

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ПО ЗОЛЬНОСТИ И СОДЕРЖАНИЮ СУЛЬФАТОВ В КОРЕ И ЛИСТЬЯХ ДЕРЕВЬЕВ

Захаров А.В.

г. Заволжье, МБОУ «СШ № 19 с УИОП», 11 «Б» класс

Руководитель: Хрипунова Т.В., г. Заволжье, МБОУ «СШ № 19 с УИОП»,
учитель химии, биологии и экологии

Данная статья является реферативным изложением основной работы. Полный текст научной работы, приложения, иллюстрации и иные дополнительные материалы доступны на сайте V Международного конкурса научно-исследовательских и творческих работ учащихся «Старт в науке» по ссылке: <https://school-science.ru/5/13/35033>

Актуальность работы

При изучении степени загрязнения окружающей среды важна реакция биологических объектов на поллютанты (загрязняющие вещества). Система наблюдений за реакцией биологических объектов на воздействие загрязняющих веществ называется биологическим мониторингом. Наш город находится в развитом промышленном районе. Рядом с городом пролегает оживленная автотрасса, в городе и районе есть промышленные предприятия, у населения есть много автомобилей. Поэтому нам стало интересно посмотреть, как деревья реагируют на эти антропогенные воздействия.

Гипотеза. Антропогенное воздействие в г. Заволжье и его окружении оказывает влияние на состояние окружающей среды, что может отразиться на состоянии деревьев лиственных и хвойных пород.

Цель: определение степени загрязнения на территории г. Заволжья и его окрестностей по накоплению в органах растений тяжелых металлов, серы и других веществ, построение карты загрязнения.

Задачи:

- Оценить степень загрязнения г. Заволжья и его окрестностей с помощью определения зольности листьев, хвои и коры древесных растений;
- Оценить степень загрязнения г. Заволжья и его окрестностей с помощью исследования коры растений на содержание в ней сульфатов;
- Сравнить полученные результаты с ранее полученными данными по методу лишеноиндикации;
- Определить, какие методы являются более или менее точными, более или менее трудоемкими;
- Построить карту загрязнения г. Заволжья и его окрестностей, сравнить уровень загрязнения на выбранных территориях.

Методы, использованные при проведении исследования:

- Методы эмпирического исследования – наблюдение, эксперимент, измерение, сравнение и описание исследуемых объектов;
- Методы теоретического познания – выдвижение гипотез, предположений;
- Общелогические методы – анализ и обобщение полученных результатов, анализ документов (контент-анализ).

Объект исследования – сосна обыкновенная, береза бородавчатая, липа обыкновенная (*Tilia x vulgaris* Hayne).

Предмет исследования – биоиндикация атмосферного загрязнения по сосне обыкновенной, липе обыкновенной и березе бородавчатой.

Сроки выполнения работы: июль – ноябрь 2017 года

Этапы работы: Установочно-организационный – июнь 2017 года; выбор и обсуждение главной идеи, целей и задач будущей работы – июнь 2017 года.

- Обсуждение методических аспектов и организация работы над исследованием – июль-август 2017 года.
- Структурирование исследования и подбор необходимых материалов – сентябрь 2017 года.
- Работа над исследованием – сентябрь – ноябрь 2017 года.
- Подведение итогов, оформление результатов – декабрь 2017 года.

Презентация работы – декабрь 2017 года. Практическая значимость исследования состоит в возможности использования материалов исследования в работе с местным населением, со школьниками по пропаганде природоохранных и экологических знаний, знакомство учащихся со своим родным краем.

Новизна работы состоит в том, что эти методики еще не использовались в наших работах, мы получили новый опыт работы

по оценке состояния окружающей среды, смогли сравнить полученные результаты с ранее полученными, но другими методами.

Ожидаемые результаты: мы надеялись получить данные по состоянию окружающей среды в той местности, где мы проживаем, чтобы потом дать рекомендации для учащихся школы, учителей и населения города о том, какие меры нужно принимать для снижения уровня загрязнения городской и пригородной среды сернистыми загрязнителями, как уберечь свое здоровье от данных вредных компонентов.

