



Муниципальное общеобразовательное учреждение
«Петропавловская средняя общеобразовательная школа»
Верхнеуральского района Челябинской области



**Всероссийского конкурс юных исследователей окружающей среды
«Открытия 2030»
Номинация: «Экологический мониторинг»**

Исследовательская работа

**«Применение научного метода фитоиндикации в оценке загрязнения
окружающей среды Верхнеуральского муниципального района»**

Автор:

Барбашенко Георгий Максимович,
учащийся 11 класса МОУ «Петропавловская СОШ»

Педагог-руководитель:

Шонин Максим Юрьевич, учитель математики высшей квалификационной
категории МОУ «Петропавловская СОШ»,

Консультант:

Горбунова Наталья Васильевна, учитель биологии первой квалификационной
категории МОУ «Петропавловская СОШ»

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Постановка проблемы исследования	3
Актуальность исследования.....	4
Краткий обзор литературы по проблеме исследования.....	5
Общая физико-географическая характеристика исследуемых участков	6
МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ	7
1. Изучение морфологических особенностей сосны обыкновенной	8
2. Определение участков исследования модельных деревьев	8
3. Определение степени выраженности хлорозов, некрозов и дефолиации хвои	9
4. Применение метода фитоиндикации для оценки загрязнения окружающей среды.....	10
Результаты исследования	10
Выводы.....	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	13
Список используемой литературы	14
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	15
Приложение 1. Показатели некрозов и хлорозов хвои однолетних побегов.....	15
Приложение 2. Показатели некрозов и хлорозов хвои двулетних побегов	16
Приложение 3. Показатели некрозов и хлорозов хвои трехлетних побегов.....	17
Приложение 4. Показатели длины хворостинок	18
Приложение 5. Показатели длины побегов.....	19
Приложение 6. Показатели дефолиации хвои на побегах сосны	19
Приложение 7. Свидетельства о публикации материалов исследования	20

ВВЕДЕНИЕ

Постановка проблемы исследования. В последние десятилетия антропогенное давление на окружающую среду резко возросло. В результате различных видов человеческой деятельности в воздух выбрасывается огромное количество различных компонентов. Условия экологического стресса оказывают значительное влияние на состояние древесных видов, их реакцию и адаптацию. Многолетняя хвоя способна накапливать атмосферные поллютанты в течение длительного времени, что обуславливает выбор хвойных древесных растений в качестве биоиндикаторов для оценки состояния окружающей среды.

Верхнеуральский муниципальный район специализируется на выращивании сельскохозяйственных культур и, не смотря на то, что крупных промышленных предприятий нет, негативное воздействие на экологическое состояние природы присутствуют. Так вблизи искусственного соснового лесонасаждения поселка Сухтелинский расположены земельные участки, принадлежащие Петропавловскому зерновому комплексу (подразделение ОАО «Птицефабрика Челябинская»), арендаторы которых с 2010 года с целью повышения урожайности используют технологии химических обработок. При этом разбрасываемые химикаты накрывают не только поля, но и близлежащие участки древесных насаждений. Кроме того, вблизи участков проходит автотрасса «Магнитогорск- Челябинск», что также способствует оказанию негативного воздействия.

Выявленная проблема определила тему исследовательской работы: «Применение научного метода фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды Верхнеуральского муниципального района».

Цель настоящего исследования состоит в оценке степени загрязнения окружающей среды с помощью растений индикаторов – сосна обыкновенная.

Объект исследования: хвоя сосны обыкновенной.

Предмет исследования: морфологические реакции сосны обыкновенной.

Гипотеза исследования: сосна обыкновенная выступает в роли действенного фитоиндикатора, позволяющего оценить степень влияния антропогенных факторов на лесные насаждения.

В соответствии с целью и выдвинутой гипотезой исследования были поставлены следующие его **задачи:**

1. Изучить морфологические особенности сосны обыкновенной и выделить их реакции на изменение внешней среды средствами анализа научной литературы по проблеме исследования;

2. Рассмотреть физико-географические характеристики Верхнеуральского района, определить участки исследований, на модельных деревьях сосны обыкновенной получить пробы хвои с 1-3-х летних побегов;

3. Выявить степень выраженности хлорозов и некрозов на хвоинках и дефолиации хвои и сравнить экологическое состояние сосны обыкновенной на двух лесных участках и выявить влияние загрязнения воздуха на показатели хвои модельных деревьев.

Место проведения исследования: Верхнеуральский район (п. Сухтелинский, п. Карагайский).

Сроки исследований: 2017-2019 годы.

