ВСЕРОССИЙСКИЙ МОЛОДЕЖНЫЙ КОНКУРС ПО ПРОБЛЕМАМ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ, ЭКОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ «ЮНЭКО»

Направление: экология

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В МИКРОРАЙОНАХ НОВОСИБИРСКА МЕТОДОМ БИОИНДИКАЦИИ ПО ХВОЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (PÍNUS SYLVÉSTRIS)

Соискатель:
Чебунина Александра Максимовна,
обучающаяся 10 «А» класса МБОУ СОШ №160
Научный руководитель:
Шевчук Оксана Сергеевна,
учитель биологии в.к.к. МБОУ СОШ №160
Место выполнения работы:
Новосибирск, МБОУ СОШ №160

2026 год

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
Глава I. ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА 4
1.1.Физико-географическая характеристика города Новосибирска 4
1.2. Оценка экологического состояния города Новосибирска 4
ГЛАВА II. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....5
2.1 Морфобиологическая характеристика сосны обыкновенной (Pínus sylvéstris) 5
2.2 Сосна обыкновенная как биоиндикатор чистоты атмосферного воздуха.....6
2.3 Методика определения степени загрязнения воздуха по состояния хвои сосны обыкновенной ..7
ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В МИКРОРАЙОНАХ НОВОСИБИРСКА МЕТОДОМ БИОИНДИКАЦИИ ПО ХВОЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (PÍNUS SYLVÉSTRIS)…….....7
3.1 Экологическое описание исследуемых площадок…….....7
3.2 Результаты оценки степени загрязнения атмосферного воздуха в микрорайонах Новосибирска методом биоиндикации по хвое сосны обыкновенной (Pínus sylvéstris)……...8
3.3 Выводы……..…..9
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……..10
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК……..11
ПРИЛОЖЕИИЕ …….....12

ВВЕДЕНИЕ

В условиях нарастающей актуальности глобальных экологических проблем мониторинг состояния окружающей среды приобретает фундаментальное значение. Интенсивный рост количества автомобилей, работа промышленных предприятий и ТЭЦ приводят к ухудшению экологической обстановки, при этом качество воздуха в разных микрорайонах города неодинаково, а мониторинг атмосферы с помощью специальных приборов требует дорогостоящего оборудования, которое недоступно для проведения регулярных исследований.

Одним из ключевых подходов к интегральной оценке качества экосистем является биоиндикация — метод, основанный на оценке реакции живых организмов с известной экологической валентностью на кумулятивное воздействие стресс-факторов среды. В этом контексте сосна обыкновенной (Pínus sylvéstris) представляет собой уникальный объект для исследования, так как характеризуется широким ареалом распространения, охватывающим лесные массивы Сибири и Дальнего Востока, а также значительной долей участия в формировании лесного фонда. Ключевым свойством, определяющим его индикаторную ценность, является низкая толерантность к газообразным поллютантам (SO_2, NO_x, озон), аэрозолям тяжёлых металлов и хроническому радиационному воздействию, что находит отражение в специфических морфо-анатомических и физиолого-биохимических изменениях ассимиляционных органов.

Цель данного проекта заключается в анализе степени загрязнения атмосферного воздуха методом биоиндикации в микрорайонах Новосибирска методом биоиндикации по хвое сосны обыкновенной (Pínus Sylvéstris)

Задачи:

1. Проанализировать экологическую ситуацию в микрорайонах города Новосибирска на основе информационных источников
2. Отобрать образцы на выбранных территориях и провести анализ материала
3. На основе полученных данных сделать вывод о степени загрязнения воздуха исследуемых территорий.

Объект исследования: хвоя сосны обыкновенной (Pínus Sylvéstris)

Предмет исследования: уровень загрязнения воздуха в микрорайонах города Новосибирска

Гипотеза: степень загрязнения атмосферного воздуха в исследуемых микрорайонах г. Новосибирска находится в пределах нормы

Методы исследования: эксперимент, сравнение, обобщение, математический анализ

Исследование проводилось на базе школьной лаборатории МБОУ СОШ № 160 с августа по сентябрь 2026 года.

