

муниципальное бюджетное образовательное учреждение
дополнительного образования
Центр детского и юношеского творчества
Староюрьевского района Тамбовской области

**Всероссийский юниорский лесной конкурс Подрост»
(«За сохранение природы
и бережное отношение к лесным богатствам»)**

Номинация: «Экология лесных растений»

Исследовательская работа

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ МЕТОДОМ ФИТОИНДИКАЦИИ

Автор: Немтинова Олеся Сергеевна,
учащаяся творческого объединения
«Экологический клуб «Терра»

Руководитель: Беленова Ирина Ивановна,
педагог дополнительного образования

2019 год

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Проблема исследования	3
Цель исследования	3
Задачи исследования	3
Гипотеза, объект, предмет, место и сроки исследования	3
Актуальность исследования	4
Краткий литературный обзор	4
Физико-географическая и историческая характеристика исследуемых участков	6
МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ	7
1. Изучение морфологических особенностей сосны обыкновенной	7
2. Определение участков исследований и модельных деревьев	8
3. Определение степени выраженности хлорозов, некрозов и дефолиации хвои	8
4. Применение метода биоиндикации в исследовательской деятельности учащихся	9
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	10
ВЫВОДЫ	11
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	12
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	13
ПРИЛОЖЕНИЯ	14

ВВЕДЕНИЕ

Проблема исследования

В последние десятилетия антропогенное давление на окружающую среду резко возросло. В результате различных видов человеческой деятельности в воздух выбрасывается более 200 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 воздушной среды.

Староюрьевский район Тамбовской области представляет собой типичную лесостепную зону, где естественные хвойные леса практически не встречаются. Однако на его территории имеются несколько крупных искусственно созданных лесных зон, составленных преимущественно из сосны обыкновенной с небольшими вкраплениями ели европейской и лиственницы сибирской: лес около водохранилища Шушпанское, Редькинское лесничество, урочище «Сосновая балка» (приложение 2).

Район специализируется на выращивании сельскохозяйственных культур, крупных промышленных предприятий нет, однако негативное воздействие на лесные зоны присутствует. Вблизи урочища Сосновая балка расположены поля ООО «Тамбовские фермы», где выращивается сахарная свёкла, а около Шушпанского водохранилища это же хозяйство и ОАО «Агроюрьево» занимаются возделыванием кукурузы на зерно. С 2015 года предприниматели используют технологии химических обработок, включающей эффективный антидот «Альбит» в сочетании с гербицидами для повышения урожайности сахарной свёклы и десикатор «Раундап Макс», ускоряющий созревание кукурузы на 14-20 дней. Опрыскивание с самолета рабочими растворами посевов сахарной свёклы производится не менее 4-х раз за период вегетации (от 60 л/га до 300 л/га), урожая кукурузы – один раз за сезон (150 л/га). При этом разбрасываемые химикаты покрывают не только поля, но и близлежащие участки хвойных древесных насаждений (приложение 1, 3, 4).

Цель исследования: оценка загрязнения воздушной среды с помощью растения-фитоиндикатора - сосны обыкновенной.

Задачи исследования:

1. Изучить морфологические особенности сосны обыкновенной.
2. Определить участки исследований, на модельных деревьях сосны обыкновенной получить пробы хвои с 1-3-х летних побегов, провести статистическую обработку полученных данных.

3. Определить степень выраженности хлорозов и некрозов на хвоинках и дефолиации (опадания) хвои.

4. Сравнить экологическое состояние сосны обыкновенной на трех лесных участках и выявить влияние загрязнения воздуха на показатели хвои модельных деревьев.

5. Определить возможность применения метода фитоиндикации в естественнонаучных объединениях учащихся.

Гипотеза исследования: применение гербицидов и десикаторов может создавать загрязнение лесных территорий атмосферными поллютантами.

Объект исследования: хвоя сосны обыкновенной.

Предмет исследования: морфологическое состояние сосны обыкновенной.

Место проведения исследования: Староюрьевский район (лес Шушпанского водохранилища, урочище Сосновая балка, Редькинское лесничество) (приложение 1).

Сроки проведения исследований: 2018-2019 годы.

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 [3, 6].

Краткий литературный обзор

Использование живых организмов в качестве чувствительных к загрязнению окружающей среды уходит своими корнями в древние века. Первые наблюдения сделали еще античные ученые – Теофраст, Катон и Плиний Старший (III – I век до н.э.).

