

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ЭКОЛОГИИ  
РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП - 2019 ГОД  
10 КЛАСС

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР**

Таблица заполняется жюри

№ задания	Балл	Проверил	Балл	Проверил	Итого
1	1	Новиков	1	Novikov	1
2	4	Новиков	4	Novikov	4
3	3	Новиков	3	Novikov	3
4	5	Новиков	5	Novikov	5
5	2	Новиков	2	Novikov	2
6	4	Новиков	4	Novikov	4
7	3	Новиков	3	Novikov	3
8	3	Новиков	3	Novikov	3
9	5	Новиков	5	Novikov	5
10	1	Новиков	1	Novikov	1
11	4	Новиков	4	Novikov	4
12	2	Новиков	2	Novikov	2
13	3	Новиков	3	Novikov	3
14	4	Новиков	4	Novikov	4
15	3	Новиков	3	Novikov	3
16	5	Новиков	5	Novikov	5

52

ШИФР				
9	1	0	1	7

Уважаемый участник! Перед выполнением конкурсной работы заполните аккуратно и разборчиво, без помарок и зачёркиваний



**Внимание!**

Оценивание работ конкурсантов производится **ЦЕЛЫМИ** числами. Дробные числа для оценивания работ как теоретического, так и проектного туров **НЕ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ**.

Максимальное количество баллов за сообщение - 18

Всего количество баллов за проектный тур - 38

ФИО Радеева Мария

Территория, ОО: г. Солнечногорск, МАОУ "Техназия №1"

Название работы: Состояние березы поварской как показателя качества атмосферного воздуха в северной части города Солнечногорска

**шкала оценки сообщений**

Показатели		Градации	Баллы
выступление	1. Соответствие сообщения заявленной теме, цели и задачам проекта	соответствует полностью	2
		есть несоответствия (отступления)	1
		в основном не соответствует	0
	2. Структурированность (организация) сообщения, которая обеспечивает понимание его содержания	структурировано, обеспечивает	2
		структурировано, не обеспечивает	1
		не структурировано, не обеспечивает	0
	3. Культура выступления - чтение с листа или рассказ, обращенный к аудитории	рассказ без обращения к тексту	2
		рассказ с обращением к тексту	1
		чтение с листа	0
	4. Доступность сообщения о содержании проекта, его целях, задачах, методах и результатах	доступно без уточняющих	2
		доступно с уточняющими вопросами	1
		недоступно с уточняющими	0
	5. Целесообразность, инструментальность наглядности, уровень её использования	целесообразна	2
		целесообразность сомнительна	1
		не целесообразна	0
	6. Соблюдение временного регламента сообщения (не более 7 минут)	соблюден (не превышен)	2
		превышение без замечания	1
		превышение с замечанием	0
дискуссия	7. Чёткость и полнота ответов на дополнительные вопросы по существу сообщения	все ответы чёткие, полные	2
		некоторые ответы нечёткие	1
		все ответы нечёткие/неполные	0
	8. Владение специальной терминологией по теме проекта, использованной в сообщении	владеет свободно	2
		иногда был неточен, ошибался	1
		не владеет	0
	9. Культура дискуссии - умение понять собеседника и аргументировано ответить на его вопросы	ответил на все вопросы	2
		ответил на большую часть вопросов	1
		не ответил на большую часть вопросов	0

13

Всего баллов: 30

Проверил:

Солф - /Овсенов С.А./

Новиков



Внимание! Оценивание работ конкурсантов производится ЦЕЛЫМИ числами. Дробные числа для оценивания работ как теоретического, так и проектного туров НЕ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ.

Максимальное количество баллов за рукопись проекта - 20

<i>шкала оценки рукописи проекта</i>		
<i>Показатели</i>	<i>Градации Баллы ^</i>	
1. <i>Обоснованность и актуальность темы проекта - целесообразность аргументов, подтверждающих актуальность темы проекта</i>	обоснована; аргументы целесообразны	(2)
	обоснована; целесообразна часть	1
	не обоснована, аргументы отсутствуют	0
2. <i>Конкретность, ясность формулировки цели, задач, а также их соответствие теме проекта</i>	конкретны, ясны, соответствуют	(2)
	неконкретны, неясны или не соответствуют	1
	цель и задачи не поставлены	0
	явно нецелесообразна или отсутствует	0
3. <i>Теоретическая значимость обзора - представлена и обоснована модель объекта, показаны её недостатки</i>	модель полная и обоснованная	(2)
	модель неполная и слабо обоснованная	1
	модель объекта отсутствует	0
4. <i>Значимость работы для оценки возможного экологического риска в рассматриваемой области</i>	приведена оценка экологического риска	2
	оценка экологического риска частична	(1)
	нет оценки экологического риска	0
5. <i>Значимость работы для снижения возможного экологического риска в рассматриваемой области</i>	предлагаются мероприятия для снижения	2
	снижение риска рассматриваются фрагментарно	(1)
	снижение риска не рассматривается	0
6. <i>Обоснованность методик доказана логически и/или ссылкой на авторитеты и/или приведением фактов</i>	применение методик обосновано	(2)
	методики обоснованы не достаточно	1
	методики не обоснованы	0
7. <i>Наглядность (многообразие способов) представления результатов - графики, гистограммы, схемы, фото</i>	использованы все возможные способы	(2)
	использована часть способов	1
	использован только один способ	0
8. <i>Дискуссионность (полемичность) обсуждения полученных результатов с разных точек зрения, позиций</i>	приводятся и обсуждаются разные позиции	2
	разные позиции приводятся без обсуждения	(1)
	приводится и обсуждается одна позиция	0
9. <i>Соответствие содержания выводов содержанию цели и задач</i>	соответствуют; гипотеза оценивается	(2)
	частично; гипотеза только упоминается	1
	не соответствуют; гипотеза не оценивается	0
10. <i>Оформление рукописи (введение, лит. обзор, материалы и методы, результаты, обсуждение, выводы, литература)</i>	грамотно структурирована ( все разделы)	(2)
	имеются не все разделы, неуд.список лит-	1
	оформлена небрежно	0

17

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ЭКОЛОГИИ**  
**РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП - 2019 ГОД**  
**10 КЛАСС**

**Задание 1**

Ответьте на вопрос. За ответ от 0 до 2 баллов. Всего за задание 2 балла.

