Государственное общеобразовательное учреждение Ярославской области «Средняя школа «Провинциальный колледж»

Исследовательское направление – экология

Оценка влияния выбросов автотраспорта на качество воздуха Тверицкого бора методом биоиндикации по хвое сосны обыкновенной

Исследовательская работа

Выполнена ученицей
10 естесвенно-научного класса
ГОУ ЯО Средняя школа
«Провинциальный колледж»
Писмарёвой Еленой

Научный руководитель - старший
преподаватель кафедры экологии и
зоологии ЯрГУ им. П.Г. Демидова
Русинова Надежда Викторовна

Ярославль, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ....3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ....5
Транспортная обстановка в городе Ярославль.....5
Метод биоиндикации....5
Тверицкий бор....5
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ....6
Методика расчета выбросов....6
Расчет выбросов загрязняющих веществ движущимся автотранспортом....6
Расчет выбросов загрязняющих веществ автотранспортом в районе крупных перекрестков 7
Биоиндикация хвои сосны обыкновенной....7
Методика индикации чистоты атмосферы по хвое сосны (Pinus sylvestris)....8
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ....9
Интенсивность и распределение транспортного потока....9
Состав и количество выбросов вредных веществ....9
Оценка состояния хвои....10
Зонирование территории Тверицкого бора....12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ....13
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ....15

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы: Проблема загрязнения природной среды - одна из глобальных проблем современного мира. Наиболее острую экологическую проблему в крупных городах представляет загрязнение воздуха, поскольку регулярно происходит выброс загрязняющих веществ. Основные источники загрязнения атмосферы в городах – это автотранспорт и промышленные предприятия.

Цель работы: Оценить влияние выбросов автотраспорта на качество воздуха Тверицкого бора методом биоиндикации по хвое сосны обыкновенной.

Задачи:

1. Рассчитать количество выбросов выхлопных газов от автотранспорта на автомагистралях.
2. Определить степень повреждения, усыхания и средний возраст жизни хвои сосны обыкновенной на разном удалении от автомагистралей.
3. Определить уровень загрязнения воздуха Тверицкого бора на разном удалении от автомагистралей.
4. Зонировать Тверицкий бор в соответствии с классами загрязнения воздуха

Объект исследования – качество атмосферы на территории Тверицкого бора, сосна обыкновенная.

Предмет исследования – размер, степень повреждения и возраст хвои сосны, выбросы автотранспорта.

Гипотеза исследования – близость территории Тверицкого бора к автомагистралям с плотным транспортным потоком негативно влияет на состояние лесных массивов данной территории.

Методы исследования:

- Анализ (для исследования методических материалов по расчёту загрязняющих выбросов автотранспорта и методам биоиндикации хвои)
- Учет интенсивности движения транспортного потока по ГОСТ-у 32965-2014 (для расчета объема выбросов загрязняющих веществ, согласно методическим формулам)
- Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха по хвое сосны обыкновенной (для определения степени повреждения хвои)
- Синтез (для объединения информации о транспортном потоке и состоянии хвои на разной удаленности от проспекта авиаторов)

Краткий обзор используемой литературы и идей, на которых базируется исследование. Теоретической основой исследования является учебно-методическое пособие М.Н. Мукминова и Э.А. Шуралева на тему методов биоиндикации. Расчет транспортного потока проводился согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 32965-2014 "Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока".

Степень изученности темы. Тема состава и влияния выхлопных газов автомобилей на живые организмы является достаточно изученной. Все доступные исследования, касающиеся данной территории, преимущественно затрагивают фауну бора, а также его ландшафтную планировку и вклад в развитие рекреационной зоны Заволжского района города Ярославль.

Практическая значимость работы. Данное исследование поможет расширить представления о состоянии зеленых насаждений на территории Тверицкого бора, влиянии близости расположения деревьев к загруженной автомагистрали, поможет дать представление об эффективности сосен, как фактора, задерживающего атмосферные выбросы загрязняющих веществ.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Транспортная обстановка в городе Ярославль. Для Ярославля, как любого крупного промышленного и транспортного центра, характерна высокая степень техногенной нагрузки на окружающую среду. Автомобильный парк растет быстрее, чем народонаселение.[1] В Ярославской области за 10 лет количество зарегистрированного транспорта увеличилось с 360 до 488 тысяч. Прирост за год составил почти 8500 тысяч транспортных средств или 1,8%.