В России основоположником биоиндикационного использования растений, оценки свойств почв и подстилающих горных пород по особенностям развития растений и составу растительного покрова считают А. П. Карпинского. В трудах М.В.Ломоносова и А.Н.Радищева также есть упоминания о растениях-указателях особенностей почв, горных пород, подземных вод.

По словам Кашина В.К., Иванова Г.М. (1998), «растения являются высокоинформативным индикатором уровня доступных форм химических элементов в окружающей среде и основным источником их для человека и животных. В связи с этим они представляют большой интерес в качестве эффективных объектов при экологическом мониторинге загрязнения окружающей среды ...». 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» [10]. Большой вклад в развитие биоиндикации внес русский ученый-почвовед В.В.Докучаев.

Комплексный подход в проведении биологического мониторинга (сочетания метода биоиндикации и биотестирования, использование объектов разных уровней организации) при систематическом наблюдении позволяет судить о перспективах изменения структуры сообществ, продуктивности популяции и устойчивости экосистем по отношению к антропогенным факторам [11]. Биоиндикаторами могут быть живые организмы, обладающие хорошо выраженной реакцией на внешне воздействие.

Биоиндикаторы могут быть прямыми и косвенными. Если реакция живого организма вызвана непосредственным воздействием внешнего фактора, то говорят о прямой индикации. У косвенных индикаторов реакция возникает через систему опосредованных взаимосвязанных реакций напрямую не связанных со стрессовым воздействием.

Биоиндикаторы могут быть положительными и отрицательными. Положительные биоиндикаторы характеризуются увеличением реакции (количественных характеристик) при нарастании стресса. В зависимости от реакции биоиндикатора на определенный стрессовый фактор выделяют специфический и неспецифический характер биоиндикации. В случае специфической биоиндикации реакция организма является характерной для какого-либо определенного стрессора [7, 13].

Биомониторинг может осуществляться путем наблюдений за отдельными растениями-индикаторами, популяцией определенного вида и состояния фитоценоза в целом. На уровне вида обычно производят специфическую индикацию какого-то одного загрязнителя, а на уровне популяций или фитоценоза – общего состояния природной среды [13]. Индикаторные хвойные растения (сосна, ель, пихта) могут использоваться как для выявления отдельных загрязнений воздуха, так и для оценки общего состояния воздушной среды.

Хвоя сосны обыкновенной используется как биоаккумулятор аэрогенных загрязнений. Это связано с тем, что хвоя сосны обладает способностью эффективно поглощать загрязняющие вещества в виде аэрозолей за счет диффузионного осаждения их в полостях и

воздушных каналах листовой пластинки. Поглощение может быть как метаболическим, так и пассивным. Ввиду малой поверхности листа, утолщенной кожицы и малого количества устьиц 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 характерные для данной местности микроэлементы в количествах, достаточных для аналитического определения.

Сосна обыкновенная как фитоиндикатор указывает на присутствие загрязняющего вещества в воздухе ранними морфологическими реакциями – изменение окраски хвои; преждевременное пожелтение хвои – хлороз, отмирание тканей – некроз; преждевременное опадание хвои – дефолиация [15].

Физико-географическая характеристика исследуемых участков

Староюрьевский сельсовет располагается на Окско-Донской низменности. Рельеф территории равнинный, расчленённый реками, балками и оврагами. В геологическом строении территории участвуют породы от архейского и протерозойского до четвертичного возраста - песчано-глинистые образования с различным содержанием гравийно-галечникового материала. Почвенный покров однородный, господствующими типами почв являются черноземы: выщелоченные, лугово-черноземные разной степени мощности и пойменные почвы.

Водные ресурсы Староюрьевского района представлены реками: Лесной Воронеж, Ситовка, Вишневка, Ржавец, Шушпанским водохранилищем, озерами, болотами и прудами. Территория приурочена к западному крылу Приволжско-Хоперского артезианского бассейна. Все реки по своему режиму относятся к типично равнинным, преимущественно со снеговым питанием, имеют дополнительное грунтовое питание. Наибольшая часть стока приходится на весенний период – от 80 до 90%.

Климат умеренно-континентальный с теплым летом и холодной устойчивой зимой. Средняя температура января изменяется от $-10,5^{\circ}\text{C}$ до $-11,5^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум равен -39°C . Средняя температура июля изменяется от $+19,5^{\circ}\text{C}$ до $+20,5^{\circ}\text{C}$, достигая абсолютного максимума в $+40^{\circ}\text{C}$. Средняя продолжительность периода с положительной температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$ колеблется от 145 до 150 дней. Среднегодовое количество осадков колеблется от 450 до 490 мм в год, влажность воздуха не превышает 70%. Устойчивый снежный покров образуется в районе в конце ноября и разрушается к началу апреля. Число дней со снежным покровом в среднем равно 135. Наибольшая глубина промерзания

почвы около 1,4 м. Преобладающие направления ветров: зима – север, северо-запад, лето – юг, юго-запад, юго-запад-запад [5, 18].