В 20-м столетии экологию начали рассматривать, как отдельную науку. Цель экологии состоит в том, чтобы уделить внимание экологическим проблемам современности, взаимодействуя с организациями с экр. средой, более широко заниматься в изучении этой науки.

Балл:	1 / 1	Проверил:	Новосилов Алексей
-------	-------	-----------	-------------------

**Задание 2**

Ответьте на вопросы. За ответ от 0 до 2 баллов. Всего за задание 4 балла.

1. Прикладная экология - это наука, которая ищет пути решения проблем, возникших из-за деятельности человека.
2. Антропогенные факторы влияют на карманную работу экосистемы, атмосфера загрязнена различными химическими веществами, из-за которых могут произойти необратимые изменения экосистемы, а так же и ситуации.

Балл:	4 / 4	Проверил:	Новосилов Алексей
-------	-------	-----------	-------------------



**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ЭКОЛОГИИ**  
**РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП - 2019 ГОД**  
**10 КЛАСС**

**Задание 3**

Ответьте на вопросы. За ответ от 0 до 2 баллов. Всего за задание 4 балла.

1.	Условия, которые созданы в определенной экосистеме полностью удовлетворяют потребности видов, которые проживают на этой территории, поэтому и перенаселения экосистемы не наблюдается.
2.	Человек создает искусственные экосистемы, воздействуя на них различными факторами. Благодаря современным технологиям человек может выводить различные виды организмов. Это всё зависит от величины численности определенных видов.
Балл:	33
Проверил:	Молошилов Теев

**Задание 4**

Приведите два положения. За положение от 0 до 2 баллов. Ответьте на вопрос. За ответ от 0 до 2 баллов. Всего за задание 6 баллов.

1.	Если водоем, в котором проживают ракообразные дорзукен, то их хабры прижимаются к корпусу тела и не открываются. Это сделано для того, чтобы дорзукенная вода не попала в полость тела. Когда длина светового дня становится короче птицы
2.	улетают на юг.
3.	Да, могут, так как каждый организм адаптируется под те условия, в которых он находится, у всех потребности индивидуальны.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ЭКОЛОГИИ  
РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП - 2019 ГОД  
10 КЛАСС

3.

Балл:	5	Проверил:	Новосилов Алексей
-------	---	-----------	-------------------

**Задание 5**  
Ответьте на вопросы. За ответ от 0 до 2 баллов. Всего за задание 4 балла.

1.	При увеличении численности появляется возможность большего видового разнообразия, территорию, которую занимает данный вид увеличивают, но так же особей мужского пола становится больше, а значит конкурентов, тоже больше.
2.	При снижении численности видовое разнообразие уменьшается, становится мало особей мужского и женского пола, это приводит к уменьшению потомства, что влечёт за собой расширение данного вида.

Балл:	2	Проверил:	Новосилов Алексей
-------	---	-----------	-------------------

**Задание 6**  
Ответьте на вопросы. За ответ от 0 до 2 баллов. Всего за задание 6 баллов.

1.	Одним из самых значительных сдвигов в природе является таяние ледников.



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ЭКОЛОГИИ  
РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП - 2019 ГОД  
10 КЛАСС

2. Человек активно развивает промышленность. Промышленные предприятия выбрасывают в атмосферу вещества, отрицательно воздействующие на экосистему. Это в свою очередь повлияло на снижение озонового слоя, => образовался парниковый эффект.

3. На международном экологическом съезде было принято решение о разработке решения этой проблемы. И удалось уладить на время приостановить эти процессы.

Балл: 4 Проверил: Новосильцев

Задание 7

Ответьте на вопросы. За ответ от 0 до 2 баллов. Всего за задание 4 балла.

1. Преимущество более узкой экологической ниши заключается в том, что они занимают не большую территорию. Узкие ниши имеют большое значение в экосистеме, ведь с ними связано повышение узкие, а потому из них чаще образуются широкие ниши.

2. Преимущество более широкой ниши состоит в том, что у них больше видового разнообразия, => различных видов больше, а значит занимают большие территории.

Балл: 3 Проверил: Новосильцев

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ЭКОЛОГИИ  
РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП - 2019 ГОД  
10 КЛАСС

**Задание 8**

Ответьте на вопрос. За вариант от 0 до 2 баллов. Всего за задание 4 балла.

1.	Близкие виды могут проживать на одной территории, и абсолютно комфортно существовать себя, находясь друг с другом. Так же появляется возможность большего видового разнообразия.
2.	А, с другой стороны, один более сильный вид может вытеснить другой, считая его своим конкурентом.

Балл:	3	Проверил:	Нолошилов Алексей
-------	---	-----------	-------------------

**Задание 9**

Ответьте на вопрос и приведите три условия. За ответ на вопрос и каждое положение от 0 до 2 баллов. Всего за задание 8 баллов.

1.	Искусственно созданных особей можно выпустить в естественную среду, ведь они привыкли к тому, что все делают за них: пища всегда есть, конкуренции нет, более сильные соперники отсутствуют.
2.	Перед тем как выпустить животное в экосистему, нужно внимательно подумать готово ли животное определенного вида к естественной жизни, изучить местность где будет обитать.



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ЭКОЛОГИИ  
РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП - 2019 ГОД  
10 КЛАСС

3. Некоторое время наблюдать за животными, как он адаптируется в не привычной для себя обстановке. Для этого ученик создает специальные шейки с датчиком, с помощью которого следят за животными.
4. Перед тем как выпускать в дикую природу провести небольшие испытания, оценив на сколько он готов к самостоятельной жизни.

Балл: 5 Проверил: Новоселов Алексей

Задание 10

Ответьте на вопросы. За ответ от 0 до 2 баллов. Всего за задание 4 балла.

1. В более ранних этапах эволюции эти живые организмы были одними из первых простейших организмов, вышедших на сушу. А в ходе эволюции стали появляться более сложные виды.
2. В более поздних этапах эволюции такие живые организмы стали не так уж и важны, появились организмы со сложным строением. Эти организмы начали использовать простейших для пищи, благодаря этому получали энергию.

