



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ

КАФЕДРА ХИМИИ, ЭКОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ ГОРОДА  
ЧЕЛЯБИНСКА МЕТОДАМИ ПАЛИНОИНДИКАЦИИ НА  
ПРИМЕРЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Выпускная квалификационная работа  
по направлению 05.03.06 Экология и природопользование  
Направленность программы бакалавриата  
«Природопользование»

Проверка на объем заимствований:

66,97 % авторского текста

Работа рекомендована к защите  
рекомендована/не рекомендована

«04» 06 2019 г.

зав. кафедрой Химии, экологии  
и методики обучения химии

Сутягин А.А. Сутягин А.А.

Выполнила:

Студентка группы ОФ-401/058-4-1

Панферова Александра Юрьевна

Панферова

Научный руководитель:

д. б. н., профессор кафедры химии,  
экологии и методики обучения химии

Назаренко Н.Н. Назаренко Н.Н.

Челябинск

2019

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1 ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ .....	6
1.1 Биология сосны обыкновенной и влияние загрязнения атмосферы .....	6
1.2 Эколого-биологическая характеристика сосны обыкновенной.....	10
1.3 Онтогенез сосны обыкновенной.....	16
Выводы по первой главе .....	18
ГЛАВА 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	19
2.1 Методы исследования.....	19
2.2 Оценка состояния атмосферы.....	27
2.3 Физико-географическая характеристика Челябинска.....	29
Выводы по второй главе.....	34
ГЛАВА 3 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ ГОРОДА ЧЕЛЯБИНСКА МЕТОДАМИ ПАЛИНОИНДИКАЦИИ НА ПРИМЕРЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ	35
Вывод по третьей главе .....	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	40
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	42

## ВВЕДЕНИЕ

В городской среде состояние атмосферного воздуха практически всегда вызывает беспокойство. Воздух является основным фактором жизнеспособности. От состояния атмосферы зависит здоровье живых организмов и в первую очередь – человека. Воздушная среда подвергается наибольшему риску загрязнения от антропогенного воздействия, особенно в городе. В городе сосредоточено большое количество предприятий и развита сеть автотранспорта. Выделяются промышленные районы. Это негативно сказывается на состоянии воздуха. Часто можно наблюдать смог, связанный с застоем выбросов из-за слабого ветра в различных частях города. Выбросы аэрополлютантов в воздушную среду формируют экологическую обстановку города.

Челябинск – крупный город, имеет территориальное разделение на семь районов: Курчатовский, Калининский, Ленинский, Советский, Центральный, Metallургический, Тракторозаводский. Каждый район имеет зеленые насаждения, дорожную сеть автотранспорта и предприятия. Древесная растительность во всех районах расположена неравномерно и имеет скорее островной характер распространения. Молодых посадок немного, большая часть зеленого фонда это взрослые деревья.

Состояние растительных компонентов характеризует общее состояние экосистем, особенно в урбанизированной среде. Поэтому растительные сообщества используют в качестве индикатора состояния атмосферного воздуха. Концентрация каждого отдельного компонента комплекса загрязнителей, фиксируемая с помощью физико-химических методов, может быть неопасной для живых организмов, тогда как их совокупное влияние оказывает негативное воздействие. Это воздействие мы способны выявить методами биоиндикации, которые определяют биологически

значимые нагрузки по реакции живых организмов и их сообществ. Прогрессивное направление биоиндикации – палиноиндикация. Так как пыльца в отличие от хвои или ствола реагирует в процессе деления клеток. Существуют различные методики палиноиндикации, одни определяют жизнеспособность пыльцевых зерен, другие мутагенный характер развития пыльцы и их морфологические особенности. Жизнеспособная пыльца характеризуется высоким уровнем фермента пероксидазы и правильными формами с двумя пыльцевыми мешками. Стерильные или abortивные зерна могут содержать как малое количество крахмала, так и не содержать вовсе. Характеризуются различными формами и размерами. Иногда выделяют пыльцу с одним или тремя мешками.

В зеленый фонд города входит несколько крупных объектов с древесно-кустарниковой растительностью (парки, скверы и другие зеленые зоны), сосредоточенных в разных районах города. На многих из них распространены хвойные деревья, включая Сосну обыкновенную. Пробные площадки с выбранным биоиндикатором приурочены как к крупным зеленым насаждениям, так и к посадкам вдоль дорог. Таким образом удалось заложить большое количество пробных площадок, различающихся по размерам, отдаленности от возможных источников негативного влияния. Была заложена фоновая пробная площадка за городом, в отдалении от дорожной сети и промышленного влияния.

Объект исследования – пыльца сосны обыкновенной, как биоиндикатор атмосферного загрязнения.

Предмет исследования – показатели жизнеспособности как индикатор загрязнения атмосферы

Цель работы – выявить уровень загрязнения в городе Челябинске палинологическими методами, на примере пыльцы сосны обыкновенной.

Задачи:

1. Анализ существующих подходов палиноиндикации состояния атмосферы;

2. Исследование жизнеспособности в городе;
3. Оценка загрязнения атмосферы по пыльце Сосны обыкновенной.

Отработанная методика использовалась на протяжении двух сезонов цветения для ежегодного мониторинга состояния атмосферного воздуха в городе Челябинске.

Апробация. С докладом на данную тему выступали на V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Челябинск, 26–29 сентября 2017 г.).

Публикации. По результатам работы опубликовано 2 работы.

