МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет физико-математических и естественных наук

Кафедра «Общая биология и биохимия»

Направление подготовки 06.04.01 Биология

Магистерская программа Физиология растений

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
на тему:

«*PINUS SYLVESTRIS* – КАК ИНДИКАТОР АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ»

Студент _____ Рыжова Юлия Александровна

Научный руководитель _____ Карпова Л. В.

Нормоконтролёр _____ Солдатов С. А.

Рецензент _____ Кошеляев В. В.

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 4.06.18 № 13)

Заведующий кафедрой _____ Карпова Г.А.

Работа защищена с отметкой отлично (протокол заседания ГЭК от 26.06.18 № 4)

Секретарь ГЭК _____ Солдатов С. А.

Пенза 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ..... 3
ГЛАВА 1. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ ПРИ ДИАГНОСТИКЕНЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ*PINUSSYLVESTRIS*L..... 5
2.1. Ботаническая характеристика*Pinussylvestris*L. 12
ГЛАВА 3. МЕТОДИКА РАБОТЫ И ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЙ..... 16
3.1. Географическая характеристика района исследований 16
3.2. Нефтехимическое загрязнение участка «Сосновый бор на Кададе»..... 23
3.3 Методы исследования..... 25
ГЛАВА 4. ФИТОИНДИКАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕСНОГО УЧАСТКА «СОСНОВЫЙ БОР НА КАДАДЕ» 29
ВЫВОДЫ..... 52
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... 53

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире на данном этапе развития промышленности и ее влияния на экологическую обстановку, необходим постоянный мониторинг за состоянием окружающей среды. Для этого разработаны и используются разнообразные методы, основанные на реакции живых организмов на различные промышленные загрязнители. Одними из объектов,быстро реагирующих на ухудшения состояния окружающей среды, являются растения, особенно удобны многолетние виды, позволяющие проанализировать этапы антропогенного загрязнения в целом на протяжении большого промежутка времени.

Актуальность исследования состоит в том, что, под влиянием интенсивной хозяйственной деятельности происходит деградация лесов, что в свою очередь является глобальной экологической проблемой. Изучение реакции растений на различных уровнях организации: клеточном, тканевом, органном и организма в целом, позволило бы решить данную проблему[41].

Биологические методы контроля позволяют быстро оценивать качество окружающей среды и наличие некоторых загрязнений, не обнаруживаемых химическими методами. К биологическим методам контроля относятся биоиндикация и биотестирование.

Оценка состояния организма с использованием методов биоиндикации отличается скоростью, простотой и дешевизной применения. Растениям отводится особое место при биоиндикаторной оценке состояния окружающей среды. Растения очень чувствительно реагируют на загрязнение окружающей среды, проявляя высокую чувствительность к действию газообразных токсикантов, а также тяжелых металлов. Ввиду автотрофности и прикрепления большинства растений к субстрату они являются важным компонентом любого биогеоценоза, наиболее подверженного местному и

глобальному загрязнению, что также важно для их успешного использования в целях биоиндикации[46,61].

Цель работы:биоиндикация загрязнения воздуха в охранной зоне участка «Сосновый бор на Кададе» («Борок») по состоянию сосны обыкновенной.

Задачи:

1. Определить влияние промышленного загрязнения на морфологию сосны обыкновенной;

2. Выявить анатомические изменения хвои сосны обыкновенной под влиянием нефтехимического загрязнения;

3. Оценить «жизненное состояние»*Pinussylvestris* L в условиях атмосферного загрязнения продуктами переработки нефти.

ГЛАВА 1. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.

В мониторинге за состоянием окружающей среды методы промышленной гигиены могут измерять и контролировать только воздушные химикаты, в то время как другие аспекты проблемы возможных вредных агентов в окружающей среде человека, остаются необнаруженными. Биологический мониторинг помогает заполнить этот пробел.

Мониторинг – это повторяющаяся, регулярная и превентивная деятельность, призванная привести, при необходимости, к корректирующим действиям. Его не следует путать с диагностическими методами.

Биологический мониторинг – система наблюдений за реакцией организмов на загрязнители [41].

Он является одним из важных инструментов профилактики заболеваний, вызванных токсичными веществами в окружающей среде.

Биологический мониторинг был определен на семинаре 1980 года, совместно организованном Европейским экономическим сообществом (EEC), Национальным институтом безопасности и гигиены труда (NIOSH) и Ассоциацией по безопасности и гигиене труда (OSHA) (Берлин, Йодайкен и Хенман 1984) в Люксембурге.

Живые организмы постоянно присутствующие в окружающей среде человека, чутко реагируют на кратковременные и залповые выбросы токсикантов, которые автоматизированная система контроля с периодическим отбором проб на анализы может не зафиксировать. В связи, с этим в настоящее время пристальное внимание уделяется приемам биоиндикации [56, 68].

Биоиндикация– это метод оценки изменений в организмах или экосистемах, вызванных антропогенными воздействиями окружающей среды.Полученные результаты могут быть использованы для оценки уровня загрязнения окружающей среды, например, почвы, воздуха или воды[37].

Суть биоиндикации заключается в том, что некоторые факторы окружающей среды создают возможность существования определенного вида.

Индикаторы – виды, позволяющие выявить специфические особенности среды. Биоиндикация даёт возможность судить об изменениях состояния среды и прогнозировать направление этих изменений. При изучении степени загрязнения окружающей среды важна реакция организмов на загрязнители. Биоиндикаторы качественно оценивают биотические реакции на экологический стресс (например, наличие лишайника,*Lecanoraconizaeoides*, указывает на плохое качество воздуха), в то время как биоиндикация количественно определяет ответ (например, сокращение содержания или разброса хлорофилла лишайника указывает на наличие и серьезность загрязнения воздуха).

Биоиндикаторы –биологические объекты, которые используются для оценки состояния среды.

Виды биоиндикаторов:

1. Чувствительный. Быстро реагирует с высоким отклонением индикаторов от нормы.

2. Накопительный. Аккумулирует воздействие без проявления нарушений.

Биоиндикаторы могут быть описаны с использованием двух характеристик: специфичности и чувствительности. При низкой специфичности биоиндикатор реагирует на различные факторы, с высокой специфичностью только на один. При низкой чувствительности биоиндикатор реагирует только на сильные отклонения фактора от нормы, с высокой чувствительностью, вплоть до незначительных отклонений.

Фитоиндикация – использование растений для оценки качества среды.

Сосудистые растения позволяют достаточно четко установить изменения в составе атмосферы, почв, на этом и основан принцип биоиндикации [6, 42].

Чем более чувствителен индикатор-растение, тем на более ранних этапах развития будет наблюдаться реакция на загрязнения. Как правило, это либо изменения окраски листьев (появление хлороза, желтого, коричневого или бронзового цвета), либо появлениеотмираний, либо ранним опадением листьев. Чем продолжительнее воздействие, тем более количественные и качественные изменения будут наблюдаются у растений: уменьшение и увеличение размеров органов или частей растений, характер роста побеговой системы, снижение или полная утрата плодовитости. Конечно, некоторые из перечисленных признаков могут появляться и при естественных условиях, например, изменение окраски происходит после воздействия низких температур, поэтому необходимо учитывать весь комплекс факторов и условий в которых произрастает растение.

Растения-аккумуляторы – это индикаторы другого типа. Такие особи концентрирует в клетках загрязняющие соединения без каких-либо видимых изменений в своем строении и функциях. Но, когда концентрации негативных веществ будет превышать предел выносливости этой группы растений, то начнут проявляться изменения в темпах их роста и развития, размерах и фертильности.

Надо помнить, что выявить абсолютные количественные показатели величины эффектов стресса на основе морфологических изменений невозможно, но можно точно определить величину потерь продукта, а также иметь график «доза-эффект», чтобы вычислить величину эффекта стресса.

Б. В. Виноградов[42] классифицировал индикаторы показателей растений как флористические, физиологические, морфологические и фитоценотические. Флористический признак – это разница в составе растительности изученных районов, образованных в результате определенных условий окружающей среды. Значение показателя имеет как наличие, так и отсутствие вида. Физиологические особенности включают особенности метаболизма растений, анатомические и морфологические

особенности – особенности внутренней и внешней структуры, различные типы аномалий развития и новообразований, фитоценотические особенности.

Различные отклонения в росте и развитии растений зачастую используются в индикационных целях, которые ученые классифицировали на три основные группы связанные:

1. с ускорением или замедлением нормального роста;

2. с изменением в строении стеблей, листьев, корней, фруктов, цветов и соцветий;

3. с образованием опухолей и других аномалий роста.

Многие исследователи считают, что уродства – это гигантизм и карликовость. Например, избыток свинца приводит к карликовости смолевки, а избыток в почве меди уменьшает размер калифорнийского мака вдвое.

Наибольший интерес в индикационных целях имеют следующие виды изменения растений:

• *Фасциация*– лентообразное уплощение и слияние стеблей, корней и цветоносов;

• *Махровость* цветов – преобразование тычинок в лепестки;

• *Пролификация*– прорастание цветов и соцветий;

• *Асцидия*– воронкообразные, чашевидные и трубчатые листья в растениях с пластинчатыми листьями;

• *Редукция*–вырождение органов растений;

• *Нитевидность* - нитевидная форма листовой пластинки;

• *Филлодий* тычинок –преобразование тычинок в плоское листовое образование.

Хорошо известно, что воздух представляет собой смесь некоторых газов, все вокруг Земли представлены примерно в равных объёмах. Загрязнение воздуха происходит, если смесь содержит вещества в таких количествах и настолько долго, что они представляют опасность для людей, животных или растений. Все живые организмы, особенно растения, страдают

от загрязнения воздуха. По этой причине растения, в том числе более низкие, более подходят для обнаружения первоначального изменения состава воздуха.

Например,голосеменные – отличные индикаторы чистоты атмосферы. При индивидуальном развитии растений последствия нарушений могут быть также обнаружены по частоте появления морфологических отклонений (фенодевиантов), величине флуктуирующих индексов асимметрии (отклонение от идеальной билатеральной и радиальной симметрии), анализ сложных комплексных структур (фрактальный анализ). Уровни любых отклонений от нормы минимальны только при оптимальных условиях и возрастают с любыми стрессирующими воздействиями [25].

В приспособлении к условиям окружающей среды древесных растений одну из главных ролей отводят периоду роста побегов [26, 61]. В течение этого периода в тканях наблюдается значительное увеличение интенсивности метаболизма, связанного с образованием аппарата ассимиляции [23, 32]. Биоэкологические свойства растений определяют характер роста. Под воздействием растительных ядов детерминируется интенсивность приростов растений, как радиальных, так и линейных[70].

И. С. Федотов[69] показал, что даже когда атмосфера $S0_2$ загрязнена концентрацией 0,02 мг / $м^3$, рост побегов сосны обыкновенной снижается на 30-40% от контрольных значений. Для оценки химической нагрузки на фитоиндикатор используются его различные признаки (характеристики).

Морфологический подход чаще всего встречается, так как он более прост в исполнении [30]. В некоторой литературе рекомендуется использовать годовой прирост, а также длину листовой пластины в качестве индикаторов.

Эффект токсикантовпроявляется в уменьшении числа и размера листьев на годичном побеге, а так же в увеличениианатомо-морфологических и физиологических особенностей структуры листа [19, 45].

Состояние хвои *Pinussylvestris*является характерным признаком несущим информацию об атмосферном загрязнении определенного уровня. Для незагрязненных лесов характерна здоровая сосновая хвоя, и только лишь некоторое количество сосновых хвоинок имеет омертвевшие точки минимальных размеров, а также светло-зеленые пятна, которые ровно распределены по всей площади хвоинки.

В загрязненной атмосфере происходит повреждение (хлороз, пожелтение, наличие некротических пятен) и продолжительность жизни хвои уменьшается [1]. Для подсчета количественной оценки реакции данного индикатора может быть использован процент пораженной площади хвоинки.

Внешнее и внутреннее строение сосновой хвои может использоваться для индикаторных целей, в качестве биоаккумулятора атмосферного загрязнения [76]. Потому что сосновая хвоя может хорошо абсорбироватьполлютанты, к примеру, соединения металлов в виде самых мелких частиц взаимно проникают и осаждаются в полостях воздушных каналах листовой пластинки [73]. Так как она имеет небольшую поверхность листовой пластинки, утолщенную кожицу и небольшое количество устьиц, поэтому очень мало удаление поглощенных микроэлементов.

В течение жизни хвои (4-6 лет, в зависимости от условий роста дерева) микроэлементы, характерные для этой местности, накапливаются в ее массе в количествах, достаточных для аналитического определения.

С работой Н. П. Красинского [30, 31] связаны первые исследования морфоструктуры листьев, растущих в условиях антропогенной среды.

Было доказано, что невосприимчивость растений в условиях загрязнения окружающей среды создается структурой внешних и внутренних тканей листа, морфолого-анатомическими особенностями, которые проявляются в утолщении эпидермиса укрепление его кутикулы, а также в плотном расположении внутренних тканей листа, к уменьшению вентиляции, именно благодаря этому газ не проникает и распространяется в них.

Адаптивные реакции устройства ассимиляции также должны включать увеличение смолонасыщенности хвои, что выражается в увеличении количества смоляных ходов. Смола в хвое выполняет защитные функции, а в условиях промышленных загрязнений она может выполнять «функцию коллектора», связывая токсиканты с последующим удалением их из организма или консервацией.

ГЛАВА 2. БИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *PINUSSYLVESTRIS*L.

2.1. Ботаническая характеристика*Pinussylvestris*L.

Pinussylvestris L. – дерево первой величины. Систематической особенностью вида является наличие удлиненных побегов и брахибластов, при этом ассимилирующие листья (хвоя) образуются только на укороченных побегах [61].

Самое крупное и наиболее экономически важное среди хвойных деревьев – это семейство сосновые. Оно содержит 11 родов и по меньшей мере 250 видов, распространенных в северном полушарии, за исключением сосны Меркузы, диапазон которой простирается от экватора до южного полушария. Сосновые леса занимают большие площади в России, являясь основными лесообразователями [3, 34].

