

Аннотация
обучающаяся ГБУ ЭБЦ «Следово»
Разумовой Елизаветы Васильевны
Мониторинг исследования атмосферного воздуха города Костромы с
помощью сосны обыкновенной

Атмосферный воздух является критически важной природной средой, представляющей собой смесь газов и аэрозолей, сформировавшуюся в результате эволюции Земли и человеческой деятельности. Атмосфера значительно влияет на человека, биоту, гидросферу, почвенно-растительный покров, геологическую среду, а также на здания и другие техногенные объекты. В связи с этим охрана атмосферного воздуха и озонового слоя становится приоритетной экологической задачей, на которую обращается внимание во всех развитых странах.

В городе Кострома функционируют промышленные предприятия, такие как ЛПК, ТЭЦ и "СВЕЗА", чьи промышленные отходы наносят вред окружающей среде, способствуя загрязнению воздуха. Дополнительно, большое количество загрязняющих веществ поступает в атмосферу от автомобильного транспорта.

Целью данного проекта является проведение мониторинга состояния атмосферного воздуха в Костроме с использованием сосны обыкновенной в качестве биоиндикатора.

Задачи проекта включают в себя: выбор ключевых участков для мониторинга загрязнения атмосферы, сбор материала для исследования — хвои сосны, анализ полученных результатов, характеристику уровня загрязнения воздуха в городе, а также выводы о возможных причинах загрязнения. Полученные данные смогут помочь в оценке воздействия промышленных и транспортных выбросов на качество атмосферного воздуха Костромы.

Государственное бюджетное учреждение дополнительного образования
Эколого-биологического центра «Следово» им. Ю.П. Карвацкого

**МОНИТОРИНГ ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
ГОРОДА КОСТРОМЫ С ПОМОЩЬЮ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ**

Исследовательская работа

Разумовой Елизаветы Васильевны

Ученица 10 класса

обучающаяся ГБУ ЭБЦ «Следово»

Научный руководитель -

Пантелеев Дмитрий Владимирович,
педагог дополнительного образования

Эколого-биологического центра

«Следово»

г. Кострома, 2025 год

Содержание

1. Основная часть	5
1.1. Климатические условия в Костроме	5
1.2. Ветровой режим	6
1.3. Влажность.....	6
1.4. Характеристика структуры почвенного покрова.....	7
1.5. Сосна обыкновенная: описание и особенности.....	8
2.Методика исследований	11
2.1. Выбор участков исследования в г. Кострома	11
2.2. Методика работы.....	14
2.3. Определили продолжительность жизни хвои.....	18
Вывод	20
Список используемой литературы	21

Введение

Атмосферный воздух является самой важной жизнеобеспечивающей природной средой и представляет собой смесь газов и аэрозолей приземного слоя атмосферы, сложившуюся в ходе эволюции Земли, деятельности человека и находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений.

Атмосфера оказывает интенсивное воздействие не только на человека и биоту, но и на гидросферу, почвенно-растительный покров, геологическую среду, здания, сооружения и другие техногенные объекты. Поэтому охрана атмосферного воздуха и озонового слоя является наиболее приоритетной проблемой экологии и ей уделяется пристальное внимание во всех развитых странах.

Проблема: в городе Кострома работают промышленные предприятия:

ЛПК, ТЭЦ, "СВЕЗА" промышленные отходы которых оказывают негативное влияние на окружающую среду, вызывают загрязнение природных объектов в частности воздуха. А так же большое количество загрязнений поступает в атмосферу от автомобилей.

Цель проекта: провести мониторинг состояния атмосферного воздуха в городе Кострома через использование сосны обыкновенной в качестве биоиндикатора.

Задачи проекта

1. Выбрать ключевые участки для мониторинга загрязнения атмосферы.
2. Собрать материал для исследования (хвоя сосны)
3. Провести анализ полученных результатов.
4. Дать характеристику уровня загрязнения воздуха в городе.
5. Сделать выводы о возможных причинах загрязнения