Глава 1. Обзор литературы по теме исследования

Во время работы над литературой по теме исследования нам удалось узнать об использовании древесных растений в качестве биоиндикаторов состояния окружающей среды. Оказывается, что исследования, проведенные на древесных растениях, показывают накопление в органах растений тяжелых металлов, серы и других элементов. По содержанию этих элементов можно оценить экологическую обстановку в исследуемых районах. Особенно сильное накопление загрязняющих веществ наблюдается в зимний период при отсутствии жидких осадков.

Во всем мире по выбросам сернистых соединений в атмосферу на первом месте стоят металлургическая промышленность и предприятия по производству серной кислоты и переработке нефти, таким образом, в результате деятельности человека в атмосферу Земли попадает ежегодно около 60-70 млн. т. серы в виде оксида серы (IV). В составе выхлопных газов автомобиля, содержится около 300 вредных веществ. Одним из таких загрязняющих атмосферу веществом также является SO_2 , сернистый газ. Антропогенное загрязнение среды соединениями серы сопровождается изменениями во всех компонентах экосистем, в том числе и в фитобиотопе. 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 сернистым газом.

Диоксид серы оказывает на человека токсическое действие: раздражение верхних дыхательных путей, бронхиты и другие заболевания органов дыхания, снижение иммунобиологической реактивности организма. Предельно допустимые концентрации SO_2 для растений – 0,02 мг/л, для человека – 0,5 мг/л.

Схема образования и воздействия кислотных дождей:



Рис. 1. Схема образования и воздействия кислотных дождей

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 SO_2 . Качественная реакция на сульфат – анионы $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4$ (выпадает белый мелкокристаллический осадок, нерастворимый в кислотах).

Это накопление происходит как путем диффузии, так и из-за связывания тяжелых металлов или их растворимых солей в менее подвижные комплексы с белками, дубильными веществами и др. По процентному содержанию золы, в состав которой входят тяжелые металлы, можно судить об экологическом неблагополучии той или иной территории.

Ответственным моментом для построения карты загрязнения исследуемой территории является выбор растений-биоиндикаторов. Эти растения должны быть достаточно устойчивыми к загрязнителям окружающей среды, способны накапливать их в органах, быть широко распространенными. Например, в нашем районе такими наиболее рас-

пространенными деревьями в городах является береза, тополь и липа из лиственных пород, а вокруг города растут хвойные породы – ель и сосна. Наибольшее количество содержащих серу соединений скапливается в верхней трети листа, которую и нужно использовать для исследования.

Одним из методов определения сульфатов в растениях является весовой метод, основанный на превращении окислов серы в сульфаты. Он может быть использован для сравнительных исследований и построения карты загрязнения территории окислами серы.

Кора деревьев активно и пассивно аккумулирует эти вещества в количествах, достаточных для определения их химическим методом. Таким образом, изучив сульфатов в коре деревьев, можно выяснить степень загрязнения воздуха SO_2 .

Глава 2. Организация и методики исследования

Для проведения наших исследований мы воспользовались методиками, представленными в книге В.П. Александровой, А.Н. Гусейнова, Е.А. Нифантьевой, И.В. Болговой и И.А. Шапошниковой «Изучаем экологию города», а также из пособия А.И. Федоровой и А.Н. Никольской «Практикум по экологии и охране окружающей среды».

Нами были взяты следующие методики:

1. Определение накопления органического вещества в биомассе растений и в почве.

2. Определение зольности листьев, хвои, почек и коры древесных растений, как индикационного признака загрязнения воздушной среды тяжелыми металлами.

3. Накопление серы в листьях и коре древесных растений в разных условиях загрязнения среды сернистым газом

4. Определение загрязнения воздуха по содержанию сульфатов в коре деревьев.

Исследуемые объекты – сосна обыкновенная, береза бородавчатая, липа обыкновенная.

