурно-массивной. Распределение структурных агрегатов в массе почвы в соответствии о их размерах навивается структурным составом почвы. Однако, структура выражена не у всех почв, некоторые почвы распылены (частички не образуют структурных отдельностей), а у некоторых все частички

сцементированы в одну сплошную массу (слитные почвы).

#### **1.4. Гранулометрический (механический) состав.**

Гранулометрический состав почвы - массовое соотношение (относительное содержание в процентах) в ее составе твердых частиц (механических элементов) разной крупности в пределах непрерывного ряда гранулометрических реакций. Гранулометрический состав почвы имеет важное значение для различных свойств почв (пористости, водопроницаемости, водоподъемной способности, гигроскопичности, поглотительной способности и т.д.). Так, песчаные почвы характеризуются бесструктурностью, хорошей водопроницаемостью, но малым запасом органических и минеральных питательных веществ, легко обрабатываются. Глинистые почвы, наоборот, плохо проницаемы как для воздуха, так и для воды, но богаты питательными элементами, необходимыми для жизни растений.

#### **1.5. Биоиндикация.**

О возможности использования живых организмов в качестве показателей определенных природных условий писали еще ученые Древнего Рима и Греции. В трудах М.В. Ломоносова и А.Н. Радищева есть упоминания о растениях — указателях особенностей почв, горных пород, подземных вод. О возможности растительной биоиндикации писал геолог А.М. Карпинский. Большой вклад в развитие биоиндикации внес русский ученый почвовед В.В. Докучаев. В начале XX в., в период, когда началось освоение окраин нашей страны, биоиндикационные исследования стали развиваться особенно интенсивно. По современным представлениям биоиндикаторы — организмы, присутствие, количество или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания. Биоиндикация — метод, который позволяет судить о состоянии окружающей среды по факту встречи, отсутствия, особенностям развития организмов биоиндикаторов. В основном методы биоиндикации не требуют

значительных затрат труда, сложного и дорогостоящего оборудования и поэтому могут широко использоваться в школьном экомониторинге.

### **1.6. Растения – индикаторы.**

Одним из рекомендуемых разными авторами объектов для биоиндикационных исследований состояния почв является клевер белый *Trifolium repens* L. Выбор объекта исследования был обусловлен тем, что клевер ползучий, являясь синантропом, удовлетворяет многим требованиям к идеальному биологическому индикатору.

Клевер ползучий *Trifolium repens* L. – многолетнее растение со стержневой, сильно разветвленной корневой системой, укороченным главным стеблем и боковыми стелющимися и укореняющимися побегами. Это светолюбивое растение, которое при благоприятных условиях быстро разрастается и образует сомкнутый покров, вытесняя из травостоя злаки и разнотравье. Характерной особенностью *Trifolium repens* L. является то, что он очень хорошо адаптируется к широкому диапазону абиотических условий, устойчив к вытаптыванию. В качестве фенотипического биоиндикатора при исследовании состояния окружающей среды используют форму седого рисунка на пластинках листьев белого клевера и других его видов. Отмечается, что на экологически напряженной территории под воздействием антропогенных факторов, мутационный процесс и естественный отбор, приводят к расширению набора фенов, увеличению частоты их встречаемости. Таким образом, частота встречаемости растений с различным рисунком на листьях является биологическим индикатором загрязнения. Гистологических исследования показали, что «седые пятна» связаны с собой 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 зелёной зоне листа. Сходные пятна встречаются и в других видов клевера, например, красного. Это связано с тем, что их возникновение

обусловлено различной скоростью роста эпидермальных и палисадных клеток. Последнее подвергаются более сильному действию света, ведущего к разрушению хлорофилла, что приводит к появлению пятен. Частота встречаемости – процентная доля фенов с рисунками – индицирует техногенную нагрузку и говорит о вероятности загрязнения среды на территории обследования.

## Глава 2. Методика исследований.

Все эксперименты проводились на территории г. Пятигорска и в её окрестностях на протяжении 2024 г. Для оценки экологического состояния почв были выбраны территории с различным уровнем антропогенной нагрузки на почвы.