Результаты исследования были представлены в международном журнале Молодой ученый (г. Казань): Барбашенко Г.М., Шонин М.Ю., Горбунова Н.В. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды верхнеуральского муниципального района челябинской области // Молодой ученый. 2020. № 8 (298). С. 58-61. (Ссылка: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42567064>), приложение 7.

Актуальность исследования. Охрана окружающей среды и контроль над уровнем ее загрязнения требует привлечения эффективных и недорогостоящих методов изучения природных комплексов. Одним из таких перспективных направлений является биоиндикация, основанная на изучении оценки экологического состояния окружающей среды посредством реакции организмов и их сообществ, возникающей в ответ на антропогенное воздействие.

С помощью растений можно проводить биоиндикацию всех природных сред. Сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.) является хвойным биоиндикатором, реагирующим на загрязнение среды обитания продуктами техногенеза – диоксида серы, углекислого газа. Ее высокая радиочувствительность близка к человеческой [1, 2].

Краткий обзор литературы по проблеме исследования

Еще в древние времена говорили об использовании живых организмов как чувствительных к загрязнению окружающей среды. Впервые об этом заговорили ученые античности Теофраст, Катон и Плиний Старший.

А в России А. П. Карпинский считается основателем теории биоиндикационного использования растений, оценки свойств почв и подстилающих горных пород по особенностям развития растений и составу растительного покрова.

Ссылаясь на исследования Кашина В.К., Иванова Г.М. (1998), можно утверждать, что «растения являются высокоинформативным индикатором уровня доступных форм химических элементов в окружающей среде и основным источником их для человека и животных.

В свою очередь Мэнинг У.Д. и Федер У.А. (1985) определяют растение-индикатор как «растение, у которого признаки повреждения появляются при воздействии на него фототоксичной концентрации одного загрязняющего вещества или смеси таких веществ» [3].

Комплексный подход в процессе проведения биологического мониторинга при регулярном наблюдении позволяет говорить о перспективах изменения структуры сообществ, продуктивности популяции и устойчивости экосистем по отношению к антропогенным факторам [4]. Биоиндикаторами могут являться живые организмы, обладающие выраженной реакцией на внешние воздействия.

Выделяют положительные и отрицательные биоиндикаторы. Для положительных биоиндикаторов характерно увеличение реакции (количественных характеристик) в условиях нарастания стресса. Исходя из

реакции биоиндикатора на конкретный стрессовый фактор, различают специфический и неспецифический характер биоиндикации.

При специфической биоиндикации реакция организма является характерной для какого-либо определенного стрессора [5, 6].

Можно осуществлять биомониторинг может путем наблюдений за отдельными растениями-индикаторами, популяцией определенного вида и состояния фитоценоза в целом.

На уровне вида производят специфическую индикацию какого-то одного загрязнителя, а на уровне популяций или фитоценоза – общего состояния природной среды [6].

Хвоя сосны обыкновенной используется в качестве биоаккумулятора аэрогенных загрязнений. Причиной этого является тот факт, что хвоя сосны обладает способностью продуктивно поглощать загрязняющие вещества в виде аэрозолей за счет диффузионного осаждения их в полостях и воздушных каналах листовой пластинки. Поглощение может быть метаболическим или пассивным. В связи с тем, что поверхность листа очень мала, кожица утолщена, а количество устьиц недостаточно, вынос поглощенных микроэлементов с поверхности листовой пластинки сосны при испарении влаги и газообмене с атмосферой очень мал. За время жизни хвои (3-4 года, в зависимости от условий произрастания дерева) в ее массе накапливаются свойственные для конкретной местности микроэлементы в количествах, достаточных для аналитического определения.

Сосна обыкновенная в качестве фитоиндикатора указывает на присутствие загрязняющего вещества в воздухе ранними морфологическими реакциями – изменение окраски хвои; преждевременное пожелтение хвои – хлороз, отмирание тканей – некроз; преждевременное опадание хвои – дефолиация [7].

Общая физико-географическая характеристика исследуемых участков

В рельефе Верхнеуральского района прослеживаются две зоны Восточных предгорий Урала и Зауральского пенеplена. Почвенный покров представлен

обыкновенными черноземами, с довольно мощным перегнойным горизонтом (30 - 60 см). По потенциальному плодородию это одни из самых «урожайных» видов почв. Существенная часть района находится в зоне Зауральского пенеппена, где сосредоточены лесные массивы. Среди них широко известен Карагайский бор, внесенный в список памятников природы Челябинской области [12].