Хвойное дерево сосна обыкновенная

Ботаническое название: сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*)

Родина: Сибирь, Урал, Европа

Освещение: светолюбивая

Почва: песчаная, супесчаная

Максимальная высота: 40 м **Средняя продолжительность жизни:** 200 лет

Размножение: семенами, прививкой

Синоним – сосна лесная

Характеристика липы обыкновенной

Липа обыкновенная (*Tilia cordata* Mill) – естественный гибрид липы мелколистной и крупнолистной. Приобрела черты обеих ро-

дителей. Высота дерева достигает до 40 м в высоту. Крона густая, широкопирамидальная.

Листья крупные, простые, очередные, сердцевидной формы, острозубчатые, с вытянутой верхушкой, темно-зеленые, длиной до 8 см. Цветки желтовато-белые, мелкие, в диаметре до 1 см, ароматные, собраны в щитковидные соцветия по 3-15 штук, с плечатым прицветником.



Рис. 2. Липа обыкновенная

Плоды – небольшие шаровидные орехи диаметром до 8 мм. Созревают в сентябре. На дереве держатся до зимы, затем осыпаются. Живет дерево до 400 лет. Зимостойка. К почве не требовательна. Засухоустойчива.

Используется для озеленения улиц и создания живых изгородей. В частных садах высаживается довольно редко из-за своих чрезмерно крупных габаритов.

Береза бородавчатая

Ботаническое название: Береза бородавчатая (*Betula verrucosa*), повислая. Род Береза, семейство Березовые.

Родина березы бородавчатой: Дальний Восток.

Освещение: светолюбиво.

Почва: хорошо удобренная.

Полив: обильный.

Максимальная высота дерева: 30 м.

Средняя продолжительность жизни дерева: до 120 лет.

Посадка: семенами.



Рис. 3. Береза бородавчатая

Глава 3. Исследование загрязнения окружающей среды с помощью зольности листьев растений

Мы воспользовались методикой сухого озоления, изложенной в 1 методике. Нами было исследовано 4 экспериментальные участка:

1 Участок – лес около г. Заволжье, расположен недалеко от школы. Рядом пролегает оживленная автотрасса «Н. Новгород – Иваново» (объездная дорога).

2 Участок – парковая часть города, находится в центральной части города, рядом со всех сторон пролегают транспортные маршруты, особенно с северной и восточной стороны.

3 Участок – городская среда, проспект Мира, городская аллея, по которой пролегают маршруты городских автобусов и автотранспорта городского населения.

4 Участок – ул. Пушкина, жилой микрорайон. Рядом находятся городские дороги, недалеко находятся предприятия города (ОАО «ЗЗГТ», «Фройденберг Политекс»).

Мы взяли листья с сосен, берез и лип на данных площадках, прокалили на плитке в тиглях, предварительно взвешивая тигли и измельченные листья. Масса навесок измельченных листьев была 1 г, кроме 1 участка, где были листья березы (1,2 г). После прокаливания тигли с полученной золой взвешивались. Полученные данные мы занесли в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты по зольности листьев древесных растений на исследуемых участках.

Название растения	Масса, в г			%	
	абсолютно сухой навески с тиглем, А	тигля с золой, В	органического вещества, N	органического вещества, X	Золы, Y
1 участок, листья					
Береза	17,6	16,56	1,2	86,67	13,33
	18,0	16,95	1,2	87,50	12,50
	18,0	16,96	1,2	86,67	13,33
среднее	17,87	16,82	1,2	87,5	12,50
Сосна	17,45	16,52	1,0	93,0	7,0
	17,69	16,72	1,0	97,0	3,0
	17,91	16,97	1,0	94,0	6,0
среднее	17,68	16,74	1,0	94,67	5,33
2 участок, листья					
Береза	17,46	16,57	1,0	89,0	11,00
	17,65	16,81	1,0	84,0	16,00
	17,87	17,06	1,0	81,0	19,00
среднее	17,66	16,81	1,0	84,67	15,33
Сосна	17,47	16,49	1,0	98,0	2,0
	17,70	16,74	1,0	96,0	4,0
	17,92	16,84	1,0	98,0	2,0
среднее	17,70	16,69	1,0	97,3	2,67
3 участок, листья					
Береза	17,45	16,55	1,0	90,0	10,0
	17,63	16,73	1,0	90,0	10,0
	17,83	16,94	1,0	89,0	11,0
среднее	17,64	16,74	1,0	89,67	10,33
Липа	17,46	16,61	1,0	85,0	15,0
	17,65	16,85	1,0	80,0	20,0
	17,87	17,05	1,0	82,0	18,0
среднее	17,66	16,84	1,0	82,33	17,67
4 участок, листья					
Береза	17,46	16,55	1,0	91,0	9,0
	17,68	16,76	1,0	92,0	8,0