1. Панферова А.Ю., Назаренко Н.Н. Палинологическая оценка загрязнения атмосферы г. Челябинск (на примере *PinusSylvestris* L.) // Экология XXI века: синтез образования, науки, производства: Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Челябинск, 26–29 сентября 2017 г.). Челябинск: ЮУрГГПУ, 2017. с. 150-153.

2. Панферова А.Ю., Назаренко Н.Н. Оценка загрязнения атмосферы г.Челябинск по пыльце сосны обыкновенной (*PinusSylvestrisL.*) II Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы и инновации в химии, биологии, экологии, аграрных науках и естественнонаучном образовании» (г. Нижний Новгород, 15 мая 2019 г.)Нижний Новгород: НГПУ им. К. Минина 2019 с. 91-94.

## ГЛАВА 1 ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

### 1.1 Биология сосны обыкновенной и влияние загрязнения атмосферы

Внешние факторы среды оказывают влияние на рост и развитие растений. В течении последних 5 десятилетий значительно изменилась экологическая ситуация по многим регионам. Комплекс городских условий, местного экологического фактора, климата, загрязнения, часто неблагоприятен для нормального функционирования экосистем. В городах у растений сокращается продолжительность жизни и биологическая продуктивность. Поэтому важно знать не только о влиянии зеленого фонда на городскую среду, но и на воздействие загрязненной техногенной среды на растительность.

Для оценки состояния древостоя, подвергнутого воздействию токсикантов, применяется ранняя диагностика нарушений. Негативное влияние первоочередно проявляется на физико-биологическом уровне, затем на ультраструктурный и клеточный. Только после этого развиваются видимые признаки (хлорозы, некрозы). В первую очередь загрязнение влияет на хвойные растения. Они сохраняют хвою в течении нескольких лет в отличие от широколиственных культур, которые сменяют листву в осенний период. Хвоя, подверженная загрязнению, желтеет и может нести на себе некрозы. Пыльца хвойных растений резко реагирует на загрязнители, увеличивается количество abortивных пыльцевых зерен. Растения отрицательно реагируют даже на небольшие дозы токсиканта в воздушной среде. Они гораздо сильнее реагируют на концентрации загрязнителя, которые у людей и животных не вызывают видимых явлений

отравления. Именно поэтому сосна обыкновенная (*Pinus Sylvestris* L.) является хорошим индикатором загрязнения атмосферы [4].

В источниках загрязнения можно выделить основные: выбросы промышленных и добывающих предприятий, выхлопы автотранспорта.

Наиболее вредный компонент загрязнения - сернистый газ. Он накапливается в воздушной среде. Образуется в результате горения органических веществ. Сначала газ поступает в оболочку листа и растворяется в жидкой фазе клеток. Влажность воздуха и насыщенность листьев жидкостью сильно влияют на скорость поступления фитотоксиканта в клетки растения. Увлажненные листовые пластины поглощают сернистый газ значительно быстрее, чем сухие. Влажность воздуха оказывает влияние по тому же принципу.

Накопление серы происходит интенсивнее у растений, находящихся в зоне загрязнения атмосферы сернистым газом. Закономерно, чем больше содержание загрязнителя в тканях и пыльце растений, тем сильнее выражено повреждение листовой пластинки или хвоинок.

Изначально возникают ожоги на пластинке, далее они деформируются, отмирают и опадают. При концентрации сернистого газа порядка 1:1000000 хвоя сосны опадает. При увеличении этой концентрации, хвоинки погибнут за считанные часы. Молодые хвоинки и листья активнее поглощают фитотоксикант, поэтому последствия для них серьезнее.

Оксиды азота образуют растворы азотной и азотистой кислот на листовой пластине. Под воздействием кислот наблюдается дистальный некроз – прекращение роста веток и хвоинок, хлороз, межжилковые некротические пятна. Пожелтение, опад, крапчатость хвои, недоразвитость побегов, изреживание кроны.

Соединения свинца, выделяемые при сжигании бензина, осаждаются на листьях, поступают в растения при дыхании через устьица. Вызывают межжилковые некротические метки, хлороз – раннее старение хвои.

Двуокись серы приводит к снижению хлорофилла в листовых пластинах. Это приводит к нарушению структуры хлоропластов в растении. Нарушение сказывается на процессе фотосинтеза, снижается его интенсивность. Рост деревьев замедляется, продуктивность древостоя ухудшается, как и их устойчивость к различным факторам: возбудителям болезней, загрязнению атмосферы. У хвойных при высоких концентрациях наблюдается суховершинность, хлороз, межжилковые некротические пятна. У широколиственных растений обесцвечивается ткань на листовой пластинке между жилками.

Бенз(а)пирен аккумулируется в семенах и клубнях растений.

Фторсодержащие аэрополлютанты в атмосферном воздухе оказывают негативное воздействие на мужскую генеративную систему индикатора загрязнения - сосну обыкновенную (*Pinus Sylvestris* L.).

Диагностика фертильности каждой фазы пыльцевого зерна учитывает изменение комплекса структурных и функциональных признаков.