Сосна обыкновенная растет на обширной территории на континенте Евразии, из-за способности существовать в различных условиях окружающей среды (от крайнего Севера до субтропических регионов) [55, 65, 67, 71]. В разных частях своего произрастания онадифференцируется по внешним, биологическим и экологическим характеристикам [36, 55, 57, 60, 72]. Сосна не притязательна к климату; без серьезных повреждений, переживает морозные зимы (с температурой около –50 °С и даже больше) в условиях климата умеренных широт [8, 39, 43], а летом может выдерживать сильную температуру до +50 °С [11, 39]. Сосна обыкновенная – вид с широкой экологической амплитудой по отношению практически ко всем экологическим факторам: теплу, условиям увлажнения и влажности в воздухе и почве [19]. Вид устойчив к заморозкам во время роста молодых побегов (выдерживает заморозки до -6 °С) [11, 43]. Однако очень светолюбива.

Pinussylvestris–вечнозеленое дерево, растущее до50 м в высоту (в среднем 20-35 м) ствол прямой (на плантациях), в нижней части ствол

покрыт густой красно-коричневой коркой с глубокими бороздами, в верхней части – тонкой пленкой [9]. В зависимости от формы и размера пластин различают 4типа корки: груботрещиноватая, мелкотрещиноватая, пластинчатая и чешуйчатая [63].Длительность жизни *Pinussylvestris* составляет 300-350 лет [55], к этому возрасту она достигает максимальной высоты – 48 м с диаметром ствола 1 м [22]. В первые десятилетия жизни она имеет коническую крону, которая затем сформировывается в зонтичную или яйцевидно-округлую форму. Для ствола сосны характерно строго мутовчатое расположение ветвей.

Сосна обыкновенная, наиболее интенсивно растет в высоту, с благоприятными условиями окружающей среды в возрасте 15-20 лет, в неблагоприятных условиях в возрасте 25-30 лет. Увеличение высоты падает через 50 лет.

Сосновая хвояплоско-выпуклая,серо-зеленая,твердая, апикальнозаостренная, мелкопильчатая вдоль краев, в пучках по две хвоинки, длина составляет 4-7 см,толщинаоколо 2 мм [75]. Опадает после гибели не только одиночная хвоя, но и весь укороченный побег.

Количественные характеристики хвоинок могут дифференцироваться в различных частях кроны и зависят от освещения [53]. Длительность жизни сосновых хвоинокварьируется от 2 до 8 лет [25, 39, 55, 70]. На продолжительность жизни хвоинок влияют и экологические условия.Например, близость к северной границе местообитания сосны и жесткие условия произрастания, увеличивают длительность жизни хвоинок [74, 75]. Так, в северной Финляндии наблюдалась 8-10-летняя хвоя, а на севере Кольского полуострова была обнаружена 12-летняя хвоя [76]. Длительность жизни сосновой хвои (до 1-3 лет)сокращается в условиях атмосферного загрязнения [5, 7, 27, 28, 35, 40, 41, 58]. Однако в ряде случаев была отмечена обратная реакция –под воздействием цементной пыли, срок жизни хвои увеличился до 4-5 лет по сравнению с контрольными значениями, когда он составлял всего лишь 2-4 года [52].

Pinussylvestris–однодомное раздельнополое растение. Перед опылением женские шишки являются сферическими и имеют среднюю длину 0,6 см, окраска варьируетсяот светло-красного до серо-коричневого цвета.Различный цвет также имеют мужские соцветия (отпалевого до красного) [55].Геотропические изгибы у макростробиллов сосны проявляются благодаря изгибу оси шишки [63]. Пыльца сосны имеет круглую или эллиптическую форму и два больших воздушных мешка. Апрель-май – время «цветения» сосны обыкновенной [31]. Зрелости может достигать, если недостает питательных веществ, только менее половины женских стробиллов, которые образуются из репродуктивных почек [63]. Кроме того, генеративная сфера сосны очень чувствительна к воздействию промышленного загрязнения [2], в то время как мужские генеративные органы наименее устойчивы к воздействию [10, 48, 50, 68, 75].

Вес семян сильно варьируется в зависимости от географических, климатических и экологических условий, возрастных характеристик древостоя, от положения шишек в кроне и их размера, масса 1000 штук семян варьируется от 3,7 до 8,16 г [45, 55].

Сосна обыкновенная не требует плодородия почвы (от песков до болот), независимо от глубины залегания грунтовых вод [49]. Структура корневой системы зависит от почвенных условий.

При этом, А. Я. Орлов и С. П. Кошельков [49] отмечают, что «Сосна растет на очень различных почвах не потому, что ее корневая система всегда хорошо осваивает толщу почвы, а в силу того, что она способна существовать в весьма трудных условиях, обходясь односторонне развитой корневой системой, использующей лишь сравнительно небольшой объем почвы».

Несмотря на разнообразие типов строения корневой системы сосны, в любом типе строения основная часть ее корней находится в поверхностном слое почвы до 60 см [20, 21].

2.2. Использование*Pinussylvestris*L.в качестве биоиндикатора

Сосна обыкновенная, является объектом комплексных исследований, будучи видом с широким географическим и экологическим диапазоном и имеющим большое значение в качестве лесообразующих видов деревьев. На сегодняшний день существует двойственное отношение к сосне обыкновенной: с одной стороны, это вид деревьев –космополит, а с другой - вид, относящийся к категории средне- и низкоустойчивых растений к отдельным техногенным факторам (газообразные загрязнители, засоление и т. д.).

Реакции *Pinussylvestris* L. на присутствие загрязняющих веществ в почве и воздухе неспецифичны.[42].

Особенно сильно хвойные растения страдают от двуокиси серы (сернистый газ).

Под воздействием токсиканта в сосне происходит следующее:

• сокращение длительности жизни хвоинок;

• некроз побегов;

• некроз тканей;

• прореживание кроны;

• уменьшение ширины годовых колец деревьев.

Сернистый газприводит к серьезным нарушениям в физиологии и метаболизме деревьев. Проникает в растение через устьица, растворяясь в цитоплазме, вызывает отравление тканей.

Чем больше увлажнены хвоинки, тем интенсивнее они поглощают сернистый газ, сухие хвоинки – в несколько раз меньше. Накапливается сера в тканях растений. Возраст хвои также показывает уровень загрязнения, так как молодые хвоинки, а, следовательно, и молодые деревья активнее поглощают диоксид серы, чем старые. Сосновая хвоя уже отпадаетдаже при концентрации диоксида серы 1 : 1000000. Фотосинтез полностью прекращается [42].

ГЛАВА 3. МЕТОДИКА РАБОТЫ И ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Географическая характеристика района исследований

Заповедник «Приволжская лесостепь» расположен на юго-западе Приволжской возвышенности, на главном водоразделе между Волги и Доном. Его общая площадь составляет 8 373 гектара (рис. 1).

Территория заповедника окружена буферной зоной, где ограничен режим хозяйственного пользования. Заповедник состоит из 5 кластеров (участков), общая площадь которых составляет 8,3 тысячи гектаров.

Рисунок 1. Карта-схемаучастков заповедника «Приволжская лесостепь»

Исследования проводились на двух объектах: «Сосновый бор на Кададе» («Борок») и «Кунчеровская лесостепь» (далее «Кунчерово»).

Участок «Сосновый бор на Кададе» расположен на северо-востоке Камешкирского района, в непосредственной близости от села Старое Шаткино [4].

Асфальтированная дорога общественного назначения Камешкир-Неверкино проходит по всей длине южной границы участка (рис. 2). Такое близкое расположение дороги к лесам охраняемой территории, выхлопные газы, шум от движущегося транспорта, а также близость населенных пунктов – негативно влияют на соблюдении заповедного режима,увеличивают опасность пожаров.

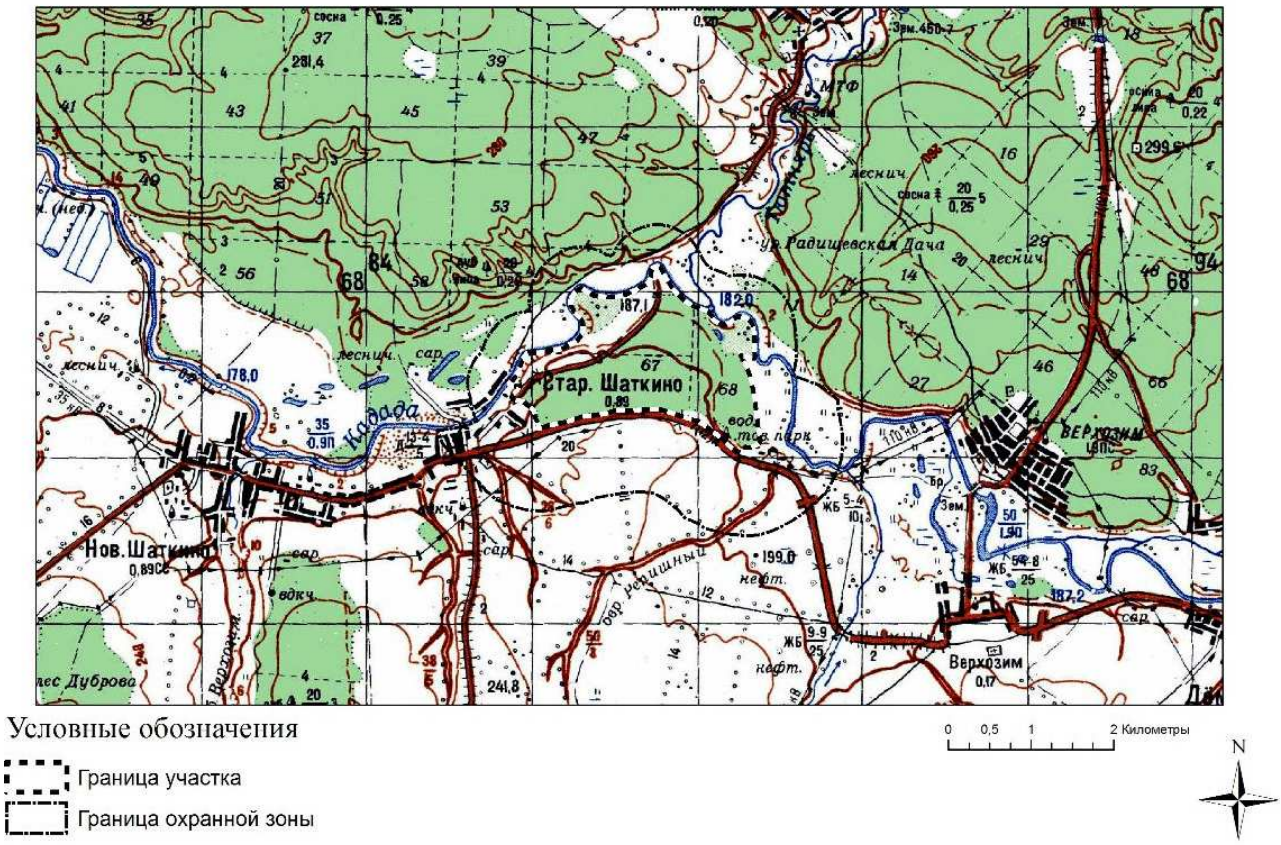


Рисунок 2. Карта-схема участка «Сосновый бор на Кададе» («Борок») заповедника «Приволжская лесостепь»

По реке Кададе проходит северная граница участка. Её длина составляет около 4 км. Русло реки Кадады, шириной около 50 м, образует изгибы, скорость течения быстрое, дно песчаное. После добычи торфа остались низменные болота, старицы, и болотистые каналы которые занимают большие площади в пойме реки. Площадь стариц на заповедной территории составляет 1,7 гектара.

Сумма температур за период составляет более 23 °С с температурой выше 10 °С, средняя температура января составляет -13 °С, а июль составляет + 19,5 °С. Ежегодное количество осадков составляет около 600 мм. Средняя высота снежного покрова составляет 40 см и более. Снежный покров сохраняется в течение 150 дней. Образование стабильного снежного покрова происходит в среднем 27 ноября, а его таяние – 11 апреля. Продолжительность безморозного периода составляет 130 дней. Период со среднесуточной температурой воздуха выше 0 °С длится 208 – 212 дней. Переход средней суточной температуры воздуха на 5 °С происходит весной к 18 апреля, а осенью – к 11 октября [14, 15].

Площадь участка является частью поймы и надпойменной террасы реки Кадада. Окаймляет русло реки низкая пойма узкой наклонной поверхностью. В пределах поймы река оставила небольшие старицы. Занимает значительную площадь днища долины высокая пойма высотой около 3 м. Она отделяется от низкой поймы высоким прирусловым валом и изобилует крупными глубокими старицами [13].

Первая надпойменная терраса высотой 5-6 м имеет горизонтальную поверхность, сложена илистыми и песчаными отложениями, отличается холмисто-западинным и грядово-холмистым рельефом с отдельными слегка заболоченными участками. От высокой поймы первая терраса отделяется четко выраженным уступом, но переходит в поверхность второй террасы без уступа, пологим склоном.

Вторая надпойменная терраса высотой 10-12 м имеет наклонную поверхность с невысокими уступами, сложена песками и покрыта сосновым бором.

Третья терраса высотой порядка 16-18 м, как уже отмечалось выше, полого переходит в наклонную поверхность исходной равнины.

Рельеф участка имеет множество последствий хозяйственной деятельности человека. Таких как, оставшиеся следы старых дорог, которые проложены вдоль и перпендикулярно руслу реки Кадады.

На поверхности первой и второй надпойменных террас встречаются эоловые (наметенные ветром) бугры и остатки дюн, поверхность которых изменена деятельностью человека. Наиболее крупная дюна расположена в тыловой части боровой террасы. Высокая пойма, как отмечалось выше, сложена неправильно ритмично-слоистыми песчано-илистыми осадками, строение которых в ряде мест нарушено сооружением мостов, небольшими карьерами и прочее.

Для участка характерно наличие повышенной влажности маломощными почвами на кварцевых песках, предположительно аллювиального генезиса[13].

К настоящему моменту здесь установлено произрастание 466 видов растений, из них 37 видов (5%) встречены только на этом участке.

Растения, занесенные в Красную книгу РФ, на участке представлены ковылем перистым. Редкими для Пензенской области являются еще 6 видов, причем осока топяная встречается только на этом участке. Лихенофлора Борка (81 вид), это составляет 44% лишайников всего заповедника и 39% видов Пензенской области.

