

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
Средняя общеобразовательная школа с. Мичуринское им В. К. Арсеньева  
Хабаровского муниципального района  
Хабаровского края

**Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха по состоянию  
хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), произрастающей в лесном  
массиве на территории Мичуринского сельского поселения.**

**Выполнила:**

Ляшенко Аделина  
Максимовна, ученица 5 класса  
МБОУ СОШ с.Мичуринское  
им В. К. Арсеньева, участница  
детского объединения  
«Школьное лесничество  
«Растим лес вместе»»

**Руководитель:**

Политаева Наталья  
Владимировна, учитель  
биологии МБОУ СОШ с.  
Мичуринское им В. К.  
Арсеньева, руководитель  
школьного лесничества  
«Растим лес вместе».

Оглавление	
Введение.....	3
Глава 1. Теоретическая .....	4
1.1. Биоиндикация. Анализ литературы.....	4
1.2. Автомобильный транспорт – один из основных источников загрязнения окружающей среды. Анализ литературы.....	4
1.3. Сосна обыкновенная в лесных насаждениях на территории Мичуринского сельского поселения, как индикатор загрязнения окружающей среды.....	6
1.4 Сосна обыкновенная преобладающая порода в составе лесных насаждений в районе села Воронежское 1 .....	7
Глава 2. Практическая .....	8
2.1. Выбор двух экспериментальных лесных участков в зеленой зоне города Хабаровска, около села Воронежское-1, в границах Мичуринского сельского поселения .....	8
2.2. Методы исследования.....	9
2.3. Оценка загрязненности атмосферы по состоянию хвои сосны обыкновенной .....	9
2.4. Выявление величины автотранспортной нагрузки.....	11
Заключение .....	12
Используемые источники.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Приложение .....	14

## **Введение**

Мы живем в одном из красивейших районов Хабаровского края. Мичуринское поселение Хабаровского муниципального района Хабаровского края, находится в северных окрестностях города Хабаровска.

Въезжая в наше поселение, мы попадаем в лесной массив, который состоит из естественных и искусственных посадок сосны обыкновенной. Сосны посажены рядами, что свидетельствует об искусственном создании (лесопосадках) этих насаждений, выполняющих роль «легких» г. Хабаровска. Развитая зона отдыха вдоль Амурской протоки, богатый лесной массив, Приамурский зоосад, многочисленные базы отдыха – это и привлекает в наш район гостей и жителей родного края, с развитием зоны отдыха, нагрузка на автотрассу увеличилась, что повлекло за собой изменение окружающей среды. Насколько чист воздух на территории нашего поселения?

Я решила найти ответ на этот вопрос, используя метод биоиндикации по состоянию хвои сосны обыкновенной.

**Актуальность** исследования заключается в необходимости простого, доступного и эффективного метода оценки загрязнения атмосферного воздуха.

**Место** исследования: лесопарковая зона в границах Мичуринского поселения Хабаровского муниципального района, Хабаровского края.

**Объект** исследования: два экспериментальных участка в лесопарковой зоне города Хабаровска, в границах Мичуринского сельского поселения (земли лесного фонда Лесопаркового участкового лесничества Хабаровского лесничества).

**Предмет** исследования: хвоя сосны обыкновенной, произрастающей на двух лесных участках являющихся объектами исследования.

**Сроки** проведения: июнь - ноябрь 2025 г.

**Гипотеза:** чем выше степень загрязнения окружающей среды, тем хуже состояние хвои сосны обыкновенной.

**Цель:** изучить экологическое состояние атмосферного воздуха на территории Мичуринского сельского поселения, используя в качестве биоиндикатора сосну обыкновенную.

Я поставила следующие **задачи:**

1. Изучить литературу по данной теме и подобрать методики исследования.
2. Выбрать участки в лесном массиве для исследования, на разном расстоянии от автотрассы.
3. Измерить биометрические параметры сосны обыкновенной, провести анализ полученных данных.
4. Дать оценку состояния атмосферы.

5. Определить влияние газообразных выбросов автомобильного транспорта на хвойные растения лесного массива на территории Мичуринского поселения.