1. Основная часть

1.1. Климатические условия в Костроме

Климатические условия в Костроме являются классическим образцом Среднерусской полосы. Лето начинается в конце мая и держится до августа. Средняя температура составляет $+22^{\circ}$. Однако в последние 3 года климат заметно потеплел, и все чаще летом многим северным жителям здесь бывает горячо. Иногда температура выше $+30^{\circ}$ стоит неделями, изматывая морально и физически неподготовленные к такому экстриму организмы костромичей. Зима традиционно холодная, с большим количеством снега, который покрывает высокими сугробами дворы и главные улицы города, ежегодно побеждая службу ЖКХ в неравной борьбе. Зима стоит с середины ноября по середину марта со средней температурой -10° . Однако и морозы присутствуют, как же без них. Столбик термометра опускается от -25 до -30° регулярно. Повышенная влажность от Волги усугубляет проблему, но к морозам костромичи все же более привыкшие. С точки зрения экологии Кострому можно назвать благополучным местом, каких осталось немного. Костромская область признана одной из 10 самых экологически безопасных зон на территории России. Однако это вряд ли можно отнести к заслугам местных властей. Скорей это результат деградации постсоветской промышленности. Плюс огромный природный резерв в виде лесных массивов (которые еще не успели разбазарить), системы малых рек и озер, покрывающих всю территорию области.

На территории Костромы, помимо привычных каждому городу ТЭЦ, основным источником загрязнения является фанерный комбинат «Фанплит». Большинство остальных промышленных предприятий и заводов благополучно прекратили свое существование и давно сданы в аренду.

Основной удар по экологии города принимает на себя река Волга, регулярно получая «дозу» в виде сточных вод. Но этой мелочью можно пренебречь, учитывая, что в Костроме Волга уже до краев накачана отходами производств расположенного выше по течению Ярославля.

Вывод из этого простой: кому небезразлично здоровье, купаться в Волге не стоит, несмотря на наличие 2 городских пляжей и радужные отчеты городской СЭС.

1.2. Ветровой режим

средний почасовой вектор ветра (скорость и направление) на большой площади на высоте 10 метров над землей. Ветер, испытываемый в любом конкретном месте, в значительной степени зависит от местной топографии и других факторов, а мгновенная скорость и направление ветра различаются в более широких пределах, чем среднечасовые значения.

В Кострома средняя почасовая скорость ветра испытывает умеренные сезонные колебания в течение года.

Более ветреная часть года длится 6,9 месяца, с 5 октября по 1 мая, со средней скоростью ветра более 10,1 километра в час. Самый ветренный месяц в году в Кострома - февраль со среднечасовой скоростью ветра 12,3 километра в час.

Более спокойное время года длится 5,1 месяца, с 1 мая по 5 октября. Самый спокойный месяц в году в Кострома - июль со среднечасовой скоростью ветра 8,0 километра в час.

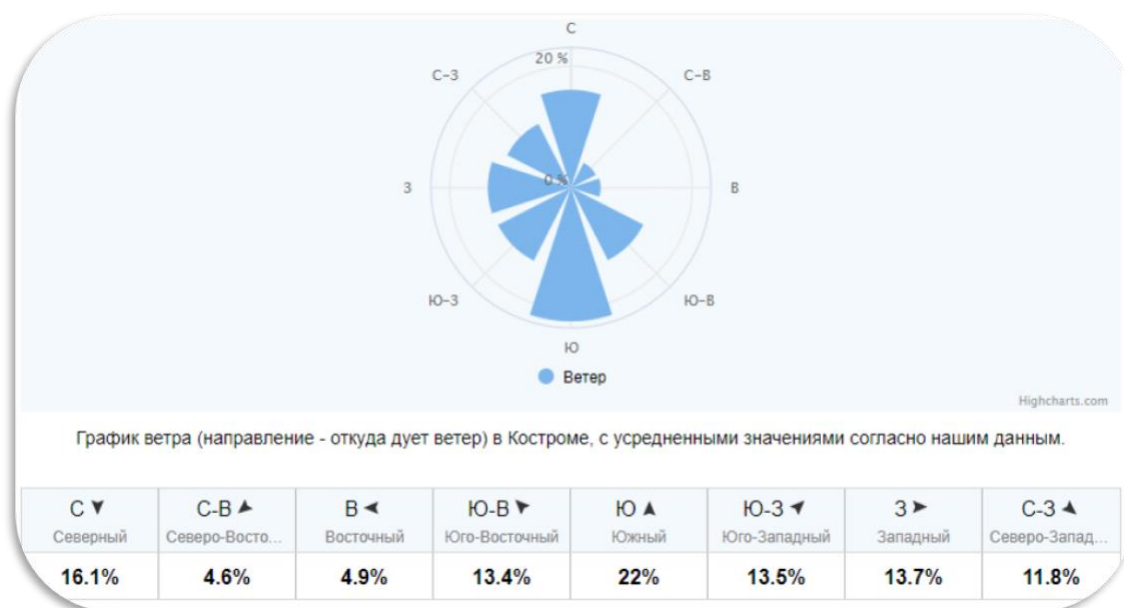


Рисунок 1 – Роза ветров в городе Кострома

1.3. Влажность.