Большая часть территории участка покрыта лесами. Основной породой, образующей лес, является сосна. В подлеске – рябина обыкновенная, клен татарский, калина обыкновенная, крушина ломкая, лещина обыкновенная, бересклет бородавчатый, жимолость лесная, крушина ломкая, черемуха обыкновенная, малина обыкновенная, ракитник русский. В пойме

представлены леса из ольхи черной и ивы. На участке Сосновый бор на Кададе удалось избежать сплошных рубок только потому, что с шестидесятых годов прошлого века вплоть довведения заповедного режима этот лесной район имел статус ООПТ – памятника природы. Послечрезмерного выпаса скота, пойменные луга расположенные на высоком берегу реки Кадады находятся на уровне динамичного возобновления.

В охранной зоне заповедникарасположено нефтегазодобывающее предприятие (НГДУ «Пензанефть»), которое занимается добычей и первичной переработкой нефти (обезвоживание). В результате деятельности этого предприятия сернистый газ, сероводород, ароматические углеводороды и другие летучие органические соединения выбрасываются в атмосферу. Иногда происходят разливы нефти, которая попадает в пойму реки Кадады и в старичные водоемы [51].

Из-за расположения предприятия на прибрежной террасе реки Кадады в его водоохранной зоне и непосредственно возле заповедного района существует постоянная угроза всему природному комплексу (ПК). В связи с этим требуется мониторинг состояния основных его компонентов.

В качестве контрольного участка было решено выбрать участок «Кунчеровская лесостепь» (далее Кунчерово) находящийся на территории заповедника «Приволжская лесостепь».

Заповедный участокпредставлен массивами смешанных лесов разного возраста и луговых степей. Растительность участка представлена достаточно широко и отличается большим разнообразием. Площадь участка составляет 1031 гектара, из которых на долю лесов приходится до 80% территории, а степи – до 20%.

Кунчерово находится в Пензенской области на стыке Кузнецкого, Камешкирского и Неверкинского районов(рис. 3).Участок расположен на левом берегу реки Кадады, притока реки Сура, между селом Старый Чирчим и д. Красное поле [4].

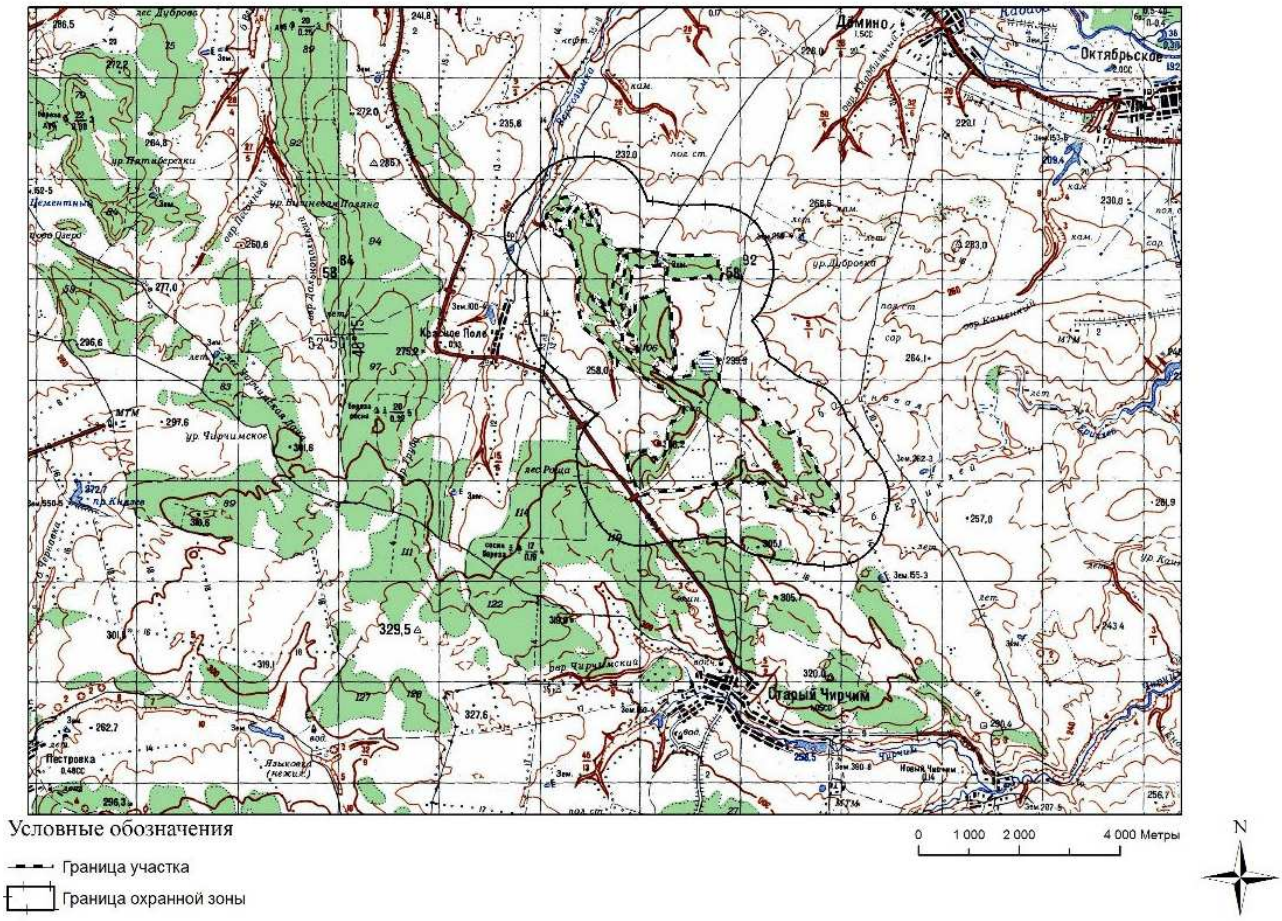


Рисунок 3. Карта-схема участка «Кунчеровская лесостепь» (Кунчерово) заповедника «Приволжская лесостепь»

Ранее сплошь покрытой лесами, поверхность исходной равнины значительно видоизменена антропогенной деятельностью. Помимо сведения коренных лесов, были большие пожары, проложена и продолжает эксплуатироваться довольно густая сеть грунтовых дорог, что существенно нарушило естественный ход поверхностных экзогенных процессов. Далеко в глубине территории вдаются распаханные сельскохозяйственные пашни. Охраняемая (буферная) зона с ограниченным режимом экономического использования распределяется вокруг заповедной зоны.

Территория лесостепи характеризуется достаточно богатой историей. В историческом прошлом Кунчеровоотносилось к казенным землям крестьян

одноименного села и использовалась как сенокосно-пастбищное угодье. В 1930-1951 участок был заповедным, но сильно пострадал во время Великой Отечественной войны, потому что использовался как взлетная площадка для самолетов. После ликвидации заповедника степь осталась без охраны. В 1965 г. получила статус памятника природы, однако продолжала подвергаться бессистемному выпасу. Вследствие складирования удобрений произошли сильные нарушения растительного покрова. И только в 1989 г.Кунчерово вошло в состав заповедника «Приволжская лесостепь».

Так как вся территория в значительной степени изменялась деятельностью человека и все растительные сообщества являются нарушенными, то происходит необратимое изменение биоценоза.

Кунчерово расположено в пределах Приволжской возвышенности на южных отрогах Сурской Шишки и водораздельного плато Кададино-Узинского междуречья бассейна р. Сура. В геоморфологическом отношении это сглаженная, увалисто-холмистая равнина древней эрозионной расчлененности. Вся поверхность участка хорошо дренируется верховьями двух балок, которые примыкают к степи с трех сторон – северной, западной и южной, и направляются к реке Кададе. Южный склон круче, короткий. Участок в отношении разных элементов рельефа неоднороден: здесь представлены как склоновые поверхности разной степени покатости, так и выровненные, небольшие понижения и плакорные участки.

Особенности рельефных форм водораздела – это следы древней речной сети, различные заболоченные понижения и озерные котловины. С запада, вдоль границы участка, есть поток, который начинается в оврагах и лучах с открытыми пружинами. С севера, к одному из лесных кварталов примыкает небольшое травянистое болото площадью 7 гектаров [37].

В геологическом отношении участок Кунчеровопринадлежит Европейской платформе с кристаллическим фундаментом старше 1 миллиарда лет [4, 13].

Почвообразующие породы представлены своеобразными черноземами. На лесных участках образуются слабо дифференцированные почвы черноземовидного облика. Глубина профилей этих почв определяется толщиной рыхлых отложений, покрывающих кору плотного песчаника [13].

На этой территории климат умеренно-континентальный, с теплым летом и умеренно холодной зимой [15]. Сезоны здесь хорошо выражены. Зима приходит в третью декаду ноября и длится более четырех месяцев. Среднемесячная температура в январе составляет -12,1 ºС. Вторжение арктических ветров иногда приводит к резкому падению температуры до -40 ºС. Снежный покров устанавливается в конце ноября, а его таяние происходит в первой декаде апреля. Безморозный период длится 128-130 дней. Лето продолжается в среднем 95-100 дней. Среднемесячная температура в июле составляет + 19,8º С. Абсолютный максимум в июле составляет + 38º С. Среднегодовое количество осадков составляет 666 мм [14].

3.2. Нефтехимическое загрязнение участка «Сосновый бор на Кададе»

В соответствии с проектом стандартов ПДВ (предельно допустимые выбросы)загрязняющих веществ в атмосферу для ОАО НГДУ «Пензанефть» (Пенза, 1998 г.) основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу в результате переработки нефти, являются сернистый ангидрид, нефтяные газы и сероводород, состоящие из смеси углеводородов.

Сернистый газ является самымважным фитотоксическим загрязнителем.Даже при концентрации 1: 1 000 000 уже отмечаются значительные дефекты растений. Проникая внутрь листа, сернистый газ поражает живые клетки, осуществляющие важнейший для зеленых растений процесс фотосинтеза. В результате чего замедляется рост деревьев, а также

снижается их устойчивость к заболеваниям. Отравленные деревья, в конечном итоге, полностью засыхают и погибают.

Двуокись серы наносит больший вред невысоким растениям, потоки газа накапливаются в низинах рельефа, распределяясь по поверхности земли.

Стелющийся по поверхности земли сернистый газ вызывает гибель подроста и подлеска и таким образом препятствует возобновлению леса. Наиболее опасный эффект двуокиси серы наблюдается на краю леса. Деревья, которые стоят на опушке леса, больше повреждаются, чаще отмирают [12].

Биологические показания, такие как прямые эффекты воздействия диоксида серы на деревья (отравление хвои и листвы), могут быть выражены либо количественно, либо качественно. Косвенное же воздействие ухудшает свойства почвы. Деревья становятся ослабленными,если среда для нормального развития корней становиться неблагоприятной, прежде всего это верхний слой почвы в котором расположена основная масса тонких и сосущих корней растений. Подкисление почвы происходит в результате взаимодействия сернистой кислоты (образует сернистый газ) с почвенной влагой, что крайне негативно отражается на растениях.

Наиболее подвержены подкислению самые поверхностныегоризонты почвы, где величина кислотностиможет соответствоватьрН очень кислого торфа верхового болота.

Очень неблагоприятно для растений и сильное истощение почвенных питательных веществ, что является результатом подкисления. В верхних горизонтах содержание кальция и магния значительно снижается, которое обеспечивает необходимый уровень питания почвы.

Так же нефтяные газы, имеющие в своем составе сложную смесь газообразных веществ, в котором преобладают углеводороды, негативно влияют на растения. Нарушается нормальный рост растений, побегов, появляются ожоги.

Впоследствии, возникают серьезные нарушения физиолого-биохимических процессов в растительных организмах. Характерные внешние проявления действия нефтяных газов это деформация листьев и уменьшение их размеров, резкая задержка цветения и полное его выпадение.

3.3 Методы исследования

Из-за видового состава местных лесов в районе исследования, таксоном дерева, отобранным для отбора проб, была выбрана сосна обыкновенная. Сосна считается видом, чувствительным к двуокиси серы, более уязвимым, чем лиственница, и меньше, чем ель.

Благодаря тому что, сосна обыкновенная широко распространена на всей территории Пензенской области и произрастает в районах с различной степенью влажности, она является довольно удобным объектом для проведения биоиндикации различного уровня загрязнений.

Пробные участки закладывались на различном расстоянии от НГДУ «Пензанефть». В местах проведения исследования было выбрано по 10 молодых контрольных генеративных деревьев.

По целому комплексу признаков, таких как морфометрические, морфофизиологические и анатомические оценивалось «жизненное состояние», было определено «здоровое» и «ослабленное» состояние сосны. Диаметр ствола для каждого дерева определялся на высоте 1,3 метра [17].

С каждого модельного дерева брались по 2-3 боковых побега с 2-3 годовыми приростами в средней части кроны с юго-западной стороны. С них отбирались по 100 пар хвоинок первого и второго года жизни, подсчитывалось число женских шишек.

Количественные показатели морфометрических показателей побеговой системы и хвои получали стандартным образом и результате 2 этапов: измерения морфометрических параметров побега и измерение морфофизиологических характеристик хвои. При этом, побеги на деревьях

брали всегда в нижней трети короны с юго-западной стороны. Это связано с тем, что размер хвои в кроне дерева зависит от стороны света и экспозиции кроны, уровня освещенности, расположения побегов и возраста ветви. Такой выбор позволяет исключить влияние вышеперечисленных факторов, которые сильно различаются.

Морфометрические параметры побегов и сосновой хвои.

1) Длина годовых приростовот одной мутовки до другой измерялась линейкой с точностью 0,1 см.

2) Диаметр годовых приростов измеряли в середине побега с помощью штангенциркуля с точностью 0,1 мм

3) На каждом метамере хвоя была отрезана, подсчитана и измерена длина. Количество хвои было учтено в двух версиях. Для начала было подсчитано число хвоинок на 5 см побега, что показало плотность охвоения. Далее определялось число хвоинок на всем побеге.

4) Длина свежей хвои измерялась от основания хвоинки до ее вершины с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм.