Метод биоиндикации. Биоиндикаторы – организмы особенности развития которых служат показателями антропогенных изменений среды обитания. Любой фактор, если он выходит за пределы «зоны комфорта» для данного организма, является стрессовым. В озеленении городов используются хвойные растения, среди которых достаточное распространение получила сосна обыкновенная (Pinus sylvestris L.). Установлено, что сосна реагирует на воздействия урбанизированной среды.

Тверицкий бор. Тверицкий бор имеет и свою историю, начало которой уходит в 1840-е гг., когда нынешний лес возник как рукотворный на выгонной земле Тверицкой слободы. В 1966 бор был повторно поставлен на государственную охрану как памятник природы. Одна сторона лесного массива полностью прилегает к достаточно загруженной автомобильной трассе – проспекту Авиаторов. Зеленые насаждения начинаются уже на расстоянии 5 метров от дорожной полосы, что представляет особый интерес для исследования влияния близости дорожной полосы на состояние хвои сосен.

[1] Роль автотранспорта в загрязнении окружающей среды: [Электронный ресурс] // Файловый архив студентов. URL: https://studfile.net/preview/3240303/page:38. (Дата обращения: 13.01.2023)

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Методика расчета выбросов

Оценка выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух по методике ГОСТ 32965-2014 «Дороги автомобильные общего пользования.

На проспекте Авиаторов был выбран участок дороги, соответствующий по протяженности территории Тверицкого бора, прилегающего к дороге, длиной в 1,2 километра. В период с ноября 2022 года по февраль 2023 года производился трехкратный ручной подсчет автомобилей на протяжении 25 минут в каждое время суток. На ул. Мостецкая был выбран участок дороги, соответствующий по протяженности 0,37 км, на ул. Красноборской – участок 1,1 км. Подсчет на данных улицах производился в период с июля 2023 года по октябрь 2023 года.

Автомобили предварительно были разделены на несколько категорий: легковые автомобили (Л); фургоны и микроавтобусы (МА); грузовые автомобили менее 12тонн.(Г1); грузовые автомобили более 12 тонн (Г2); автобусы (А).

Расчет выбросов загрязняющих веществ движущимся автотранспортом

Для определения количества выбросов движущихся автомобилей была использована формула 1 (См. прил.)

Для определения средней скорости автомобилей, необходимой для вычисления коэффициента rVki,, на дорогах было взято определенное расстояние, на которых засекалось время проезда машин. Далее по таблице 1 (См. прил.) было определено значение коэффициента.

Расчет выбросов загрязняющих веществ автотранспортом в районе крупных перекрестков

Для крупных улиц, относящихся к первой категории, с потоком более 500 автомашин в час, дополнительно рассчитывается количество выбросов на перекрестках. В районе перекрёстка выбрасывается наибольшее количество вредных веществ автомобилем за счёт торможения и остановки автомобиля перед запрещающим сигналом светофора и последующим его движением в режиме «разгона» по разрешающему сигналу светофора.

Для расчета интенсивности выбросов на перекрестке, были проведены следующие наблюдения: длительность действия запрещающего сигнала светофора, включая желтый свет; количество циклов работы светофора за 20 минут; количество машин каждой категории, остановившихся на светофоре к началу действия разрешающего сигнала.

Расчет выбросов каждого загрязняющего вещества от автотранспорта (г/мин), останавливающегося на перекрестке, производился по формуле 2 (См. Прил.).

Расчет выбросов автомобилей, движущихся в зоне перекрестка, осуществлялось по формуле 3 (См. Прил.).

Суммарный разовый выброс i-го загрязняющего вещества (г/с) автотранспортом в одном направлении движения за 20- минутный период дополнительного обследования в районе перекрестка определялся по формуле 4 (См. Прил.).

Биоиндикация хвои сосны обыкновенной

Материалом для проведения биоиндикации послужили растущие на территории Тверицкого бора деревья сосны обыкновенной Pinus sylvestris.

На территории бора были выделены для работы три типа участков: полоса территории, находящаяся в непосредственной близости к проспекту Авиаторов; территория, располагающаяся в удалении 10 метров; территория,

находящаяся в углублении бора (более 20 метров от дороги) (См. Прил. Рис. 1)

На каждом из участков для работы были выбраны по 10 сосен. Работы были выполнены в январе-июле 2023 года.