продолжение табл. 1					
	17,89	17,01	1,0	88,0	12,0
среднее	17,68	16,77	1,0	90,33	9,67
Сосна	17,46	16,61	1,0	85,0	15,0
	17,69	16,82	1,0	87,0	13,0
	17,89	17,05	1,0	84,0	16,0
среднее	17,68	16,83	1,0	85,33	14,67

Процент органического вещества

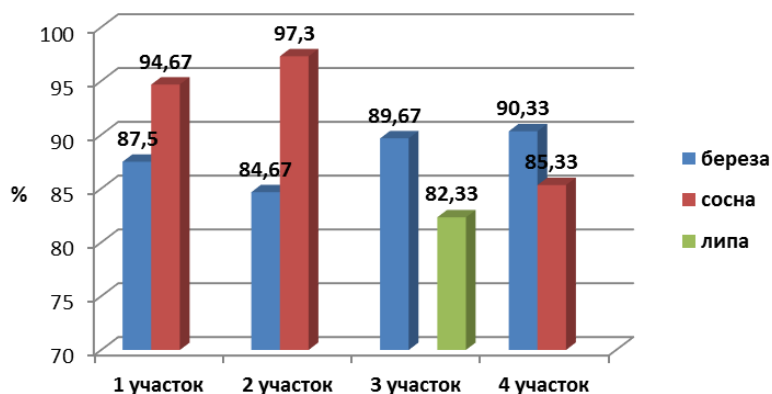


Рис. 4.

Процент золы в листьях растений

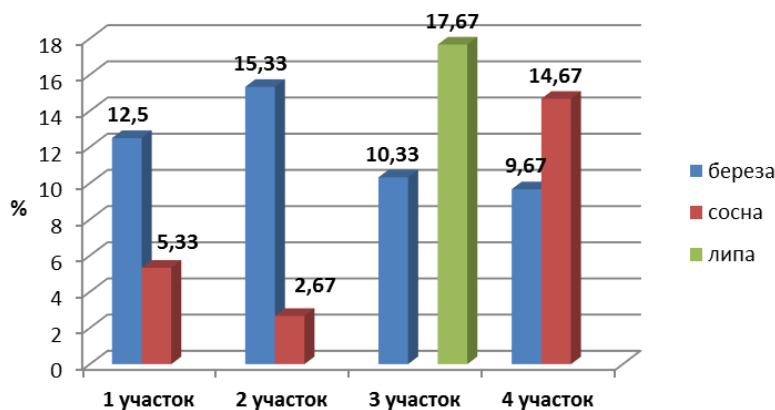


Рис. 5.

По полученным данным можно сказать, что процент органического вещества больше всего в листьях сосен на 1 и 2 участке, а также на березе 4 участка. Ниже всего процент золы на березах 2 участка и на липах 3 участка.

Процент золы в листьях этих растений выше всего оказался на липах 3 участка, чуть ниже это значение на листьях берез 2 участка. Меньше всего процент золы на соснах 2 участка. Следовательно, больше всего загрязнение наблюдается на 2 и 3 участках. Мы выявили тенденцию, что лиственные

деревья больше всего аккумулируют в себе токсичные вещества и тяжелые металлы. Особенно это видно по листьям липы, которая показала самый высокий процент золы.