Мы основываем уровень влажностного комфорта на точке росы, поскольку она определяет, будет ли с кожи испаряться пот, охлаждая тело. Более низкая точка росы создает ощущение большей сухости, а более высокая - большей влажности. В отличие от температуры, которая обычно значительно варьируется между днем и ночью, точка росы имеет тенденцию меняться медленнее, поэтому, хотя ночью температура может снижаться, сырой день обычно сменяется сырой ночью.

Вероятность того, что заданный день будет сырым в Кострома в основном не меняется на протяжении лета, оставаясь все время в пределах 7 % из 9 %.

Наибольшая вероятность сырого дня летом - 16 % 10 июля. Для справки: 10 июля, в самый сырой день года, сырость ощущается 16 % времени, а 1 января, в наименее сырой день года, сыро 0 % времени.

1.4. Характеристика структуры почвенного покрова.

По составу и качеству почва в городе Костромы и Костромской области преобладают суглинистые и тяжелосуглинистые почвы, которые легко поддаются обработке. Установили, что целлюлозолитическая активность почв, показали сильную и очень сильную активность, что является хорошим показателем превращения органических соединений почвы.

Результаты исследования уреазной активности показали, что скорость разложения мочевины: достаточно высока, что играет важную роль в превращении азотосодержащих элементов.

При паразитологическом исследовании проб почвы на наличие личинок и яиц гельминтов получены отрицательные показатели.

1.5. Сосна обыкновенная: описание и особенности

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) — это популярное хвойное дерево, принадлежащее к семейству сосновых (*Pinaceae*). Она широко распространена по всей Евразии и считается одной из наиболее ценных хвойных пород в России. Сосна может образовывать чистые лесные насаждения, а также расти в смешанных лесах с другими хвойными и лиственными деревьями.

Взрослые сосны могут достигать высоты от 25 до 40 метров, а их стволы могут иметь диаметр более метра, что делает их деревьями первой величины. На побережье Балтийского моря можно встретить особенно высокие сосны — их вершины поднимаются на 45-50 метров.

Кора сосны имеет свою индивидуальность: в нижней части она толстая, серо-коричневая, с чешуйчатыми трещинами, а в верхней части — оранжево-красная. Хвоя сосны сизо-зеленая, плотная и изогнутая, собирается по 2 иголочки в пучки, длиной 4-7 см. Хвоинки остаются на дереве 2-3 года, а в более холодных регионах — значительно дольше. Чтобы защититься от зимних холодов, сосна образует на иголках слой воска и закрывает устьица, что позволяет сохранить влагу.

Ветвление у сосны обыкновенной происходит по одномутовчатой системе, где ветви растут на одном уровне, добавляя по одному ярусу каждый год. Это позволяет легко определить возраст дерева, однако стоит учитывать, что в первые годы жизни ветки не образуются, поэтому к количеству ярусов добавляют 5-6 лет. Сосна размножается в основном семенами, черенками не проходит.

Одной из особенностей сосны обыкновенной является ее высокая адаптивность: она может расти как на песчаных, так и на болотистых почвах и предпочитает солнечные места. Сосна обычно живет 200-250 лет, в отдельных случаях достигая 400 лет. Ее прямые, стройные стволы и ароматная смола придают лесам особую атмосферу.

Не стоит забывать, что сосна — это не только привычное нам дерево. Она относится к древнейшим растениям на Земле. Ученые выяснили, что самое старое известное дерево находится в Швеции и также является сосной, его возраст составляет почти 10 тысяч лет. Эти удивительные деревья продолжают удивлять своим долголетием и красотой.