Балл: 1 Проверил: Новоселов Алексей

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ЭКОЛОГИИ  
РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП - 2019 ГОД  
10 КЛАСС

Задание 11

Ответьте на вопрос. Отметьте три положения. За положение от 0 до 2 баллов.  
Всего за задание 6 баллов.

1.	На дне болота находится торф, он образуется благодаря различным разложившимся органическим веществам. Когда болота высыхают, то торф при наименьшем контакте с светом начинает гореть. Впоследствии может сгореть весь лес.
2.	Так же, когда торф загорается, то выделяется хитиновый дым, который заполняет всё пространство. Это очень вредно для живых организмов, ведь все живое дышит, а значит подвергнет за собой отравление.
3.	Болота - это важная среда существования, если они будут высыхать, то леса не смогут восстанавливаться.

Балл:	4	Проверил:	Новосилов	Гусев
-------	---	-----------	-----------	-------

Задание 12

Ответьте на вопрос. За ответ от 0 до 2 баллов. Всего за задание 2 балла.

1.	Белый медведь и тигр являются хищниками, $\Rightarrow$ если на обитаемой ими территории есть пища, то это и есть показатель состояния экосистемы, в которых они проживают.
----	--

Балл:	2	Проверил:	Новосилов	Гусев
-------	---	-----------	-----------	-------



**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ЭКОЛОГИИ**  
**РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП - 2019 ГОД**  
**10 КЛАСС**

**Задание 13**

Приведите два положения. За положение от 0 до 2 баллов. Всего за задание 4 балла.

1.	Если двигаться от низших широт к высшим, то биоразнообразие видов будет увеличиваться. На это влияют различные факторы. Это происходит из-за того, что в более теплом климате есть пища, не надо тратить энергию на обогрев своего тела.
2.	Так же если сравнить их между собой, то можно увидеть как виды приспособиваются к климату, в котором проживают. Сюда на север количества уменьшаются, а тело увеличивается.

Балл:	3	Проверил:	Новиков <i>Novikov</i>	<i>Бесс</i>
-------	---	-----------	---------------------------	-------------

**Задание 14**

Приведите два положения. За положение от 0 до 2 баллов. Ответьте на вопрос. За ответ от 0 до 2 баллов. Всего за задание 6 баллов.

1.	Я думаю, что это вызвано оптимальными условиями для жизнедеятельности различных видов. И климат, и температура, и все остальные факторы идеально подходят для условий проживания видов.
2.	Люди стали искусственно выводить в популяции особей мужского и женского пола. Поэтому численность популяций растет, $\Rightarrow$ уровень биологического разнообразия увеличивается.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ЭКОЛОГИИ  
РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП - 2019 ГОД  
10 КЛАСС

3. Потому что мало пищи, которой бы могли питаться животные, условия для проживания суровые, => там низкое биоразнообразие.

Балл: 4/4 Проверил: Новосильцев [подпись]

Задание 15

Ответьте на вопросы. За ответ от 0 до 2 баллов. Всего за задание 4 балла.

- 1. Современный мир - это мир технологий. Современное общество не задумывалось о последствиях, которые стоят за технологиями. Многие страны восточнее развивают различные отрасли промышленности, всё это приводит к экологическому состоянию городов.
- 2. Безусловно можно избежать экологического кризиса. Если проводить различные экологические акции и своевременно думать о последствиях, то можно его избежать.

Балл: 3/3 Проверил: Новосильцев [подпись]



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ЭКОЛОГИИ  
РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП - 2019 ГОД  
10 КЛАСС

**Задание 16**

Приведите три положения. За положение от 0 до 2 баллов. Всего за задание 6 баллов.

1.	Развитые государства стали уже проблемой всего человечества и поэтому страны помогают друг другу, выделяя средства на сохранение природного разнообразия.
2.	Многие страны являются партнерами, поэтому развивая промышленность, так же думают и о последствиях, которые повлечет за собой эта отрасль.
3.	Экологические проблемы важны для всей нации, т.к. мы все проживаем на Земле, и если нам не обзавестись, то это повлечет за собой необратимые последствия.

Балл:

5

Проверил:

Новосильс



Управление образования администрации города Соликамска Пермского края  
Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
«Гимназия №1»

Региональный этап Всероссийской олимпиады школьников по экологии

**Состояние березы повислой как показатель качества  
атмосферного воздуха в северной части  
города Соликамска**

Исполнитель: Фадеева Мария,  
обучающаяся 10 класса  
МАОУ «Гимназия №1»

Руководитель: Белик Маргарита  
Ивановна, учитель биологии высшей  
квалификационной категории,  
Заслуженный учитель РФ

Научный консультант: Агафонова  
Галина Виленовна, к. с.-х.н., доцент  
кафедры ландшафтного  
строительства УГЛУ

Соликамск, 2019



## Оглавление

Введение .....	3
Глава 1. Роль соединений серы в загрязнении атмосферного воздуха.....	7
1.1. Загрязнение атмосферы диоксидом серы .....	7
1.2. Влияние диоксида серы на растения .....	8
1.3. Накопление сульфат - ионов в коре деревьев.....	10
1.4. Методика исследования.....	11
Глава 2. Результаты исследования.....	15
2.1. Условия проведения эксперимента .....	15
2.2. Результаты исследования березы повислой .....	16
Выводы .....	20
Заключение.....	21
Библиографический список.....	22
Приложение.....	25

## Введение

Атмосфера Земли выполняет многочисленные функции. Она служит средой обитания и источником необходимых веществ для организмов, обеспечивает и регулирует круговорот веществ и энергии между Землей и космическим пространством. Одновременно воздушный бассейн служит средой, в которую выбрасываются отходы разнообразных производств и транспортных средств.

Город Соликамск Пермского края относится к числу городов, обладающих мощным промышленным потенциалом. Промышленность – ведущая, градообразующая отрасль хозяйственного комплекса города. В промышленности города доминируют предприятия следующих отраслей: химической – ПАО «Уралкалий», целлюлозно-бумажной – АО «Соликамскбумпром», цветной металлургии – АО «Соликамский магниевый завод», предприятие ВПК – ФГУП «Соликамский завод «Урал», имеются предприятия лесозаготовительной и деревообрабатывающей, пищевой, полиграфической отрасли и производство строительных материалов [13].