Глава I. ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА

1.1 Физико-географическая характеристика города Новосибирска

Город Новосибирск расположен в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины, при выходе из нее на предгорья Алтая, в месте слияния реки Обь и ее притоков. Площадь городской черты составляет около 503 км². Город протянулся вдоль русла Оби более чем на 40 км.

Река Обь делит Новосибирск на две части: правобережную (более возвышенную и сильно расчлененную оврагами и балками) и левобережную (низменную, равнинную). Рельеф города в целом плоский, с незначительным уклоном к реке Оби и Новосибирскому водохранилищу (Обскому морю). Помимо Оби, по территории города протекают реки Иня, Каменка, а также ряд мелких речек и ручьев, (например, Ельцовка, Зырянка, Камышенка) большинство из которых частично или полностью заключены в коллекторы. Наличие крупных водных артерий и водохранилища оказывает существенное влияние на местный микроклимат, повышая влажность воздуха и влияя на рассеивание загрязняющих веществ.

Климат

Климат Новосибирска — резко континентальный, характеризующийся холодной зимой и жарким летом. Географическое положение в центре Азиатского материка, вдали от смягчающего влияния океанов, обуславливает значительные годовые и суточные амплитуды температуры воздуха.

Средняя температура самого холодного месяца (января) составляет около –17…–19 °C, однако в самые холодные дни может опускаться до –35…–40 °C. Лето короткое, но жаркое: средняя температура июля +19…+20 °C, а в периоды аномальной жары может достигать +35 °C и выше. Годовая сумма осадков составляет около 400–450 мм, причем максимум приходится на теплый период года. Устойчивый снежный покров образуется в ноябре и сохраняется до апреля.

Особенности климата, влияющие на загрязнение воздуха

Для Новосибирска характерны частые штили (слабые ветры) и температурные инверсии, особенно в холодный период года. Инверсии (когда теплый воздух оказывается ниже холодного) действуют как «крышка», препятствуя вертикальному перемешиванию атмосферы и рассеиванию выбросов. В такие периоды в городе часто объявляется режим неблагоприятных метеорологических условий (НМУ). Преобладающие ветры в зимний период имеют южное и юго-восточное направление, что способствует переносу загрязняющих веществ от промышленных зон и автомагистралей в жилые массивы.

1.2. Оценка экологического состояния города Новосибирска

Несмотря на то, что показатель индекса загрязнения в Новосибирске за последние 30 лет снизился почти в четыре раза, общая экологическая ситуация в городе остается довольно нестабильной.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха Новосибирской области на протяжении ряда лет являются предприятия отрасли производства, передачи и распределения электроэнергии, газа, пара и горячей воды и автомобильный транспорт [4]. За последние пять лет на территории Новосибирской области наблюдается увеличение валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (в 2025 г. по сравнению с 2021 г. выбросы увеличились на 69,4%). Максимальный рост выбросов от автотранспорта за последние пять составил 196,2% в 2025 г по сравнению с 2024 годом, выбросы от стационарных источников увеличились на 12,09%.

Среднегодовые концентрации взвешенных веществ, формальдегида в 2025 году превысили соответствующие гигиенические нормативы. Наиболее загрязненными являются Заельцовский

район и Первомайский район, где среднегодовые концентрации взвешенных веществ составили 2,6 ПДК и 2,4 ПДК соответственно. Наибольшие среднегодовые концентрации формальдегида отмечены в Центральном районе - 7,1 ПДК и Дзержинском районе - 5,7 ПДК. В целом по городу среднегодовые концентрации серы диоксид, азота диоксид, оксид углерода, азота оксид, сероводорода, фенола, фтористого водорода, аммиака и углеродсодержащего аэрозоля ниже ПДК [4].

Современное состояние поверхностных водных объектов и прибрежных территорий не соответствует действующим экологическим и градостроительным требованиям, например, отмечается увеличение концентрации железа общего, а также обнаруживается марганец, высокие концентрации ионов аммония, соединений меди, цинка, ртути. Однако по результатам мониторинга за качеством воды открытых водоемов в 2025 году можно отметить, что показатели качества воды водоемов по санитарно-химическим критериям улучшились на 8,46% (в 2024 г. процент нестандартных проб составил – 13,46%).

