

Бюджетное учреждение Орловской области дополнительного образования  
«Орловская станция юных натуралистов»  
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Знаменская средняя общеобразовательная школа»  
Орловского муниципального округа Орловской области

**Биоиндикация загрязнения воздуха на территории  
Орловского лесничества в пределах пгт. Знаменка по  
комплексу признаков ели обыкновенной**

Подготовила:  
**Котова Виктория Сергеевна**  
обучающаяся объединения  
«Современные агротехнологии»  
БУ ОО ДО «Орловская станция юных натуралистов»;  
обучающаяся 6 класса МБОУ «Знаменская СОШ»  
Орловского муниципального округа

Руководитель:  
Соломенцева Ирина Викторовна  
педагог дополнительного образования  
БУ ОО ДО «Орловская станция юных натуралистов»  
Учитель биологии МБОУ «Знаменская СОШ»

пгт. Знаменка, 2024 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
Введение.....	3
1. Ель обыкновенная как биоиндикатор загрязнения окружающей среды.....	6
1.1 Понятие биоиндикации.....	6
1.2 Биологические и экологические особенности ели обыкновенной....	7
2. Методика исследования.....	10
3. Результаты исследования.....	11
4. Выводы и рекомендации.....	14
Заключение.....	16
Список использованной литературы.....	17
Приложения.....	18

## Введение

Леса выступают комплексными экосистемами, которые поддерживают огромное биологическое разнообразие. Ель – одно из самых распространённых хвойных деревьев на Европейском континенте. Конечно, существуют разные виды елей, и у них есть свои особенности. Но всё же сходство весьма велико.

В России наиболее распространены ель обыкновенная (она же ель европейская, *Picea abies*) и ель сибирская (*Picea obovata*). Именно эти два вида преимущественно и образуют темнохвойные леса – ельники, занимающие площадь более полумиллиона квадратных километров. Человеческая деятельность значительно влияет на лесистость территорий его проживания. Ель не только красивое дерево, используемое для украшения улиц, парков и садов, но и полезное – для изготовления бумажной продукции, деревянных строительных конструкций, пиломатериалов и т.п. Регулярно сменяя свой вечнозеленый наряд, ель не теряет своей прелести. Хвоя живет 6 – 7 лет. Каждую осень отмирает не менее 1/7 части хвои, что почти не меняет облик дерева. Поэтому своих декоративных свойств ель не теряет и в зимнее время.

Многие руководители учреждений и предприятий предпочитают использовать ель как декоративную культуру, для озеленения прилегающих территорий. Но мало кто задумывался о её биоиндикационных свойствах. Однако, как показывает анализ литературы, именно ель обыкновенная наиболее чувствительна к загрязнению окружающей среды. Её вегетативные органы реагируют на изменение газового состава атмосферы замедлением роста и появлением некрозов. Любой человек может пользоваться этим доступным «живым прибором» и оценить состояние воздуха, которым он дышит.

Развитие цивилизации, научно-технический прогресс привели к возникновению новых, ранее неизвестных факторов воздействия на человека (загрязнение окружающей среды химическими веществами, различные виды радиации и др.).

Изучение окружающей человека среды ведется с учетом возможности ее воздействия на состояние здоровья:

- разрушающего, истощающего биологический наследственный потенциал здоровья, что приводит к возникновению болезней;
- сохраняющего;

- развивающего (нарастание способностей к обучению, труду и гарантия продолжительной активной жизни).

Изучение экологического состояния ближайшего окружения человека – первый шаг к оптимизации среды жизнедеятельности, ее качественного преобразования с целью сохранения и развития здоровья.

Территория проживания человека является неотъемлемой частью окружающей среды, имеющей наибольшее влияние на его самочувствие и как следствие - работоспособность. Экологически чистая, полноценная внешняя среда наряду с другими факторами является важной предпосылкой сохранения и укрепления здоровья и развития людей.

Огромное значение для здоровья человека имеет чистота воздуха, которым он дышит. Атмосферный воздух – один из важнейших жизнеобеспечивающих природных компонентов на Земле – представляет собой смесь газов и аэрозолей приземной части атмосферы, сложившиеся в ходе эволюции планеты, деятельности человека. Одна из форм воздействия, характерная для современной эпохи, – загрязнение атмосферы вредными для человека веществами, прежде всего газообразными. К главным источникам загрязнения воздуха наряду с промышленными предприятиями и котельными, относится и автомобильный транспорт.