Площадь данного лесного массива приблизительно составляет 8 тыс. гектаров. По бору протекают несколько речек – Кидиш и Урляда и ручьев, с востока примыкает озеро Карагайское. Через территорию бора проходят Карагайские горы. Карагайский бор включает в себя широкое многообразие растительности, среди которых есть редкие растения – Венерин башмачок, лилия кудреватая, папоротник-страусник. Царицей леса является сосна обыкновенная, которая занимает 80 % всей территории [14]. Наблюдаемый участок Карагайского бора тесно прилегает к поселку Карагайский и полностью изолирован от автомобильного движения. Прилегающие территории охраняются и не возделываются.

Вторым наблюдаемым участком выбрано искусственное сосновое лесонасаждение, расположенное вблизи поселка Сухтелинский. Поселок располагается в степной зоне в восточной части района, на берегу реки Курасан (Зауральский пенеппен). Общий характер степной растительности (разнотравно-дерновинно-злаковые и луговые степи) разнообразят живописные острова березовых перелесков. Выбранный нами участок находится в зоне антропогенного воздействия [13].

Климат в районе резко континентальный, зима морозная (до 45 градусов), часто малоснежная. Весна сухая и ранняя. Особенностью климата района является большая зависимость от годового количества осадков (по карте района проходит условная линия постоянных осадков, изогиета, 350 мм). На климат влияет высота предгорий [12].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Изучение морфологических особенностей сосны обыкновенной

Сосна обыкновенная является вечнозеленым деревом, которое достигает в высоту 45 м и 1,3 м в диаметре. Цвет коры дерева красно-бурый, к вершине буро-желтый, кора трещиноватая. Молодые ветви голые, зеленоватые, потом серо-бурые; почки 6-12 мм длиной, острые, красновато-бурые, находятся на верхушке главного побега и боковых ветвей.

Древесина сосны пронизана крупными смоляными ходами, тянущимися в вертикальном направлении. Из естественных трещин коры и искусственных надрезов вытекает смола, которая заливает нанесенные повреждения, в чем и состоит ее биологическое значение.

Листья (хвоя) сизо-зеленого цвета расположены попарно, жесткие, полуцилиндрические, заостренные, длиной 5-7 см, шириной 2 мм. Расположена хвоя на верхушках укороченных побегов. Серо-желтые пыльниковые (мужские) шишки размером меньше горошины начинают активное развитие весной у основания молодых длинных побегов, в пазухах кроющих листьев, и быстро отмирают. На концах молодых побегов тех же деревьев появляются красноватые овальные женские шишечки, длиной 5-6 мм и шириной 4 мм, на коротких ножках, состоящие из кроющих чешуй, в пазухах которых находятся семенные чешуи с семечками. Семенные шишки созревают на второй год [8, 9].

2. Определение участков исследования модельных деревьев

Для проведения работ были выбраны 6 пробных участков: 3 в лесном массиве Карагайского бора, 3 в искусственном лесонасаждении поселка Сухтелинский. Первый участок относится к природной экологической системе, не испытывающий антропогенного влияния, второй участок – располагается на расстоянии 20 м от земельных участков, принадлежащие Петропавловскому зерновому комплексу (подразделение ОАО «Птицефабрика Челябинская»), где ведутся полевые работы с применением ядохимикатов. Были взяты пробы с 60 деревьев сосны обыкновенной (по 10 дерева на каждом участке). Все сосны имеют приблизительно одинаковый возраст – от 25 до 30 лет. Высота деревьев во

всех участках составляла от 5 до 7 метров. Были исследованы годовичные приросты за последние 3 года (2017-2019 годы), определены степень дефолиации, а также выраженность на хвое хлорозов и некрозов по бонитетным классам. Для этого с каждого годового прироста изымалась хвоя с середины побега по 4 см [12, 14].

3. Определение степени выраженности хлорозов, некрозов и дефолиации хвои

Собранные хвоинки были поделены по признакам повреждений.