**Методы исследования:**

- эмпирический (наблюдение, сравнение, описание, измерение);
- теоретический;
- исследовательский (проведение эксперимента, исследовательский поиск).

## **Глава 1. Теоретическая**

### ***1.1. Биоиндикация. Анализ литературы.***

В своей работе «Биоиндикация и биотестирование – методы познания экологического состояния окружающей среды» Ашихмина Т.Я. отмечает, что Биоиндикация (bioindication) – значит обнаружение и определение значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов в среде их обитания.[2]

В работе «Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование» авторы Мелехова О.П., Егорова Е.И. считают биологические индикаторы, обладают признаками, свойственными системе или процессу, в настоящее время можно считать общепринятым, что основным индикатором устойчивого развития в конечном итоге является качество среды обитания.[7]

Биоиндикаторы (от био и лат. *indico* – указываю, определяю) – организмы, присутствие, количество или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания. Статья «Биоиндикация как метод исследования экосистем» автор Кушбокова Д.А. Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик.[5]

Биоиндикаторы могут быть использованы в первую очередь для оценки качества воздуха, воды, диагностики почв, для обнаружения начального изменения состава воздуха наиболее пригодны растения, в том числе низшие.. Оценку чистоты воздуха можно проводить с помощью высших растений. Например, голосеменные – отличные индикаторы чистоты атмосферного воздуха.

### ***1.2. Автомобильный транспорт – один из основных источников загрязнения окружающей среды. Анализ литературы***

Атмосферный воздух, вода вот главные показатели качества окружающей среды, которые влияют на здоровье и комфорт жизни людей. Личные автомобили в настоящее время формирует почти половину объема выбросов в атмосферу. Автомобильный транспорт выделяет 60%

газообразных загрязнителей воздуха. В состав выхлопных газов карбюраторных и дизельных двигателей входит до 200 химических соединений, из которых наиболее токсичны Pb, COx, NOx, CxHy, бенз(а)пирен - C20H12. Большое количество углеводородов содержится в выхлопных газах, их доля резко возрастает, если двигатель работает на малых оборотах или в момент увеличения скорости. Изучив литературные источники (работы В.И. Артамонова, А.Л. Яншина) я узнала, что из выхлопной трубы автомобиля выбрасывается около 40 кг веществ, загрязняющие атмосферу и почву. Основная причина загрязнения воздуха заключается в неполном сгорании топлива: всего 15% его расходуется на движение, а 85% выбрасывается в атмосферу в переработанном виде. Ежегодно количество автомобилей увеличивается. По имеющимся данным в 2024 году на каждую тысячу жителей Хабаровского края приходилось 325,5 личных автомобиля.[10]



Рис1. Число собственных легковых автомобилей по субъектам Российской Федерации в 2024 году

Таблица 1

Число собственных легковых автомобилей на 1000 человек населения

годы	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>Российская Федерация</b>	<b>312,9</b>	<b>318,2</b>	<b>324,5</b>	<b>326,9</b>	<b>332,1</b>	<b>340,0</b>
<b>Дальневосточный федеральный округ</b>	<b>324,5</b>	<b>333,7</b>	<b>344,4</b>	<b>350,3</b>	<b>357,5</b>	<b>370,7</b>
Республика Бурятия	259,4	264,8	271,2	271,6	274,8	280,9
Республика Саха (Якутия)	230,5	228,4	229,2	229,2	231,3	245,7
Забайкальский край	293,5	296,5	312,3	318,6	322,7	342,6
Камчатский край	538,2	551,8	564,5	576,2	584,5	596,9
Приморский край	447,3	461,2	477,7	491,9	505,6	525,9
<b>Хабаровский край</b>	<b>273,6</b>	<b>292,5</b>	<b>302,6</b>	<b>308,2</b>	<b>315,0</b>	<b>325,5</b>
Амурская область	291,3	299,0	309,7	312,4	322,3	331,0
Магаданская область	371,3	377,2	386,1	391,0	396,4	396,0
Сахалинская область	329,4	342,4	353,1	355,4	360,3	364,8