Знаменка – посёлок городского типа Орловского муниципального округа в Орловской области России. Через центр посёлка проходит автомобильная дорога федерального значения М2Е 105 Крым, а по восточной окраине - объездная дорога города Орла, по которой движется непрерывный поток транспорта, особенно в утренние и вечерние часы, в том числе маршрутные такси, связывающие поселок с городом.

На территории Орловского лесничества в пределах пгт. Знаменка сформированы групповые посадки ели обыкновенной. Многие ели посажены более 30 лет назад, растения хорошо сформированы, доступны для изучения.

В связи с вышеизложенными фактами, было принято решение провести изучение биоиндикационных свойств ели обыкновенной, а затем степень загрязнения воздуха по состоянию вегетативных побегов ели.

**Актуальность** данной работы в том что, наряду с другими факторами чистый воздух является важной предпосылкой сохранения и укрепления здоровья людей, особенно подрастающего поколения России. Ель обыкновенная является доступным для изучения объектом живой природы и может служить индикатором загрязнения воздуха.

**Цель работы:** изучение чистоты атмосферного воздуха по состоянию хвои и интенсивности годовых приростов ели обыкновенной произрастающей в пределах пгт. Знаменка.

**Задачи:**

- ✓ Изучить биологические и экологические особенности ели обыкновенной;
- ✓ Исследовать состояние хвои ели обыкновенной на различных участках в пределах пгт. Знаменка;
- ✓ Выявить степень усыхания и некротических повреждений хвоинок;
- ✓ Определить интенсивность годовых приростов боковых ветвей ели;
- ✓ Проанализировать общее экологическое состояние ели обыкновенной и на основе полученных данных сделать вывод о степени загрязнения атмосферного воздуха.

**Объект изучения:** ель обыкновенная (ель европейская, *Picea abies*).

**Предмет изучения:** реакция вегетативных органов ели обыкновенной на содержащиеся в воздухе вредные вещества.

**Гипотеза:** Если хвоя ели обыкновенной страдает от некрозов и преждевременного усыхания, а рост её вегетативных побегов замедлился, то концентрация вредных веществ, источником которых являются выхлопные газы автомобилей и дымы котельных, в атмосферном воздухе увеличилась.

**Методы,** используемые в данной работе:

- ✓ Анализ научной и методической литературы;
- ✓ Наблюдение;
- ✓ Биоиндикация;
- ✓ Биотестирование – использование тест-объектов;
- ✓ Анализ научной и методической литературы;
- ✓ Сравнительный анализ полученных данных.

## 1. Ель обыкновенная как биоиндикатор загрязнения окружающей среды.

### 1.1 Понятие биоиндикации.

**Биоиндикация** – это оценка состояния окружающей среды по реакции живых организмов (растения, животные).

Сущность биоиндикации в том, что определенные факторы среды создают возможность существования того или иного вида. Виды, которые позволяют выявить специфические особенности среды, называют *индикаторами*. Биоиндикация дает возможность судить об изменениях состояния среды и прогнозировать направление этих изменений. Актуальность биоиндикации обусловлена также скоростью, простотой и дешевизной определения качества среды. [5]

**Биоиндикаторы** – это биологические объекты, используемые для оценки состояния среды.

*Типы биоиндикаторов:*

1. Чувствительный. Быстро реагирует значительным отклонением показателей от нормы.

2. Аккумулятивный. Накапливает воздействия без проявляющихся нарушений. Биоиндикаторы описывают с помощью двух характеристик: специфичность и чувствительность.

При низкой специфичности биоиндикатор реагирует на разные факторы, при высокой – только на один.

При низкой чувствительности биоиндикатор отвечает только на сильные отклонения фактора от нормы, при высокой – на незначительные.

**Фитоиндикация** – использование растений для оценки качества среды.

При изучении степени загрязнения окружающей среды важна реакция организмов на загрязнители. Систему наблюдений за этой реакцией называют биологическим мониторингом. Хвойные растения чувствительны к загрязнению среды.

Биоиндикатор – группа особей одного вида или сообществ, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в среде, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей.