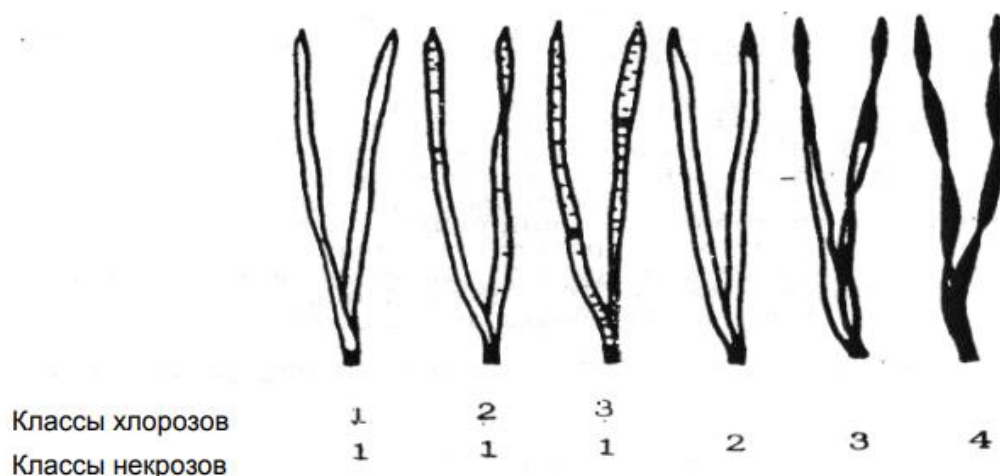


Рис.1. Шкала бонитетных классов повреждений хвои

Некрозы: 1 - без пятен, 2 - с небольшим числом мелких пятнышек, 3 - с большим числом желтых и черных пятен, некоторые во всю ширину хвоинки.

Хлорозы: 1 – нет сухих участков, 2 - кончик на 2-5 мм усох, 3 – усохла треть хвоинки, 4- вся хвоинка желтая или более половины ее сухая.

Хлорозы - это пожелтения, являющиеся участками, где происходит либо разрушение, либо недостаточное образование хлорофилла в клетках фотосинтезирующей ткани листа. Некрозы – это участки хвои с омертвевшими участками мезофилла листа. Данные сводились в таблицы (приложение), на их основе составляли графики и диаграммы.

Для оценки дефолиации визуально осматривали побеги в нижней части кроны, проявляющиеся внешне признаки в снижении обычной густоты хвои.

Оценка велась по четырем классам дефолиации, где каждому классу соответствует определённый процент потери хвои: 0 – норма (опало меньше 10%); 1 – слабая (10–25%); 2 – средняя (25–60%); 3 – сильная (более 60%) [4, 16].

4. Применение метода фитоиндикации для оценки загрязнения окружающей среды

Одним из самых доступных видов исследовательской деятельности является локальный экологический мониторинг, включающий ежегодные наблюдения за состоянием окружающей среды своей местности.

Проанализировав различные литературные источники, мы пришли к выводу, что при проведении локального мониторинга целесообразно использовать простые методы фитоиндикации и доступные организмы-фитоиндикаторы, например, хвойные растения.

Сосна обыкновенная выступает в качестве древесного растения-фитоиндикатора, так как это наиболее чувствительное дерево к загрязнению атмосферного воздуха. По внешним морфологическим показателям хвои сосны можно дать достаточно достоверную оценку экологического состояния окружающей среды. При этом используются не сложные инструментальные методы исследования, а простые описательные шкалы, с помощью которых сравниваются и фиксируются все изменения, наблюдаемые в естественных и искусственных природных комплексах в результате активного влияния антропогенного фактора.

Результаты исследования

В результате проведенных исследований, были установлены признаки загрязнения воздушной среды в искусственном лесонасаждении поселка Сухтелинский. Этому свидетельствуют показатели выраженности, некрозов, хлорозов и степень дефолиации.

Анализ однолетних побегов показал, что около 88 % хвои не имеет видимых повреждений и усыханий на обоих участках. При этом на участке около

поселка Сухтелинский отмечаются незначительный некроз и хлороз (2 класс), что свидетельствует о повышенной степени загрязнения на данном участке (Приложение 1, диаграммы 1 и 2).

Двулетние побеги второго участка имеют некрозы 2 класса (40 %), на побегах первого участка существенного изменения доли некрозов не обнаружено. Увеличивается доля хлорозов 2 класса, появляются хлорозы 3 (12%) и 4 (8,5%) классов у сосен Сухтелинского лесонасаждения, в Карагайском бору – 2,4 % (Приложение 2, диаграммы 3 и 4).

У трехлетних побегов показатель некроза 3 класса в Сухтелинском лесонасаждении – 6%, а степень хлорозов 3 и 4 класса повышается почти вдвое. В свою очередь, у сосен Карагайского бора хлорозы третьего класса практически не встречаются, а некрозы 3 и 4 класса незначительны (Приложение 3, диаграммы 5 и 6).

В ходе исследования также измерялась длина и ширина хвои. Было выяснено, что ширина всех хвоинок одинакова и равняется 2 мм, а длина варьируется от 47 до 84 мм (у сосен на участке Сухтелинского лесонасаждения – (47-62); у сосен на участке Карагайского бора – (64 - 84)). Отклонение длины хвои от нормы отмечается у сосен Сухтелинского лесонасаждения на протяжении всего срока исследования. Наименьшая длина хвоинок наблюдается на участках, прилегающих к полям и трассе, что объясняется влиянием на сосны антропогенных факторов (климатические факторы не могли оказать влияние как соответствующие показателям наблюдаемой местности) (Приложение 4).