Методика индикации чистоты атмосферы по хвое сосны (Pinus sylvestris)

С нескольких боковых побегов в средней части кроны деревьев сосны была отобрана хвоя на которой были оценены классы повреждения и усыхания. На каждом выбранном участке из собранного материала были выбраны 500 случайных хвоинок. Для оценки была использована шкала оценки классов некрозов и усыхания хвоинок. (См. Прил. Рис.2)

Некрозы: 1класс– хвоинки без пятен (1); 2класс,–хвоинки с небольшим числом темных пятнышек(2); 3 класс–с большим числом черных и желтых пятен, некоторые крупные во всю ширину хвоинки (3);

Усыхания: 1класс – нет сухих участков (1-3); 2 класс– кончик 2-2,5 мм усох(4); 3 класс– усохла треть хвоинки (5); 4 класс – вся хвоинка желтая или более половины ее длины сухая (6).

Продолжительность жизни хвои сосны и ели была оценена при обследовании доступных ветвей сосен: каждая мутовка, считая сверху - год жизни. Необходимо было определить, сколько лет сохраняется хвоя (максимальный возраст хвои) (См. Прил. Рис.3)

Экспресс-оценка качества воздуха по возрасту и повреждению хвои была проведена согласно таблице 4 (См. Прил.).

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Интенсивность и распределение транспортного потока

Наибольшая интенсивность движения автотранспорта в городах в утренние часы – 8-9 часов и вечером в 17-19 часов. Днем с 12 до 14 часов интенсивность наименьшая. Наблюдения проводились в период с ноября 2022 года по октябрь 2023. Была исследована интенсивность движения утром, днём и вечером.

Учитывая все вышесказанное, суточный трафик для периода времени с 7 до 22 часов (15 часов) на участке проспекта Авиаторов, прилегающем к территории Тверицкого бора, составил около 37 тысяч автомобилей (37864,8), на участке улицы Мостецкой около 11 тысяч (11411,1), на участке улицы Красноборской 14 тысяч (14315).

Состав и количество выбросов вредных веществ

В наиболее загруженное - утреннее время выброс загрязняющих веществ на проспекте Авиаторов достигает 115 грамм в секунду, на улицах Мостецкой и Красноборской 0,6 и 1,8 г/с соответственно. В дневное время примерный секундный выброс в атмосферу загрязняющих веществ, с учетом холостой работы двигателей при остановке на запрещающий сигнал светофора, составляет примерно 26 грамм на проспекте Авиаторов, 0,1 г/с на ул. Мостецкая и 0,4 г/с на ул. Красноборская. В вечерний промежуток данное значение достигает 9 грамм в секунду на проспекте, 0,1 и 0,3 г/с на улицах Мостецкой и Красноборской соответственно. Полученное расчетным методом среднее значение выбросов, соответствующее временным промежуткам между выделенными отрезками времени равняется 50 граммам в секунду на пр. Авиаторов, 0,3 и 0,8 г/с на ул. Мостецкой и Красноборской. Таким образом, суммарно на выделенных участках, прилегающих к Тверицкому бору в атмосферу выбрасывается 1631 кг загрязнителей, за год около 580 тонн.

Среди токсикантов более половины массы (67%) приходится на угарный газ. Около 17% от объема выбросов составляют оксиды азота, в основном NO. На третьем месте находятся недогоревшие углеводороды, составляющие 14%. Все остальные составляющие выхлопа в сумме занимают менее 3% (См. Прил. Рис.4)

Оценка состояния хвои

- **ПРОСПЕКТ АВИАТОРОВ**

Возраст хвои сосны на первом участке колеблется от 0,5 до 2 лет, и в среднем составляет 1,1 год (Таблица 6). На втором участке разброс значений шире, продолжительность жизни хвои колеблется от 0,5 до 3 лет, однако, среднее значение увеличивается незначительно и составляет 1,5 года (Таблица 7). На самом отдаленном – 3 участке продолжительность жизни возрастает уже значительно и колеблется уже от 2 до 4 лет, средняя продолжительность возрастает до 2,75 лет.

На основе этих данных можно заключить, что большая часть загрязнений от оживленной дороги улавливается полосой насаждений в 10 метров, далее влияние выбросов прослеживается меньше, а следовательно, снижается.

Для оценки повреждения и усыхания хвои были взяты по 500 хвоинок с каждого выделенного участка. В целом средние значения классов повреждения и усыхания находятся в пределах от 1 до 2. (См. Прил. Рис.5,6)

По сумме показателей, характеризующих состояние хвои сосны можно оценить класс воздуха на территории первого участка как загрязнённый (IV), на втором участке, как чистый (II), на третьем участке, как идеально чистый (I).