Принципы биологического мониторинга в настоящее время интенсивно разрабатываются. Весьма важный элемент его – растения, которые очень чутко реагируют на состояние природной среды. Поэтому неудивительно, что исследователи рассматривают растения как наиболее чувствительные и надежные индикаторы загрязненности атмосферы.

Как известно, живые индикаторы имеют большие преимущества, устраняя применение дорогостоящих и трудоемких физико-химических методов для определения степени загрязнения среды. Они суммируют все без исключения биологически важные данные о загрязнениях, указывают скорость происходящих изменений, пути и места скоплений в экосистемах различного рода токсинов, позволяют судить о степени вредности тех или иных веществ для живой природы и человека. [6]

## **1.2 Биологические и экологические особенности ели обыкновенной.**

Ель одно из древнейших деревьев наших лесов. Ее происхождение относится к меловому периоду мезозойской эры.

Ель обыкновенная (*Picea abies*) – вечнозелёное дерево с поверхностной корневой системой. Распространена в Северной и Центральной Европе. На территории России - от западных границ до Урала. Достигает в высоту 35-50 метров. Крона в виде конуса, образуется поникающими или распростёртыми ветвями, расположенными мутовчато. Хвоя игольчатая четырехгранная длиной 10-35 мм и толщиной 1-1,5 мм, с острым кончиком, блестящая, темно-зеленая, держится на побегах 6-7 лет. Осенью окраска хвои не меняется. В мае - июне на ветвях появляются собранные на одной оси красные овальные мужские колоски и красные или зеленые женские стробилы. Шишки цилиндрические, длиной 10-16 см и шириной 3-4 см, красновато-бурые, блестящие, с крупными или вытянутыми кверху семенными чешуями. Незрелые шишки - светло-зеленые или темно-фиолетовые. Семена высылаются в конце следующей зимы.

Ель морозостойка (до  $-45^{\circ}\text{C}$ ) и теневынослива, в молодом возрасте может страдать от весенних солнечных ожогов. Используется в озеленении тенистых участков. Предпочитает свежие, хорошо дренированные кислые, супесчаные и суглинистые почвы, не выносит застоя воды, засоления и сухости почвы. [9]

Скорость роста до 10-15 лет низкая, затем ускоряется до 70 см в год, после 100-120 лет рост снова замедляется.

В почках и шишках ели обыкновенной содержится эфирное масло (до 0,2 %), в состав которого входит борнилацетат, дубильные вещества (до 6,7 %) и смола. В хвое дерева обнаружены эфирное масло (до 0,15-0,25 %), витамин С (до 860 мг %), каротин, дубильные вещества (до 10 %).

В живице ели обыкновенной найдены дитерпеноиды: цембрен, гераниллиналоол, изоцемброл, абиенол, неоабиенол и др.

В состав елового скипидара входят пинены (до 32–40 %), лимонен (8,9 %), дипентен, борнильные эфиры и смоляные кислоты.

В эфирном масле охвоенных веточек содержатся пинены, карен, кадиен, фелландрен, дипентен, сантен, борнилацетат (до 10,6 %) и ароматические спирты (до 13,6 %).

Кора ели содержит до 8-12 % танидов.

В последнее время в хвое ели обыкновенной обнаружены токоферолы (витамин E) и полипренолы – биологически активные вещества. [4]

Все эти действующие вещества формируют основу химического состава и определяют целебные свойства ели обыкновенной.

Древесина используется при производстве стройматериалов (древесно-стружечные плиты, штукатурная и кровельная дранка, паркет и др.). Из отборной изготавливают музыкальные инструменты. Получают смолу, скипидар, канифоль, деготь, целлюлозу. Используется для изготовления бумаги. Из хвои ели получают хлорофиллокаротиновую пасту, содержащую хлорофилл, фитонциды и витамины, которая применяется как кормовая добавка в животноводстве.

Ель часто высаживают в живых изгородях вдоль дорог. Ель обыкновенная чувствительна к дыму, газам и пыли, поэтому может использоваться в качестве биоиндикатора состояния атмосферного воздуха.

Многочисленные наблюдения показали, что антропогенное загрязнение атмосферы существенно воздействует на высшие растения; изменяет окраску листьев, вызывает некроз (омертвление), опадание листьев, изменение формы роста и ветвления и другие. Растения, у которых реакция на сернистый газ выражена резко и отчетливо, можно использовать как индикаторы этого вещества.