Полученные данные показывают, что средняя длина побегов у сосен Сухтелинского лесонасаждения показывает слабую динамику (однолетние побеги – 143,7 мм; двулетние побеги 146,4 мм; трехлетние побеги – 149,2 мм), что говорит об угнетении роста деревьев на данном участке. С другой стороны, на исследуемом участке Карагайского бора отмечается интенсивное повышение длины побегов (166,3 мм, 174 мм, 181,9 мм соответственно), что свидетельствует об отсутствии угнетения роста деревьев (Приложение 5).

Наибольшая степень опадения хвои сосны (32,7% - 2 класс дефолиации) наблюдается в лесном насаждении поселка Сухтелинский, что связано с накоплением токсичных веществ в полостях и воздушных каналов хвои. Вместе с тем, опадение хвои у сосен на исследуемом участке Карагайского бора незначительно и варьируется от 0,5% до 5%, что соответствует 0 классу дефолиации (Приложение 6).

Выводы исследования

По результатам проведенных исследований можно сформулировать следующие выводы:

1. Рассмотрение научной литературы позволило установить морфологические особенности сосны обыкновенной и их реакции на изменение окружающей среды. Так хвоя сосны способна накапливать аэрогенные загрязнения. В условиях атмосферного загрязнения наблюдается изменение ее размеров; изменение окраски хвои; преждевременное пожелтение - хлороз хвои, отмирание тканей хвои – некроз; преждевременное опадение хвои – дефолиация;

2. Изучение физико-географических особенностей Верхнеуральского района позволило выделить две территории исследования: первый участок - хвойное лесное насаждение поселка Сухтелинского, подвергающееся антропогенному воздействию; второй – участок Карагайского бора, тесно прилегающий к поселку Карагайский, изолированный от внешнего негативного воздействия. В течение трех лет были взяты побеги модельных деревьях сосны обыкновенной;

3. Для оценки экологического состояния сосны обыкновенной на наблюдаемых участках применялся доступный метод фитоиндикации, позволивший выявить и проанализировать степень выраженности хлорозов и некрозов на хвоинках и дефолиации хвои деревьев исследуемых территорий и сделать вывод о наличии и характере воздействия антропогенных факторов на экологическое состояние участков. Средствами математической статистики были

рассчитаны среднеквадратические отклонения показателей длин побегов и хворостинок в течение всего срока проведения исследования.

Заявленный метод фитоиндикации, описанный в данной работе, пригоден для качественной оценки урбанизированной среды. Изучение реакций сосны обыкновенной на загрязнение окружающей среды формирует более наглядную картину его последствия. Таким образом, в процессе решения поставленных задач выдвинутая гипотеза нашла свое полное подтверждение, цель исследования достигнута.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение экологического мониторинга обусловлено применением методов биоиндикации. Одним из направлений биоиндикации, при котором проводится оценка состояния среды по растениям, называется фитоиндикацией. Растения являются живыми организмами, которые очень чувствительны к загрязнению окружающей среды вредными примесями и соединениями, не сравнятся ни с одной современной аппаратурой, отражающим воздействие всего комплекса антропогенных факторов.

Фитоиндикация включает в себя совокупность критериев и методов, необходимых для поиска информативных компонентов экосистем, которые позволяют адекватно отражать уровень воздействия среды, включая комплексный характер загрязнения.

Одним из действенных фитоиндикаторов состояния загрязнения окружающей среды считается сосна обыкновенная, чьи морфологические характеристики позволили выявить антропогенное воздействие на участке хвойного лесного насаждения поселка Сухтелинского и установить отсутствие данного влияния в Карагайском бору.

Хвойные лесные насаждения, в частности, и лесной массив, в целом, Верхнеуральского района занимают малую часть его площади и имеют, в

большой степени, эстетическое, нежели экономическое значение для населения. Поэтому очень важно их сохранить.

Данная работа имеет практическую значимость, поскольку ее содержание можно использовать в процессе проведения краеведческих кружков, акций экологической направленности.

Дальнейшее рассмотрение данной проблемы обусловлено изучением иных групп растений-индикаторов и их возможностей предупреждать увеличение антропогенной нагрузки на ту или иную природную среду.

Автор выражает благодарность научному руководителю Шонину М.Ю. и консультанту Горбуновой Н.В. за ценные советы и замечания в процессе написания настоящей исследовательской работы.

Список используемой литературы

1. Ашихмина Т.я. Экологический мониторинг: Учебно–методическое пособие / Т.я. Ашихмина, Н.Б. Зубкина; под ред. Т.я. Ашихминой - М.: Академический проект, 2005. - 416 с.

2. Буйволов Ю.А. Методика оценки жизненного состояния леса по сосне / Ю.А. Буйволов, М.В. Кравченко, А.С. Боголюбов – М.: Экосистема, 2001. – 25 с.