Еврейская автономная область	248,5	262,1	278,3	293,8	313,6	336,2
Чукотский автономный округ	112,2	115,7	116,0	117,3	119,4	122,6

Сведения в таблице 1 представлены по данным МВД России о числе зарегистрированных легковых автомобилей, находящихся в собственности граждан.[10]

Преграждая путь потокам воздуха, насаждения задерживают пыль и вредные газообразные вещества. Тем самым выполняют роль естественных фильтров, которые очищают воздух от вредных веществ. «Растения, произрастающие в городе, страдают от выхлопных газов автомобилей. Они рано стареют, редуют и уродуется их крона, преждевременно желтеют и опадают листья. Если сосны растут вблизи промышленного предприятия, то хвоя желтеет отмирает и опадает тем быстрее, чем сильнее загрязнен воздух. В нормальных условиях место произрастания хвоя сосны обыкновенной отмирает и опадает через 3–4 года, тогда как вблизи от промышленных предприятий значительно раньше.»[1] Также Артамонов В.И. считает, что «Хвойные породы особенно сильно страдают от сернистого газа SO<sub>2</sub>. Путем учета продолжительности жизни хвои и характера некрозов можно определить степень поражения хвойных насаждений сернистым газом».[1]

Таблица 2.

Чувствительность сосны обыкновенной к длительному загрязнению воздуха (по Артамонову В.И.) [1]

основные загрязнители	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	HCl, Cl <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
Степень чувствительности	очень чувствительная	чувствительная	очень чувствительная	чувствительная

### *1.3. Сосна обыкновенная в лесных насаждениях на территории Мичуринского сельского поселения, как индикатор загрязнения окружающей среды*

Лесной массив, в границах территории Мичуринского сельского поселения находится в 1 километре от конечной остановки городского транспорта. Вдоль трассы тянутся насаждения сосны обыкновенной, со множеством лесных богатств - грибами, орехами, папоротником, лекарственными растениями. Растительность нашей территории относится к северной подзоне зоны хвойно-широколиственных смешанных лесов. В составе насаждений встречается бархат амурский, ясень маньчжурский, орех маньчжурский, несколько видов лип, в подлеске лещина, лимонник

китайский, рябинник рябинолистный. Важную роль наша лесополоса играет в очистке атмосферы от городской пыли и примесей газа. Растения собирают на поверхностях листьев, ветках и стволах частицы пыли. При этом накопление этих частиц зависит не только от температуры и влажности воздуха, скоростью ветра, но и древесных пород в составе насаждений. Таким образом хвойные породы в 30 раз, а берёза в 2,5 раза больше задерживает пыли, чем осина.