Наблюдаемый участок Шушпанского леса (общая площадь 35 га) расположен в нижнем бьефе водохранилища в 8 км на северо-восток от села Староюрьево. Сосновые насаждения произрастают на пойменном черноземе с достаточным увлажнением почв. С западной стороны леса проходит грунтовая дорога, отделяющая его от полей фермерских хозяйств (возделываемая культура – кукуруза, применяемые вещества – десикатор «Раундап Макс») (приложение 2).

Урочище Сосновая балка (общая площадь 14,3 га) расположено по склонам оврага глубиной 3-5 метров, который тянется узкой полосой (максимальная ширина 150 м) на восток параллельно южной оконечности села Староюрьево на расстоянии 3 км. Почвенный покров лугово-черноземный. Наблюдается выход грунтовых вод в виде заболоченных участков на дне лощины. С северной стороны урочища расположены поля с сахарной свёклой (приложение 2).

Редькинское лесничество (общая площадь 86 га) располагается на правом берегу реки Лесной Воронеж в 3 км к юго-западу от села Староюрьево. Среди почв преобладает средне выщелоченный чернозем. Лесной участок полностью изолирован от автомобильного движения, прилегающие территории не возделываются. Морфологические показатели сосны обыкновенной принимались на этом участке за контроль (приложение 2).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Изучение морфологических особенностей сосны обыкновенной

Сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.) - вечнозеленое дерево, достигающее 40 м высоты, 1,5 м в диаметре, с мутовчато-расположенными ветвями. Кора дерева красно-бурая, к вершине буро-желтая, трещиноватая, тонкошелушающаяся. Молодые ветви голые, зеленоватые, потом серо-бурые; почки 6-12 мм длиной, острые, красновато-бурые, яйцевидноконические, смолистые, находятся, на верхушке главного побега и боковых ветвей. Боковые почки собраны в мутовку, окружающую более крупную центральную почку.

Древесина сосны пронизана многочисленными крупными смоляными ходами, тянущиеся в вертикальном направлении и сообщаемыми между собой горизонтальными ходами, залегающими в сердцевинных лучах. Из естественных трещин коры и искусственных надрезов вытекает смола, заливающая нанесенные повреждения, в чем состоит ее биологическое значение. Вытекающая из раны смола называется живицей (от слов «заживлять», «исцелять»). Корневая система с глубоко идущим главным корнем.

Листья (хвоя) сизо-зеленные, расположены попарно, жесткие, полуцилиндрические, заостренные, длиной 5-7 см, шириной 2 мм. Расположены на верхушках укороченных побегов.

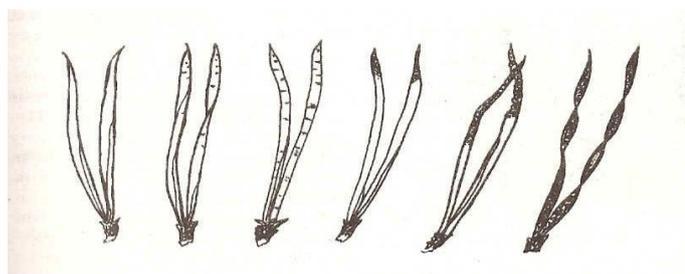
Серо-желтые пыльниковые (мужские) шишки размером меньше горошины развиваются весной у основания молодых длинных побегов, в пазухах кроющих листьев, и быстро отмирают. На концах молодых побегов тех же деревьев появляются красноватые овальные женские шишечки, длиной 5-6 мм и шириной 4 мм, на коротких ножках, состоящие из кроющих чешуй, в пазухах которых сидят семенные чешуи с семечками. Женские шишки после оплодотворения разрастаются, достигают 2,5-7 см в длину и 2-3 см в ширину. В первый год они зеленые, на второй – одревесневают и буреют. Семена длиной 3-4 мм, черноватые или сероватые, удлинненно-яйцевидные с крылом в 3 раза длиннее семени. Цветет в мае, опыляется ветром. Семенные шишки созревают на второй год [8, 17].