3. Криволицкий Д.А., Степанов А.М. и др. Экологическое нормирование на примере радиоактивного и химического загрязнения экосистем // Методы биоиндикации окружающей среды в районах АЭС. Сборник научных трудов. М., Наука, 1988. С. 4-16.

4. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Динамика растительности: история и современное состояние теории // Успехи современной биологии, 1999. Т. 119, №1. С. 15-29.

5. Муравьев А.Г. Программа по экологическому образованию Экологический мониторинг, факультативный курс для 9-11 классов. – СПб. 1998. – 40 с.

6. Мэнниг У.Д. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений / Уильям Дж. Мэннинг, Уильям А. Федер; Пер. с англ. Т.А. Головиной, Л.Ф. Сальникова; Под ред. Л.М. Филипповой. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 143 с.

7. Познай свой край. Челябинская область: Краткий справочник. - Челябинск: «Абрис», 2009. – 112 с.

8. Родзевич Н.Н. Геоэкология и природопользование. — М.: Дрофа, 2003. - 256 с.

9. Степанов А.М. Методология биоиндикации и фоновый мониторинг экосистем суши // Экотоксикология и охрана природы. – М., 1988. – С. 28-108.

10. Строкова Н.П., Коровин С.Е. Мир удивительных растений. Челябинская область: справоч-учеб. пособ. – Челябинск: АБРИС, 2009. – 152 с.

11. Тюмасева З.И., Гуськова Е.В. Окружающий мир. Региональные особенности. Уральский вариант. Учебное пособие 5 класс. - Челябинск: Взгляд, 2003. - 157 с.

12. Федорова А.И. Биоиндикация состояния городской среды по реакциям древесных растений / А.И. Федорова // Геоэкологические проблемы устойчивого развития городской среды. Воронеж : Изд-во Квадрат, 1996. – С. 212-213.

13. Чекмарева О.В., Бондаренко Е.В. Комплексная оценка источников выбросов в атмосферный воздух: Методические указания к практическим занятиям. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. - 34 с.

14. Якушкина Н.И. Физиология растений: учебник для вузов / Н.И. Якушкина, Е.Ю. Бахтенко. – М.: Владос, 2005. - 463 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Показатели некрозов и хлорозов хвои однолетних побегов

Участок	Класс некрозов			Класс хлорозов			
	1	2	3	1	2	3	4

Сосновое лесонасаждение поселка Сухтелинский	92,1	7,9	0	93,3	6,7	0	0
Карагайский бор	99,1	0,9	0	98,8	1,2	0	0

Диаграмма 1. Показатели некрозов однолетних побегов

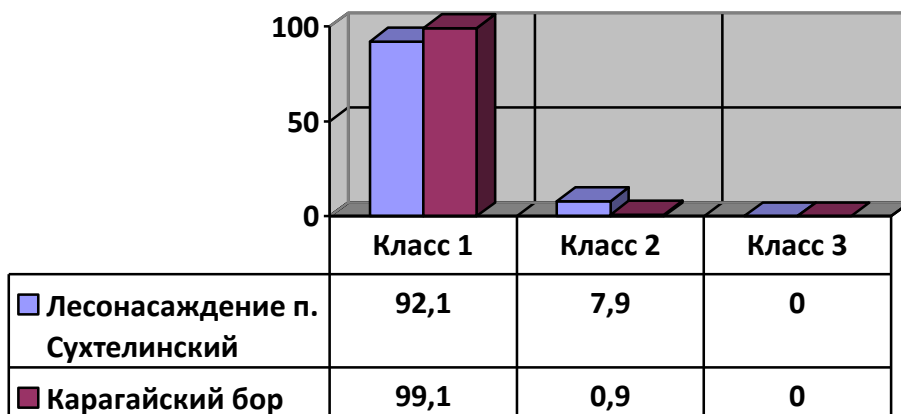
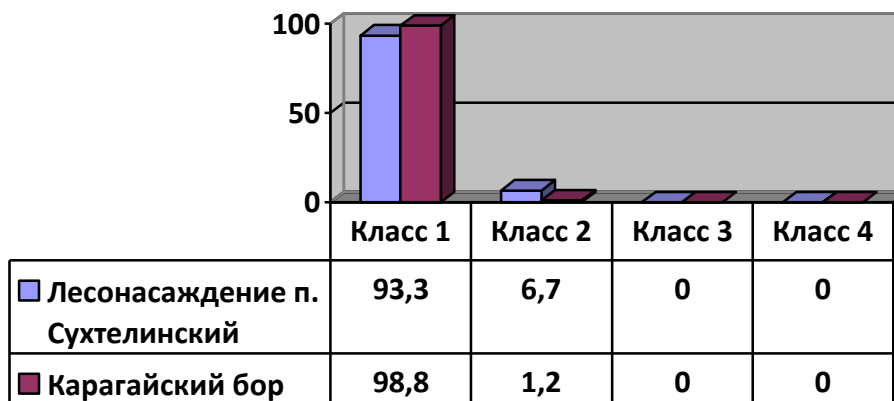