Глава 4. Исследование загрязнения окружающей среды по коре хвойных растений

Для проведения исследования коры деревьев мы подготовили водные вытяжки из коры сосен, берез и липы на исследуемых участках. Полученные результаты представлены в таблице 2.

рН водной вытяжки растворов от листьев деревьев

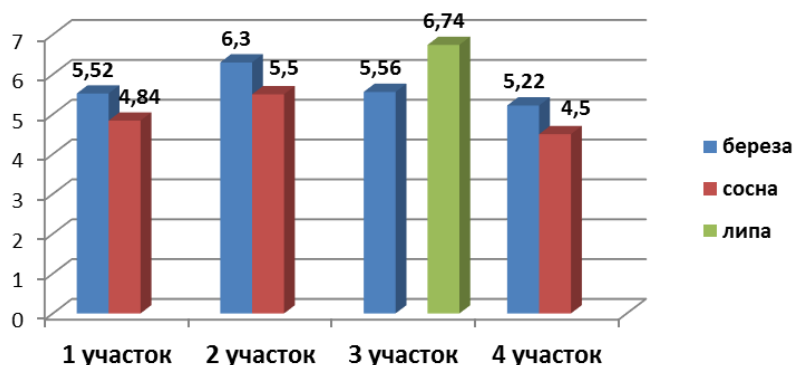


Рис. 6.

Таблица 2

рН водной вытяжки коры березы, сосны и липы на разных участках

№ дерева	Береза, рН	Сосна, рН
1 участок		
1	5,0	4,8
2	5,4	5,1
3	5,8	4,8
4	5,4	4,5
5	6,0	5,0
Среднее	5,52	4,84
2 участок		
1	6,2	5,8
2	6,3	5,2
3	6,3	5,3
4	6,7	5,9
5	6,0	5,3
Среднее	6,3	5,5
3 участок ЛИПА		
1	5,8	7,2
2	5,6	7,1
3	5,5	6,8
4	4,9	6,3
5	6,0	6,3
Среднее	5,56	6,74

продолжение табл. 2

4 участок		
1	5,2	4,7
2	5,0	4,3
3	5,2	4,6
4	5,2	4,1
5	5,5	4,8
Среднее	5,22	4,5

По показателю кислотности среды водной вытяжки из коры деревьев оказалось, что лучше всего аккумулируют кислотные соединения сосны (рН находится в районе слабо кислотной среды), меньше всего этот показатель на коре липы (рН нейтральный). рН водной вытяжки от коры березы имел примерно одинаковый показатель на всех участках, кроме 2-го, где он ближе к нейтральному.

Далее мы провели определение сульфатов по шкале стандартов. Водная вытяжка была соединена с раствором хлорида бария (5%). Мы сравнили окраску осадка и мутность полученных растворов со шкалой стандартов.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что содержание сульфатов практически во всех растворах менее 2 мг/л. Только лишь в одном из опытных образцов концентрация сульфатов оказывалась ближе к 4 мг/л. Этого не оказалось только на 2 участке.

Концентрацию сульфатов в листьях растений мы попробовали провести после сухого озоления листьев. Зола заливалась дистиллированной водой в объеме 50 мл, раствор настаивался. Потом к фильтрату, полученному из этой вытяжки, мы добавляли 10 мл 5% раствора хлорида бария. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 3

Определение сульфатов в водной вытяжке

№ пробы	1 участок		2 участок		3 участок		4 участок	
	береза	сосна	береза	сосна	береза	липа	береза	сосна
1	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 2
2	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 4	меньше 2
3	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 4	меньше 2	меньше 2	меньше 2
4	меньше 2	меньше 4	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 2
5	меньше 4	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 2	меньше 4