Морфофизиологические характеристики хвоинок

Было отобрано 100 пар хвои 1-го и 2-го года жизни с 10 модельных деревьев (возраст которых составлял 15 – 20 лет), в средней части кроны, с нескольких боковых побегов. После этого нами была распределена хвоя на классы повреждений и усыхания.

Классы повреждений:

1 - Хвоинки без пятен;

2 - Хвойнки с небольшим количеством мелких пятен;

3 - Хвойнки с большим количеством черных и желтых пятен;

Классы усыхания (рис. 4):

1 - На хвоинках нет сухих участков;

2 - На хвоинках усох кончик 2 – 5 мм;

3 - 1/3 хвои усохла;

4 - Вся или большая часть хвоинки сухая;

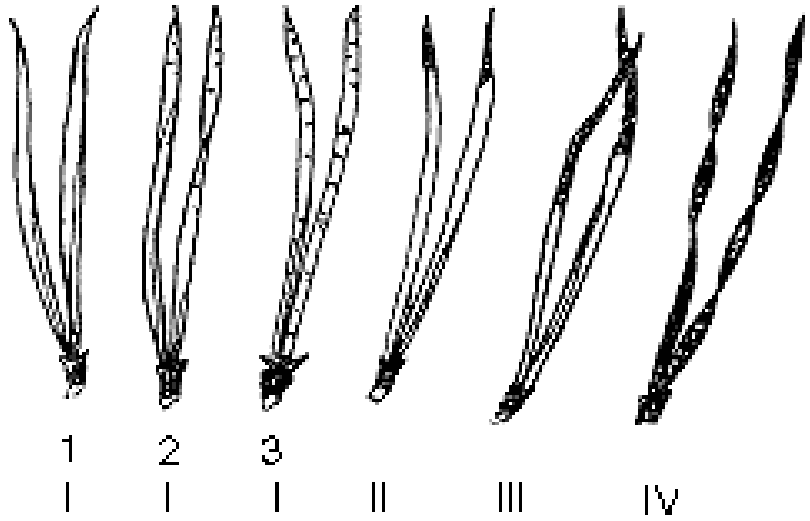


Рисунок 4. Классы усыхания хвои

Анатомические особенностихвои

Изучение внутреннего строения сосновой хвои было проведено с использованием общепризнанных методик [44, 56]. Было сделано и оценено более 70 микропрепаратов. Срезы делали вручную, используя сердцевину бузины. Временные препараты хранили в растворе вода: спирт: глицерин – 1: 1: 1.

Измерения проводились на временных поперечных срезах хвои с помощью окулярного микрометра на монокулярном микроскопе МБИ-3 (Россия):

1) Длина хвоинки.
2) Ширина хвоинки
3) Длина проводящего пучка.
4) Ширина проводящего пучка
5) Толщина кутикулы.

6) Толщина эпидермы.

7) Толщина гиподермы.

8) Число смоляных ходов.

Все результаты, полученные нами, подверглись статистическому учету [16], достоверность полученных данных была подтверждена.

ГЛАВА 4. ФИТОИНДИКАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕСНОГО УЧАСТКА «СОСНОВЫЙ БОР НА КАДАДЕ»

«Жизненное состояние» сосны обыкновенной.

Было установлено, что средниепоказатели абсолютного возрастаисследуемых растений сосны обыкновенной возрастного состояния G1 в «Сосновом бору на Кададе» составил 15 лет, а на контрольном участке– 12 лет. Значит, растения участка «Сосновый бор на Кададе» достигают половозрелости в более позднем возрасте, чем в Кунчерово.

Количество женских шишек в условиях загрязнения образуется в 3-4 раза меньше (рис. 5, табл. 1, 2) и, как правило, по 1 женской шишке расположено на одном брахибласте, тогда как на контрольном участке, на каждом укороченном побеге формируется по 2 -3 (рис. 6).

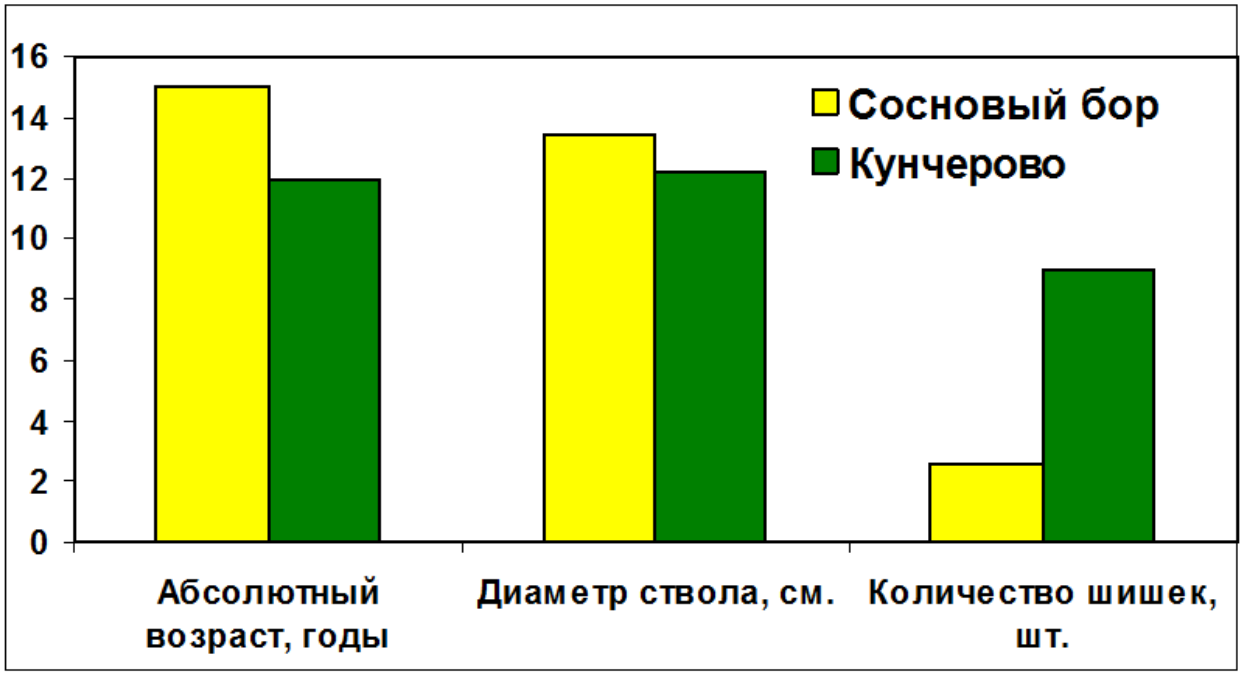


Рисунок 5. Показатели «жизненного состояния» сосны обыкновенной в местах исследования

Таблица 1–Показатели «жизненного состояния» сосны обыкновенной в местах исследования

№	Возраст, лет	Диаметр ствола, см	Количество шишек, шт.
Участок «Сосновый бор на Кададе»			
1	16	13	2
2	10	10	1
3	15	14	4
4	16	14	3
5	17	14	4
6	16	15	1
7	16	15	0
8	14	14	5
9	14	12	3
10	15	13	3
Ср. знач/ошибка	14,9	13,4/,048	2,6/0,5
Участок «Кунчерово»			
1	13	14	9
2	12	9	10
3	12	12	8
4	11	12	11
5	12	13	7
1	13	15	9
2	12	10	10
3	12	12	9
4	11	12	10
5	12	13	11
Ср. знач/ошибка	12	12,2/0,55	9,4/0,4

Таблица 2 – Сводная таблица показателей «жизненного состояния» сосны обыкновенной в местахисследования

Участок	Возраст, лет	Диаметр ствола, см	Количество женских шишек, шт.
«Сосновый бор на Кададе»	15	13,4	2,6
Кунчерово	12	12,2	9,4

Рисунок 6. Формирование женских шишек у сосны обыкновенной в Кунчерово

Результаты, полученные нами, дают возможность судить о том, что загрязнение продуктами переработки нефти приводит главным образом к нарушению жизненного состояния сосны обыкновенной, расположенную вблизи источника загрязнения (участок «Сосновый бор на Кададе») – «ослабленное», в условиях Кунчерово– как «здоровое».

Морфометрические показатели (табл. 3).

Анализ длины побегов первого и второго годов жизни показало, что при наличии нефтехимического загрязнения длина побегов всех возрастов ниже, чем в контроле, и разница увеличивается на второй год развития побегов (рис. 7,8, табл. 4).

Рисунок 7. Длина боковых побегов сосны обыкновенной в местах исследования

Таблица 3 – Морфометрические показатели побегов сосны обыкновенной в местах исследования

Участок	Прирост побега, см		Диаметр побега, см		Количество хвои, шт.		Охвоенность, шт.		Длина хвои, см	
	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год
«Сосновый бор на Кададе»	16,3	29,9	0,36	0,65	125,1	179,7	35,3	30,8	5,4	5,9
«Кунчерово»	21,0	36,6	0,46	0,84	161,4	213,3	42,3	29,9	6,3	7,1

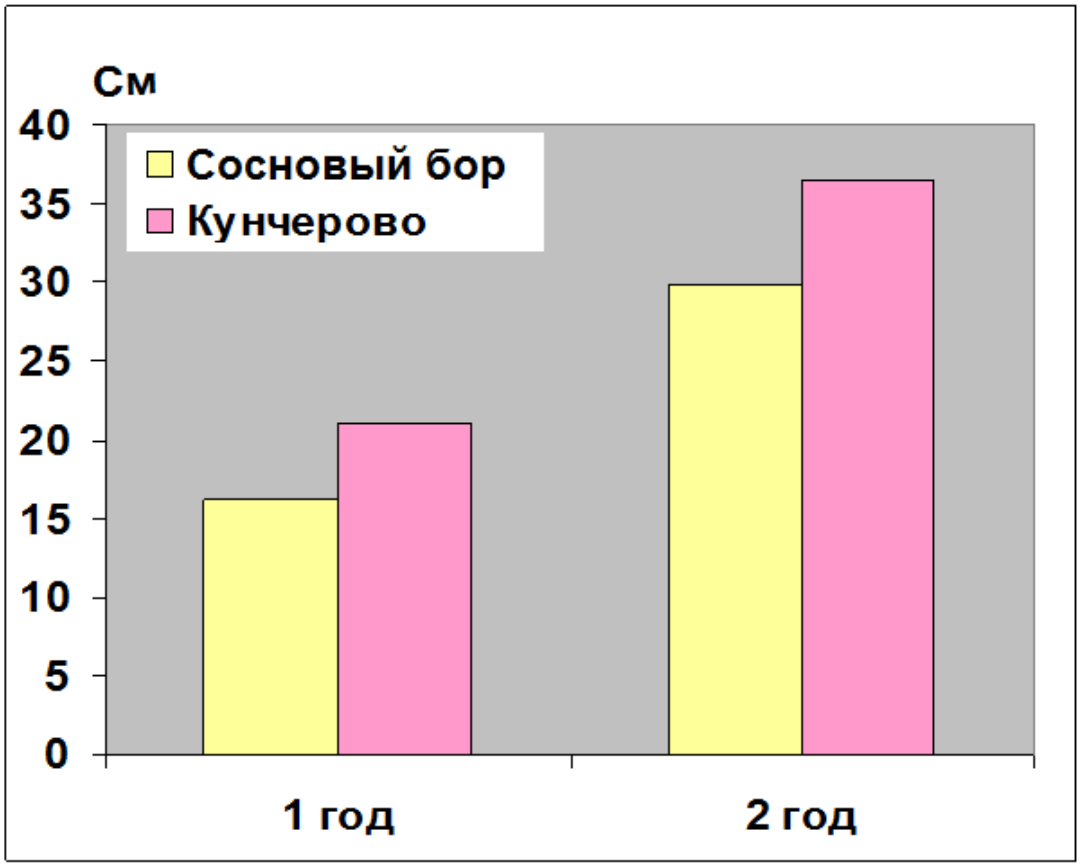


Рисунок 8. Длина приростов побегов 1-го- и 2-го года сосны обыкновенной в местах исследования

Таблица 4 –Морфометрические показатели побегов сосны обыкновенной в местах исследования

№	Годичный прирост, см	Двухлетний прирост, см	Диаметр ствола, см	
			1 год	2 год
Участок «Сосновый бор на Кададе»				
1	9,7	29,8	0,26	0,46
	8,9	26,7	0,31	0,46
	17,1	40,7	0,29	0,68
2	11,8	24,8	0,32	0,5
	13,7	23,2	0,34	0,59
3	13,1	20,4	0,33	0,5
	19,4	30,2	0,4	0,74

№	Годичный прирост, см	Двухлетний прирост, см	Диаметр ствола, см	
			1 год	2 год
4	18,4	27,2	0,34	0,63
		34,8	0,27	0,58
5	19,6	30,8	0,39	0,74
	16,4	21,3	0,32	0,54
6	13,2	19,7	0,41	0,59
	19,3	26,6	0,47	0,81
7	13,1	26,8	0,31	0,63
	14,7	35,9	0,4	0,76
8	13,7	23	0,3	0,61
	16,2	24,3	0,39	0,65
9	27,7	41,4	0,5	0,83
	29,4	46,5	0,51	0,92
10	13,4	27,2	0,34	0,53
	15,4	32,3	0,37	0,68
	17,3	43,8	0,41	0,8
Ср.знач	16,26	29,88	0,36	0,65
Ошибка среднего	1,08	1,64	0,01	0,03
Участок «Кунчерово»				
1	15,3	30,4	0,41	0,76
	14,8	42,6	0,58	1,03
2	23,5	37,7	0,45	0,71
	40,2	41,2	0,6	1,05
3	15,7	28,8	0,33	0,65
	11,9	32,1	0,36	0,65
4	19,2	48,8	0,45	0,91
	28,1	45,4	0,55	0,93
5	21,7	30,6	0,43	0,8
	19,6	28,3	0.52	0,87
Ср.знач	21,00	36,59	0,46	0,84
Ошибка среднего	2,61	2,38	0,03	0,05

Средний диаметр побегов также увеличивается с первого года до второго на обоих участках. При этом,на участке «Сосновый бор на Кададе» побеги имеют меньший диаметр: на приросте 1-го года разница составляет 0,1 см, а на второй год она увеличивается до 0,19 см (рис. 9).