Промышленные предприятия выбрасывают в атмосферу вещества, отличающиеся сложным химическим составом и степенью отрицательного воздействия на организмы. В их состав входят остаточные продукты горения органических веществ, термического и химического состава перерабатываемых материалов, механического дробления. В составе атмосферных загрязнителей преобладают газы. Среди них наиболее вредными являются окись углерода, окислы серы и азота, углеводороды, различные смолистые вещества.

Одним из загрязняющих атмосферу веществ является  $\text{SO}_2$  – оксид серы четыре или диоксид серы, сернистый газ. Антропогенное загрязнение среды соединениями серы вызывает изменения во всех компонентах экосистем, в том числе и фитоценозе.

Известно, что зеленые насаждения способны поглощать многие



вещества и выполнять роль живых фильтров. Растения в городе можно назвать и своеобразными «пылесосами», так как они во многих случаях очень эффективно очищают воздух от пыли, особенно летом [10].

Целлюлозно-бумажная промышленность относится к ведущим отраслям народного хозяйства, так как Россия, в том числе и Пермский край, располагает огромными лесосырьевыми ресурсами. Кроме того, велика потребность в продукции этой отрасли как в России, так и за рубежом, и это определяет большой объем выпускаемой продукции. С другой стороны, чем больше отрасль, тем сильнее ее воздействие на окружающую среду.

Отрицательное влияние загрязнений атмосферы на почвенно-растительный покров связано как с выпадением кислотных атмосферных осадков, вымывающих кальций, гумус и микроэлементы из почв, так и с нарушением процессов фотосинтеза, приводящих к замедлению роста и гибели растений. Высокая чувствительность деревьев (особенно березы, дуба) к загрязнению воздуха выявлена давно [12].

В соответствии с вышесказанным актуальность проблемы качества атмосферы как в глобальном масштабе, так и в рамках отдельно взятого региона не вызывает никакого сомнения. Содержит ли атмосферный воздух в городе Соликамске избыточное количество диоксида серы или данное вещество не вызывает загрязнения? В ответе на данный вопрос заключается актуальность нашей работы.

Все вышесказанное обусловило выбор темы исследования – «Состояние березы повислой как показатель качества атмосферного воздуха в северной части города Соликамска».

**Проблема исследования:** каково качество атмосферного воздуха города Соликамска.

**Объект исследования** – атмосферный воздух.

**Предмет исследования** – состояние березы повислой как показатель содержания диоксида серы и твердых частиц в атмосферном воздухе города.

**Цель работы:** получение объективных данных о качестве атмосферного воздуха северной части города Соликамска.

**Задачи:**

- 1) провести критический анализ информационных источников о роли соединений серы в загрязнении атмосферного воздуха, влиянии на растения;
- 2) подобрать и реализовать методики исследования по обнаружению диоксида серы, твердых частиц в атмосферном воздухе северной части города;
- 3) провести опытно-экспериментальную работу по сравнению биометрических показателей березы повислой (*Bétula péndula*), обнаружению сульфатов в коре берез, растущих в северной части города Соликамска;
- 4) определить степень загрязнения атмосферного воздуха взвешенными твердыми частицами;
- 5) дать сравнительный анализ и заключение о степени загрязнения атмосферного воздуха и его влиянием на рост и развитие березы повислой.

**Рабочая гипотеза:** мы предполагаем, что существует прямая зависимость между состоянием березы повислой и уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

Для решения поставленных задач и проверки гипотезы были использованы следующие методы: теоретические (анализ, синтез литературных источников), эмпирические (наблюдение, сравнение, опыт, фотографирование).

**Значимость работы** для оценки возможного экологического риска обусловлена получением опытных данных биометрических показателей березы повислой (*Bétula péndula*), концентрации сульфатов в коре деревьев, по содержанию которых можно выявить степень загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы, содержания взвешенных твердых частиц в атмосферном воздухе.



## Глава 1. Роль соединений серы в загрязнении атмосферного воздуха

### 1.1. Загрязнение атмосферы диоксидом серы

Основными источниками загрязнения атмосферы в городе является автотранспорт и деятельность промышленных предприятий. В составе выхлопных газов автомобиля содержится около 300 вредных веществ. Одним из загрязняющих веществ является  $\text{SO}_2$  – оксид серы (IV) или диоксид серы, сернистый газ.

В соответствии с данными многочисленных научных и учебных изданий одним из загрязняющих атмосферу веществом является оксид серы (IV) или диоксид серы, сернистый газ [5, 6, 8].

Оксид серы (IV)  $\text{SO}_2$  – бесцветный, ядовитый газ, с резким запахом, тяжелее воздуха, хорошо растворим в воде.

Это вредное вещество выделяется в окружающую среду главным образом при сжигании топлива, содержащего серу : каменного угля, кокса, горючих сланцев, сернистой нефти. Во всём мире по выбросам сернистых соединений в атмосферу на первом месте стоит металлургическая промышленность и предприятия по производству серной кислоты и переработке нефти. В результате деятельности человека в атмосферу Земли попадает ежегодно около 60-70 миллионов тонн серы в виде оксида серы четыре [6]. Сравнение естественных и антропогенных источников серы и её различных соединений в атмосфере показывает, что человек в результате своей деятельности загрязняет атмосферу Земли этими соединениями в 2 раза больше, чем это происходит в природе естественным путём. В ряду основных загрязнителей атмосферы диоксид серы находится на одном из первых мест. Токсическое действие диоксида серы на человека весьма многообразно. В первую очередь, оно связано с раздражением верхних дыхательных путей, что при длительном воздействии даже малых концентраций приводит к возникновению бронхитов и других заболеваний органов дыхания.

Предельно допустимые концентрации  $\text{SO}_2$  для растений -  $0,02 \text{ мг/дм}^3$ , для человека -  $0,5 \text{ мг/дм}^3$ . Сжигание угля и нефтепродуктов приводит к образованию оксидов серы ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ). Далее происходит: окисление  $\text{SO}_2$  с образованием  $\text{SO}_3$ , захват  $\text{SO}_3$  частицами дождя, растворение  $\text{SO}_3$  в воде, образование серной кислоты. Кислотные дожди воздействуют на ткани растений, вымывают вещества из листьев, хвоинок, подкисляют почвы, водоемы. Кора деревьев активно и пассивно аккумулирует эти вещества в количествах, достаточных для определения их химическим методом. Таким образом, изучив содержание сульфатов в коре деревьев, можно выявить степень загрязнения атмосферного воздуха  $\text{SO}_2$ .