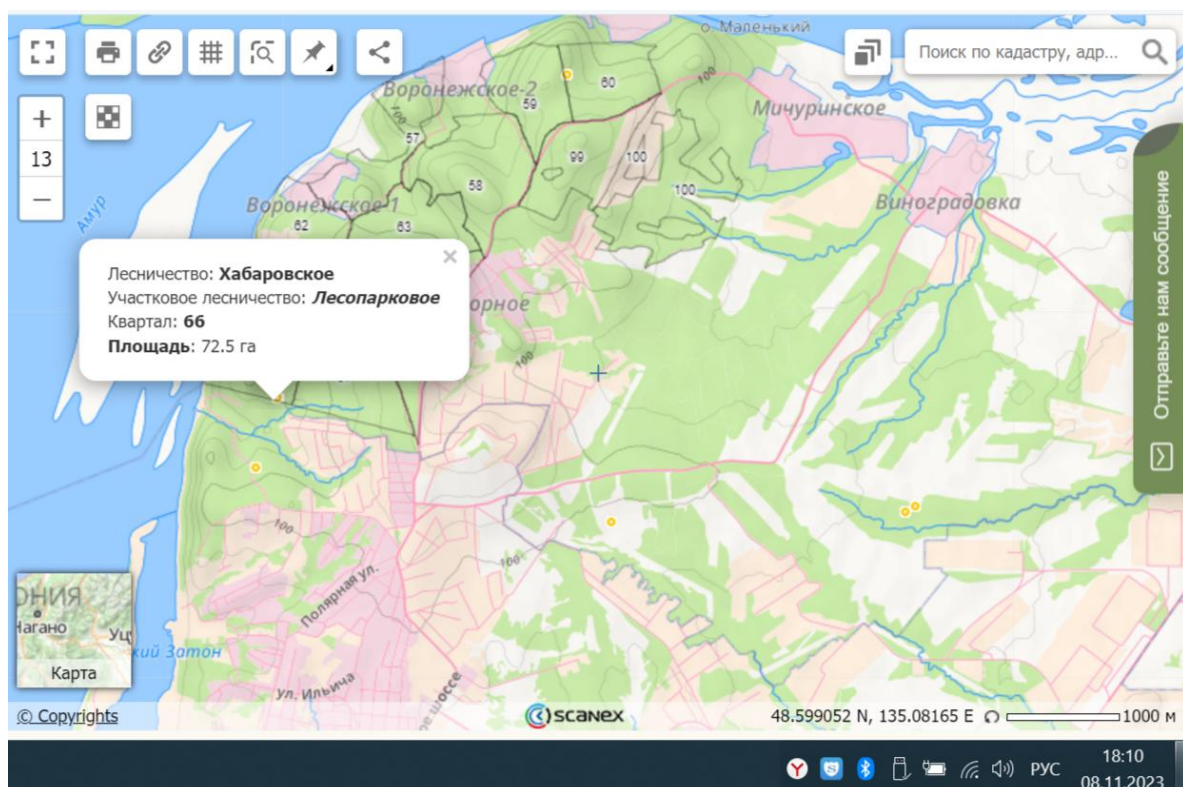


Рис. 2 Карта Мичуринского сельского поселения.

1.4 Сосна обыкновенная преобладающая порода в составе лесных насаждений в районе села Воронежское 1

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид
Голосеменные (Gymnospermae)	Хвойные (Pinopsida)	Сосновые (Pinales)	Сосновые (Pinaceae)	Сосна Pinus	Сосна обыкновенная (Pinus sylvestris).

Самый распространенный вид сосны в России – сосна обыкновенная (Pinussylvestris). Основные площади и запасы древесины на Дальнем Востоке сосредоточены в Амурской области, в Хабаровском крае сосняков очень мало. Дальневосточные леса с преобладанием сосны обыкновенной занимают всего лишь 0,7% общей лесопокрытой площади Дальнего Востока. На долю Хабаровского края приходится около 30% общей площади дальневосточных сосняков. Сосна обыкновенная это вечнозеленое, стройное

хвойное дерево, достигающее 30-35 м, иногда 40 м высоты, и 80-100 см в диаметре ствола, с ветвями располагающимися на стволе мутовчато, настолько, что по числу мутовок можно определить возраст дерева. Начиная с 8-10 лет нижние мутовки у сосны отмирают.

Кора на молодых экземплярах и ветвях сероватая или серовато-бурая, кора красно-бурая. По мере старения дерева она принимает желто-красную окраску и начинает отслаиваться тонкими пластинками. Такой вид коры сохраняется в верхней части ствола до старости. В нижней же части старых стволов кора толстая темно-бурого цвета, глубоко трещеноватая.

Хвоя сизо-зеленого цвета, в поперечном разрезе плоско-выпуклая узколинейная шириной около 2 мм, жесткая, мелкопильчатая по краям, 3-7 см длиной. Побеги двоякого вида удлинённые и укороченные. На удлинённых побегах хвоя сидит одиночно, а на укороченных – в пучках по две штуки в каждом, причем пучки расположены на побегах спирально. Держится она 2-3 года, после чего опадает вместе с укороченными побегами. В пучках хвоя появляется обычно на третьем году жизни растения.

Сосна обыкновенная очень чувствительна к уровню содержания вредных ядовитых газообразных веществ в воздухе, которые выбрасывают в атмосферу трубы ТЭЦ, некоторых заводов и фабрик, выхлопные трубы автомобилей. В особенности вреден для нее сернистый газ. Можно наблюдать, какой жалкий, угнетенный вид имеют старые сосны в больших городах и поблизости от некоторых вредных производств. У таких деревьев много сухих отмерших веточек, а те, что остались в живых, покрыты поврежденной, короткой и редкой хвоей.