По всем показателям сосна демонстрирует сильное снижение качества деревьев (снижение продолжительности жизни хвои, увеличение класса повреждения и усыхания) при приближении к автодороге. Однако, эти данные также свидетельствуют о том, что сосновые насаждения эффективно задер-

живают потоки загрязняющих веществ, что подтверждается показателями хвои на большом удалении от дороги.

- **УЛИЦА МОСТЕЦКАЯ**

Поскольку на улицах Мостецкой и Красноборской хвойные насаждения начинались на расстоянии 10 метров от дорог, на данных направлениях было выделено по 2 участка.

Возраст хвои сосны на втором участке колеблется от 1 года до 2,5 лет, и в среднем составляет 1,85 года. На втором участке разброс значений шире, продолжительность жизни хвои колеблется от 1,5 до 3,5 лет, среднее значение увеличивается составляет 2,8 лет.

Для оценки повреждения и усыхания хвои были взяты по 200 хвоинок с каждого выделенного участка. Закономерность возрастания классов повреждения и усыхания подтверждается и на данном отрезке дороги. По сумме показателей, характеризующих состояние хвои сосны можно оценить класс воздуха на территории второго участка, как относительно чистый (III), на третьем участке, как идеально чистый (I). (См. Прил. Рис.7,8)

- **УЛИЦА КРАСНОБОРСКАЯ**

Возраст хвои сосны на втором участке колеблется от 1 года до 3 лет, и в среднем составляет 1,9 года. На втором участке разброс значений шире, продолжительность жизни хвои колеблется от 1,5 до 3,5 лет, среднее значение увеличивается составляет 2,7 лет.

По результатам оценки 200 хвоинок можно определить, что на 2 участке средний класс повреждения составляет 1,46, усыхания 1,06. На третьем участке средние значения для повреждения и усыхания 1,12 и 1,01 соответственно. По сумме показателей, характеризующих состояние хвои сосны можно оценить класс воздуха на территории второго участка, как относительно чистый (III), на третьем участке, как идеально чистый (I). (См. Прил. Рис. 9,10)

Зонирование территории Тверицкого бора

С учетом всех полученных данных, Тверицкий бор был зонирован на основании качества воздуха на выделенных участках. Графически зонирование отображено на рисунке 11 (См. Прил.)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Транспортный поток на участках дорог, прилегающих к Тверицкому бору, является источником выбросов примерно 1,6 тыс. кг загрязняющих веществ в сутки, что составлет около 580 т в год. Наибольшее загрязнение (97%) дает проспект Авиаторов, вклад улиц Мостецкой и Красноборской 1% и 2% соответственно.

2. На расстоянии до 10 метров наблюдается значительное повреждение хвои и снижение продолжительности её жизни. На расстоянии 20 метров от дороги средний класс повреждения хвои приближается к 1 и продолжительность жизни достигает значений, характерных для лесов не испытывающих антропогенного воздействия.

3. Основываясь на состоянии хвои сосны как биоиндикатора загрязнения, можно определить класс воздуха на расстоянии до 5 метров от проспекта Авиаторов, как загрязненный (IV), на удалении 10 метров, - как относительно чистый (III), на удалении 20 м как идеально чистый (I). На расстоянии 10 метров от улицы Мостецкая, воздух относительно чистый (III), на удалении 20 м как идеально чистый (I). На расстоянии 10 метров от улицы Красноборская, воздух относительно чистый (III), на удалении 20 м как идеально чистый (I).

4. Зона загрязнения выбросами автомобилей распространяется до 10 метров от крупных дорог. Сосна обыкновенная проявляет большую эффективность в качестве природного фильтра воздушных загрязнений. Хвойные насаждения у автомагистралей поддерживают бóльшую часть площади Тверицкого бора в отличном, по показателям качества воздуха, состоянии.

Наша гипотеза была подтверждена частично. Не смотря на большие объемы загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от автотранспорта на проспекте Авиаторов, они оказывают негативное воздействие на сосну только на участке, примыкающем к дороге. На основании сопоставления