Таблица 4

Содержание сульфатов в водной вытяжке из золы листьев

№ дерева	Береза, в мг/л	Сосна, в мг/л
1 участок		
1	Меньше 2	Меньше 2
2	Меньше 2	Меньше 4
3	Меньше 2	Меньше 2
Среднее	Меньше 2	Примерно 2,67
2 участок		
1	2	Меньше 2
2	2	Меньше 4
3	2	Меньше 4
Среднее	2	3,33
3 участок ЛИПА		
1	Меньше 2	4
2	2	4
3	2	4
Среднее	Примерно 2	4
4 участок		
1	Меньше 2	2
2	2	2
3	Меньше 2	2
Среднее	Примерно 2	2

Таким образом, зола от листьев березы показала содержание сульфатов в районе 2 мг/л практически на всех участках. Зола от листьев сосны аккумулировала больше всего сульфатов на 2 участке, на 1 и 4 участках в золе обнаружено примерно одинаковое содержание сульфатов. Зола от липы показала наибольший показатель содержания сульфатов. Это еще раз доказывает, что она является хорошим биоиндикатором окружающей среды на содержание сульфатов.

Глава 5. Определение веса листьев и хвои на исследуемых участках

Для лучшего изучения экологической обстановки исследуемых районов мы взвесили листья растений. У нас получились следующие результаты (таблица 5.)

Таблица 5

Средняя масса листьев деревьев на исследуемых участках

№ дерева	Береза, в г	Средние показатели по 5 деревьям
1 участок		
1	0,59	Средние показатели по 5 деревьям
2	0,56	
3	0,64	
4	0,67	
5	0,82	
Среднее	0,656	Средний показатель по участку
2 участок		
1	0,46	Средние показатели по 5 деревьям
2	0,57	
3	0,63	
4	0,61	
5	0,62	
Среднее	0,578	Средний показатель по участку
3 участок ЛИПА		
1	0,93	0,87
2	0,81	0,70
3	1,33	1,01
4	0,88	0,86
5	1,17	1,11
Среднее	1,024	0,91
4 участок		
1	0,66	Средние показатели по 5 деревьям
2	0,69	
3	0,68	
4	0,77	
5	0,84	
Среднее	0,72	Средний показатель по участку

Вес листьев деревьев, в г

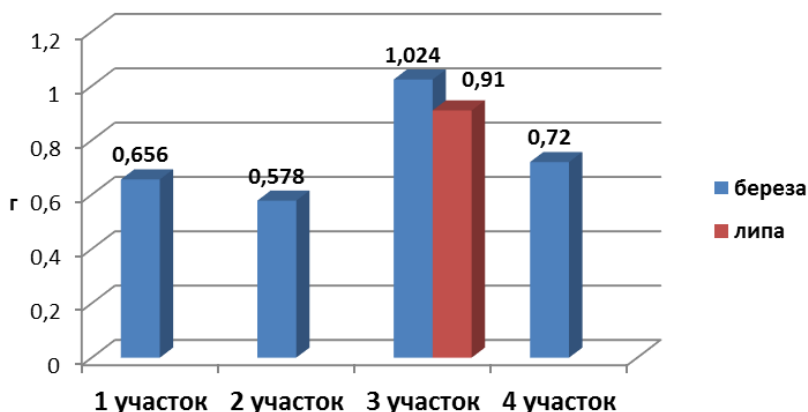


Рис. 7.

Исходя из полученных данных, мы выявили наибольший вес у листьев на 3 участке (городская аллея). Меньше всего вес у листьев берез на 2 участке – это городской парк. Это можно объяснить тем, что в парке наблюдается большая скученность деревьев. Городское население часто посещает парк и утаптывает землю, поэтому условия роста растений ухудшаются. Кроме того в парке убирают постоянно листья, что сказывается на уменьшении плодородия почв, гумусовый слой не образуется в достаточной мере.

Таким образом, по полученным данным можно сказать, что лучше всего условия на 1 участке. 2 и 3 участок имеют более худшие экологические условия. На 4 участке наблюдаются примерно средние показатели между наивысшими и более низкими. Но на каждом практически участке были обнаружены сульфаты, которые могут негативно влиять на состояние здоровья человека.