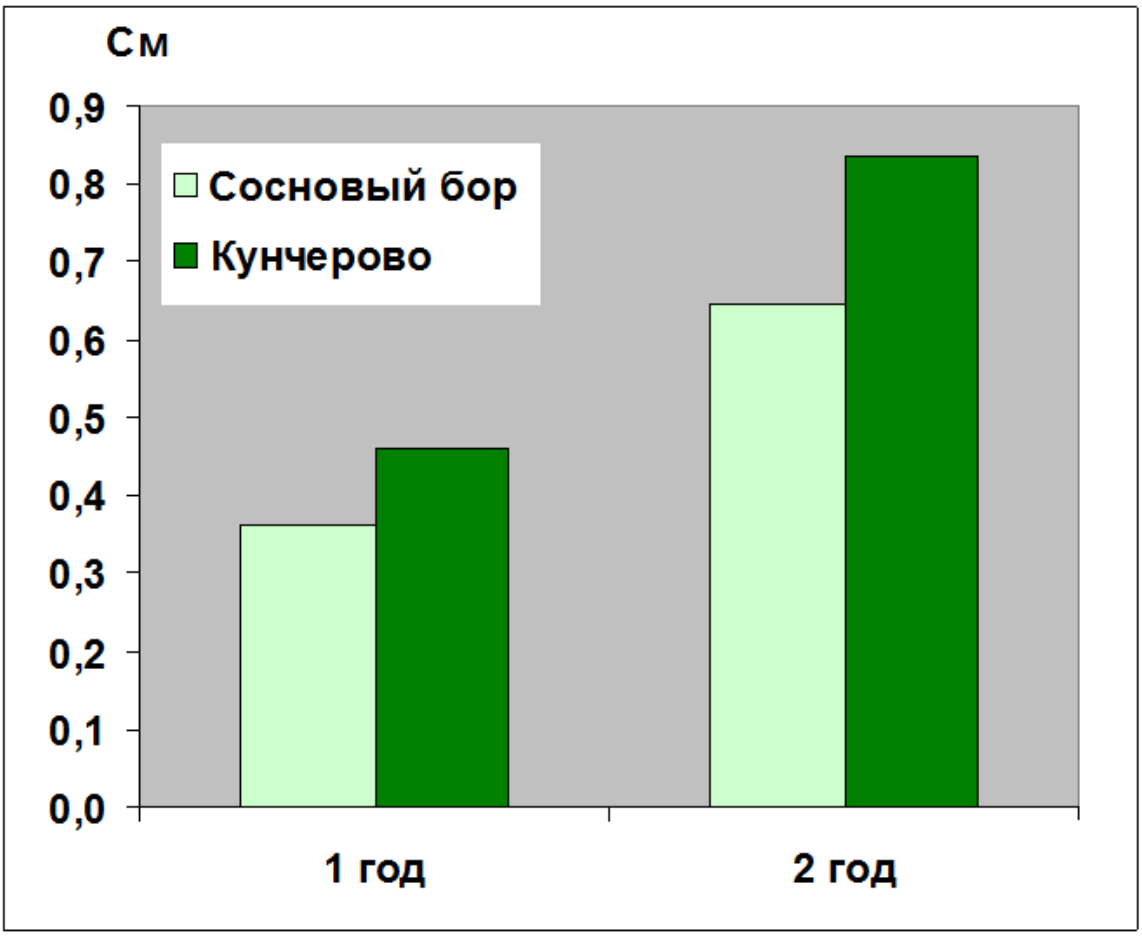


Рисунок 9. Диаметр побегов 1-го- и 2-го года сосны обыкновенной в местах исследования

Уменьшение числа хвоинок на побегах 1-го и 2-го года жизни, наблюдалось в зоне нефтехимического загрязнения в сравнении с контролем (табл. 5, рис. 10).

Таблица 5 – Морфометрические показатели хвои в местах исследования

№	Количество хвоинок, шт		Охвоенность, шт.		Длина хвои, см	
	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год
Участок «Сосновый бор на Кададе»						
1	75	164	38,7	27,5	4,74	5,55
	78	144	43,8	27	4,74	5,43
	127	227	37,1	27,9	4,47	5,92
2	94	219	39,8	44,2	5,66	3,69
	117	196	42,7	42,2	5,98	4,24
3	110	168	42	41,2	6,96	5,54
	135	214	34,8	35,4	7,86	7,1
4	131	158	35,6	29	4,99	6,38
	70	196	0	28,2	3,87	6,44
5	112	164	28,6	26,6	4,72	5,27
	98	105	29,9	24,6	4,6	5,03
6	113	149	42,8	37,8	5,82	6,47
	160	156	41,5	29,3	6,56	7,73
7	98	134	37,4	25	4,43	5,61
	111	158	37,8	22	4,57	5,52
8	89	173	32,5	37,6	5,81	6,53
	131	141	40,4	29	5,92	7,61
9	198	252	35,7	30,4	6,19	6,89
	210	239	35,7	25,7	5,37	6,79
10	99	144	36,9	26,5	5,24	5,01
	98	187	31,8	28,9	5,49	6,19
	109	266	31,5	30,4	5,72	5,91
Ср.знач	125,1	179,7	35,3	30,8	5,44	5,95
Ошибка среднего	7,54	8,90	0,94	1,31	0,20	0,21
Участок «Кунчерово»						
1	153	161	50	26,5	6,31	7,69
	155	204	52,4	23,9	8,22	8,95
2	135	191	28,7	25,3	4,8	6,55
	157	213	19,5	25,8	6,36	7,49
3	139	182	44,3	31,6	4,97	5,81
	137	195	57,6	30,4	5,53	6,36
4	149	257	38,8	26,3	6,53	6,44
	177	256	31,5	28,2	7,73	7,08

№	Количество хвоинок, шт		Охвоенность, шт.		Длина хвои, см	
	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год
5	214	242	49,3	39,5	6,14	6,95
	198	232	50,5	41	6,72	7,92
Ср.знач	161,4	213,3	42,3	29,9	6,33	7,12
Ошибка среднего	8,45	10,30	3,87	1,88	0,34	0,29

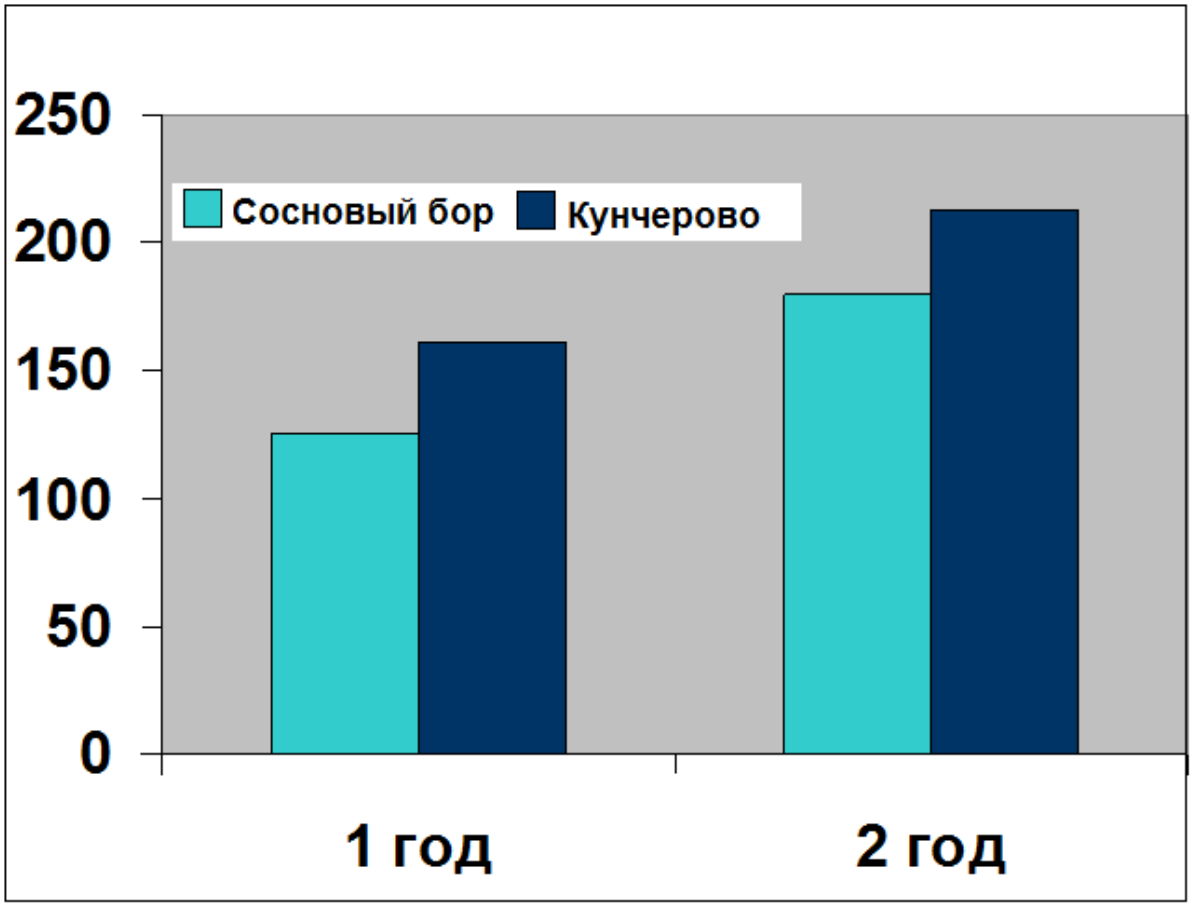


Рисунок 10. Количество хвои на побегах 1-го- и 2-го года сосны обыкновенной в местах исследования

Однако,анализ степениохвоённости (число хвоинок на 5 см побега) показал, что наблюдаетсяего уменьшение в первый год жизни в условиях загрязнения, при этом на 2 год наблюдается выравнивание числа хвоинок на единицу длины.Очевидно, это объясняетсяменьшими размерами побегов сосны под действием загрязнений (рис.7, 11, 12).

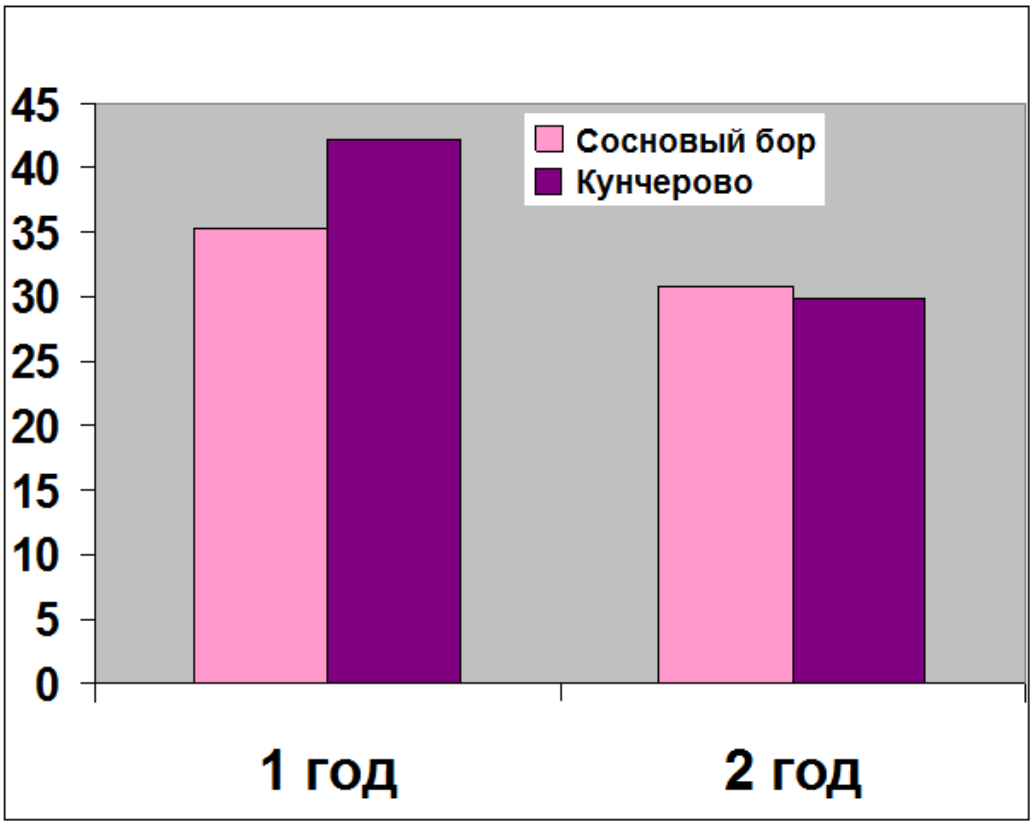


Рисунок 11. Охвоённость побегов первого- и второго года жизни сосны обыкновенной в местах исследования

Рисунок 12. Годичные побеги сосны обыкновенной в местах исследования

Анализ усредненных данных длины хвои, показал, что до 2 лет фиксируется увеличение длины хвои, не зависимо от степени загрязнения.

При этом средние показатели длины хвоинок при наличии загрязненийуменьшается более чем на 1 см на второй год жизни по сравнению с контролем (рис. 13).