Сосна на латыни называется "Pinus". Эти деревья часто встречаются на скалистых обрывах и крутых склонах, что, возможно, связано с кельтским словом "pin", означающим "скала". Существует также древнегреческая легенда, которая объясняет происхождение этого названия. В ней рассказывается о белокурой нимфе утренней зари по имени Питис (или Пития), которая влюбилась в веселого бога Пана, сына Гермеса и дочери Дриопа. Однако ревность Борея, бога холодного ветра, была сильнее, и он превратил Питис в сосну, высокое вечнозеленое дерево, которое и получило название Pinus. Изображения Пана часто показывают его с сосновым венком на голове.

Сосновые леса обладают особой атмосферой. В таких местах воздух чистый и лёгкий, что подтверждается наличием фитонцидов — целебных веществ, которые убивают микробы и предотвращают болезни. Сосна считается одним из самых "доброжелательных" деревьев, благодаря своим уникальным свойствам.

Природная среда претерпевает большие изменения под влиянием деятельности человека. Растения являются важным элементом биологического мониторинга, так как чутко реагируют на состояние природной среды. Поэтому исследователи рассматривают растения как наиболее чувствительные и надёжные индикаторы загрязнённости атмосферы. Отрицательно воздействуют на растения практически все выбросы, но особенно: окислы серы, частицы тяжёлых металлов, соединения фтора, углеводороды, окись углерода, содержащаяся в выхлопных газах автомобилей. Растения рано стареют, редет и уродуется их крона, преждевременно желтеют и опадают листья и хвоя. По мнению Артамонова

В.И. индикатором загрязнённости атмосферы может служить сосна обыкновенная. В нормальных условиях хвоя сосны опадает через 3-4 года, а поблизости от источников загрязнения атмосферы – значительно раньше. Особенно чутко реагирует сосна на загрязнения сернистым газом. Под его влиянием хвоя сосны в зонах сильного загрязнения приобретает тёмно-красную окраску, затем отмирает и опадает, просуществовав всего год.

Чувствительность сосны обыкновенной к длительному загрязнению воздуха (по Артамонову В.И.).	SO ₂ Очень чувствительная	NH ₃ чувствительная	HCl, Cl ₂ Очень чувствительная	NO ₂ чувствительная
---	---	---------------------------------------	--	---------------------------------------

У сосны периодическое воздействие окислов азота и серы вызывает опадание хвои, которая сохраняется лишь на побегах последнего года (Илькун Г.М., 1971). Фитоиндикация важна не только специалистам, каждый человек должен знать окружающий его растительный мир, уметь пользоваться этим уникальным зеркалом природы.

2.Методика исследований

2.1. Выбор участков исследования в г. Кострома

В городе Кострома было проведено исследование, целью которого стало изучение экологического состояния различных зеленых зон, находящихся на разном расстоянии от потенциальных источников загрязнения. Для этой цели были выбраны три разные локации, каждая из которых обладала уникальными характеристиками и уровнем удаленности от промышленных объектов, что способствовало более глубокому анализу воздействия на экосистему.

Первым объектом исследования стал Городской Парк «Победы», расположенный на расстоянии 800 метров от промышленного объекта, известного как МАТЕА, который занимается производством изделий из нержавеющей стали. С данной локацией связано множество интересных аспектов, так как парк славится своей живописной природой и разнообразием флоры и фауны. Это место стало популярным среди жителей города, которые приходят сюда на свежий воздух, занимаются спортом и отдыхают с семьей. Тем не менее, удаленность от промышленного предприятия оставляет свой след на экологии парка. В рамках исследования были проанализированы основные показатели, такие как уровень загрязненности воздуха, состояние почвы и здоровье растительности. Эти данные позволили более точно оценить, как промышленное воздействие сказывается на экосистеме парка.



Рисунок 2 – Парк Победы

Вторым участком для исследования стал Городской Парк «Берендеевка», который находится ближе к промышленному объекту — всего в 900 метрах от предприятия «Alswa», занимающегося производством кожаных сумок. Этот парк отличается благоустроенными аллеями и зонами для активного отдыха, что делает его популярным местом для горожан. Однако близость к источнику загрязнения предполагает, что уровень загрязнения воздуха и почвы здесь может быть выше, чем в Парке «Победы». Исследование также сосредоточилось на анализе качества воздуха и его возможного воздействия на здоровье посетителей, а также на оценке разнообразия и состояния растительности в этом парке.