Выявление спектров аномалий и их особенностей, микроспор и пыльцы сосны обыкновенной в разных древесных насаждениях позволяют определить мутагенный характер воздействия загрязнителей атмосферы. Особенно в зоне техногенного загрязнения, уменьшение мутагенного потенциала загрязняющих веществ при снижении уровня техногенного загрязнения от сильного к слабому, сочетанное мутагенное и эмбриотоксическое действие аэрополлютантов в зоне сильного уровня техногенного загрязнения. Специфическая реакция мужской генеративной системы сосны исследуемых насаждений на комплекс действующих в них факторов позволяет использовать ее для диагностики уровня техногенного загрязнения среды.

Химический состав растений зависит от двух факторов - генетического и экологического. Генетический фактор мешает реализации генетической программы поглощения элементов растениями, особенно в среде с повышенным содержанием металлов. Неблагоприятная среда отражается на состоянии органов высших растений. Хвойные отличаются меньшей



устойчивостью к атмосферным поллютантам, чем широколиственные растения [13].

Насаждение сосны Обыкновенной в зоне высокого уровня техногенного загрязнения определяется достоверно значимым уменьшением функциональных показателей мужской генеративной системы, и структуры. По сравнению с насаждениями из зон низкого и среднего уровня загрязнения, условий фона. Истощение защитных механизмов и снижение неспецифической устойчивости деревьев зависит от неблагоприятных факторов внешней среды.

Насаждение сосны в зоне среднего уровня техногенного загрязнения характеризуется высокими значениями структурных и функциональных показателей пыльцы, сравнимыми с таковыми фонового насаждения, что свидетельствует об адаптации данного насаждения сосны к условиям произрастания.

Особенности содержания запасных веществ в пыльце сосны, произрастающей при техногенном загрязнении, по сравнению с фоновыми условиями, свидетельствуют о чувствительности липидного обмена к фактору загрязнения и указывают на важные физиологические и адаптивные функции крахмала и липидов в мужской генеративной системе сосны.

Проявление фунгицидных свойств пыльцы сосны зависит от генетических свойств деревьев и уровня техногенного загрязнения окружающей природной среды.

Для насаждения из зоны сильного уровня загрязнения характерны толерантные и неустойчивые формы. Для насаждения из зоны среднего уровня загрязнения установлена наибольшая частота устойчивых форм.

Изменения структуры взаимосвязи других показателей (степени развития на препаратах пыльцы грибного мицелия и жизнеспособности пыльцы; содержания в пыльце крахмала и липидов) в условиях техногенного загрязнения могут иметь адаптивное значение, обеспечивая определенный уровень жизнеспособности пыльцы деревьев и популяции в целом, но могут

также свидетельствовать о дезинтеграции свойств мужской генеративной системы [10].

## **1.2 Эколого-биологическая характеристика сосны обыкновенной**

Распространение сосны обыкновенной обусловлено высокой степенью адаптации к различным экологическим условиям. Это хвойное дерево способно существовать в условиях крайнего севера и субтропических районов, короткого и длинного светового дня, при абсолютном минимуме температуры зимой  $-60^{\circ}\text{C}$  и абсолютном максимуме  $+40^{\circ}\text{C}$ , при низком уровне влажности атмосферного воздуха и с минимальными запасами влаги в почве. Произрастает как на болотистых грунтах, так и в сухих песках. Имеет широкую область произрастания на материке Евразии. Северная граница ареала сосны обыкновенной начинается на северо-западном побережье Норвегии и простирается на восток к побережью Белого моря вблизи Мурманска. Затем граница проходит параллельно берегу моря, опускаясь к полярному кругу. От полярного круга отдельными разобщенными группами распространения сосна выходит к устью реки Печора. Затем пересекает реку Урал и границу между реками Обь и Енисей. На широте  $70^{\circ}$ с.ш. ареал достигает края северной границы, далее проходит на восток, пересекает реки Оленек и Лену доходит до склона Верхоянского хребта, спускается к югу и выходит к Охотскому морю. Южная граница ареала представляет собой отдельные острова сосновых лесов, доходящие до Северной Монголии, от нее на запад в Забайкалье. По направлению на запад через Казахстан на Южный Урал и к Стерлитамаку.

Далее граница идет по северному склону Подольской нагорной равнины, заходит в Болгарию, Македонию, Сербию и Далмацию, идет до Венеции. По Приморским Альпам граница заходит до Каталонии, где сосна распространена отдельными биомами в горах, достигая предельного

распространения. Западная граница ареала идет через Авильские горы и провинцию Леон в Шотландию и в северо-западную Норвегию по западному побережью Скандинавского полуострова, поднимаясь до 70° с. ш. В указанные границы ареала сосны обыкновенной не вошли местонахождения ее на Кавказе и в Крыму, в Малой Азии и Иране, а также изолированные островные боры и отдельные деревья, часто заходящие за линию границ главным образом по песчаным наносам в поймах рек.

В горных районах сосна достигает больших абсолютных высот, на Кавказе и в Испании поднимается до 2100 м над уровнем моря. В Швейцарских Альпах — до 1800—1950 м, в Карпатах, на отдельные экземпляры встречаются на высоте 1465 м. В южной Норвегии — 940 м, в горах, в Швеции и Финляндии — 300—250 м, на Кольском полуострове — 250 м, на крайних северных границах своего распространения — 200—225 м. В средней и южной части Восточной Сибири сосна обыкновенная поднимается в горы до 800-1000 м над уровнем моря.