Хвойные породы являются наиболее чувствительными к различным химическим загрязнениям воздуха и особенно страдают от диоксида серы. Сернистый газ, являющийся одним из наиболее вредных компонентов загрязнений, [3] накапливается в атмосфере не только в результате производства серной кислоты, но и при переработке и горении органических веществ (каменного и бурого угля, нефти, нефтепродуктов, древесины), такие вещества используются в печах котельных. Содержание двуокиси серы в выхлопных газах незначительно, но всё же присутствует в количестве 0,002%.

Как уже говорилось, продолжительность жизни хвои ели в нормальных условиях составляет 6 - 7 лет.[4] За это время она накапливает такое количество сернистого газа, которое существенно превышает пороговое

значение. Под влиянием токсинов хвоя ели в зонах сильного загрязнения приобретает ржаво-коричневую окраску, которая распространяется от основания иглы к ее острию, а затем отмирает и опадает, просуществовав всего один год. Чувствительность к сернистому газу убывает в последовательности: ель - пихта - сосна - лиственница.[3] Промышленные газы в диапазоне концентраций от 1 ПДК и выше вызывают у хвойных пород появление некрозов (ожогов) на листьях и хвое, уменьшение линейного роста побегов, снижение возраста хвои, ускорение усыхания. Перечисленные нарушения лучше и быстрее проявляются у хвойных пород с большой длительностью жизни хвои, к которым относится и ель обыкновенная.

**Таблица 1. Сравнение интенсивности повреждения хвои сосны и ели под влиянием диоксида серы**

<b>Воздействующий газ</b>	<b>Вид растения</b>	<b>Внешние признаки повреждения растений</b>
Диоксид серы	Сосна обыкновенная	Побурение кончиков игл хвоинок
Диоксид серы	Ель обыкновенная (европейская)	Хвоя бурет и опадает

В растениях, подвергшихся воздействию двуокиси серы, резко падает содержание хлорофилла, существенно нарушается структура хлоропластов. Все это сказывается на интенсивности фотосинтеза, она резко ослабляется, что в свою очередь тормозит рост растений, что наглядно выражается в величине годичного прироста. Мутовчатое ветвление ели обыкновенной позволяет легко определить величину годичного прироста, данное свойство так же может служить индикатором степени загрязнения окружающего воздуха.

Ель обыкновенная удобна тем, что может служить биоиндикатором круглогодично. В лесоведении давно разработана оценка состояния окружающей среды по комплексу признаков у хвойных (в том числе и ели), при которой используются не только морфологические показатели, которые весьма изменчивы, но и ряд биохимических изменений.

## 2. Методика исследования

Для проведения исследования была использована методика Т.Я. Ашихминой [1], применяемая для сосны обыкновенной. Так как ель обыкновенная ещё более чувствительна к загрязнениям, а продолжительность жизни хвои составляет 6 – 7 лет (у сосны 4 – 5 лет), мы посчитали, что данная методика, несомненно, применима и к ней. Можно предположить, что достоверность полученных данных будет даже выше, чем при использовании сосны обыкновенной.

Сбор информации проводился в сентябре – октябрь 2024г. на территории в пределах пгт. Знаменка.

Используемое *оборудование*:

- ✓ линейка, рулетка;
- ✓ штангенциркуль;
- ✓ ручные лупы;
- ✓ цифровая фотокамера.

Для проведения исследования объект был разделён на отдельные учётные участки, по месту групповых посадок.

**Участок №1.** Расположен на севере пгт. Знаменка по ул. 7 Ноября. Рядом расположено сельскохозяйственное предприятие и животноводческое хозяйство АО Подсобное хозяйство «Орловский» колос» (приложение 1, фото 1).

**Участок №2.** Расположен по ул. Лесная пгт. Знаменка. Участок находится в равной удаленности от автомобильной дороги федерального значения М2Е 105 Крым и объездной дороги города Орла (приложение 1, фото 2).

**Участок №3.** Расположен с юго-западной стороны на въезде в пгт. Знаменка, граничит с СНТ «Дубрава» (приложение 1, фото 3).