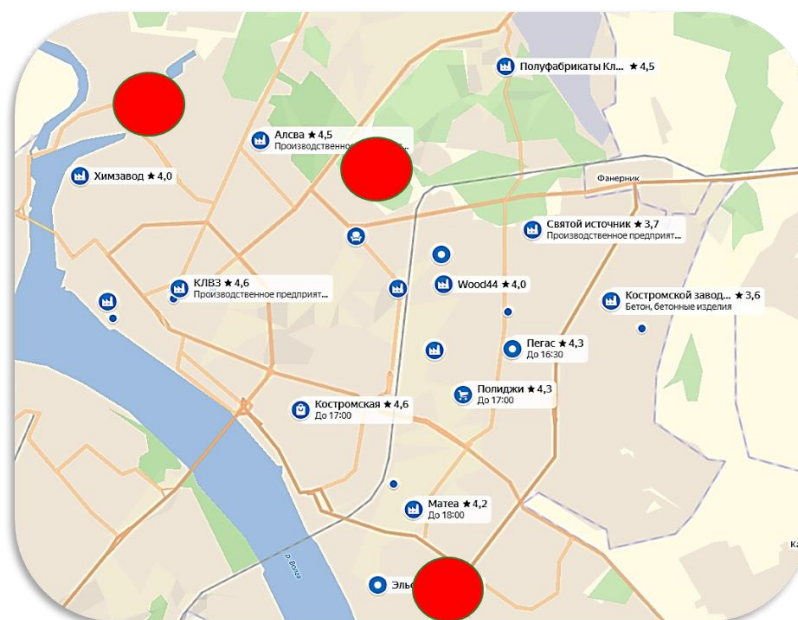
Рисунок 3 - Парк Берендеевка

Для полноты картины и возможности сравнения данных, в исследование был включен также сосновый бор на окраине города. Этот участок служил контрольной зоной, так как не подвергался влиянию промышленных объектов. Исследование в сосновом бору способствовало созданию эталона для оценки состояния экосистемы, поскольку предоставило представление о естественном состоянии окружающей среды без антропогенного воздействия. В контрольной зоне были проведены аналогичные исследования, что позволило создать базу для сопоставления с показателями, полученными в Парке «Победы» и Парке «Берендеевка». Такой подход

обеспечил комплексное охватывание темы и позволил выявить реальное состояние экологического здоровья каждого из участков исследования.



Рисунок 4 – Сосновый бор (ул.Боровая)



 - Точки проведения исследования

Рисунок 5 – Карта схема заводов и проведения исследования

2.2. Методика работы

Определили состояние хвои сосны.

1) Выявили степень повреждения хвои.

С ветвей 10 деревьев отобрали побеги одинаковой длины. С них собрали всю хвою и визуально проанализировали её состояние. Степень повреждения хвои определяли по изменению окраски, в том числе наличию хлоротичных пятен, некротических точек, некрозов и т.д.

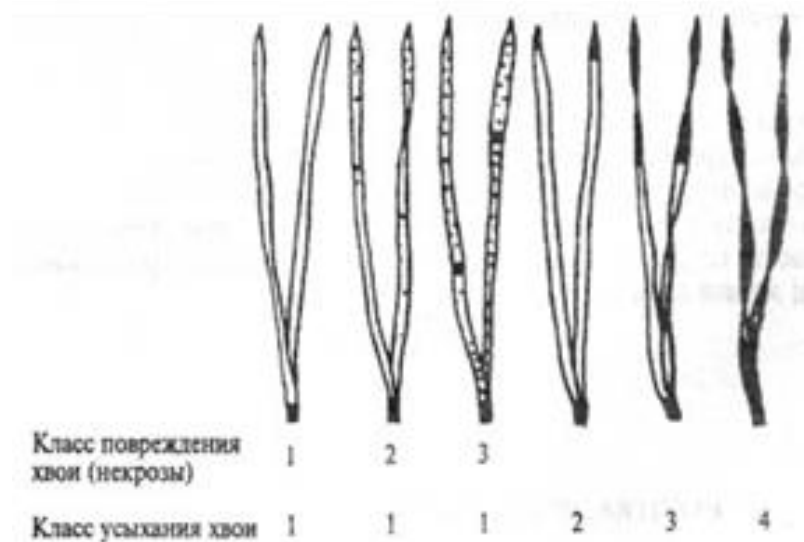


Рисунок 6 - Класс повреждения и усыхания хвои

Класс повреждения хвои:

1 – хвоинки без пятен,

2 – хвоинки с небольшим числом пятен,

3 – хвоинки с большим числом чёрных и жёлтых пятен, некоторые из них крупные, во всю ширину хвоинки.