суммарного количества токсичных выбросов и характеристик хвои на разном удалении, можно заключить, что состояние деревьев и качество воздуха находятся в прямой зависимости от плотности транспортного потока. Основные объемы токсикантов задерживаются деревьями, произрастающими на расстоянии до 10 метров от дороги, далее от дороги воздух очищается, его качество достаточно высоко. Тверицкий бор сохраняет свою ценность как памятник природы и место рекреации жителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева Е.В., Панов А.И. Биоиндикация урбоэкосистем по морфологическим признакам хвойных растений. Красноярск: Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева, 2017. 27 с.
2. В Ярославской области продолжается рост числа автомобилей: [Электронный ресурс] // ИА REGNUM. URL: https://regnum.ru/news/society/3488478.html. (Дата обращения: 13.01.2023)
3. ГОСТ 32965-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока. Введ. 2016-08-31.М.: Изд-во стандартов, 2016. 25 с.
4. Живет на свете красота: [Электронный ресурс] // Государственный архив Ярославской области. URL: https://www.yararchive.ru/publications/details/310/ (Дата обращения: 06.12.2022)
5. Кашталинский А.С. Повышение эффективности функционирования изолированных регулируемых перекрестков с учетом временной неравномерности транспортных потоков: дис. на соискание учёной степени канд. техн. наук. Омск, 2017. 186 с.
6. Комиссаров К.Б., Тарасовский А.В., Комиссарова Т.И., Казарян А.С. Загрязнение атмосферы сернистыми соединениями и пути снижения антропогенных газовых выбросов // Вестник СамГАПС. Вып.1, Самара: СамГАПС, 2004. 50 с.
7. Мукминов М.Н., Шуралев Э.А. Методы биоиндикации: учебно-методическое пособие. Казань: Казанский университет, 2011. 48 с.
8. Соболев А.Н., Феклистов П.А. Продолжительность жизни и биометрические параметры хвои в сосняке черничном (о-в Б. Соловецкий) // Вестник САФУ. Сер.: Естеств. науки. № 4, Архангельск, 2016. 60 с.
9. Тверицы: [Электронный ресурс] // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Тверицы_(Ярославль) (Дата обращения: 13.01.2023)
10. Федоров А.И.,. Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. Пособие для студентов высших учебных заведений. – М., 2001. 288 с.
11. Шкода В.В., Вострикова М.А. Характеристика основных выбросов автотранспорта и их влияние на растения // Международный научный журнал «Инновационная наука». №11, Краснодар, 2015. 66 с.

Формула 1

$$M_{L1} = \frac{L}{1200} \sum_{1}^{k} M_{ki}^{L} \cdot G_k \cdot r_{V_{ki}} \ ,$$

MLI – выброс загрязняющего вещества (г/с) от автотранспорта;
L – длина участка автодороги, для которого проводился подсчет;
MLki - удельный пробеговый выброс i-го вредного вещества ав-томобилями k-ой группы для городских условий эксплуатации (Таблица 2);
Gk - количество автомобилей каждой из k групп, проходящих че-рез фиксированное сечение выбранного участка автодороги за 20 минут в по всем полосам движения; (Берется усредненный пока-затель из 3 20-тиминутных измерений);
rVki - поправочный коэффициент, учитывающий среднюю ско-рость движения транспортного потока (Vk,i, км/час) на выбран-ной автомагистрали (или её участке)

Формула 2

$$M_{\Pi i}^{З} = \frac{P_{ц}}{60} \sum_{1}^{Nц} \sum_{1}^{N_{гр}} M'_{\Pi ik} \cdot G_k$$

•Рц - продолжительность действия запрещающего сигнала свето-фора (включая жёлтый цвет);
Nц - количество циклов действия запрещающего сигнала свето-фора за 20-минутный период времени;
Nгр - количество групп автомобилей;
M'Пik (г/мин) - удельный выброс i-го ЗВ автомобилями, k-ой группы, находящихся в «очереди» у запрещающего сигнала све-тофора (Таблица 3)
Gk - количество автомобилей k группы, находящихся в «очереди» в районе перекрёстка в конце каждого цикла действия за-прещающего сигнала светофора

Формула 3

$$M_{Li}^{P} = L^{П} \sum_{1}^{N'ц} \sum_{1}^{N_{гр}} M_{ki}^{L} \cdot G_{kp} \cdot r_{Vki}, \text{ г/с}$$

- **LП – расстояние, проходимое автомобилями в одном направле-нии при разрешающих сигналах светофора в течение 20 минут, состоящее из длины очереди автомобилей, образуемой при за-прещающемсигнале светофора, и длины соответствующей зоны перекрестка, км;**
- **N'ц - количество циклов работы разрешающего сигнала светофора в течение 20 минут;**
- **Gkp - количество автомобилей каждой k-ой категории, проходя-щих через зону перекрёстка в одном направлении при разре-шающем сигнале светофора;**
- **MLki - удельный пробеговый выброс i-го вредного вещества ав-томобилями k-ой группы для городских условий эксплуатации, определяемый по таблице 3;**
- **rVki - поправочный коэффициент, учитывающий среднюю ско-рость движения транспортного потока (Vk,i, км/час) на выбран-ной автомагистрали (или её участке)**