**Участок №4.** Расположен с юго-восточной стороны на въезде в пгт. Знаменка, граничит с СНТ «Союз» (приложение 1, фото 4).

Участки нанесены на план-схему территории в пределах пгт. Знаменка (см. приложение 2).

Методика индикации чистоты атмосферы по хвое ели состоит в следующем. С нескольких боковых побегов в средней части кроны деревьев ели в возрасте 20 лет и выше мы брали 200-300 хвоинок второго и третьего года жизни. В зоне техногенного загрязнения должно наблюдаться более 30%-60% повреждения хвои ели. На незагрязненных участках основная масса хвои ели здорова, не имеет повреждений, и лишь малая часть хвоинок имеет

светло-зеленые пятна и некротические точки микроскопических размеров, равномерно рассеянные по всей поверхности. В загрязненной атмосфере проявляются повреждения.

Анализ хвои проводили в лаборатории. Вся хвою делили на три части:

- 1) неповрежденная хвоя;
- 2) хвоя с некротическими пятнами;
- 3) хвоя с признаками усыхания.

Подсчитали количество хвоинок в каждой группе. Данные занесли в рабочую таблицу (таблица 2).

Биоиндикатором загрязненности атмосферы может служить ежегодный прирост побегов ели обыкновенной. Каждая мутовка сверху – год жизни дерева. [2] Для того чтобы определить интенсивность годовых приростов побегов мы измерили длину прироста каждого года и толщину побегов. Данные занесли в таблицу (таблица 3).

Сделали вывод о степени загрязнения атмосферы.

### **3. Результаты исследования**

#### ***Определение состояния хвои ели обыкновенной.***

Исследование состояния хвои ели проводилось на территории Орловского лесничества в пределах пгт. Знаменка Орловского муниципального округа. Сбор информации проводился на различных участках территории поселка, в октябре 2024 года были отобраны боковые ветви ели, с которых сняты хвоинки, затем производился их подсчет в зависимости от степени повреждения (см. рисунок 1 Приложение 1).

Наибольшая степень повреждения наблюдается на участке №1, количество поврежденной хвои составило 20,5%. Меньшее повреждение зафиксировано на участке №4 в пределах 13,5%. Самая меньшая доля повреждённых хвоинок оказалась на участках №2 и №3, что соответствует 9,5 и 10% соответственно.(см. Таблица 2 Приложение 1)

На основе данных построена диаграмма (см. рисунок 2 Приложение 1), на которой представлены результаты сравнения исследования на участках № 1, 2, 3, 4.

#### ***Определение величины годичного прироста.***

На каждом из четырёх участков была измерена величина годичного прироста за три последних года на десяти боковых ветвях. Для этого отбирались ветви четвертой сверху мутовки. Данные занесены в таблицу 2.

а участке № 1 годичный прирост стабилен и находится на уровне 11-12 см в год. На участке №2 прирост последнего года отличается от предыдущих двух лет на 4 см и составил 11 см. На участке №3 зафиксирован максимальный прирост последнего года жизни 21 см, что отличается от предшествующего года на 7 см. Прирост вегетативных побегов на участке № 4 неоднороден заметно колебание прироста в последовательности 9-15-13 см.

На основе полученных данных составлены графики годичного прироста (см. рисунок 3 Приложение 1.)

#### **4. Выводы и рекомендации**

##### ***Выводы.***

В ходе изучения и анализа научной литературы был сделан вывод о том, что ель обыкновенная может быть использована в качестве биоиндикатора чистоты воздуха, так как по чувствительности к сернистому газу она опережает такие хвойные породы как пихта и сосна. При произрастании на незагрязненных территориях основная масса хвои ели здорова, не имеет повреждений, и лишь малая часть хвоинок имеет светло-зеленые пятна и некротические точки микроскопических размеров, равномерно рассеянные по всей поверхности. В загрязненной атмосфере появляются повреждения, снижается продолжительность жизни хвои ели и интенсивность годовых приростов.

По результатам исследования стало видно (таблица 1), что Участок №1 наиболее загрязнен, так как больше других контактирует с зоной постоянного движения автотранспорта, а также располагается в непосредственной близости от сельскохозяйственного предприятия. Количество поврежденных хвоинок здесь максимальное по сравнению с другими участками.