**Участок 1** - территория за городом, которая является естественным природным биоценозом. Расположена в курортной зоне, недалеко от горы Машук. Антропогенных источников загрязнения нет.

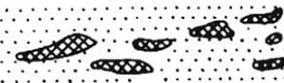
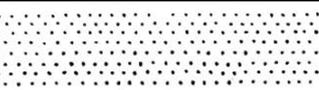
**Участок 2** – пойма реки Подкумок. Древесной флоры немного. Негативное влияние может оказывать только немногочисленный транспорт местных жителей.

**Участок 3** – автодорога (Федеральная трасса Кавказ). Рельеф равнинный. Почвы - болотно-подзолистые. Растительность представлена луговыми травами. Основной антропогенный источник загрязнения – крупногабаритный транспорт автотранспорт.

**Участок 4** – окраина горы Бештау. Много древесно-кустарниковых форм. Антропогенным источником загрязнения является многочисленный транспорт, как горожан, так и отдыхающих.

### 2.1. Определение механического состава почв.

Гранулометрический состав почв изучался методом раскатывания увлажненной почвы на ощупь. Почвенный материал смачивался водой до густой вязкой массы. Масса скатывалась в шарик диаметром 1-2 см., который раскатывался шнуром и сгибался кольцом. Глинистая почва - кольцо не ломается и не растрескивается. Суглинистая почва - шнур при сгибании кольцом разламывается. Супесчаная почва - шарик рассыпается, шнур скатать нельзя (рис. 1).

Шнур сплошной, кольцо стойкое Глина		Шнур, дробящийся при раскатывании Легкий суглинок	
Шнур сплошной, кольцо с трещинами Тяжелый суглинок		Зачатки шнура Супесь	
Шнур сплошной, кольцо, распадающееся при свертывании Средний суглинок		Шнур не образуется Песок	

Показатели определения механического состава приведены в таблице.

№ пробы	Место взятия пробы	Вид образца в плане после раскатывания	вывод
1	Территория за городом	Раскатывается в шнур, который разламывается при сгибании в кольцо	Средний суглинок
2	Пойма реки Подкумок	Раскатывается в шнур, который разламывается при сгибании в кольцо	Средний суглинок
3	Автоморога	Раскатывается в шнур, который разламывается при сгибании в кольцо	Средний суглинок
4	окраина горы Бештау	Раскатывается в шнур, который разламывается при сгибании в кольцо	Средний суглинок

**Вывод:** механический состав почвы был определен в основном как средний суглинок.

## 2.2. Определение цвета почвы.

Для определения окраски почвенного горизонта установили преобладающий цвет; определили насыщенность этого цвета и отметили оттенки основного цвета. При определении окраски почвы учли влажность почвы. Влажная почва имеет более темную окраску чем воздушно-сухая, поэтому очень важно указывать при описании почвы степень ее увлажнения.

№ пробы	Место взятия пробы	Цвет образца	вывод
1	Территория за городом	Серая	Чернозем
2	Пойма реки Подкумок	Серая	Чернозем
3	Автоморога	Серая	Чернозем
4	окраина горы Бештау	Серая	Чернозем

## 2.3. Определение влажности почвы

Исследования проводились на базе лаборатории ПМФА. Для определения влажности взвешивали пустой бюкс, записать его массу (а), взвешивали массу бюкса с почвой (в), помещали бюкс с почвой на 5 часов в сушильный шкаф при температуре 110 градусов С, охлаждали и взвешивали (б), снова помещали образец в сушильный шкаф, повторно взвешивали, чтобы убедиться в постоянстве веса, если вес изменился,

повторяли операцию высушивания и взвешивания до постоянного веса.

Затем проводили расчет

процентного содержания воды от веса сухой почвы (влажность почвы – С) по формуле:  $C = (в - б) \times 100\% (б - а)$

Результаты заносили в таблицу.