2. Определение участков исследований и модельных деревьев

Для проведения работ были выбраны 9 пробных участков: 3 в урочище Сосновая балка, 3 в лесу Шушпанского водохранилища и 3 в Редькинском лесничестве. Участки располагались на расстоянии 20 м от полей фермерских хозяйств (приложение). Были взяты пробы с 36 деревьев сосны обыкновенной (по 4 дерева на каждом участке). Все сосны имеют приблизительно одинаковый возраст – от 40 до 42 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 [2, 9].

3. Определение степени выраженности хлорозов, некрозов и дефолиации хвои

Собранные хвоинки были поделены по признакам повреждений.



Классы некрозов	1	2	3			
Классы хлорозов	1			2	3	4

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 биоиндикации в исследовательской деятельности учащихся

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 биоиндикации и доступные организмы-биоиндикаторы, например, лишайники и хвойные растения.

Сосна обыкновенная выступает в качестве древесного растения-биоиндикатора, 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. Такой подход в исследовательской деятельности приводит к определению сферы научных интересов, способствует формированию опыта эколого-исследовательской деятельности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ полученных на участках исследования данных выявил признаки загрязнения воздушной среды в урочище Сосновая балка и в сосняке Шушпанского водохранилища. Этому свидетельствуют показатели выраженности хлорозов и некрозов и степень дефолиации.

При анализе данных хвои на побегах 2019 года (однолетние побеги) четко выделяется преобладание хлорозов и некрозов 1-х групп, т.е. повреждения и усыхания практически отсутствуют, около 92% хвои на всех участках не имеет видимых повреждений. Некрозы 3 класса (повреждения по всей длине), хлорозы 3 класса и 4 класса (полное усыхание) не встречаются. Хвоя за первый год жизни еще не накопила повреждающее количество загрязняющих веществ, но в участке около Шушпанского водохранилища уже отмечены незначительно некрозы и хлорозы, что говорит о повышенной степени загрязнения воздуха в данной точке (приложение 8).

Хвоя на побеге 2018 года (двухлетние побеги) имеет некрозы 2 класса до 30%, наибольшие показатели определены на участке Шушпанского леса - 40,0%. На хвое сосен Редькинского лесничества некрозов не выявлено. Увеличивается доля хлорозов 2 класса, появляются хлорозы 3 и 4 классов. Наибольшее значение хлорозов 3 класса (7%) и 4 класса (8,9%) снова наблюдается у сосен Шушпанского водохранилища, наименьшие в Редькинском лесничестве – 2,5% (приложение 9).

При рассмотрении показателей хвои 2017 года (трехлетние побеги), хлорозы и некрозы 1 и 2 классов выравниваются, наибольший показатель некрозов 3 класса отмечен в лесу Шушпанского водохранилища – 5,4%. Степень хлорозов 3 и 4 класса повышается у сосен Сосновой балки и Шушпанского водохранилища почти вдвое. У сосен Редькинского лесничества хлорозы 3 класса практически не встречаются, некрозы 3 и 4 классов незначительны (приложение 10).

В ходе исследования измерялась длина и ширина хвои. Было выяснено, что ширина всех хвоинок одинакова и равняется 20 мм, а длина варьирует. При рассмотрении длины хвоинок и побегов была проведена статистическая обработка данных. В построении вариационных рядов проявлялось следующее: отклонения длины хвои от нормы отмечено на побегах 2018 года у сосен Шушпанского водохранилища. У деревьев Сосновой балки и Редькинского лесничества в 2017-2019 годах вариация значений была постоянной. Аналогичные результаты наблюдались в Шушпанском лесу в 2017 и 2019 годах. Однако результаты показывают стабильное снижение длины хвоинок на участках, контактирующих с обрабатываемыми полями. Разность значений вариаций характеризует то, что на растения влияли антропогенные факторы, так как климатические факторы (влажность, температу-

ра) в 2018-2019 годах соответствовали показателям наблюдаемой местности (приложение 5).

При анализе результатов измерений средней длины побегов наблюдалось уменьшение значения от 2019 года к 2019 году в Сосновой балке и Шушпанском лесу. Наименьшая длина побегов 2019 года отмечена у деревьев в лесу Шушпанского водохранилища (99,7 мм). Средняя длина побегов 2018 года превышает 120 мм, 2017 года – 160 мм. Полученные результаты также показывают на уменьшение средней длины побегов сосны на данных участках с 2017 по 2019 год, что говорит об угнетении роста деревьев (приложение 6).