Качественная реакция на сульфат-анионы:

$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4$  (белый осадок, нерастворимый в кислотах) +  $2\text{NaCl}$  [1].

Наиболее чувствительными к газам и к дыму являются ель обыкновенная, пихта, липа мелколистная, ясень обыкновенный, клен остролистный, береза повислая, рябина обыкновенная, каштан конский [7].

## 1.2. Влияние диоксида серы на растения

Среди серосодержащих техногенных эмиссий наиболее фитотоксичной является двуокись серы. Установлено, что  $\text{SO}_2$  является сильнодействующим ассимиляционным ядом. В тоже время  $\text{SO}_2$  является местным ядом, повреждающим только те участки мезофилла листа, в которые он проник, существенно не затрагивая жизнедеятельность соседних участков [8]. Растений, абсолютно устойчивых к сернистому газу, как и к другим вредным промышленным отходам, практически нет. Растения, у которых участки повреждений составляют до 20% общей площади листьев, относят к слабоповреждаемым. У среднеповреждаемых видов повреждения составляют до 50 %, а у сильноповреждаемых - свыше 50 %.



Сера как микроэлемент необходима для нормального роста растений, и присутствие  $\text{SO}_2$  может оказывать влияние и на усвоение серы. Растения потребляют серу в восстановленном состоянии. Промежуточными соединениями при восстановлении сульфатов являются сульфиты.

Различают 2 группы повреждений, связанных с действием  $\text{SO}_2$ . Одни из них – видимые, выражающиеся в деформации, пятнистости и некрозах ассимиляционных органов. Другие – скрытые, которые проявляются в снижении продуктивности за счет ингибирования фотосинтеза, изменении метаболизма, увеличении восприимчивости к болезням и вредителям, ускорении старения растений.

Диоксид серы, прежде всего, воздействует на замыкающие клетки эпидермиса листьев растений, которые регулируют открывание устьиц. Степень их открытия в начальный период является основным параметром, определяющим интенсивность воздействия загрязнителя. Даже при очень малых концентрациях диоксид серы способен оказывать стимулирующее действие, в результате которого устьица остаются постоянно открытыми. В тоже время при высоких концентрациях диоксида серы устьица закрываются. Кроме того, в случае высокой влажности устьица открываются, в случае низкой – закрываются [6].

Попав в межклеточное пространство листа, загрязняющее вещество вступает в контакт с мембраной, окружающей клетку. При повреждении целостности мембраны нарушается внутриклеточный транспорт веществ и баланс поступления ионов. Попав в клетку, диоксид серы взаимодействует с митохондриями и хлоропластами, в том числе и с их мембранами, что может привести к весьма серьезным последствиям.

Сернистый ангидрид в воздухе постепенно окисляется до серного и растворяется в воде, образуя мельчайшие капельки серной кислоты, повреждающей листья.

Механизм фитотоксического действия заключается в неспецифическом нарушении деятельности многих ферментов вследствие подкисления

цитоплазмы и нарушения ионного режима. Могут наблюдаться нарушения метаболизма органических соединений, фотосинтетических структур, также происходит накопление балластных токсических продуктов, транспортных путей миграции энергии от хлоропластов к центрам их использования, появляются автокаталитические цепные реакции свободнорадикального и фотодинамического окисления [5]. Токсичность сернистого газа значительно увеличивается в присутствии других загрязнителей - окислов азота и озона.

Сернистый газ абсорбируется на поверхности растения, в основном на его листьях, и является причиной морфологических повреждений. Обычно поражаются края листовой поверхности, а центральные зоны листа, примыкающие к осевой и главным боковым жилкам, остаются здоровыми. Также появляются пятна на участках между жилками и краях листа. Потом они приобретают желтый и красно-оранжевый цвет и отмирают. При длительном воздействии сернистого газа подавляется рост растений, в некоторых случаях отмирают верхушки побегов.

Последствия воздействия диоксида серы: обожженные листья после газовой атаки не опадают сразу же, а продолжают оставаться в кроне. Однако продолжительность их жизни заметно сокращается, и они опадают на 4-6 недель раньше по сравнению со здоровыми листьями. При остром поражении (более  $2 \text{ мг/м}^3$ ) уже через 1-2 часа происходит побурение и гибель листьев, чаще отдельных их участков в виде пятнышек с четко очерченной границей между живыми и отмершими клетками и тканями. При слабом поражении (менее  $0,5 \text{ мг/м}^3$ ) и длительном действии диоксида серы листья обесцвечиваются [9].

### **1.3. Накопление сульфат - ионов в коре деревьев**

Древесная кора - комплекс клеток и тканей, располагающихся с внешней стороны от камбия и выполняющих защитную и проводящую функции. В ходе антропогенного загрязнения среды соединениями серы изменяются все



компоненты экосистем, в том числе и растения. В частности, сульфаты могут накапливаться в коре деревьев в количествах, достаточных для определения их химическим методом. Таким образом, изучив содержание сульфатов в коре деревьев, можно выявить степень загрязнения атмосферного воздуха  $SO_2$  [1].

Стоит отметить, что использование коры в качестве объекта исследования имеет ряд преимуществ перед некоторыми другими методами биоиндикации. Например, высокие индикационные свойства лишайников ограничиваются возможностью их использования - в районах интенсивного загрязнения эти растения как наиболее чувствительные исчезают первыми. К тому же лишайники благодаря особенностям своего роста и строения медленно реагируют на изменение среды. Время реагирования лишайников оценивается в несколько лет.

Кора деревьев как фитоиндикатор обладает большими способностями к самоочищению и поэтому быстрее реагирует на изменение химического состава атмосферного воздуха (время мониторинга - несколько недель). Это свойство обуславливает достаточно устойчивое равновесие концентрации загрязняющих веществ в её пористой части с их содержанием в атмосферном воздухе.