Формула 4

$$M_{\Pi i}^{C} = \frac{1}{1200}\left(M_{\Pi i}^{З} + M_{Li}^{P}\right), \text{ г/с}$$

	Скорость движения (V, км/ч)														
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75	80	100	110	120
r_{Vk1}	1,35	1,28	1,2	1,1	1,0	0,88	0,75	0,63	0,5	0,3	0,45	0,5	0,65	0,75	0,95
r_{Vk1} (NO_x)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,5

Таблица 1. Поправочный коэффициент на скорость движения машин (rv)

Наименование категории автомобилей	№ категории	CO	Выбросы, г/км					
			NO_x (в пересчете на NO_2)	CH	Сажа	SO_2	Формальдегид	Бенз(а)пирен
Легковые	I	1,5	0,5	0,3	$0,5\cdot 10^{-2}$	$1,2\cdot 10^{-2}$	$1,8\cdot 10^{-3}$	$0,2\cdot 10^{-6}$
Автофургоны и микроавтобусы до 3,5 т	II	8,4	1,8	2,1	$3,4\cdot 10^{-2}$	$2,6\cdot 10^{-2}$	$7,8\cdot 10^{-3}$	$0,6\cdot 10^{-6}$
Грузовые от 3,5 до 12 т	III	6,8	6,4	4,8	0,38	$4,8\cdot 10^{-2}$	$2,1\cdot 10^{-2}$	$1,8\cdot 10^{-6}$
Грузовые свыше 12 т	IV	7,3	7,6	6,0	0,45	$7,0\cdot 10^{-2}$	$2,4\cdot 10^{-2}$	$2,2\cdot 10^{-6}$
Автобусы свыше 3,5 т	V	5,2	4,8	4,2	0,28	$4,0\cdot 10^{-2}$	$1,8\cdot 10^{-2}$	$1,8\cdot 10^{-6}$

Таблица 2. Значения пробеговых выбросов (г/км) для различных групп автомобилей

Наименование категории автомобилей	№ категории	Выброс, г/мин						
		CO	NO_x (в пересчёте на NO_2)	CH	Сажа	SO_2	Формальдегид	Бенз(а)пирен
Легковые	I	0,3	0,01	0,04	0,01	$0,3\cdot 10^{-2}$	$0,3\cdot 10^{-3}$	$0,15\cdot 10^{-6}$
Автофургоны и микроавтобусы до 3,5 т	II	1,8	0,03	0,20	0,03	$0,6\cdot 10^{-2}$	$0,9\cdot 10^{-3}$	$0,4\cdot 10^{-6}$
Грузовые от 3,5 до 12 т	III	1,3	0,10	0,50	0,22	$1,0\cdot 10^{-2}$	$2,3\cdot 10^{-3}$	$1,0\cdot 10^{-6}$
Грузовые свыше 12 т	IV	2,5	0,13	0,80	0,45	$1,2\cdot 10^{-2}$	$3,5\cdot 10^{-3}$	$1,2\cdot 10^{-6}$
Автобусы свыше 3,5 т	V	1,1	0,10	0,52	0,20	$1,0\cdot 10^{-2}$	$2,3\cdot 10^{-3}$	$0,9\cdot 10^{-6}$

Таблица 3. Удельные значения выбросов для автомобилей, находящихся в зоне перекрёстка (M'Пik)