Результаты показателей дефолиации побегов сосны показывают увеличение степени опадания и класса дефолиации от 0 до 2 у трехлетних побегов, что связано с накоплением токсичных веществ в полостях и воздушных каналах хвои. Наибольшая степень дефолиации наблюдается в лесу Шушпанского водохранилища, наименьшая - в Редькинском лесничестве (приложение 7).

ВЫВОДЫ

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Хвойные лесные насаждения Староюрьевского района (лес Шушпанского водохранилища и урочище Сосновая балка) подвергаются антропогенному воздействию, возникающему при загрязнении воздуха, что выражается в нарушении морфологических показателей сосны обыкновенной, используемой в качестве фитоиндикатора. Сосны Редькинского лесничества не показывают признаков угнетения роста и развития.

2. Основным источником воздушного загрязнения следует считать применение гербицидов и десикаторов, используемых сельскохозяйственными предпринимателями района, так как вблизи наблюдаемых участков отсутствует интенсивное автомобильное движение и промышленные предприятия.

3. Наиболее опасным воздушным поллютантом является десикатор кукурузы «Раундап Макс». Его однократное применение оказывает негативное влияние на состояние хвойных насаждений, что подтверждается результатами оценки экологического состояния сосны обыкновенной на наблюдаемом участке леса Шушпанского водохранилища. Антидот «Альбит», применяемый для повышения урожайности сахарной свеклы, влияет на состояние фитоиндикаторов в меньшей степени.

4. Методы биоиндикации применимы в научно-исследовательских работах учащихся, так не требует специального оборудования и доступны для понимания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методы биоиндикации являются важными в проведение экологического мониторинга. Какой бы современной ни была аппаратура для контроля загрязнения и определения вредных примесей в окружающей среде, она не может сравниться со сложно устроенным «живым прибором», реагирующим на те или иные изменения, отражающим воздействие всего комплекса факторов, включая сложные соединения различных ингредиентов.

Биоиндикацию можно определить как совокупность методов и критериев, предназначенных для поиска информативных компонентов экосистем, которые позволяют адекватно отражать уровень воздействия среды, включая комплексный характер загрязнения с учетом явлений синергизма действующих факторов, и диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ и оценивать их значимость для всей экосистемы в ближайшем и отдаленном будущем.

Хвойные лесные насаждения в Староюрьевском районе занимают малую часть его площади и имеют скорее эстетическое, нежели экономическое значение для населения. Тем ценнее их сохранить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, В.А Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / В.А.Алексеев. – Л.: Наука. Ленинградское отделение. 1990.
2. Ашихмина Т. Я. Экологический мониторинг: Учебно–методическое пособие / Т.Я. Ашихмина, Н.Б. Зубкина; под ред. Т.Я. Ашихминой - М.: Академический проект, 2005.
3. Буйволов, Ю.А. Методика оценки жизненного состояния леса по сосне/ Ю.А. Буйволов, М.В. Кравченко, А.С. Боголюбов – М.: Экосистема, 1998.
4. Волкова П.А., Шипунов А.Б. Статистическая обработка данных в учебно-исследовательских работах. - М.: Экопресс, 2008.
5. Дудник Н.И. Геоэкология Тамбовской области/Н.И.Дудник. - Тамбов: Издательство Тамбовского государственного университета, 2004.
6. Криволицкий Д.А. Экологическое нормирование на примере радиоактивного загрязнения экосистем /Методы биоиндикации окружающей среды в районах АЭС. - М., 1988.
7. Мелехова О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева; под ред. О.П. Мелеховой, Е.И. Егоровой. - М.: Издательский центр «Академия», 2007.
8. Миркин Б.Н., Наумова Л.Г. Динамика растений. – М.: «Просвещение», 2002.
9. Муравьев А.Г. Программа по экологическому образованию Экологический мониторинг, факультативный курс для 9-11 классов. – С.Пб. 1998.
10. Мэнниг У.Д. Биомониторинг загрязнения атмосферы/ У.Д.Мэнниг, У.А. Федер. - Л.: Гидрометеиздат, 1985.
11. Степанов А. М. Методология биоиндикации и фонового мониторинга экосистем суши / Экотоксикология и охрана природы : Тезисы докладов конференции. - Рига, 1988.
13. Федорова А.И. Биоиндикация состояния городской среды по реакциям древесных растений/ Геоэкологические проблемы устойчивого развития городской среды. Воронеж: Изд-во Квадрат, 1996.
15. Чекмарева О.В., Бондаренко Е.В./Комплексная оценка источников выбросов в атмосферный воздух: Методические указания к практическим занятиям. – Оренбург, 2004.
16. Якунина И.В. , Попов Н.С. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: Учебное пособие. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009.
17. Якушкина Н. И., Бахтенко Е. Ю. Физиология растений – Москва: ВЛАДОС, 2005.
- 18 . www.pogodaiklimat.ru