Физиологические и морфологические свойства строения ствола являются сдерживающим фактором проникновения веществ древесины в пористую часть коры. Этот индикатор мало контактирует с почвенным покровом и более всего подвержен влиянию атмосферного, загрязнения.

#### **1.4. Методика исследования**

##### Методика изучения березы повислой (*Bétula péndula*)

Методика разработана на основе рекомендаций доцента кафедры ландшафтного строительства УГЛТУ Агафоновой Г. В.

Пять площадок, предназначенных для замера биометрических данных берёзы повислой, расположены на аллее, вдоль магистрали на улице Черняховского. На каждой площадке произрастает двадцать растений.

У каждого дерева мерной вилкой измерялся диаметр на высоте 1,3 м в сантиметрах и, глазомерно, высота двухметровыми отрезками в метрах. Данные заносились в таблицу (таблица 1), образец которой приведён ниже.

Таблица 1. Морфофизиологические параметры берёзы повислой (Приложение 1)

Номер дерева	Диаметр, см	Высота, м	Образец коры	Расстояние между деревьями, см
1	10	6	+	250
2	9,5	7	-	175

Данные измерений по площадкам обрабатывались в редакторе EXEL в описательной статистике «Анализа данных».

В результате мы получили следующие показатели выборок: среднее арифметическое, эксцесс, асимметрия, точность опыта, коэффициент вариации, которые были проанализированы в дальнейшем.

#### Методика определения загрязнения воздуха по содержанию сульфатов в коре деревьев

Использована методика Александровой В.П. [1]. В основе методики лежит качественная реакция на сульфат-анионы –  $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4$  (белый мелкокристаллический осадок, нерастворимый в кислотах).

1. Отбор проб производится с деревьев одного вида и возраста. Образцы коры, очищенной от пыли и лишайников, состругиваются толщиной 2-3 мм на высоте 1,0-1,5 м от уровня земли.

2. Отобранную кору высушивают и измельчают в кофемолке.

3. Навеску коры массой 2 г залить 20 мл дистиллированной воды, размешать и оставить на сутки (стаканчики накрыть стеклом).

4. Содержимое стаканчика перелить в колбу. Остатки коры смыть из стаканчика 20 мл дистиллированной воды в ту же колбу. Добавить 3 капли



соляной кислоты, заткнуть пробкой и взбалтывать в течение минуты. Вытяжку отфильтровать.

5. Приготовить шкалу стандартов, то есть образцовых растворов известной концентрации сульфат-ионов (раствор  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ): 2мг/л, 4мг/л, 6мг/л, 8мг/л, 10мг/л в колбах по 50 мл из стандартного раствора (100мг  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  на 1 литр  $\text{H}_2\text{O}$ ).

6. В каждую колбу добавить по 2 мл 5% раствора хлорида бария и взболтать. Для получения 5% раствора хлорида бария 5г  $\text{BaCl}_2$  растворить в 100 мл дистиллированной воды. Различная степень помутнения растворов будет свидетельствовать о разных концентрациях  $\text{SO}_4^{2-}$  в них.

Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица 2. Определение сульфатов в коре деревьев

№ п/п	№ пробы	№ мерной колбы	Мг/л	Мг/кг	примечание
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

7. Для анализа в мерную колбу объемом 50 мл налить 5 мл вытяжки коры, немного разбавить дистиллированной водой, затем добавить 2 мл  $\text{BaCl}_2$  и довести содержание колбы до метки дистиллированной водой. Взболтать и сравнить со шкалой. Так определяется предел концентраций, в котором находится исследуемая проба. Для получения данных в международной системе единиц (мг/кг) результаты нужно умножить на 200.

Предельно допустимые концентрации  $\text{SO}_2$  для растений – 0.02 мг/л, для человека – 0,5 мг/л [1].

#### Методика определения содержания взвешенных твердых частиц

Универсальный прибор для экологического контроля обеспечивает получение быстрых и точных показаний содержания твердых частиц, массовую концентрацию, содержания формальдегида и угарного газа в

окружающей среде, измеряет температуру воздуха и относительную влажность, а также температуру поверхности.

После включения питания можно воспользоваться кнопкой  $\Delta$ , чтобы выбрать режим, затем нажать кнопку ENTER для входа в режим измерения концентрации взвешенных твердых частиц и приступить к измерению. На экране прибора отображается также температура и относительная влажность воздуха. Следует нажать кнопку RUN/STOP для определения концентрации твердых частиц, по окончании установленного времени измерение автоматически прекращается и полученные данные сохраняются. Также можно нажать кнопку RUN/STOP, чтобы остановить измерение до завершения времени измерения.

Частицы содержатся в воздушной пыли или дыму. Они в основном присутствуют в отработанных газах двигателя, образуются в процессе работы электростанций, в печах для сжигания мусора и др. Частицы, размер которых не превышает 2,5 мкм, обозначаются как PM 2.5. Они меньше размера человеческих клеток, накапливаются в организме, попадая напрямую в легкие и кровь, что наносит серьезный вред здоровью.

Согласно нормативам, установленным в Российской Федерации для частиц размером менее 2,5 мкм (PM 2.5) ПДК среднесуточная составляет  $35 \text{ мкг/м}^3$  (ГН 2.1.6.1338-03 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест"). В соответствии с новыми стандартами качество воздуха с учетом среднего содержания мелкодисперсных частиц в течение 24 часов оценивается следующим образом:

Таблица 3. Стандарты качества воздуха с учетом содержания мелкодисперсных частиц

Состояние воздуха	Среднесуточное содержание частиц PM 2.5, мкг/м <sup>3</sup>
Хорошее	0-35
Среднее	35-75
Слабо загрязненное	75-150
Средне загрязненное	150-200
Высоко загрязненное	200-300
Сильно загрязненное	>300



## Глава 2. Результаты исследования

### 2.1. Условия проведения эксперимента

Экологическая ситуация в городе Соликамске неблагоприятная, особенно неудовлетворительно положение очистных промышленных стоков, отличающихся высокой токсичностью. Из 11 очистных сооружений лишь 5 обеспечивают нормальную очистку. Высокой загрязненностью характеризуется и состояние атмосферы, на которое влияют различные факторы: загрязнение водных объектов вследствие превышения предельно-допустимых концентраций и установленных нормативов сброса загрязняющих веществ промышленными предприятиями; накопление на городских территориях сотен миллионов тонн промышленных отходов, размещение их в непосредственной близости от водных объектов, низкая степень использования отходов и отсутствие мероприятий, направленных на поиск и внедрение прогрессивных малоотходных технологий на промышленных предприятиях и др.