<b>№ пробы</b>	<b>Место взятия пробы</b>	<b>Ощущения руки</b>	<b>Вывод</b>
1	Территория за городом	Почва холодит руку, не пылит, при подсыхании немного светлеет	Влажноватая
2	Пойма реки Подкумок	Почва холодит руку, не пылит, при подсыхании немного светлеет	Влажноватая
3	Автодорога	Почва холодит руку, не пылит, при подсыхании немного светлеет	Влажноватая
4	окраина горы Бештау	Почва холодит руку, не пылит, при подсыхании немного светлеет	Влажноватая

#### 2.4.Определение кислотности почвы.

Определение кислотности почвы проводили в разное время года, для более достоверного результата. Для определения рН к 3-4 г почвы в пробирке доливали 4 мл. раствора хлорида калия, смесь взбалтываем и отстаиваем. В отфильтрованный раствор добавляем универсальный индикатор. Устанавливаем кислотность почвы, применяя эталонную шкалу значения рН. При значениях рН: от 1 до 5 — почва кислая; от 5,5 до 6,5 — слабокислая; от 6,5 до 7 — нейтральная; от 7 до 8 — слабощелочная; выше 8 — щелочная.

Результаты занесены в таблицу.

<b>Место взятия пробы</b>	<b>Весна 23.05.2024</b>	<b>Лето 15.07.2024</b>	<b>Осень 20.09.2024</b>
Территория за городом	7,0	7,5	7,0
Пойма реки Подкумок	7,5	7,0	7,5
Автодорога	7,5	7,5	7,0
окраина горы Бештау	7,5	7,0	7,5

**Вывод:** на всех изучаемых участках, почва нейтральная и слабощелочная.

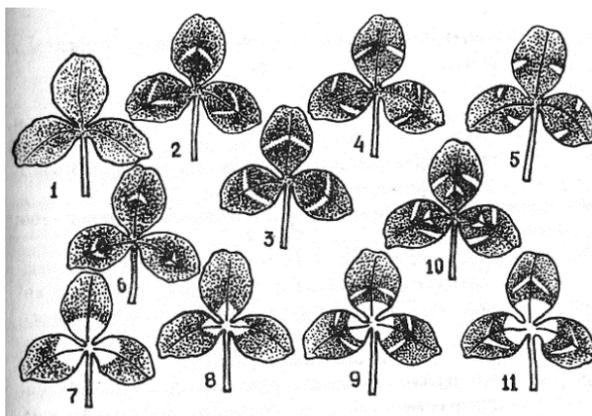
## 2.5. Методы биоиндикации загрязнения почв

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. 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 в виду 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.



**Рисунок 1. Фенотипы  
белого клевера**

На выбранных территориях были выбраны по 5 пробных площадки и по заданному направлению, через два шага, обследовались куртинки растений, в которых отмечались фены листьев. Регистрировался только один фен в каждой точке движения. На каждой площадке отбиралось и обследовалось не менее 200 экземпляров (Приложение 1, рисунки 2 и 3).

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:

$$P_i = 100 \times N_i / N, \quad (\text{формула 1}),$$

$$\text{ИСФ} = 100 \times (n_2 + n_3 \dots) / N, \quad (\text{формула 2}),$$

где  $P_j$  — частота  $i$ -го фена

$N_i$  — количество учтенных растений с  $i$ -м рисунком на листовой пластинке

$n_i$  — число растений без «седого рисунка»

$N$  — общее число учтенных растений.

**Таблица 1.** Характеристика состояния окружающей среды по индексу соотношения фенов (ИСФ).

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

Фенотипическое разнообразие клевера обусловлено генотипически. Данный признак определяется действием множественных аллелей  $V$ . В этой связи целесообразно использование методики П.Я.Шварцмана, позволяющий судить о степени загрязнённости почвы по соотношению и количеству фенов клевера, но с учётом их генотипов (Приложение 2, таблица 1). Дж. Брюейкер выделил 11 аллелей этого гена. Члены серии состоят в различных отношениях друг с другом по степени доминирования. В ней представлены 8 наиболее часто встречающихся аллелей гена  $V$  и 36 вариантов их взаимодействия в компаунде (Приложение 1, рисунок 4). Для

идентификации фенотипов исследуют листья растений по аналогии с первой методикой. При анализе образцов растений клевера используют таблицу, предложенную Дж. Брюбейкером.