На севере граница ареала достигает предела распространения древесных пород. Северная граница ареала является естественным климатическим рубежом, севернее которого сосна произрастать уже не может; доказательством этого служит угнетенный рост и низкая всхожесть семян, а иногда и отсутствие плодоношения. По наблюдениям Ринвалля, к северу от Финляндии сосна приносит способные к прорастанию семена в среднем раз в сто лет. Решающим фактором безлесья тундры является недостаток семян у древесных пород, обитающих на крайнем севере, их низкое качество, неблагоприятные условия для прорастания и развития молодых всходов — частые заморозки, низкие температуры почвы, высокий уровень летнего оттаивания вечной мерзлоты, плотный моховой покров и т.д. На самых северных местообитаниях сосна образует лишь небольшие насаждения. Южную границу сплошного распространения сосны обыкновенной провести очень трудно, так как на юге она произрастает в виде

разобщенных между собой изолированных боров, отстоящих друг от друга на больших расстояниях.

Если в местах островного распространения сосна приурочена главным образом к песчаным почвам, то в горных районах Восточной Сибири с вечной мерзлотой — и сильно нагреваемым южным склонам. В обоих случаях другие древесные породы не произрастают из-за несоответствующих им экологических условий[5]. Следовательно, островной характер расселения сосны на юге — следствие, прежде всего почвенно-климатических факторов.

Сосна обыкновенная — вечнозеленое хвойное дерево до 40 м в высоту и до 1 м в диаметре, с ровным, прямым, высоко очищенным от сучьев стволом. Долговечность 300-350 лет.

Кора красно-бурого оттенка, способна отслаиваться, имеет бороздки. Деревья, которые растут более кучно, в сомкнутых древостоях, обладают более ажурной кроной и тонким стволом. Молодая Сосна Обыкновенная имеет конусовидную крону, со временем она становится округлой, широкой, а старые имеют плоскую зонтичную форму.

Хвоя располагается попарно, узкая, мягкая или игольчатая, в пучках (по 2, 3, 5 хвоинок), расположенных на концах укороченных побегов. Зрелые шишки обычно длиной 3 – 10 см. Хвоя располагается попарно, сизо-зеленого цвета, несколько изогнутая, жестковатая, шириной около 2 мм, с зазубренными краями. Выпуклая сторона хвоинок темно-зеленая, желобчатая с выделенными голубовато-белыми линиями в виде устьиц. Мужские колоски серо-желтого оттенка, собраны у основания побегов текущего года, женские колоски — красноватого цвета, одиночные или сидячие по 2 — 3 на загнутых книзу коротких ножках. Сохраняются на дереве 2—3 года (Европейская часть). В лесах Сибири хвоя сохраняется дольше от 5-7 до 9 лет. Продолжительность жизни хвои - непостоянный признак в пределах ареала меняется.

Цветки, однодомные, голые, собраны в шишки (Рис. 1).

Шишки сосны созревают осенью второго после опыления года, то есть через 18 месяцев, а раскрываются и высыпают семена следующей после этого года весной.



Рис.1 Мужское соцветие (пыльник) сосны обыкновенной

Почки удлинено-яйцевидные, заостренные, в длину 6—12 мм, часто со смолой, окруженные треугольно-ланцетовидными, красно-коричневыми чешуйками с прозрачным краем из пленки.

Семена орешковидные, большей частью с крылом. Корневая система мощная и глубокая. Строение поверхности семенной кожуры (форма апофизов) характеризуется сильной изменчивостью. По этому признаку можно выделить 3 формы сосны обыкновенной: с гладкой поверхностью семенной чешуи, с поверхностью семенной чешуи в виде пирамидки, с поверхностью семенной чешуи в виде крючка. В естественных условиях произрастания сосны обыкновенной редко можно встретить шишки с одинаковым строением чешуек. На освещенной стороне шишки одной формы, на теневой - другой [7].

Сосны светолюбивы. Часто формируют чистые насаждения на песчаных почвах (боры). Растет дерево и на сухих кварцевых, лишенных плодородной почвы песках, и на торфянистых почвах, и даже на сфагновых болотах. Приспособленность к различным видам почвы обуславливается высокой пластичностью корневой системы, интенсивным ростом корней, способностью охватывать ими более или менее значительную часть почвенной толщи, проникать в глубокие слои почвогрунта, преодолевать неблагоприятные по своим свойствам горизонты.

Пыльца – микроспоры голосеменных и покрытосеменных растений. Оболочка пыльцевых зерен - спородерма. Она состоит из двух основных слоев внешнего, более толстого – экзины и относительно тонкого внутреннего – интины. Экзина состоит из особого стойкого высокомолекулярного вещества – спорополленина, способного выдерживать крайние температурные и химические воздействия. Очень часто экзина несет специальные выросты и скульптурные утолщения, характерные для вида растения. Интина представляет собой внутренний слой оболочки пыльцевого зерна. В виде тонкой пленки из целлюлозы и пектина. Под защитной оболочкой микроспоры формируется мужской гаметофит, представляющий собой двухклеточное образование. Микроспоры, содержащие мужской гаметофит, называются пыльцевыми зернами. В процессе образования пыльцы имеет место два типа деления клеток: мейоз и митоз. Загрязнение среды вызывает нарушение в процессах мейоза и митоза, в распределении наследственного материала и синтезе запасных веществ пыльцевого зерна. Пыльца сосны обыкновенной имеет высокую чувствительность к загрязнению среды. Цветет сосна обыкновенная (*Pinus Sylvestris* L.) в конце мая, когда температура воздуха уже высокая. Опыление происходит за счет ветра. Оплодотворение наступит только на следующий год. В период опыления на деревьях можно увидеть желтый налет - сосновая пыльца. Данное дерево – сосна обыкновенная (*Pinus Sylvestris* L.) отличается хорошей опыляемостью. Такое возможно за счет воздушных мешочков,

которые имеет сосновая пыльца, при помощи которых она и разносится ветром на большие расстояния. Срок опыления варьируется в зависимости от погодных условий. При ясной солнечной погоде пыльца может разлететься за 3 дня. В дождь этот процесс затягивается [6].