В связи с интенсивным антропогенным воздействием в зонах улично-дорожной сети и промышленных зонах отмечается тенденция к снижению качества почвы в черте города. В пробах определяется наличие 12-ти тяжелых металлов, кроме этого определяется pH, содержание нефтепродуктов, нитратов и фторидов.

ГЛАВА II. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Морфобиологическая характеристика сосны обыкновенной (Pínus sylvéstris)

Сосна обыкновенная, одно из самых часто встречающихся хвойных растений. Это притягивающее взгляд декоративное дерево с вечнозеленой кроной, часто используемое в ландшафтном дизайне.

У молодых растений данного вида крона рыхло-конусовидная, с возрастом она сменяется на шаровидную либо зонтиковидную, прямым стволом, высотой до 25-40 м. Ствол покрывает буро-красная глубокотрещиноватая кора, а ветки — тонко шелушащаяся светло-желтая либо бледно-красная. Годовой прирост в высоту около 30-40 см., в ширину около 15 см. Хвоя расположена в пучках по 2, голубоватого или серо-зеленого оттенка. Шишки небольшие яйцевидно-конические, 2,5-7 см. длиной, 2-3 см. шириной.

Форма кроны меняется по мере роста дерева в зависимости от среды произрастания. У взрослых сосен снизу ствола плотная, чешуйчатая структура коры коричневого цвета, вверху — красновато-бурая. Зеленого цвета побеги становятся коричневыми через два года. Окрас хвойных иголок варьируется от серо-зеленоватого до изумрудного. Декоративные формы могут иметь необычные золотистые и голубовато-сизые цвета иголок [6].

Корневая система сосны обыкновенной весьма пластична и может изменяться в зависимости от типа почв: на песчаных и супесчаных почвах – глубокая, стержневая, с главным и боковыми «якорными» корнями; на плотных глинистых и холодных торфянистых почвах – поверхностная. Корневой системе сосны присуща хорошо развитая микориза.

Вид имеет самый обширный ареал из всех видов сосен. Произрастает как на равнине, так и в горах (поднимается до высоты 2100 м), образуя либо чистые сосновые леса (боры), либо смешанные насаждения. В таёжных лесах европейской части России и в Сибири она часто растёт вместе с елями европейской и сибирской, пихтой сибирской, сосной кедровой сибирской, лиственницами сибирской и Гмелина, дубами черешчатым и скальным и другими породами [6].

К климату сосна обыкновенная нетребовательна. Она может расти как в суровом климате севера, так и в жарком климате степей. Способна переносить сильные засухи, сухость воздуха и почвы. Не страдает от поздних весенних заморозков и может поселяться на открытых пространствах первой, т. е. является породой-пионером. Очень светолюбива, зимостойка, ветроустойчива (за исключением, если местом произрастания являются заболоченные почвы). К почвенному плодородию нетребовательна: довольно успешно растёт на бедных и сухих песчаных почвах, на каменистых породах в горах, на меловых отложениях и торфяно-болотных почвах. Однако лучшее развитие получает на свежих супесчаных и легкосуглинистых почвах, а также на деградированных чернозёмах. Плохо переносит уплотнение почвы. Порода быстрорастущая. Максимальный прирост в высоту наблюдается в возрасте 15–25 лет, в 40–50 лет он замедляется, а к старости становится совсем незначительным. Продолжительность жизни до 300–350 лет.

2.2 Сосна обыкновенная как биоиндикатор чистоты атмосферного воздуха

Биоиндикация – это оценка состояния окружающей среды по реакции живых организмов (растения, животные). Сущность биоиндикации заключается в том, что определенные факторы среды создают возможность существования того или иного вида. Виды, которые позволяют выявить специфические особенности среды, называют индикаторами. При изучении степени загрязнения окружающей среды важна реакция организмов на загрязнители. Систему наблюдений за этой реакцией называют биологическим мониторингом.