Диаграмма 2. Показатели хлорозов однолетних побегов



Приложение 2. Показатели некрозов и хлорозов хвои двулетних побегов

Участок	Класс некрозов			Класс хлорозов			
	1	2	3	1	2	3	4

Сосновое лесонасаждение поселка Сухтелинский	60	40	0	52,5	27	12	8,5
Карагайский бор	98,7	1,3	0	97,6	2,4	0	0

Диаграмма 3. Показатели некрозов двулетних побегов

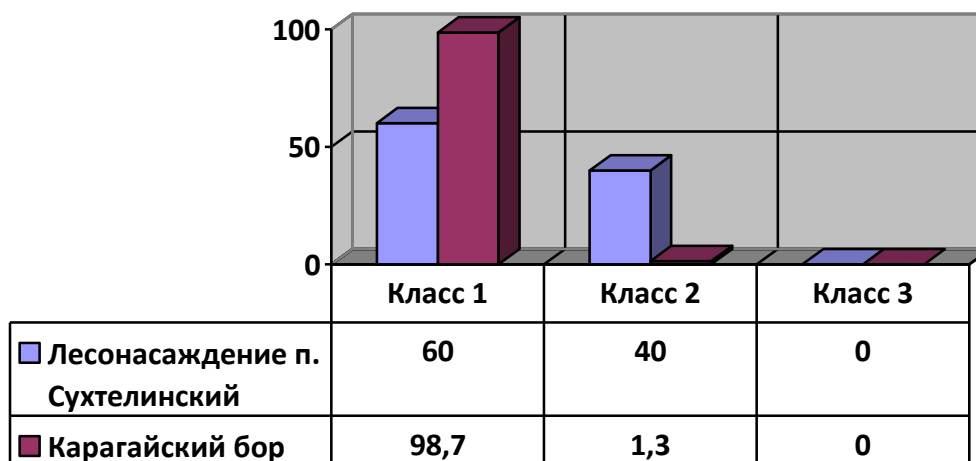
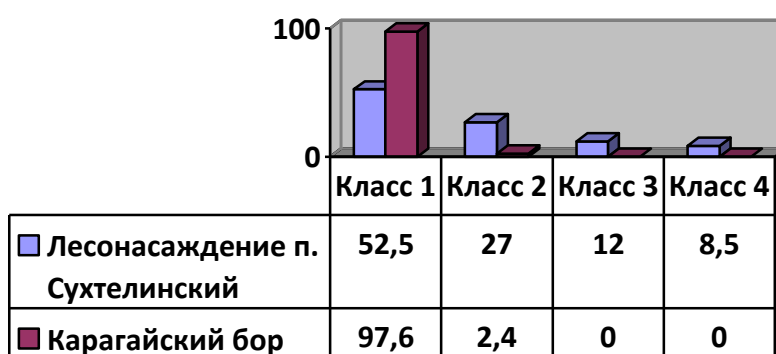


Диаграмма 4. Показатели хлорозов двулетних побегов



Приложение 3. Показатели некрозов и хлорозов хвои трехлетних побегов

Участок	Класс некрозов	Класс хлорозов
---------	----------------	----------------

	1	2	3	1	2	3	4
Сосновое лесонасаждение поселка Сухтелинский	84,5	9,5	6	38	25,6	21	15,4
Карагайский бор	97,3	2,7	0	95,7	3,7	0,4	0,2