## 2.6. Результаты исследования

Полученные результаты обрабатываются статистически. Достоверность различий между контрольными и опытными вариантами оценивают с помощью критерия Стьюдента на 5% уровне значимости, обеспечивающим 95% доверительную вероятность. В результате исследования 1000 растений белого клевера с 5 пробных площадок участка №1 обнаружено 4 фена клевера. Наибольшее распространение имеет фен 1 без рисунка. На листовой пластинке, фены с «седым пятном» представлены от 41 до 7. Наибольшее распространение из них имеет фен 2. (таблица 2). Индекс соотношения фенов равен 27%. Так как это число меньше 30 %, то можно говорить о том, что почвы на участке №1 достаточно чистые.

**Таблица 2. Фенотипическая диагностика растений рода клевер на учётных площадках.**

№ участка	Количество растений					
	Фен 1	Фен 2	Фен 3	Фен 6	Фен N	ИСФ, %
1	144	41	7	8	-	27%
2	124	28	30	16	-	38%
3	93	37	34	33	1	54%
4	94	13	-	7	84	52%

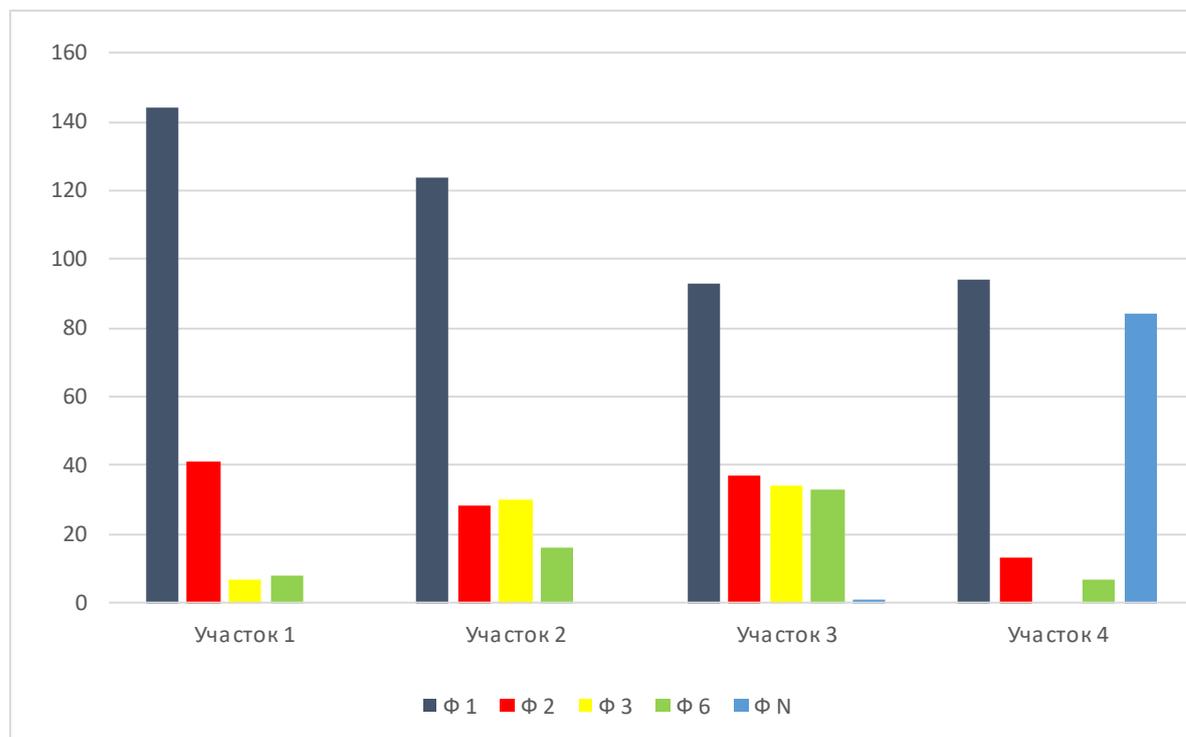
На участке № 2 обнаружены куртинки клевера с тем же набором клевера, что и на первом участке, преобладает фен 1 - 124. Количество фенов клевера с «седым пятном» на листовой пластинке ниже числа фенов без рисунка на листьях. Индекс соотношения фенов равен 38%, что говорит об удовлетворительном состоянии почвы на участке 2. Так как там располагается курортная зона, то антропогенная нагрузка автотранспортом минимальна.