В условиях города естественные экосистемы трансформируются, и особую ценность приобретают местные хвойные породы, в первую очередь — сосна обыкновенная (Pinus sylvestris).

Сосна обыкновенная является аборигенным видом для новосибирских лесов (особенно на песчаных почвах правого берега). В городской среде она выступает не только как важнейший компонент ландшафта и фитонцидное растение, но и как отличный биоиндикатор. Хвоя сосны живет в среднем 3–5 (иногда до 7) лет, что позволяет накапливать в себе загрязняющие вещества (диоксид серы, тяжелые металлы, пыль, фтор) за длительный период. Сосна обладает также биоаккумулирующей способностью для ряда металлов, соединения которых поглощаются корневой системой из почвы. Ввиду малой поверхности листа, утолщенной кожицы и малого количества устьиц вынос поглощенных микроэлементов с поверхности листовой пластинки сосны при испарении влаги и газообмене с атмосферой очень мал. За время жизни хвои (4–6 лет, в зависимости от условий произрастания дерева) в ее массе накапливаются характерные для данной местности микроэлементы в количествах, достаточных для аналитического определения [3].

На загрязненность воздуха эти деревья реагируют появлением хлорозов (пятен с измененной окраской) и некрозов (отмирания, усыхания) хвои. При дальнейшем негативном действии хвоинки буреют, засыхают и опадают – происходит дефолиация (опадание листвы/хвои). Чем старше возраст хвоинок, тем больше в них накапливается токсинов из воздуха и с тем большей вероятностью они повреждаются и опадают. Появление хлорозов, некрозов и дефолиация служат количественными и качественными указателями на загрязнение атмосферы данного места.

По степени повреждения хлорозом и некрозом хвои, а также по ее морфометрическим параметрам можно объективно судить о хроническом загрязнении воздуха в конкретных микрорайонах города.

2.3 Методика определения степени загрязнения воздуха по состояния хвои сосны обыкновенной

Методы биоиндексации с использованием сосны сибирской достаточно просты и доступны для реализации.

С боковых побегов в средней части кроны деревьев сосны в 15–20 летнем возрасте отбирались хвоинки второго и третьего года жизни. Используя метод визуальной и количественной оценки хвои, устанавливали уровень загрязнения атмосферы в районе исследования. Если сосновые иголки без пятен, воздух считают идеально чистым; если хвоинки с редкими мелкими пятнами, воздух чистый. Если имеются хвоинки с частыми мелкими пятнами, можно говорить о загрязненном воздухе, а при наличии желтых и черных пятен – об опасно грязном воздухе. Когда максимальный возраст хвои не превышает одного года и хвоинки все в многочисленных пятнах, можно говорить уже об очень грязном, вредном для здоровья воздухе [3].

Для определения класса повреждения и высыхания хвои целесообразно использовать данные, представленные на рисунке 1.