Исследования проводились в окрестностях АО «Соликамскбумпром» с сентября по декабрь 2018 года. Предметом исследования нами была выбрана берёза повислая, самое распространённое растение на территории предприятия.

Берёза повислая малотребовательна к внешней среде и может расти в самых разнообразных условиях, она быстро осваивает освободившиеся площади. Этот вид распространен по всей европейской части России и за Уралом до реки Обь.

На аллее, вблизи АО «Соликамскбумпром», было выбрано пять площадок, деревья с которых мы исследовали. В целом было исследовано 100 деревьев.

## 2.2. Результаты исследования березы повислой

С пяти площадок, расположенных на аллее, вдоль магистрали на улице Черняховского, проведены замеры биометрических данных берёзы повислой (Приложение 1). Результаты измерения высоты, диаметра и расположения березы повислой представлены в таблице 3 (Приложение 2).

Данные измерений по площадкам обрабатывались методами математической статистики в редакторе EXCEL в описательной статистике «Анализа данных».

В результате мы получили следующие показатели выборок: среднее арифметическое, медиана, эксцесс, асимметрия, точность опыта, коэффициент вариации, которые представлены в таблице 4 [3].

Таблица 4. Анализ биометрических данных березы повислой

Статистические показатели	Участок 1		Участок 2		Участок 3		Участок 4		Участок 5	
	Высота на 1,3м	Диаметр	Высота на 1,3м	Диаметр	Высота на 1,3м	Диаметр	Высота на 1,3м	Диаметр	Высота на 1,3м	Диаметр
Среднее	11,1	6,8	12,5	5,3	11	5,9	11,6	7,1	9,8	5,6
Медиана	11	6,4	13	5	11,25	6	12	7	9,5	5,5
Стандартная ошибка	0,27	0,36	0,33	0,17	0,28	0,18	0,37	0,10	0,62	0,23
Стандартное отклонение $\sigma$	1,20	1,60	1,49	0,76	1,26	0,79	1,66	0,46	2,76	1,01
Дисперсия выборки $\sigma^2$	1,43	2,55	2,22	0,58	1,59	0,63	2,74	0,21	7,62	1,02
Эксцесс	0,40	0,05	0,06	-0,95	0,47	-1,32	0,19	-0,35	-0,34	0,38
Асимметричность	0,83	0,54	-0,07	0,22	-0,27	-0,07	-0,46	-0,68	0,45	-0,82
Минимум	9,50	4,00	10,00	4,00	8,50	4,50	8,00	6,00	5,50	3,50
Максимум	14,00	10,00	15,50	6,50	13,50	7,00	14,50	7,50	15,50	7,00
Уровень надежности (95,0%)	0,56	0,75	0,70	0,36	0,56	0,37	0,78	0,21	1,29	0,47
Коэффициент вариации %	10,79	23,59	11,95	14,42	10,68	13,49	14,31	6,47	28,16	18,00
Точность опыта %	2,41	5,27	2,67	3,22	2,39	3,02	3,20	1,45	6,30	4,02



На основании анализа измерения исследуемых берёз можно сделать следующие выводы: на втором участке прослеживается наибольший средний показатель высоты деревьев 12,5 м, наименьший средний показатель высоты мы можем увидеть на 5 участке - 10 м. Также были выявлены средние показатели диаметра деревьев: наибольший показатель равен 7 (на четвёртом участке), наименьший равен 5 см (на втором участке). Также посчитана медиана - такое число выборки, при котором ровно половина из элементов выборки больше него, а другая половина меньше него. Медианные значения близки к среднему, что говорит о том, что распределения значений диаметра и высоты близки к нормальному распределению.

Значения эксцесса указывает на то, что данные выборки по выбранным участкам относятся к одной совокупности, и, следовательно, реагируют на антропогенную нагрузку единообразно. Наибольший эксцесс высоты берёзы повислой прослеживается на втором участке и равен 0,06, а наименьший эксцесс можно увидеть на пятом участке, он равен -0,34. Наибольший эксцесс диаметра деревьев равен 0,05 (второй участок). А наименьший эксцесс прослеживается на третьем участке и равен -1,32.

Асимметрия – это мера отклонения от симметричного их распределения относительно максимальной ординаты. На первом и пятом участках положительная асимметрия высоты деревьев, следовательно, здесь больше высокорослых деревьев относительно среднего значения, на остальных отрицательная асимметрия, и, значит, на них больше низкорослых деревьев по сравнению со средним.

На первом и втором участках асимметрия диаметра положительная, т.е. здесь больше более «толстых» деревьев. Коэффициент вариации позволяет сравнивать степень варьирования размеров высоты и диаметра. На пятом участке прослеживается наибольший коэффициент вариации высоты, равный 28,16 %, наименьший коэффициент мы можем наблюдать на первом участке, показатель равен 10,79%. Также можно проследить наибольший

коэффициент вариации диаметра деревьев на первом участке, который равен 23,59%, а наименьший коэффициент вариации на третьем участке, равный 13,49 %.

Показатель точности опыта выражает величину ошибки средней величины в процентах от самой средней. Точность опыта по всем данным близка к 5%, что говорит о достаточной точности проведённых измерений.

Результаты определения сульфатов в коре берёзы повислой представлены в таблице 5.