Во время формирования вегетативной клетки или женского гаметофита, пыльцевая трубка прорастает через нуцеллус и эндоспермий, заходит в один из архегониев. Генеративная клетка пыльцевого зерна внутри вегетативной клетки (пыльцевой трубки) разделяется на две клетки – стерильную и жизнеспособную. Затем жизнеспособная клетка делится на два спермия. Пыльцевая трубка со спермиями в центре представляет собой развитый мужской гаметофит. Проникнув в архегоний, достигнув яйцеклетки, апикальная часть стенки трубки разрушается, в полость архегония вливается цитоплазма, и спермий соединяется с яйцеклеткой, формируется зигота, другой спермий погибает. На 13-15 месяц после опыления происходит процесс оплодотворения. Оплодотворяются и развиваются в зародыши оплодотворенные яйцеклетки всех архегониев (полиэмбриология), но формируется только один [3].

Следующие 6 месяцев формируются семена из семенного зачатка: зигота развивается в зародыш, эндосперм используется как запасная ткань для семени, интегумент формирует оболочку с крыловидным выростом, нуцеллус расходуется на развитие эндосперма и зародыша. Семена Сосны черного цвета, с крыловидным выростом оболочки. Полностью вызревают в ноябре-декабре.

Концепция биологического возраста подразумевает разделение индивидуального развития организма на этапы – онтогенетические состояния, календарные сроки, прохождения которых определяются экологическими и индивидуальными особенностями организмов. У сосны выделяются следующие этапы.

Проросток. Первые проростки появляются уже в конце в конце весны, через 2-3 недели после выпадения семян из шишек или посева. Всходы несут

на себе 4-7 трёхгранных семядолей. Хвоинки на всходах одиночные. Семядольные листья отмирают к началу зимы. У некоторых особей из зародышевой почки в первый же год образуется первичный побег. К осени у проростка формируется верхушечная почка.

Если сосна оказывается в весьма неблагоприятных условиях, например, в болотистой местности, то не может достичь нормальных размеров, не вырастает высотой более 1 метра. Корни могут проникать в грунт на глубину до 6 м. Благодаря этому в засушливый период дерево получает необходимое количество влаги. Эта способность у дерева обусловила развитие различных типов корневой системы у популяций. Если Сосна растет в засушливой местности, то корневая система преимущественно стержневая, а если грунтовые воды залегают неглубоко, то корни будут разветвленными за счет наличия боковых отростков. Хвоя, всходы и побеги Сосны устойчивы к заморозкам, но репродуктивные органы дерева чувствительны к низким температурам, по сравнению с другими. Качество семян может зависеть от температурного режима в период цветения. Цветение происходит только при большой сумме положительных температур. Затяжная холодная весна снижает продуктивность и ухудшает качество семян в последующие сезоны. Аналогичное влияние температур происходит на созревания семян.

### **1.3 Онтогенез сосны обыкновенной**

Ювенильная стадия. Имеет один удлинённый побег, который состоит из 2-3 –х годовичных приростов. Удлинённый побег разворачивается из верхушечной почки и несёт чешуевидные листья. Из пазушных почек этих листьев во время весеннего роста появляются укороченные побеги, несущие два листа взрослого типа – длинные хвоинки. Хвоинки ювенильного типа опадают к концу второго года. В этот период растение отличается слабой способностью к росту, величина текущего прироста не превышает 5 см. К



концу ювенильного состояния на годичном побеге рядом с верхушечной почкой образуются крупные боковые почки. На следующий год из них формируются удлинённые боковые побеги.

Имматурная стадия. В этот период начинается ветвление побегов и образуется крона. Для сосны характерно акромониоподиальное ветвление – удлинённые боковые побеги вырастают из почек, которые расположены мутовкой около верхушечной почки. Главная ось образована моноподием. Время прохождения стадии 2-7 лет.

Виргинильная стадия. Сопровождается быстрым ростом в высоту. Длина годичного прироста главной оси достигает 50 см. Рост нижних ветвей заторможен, что определяется как их затенением, так и явлением коррелятивного торможения от растущей верхушки главной оси. Благодаря такому росту крона становится узкокониической. Возраст от 5 до 10-20 лет.

Молодые генеративные растения. Для них характерно появление мужских и женских стробилы. Женские побеги сосредоточены, как правило, в верхней половине кроны, а мужские тяготеют к её нижним частям. Прирост по высоте значителен и может достигать 80 см. К концу этого состояния узкокониическая крона становится ширококониической. Главная ось хорошо прослеживается. В базальной части ствола появляется трещиноватая кора. Возраст от 11 до 55 лет.

Средневозрастные генеративные деревья. Отличительной особенностью является куполообразная крона, что обусловлено ослаблением роста главной оси. Нарастание побегов в кроне меняется от моноподиального к симподиальному. Ростовые процессы дерева в целом замедляются. Кора с глубокими трещинами может быть выражена до середины ствола. Семеношение максимально. На дереве формируется от 300 до 800 женских шишек. Возраст от 55 до 120 лет.