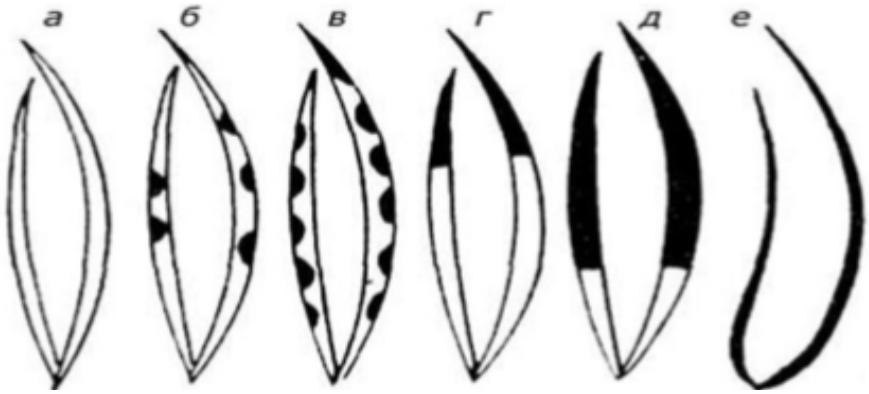


Рисунок 1. Примеры повреждения хвои: а — хвоя без пятен (КП1), нет сухих участков (КУ1); б — хвоя с небольшим числом мелких пятен (КП2), нет сухих участков (КУ1); в – хвоя с большим числом черных и желтых пятен (КПЗ), усох кончик 2—5 мм (КУ2); г – усохла треть хвои (КУЗ); д – усохло более половины длины хвои (КУ4); е — вся хвоя желтая и сухая (КУ4); КП – класс повреждения (некрозы); КУ — класс усыхания хвои

Результаты количественной оценки обрабатывались с помощью стандартных статистических методов. Вся хвоя делится на три части (неповрежденная хвоя, хвоя с пятнами и хвоя с признаками усыхания (Приложение, рис. 1)), и подсчитывалась количество хвоинок в каждой группе (Приложение, таблицы 1-6).

Глава III. РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В МИКРОРАЙОНАХ НОВОСИБИРСКА МЕТОДОМ БИОИНДИКАЦИИ ПО ХВОЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (PÍNUS SYLVÉSTRIS)

3.1 Экологическое описание исследуемых площадок

Для проведения исследования нами были выбраны пять площадок в разных районах города с приблизительно одинаковой степенью антропогенной нагрузки.

1. Никитинский микрорайон, ул. Ленинградская 184 (Октябрьский р-н) – участок окружен автомобильными дорогами: дорога вдоль ул. Кирова в 200 м, Никитина и Автогенная в 250 м. Наблюдается средний уровень загрязнения бытовым мусором, высокий уровень вытаптывания. Во

дворе асфальтированные дорожки. Древесный ярус представлен лиственными деревьями и соснами.

2. Микрорайон Берёзовая роща, метро Берёзовая Роща, выход №3 (Дзержинский р-н) – участок находится в метре от оживлённой дороги ул. Кошурникова на территории ПКиО. Бытовой мусор практически не встречается, вытаптывание среднее.

3. Челюскинский микрорайон, Поликлиника №2, ул. Сибирская 21 (Железнодорожный р-н) – рядом находится парковка, в 120м дорога (ул. Вокзальная магистраль), средний уровень замусоренности. Территория небольшая, площадь зелёных участков малая. На территории из растительности сосны и декоративные кусты

4. Затулинский ж\м, парк Затулинский, ул. Зорге, 47 (Кировский р-н) - 600м от оживлённой дороги ул. Петухова, парковка со стороны улицы Громова; сеть асфальтированных и мощёных дорожек; свободный доступ к зелёным зонам местами приводит к вытаптыванию открытого грунта под деревьями; общий уровень замусоренности низкий. Много разнообразной растительности: хвойные и лиственные деревья, а также декоративные кустарники, высаженные в ходе масштабного благоустройства.

5. Центральный парк, ул. Мичурина 8 (Центральный р-н) - близость к оживлённой улице Фрунзе, 350м до ул. Красный проспект, парковка рядом; основная сеть дорог с твёрдым покрытием; свободный доступ на газоны приводит к сильной утоптанности открытого грунта под деревьями вне асфальтированных дорожек; уровень замусоренности низкий. Много растительности (лиственные и хвойные деревья, декоративные кусты).

6. Заельцовский парк, ул. Парковая 88 (Заельцовский р-н) - удаленность от дороги и парковки (примерно 2 км), много хвойных деревьев (сосны); центральная прогулочная аллея вымощена плиткой с ответвляющимися тротуарами вглубь; вне дорожек наблюдается средний уровень утоптанности; замусоренность минимальная.

3.2 Результаты оценки степени загрязнения атмосферного воздуха в микрорайонах Новосибирска методом биоиндикации по хвое сосны обыкновенной (Pínus sylvéstris)

Опираясь на полученные данные нами был сделан вывод о степени загрязнения воздуха на каждом из исследуемых участков (таблица 1).