На Участках №2 и №3, находящиеся в наибольшей удаленности, а значит и меньше контактирующие с автотранспортной зоной, зарегистрировано меньшее количество повреждённой хвои, поэтому можно сделать вывод о том, что состояние воздуха на этих территориях лучше и чище, чем на Участке №1.

Участок №4, находящийся в глубине пгт. Знаменка, практически не взаимодействует с газами, так как находится в равной удаленности от автомобильных дорог, поэтому процент повреждённой хвои минимальный, что вполне позволяет сделать вывод, о том, что воздух на Участке №4 самый чистый среди всех исследованных участков.

Общая картина такова – повреждение хвои на всех участках незначительное (не превышает 30%), что говорит о чистоте окружающего воздуха. Некротические пятна на хвоинках встречаются редко (менее 10%), что так же свидетельствует о том, что сернистый газ в воздухе присутствует в минимальных количествах.

По итогам моей работы можно сделать вывод что, несмотря на усиливающуюся антропогенную нагрузку, воздух на территории Орловского лесничества в пределах пгт. Знаменка сохраняет свою чистоту. Он пригоден для дыхания и длительное пребывание на исследуемых территориях не нанесёт существенного вреда здоровью проживающих на данных участках людей.

Величина годового прироста на участках №1 и №4 оставалась стабильной в течение трёх последних лет, что говорит о достаточности водного и минерального питания. У хвойных деревьев ухудшение жизненного состояния происходит в основном за счет значительного снижения радиального прироста, на участках №2 и №3 мы наблюдаем противоположную картину, прирост последнего года значительно более выражен.

#### ***Рекомендации:***

Ель обыкновенная по своим биологическим свойствам может быть использована в качестве биоиндикатора, поэтому можно рекомендовать на территориях, прилегающих к жилым и общественным зданиям, создавать групповые посадки ели обыкновенной. Простейшие визуальные наблюдения за состоянием хвои позволят оценить состояние воздуха и принять своевременные меры по защите от негативного влияния загрязнённого воздуха.

В современных условиях увеличение количества автотранспорта – необратимый процесс. Для уменьшения загрязнения атмосферного воздуха отработавшими газами необходим постоянный технический контроль состояния автомобилей. Низкий уровень технического обслуживания, отсутствие контроля приводят к расстройству узлов и систем автомобиля, а выбросы вредных веществ в атмосферный воздух возрастают. В результате этого, усилия автомобильной промышленности по совершенствованию двигателей для обеспечения требований экологических стандартов зачастую сводятся практически на нет. Поэтому я считаю, что необходимо не только совершенствовать конструкцию автомобиля, с точки зрения ограничения токсичности, но и повышать уровень технического обслуживания и совершенствовать контроль их технического состояния, а людям стараться

пользоваться личным транспортом реже, больше гулять, что принесет двойную пользу для здоровья.

### **Заключение**

Источников антропогенного характера, вызывающих загрязнение атмосферы, а также нарушения экологического равновесия в биосфере, - множество. Однако самыми значительными из них являются два: транспорт и промышленность. Источниками загрязнения территории в пределах поселка городского типа Знаменка Орловского муниципального округа Орловской области являются дым отопительных печей, котельных и выхлопные газы автомобилей.

Ель обыкновенная наиболее чувствительна к загрязнению воздуха. И особенно страдает от наличия в воздухе сернистого газа. По видимым симптомам нам удалось установить, что содержание данного газа в воздухе незначительно. Вместе с тем двуокись серы вызывает у ели обыкновенной характерные изменения в содержании фенольных соединений, которые наблюдаются задолго до появления видимых симптомов повреждения. Поэтому реакцию изменения фенолов в хвое ели предлагается использовать для оценки количества сернистого газа, загрязняющего воздух.

В перспективе нами будет продолжен мониторинг состояния хвои ели не только по видимым признакам, но и по реакции изменения состава фенолов в хвое ели.