ПРИЛОЖЕНИЯ

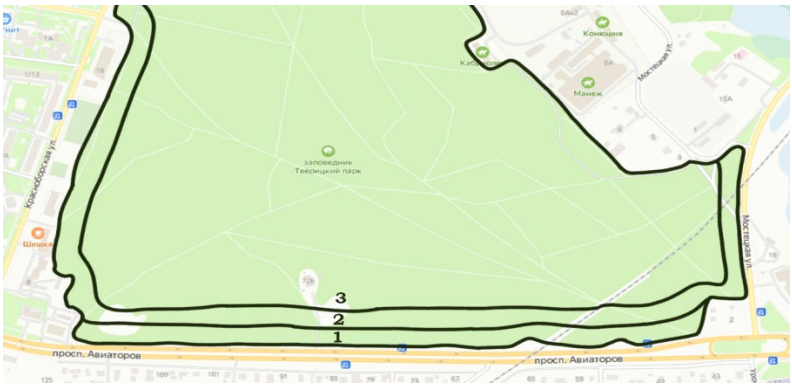


Рисунок 1. Расположение участков, на которых проводились работы по биоиндикации

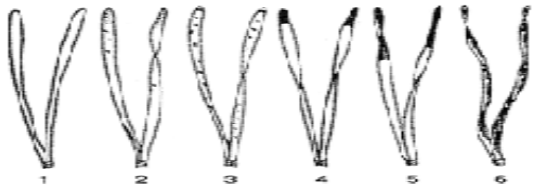


Рисунок 2. Бониторовочная шкала оценки повреждения хвои

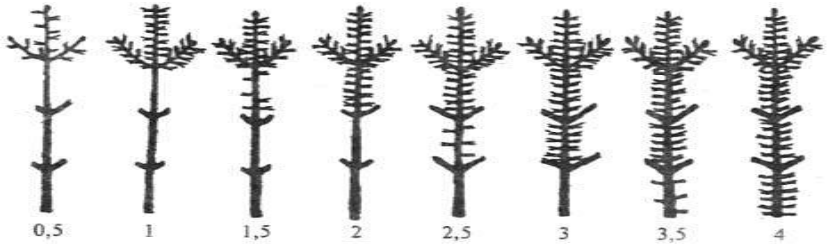


Рисунок 3. Определение продолжительности жизни хвои. Цифра под рисунком – соответствует максимальному возрасту хвои на побеге

Максимальный возраст хвои	Класс повреждения хвои на побегах 2-го года жизни		
	1	2	3
4	I	I - II	III
3	I	II	III - IV
2	II	III	IV
1	-	IV	V - VI

Классы воздуха:
I – идеально-чистый **II – чистый** **III – относительно-чистый**
IV - загрязненный (вредный) **V – грязный (опасный)** **VI – очень грязный**

Таблица 4

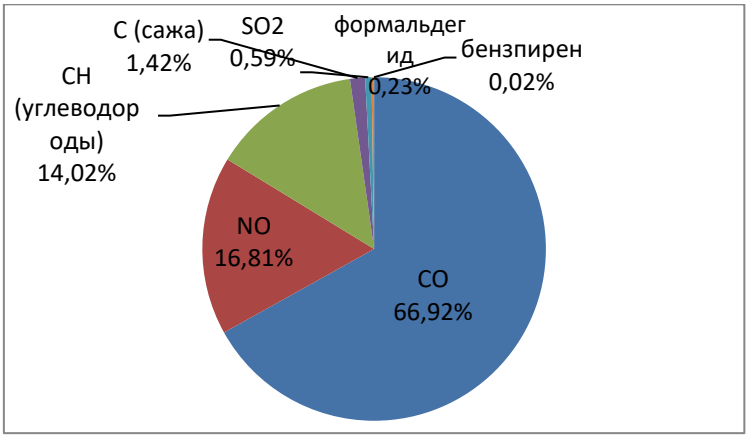


Рисунок 4. Состав и количество выбросов вредных веществ

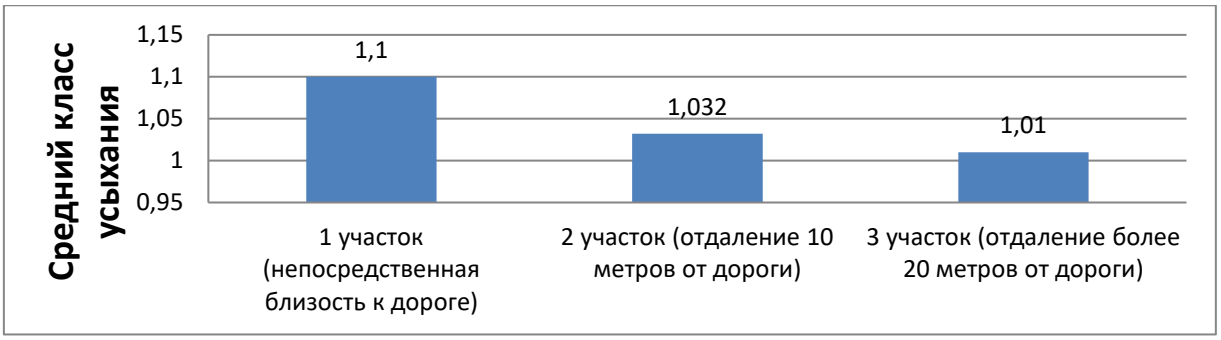


Рисунок 5. Средние значения класса усыхания хвои сосны обыкновенной на разном удалении от дороги