Иногда живой хвои совсем мало. Деревья кажутся больными, погибающими. Сернистый газ, проникая внутрь хвоинок через устьица, вызывает отравление живых тканей, в результате этого, хвоя почти не снабжает дерево органическими веществами.



Рис 3 Ветка сосны .

## **Глава 2. Практическая**

### ***2.1. Выбор двух экспериментальных лесных участков в зеленой зоне города Хабаровска, около села Воронежское-1, в границах Мичуринского сельского поселения***

Для своего исследования мы выбрали два экспериментальных лесных участка. Участок 1 – на расстоянии 2-3 м от автотрассы и участок 2 – на расстоянии 200 м. на этих участках преобладает сосна обыкновенная. Вдоль

автотрассы расположены центры активного отдыха, детские оздоровительные центры, мне стало интересно, влияют ли выбросы автотранспорта на чистоту атмосферы в зоне отдыха детей.

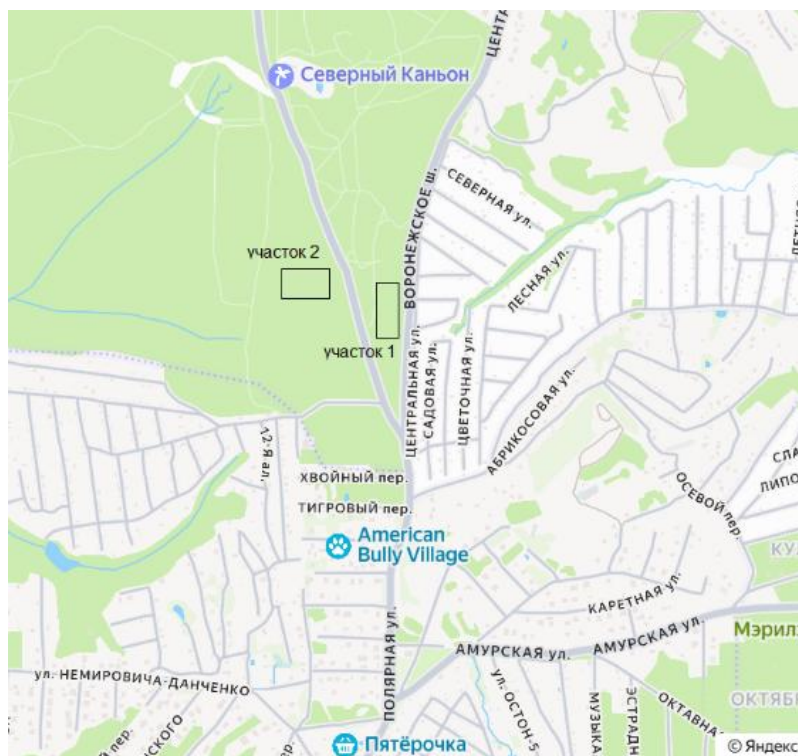


Рис.4 Карта с экспериментальными лесными участками, где проводились исследования.

## ***2.2. Методы исследования***

В практической части для мы применили методики «Измерение автотранспортной нагрузки» и «Определение состояния хвои сосны обыкновенной для оценки загрязнённости атмосферы». Для измерения автотранспортной нагрузки был использован метод подсчёта различных типов автомобилей два раза в сутки (в 9 и 17 часов), в выходной день и будний, на определенном участке автомобильной трассы. Интенсивность движения определялась методом подсчета автомобилей в течении 20 минут в 9 и 17 часов. Далее было вычислено среднее количество автомобилей, при этом отдельно учитывался тип автомобиля (легкий грузовой, средний грузовой, тяжелый грузовой, автобус и легковой).

Используя методику индикации чистоты атмосферы по хвое сосны мы отобрали пары хвоинок с нескольких боковых побегов в средней части кроны 10 деревьев сосны в 25–30-летнем возрасте. Всю хвою разделили на 3 части: неповреждённая хвоя (1 класс); хвоя с пятнами (2,3 класс); хвоя с признаками усыхания (4 класс).