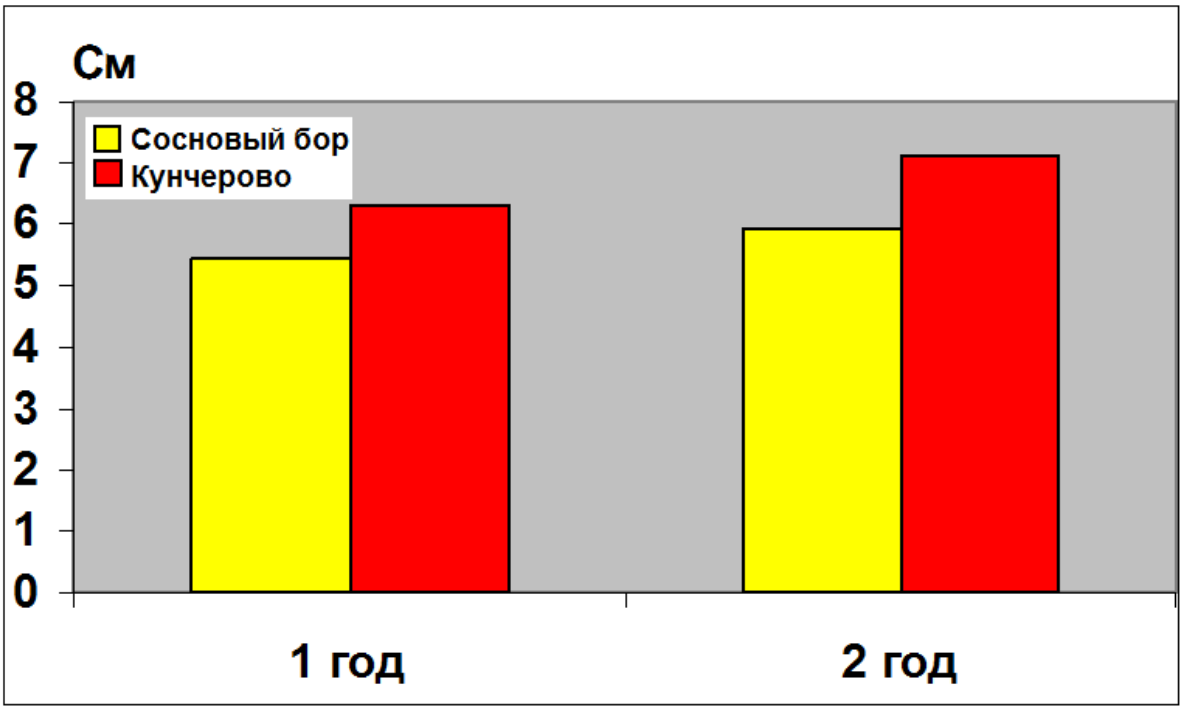


Рисунок 13. Длина хвои побегов 1-го- и 2-го года жизни сосны обыкновенной в местах исследования

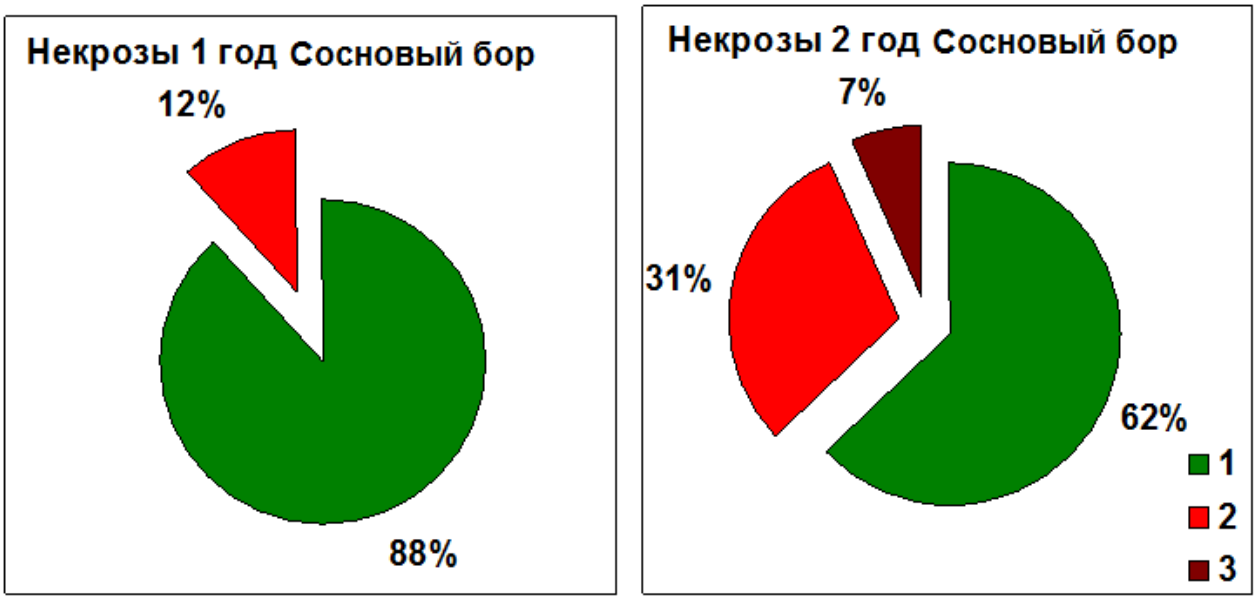
Морфофизиологические показатели.

Анализ хвои по классам повреждения на обоих участках проведения исследования показал увеличение % отмирания тканей от первого года жизни ко второму.

В условияхзагрязнения, хвоя второго классаповрежденияуже в первый год жизни диагностируется на уровне 12%, на второму году появляется хвоя 3 класса.Таким образом,суммарное количество поврежденной хвои составляет ужеоколо 40 %.

При отсутствии загрязнения на2 годужизни хвоя 2 классаповрежденияимеет 22%, при полном отсутствии 3 класса урона (рис.12, 14табл. 6).

А)



Б)

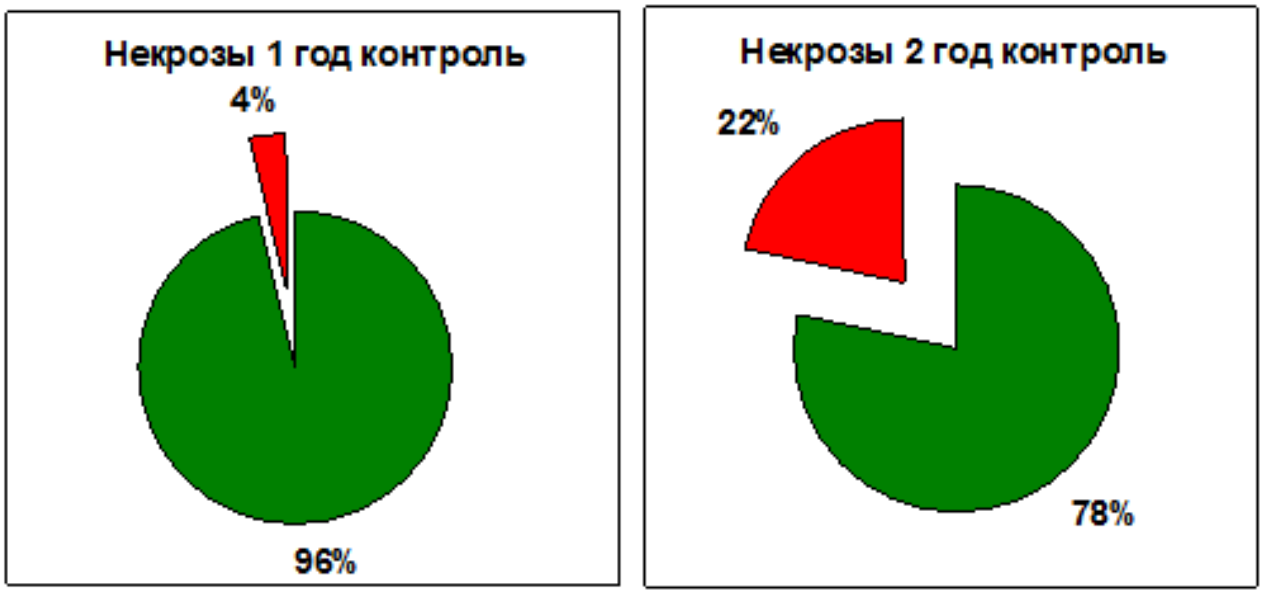


Рисунок 14. Повреждения хвои сосны обыкновенной в местах исследования:

А)участок «Сосновый бор на Кададе»

Б) участок «Кунчерово»

А)

Б)

Рисунок 15.Повреждения хвои сосны обыкновенной в местах исследования:

А) участок «Сосновый бор на Кададе»

Б) участок «Кунчерово»

Таблица 6 – Морфофизиологические показатели хвои (по классу повреждения хвои)

№	Класс повреждения (некрозы), %					
	1 год			2 год		
	1	2	3	1	2	3
Участок «Сосновый бор на Кададе»						
1	97	3	0	72	27	1
2	85	15	0	52	46	2
3	87	13	0	28	63	9
4	92	8	0	71	9	20
5	94	4	2	77	16	7
6	88	11	1	74	14	2
7	77	23	0	65	21	14
8	89	11	0	68	32	0
9	71	29	0	47	47	6
10	100	0	0	68	28	4
Ср.знач/ ошибка	88,0/ 2,8	11,7/ 2,8	0,3/ 0,2	62,2/ 4,8	30,3/ 5,4	6,5/ 2,0
Участок «Кунчерово»						
1	100	0	0	73	27	0
2	97	3	0	71	28	1
3	97	3	0	70	30	0
4	95	4	1	86	14	0
5	91	9	0	91	9	0
Ср.знач/ ошибка	96,0/ 1,5	3,8/ 1,5	0,2/ 0,2	78,2/ 4,3	21,6/ 4,2	0,2/0,2

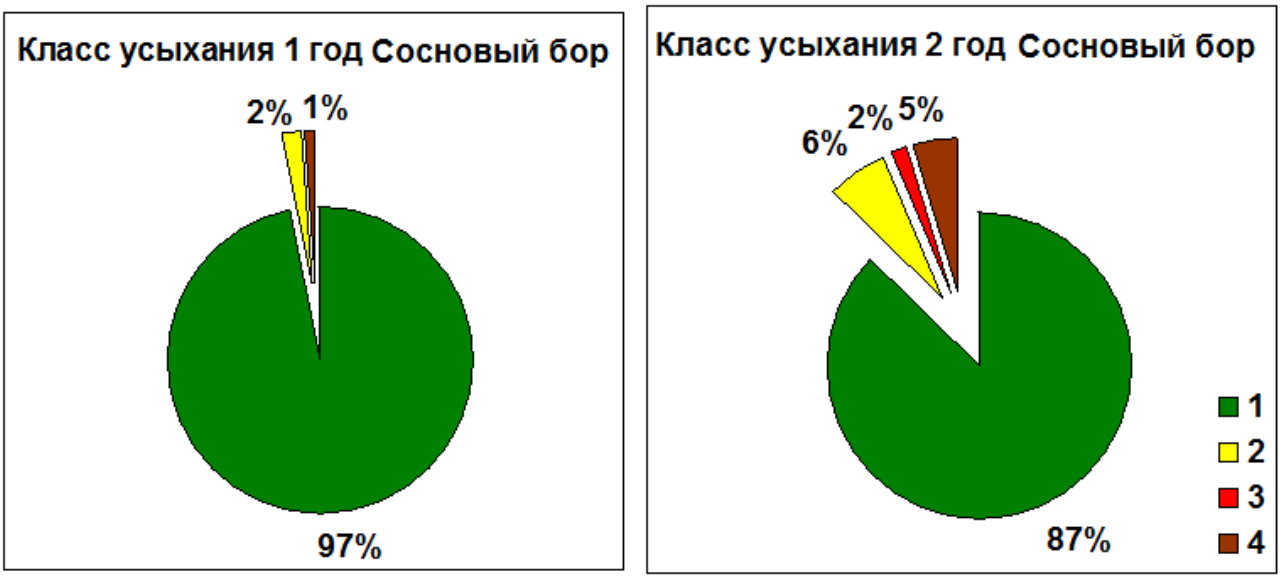
Оценка хвои по классам усыхания показала, что в пунктах исследования, не зависимо от степени загрязнения, наблюдается постепенное естественное увеличение долиусыхания хвои сосны от 1ко 2 годам жизни. Однако, в Сосновом бору этот показатель превышает аналогичный в контроле. Так, в первый год процент усыхания хвои составляет 3%, а на втором он возрастает до 13%.При этом диагностируется достаточно высокое участие хвои 3 и 4 классов усыхания.

В контрольном местообитаниидоляхвоиразных классов усыхания в первый год жизни диагностируется в 2%, на второй год – 8%.При этом класс усыхания не изменяется, оставаясь 2. Хвоя 3 и 4 классов усыхания в условиях Кунчерово встречаются единично (табл. 7. рис.15, 16, 17).

Таблица 7 – Морфофизиологические показатели хвои (по классу усыхания хвои)

№	Класс усыхания, %							
	1 год				2 год			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Участок «Сосновый бор на Кададе»								
1	94	6	0	0	91	7	1	1
2	100	0	0	0	88	11	1	0
3	98	2	0	0	79	19	2	0
4	99	1	0	0	74	5	4	17
5	95	2	0	3	84	3	4	9
6	98	1	1	0	99	1	0	0
7	97	3	0	0	80	2	4	14
8	90	2	1	7	92	8	0	0
9	97	3	0	0	92	6	1	1
10	100	0	0	0	93	2	1	4
Ср.знач/ ошибка	96,8/ 1,0	2,0/ 0,6	0,2/ 0,1	1,0/ 0,7	87,2/ 2,4	6,4/ 1,7	1,8/ 0,5	4,6/2 ,0
Участок «Кунчерово»								
1	99	1	0	0	97	3	0	0
2	100	0	0	0	96	4	0	0
3	99	1	0	0	72	28	0	0
4	99	0	1	0	98	2	0	0
5	94	2	2	2	98	1	1	0
Ср.знач/ ошибка	98,2/ 1,0	0,8/ 0,4	0,6/ 0,4	0,4/ 0,4	92,2/ 5,1	7,6/ 5,1	0,2/ 0,2	0,0/ 0,0

А)



Б)

Рисунок 16. Классы усыхания хвои обыкновенной в местах исследования:

А) участок «Сосновый бор на Кададе»

Б) участок «Кунчерово»

А)

Б)

Рисунок 17.Усыхание хвои сосны обыкновенной в местах исследования:

А) участок «Сосновый бор на Кададе»

Б) участок «Кунчерово»

Анатомическая структура хвои сосны обыкновенной. В ходе исследования внутреннего строения хвои нами сделан ряд выводов.

Толщина складчатого мезофилла увеличивается с возрастом. В местах загрязнения продуктами нефтехимической переработки мы наблюдали более низкую среднюю толщину мезофилла, как у однолетней, так и у двухлетней хвои, в сравнении, с контрольным участком (рис. 18, табл.8, 9, 10).