Таблица 1. Анализ степени загрязнения воздуха по состоянию хвои

Адрес площадки, район	Преобл. вид хвоинок (по классу усыхания)	Состояние воздуха
Заельцовский парк, ул. Парковая 88 (Заельцовский р-н)	КУ-1 (82,7%)	Степень загрязнения низкая, в пределах нормы
Никитинский микрорайон, ул. Ленинградская 184 (Октябрьский р-н)	КУ-1 (75,3%)	Степень загрязнения в пределах нормы
Микрорайон Берёзовая роща, метро Берёзовая Роща, выход №3 (Дзержинский р-н)	КУ-1 (57,8%)	Степень загрязнения в пределах нормы
Челюскинский микрорайон, Поликлиника №2, ул. Сибирская 21	КУ-1 (79%)	Степень загрязнения в пределах нормы

(Железнодорожный р-н)		
Затулинский ж\м, парк Затулинский, ул. Зорге, 47 (Кировский р-н)	КУ-1 (88,8%)	Степень загрязнения крайне низкая
Центральный парк, ул. Мичурина 8 (Центральный р-н)	КУ-1 (86,7%)	Степень загрязнения низкая, в пределах нормы

3.3 Выводы

Анализ полученных данных (рис. 2) показал, что наименьшая степень повреждения хвои характерна для Затулинского парка: 88,8% хвои отсится к первому классу усыхания, при этом на долю второго и третьего класса приходится 2.5% и 7.8% соответственно, что позволят сделать вывод о крайне низкой степени загрязнения воздуха на данной территории.