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1



Рис. 1. Карта-схема Староюрьевского района: участок 1- лес у Шушпанского водохранилища; участок 2 – урочище «Сосновая балка», участок 3 – Редькинское лесничество

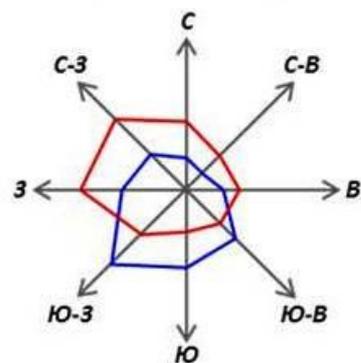


Рис. 2. Роза ветров Староюрьевского района в январе и июне

ПРИЛОЖЕНИЕ 2



Фото 1. Карта со спутника: лес Шушпанского водохранилища (масштаб 1 см 200 м)



Фото 2. Лес Шушпанского водохранилища, общий вид



Фото 3. Сосны в лесу Шушпанского водохранилища



Фото 4. Карта со спутника: урочище «Сосновая балка» (масштаб 1 см 100 м)

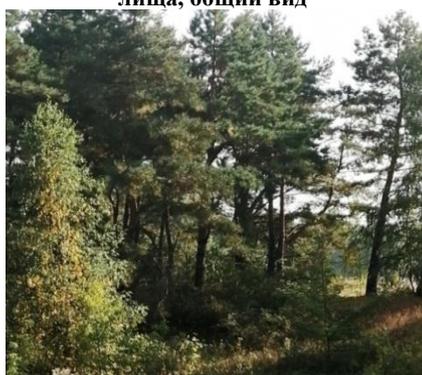


Фото 5. Урочище «Сосновая балка», общий вид



Фото 6. Сосны урочища «Сосновая балка»



Фото 7. Карта со спутника: Редькинское лесничество (масштаб 1 см 200 м)



Фото 8. Редькинское лесничество, общий вид



Фото 9. Ели и сосны Редькинского лесничества

ПРИЛОЖЕНИЕ 3



Фото 10. Поля сахарной свеклы ООО «Тамбовские фермы» около урочища «Сосновая балка», август 2019



Фото 11. Поля кукурузы ОАО «Агроорьево» до и после обработки десикатором, август 2019



ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Технологическая схема обработок посевов сахарной свеклы ООО «Тамбовские фермы» в 2018 году

1-ая обработка: препарат на основе этофумезата + фенмедифама + десмедифама 1 л/га;

2-ая обработка: препарат на основе галоксифоп-Р-метила 0,5 л + препарат на основе этофумезата + фенмедифама + десмедифама 1 л + Альбит 30-40 мл;

3-ья обработка: препарат на основе клопиралида 0,4 + препарат на основе галоксифоп-Р-метила + препарат на основе этофумезата + фенмедифама + десмедифама 1 л + Альбит 30-40 мл + N7 кг д. в. аммиачной селитры;

4-ая обработка: Альбит 30-40 мл.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица 1. Показатели длины хвоинок, мм

Участок	Однолетний побег			Двулетний побег			Трехлетний побег		
	М	s	Интервал	М	s	Интервал	М	s	Интервал
Урочище «Сосновая балка»	80,1	1,88	75,0-83,0	82,6	1,48	79,0-85,0	86,8	1,24	84,0-89,0
Лес Шушпанского водохранилища	68,9	1,52	65,0-71,0	76,5	3,5	71,0-82,0	81,7	1,42	79,0-84,0
Редькинское лесничество	84,9	0,82	82,0-86,2	84,4	0,93	82,4-86,9	84,6	0,78	83,6-87,1

М – Среднее арифметическое, S – Стандартное отклонение

Таблица 2. Показатели средней арифметической длины хвои, мм

Год	Урочище «Сосновая балка»	Используемые химикаты	Лес Шушпанского водохранилища	Используемые химикаты	Редькинское лесничество	Используемые химикаты
2017	86,8±2×1,24	Антидот «Альбит» + гербициды, рабочий раствор 300л/га	81,7±2×1,42	Десикатор «Раундап Макс», рабочий раствор 150 л/га	84,6±2×0,78	Не использовались
2018	82,6±2×1,48		76,5±2×3,5		84,4±2×0,93	
2019	80,1±2×1,88		68,9±2×1,52		84,9±2×0,82	