### Список использованной литературы:

1. Ашихмина Т.Я. Школьный экологический мониторинг. Учебно-метод. пособие, М.: АГАР, 2000.
2. Алексеев С. В. И другие. Практикум по экологии. – М: АО МДС, 1996.
3. Артамонов В.И. Зеленые оракулы. – М.: Мысль, 1989.
4. Лесная энциклопедия: В 2-х т./Гл. ред. Воробьев Г.И.; Ред. кол.: Анучин Н.А., Атрохин В.Г., Виноградов В.Н. и др. - М.: Сов. энциклопедия, 1985.-563 с., ил.
5. Мелехова О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. – М.: Академия, 2007
6. Опекунова М. Г. Биоиндикация загрязнений. СПб.: - Издательство Санкт-Петербургского университета, 2004 г.
7. Павлов А.А. Исследования учащихся в природе. Учебно-методическое пособие. – Орел: Региональный экологический центр, ООО «Картуш», 2010. – 124 с.
8. Самкова В.А. Мы изучаем лес. Ж. “ Биология в школе”, № 7, 2003.
9. Энциклопедия Жизнь растений в шести томах. Том 4. Мхи, плауны, хвощи, папоротники, голосемянные растения. 1978.- 447с.; ред. И.В. Грушвицкий, С.Г. Жилин