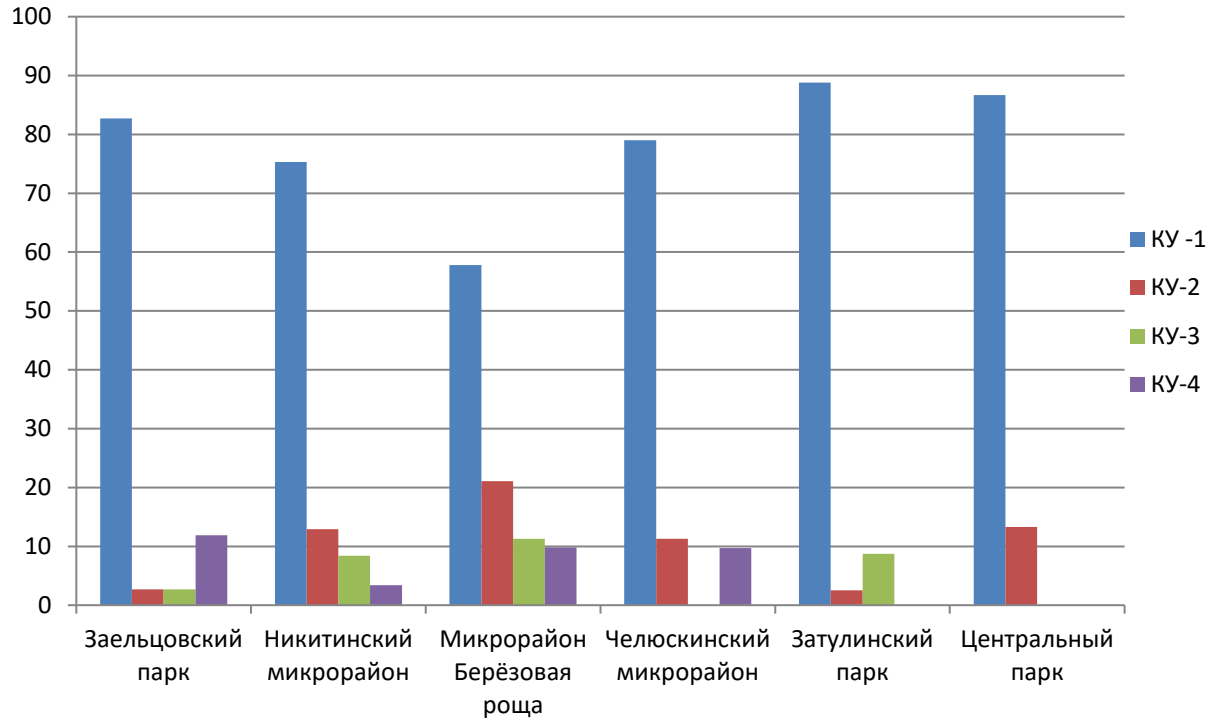


Рисунок 2. Соотношение классов усыхания хвои на исследуемых территориях

В Заельцовском и Центральном парках процентное состояние хвои, относящейся к первому классу, составляет 82,7% и 86,7% соответственно, однако в Центральном парке процент хвои второго класса составляет более 13%, а в Заельцовском парке почти 12% приходится на хвою, относящуюся к четвертому классу усыхания. Поэтому воздух данных территорий можно охарактеризовать как чистый с небольшим уровнем загрязнения.

Наибольшая степень усыхания хвои наблюдается на территории Берёзовой рощи. Доля хвоинок, относящихся к первому классу усыхания, составляет 57,8%, к четвертому - около 10%, ко второму - 11%, что позволяет охарактеризовать воздух парка как относительно чистый.

Для Никитинского микрорайона характерно преобладание хвои первого класса – 75,3, на долю хвоинок со вторым класса усыхания приходится около 13%, третьего класса – 8%, из чего мы делаем вывод об относительно чистом воздухе на данной территории.

На территории Челюскинского микрорайона, ул. Сибирская 21, также преобладает хвоя, относящаяся к первому классу усыхания (79%), однако доля хвоинок со вторым классом усыхания составляет 11%, четвертым – около 10%, что так же свидетельствует об относительно чистом воздухе на территории микрорайона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха в микрорайонах Новосибирска нами использовался метод биоиндикации, который позволяет судить о состоянии окружающей среды по состоянию хвои сосны обыкновенной (Pínus sylvéstris). Сосна крайне чувствительна к загрязнению воздуха, при постоянных негативных воздействиях в тканях растения постепенно накапливаются токсичные соединения. В результате в хвое наблюдаются морфологические изменения, служащие индикаторами загрязнения воздуха исследуемой территории.

В ходе исследования было выявлено, что уровень загрязнения воздуха на территории города Новосибирска находится в пределах нормы, наиболее чистым, согласно полученным данным, оказался воздух на территории Затулинского, Заельцовском и Центральном парков. Наиболее низкие показатели характерны для парка «Берёзовая роща», что, вероятнее всего, связано с его местоположением и высокой антропогенной нагрузкой.

Таким образом, наша гипотеза о том, что степень загрязнения атмосферного воздуха в исследуемых микрорайонах г. Новосибирска находится в пределах нормы, полностью подтвердилась.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахмерова, Д. Н. Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха по состоянию хвои сосны обыкновенной на территории города Бирск / Д. Н. Ахмерова, Н. В. Шахринова // Достижения науки и образования. – 2018. – Т. 1, № 8(30). – С. 7-9. – EDN XRTGDR.

2. Биоиндикация состояния воздуха по хвое сосны / А. В. Пантелеева, Е. М. Распутина, О. Е. Журавлева, Л. А. Коновалова // СТУДЕНЧЕСКИЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ : сборник статей II Международной научно-практической конференции, Пенза, 17 сентября 2020 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. – С. 19-23. – EDN BHTLKE.

3. Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха по состоянию сосны обыкновенной / Н. К. Раенко, Г. А. Потапов, Р. Н. Кожин, С. М. Казыкина // Водные ресурсы и водопользование: Материалы III Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Чита, 21–22 мая 2020 года. – Чита: Забайкальский государственный университет, 2020. – С. 109-114.

4. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2025 году

5. Колесов, А. В. Биоиндикация состояния воздушной среды в Кировском административном округе города Омска по состоянию морфологических признаков хвои сосны обыкновенной (Pinus sylvestris) / А. В. Колесов // Современные проблемы естественных наук и фармации : сборник статей Всероссийской научной конференции : Сборник статей Всероссийской научной конференции, Йошкар-Ола, 16–19 мая 2023 года. – Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2023. – С. 200-202. – EDN PWKQLG.