Старые генеративные деревья. Крона выражено плосковершинная. Вершинная часть ствола подсыхает и отмирает. В кроне появляются мёртвые скелетные верви. Крона разреживается. У большинства особей кора

выражена на всём протяжении ствола. Время – от 120 до 250 и более лет. Зарегистрированы плодоносящие сосны возрастом до 580 лет.

Сенильные деревья. Сенильная стадия характеризуется прекращением семеношения. Вследствие того, что образование женских шишек у сосны прослеживается до глубокой старости, данная стадия не выделяется[12].

### **Выводы по первой главе**

Загрязнение атмосферного воздуха вызывает серьезные изменения в процессе развития растений. Происходит отклонение в морфологическом строении пыльцевых зёрен, изменение в процессе накопления запасных веществ и процессе деления, митоза и мейоза. Изменяется количество жизнеспособных пыльцевых зерен, увеличивается количество стерильных. Затем ухудшается качества хвои и листовых пластин. Хвойные растения реагируют на экологический стресс более остро, нежели лиственные. Так как хвоя сменяется раз в несколько лет и накапливает в себе большее количество веществ.

## ГЛАВА 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Методы исследования

Биологический мониторинг - это контроль состояния окружающей среды с помощью живых организмов. Главный метод биологического мониторинга - биоиндикация.

Биоиндикация – это определение биологически и экологически значимых антропогенных и природных нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ в среде обитания. В полной мере это относится ко всем видам антропогенных нагрузок.

Можно проводить оценку не только абиотических факторов (температура, соленость, кислотность, содержание загрязнителей, влажность, и другие), но и биотических: благополучие и состояние организмов, их популяций, сообществ.

Биоиндикаторы - организмы, изменение которых происходит под влиянием антропогенных изменений окружающей среды. Их индикаторная значимость определяется толерантностью биологической системы. Факторы, которые выходят из «зоны комфорта» биоиндикатора - стрессовые. Биоиндикация определяет ответную реакцию организма на стрессовые факторы [14].

Понятие индикации относительное. Ботанические индикаторы проявляют свои свойства в пределах отдельных природно-территориальных комплексов. По степени устойчивости они делятся на пенареальные (сохраняется связь с индикатором по всей территории ареала), зональные (имеют индикационное значение в пределах зон и подзон), региональные (сохраняют значение в пределах областей со сходными физико-

географическими условиями), локальные (связь с индикатором в пределах одного района).

По характеру связи делятся на прямые, имеющими непосредственную связь с индикаторами, и косвенные, связанные через промежуточные звенья. Непосредственно видимые индикаторы - экзоиндикаторы, скрытые - эндоиндикаторы.

Индикационные признаки индикаторов выявляют методами пассивного и активного мониторинга. Пассивный - в популяциях, группировках, сообществах свободно-живущих организмах (вирусы, бактерии, грибы, лишайники, растения, животные) исследуют их состав, количественные показатели, структуру, видимые или незаметные отклонения от нормы, повреждения, обнаруживающие положительные корреляционные связи с вполне определенными индикаторами и являющиеся следствием их прямого или косвенного влияния. Широкое распространение получили картографический и дистанционный методы с использованием аэрофото- и космических снимков, перспективны биохимические и биоиндикационные исследования. Пассивный мониторинг - вегетационные опыты, для оценки биоиндикационных возможностей реакций на действие различных по интенсивности природных и антропогенных факторов. При активной пытаются обнаружить антропогенное стрессовое воздействие на тест-организмы в стандартных условиях.

Контроль уровня загрязнения требует эффективных и недорогих методов изучения экосистем. В данный момент разработаны подходы к оценке экологического состояния окружающей среды, перспективным направлением - биоиндикация загрязнения, основанная на изучении биологических, физиологических, анатомических и других отклонений в развитии живых организмов и их сообществ. Отклонения возникают под действием внешних факторов среды. Биоиндикация состоит из относительно простых и информативных методов оценки экологического состояния среды, которые основываются на реакции организмов в ответ на антропогенное

воздействие. Биоиндикация загрязнений является составной частью общей биоиндикации- отрасли биологической науки, которая изучает признаки биоты, характеризующие компоненты природной среды и их особенности. Она возникла как метод познания природы, направленный на изучение взаимосвязей между ее живыми и неживыми компонентами. Само название «биоиндикация» происходит от латинского глагола *indicare*- «указывать», что подчеркивает ее прикладной характер. Исторически в биоиндикации наметился антропоцентрический подход. Однако сохранение оптимальных условий для жизнедеятельности человека возможно только при обеспечении естественного режима существования всей биоты и биосферы в целом. В связи с этим возрастает роль биоиндикационных исследований при решении вопросов охраны природы и рационального природопользования на экосистемном уровне [11].

В процессе онтогенеза у живых организмов выработались определенные требования к характеру местообитания: водному и световому обеспечению, минеральному питанию, температурному режиму и т. д. Изменения, происходящие в окружающей среде под влиянием человека, воздействуют на живые организмы, вызывая различные отклонения в их развитии. Сбросы и выбросы в окружающую среду различных химических соединений, изменение светового, водного и температурного режимов территорий, шумовое, радиационное загрязнение и другие виды воздействий накладываются друг на друга, приводя к суммарному эффекту, интенсивность которого можно оценить только по реакциям самих живых существ. Биоиндикаторы дают точную характеристику качества среды обитания, ее пригодности или токсичности для живых организмов. Специфических реакций на антропогенное воздействие у живых организмов не существует. Устойчивость к загрязнению в окружающей среде, происходит по выработанной стратегии адаптации к изменению естественных экофакторов. Поэтому, биоиндикация загрязнений поллютантами связана с изучением экологических особенностей видов.