Класс усыхания хвои:

1 – нет сухих участков,

2 – усох кончик 2-5 мм,

3 – усохла треть хвоинки,

4 – вся хвоинка жёлтая или более половины её длины сухая.



Рисунок 7-8 сбор хвои сосны в исследуемых точках



Рисунок 9 – проведение работы по выявлению повреждения хвои сосны

2) Результаты учетов были занесены в таблицу, и повторный учет проводился в следующем периодов (осень, зима, весна, лето).

Зима январь 2024

	Здоровые	Пятнистые	Усыхающие
Уч. №1 Парк победы	67%	16%	17%
Уч. №2 Парк Берендеевка	70%	18%	13%
Уч. №3 Сосновый бор (ул. Боровая)	74%	19%	7%

Весна апрель 2024

	Здоровые	Пятнистые	Усыхающие
Уч. №1 Парк победы	65%	18%	17%
Уч. №2 Парк Берендеевка	66%	17%	17%
Уч. №3 Сосновый бор (ул. Боровая)	73%	15%	14%

Лето июль 2024

	Здоровые	Пятнистые	Усыхающие
Уч. №1 Парк победы	64%	20%	16%
Уч. №2 Парк Берендеевка	63%	18%	19%
Уч. №3 Сосновый бор (ул. Боровая)	72%	15%	13%

Осень октябрь 2024

	Здоровые	Пятнистые	Усыхающие
Уч. №1 Парк победы	66%	14%	18%
Уч. №2 Парк Берендеевка	68%	14%	18%
Уч. №3 Сосновый бор (ул. Боровая)	74%	17%	9%

Таблица 1-4 - состояние хвои сосны по периодам

Исходя из данных этих таблиц сделаем следующие выводы:

1. В течение исследуемых зимнего, весеннего, летнего и осеннего периодов 2024 года состояние сосен остается в целом стабильным, с небольшими колебаниями в процентах здоровых деревьев.

2. Динамика состояния:

Зимой 2024 года, наибольший процент здоровых деревьев наблюдался в сосновом бору на ул. Боровая (74%), что свидетельствует о благоприятной экологии данной территории.

Весной 2024 года наблюдается небольшое снижение процента здоровых сосен во всех парках. Тем не менее, данные остаются достаточно высокими, особенно в сосновом бору (73%).

3. Летние изменения:

Летом 2024 года процент здоровых деревьев продолжает немного снижаться: в Парке Победы — 64%, в Парке Берендеева — 63%. Однако сосновый бор остается наиболее здоровым с 72%.

Усыхание деревьев увеличилось в Парке Берендеева и достигло 19%.

4. Осенние тенденции:

Осень 2024 года показывает небольшое восстановление процента здоровых деревьев в Парке Победы (66%) и Парке Берендеева (68%), в то время как сосновый бор сохраняет высокие показатели (74%).

Усыхающих хвои сосен в сосновом бору снижено до 9%, что является позитивным знаком.

5. Влияние экологических факторов: наблюдаемые изменения могут быть связаны с экологическими условиями и воздействием атмосферных факторов в разные сезоны. Показатели похоже свидетельствуют о необходимости мониторинга состояния ландшафтов и возможных экологических угроз.

2.3. Определили продолжительность жизни хвои.

1) Провели визуальную оценку побегов сосны. Количество учетных деревьев – по 10 на каждом участке. Продолжительность жизни хвои установили путём просмотра побегов с хвоей по мутовкам (мутовка - расположение ветвей (кольцом) по окружности дерева). Обследовали верхушечную часть ствола за последние годы – каждая мутовка, считая сверху, это год жизни.

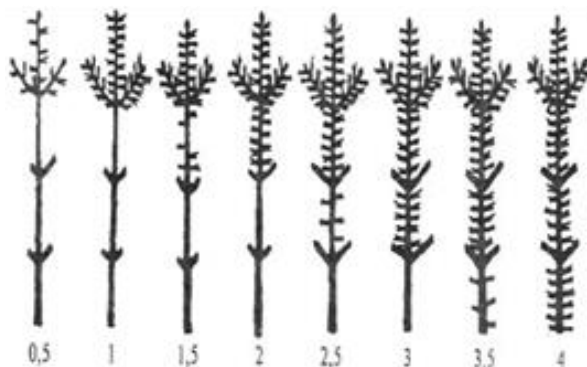


Рис.10. Определения продолжительности жизни хвои сосны

2) Результаты определений оформили в виде таблицы.