6. Сосна обыкновенная [Электронный ресурс] https://bigenc.ru/c/sosna-obyknovennaia-d0a9c5(дата обращения 24.08.2026)

7. Шестнадцать зеленых мегаполисов. Сравнение уровня озеленения самых населенных городов страны [Электронный ресурс] URL: https://geonovosti.terratech.ru/ecology/shestnadtsat-zelenykh-megapolisov/ (дата обращения: 17.09.2026г)

ПРИЛОЖЕНИЕ



Рисунок 1. Распределение хвои по группам

Таблица 1. Анализ состояния хвои сосны обыкновенной на территории Заельцовского парка

Качество воздуха	Виды повреждений	Класс повреждения хвои (КП)	Класс усыхания хвои (КУ)	Процентное соотношение кол-ва хвоинок
I	А	КП-1	КУ-1	71,5% (103)
II	Б	КП-2	КУ-1	11,2% (16)
III	В	КП-3	КУ-2	2,7% (4)
IV	Г		КУ-3	2,7% (4)
V	Д		КУ-4	5,6% (8)
VI	Е		КУ-4	6,3% (9)

Таблица 2. Анализ состояния хвои сосны обыкновенной на территории Никитинского микрорайона

Качество воздуха	Виды повреждений	Класс повреждения хвои (КП)	Класс усыхания хвои (КУ)	Процентное соотношение кол-ва хвоинок
I	А	КП-1	КУ-1	55,1% (98)
II	Б	КП-2	КУ-1	20,2% (36)
III	В	КП-3	КУ-2	12,9% (23)
IV	Г		КУ-3	8,4% (15)
V	Д		КУ-4	0,6% (1)
VI	Е		КУ-4	2,8% (5)

Таблица 3. Анализ состояния хвои сосны обыкновенной на территории Берёзовой рощи

Качество воздуха	Виды повреждений	Класс повреждения хвои (КП)	Класс усыхания хвои (КУ)	Процентное соотношение кол-ва хвоинок
I	А	КП-1	КУ-1	46,5% (99)
II	Б	КП-2	КУ-1	11,3% (24)

III	В	КП-3	КУ-2	21,1% (45)
IV	Г		КУ-3	11,3% (24)
V	Д		КУ-4	2,8% (6)
VI	Е		КУ-4	7,0% (15)

Таблица 4. Анализ состояния хвои сосны обыкновенной на территории Челюскинского микрорайона

Качество воздуха	Виды повреждений	Класс повреждения хвои (КП)	Класс усыхания хвои (КУ)	Процентное соотношение кол-ва хвоинок
I	А	КП-1	КУ-1	40,3% (75)
II	Б	КП-2	КУ-1	38,7% (72)
III	В	КП-3	КУ-2	11,3% (21)
IV	Г		КУ-3	0
V	Д		КУ-4	0
VI	Е		КУ-4	9,7% (18)

Таблица 5. Анализ состояния хвои сосны обыкновенной на территории Затулинского парка

Качество воздуха	Виды повреждений	Класс повреждения хвои (КП)	Класс усыхания хвои (КУ)	Процентное соотношение кол-ва хвоинок
I	А	КП-1	КУ-1	79,5% (128)
II	Б	КП-2	КУ-1	9,3% (15)
III	В	КП-3	КУ-2	2,5% (4)
IV	Г		КУ-3	8,7% (14)
V	Д		КУ-4	0
VI	Е		КУ-4	0

Таблица 6. Анализ состояния хвои сосны обыкновенной на территории Центрального парка

Качество воздуха	Виды повреждений	Класс повреждения хвои (КП)	Класс усыхания хвои (КУ)	Процентное соотношение кол-ва хвоинок
I	А	КП-1	КУ-1	70,0% (126)
II	Б	КП-2	КУ-1	16,7% (30)
III	В	КП-3	КУ-2	13,3% (24)
IV	Г		КУ-3	0
V	Д		КУ-4	0
VI	Е		КУ-4	0