## ***2.3. Оценка загрязненности атмосферы по состоянию хвои сосны обыкновенной***

Таблица 3.

Результаты обследования представлены в следующей таблице:

	<b>Участок 1</b>	<b>Участок 2</b>
Общее число обследованных хвоинок	200	200
Количество хвоинок с пятнами	80	60
Процент хвоинок с пятнами	40%	30%
Количество хвоинок с признаками усыхания	88	72
Процент хвоинок с признаками усыхания	44%	36%
Здоровые	32	68
Процент здоровых хвоинок	16%	34%



Рис.5 Результат обследования на участке 1



Рис 6. Результат обследования на участке 2

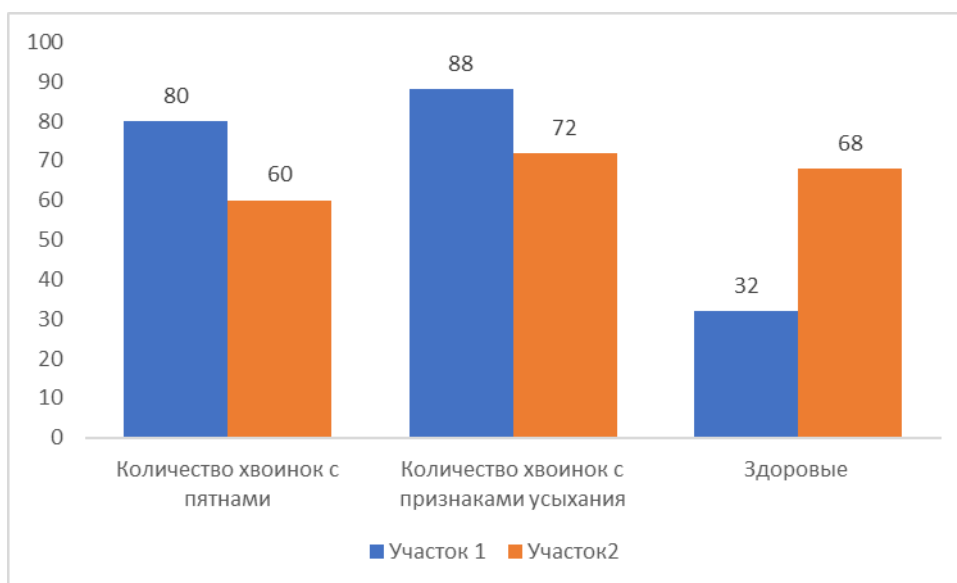


Рис 7. Сравнительная диаграмма двух участков.

Таким образом, можно сделать вывод, что процент поражённых хвоек на участке 1 выше, чем на участке 2.

#### **2.4. Выявление величины автотранспортной нагрузки.**

Величину автотранспортной нагрузки мы определили подсчитав автомобили разных типов на участке дороги в районе села Воронежское-1 проходящей вдоль леса. Отдельно считали легковые автомобили, автобусы, легкие грузовые, средние грузовые и тяжелые грузовые автомобили. В результате я убедилась, что трасса проходящая вдоль леса загружена автомобилями. За час наблюдения были получены следующие результаты.

Таблица 4

Величина транспортной нагрузки(в час)

автотранспорт	будний день	выходной
легковые	38	78
автобусы	1	1
легкие грузовые	5	7
средние грузовые	3	5
тяжелые грузовые	28	3