Диаграмма 1

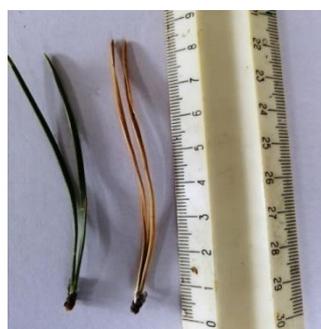


Фото 12. Хвоя сосен урочища «Сосновая балка»



Фото 13. Хвоя сосен леса Шушпанского водохранилища



Фото 14. Хвоя сосен Редькинское лесничества

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Таблица 3. Показатели длины побегов, мм

Участок	Однолетний побег			Двухлетний побег			Трёхлетний побег		
	М	s	Интервал	М	s	Интервал	М	s	Интервал
Урочище «Сосновая балка»	130,6	14,6	98-151	166,8	4,34	159-178	175,8	3,4	168-181
Лес Шушпанского водохранилища	99,7	10,5	90-120	128,4	6,0	112-138	143,2	6,56	140-160
Редькинское лесничество	166,3	5,9	149-172	174,0	3,6	168-182	170,9	3,7	158-180

Таблица 4. Показатели средней арифметической длины побегов, мм

Год	Урочище «Сосновая балка»	Используемые химикаты	Лес Шушпанского водохранилища	Используемые химикаты	Редькинское лесничество	Используемые химикаты
2017	175,8±2×3,4	Антидот «Альбит» + гербициды, рабочий раствор 90л/га	143,2±2×6,56	Десикатор «Раундап Макс», рабочий раствор 130 л/га	170,9±2×3,7	Не использовались
2018	166,8±2×4,34		128,4±2×6,0		174,0±2×3,6	
2019	130,6±2×14,6		99,7±2×10,5		166,3±2×5,9	

Диаграмма 2



Фото 15. Сосновый подрост Сосновой балки



Фото 16. Сосновый подрост Шушпанского леса

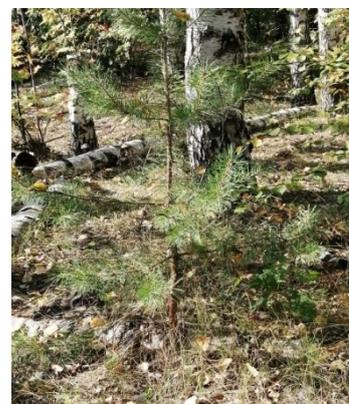


Фото 17. Сосновый подрост Редькинского лесничества

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Таблица 5. Показатели дефолиации хвои на побегах

Участок	Урочище «Сосновая балка»		Лес Шушпанского водохранилища		Редькинское лесничество	
	Степень опадания хвои	Класс дефолиации	Степень опадания хвои	Класс дефолиации	Степень опадания хвои	Класс дефолиации
Побеги 2017 года	19,4%	1	32,7%	2	5%	0
Побеги 2018 года	7,4%	0	12,4%	1	1,5%	0
Побеги 2019 года	0,8%	0	4,1%	0	0,5%	0

Диаграмма 3

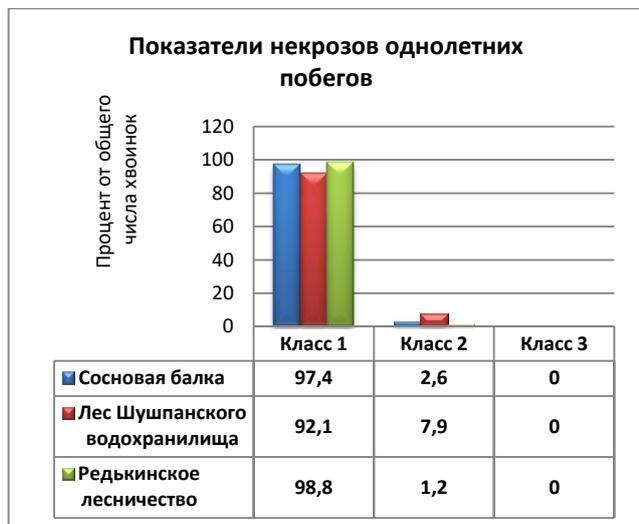


ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Таблица 6. Показатели хлорозов и некрозов хвои однолетних побегов (в %)