Зима 2024

	с возрастом хвои 3- 4 года	с возрастом хвои 2- 3 года	хвоя только текущего года
Уч. №1 Парк победы	50%	50%	0%
Уч. №2 Парк Берендеевка	60%	30%	10%
Уч. №3 Сосновый бор (ул. Боровая)	70%	20%	10%

Лето 2024

	с возрастом хвои 3-4 года	с возрастом хвои 2- 3 года	хвоя только текущего года
Уч. №1 Парк победы	60%	40%	0%
Уч. №2 Парк Берендеевка	60%	30%	10%
Уч. №3 Сосновый бор (ул. Боровая)	70%	30%	0%

Таблица 5-6 продолжительность жизни хвои

Рассчитали индекс продолжительности жизни хвои (Q) по формуле

$$Q = \frac{3B_1 + 2B_2 + B_3}{B_1 + B_2 + B_3};$$

Рисунок 11 – формула продолжительности жизни хвои

Где B₁, B₂, B₃ – количество деревьев с продолжительностью жизни хвои соответственно 1, 2 и 3 года.

Следовательно, чем выше индекс Q, тем больше продолжительность жизни хвои сосны (чище воздух)

	Зима	Лето
Парк Победы	2.5	2.6
Парк Берендеевка	2.4	2.4
Сосновый бор	2.5	2.7

Таблица 7 - индекс продолжительности жизни хвои

Из полученных результатов можно сделать вывод, что качество атмосферного воздуха в городе Костроме в зимний и летний сезоны остается относительно стабильным.

1. Сравнение сезонов:

В Парке Победы отмечается небольшое увеличение показателя с 2.5 зимой до 2.6 летом, что может свидетельствовать о легком улучшении качества воздуха в теплый сезон.

- В Парке Берендеевка показатель качества воздуха не изменился и остался на уровне 2.4 как зимой, так и летом, что указывает на стабильные условия в данной местности.

Сосновый бор демонстрирует наибольшее улучшение, с 2.5 зимой до 2.7 летом, что указывает на возможное влияние растительности или других факторов на улучшение качества воздуха в это время года.

В целом, наблюдается умеренное улучшение качества атмосферного воздуха в исследуемых зонах, что может быть связано с увеличением активности растений и улучшением фотосинтетических процессов в летний период.

Таким образом, результаты исследования показывают положительную динамику в состоянии атмосферного воздуха, особенно в Сосновом бору, что может быть полезной информацией для дальнейшего мониторинга и разработки мероприятий по охране окружающей среды.

Вывод

В результате проведенного мониторинга состояния атмосферного воздуха в городе Кострома с использованием сосны обыкновенной в качестве биоиндикатора были получены положительные результаты. Исследование показало стабильную динамику состояния атмосферного воздуха на исследуемых объектах, что свидетельствует о благоприятной экологической ситуации на исследованных территориях города Костромы.

Состояние сосен в городе Костроме, в целом, можно считать устойчивым, хотя и с некоторыми сезонными колебаниями, что требует внимания и подтверждения данного факта. Важно продолжать наблюдение за состоянием хвои сосен и анализировать возможные факторы, влияющие на их состояние, чтобы своевременно реагировать на изменения в экосистеме.

Систематический мониторинг позволит не только выявлять потенциальные угрозы, но и вырабатывать стратегии для стабилизации и улучшения качества атмосферного воздуха в городе.

Список используемой литературы

1. Аргунова М.В., Моргун Д.В., Плюснина Т.А., Речкалова Н.И. Экологический мониторинг. Методические рекомендации для учителей к курсу «Экология Москвы и устойчивое развитие».- М.: Центр «Школьная книга», 2008.-144с.
2. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем/под ред. Шуберта Р.- М.: Мир, 1988.-350с.
3. Климатические условия города Кострома <https://nesiditsa.ru/city/kostroma>
4. Роза ветров города Кострома <https://world-weather.ru/archive/russia/kostroma>