Таблица 8 – Анатомические показатели хвои сосны обвкновенной

№	Смоляные ходы		Толщина кутикулы		Толщина эпидермы		Толщина гиподермы	
	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год
Участок «Сосновый бор на Кададе»								
1	9	10	0,13	0,21	0,71	0,74	0,29	0,29
2	8	9	0,21	0,22	0,79	0,82	0,31	0,38
3	8	9	0,2	0,22	0,67	0,72	0,38	0,38
4	8	10	0,19	0,22	0,76	0,82	0,36	0,35
5	9	11	0,22	0,17	0,79	0,68	0,34	0,34
6	8	9	0,2	0,21	0,73	0,74	0,35	0,37
7	9	10	0,21	0,19	0,78	0,78	0,32	0,34
8	8	9	0,18	0,22	0,71	0,75	0,34	0,32
9	8	10	0,21	0,21	0,69	0,71	0,29	0,38
10	9	11	0,19	0,22	0,74	0,79	0,37	0,35
Ср.знач	8,40	9,80	0,19	0,21	0,74	0,76	0,34	0,35
Ошибка	0,16	0,25	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Участок «Кунчерово»								
1	8	8	0,08	0,1	0,69	0,69	0,28	0,24
2	7	9	0,12	0,1	0,81	0,78	0,3	0,27
3	8	9	0,09	0,11	0,74	0,69	0,21	0,21
4	7	8	0,11	0,1	0,75	0,78	0,32	0,27
5	7	9	0,11	0,11	0,79	0,68	0,2	0,22
1	7	8	0,12	0,12	0,69	0,76	0,25	0,24
2	8	8	0,1	0,1	0,72	0,73	0,26	0,26
3	7	9	0,09	0,12	0,68	0,71	0,28	0,23
4	7	9	0,12	0,11	0,76	0,72	0,21	0,28
5	8	8	0,11	0,11	0,74	0,74	0,24	0,24
Ср.знач	7,40	8,50	0,11	0,11	0,74	0,73	0,26	0,25
Ошибка	0,16	0,17	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01

Таблица 8 – Анатомические характеристики хвои сосны обыкновенной

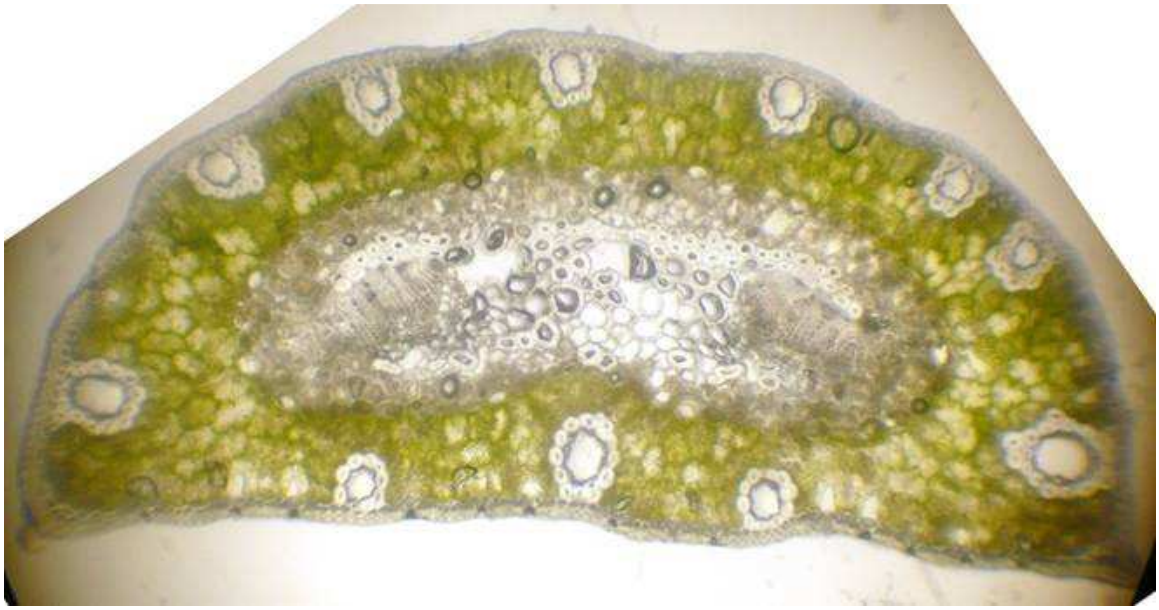
№	Длина хвои		Ширина хвои		Длина пр.пучка		Ширина пров.пучка		Толщина мезофилла	
	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год
Участок «Сосновый бор на Кададе»										
1	13,77	14,68	5,81	6,21	7,98	10,14	2,64	2,81	3,17	3,4
2	14,52	13,35	6,14	5,83	9,04	9,52	3,34	2,78	2,8	3,05
3	14,81	14,21	5,92	5,82	8,24	8,89	2,53	2,61	3,39	3,21
4	13,89	14,23	6,27	6,88	8,73	8,78	3,02	3,08	3,25	3,8
5	14,47	14,93	6,04	6,27	8,71	9,13	2,81	2,67	3,23	3,6
6	14,23	15,73	5,89	6,42	8,78	9,33	2,62	3,26	3,27	3,16
7	14,38	14,87	5,87	6,38	8,62	9,81	2,78	3,07	3,09	3,31
8	14,26	14,79	5,93	6,53	8,43	9,78	2,94	2,86	2,99	3,67
9	14,51	15,17	6,18	6,25	8,19	9,16	2,75	3,19	3,43	3,06
10	14,49	14,91	5,94	6,18	8,76	9,31	2,91	2,78	3,03	3,4
Ср.знач	14,33	14,69	6,00	6,28	8,55	9,39	2,83	2,91	3,17	3,37
Ошибка	0,10	0,20	0,05	0,10	0,10	0,14	0,07	0,07	0,06	0,08
Участок «Кунчерово»										
1	15,14	15,78	6,31	6,49	8,62	9,58	2,77	3,18	3,54	3,31
2	13,68	14,56	6,08	6,02	8,31	9,21	2,38	2,42	3,7	3,6
3	15,32	15,44	5,94	6,95	9,16	9,71	2,37	3,08	3,57	3,87
4	13,64	13,91	6,18	6,62	7,48	8,53	2,3	2,56	3,88	4,06
5	14,83	14,84	6,39	6,6	8,58	9,58	2,7	3,05	3,69	3,55
1	13,91	14,17	5,92	6,38	7,34	8,92	2,65	2,47	3,27	3,91
2	14,58	14,98	6,01	6,49	8,19	9,13	2,61	2,81	3,4	3,68
3	15,25	16,21	6,13	6,31	8,31	9,32	2,58	2,69	3,55	3,62

№	Длина хвои		Ширина хвои		Длина пр.пучка		Ширина пров.пучка		Толщина мезофилла	
	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год
4	15,17	16,07	6,18	6,54	8,27	9,44	2,65	2,73	3,53	3,81
5	15,34	15,38	6,04	6,29	8,24	9,02	2,47	2,86	3,57	3,43
Ср.знач	14,69	15,13	6,12	6,47	8,25	9,24	2,55	2,79	3,57	3,68
Ошибка	0,22	0,25	0,05	0,08	0,17	0,11	0,05	0,08	0,05	0,07

Таблица 10 – Анатомические особенности хвои сосны обыкновенной в местах исследования

Участок	Толщина кутикулы		Толщина эпидермы		Толщина гиподермы		Толщина мезофила		Число смоляных ходов	
	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год
«Сосновый бор на Кададе»	0,19	0,21	0,74	0,76	0,34	0,35	3,17	3,37	8 – 9	9 – 11
«Кунчерово»	0,11	0,11	0,74	0,73	0,26	0,25	3,57	3,68	7 – 8	8 – 9

А)



Б)

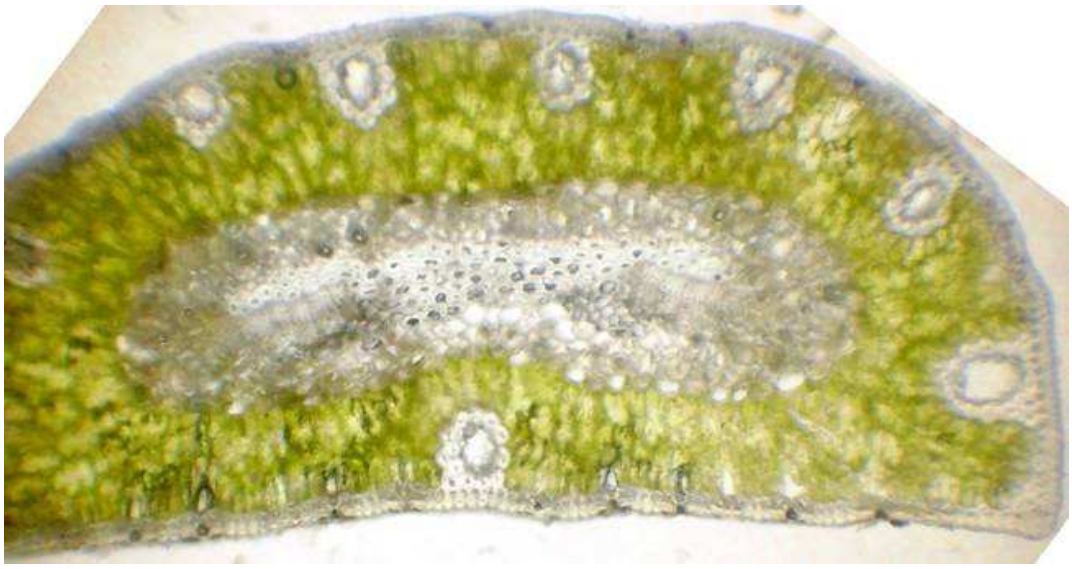


Рисунок 18. Анатомическое строение хвои сосны обыкновенной в местах исследования:

А) участок «Сосновый бор на Кададе»

Б) участок «Кунчерово»

В зоне загрязнения хвои вне зависимости от возраста, отмечается более высокая толщина кутикулы.

В условиях загрязнения толщинакутикулы увеличивается с возрастом: от 1 года жизни ко 2-му. При отсутствии техногенных воздействий ее размеры сохраняются без изменений(рис. 18, табл. 8, 10).

В условиях загрязнения, независимо от возраста, фиксируется наибольшее количество смоляных ходов в хвое (рис. 18, табл.10).

Полученные результаты подтверждают данные литературы об увеличении толщины покровных структур и содержании смолыхвои под воздействием загрязняющих веществ.

ВЫВОДЫ

Биоиндикация– это метод оценки изменений в организмах или экосистемах, вызванных антропогенными воздействиями окружающей среды, позволяющий легко диагностировать загрязнение.

Атмосферное загрязнение продуктами переработки нефти участка «Сосновый бор на Кададе» приводит к:

1. снижению скорости онтогенеза растений,

2. уменьшению числаженских шишек,

3. ухудшению «жизненного состояния» сосны обыкновенной, которое оценивается как «ослабленное».

В условияхзагрязнения диагностируются изменения в морфометрических показателях сосны обыкновенной:

- уменьшение длины и диаметра приростов,
- сокращение числа и размеров хвои,
- снижение степени охвоённости.

Загрязнение атмосферы продуктами переработки нефти вызывает изменение морфофизиологических показателей:

- увеличение доли поврежденной и усыхающей хвои,
- появление более высоких класса повреждениями усыхания хвои.

Техногенное загрязнение вызывает изменения в анатомическом строении хвои:

- сокращениеобъема мезофилла,
- увеличениеразмеров покровных структур – кутикулы, эпидермиса и гиподермы.

Результаты исследования показывают, что биоиндикация может быть использована в качестве основы для построения модели, позволяющей быстро диагностировать и прогнозировать воздействия загрязнения воздуха на биоту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, В.А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем/В.ААлексеев // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. С. 38 – 54.

2. Аникеев, Д.Р. Изменение морфоструктур репродуктивной системы сосны обыкновенной в условиях промышленного загрязнения на Среднем Урале: Автореф. дисс. …канд. с.-х. наук. / Д.Р. Аникеев. – Свердловск: УГЛТА, 1996. – 24 с.

3. Артамонов, В.И. Зеленые оракулы/ В.И. Артамонов – М.: Мысль, 1989 – 190 с.

4. Атлас Пензенской области /под ред. С.И. Жакова. – М.: ПКО «Картография» ГУГК, 1982. – 34 с.

5. Афанасьева, Л.В. Влияние атмосферного промышленного загрязнения на сосновые леса бассейна реки Селенга: автореф. дисс. …канд. биол. наук/ Л.В. Афанасьева. – Улан-удэ, 2005. – 20 с.

6. Бабушкина, Л.Г. Комплексная оценка состояния лесных биогеоценозов в зоне промышленных загрязнений / Л.Г. Бабушкина, Н.А. Луганский // Проблемы лесоведения и лесной экологии. – Минск, 1990. – 568 с.

7. Бережная, Н.А. Трансформация сосновых лесов ВерхнегоПриангарья, загрязненных фторсодержащими эмиссиями: автореф. дисс. …канд. биол. наук/ Н.А. Бережная.– Иркутск, 2005. – 20 с.

8. Бирюкова, З.П. Зимостойкость сосны обыкновенной в Северном Казахстане: автореф. дисс. …канд. биол. Наук/ З.П. Бирюкова.– Уфа, 1972. – 24 с.

9. Брем, А. Жизнь растений/ А. Брем. – М.: Эксмо, 2005. – 976 с.

10. Ванин, Л.И. Определитель деревьев и кустарников. / Ванин, Л.И. – М., Л.: Гослесбумиздат, 1956, – 202 с.

11. Водянова, С.Р. Устойчивость и приспособление хвойных растений к неблагоприятным условиям Чуйской долины: автореф. дисс. …канд. биол. наук. / С.Р. Водянова. – Ереван: Институт ботаники АН Армянской ССР, 1982. – 21с.

12. Дмитриев, М.Т. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. / Н.И. Казнина, И.А, Пинигина. – Справ.изд. М.: Химия, 1989 – 368 с.

13. Дорогов, А.И. Почвы Пензенской области. / А.И. Дорогов – Изд-во Пенза, 1951 – 268 с.

14. Жаков, С.М. Климат. / С.М. Жаков. // Природа Пензенской области. – Пенза: Приволжское книжное изд-во, 1970. С. 47-82.