Участок	Класс некрозов			Класс хлорозов			
	1	2	3	1	2	3	4
Урочище «Сосновая балка»	97,4	2,6	0	97,2	2,8	0	0
Лес Шушпанского водохранилища	92,1	7,9	0	96,5	3,5	0	0
Редькинское лесничество	98,8	1,2	0	98,0	2,0	0	0

Диаграмма 4-5

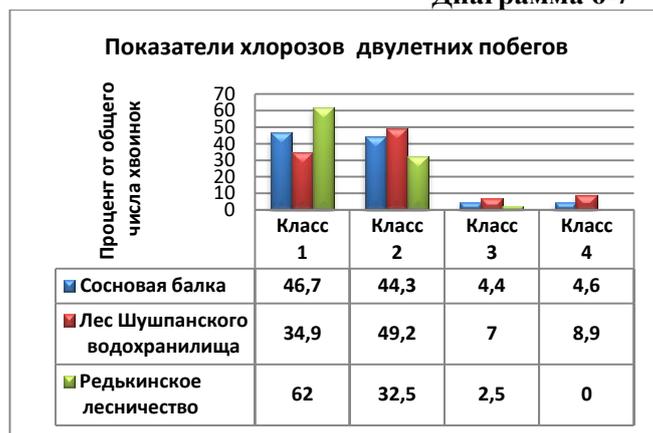
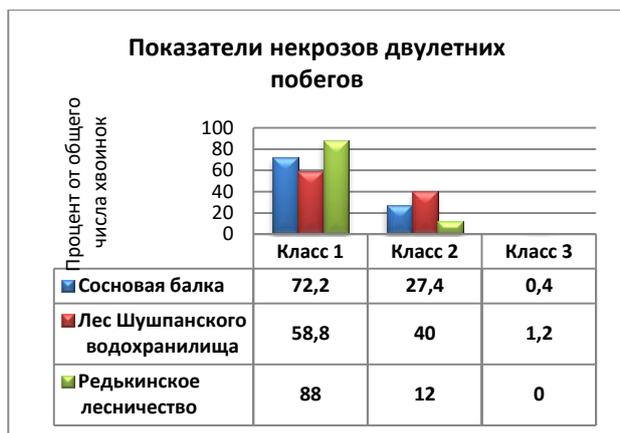


ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Таблица 7. Показатели хлорозов и некрозов хвои двулетних побегов (в %)

Участок	Класс некрозов			Класс хлорозов			
	1	2	3	1	2	3	4
Урочище «Сосновая балка»	72,2	27,4	0,4	46,7	44,3	4,4	4,6
Лес Шушпанского водохранилища	58,8	40,0	1,2	34,9	49,2	7,0	8,9
Редькинское лесничество	88,0	12,0	0	62,0	32,5	2,5	0

Диаграмма 6-7

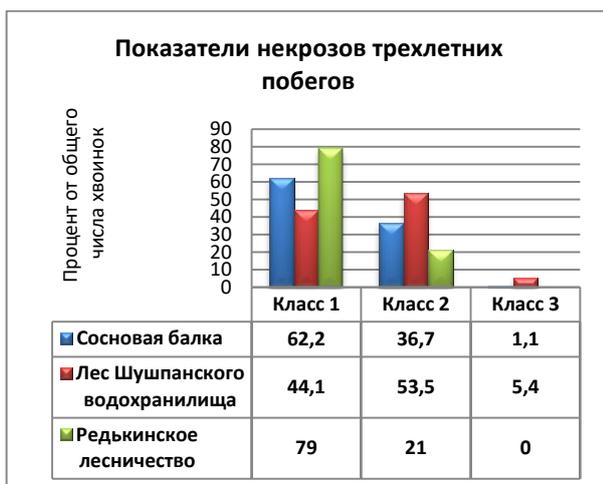


ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Таблица 8. Показатели хлорозов и некрозов хвои трехлетних побегов (в %)

Участок	Класс некрозов			Класс хлорозов			
	1	2	3	1	2	3	4
Урочище «Сосновая балка»	62,2	36,7	1,1	39,8	43,3	4,5	12,4
Лес Шушпанского водохранилища	41,1	53,5	5,4	27,4	48,8	8,5	15,3
Редькинское лесничество	79,0	21,0	0	45,4	46,0	5,1	3,5

Диаграмма 8-9



18. Хлорозы хвои, 2019 год Урочище «Сосновая балка»



Фото 19. Хлорозы хвои, 2019 год Лес Шушпанского водохранилища



Фото 20. Хлорозы хвои, 2019 год Редькинское лесничество