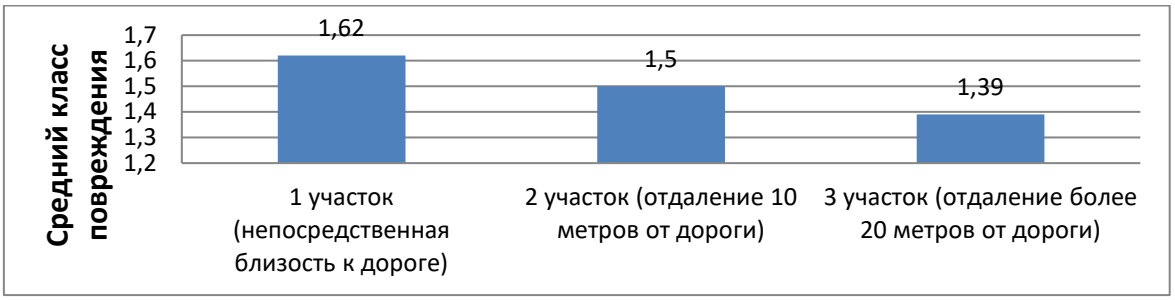


Рисунок 6. Средние значения класса повреждения хвои сосны обыкновенной на разном удалении от дороги

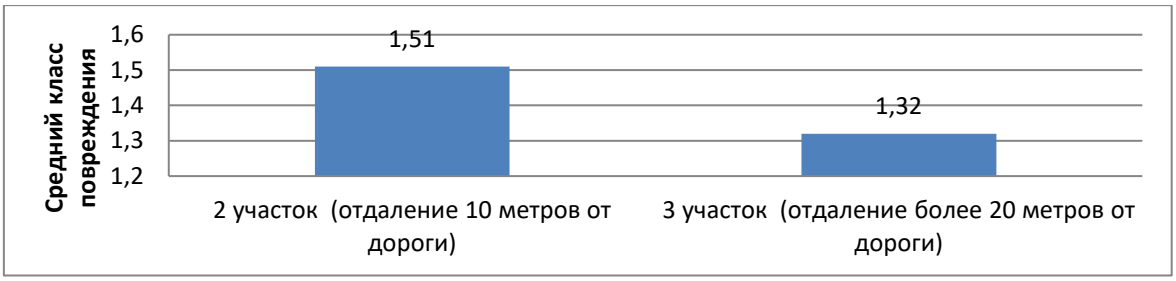


Рисунок 7. Средние значения класса повреждения хвои сосны обыкновенной на разном удалении от дороги



Рисунок 8. Средние значения класса усыхания хвои сосны обыкновенной на разном удалении от дороги



Рисунок 9. Средние значения класса усыхания хвои сосны обыкновенной на разном удалении от дороги

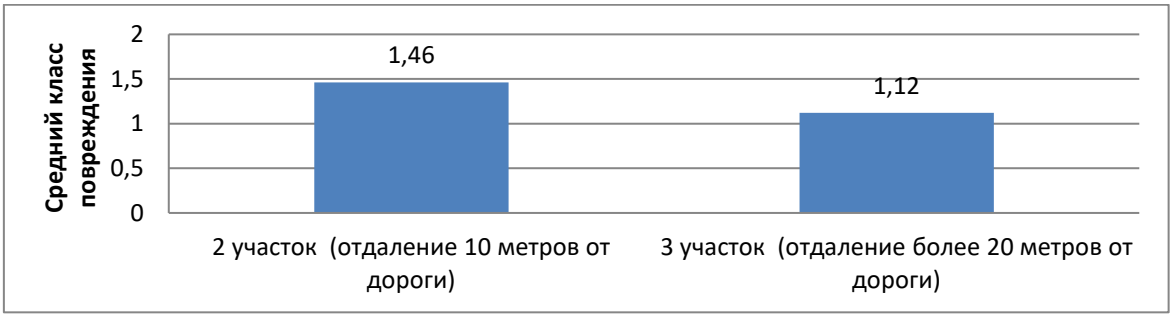


Рисунок 10. Средние значения класса повреждения хвои сосны обыкновенной на разном удалении от дороги



Рисунок 11. Зонирование Тверицкого бора по качеству воздуха