## Приложение 1



*Неповреждённая хвоя*

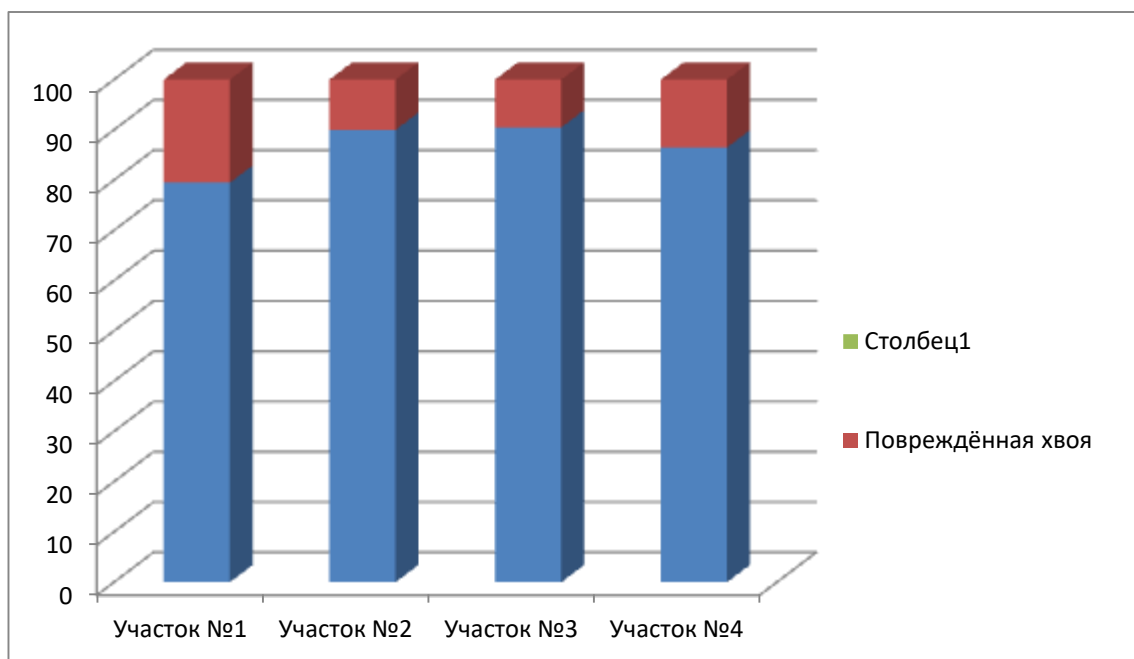
*Хвоя с некротическими пятнами*

*Хвоя с признаками усыхания*

**Рис. 1. Степень повреждения хвоинок.**

**Таблица 2. Определение состояния хвои ели обыкновенной.**

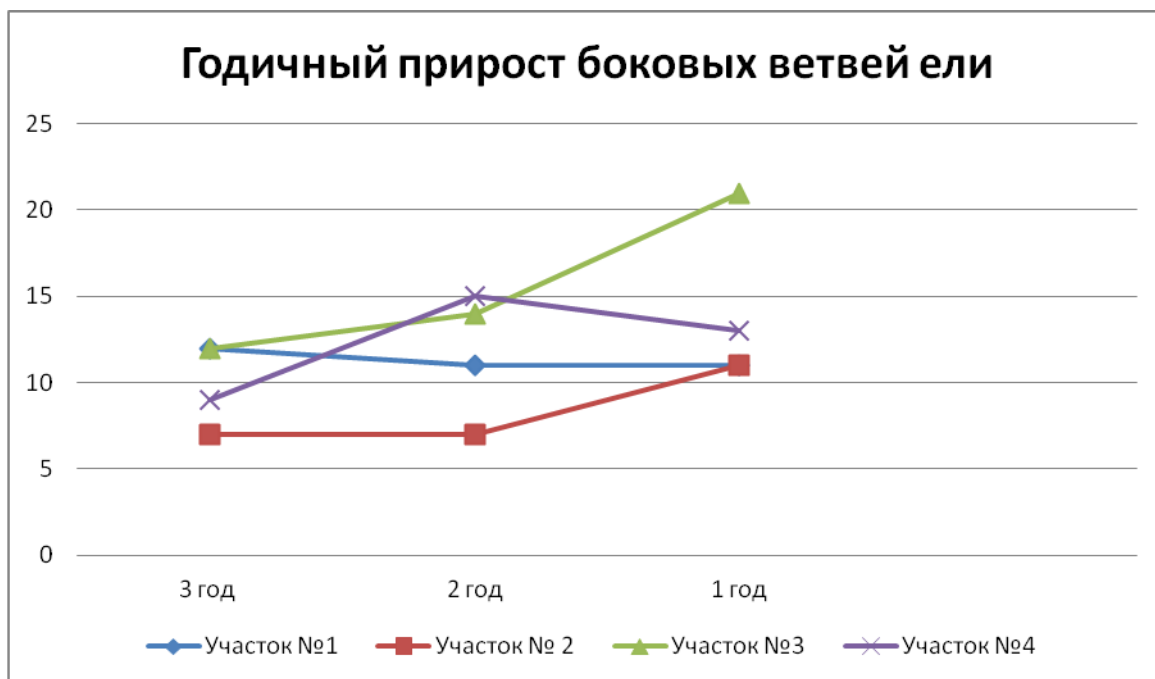
Повреждения хвоинок	Участок №1	Участок №2	Участок №3	Участок №4
Общее число обследованных хвоинок	200	200	200	200
Количество хвоинок с пятнами	17	9	11	14
Процент хвоинок с пятнами	8,5%	4,5%	5,5%	7%
Количество хвоинок с усыханием	24	11	8	13
Процент хвоинок с усыханием	12 %	5,5 %	4%	6,5%
Количество повреждённых хвоинок	41	20	19	27
Процент повреждённых хвоинок	20,5%	10%	9,5%	13,5%
Дата отбора проб	09.10.2024	09.10.2024	09.10.2024	09.10.2024



**Рис. 2. Диаграмма состояния хвоя ели обыкновенной.**

**Таблица 3. Определение прироста ели обыкновенной.**

Прирост по годам (см.)	Участок №1			Участок №2			Участок №3			Участок №4		
	1 год	2 год	3 год	1 год	2 год	3 год	1 год	2 год	3 год	1 год	2 год	3 год
№ ветви	1 год	2 год	3 год	1 год	2 год	3 год	1 год	2 год	3 год	1 год	2 год	3 год
1	11	12	10	8	7	7	19	14	10	14	15	8
2	12	11	12	9	8	6	20	12	11	15	13	10
3	10	10	11	9	9	7	21	13	12	13	14	11
4	11	9	12	10	7	6	19	14	11	13	14	10
5	12	12	10	11	6	7	23	14	10	14	15	9
6	10	11	11	14	8	8	20	12	10	15	16	9
7	12	11	12	10	7	9	18	13	12	13	14	10
8	11	10	10	13	7	7	20	14	11	14	15	11
9	12	11	12	12	8	8	21	12	12	12	15	10
10	11	10	13	11	7	9	19	11	11	12	16	9
Среднее за год, см	11	11	12	11	7	7	21	14	12	13	15	9



**Рис. 3. График годичного прироста боковых ветвей ели обыкновенной.**

## Приложение 2



Фото 1. Участок №1



Фото 2. Участок №2



Фото 3. Участок №3



Фото 4. Участок №4

### Приложение 3

#### Карта-схема территории исследования в пределах пгт. Знаменка