Эти данные совпали и с ранее полученными нами данными, которые мы получили, изучая городскую среду методом лишеноиндикации.

В 2016-2017 учебном году мы проводили оценку содержания окружающей среды по концентрации оксида серы (IV) в атмосфере города Заволжье, пригородном лесу и около объездной дороги по этому методу. В таблице 6 приведены усредненные показатели по полученным данным исследования: участок 1 – пришкольный лес участок 2 – лес за объездной дорогой.

Процент покрытия лишайниками сосен больше всего оказался на 1 участке. Индекс полеотолерантности оказался ниже всего на участке около объездной дороги в глубине леса, где мы и брали в этом году листья березы и хвою сосны.

Таблица 6

Метод палетки	Среднее 1 участок	Среднее 2 участок
Покрытие лишайников на высоте 0,5м	10,65	16,4
Покрытие лишайников на высоте 1,3м	15,5	13,5
Индекс полеотолерантности	5-7	2-5
Зона загрязнения	смешанная	смешанная
Концентрация SO ₂ мг/м ³	0,03 – 0,08	0,01 – 0,03

По расчетным формулам эта зона оказалась смешанной с более низким содержанием концентрации оксида серы (IV).

Подобные исследования мы проводили по методу линейных пересечений в исследуемых районах. Усредненные результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7

Метод линейных пересечений	Общее по	Среднее 1 участок	Среднее 2 участок
Средний диаметр дерева, в см		94,58	90,13
Средняя длина лишайников на стволе, в см		13,13	19,84
Индекс полеотолерантности, в баллах		5-7	2-5
Зона		смешанная	смешанная
Концентрация, мг/м ³		0,03 – 0,08	0,01 – 0,03

Индекс полеотолерантности на участках 1 и 2 составил 5-7 баллов, что говорит о смешанной зоне загрязнения, хотя это загрязнение меньше в глубине леса за городом.