15. Жаков, С.М. Климатическая карта / С.М. Жаков, А.И. Гридина, Т.А. Щербатова // Атлас Пензенской области. – М. 1982. С. 10.

16. Зайцев, Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике/ Г. Н. Зайцев – М.: Наука, 1984 – 256 с.

17. Зайцев, Г.А. Сосна обыкновенная и нефтехимическое загрязнение / Г.А. Зайцев, А.Ю. Кулагин. – М.: Наука, 2006. – 124 с.

18. Заповедник Приволжская лесостепь [Офиц. сайт]. URL: http://zpls.ru/index.php/territoriya (Дата обращения: 5.05.2018).

19. Исаченко, Х.М. Влияние задымляемости на рост и состояние древесной растительности / Х.М. Исаченко // Сов.бот. 1938. №1, С. 118 - 123.

20. Кабанов, Н.Е. Хвойные деревья и кустарники Дальнего Востока / Н.Е. Кабанов. – М.: Наука, 1977, – 175 с.

21. Калинин, М.И. Корневедение: Учебное пособие / М.И Калинин. – Киев: УМК ВО, 1989, – 196 с.

22. Калинин, М.И. Формирование корневой системы деревьев/ М.И. Калинин – М.: Лесн. пром-сть, 1983 – 152 с.

23. Каппер, О.Г. Хвойные породы. Лесоводственная характеристика/ О.Г. Каппер – М.; Гослесбумиздат, 1954 – 304 с.

24. Кефели, В.И. Рост растений/ В.И. Кефели – М.: Колос, 1984 – 174 с.

25. Ковылина, О.П. Оценка жизненного состояния сосны обыкновенной в зоне техногенного загрязнения / О.П. Ковылина, И.А. Зарубина // Хвойные бореальные зоны. – 2008. - № 3-4. - С.284-289.

26. Комаров, В.Л. Класс *Coniferales*. Флора СССР / В.Л. Комаров. – Л.: АН СССР, 1934. Т. 1, – 169с.

27. Коновалов, И.Н. Физиология интродуцируемых растений: 16-ые Комаровские чтения // И.Н. Коновалов – М, 1965. – 65 с.

28. Коршиков, И.И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды/ И.И. Коршиков – Киев: Наукова Думка, 1996. 239 с.

29. Краева, Е.В. Влияние промвыбросов предприятия «Мальцевский портландцемент» на устойчивость сосны/ Е.В. Краева // Биологическое разнообразие лесных экосистем. М., 1995, – С. 269 – 271.

30. Красинский, Н.П. Значение изучения дымо- и газоустойчивости растений для озеленения промплощадок и населенных пунктов / Н.П. Красинский // Дымоустойчивость растений и дымоустойчивые ассортименты. Горький; – М.: Горьковский университет, 1950а. – С. 1 – 9.

31. Красинский, Н.П. Теоретические основы построения ассортиментов газоустойчивых растений/ Н.П. Красинский // Дымоустойчивость растений и дымоустойчивые ассортименты. – 1950б. – С. 9 – 109.

32. Кремер, Б.П. Деревья: Местные и завезенные виды Европы/ Б.П. Кремер – М.: Астрель, 2002 – 288 с.

33. Крокер, В. Рост растений/ В. Крокер – М.: Изд-во иностр. лит.,1950 – 360 с.

34. Крюссман, Г. Хвойные породы/ Г. Крюссман – М.: Лесная промышленность, 1986 – 255с.

35. Кулагин, Ю.З. Древесные растения и промышленная среда/ Ю.З. Кулагин – М.: Наука, 1974 – 125 с.

36. Кулагин, Ю.З. Сравнительно-экологическая характеристика ольхи черной и серой, березы пушистой и сосны обыкновенной в условиях заболоченных лесов Ильменского заповедника / Ю.З. Кулагин // Флора и растительность Ильменского государственного заповедника им. Ленина. Свердловск. – 1961. – №8. – С. 145 – 155.

37. Курицын, И.И. География Пензенской области / И.И. Курицын, Н.А. Марденский. – Саратов: Приволж. кн. из-во. Пенз. отд-ние, 1991. – 96 с.

38. Ляшенко, О.А Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды /О.А Ляшенко – СПб.: ГТУРП, 2012. – 67 с.

39. Мамаев, С.А. Виды хвойных на Урале и их использование в озеленении / С.А. Мамаев. – Свердловск: УНЦАН СССР, 1983. – 110 с.

40. Мамаев, С.А. Индивидуальная изменчивость сосны обыкновенной по газоустойчивости в связи с сохранением хвойных насаждений в условиях техногенных ландшафтов / С.А. Мамаев, О.Д. Шкарлет // Проблемы создания защитных насаждений в условиях техногенных ландшафтов / Труды ИЭРЖ. – Свердловск, 1979. Вып. 129. – С. 58 –65.

41. Матяшенко, Г.В. Сосновые леса как индикаторы атмосферного загрязнения / Г.В. Матяшенко, Г.А. Белоголова // 11-й международный симпозиум по биоиндикаторам «Современные проблемы биоиндикации и биомонитоинга». — Сыктывкар, 2001. – С. 126, 313-314.

42. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование/ О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева, Т.И. Евсеева и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2008 – 288 с.

43. Милютина, И.Л. Биохимическая адаптация сосны обыкновенной к низким температурам: автореф. дисс. …канд. биол. наук/ И.Л. Милютина. – Красноярск, 1994. – 20 с.

44. Наумов, Н. А. Основы ботанической микротехники/ Н. А. Наумов, В. Е. Козлов – М.: Советская наука, 1954 – 312 с.

45. Некрасова, Т.П. Плодоношение сосны в Западной Сибири/ Т.П. Некрасова – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1960 – 131 с.

46. Николаевский, В.С. Биологические основы газоустойчивости растений/ В.С. Николаевский – Новосибирск: Наука, 1979 – 280 с.

47. Николаевский, В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации/ В.С. Николаевский – М.: Изд-во МГУЛ, 1998 – 191 с.

48. Носкова, Н.Е. Особенности мужской генеративной сферы сосны обыкновенной (*pinussylvestris*L.) в условиях экологического стресса / Н.Е. Носкова, И.Н. Третьякова, К.С. Емельяненко, Н.В. Носков, О.В. Филипчук // Тр. IIМеждунар. конф. По анатомии и морфологии растений. – СПб.: БИН РАН, 2002. – С. 300 – 301.

49. Орлов, А.Я. Почвенная экология сосны. / А.Я. Орлов, С.П. Кошельков. – М.: Наука, 1971. – 323 с.

50. Осколков, В.А. Состояние репродуктивного процесса сосны обыкновенной в условиях промышленного загрязнения лесов Верхнего Приангарья: Автореф. дисс. …канд. биол. наук. / В.А. Осколков. – Красноярск: Институт леса СО РАН, 1998. – 23 с.

51. Отчет о научно-исследовательской работе по: «Мониторингу состояния природного комплекса участка «Борок» заповедника «Приволжская лесостепь» и его охранной зоны, подвергающейся воздействию производственной деятельности ОАО «НГДУПензанефть». – 2009.– 49 с.

52. Плоомпуу, Т.Э. Влияние пыли цементной промышленности на морфологические параметры сосны (*Pinussylvestris*L.) / Т.Э. Плоомпуу // Тез.докл. Всесоюз. конф. «Экологические и физиолого-биохимические аспекты антропотолерантности растений» – Таллин: АН Эстонской СССР, 1986. Ч. I. С. 59 – 60.

53. Побединский, А.В. Сосна / А.В. Побединский – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 128 с.

54. Подзоров, Н.В. Влияние задымления атмосферного воздуха на прирост сосны обыкновенной по диаметру / Н.В. Подзоров // Изв. Вузов. – Лесной журнал. 1973. – 256 с.

55. Правдин, Л. Ф. Сосна обыкновенная (изменчивоесть, внутривидовая систематика и селекция) / Л. Ф. Правдин – М.: Наука, 1964. – 201 с.

56. Прозина, М. Н. Ботаническая микротехника / М. Н. Прозина – М.: Высшая школа, 1960. – 153 с.

57. Пятницкий, С. С. Курс дендрологии / С. С. Пятницкий. – Харьков, 1960. – 240 с.

58. Сергеев, Л. И. Морфофизиологическая периодичность и зимостоикость древесных растений / Л. И. Сергеев, К. А. Сергеева, В. И. Мельников – Уфа, 1961. – 233 с.

59. Сметанина, Е. Э. Сравнительная эколого-биологическая характеристика видов семейства *Pinaceae* в условиях техногенного загрязнения (на примере Уфимского промышленного центра): Автореф. дисс. …канд. биол. наук / Е. Э. Сметанина – Уфа: БГУ, 2000б. – 16 с.

60. Смоляк, Л. П. Устойчивость древесных пород к подтоплению и затоплению / Л. П. Смоляк // Лесное хозяйство. – 1960. – № 3. – С. 8-9.

61. Судачкова, Н. Е. Физиология сосны обыкновенной/ Н. Е. Судачкова, Г. И. Гирс, С. Г. Прокушкин и др. – Новосибирск: Наука, 1990 – 248 с.

62. Сукачев, В. Н. Дендрология с основами лесной геоботаники / В. Н. Сукачев. – Л., 1938. – 575 с.

63. Сурин, М. М. Лесоводственные особенности сосны обыкновенной в условиях Предлесостепного Зауралья: автореф. дисс. …канд. с.-х. наук/ М. М. Сурин. – Екатеринбург, 1977. – 23 с.

64. Тахтаджан, А. Л. Высшие растения / А. Л. Тахтаджан – М.; Л.: АНАССР, 1956. Т.1. – 488 с.

65. Ткаченко, М. Е. Общее лесоводство / М. Е. Ткаченко. – М.- Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 599 с.

66. Третьякова, И. Н. Половая репродукция хвойных в условиях Сибири / И. Н. Третьякова, Е. В. Бажина, В. А. Осколков, И. П. Филиппова, Н. В. Новоселова, Н. Е. Носкова, Е. Н. Грачев // Матер. совещ. «Лесные стационарные исследования: методы, результаты, перспективы» (Москва, 18 – 20 сентября 2001 г.) – Тула: Гриф и К°, 2001. С. 502-506.

67. Турский М. К. Лесоводство / М. К.Турский. – Изд 6-е. – М.: Гос изд-во с-х. лит-ры, 1915. – 352 с.Третьякова, И. Н. Биоиндикаторы стрессового состояния хвойных в нарушенных лесных и урбо-системах Сибири / И. Н. Третьякова, Е. В. Бажина, В. А. Осколков, Н. Е Носкова. // Тез. докл. XIмеждунар. симпозиума по биоиндикаторам «Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга» – Сыктывкар, 2001. С. – 190.

68. Федорова, А. И., Практикум по экологии и охране окружающей среды / А. И. Федорова, А. Н. Никольская. – М.: Гуманит. изд. Центр ВЛАДОС, 2001. – 96с.

69. Федотов, И. С. Сосна как биоиндикатор химического и радиоактивного загрязнения / И. С. Федотов, // Тез. докл. Всесоюз. школы «Влияние промышленных предприятий на окружающую среду» – Пущино. – 1984. С. 201 – 202.

70. Фомин, В. В., Неспецифическая реакция фотосинтетического аппарата хвои сосны на действие аэропромышленных загрязнений и затенений / В. В. Фомин, С. А. Шавнин, Н. В. Марина, Г. Н. Новоселова // Физиология растений. – 2001. Т. 48, №5. С. 760 – 765.

71. Харитонович, Ф. Н. Биология и экология древесных пород / Ф. Н. Харитонович. – М.: Лесн. пром-ть, 1968. – 304 с.

72. Шиманюк, А. П. Дендрология / А. П. Шиманюк. – М.: Лесн. пром-ть, 1974. – 264 с.

73. Цветков, В. Ф. Структура и запасы фитомассы хвои в сосновых молодняках Кольского полуострова / В. Ф. Цветков, В. В. Никонов // Лесоведение. – 1985. №1. С. 32 – 39.

74. Чепик, Ф.А. Определитель деревьев и кустарников / Ф. А. Чепик – М.: Агропромиздат, 1985. – 320 с.

75. Черненькова, Т. В. Рост сосны обыкновенной в окрестностях металлургического комбината «Североникель» / Т. В. Черненькова, А. В. Макаров // Лесоведение. – 1996. №5. С. 72 – 76.

76. Ярмишко, В. Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на Европейском Севере / В. Т. Ярмишко – СПб.: Изд-во НИИХ СПбГУ, 1997. – 210 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет
физико-математических
и естественных наук

Кафедра
«Общая биология и биохимия»

Направление подготовки
06.04.01 Биология
Магистерская программа «Физиология растений»

Утверждаю:
Зав. кафедрой
Г.А. Карпова
«1» 12 2016 г.

Задание

По ВКР студента Рыжовой Юлии Александровны
(ФИО полностью)

Тема работы «*Pinus sylvestris* – как индикатор атмосферного загрязнения».

Утверждена приказом по Университету от «6» 12 2016 г. № 1192 а/о

Срок сдачи студентом законченной работы «17» 05 2018 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ВКР

№ п/п	Перечень подлежащих разработке вопросов:	Сроки выполнения этапов	Примечания
1	Анализ научной, учебной, справочной литературы по теме исследований. Теоретическая подготовка к проведению экспериментальных исследований.	Декабрь 2016 г. – февраль 2017 г.	Выполнено
2	Изучение морфофизиологических и фитоценотических методов исследования.	Январь 2017 г. – февраль 2017 г.	Выполнено
3	Подготовка и проведение экспериментальных исследований. Сбор необходимого материала для лабораторных исследований и камеральной обработки.	Июнь – июль 2017 г.	Выполнено
4	Проведение лабораторных исследований: изучение морфометричеких показателей стебля и хвои, анатомических показателей хвои.	Июнь – июль 2017 г	Выполнено
5	Обработка результатов и их анализ. Оформление результатов исследований.	Февраль – апрель 2018 г.	Выполнено

Дата выдачи задания «1» 12 2016 г.

Руководитель Л. Кор- _____
(подпись)

Задание принял к исполнению _____
(подпись)