Для получения оценки реального экологического состояния окружающей среды важно провести комплексные исследования на разных уровнях организации биосистем — субклеточном, клеточном, организменном, популяционном и биоценоотическом.

При биоиндикации качества окружающей среды используют параметры развития микроорганизмов, растений, почвенной мезофауны, птиц, представителей ихтиофауны, млекопитающих, и человека. Используют показатели: заболеваемости разных возрастных групп, врожденные пороки развития, смертность и т. п.

В совокупность биоиндикационных методов оценки состояния окружающей среды входят геохимические, биогеохимические и биологические методы. Аккумуляция поллютантов и анализ химического состава компонентов природной среды входит в основу эколого-биогеохимической оценки состояния. Благодаря этому осуществляется индикация антропогенных воздействий и прослеживается трансформация загрязнителей в окружающей среде. Химический состав биоты способен изменяться в зависимости от уровня загрязнения среды, и отражает состояние и свойства всех абиотических компонентов окружающей среды — горных пород, почв, грунтовых и поверхностных вод, атмосферного воздуха, а также климатические особенности зоны. Содержание поллютантов в живых организмах фона и антропогенных местообитаний у организмов выдает качественную и количественную оценку загрязнения.

Концентрация химических веществ в живом организме зависит от множества различных внутренних факторов, где главное - биологические особенности вида. Накопление токсикантов в тканях живых организмов происходит избирательно, не всегда зависит от интенсивности загрязнения природной среды. Важно правильно подобрать вид-индикатор для эффективности методов. Проведение биоиндикационных исследований является длительным, трудоемким и требует хорошо оснащенную информационную базу.

При решении прикладных задач природопользования применяются экспресс-методы оценки состояния природной среды. К ним относят морфологический, флористический и фитоценотический методы. Эти методы обуславливаются простотой натурных исследований и сбора информации, возможностью определения суммарного воздействия комплекса факторов, а не единичных.

Биоиндикация позволяет оценить комплексное техногенное воздействие на природные объекты, и на территории урбанизированных и агрокультурных ландшафтов. С интенсивностью воздействия выявляют экологические последствия негативного влияния на различных организациях экосистем. Существует два подхода к оценке реакций живых организмов на воздействие внешней среды. Первый - изучение реакций видов и их сообществ, распространенных на исследуемой территории, второй - изучение реакций тест-объектов, искусственно размещенных (интродуцированных) на выбранной территории или в испытываемой среде[14].

При проведении биоиндикации важно выделять пространственно-временную изменчивость миграции загрязняющих веществ. Согласно биогеохимическому районированию, миграция химических элементов в природной среде определяется как зональными, так и азональными факторами. Для любой географической зоны характерны определенные типы потоков вещества, корректируемые особенностями рельефа. В биосфере, имеющей географические признаки почвенно-климатических зон, миграция вещества подчиняется зональным закономерностям. Воздействие от хозяйственной деятельности имеет уникальные черты в каждом природном комплексе, изменяет качественные и количественные параметры круговорота веществ. Сравнение биоиндикационных признаков выявляет оценку комплексного состояния среды и потоки миграции при наложении техногенеза на особенности местообитаний.

Реакция живых организмов на экологический стресс зависит от интенсивности воздействия загрязнения. Для определения вероятности негативных последствий при антропогенном влиянии нужно изучить экосистемы в различной техногенной нагрузке.

У подобных биоиндикаторов есть ряд преимуществ:

- Живые организмы могут реагировать даже на относительно слабые воздействия в условиях постоянных антропогенных нагрузок. Реакции проявляются как следствие накоплений критических значений суммарных дозовых нагрузок;

- Суммируют влияние всех биологических воздействий, что показывает состояние среды и антропогенный фактор;

- Живые индикаторы фиксируют скорость изменений в среде;

- Выявляют динамику изменений в среде;

- Выявляют зоны скопления опасных для живых организмов веществ;

- Показывают степень опасности синтезируемых веществ в природной среде.

Биоиндикаторами могут выступать: высшие растения, водоросли, бактерии, млекопитающие, беспозвоночные. Набор объектов различных сообществ применяют в биоиндикации для гарантированного выявления токсиканта в среде. Выбирают наиболее чувствительные сообщества, у которых скорость реакции на изменение в среде довольно высокая.

В последнее время весьма актуальными являются наблюдения за изменениями состояния окружающей среды, вызванные антропогенными причинами. Пыльца растений остро реагирует на наличие в воздухе даже в малых дозах токсических веществ, таким образом, выполняя индикаторную функцию. Первая реакция высших растений на содержание токсиканта в окружающей среде – нарушение процесса митоза и мейоза, накопления веществ. Затем происходят морфологические изменения в листовой пластине и хвоинках, что вызвано различными заболеваниями (хлорозы, некрозы и тд).



Методы биоиндикации различны[11]. Существует большое количество методик.