Карта загрязненности местности

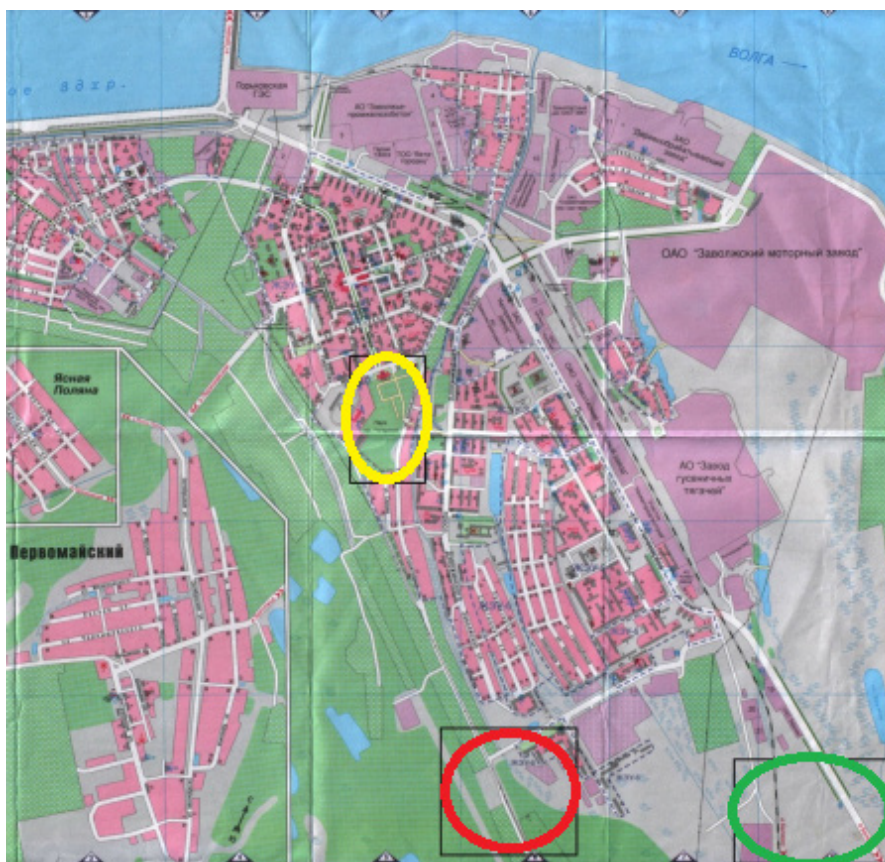


Рис. 8. Карта загрязненности территории города Заволжья и его пригородов

Мы сравнили полученные данные по лишеноиндикации и зольности, попробовали построить карту загрязненности местности, в которой мы живем. Все-таки наиболее благоприятной зоной оказывается территория пришкольного леса.

Лишайники в большей степени преобладают в лесу за городом и в парке г. Заволжья, в самом городе на деревьях лишайники отсутствуют. Это позволило нам сделать вывод, что городская территория испытывает большее загрязнение по сравнению с лесной зоной.

По методу лишеноиндикации:

зеленый – норма, желтый – средняя загрязненность

красный – сильная загрязненность

По методу зольности, рН и содержанию сульфатов:

Оранжево-зеленый – более или менее экологически чистая зона (**пришкольный лес**, в глубине леса)

Красно-оранжевый – наиболее сильно загрязненная зона

Оранжево-зеленый – средняя зона загрязнения

Глава 6. Выводы по работе

Наша гипотеза в ходе работы была подтверждена. Антропогенное воздействие в г. Заволжье и его окружении действительно оказывает влияние на состояние окружающей среды. Это отражается на состоянии деревьев лиственных и хвойных пород, которые мы исследовали.

В ходе работы мы определили степень загрязнения на территории г. Заволжья и его окрестностях по накоплению в органах растений тяжелых металлов, серы и других веществ, построили карту загрязнения.

Для получения данных мы использовали метод сухой зольности по листьям березы и липы, а также по хвое сосны. Наилучшим биоиндикатором окружающей среды оказались листья липы на 3 участке. Хвоя сосны меньше всего аккумулировала в себе сульфаты. Листья березы показали средние результаты.

Кроме метода зольности был использован метод, в котором содержание сульфатов определялось с помощью водной вытяжки. По этому методу в каждом образце была определена кислотность среды, которая оказалась наиболее высокой в пробах с корой

сосны, следовательно, сосна больше всего аккумулирует соединения серы не в хвое, а коре, тем более что площадь хвоинок намного меньше, чем площадь листьев деревьев.

Сульфаты были определены и после озоления листьев и хвои на всех исследуемых участках. Больше всего загрязнение опять же оказалась на липе.

Масса листьев больше всего оказалась на 3 участке, на городской аллее. Хуже всего развиваются листья в городском парке, где наблюдается как фактор вытаптывания земли, так и скученность деревьев.

При сравнении полученных ранее данных по методу лишеноиндикации мы получили похожие результаты, что позволило нам построить карту загрязненности обследованных территорий.

Заключение

Проведенная работа показала, что выбранные нами методы достаточно показа-

тельны для оценки состояния окружающей среды. Хотя эти методы и достаточно трудоемки в плане расчетов, но при этом не требуются дорогостоящих веществ для оценки этого состояния, эксперимент может выполнить практически любой ученик среднего и старшего возраста.

В дальнейшем мы попробуем определить содержание сульфатов и в других частях деревьев и сравнить полученные данные с уже нам известными.

Список литературы

1. А.И. Федорова, А.Н. Никольская. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС, 2003. – 288 с.: ил.
2. В.П. Александрова, А.Н. Гусейнов, Е.А. Нифантьева, И.В. Болгова, И.А. Шапошникова. Изучаем экологию города на примере московского столичного региона (пособие учителю по организации практических занятий) // М.: Издательство Бином. – 2009. – 400 стр., илл.
3. Диск «Экосистема» с приведенными методиками исследования.