Диаграмма 5. Показатели некрозов трехлетних побегов

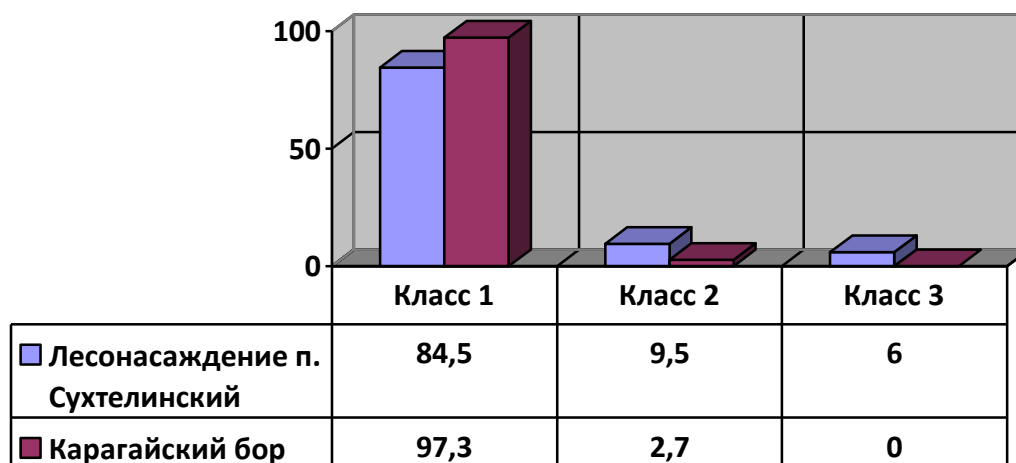
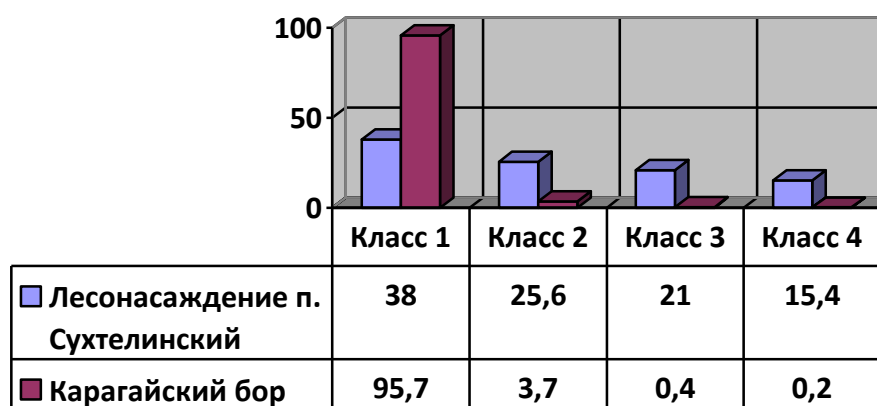


Диаграмма 6. Показатели хлорозов трехлетних побегов



Приложение 4. Показатели длины хворостинок

Участок	Однолетний побег			Двухлетний побег			Трехлетний побег		
	М	s	Интервал	М	s	Интервал	М	s	Интервал
Сосновое лесонасаждение поселка	51,8	1,5	47-56,6	53,5	3,6	47,2-59,8	55,1	1,7	48,2-62

Сухтелинский									
Карагайский бор	64	0,87	58,3-69,7	72	0,92	65,7-78,3	79	0,8	74-84

Приложение 5. Показатели длины побегов

Участок	Однолетний побег			Двухлетний побег			Трехлетний побег		
	М	s	Интервал	М	s	Интервал	М	s	Интервал
Сосновое лесонасаждение поселка Сухтелинский	143,7	10,5	134-153,4	146,4	6	138-154,8	149,2	6,56	141-157,4
Карагайский бор	166,3	5,9	149-172	174	3,6	168-182	181,9	3,7	158-205,8

Приложение 6. Показатели дефолиации хвои на побегах сосны

Участок	Сосновое лесонасаждение поселка Сухтелинский		Карагайский бор	
	Степень опада хвои, %	Класс дефолиации	Степень опада хвои, %	Класс дефолиации
Побеги 2017 года	32,7%	2	5%	0
Побеги 2018 года	12,4%	1	1,5%	0
Побеги 2019 года	4,1%	0	0,5%	0

Приложение 7. Свидетельства о публикации материалов исследования





СВИДЕТЕЛЬСТВО

о публикации научной статьи

Настоящим подтверждается, что

**Шонин
Максим Юрьевич**

учитель математики

МОУ Петропавловская СОШ

является автором статьи, опубликованной в международном научном журнале «Молодой ученый» (№8 (298), февраль 2020 г.)

«Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды Верхнеуральского муниципального района Челябинской области»

<https://moluch.ru/archive/298/67594/>

Главный редактор
Издательства «Молодой ученый»
к.т.н. Ахметов И.Г.



СМ № 02/98/011/99/90

МОЛОДОЙ
УЧЁНЫЙ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о публикации научной статьи

Настоящим подтверждается, что

**Горбунова
Наталья Васильевна**

учитель биологии

МОУ Петропавловская СОШ

является автором статьи, опубликованной в
международном научном журнале «Молодой ученый» (№8 (298), февраль 2020 г.)

**«Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей
среды Верхнеуральского муниципального района Челябинской
области»**

<https://moluch.ru/archive/298/67594/>

Главный редактор
Издательства «Молодой ученый»
к.т.н. Азаматов И.Г.



СМ № 029/80.11.996.1