На участке №3 нами было выявлено 5 фенов клевера белого. Из всех участков исследования здесь оказалось, что число листьев без рисунка примерно равно числу листьев с «седым пятном». Был определён новый фен

с нетипичным рисунком – «седое пятно» представлено размытыми точками, по всей листовой пластинке.

Расчёты показали, что индекс соотношения фенов равен 54 %, что указывает на среднее загрязнение почвы, несмотря на большой поток крупногабаритного транспорта.

На участке № 4 белый клевер не отличается большим разнообразием фенов, были обнаружены следующие фены: фен 1, фен 2, фен 6. А также фены с признаками заболевания в количестве 84 листьев. ИСФ для данной территории составляет 52%, что указывает на среднюю степень загрязненности территории, хотя здесь повышенная антропогенная нагрузка, из-за близкого расположения автодороги с высоким транспортным потоком.



**Рисунок 2. Соотношение фенов белого клевера на разных участках**

### **3. Выводы.**

1. Проведённый фенотипический анализ признака «седой» рисунок на листе белого клевера в популяциях, произрастающих в различных территориях г. Невеля, подверженных разной степени антропогенного воздействия показал, что на разных участках популяции *Trifolium repens*, обладают значительной частотой встречаемостью мутантных генотипов, выраженных наличием различных по форме, размеру и интенсивностью окраски «седых» пятен на листовых пластинах.

2. Всего обнаружено 5 фенотипов *Trifolium repens*, что свидетельствует о различной степени морфогенетического полиморфизма у растений. На участках № 1 и № 2 преобладающим фенотипом является фенотип О (лист без белого рисунка). На участке № 3 часто встречаются фенотипы А и С (полное пятно на листе и центральная верхняя точка), а на участке № 4 большое количество растений с признаками заболевания (жёлтые скрученные края листьев).

3. На контрольном участке очень чистые почвы, индексы соотношения фенов до 27%, на участке № 2 индекс соотношения фенов 38%, что указывает на то, что почвы в удовлетворительном состоянии. На участках № 3 и № 4 индексы соотношения фенов более 52 %, что указывает на среднее загрязнение почвы и свидетельствует о наличии антропогенного влияния. Участки находятся в непосредственной близости от автотрассы, что не может не накладывать своего отпечатка на генотипы и фенотипы растений.

**Гипотеза подтвердилась.** Наибольшее количество особей с «седыми пятнами» будет встречаться на территориях с более высокой антропогенной нагрузкой.

#### **4. Заключение**

Мы освоили методику индикации состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов белого клевера.

Произвели расчет частоты встречаемости отдельных фенов и суммарную частоту встречаемости фенов. 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. Сравнивая исследуемые участки, выяснили, что вариативный ряд фенов и проявление новых форм иллюстрирует адаптационный характер растения, устойчивого к различным загрязнениям. Наша гипотеза подтвердилась, действительно, изменения внешнего вида клевера Белого на территории с высокой антропогенной нагрузкой могут показать степень загрязненности окружающей среды.

## 5.Список литературы.

- 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 г.
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 г.
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, Глотов 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)