Таблица 5. Определение сульфатов в коре деревьев

№ п/п	№ пробы	№ мерной колбы	Мг/л	Мг/кг	Примечание
1.	1	10	6	1200	Средний показатель содержания сульфатов в коре берёзы
2.	2	9	10	2000	
3.	3	2	2	400	Наибольшее количество сульфатов, свидетельствует тому, что воздух загрязнен
4.	4	7	4	800	Этот образец самый прозрачный, содержание сульфатов в коре берёзы наименьшее
5.	5	4	8	1600	Содержания сульфатов в коре берёзы превышает наименьший показатель в 2 раза
					Превышает средний показатель содержания сульфатов в коре берёзы

Концентрация сульфат - ионов в коре деревьев на исследуемой аллее в целом варьирует от 400 Мг/кг на 3 участке до 2000 мг/кг на 2 (Приложение 3). Это говорит о высоком содержании оксида серы в атмосферном воздухе. Кора деревьев активно и пассивно аккумулирует эти вещества в количествах, достаточных для определения их химическим методом. Таким образом, изучив содержание сульфатов в коре деревьев, мы выявили степень загрязнения атмосферного воздуха SO<sub>2</sub>. Наиболее загрязненным участком является участок под номером 2, большое количество сульфатов в коре деревьев, свидетельствует тому, что воздух наиболее загрязнен.

Результаты определения содержания взвешенных твердых частиц представлены в таблице 6.



Таблица 6. Определение концентрации взвешенных твердых частиц, мкг/м<sup>3</sup>

Номер участка	Меньше 2,5мкм	Состояние воздуха (PM 2.5)	2,5-5,0мкм	5-10мкм
1	179	Средне загрязненное	79	16
2	843	Сильно загрязненное	330	38
3	159	Средне загрязненное	47	12
4	143	Слабо загрязненное	33	9
5	218	Высоко загрязненное	72	17

Частицы, размер которых не превышает 2,5мкм меньше размера человеческих клеток, накапливаются в организме, попадая напрямую в легкие и кровь, что наносит серьезный вред здоровью. Наличие твердых частиц в воздухе может спровоцировать сердечнососудистые и легочные заболевания. В воздухе города присутствуют как грубые, так и тонкие частицы, однако процентное содержание частиц этих двух видов может в значительной мере изменяться в зависимости от метеорологических условий и специфики источников твердых частиц. Крупные частицы возникают в результате механических процессов, имеющих место, например, в строительстве, в результате распыления дорожной поверхности и в результате переноса частиц ветром, а более мелкие частицы появляются, главным образом, как продукт сгорания. Частицы размером менее 2,5 мкм в основном представлены мельчайшими кусочкам сажи, асфальта и автомобильных покрышек, частицами минеральных солей (сульфаты, нитраты), соединениями тяжелых металлов (в основном оксиды). Биологические загрязнители (некоторые аллергены и микроорганизмы) тоже относятся к PM2.5. На всех участках количество взвешенных частиц размером менее 2,5 мкм превышает ПДК. Второй участок самый неблагоприятный, так как обладает максимальным содержанием взвешенных частиц, состояние воздуха оценивается как сильно загрязненное (Приложение 4). К слабозагрязненным относится лишь участок под номером 4.

## Заключение

Рост городов, развитие промышленности и автотранспорта в них являются причиной повышенного загрязнения окружающей среды. Несмотря на то, что многими авторами растения рассматриваются одним из факторов улучшения городской среды, следует признать, что высокая степень загрязнения, присущая урбанизированным территориям, приводит к ослаблению растительности, преждевременному старению, снижению продуктивности, поражению болезнями, вредителями и гибели насаждений.

Кора деревьев активно и пассивно аккумулирует загрязняющие вещества. Содержание сульфатов в коре березы повислой показывает наибольшую степень загрязнения атмосферного воздуха  $SO_2$  на втором участке. На данном участке также наблюдается наибольшая концентрация взвешенных твердых частиц. Так же на 2 участке выявлен наименьший диаметр ствола у деревьев при высоком росте. Диаметр ствола – наиболее важный фактор, влияющий на продуктивность деревьев. Чем лучше условия произрастания, тем больше диаметр. Анализ полученных данных и статистическая обработка результатов позволили установить зависимость между состоянием березы повислой и экологическими условиями произрастания. Установлена тенденция ухудшение жизненного состояния с ухудшением показателя качества среды.

Таким образом, полученные нами экспериментальные данные свидетельствуют, что в северной части г. Соликамска, в условиях комплексного загрязнения атмосферного воздуха, а также повышенного содержания выхлопных газов автотранспорта вдоль дорог наблюдается ослабление древесных растений, что выражается в ухудшении морфометрических характеристик побегов.



## Библиографический список

1. Александрова В.П., А.Н. Гусейнов, Е.А. Нифантьева, И.В. Бологова, И.А. Шапошникова. Изучаем экологию города на примере московского столичного региона (пособие учителю по организации практических занятий) [Текст]. – М.: Издательство Бином, 2009.– 400 с.
2. Алексеев С.В. Экология: Учебное пособие для учащихся 10-11 классов общеобразовательных учреждений разных видов [Текст]. – СПб.: СМИО Пресс, 1997. – 320 с.
3. Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике [Текст]. - М.: Наука, 1984. - 424с.
4. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем /Под ред. Р. Шуберга. [Текст]. – М.: Мир, 1988. — 248 с.
5. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения [Текст]. – Киев: Наукова думка, 1978. – 246 с.
6. Калверт С. Защита атмосферы от промышленных загрязнений / С Калверт, Г. Инглунд. [Текст]. – М.: Металлургия, 1988. – 286 с.
7. Мансурова С.Е., Кокуева Г.Н. Следим за окружающей средой нашего города: 9–11кл.: Школьный практикум [Текст].– М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. –112с.
8. Сергейчик, С.А. Древесные растения и оптимизация промышленной среды [Текст]. – Минск: Наука и техника, 1984. – 168 с.
9. Павлов, И.Н. Глобальные изменения среды обитания древесных растений. Монография [Текст]. – Красноярск: СибГТУ, 2003. – 156 с.
10. Репина Н.Н Экологический мониторинг парков и скверов. Экологический мониторинг в школе: программы и рекомендации по проведению не прерывной экологической практики [Текст]. – Вологда, 2000.
11. Бурда А.Е.Влияние диоксида серы на растения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rusnauka.com/26\\_NII\\_2011/Biologia/9oblast/ekologicheskie-izyskaniya-g-ximki/](http://www.rusnauka.com/26_NII_2011/Biologia/9oblast/ekologicheskie-izyskaniya-g-ximki/)

## Приложение 1



Фото 1. Измерение диаметра берёзы повислой



Фото 2. Измерение показателей берёзы повислой