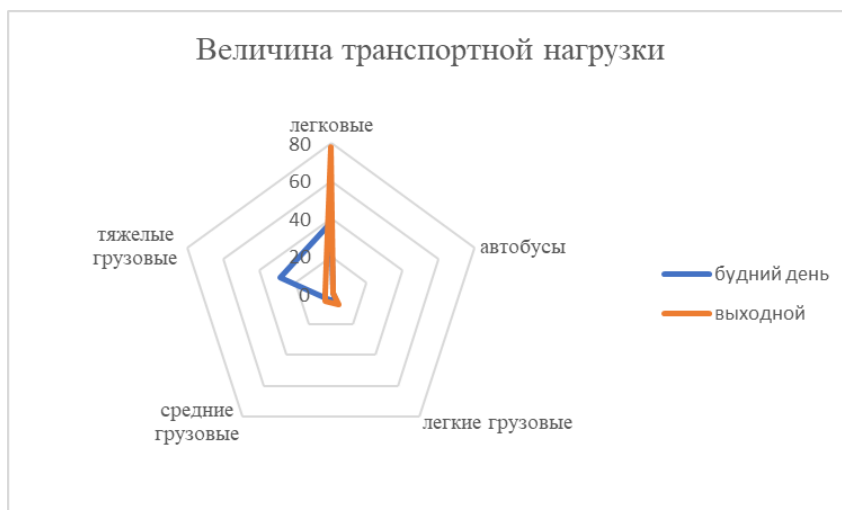


Рис.7 Величина транспортной нагрузки

Таким образом, мы сделали вывод, что в выходной день движение легкового транспорта преобладает над грузовым, так как в селе Воронежское 2 находится Приамурский зоосад им В. П. Сысоева, а вдоль Амурской протоки несколько баз активного отдыха. В будние дни преобладает движение грузовых автомобилей, так как в селе Виноградовка расположен карьер по добыче речного песка.

### Заключение

В рамках исследовательской работы мы изучили состояние атмосферного воздуха на территории Мичуринского поселения, используя в качестве биоиндикатора сосну обыкновенную. Гипотеза доказана, чем выше степень загрязнения атмосферного воздуха, тем хуже состояние хвои сосны обыкновенной. Таким образом наши леса нуждаются в нашей заботе и защите.

Нами было проведено не только исследование на выбранных участках, но и силами детского объединения «Школьное лесничество «Растим лес вместе»» провели небольшую уборку мусора в лесном массиве. А также провели экологический урок с учениками группы продленного дня «Сила леса», в рамках которого познакомили младших школьников с ролью и функциями леса в жизни природы и человека, вдохновили ребят относиться к ценному ресурсу и совершать посильные действия для восстановления и сохранения лесов.

Вместе мы сможем сохранить лес для настоящего и будущего поколений.

## Используемые источники

1. Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. Академия наук СССР. — Москва : «Наука», 1986. — 172 с.
2. Ашихмина Т.Я. и др. Биоиндикация и биотестирование – методы познания экологического состояния окружающей среды. – Киров, 2005
3. Ашихмина Т.Я. Школьный экологический мониторинг: Учебно-метод. пособие. – М.: АГАР, 2000.
4. Великий Р.С. Естественное возобновление сосны обыкновенной как объекта мониторинга состояния природной среды окрестностей города Свободный (Амурская область) // Региональные проблемы. 2023. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/estestvennoe-vozobnovlenie-sosny-obyknovennoy-kak-obekta-monitoringa-sostoyaniya-prirodnoy-sredy-okrestnostey-goroda-svobodnyy> .
5. Кушбокова Д. А. Биоиндикация как метод исследования экосистем // Достижения вузовской науки. 2013. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bioindikatsiya-kak-metod-issledovaniya-ekosistem>
6. Леса высокой природоохранной ценности. <https://hcvf.ru/ru/maps/hcvf-khab>
7. Мелехова О.П., Егорова Е.И. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. – М., 2007
8. Мир карт. <https://миркарт.рф/карты?id=228>
9. Распоряжение Правительства Хабаровского края от 14.08.2023 № 520-рп "О ходе реализации приоритетного (флагманского) направления развития края "Край комфортного проживания" на период до 2026 года и на перспективу до 2030 года: Опорный проект "Зеленое будущее края" <http://publication.pravo.gov.ru/document/2700202308170001>
10. Федеральная служба государственной статистики. Регионы России. Социально-экономические показатели количество собственных автомобилей  
<https://rosstat.gov.ru/statistics/transport>
11. Энциклопедия для детей. Т. 17. Биология. – М.: Аванта+, 2000.4



Рис.1 Обследование участков



Поврежденные хвоинки



Рис. Экологический урок «Сила леса»