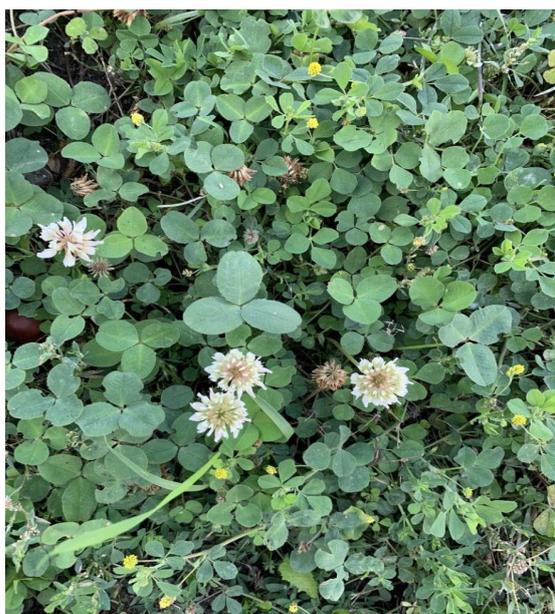
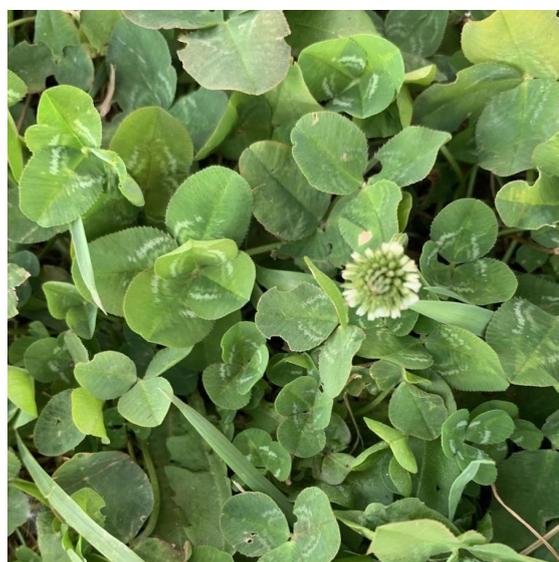
## 6. Приложение.



Рисунок 3. Объект исследования - белый клевер *Trifolium repens* L.



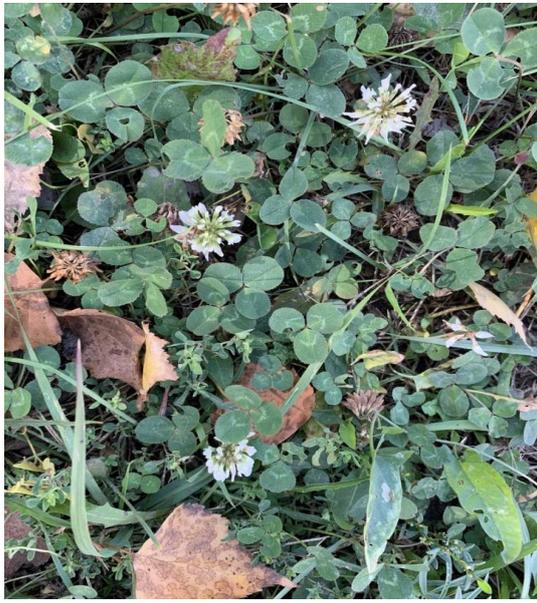
Рисунок 4. Предмет исследования - изменение рисунка на листьях клевера ползучего в зависимости от уровня антропогенного воздействия.



Фен 1



Фен 2



**Фен 3**



**Фен 6**



**Фен N**

Рисунок 5. Гомо- и гетерозиготы по аллелям гена V, определяющего рисунок "седого пятна" на листьях клевера (из Брюейкера,1955)

	1 v	2 V	3 V	4 V	5 V	6 V	7 V	8 V
1 v								
2 V								
3 V								
4 V								
5 V								
6 V								
7 V								
8 V								

Таблица 2. Генетическая детерминация разнообразия формы «седых пятен» на листьях растений рода Клевер.

Аллель	Фенотип	Обозначение фенотипа (фена)
v	Пятно отсутствует	O
V	Полное пятно	A
V <sup>H</sup>	Полное пятно, высокое	A <sup>H</sup>
V <sup>B</sup>	Разорванное пятно	B
V <sup>Bh</sup>	Разорванное высокое	B <sup>H</sup>
V <sup>P</sup>	Центральная верхняя точка	C
V <sup>F</sup>	Большое сплошное пятно у основания	D
V <sup>S</sup>	Низкое треугольное пятно у основания	E