Дендроиндикация – исследование древесных культур. Включает в себя как палинологические исследования оценки состояния атмосферного воздуха, через подсчет abortивных и жизнеспособных зерен, выявление мутагенных особенностей пыльцевых зерен и морфологические изменения пыльцы. Дендрохронологические методы – отбор кернов на высоте более 1 метра для расчета средней величины годичного кольца. Градация древостоя по жизненному состоянию. Определение состояния генеративных органов, через замеры шишек. Методы лишеноиндикации, где в качестве тест-объекта выступают лишайники. Которые в свою очередь резко реагируют на аэротехногенное загрязнение среды.

Палинологические методы – это оценка качества среды обитания, уровня её загрязнения, где в качестве тест-объекта используется пыльца растений. Это перспективное направление, основанное на изучении таксономического состава спорово-пыльцевых спектров, в комплексе с учетом отклонений в морфологическом строении пыльцевых зерен и анализом специфики этих отклонений. Исследуется изменение следующих признаков: число борозд, нарушение симметрии и направления борозд, исчезновение или появление структурных образований экзины, изменение числа пор. Выявление стерильной и уродливой пыльцы.

Формирование репродуктивных структур у растений (пыльников, спорогенной ткани, микроспор и пыльцы) связано с большим количеством быстро и последовательно протекающих клеточных делений. Процесс деления клетки является особенно чувствительным к экологическому стрессу и сопровождается перестройкой биохимических процессов. Существенно трансформируется азотный обмен, это влечет за собой значительные перестройки в аминокислотном составе [20].

Стресс отражается и на жизнеспособности, морфологии пыльцевых зерен. Показатель жизнеспособности пыльцы довольно широко используется

для биоиндикации состояния окружающей среды. Однако большинство подобных исследований велись в таежной зоне, где в качестве индикатора использовалась пыльца хвойных растений. В лесостепной зоне подобных исследований крайне мало, и сведения о воздействии химического загрязнения на пыльцу широколиственных пород, а также травянистых растений дубрав отсутствуют. Это одна из причин, которая делает исследования палинологическими методами перспективными и актуальными в разработке систем биомониторинга промышленных зон [1].

Термин палинология был предложен только в 40-ых годах 20 века Хайдом и Вильямсом. К тому времени эта отрасль науки уже устоялась и получила распространение. Палинология развивалась по трем направлениям.

1. Изучение физиологических свойств пыльцы и ее значение при оплодотворении. Практическое значение нашло в агрономии.

2. Морфологическое – изучение строения спор и пыльцы растений, существующих в наше время. Оно возникло одновременно с появлением микроскопа. Первое изучение пыльцевого материала провел чешский биолог проф. Пуркине. В 1830 г. им было опубликовано исследование «Фитоанатомическое рассуждение о тканях пыльников и формах пыльцевых зерен». В этом труде он дал впервые описание пыльцы и привел графическое сопровождение 275 видам растений, принадлежащих 88 семействам. Позднее Фритцше Ю. создал первую в мире классификацию пыльцы. Им были предложены термины для оболочек пыльцевого зерна интина и экзина прочно вошедшие в науку.

В 1834 г. немецкий ботаник-микроскопист Моль описал в пыльцевом зерне борозды, поры, их количество, внешнюю структуру, количество оболочек. Эти признаки легли в основу его классификации. Моль дал морфологическое описание пыльцы 211 семейств растений. Работы этих ученых создали основу для развития палинологии и методике изучения пыльцы, спор.

3. Направление стратиграфическое. В ископаемом состоянии впервые пыльцу обнаружил Гепперт в 1836 г. Он выделил пыльцу ее из бурых углей, в которых нашел пыльники спыльцой, и дал, таким образом, первые названия ископаемой пыльце.

Первыми работы в этой области провели шведы Лагергейм Н.Г. и его последователь Леннарт Фон Пост, а основатель этого метода в России – Сукачев В.Н., которые применяли спорово-пыльцевой анализ для расчленения торфяно-болотных фаций четвертичных отложений (1905-1907). Изучив споры и пыльцу в торфяниках Швеции, Л. Пост предложил количественный подсчет зерен. Он установил 11 фаз эволюции лесов и климата, а также показал, что метод спорово-пыльцевого анализа может быть применен для выяснения различных вопросов четвертичной геологии и палеогеографии. Академик Сукачев занимался изучением спор и пыльцы в торфяниках, благодаря чему удалось получить интересные сведения о четвертичной истории Среднего и Южного Урала.

В 1911 г. Сукачев провел ботаническое исследование растительных остатков пыльцы из желудка мамонта, найденного на р. Березовке в Якутии. Он получил ценные сведения о растениях, которыми питались эти животные. В 1923 г. были созданы первые пособия по спорово-пыльцевому анализу.

## 2.2 Оценка состояния атмосферы

Методика Федоровой А.И., Никольской А.Н. (2001 г.). Неблагоприятные экологические условия влияют на снижение уровня активного фермента пероксидазы в клетках пыльцы, которая влияет на способность прорастания пыльцевых зерен сосны обыкновенной. Поэтому жизнеспособность пыльцевых зерен определяется по уровню активности пероксидазы в пыльце с помощью окрашивающего вещества (йод в йодистом калии). Реакция окрашивания пыльцевых зерен протекает лучше со свежей пыльцой.

Жизнеспособные пыльцевые зерна с высокой активностью пероксидазы окрашиваются и имеют одинаковые размеры.

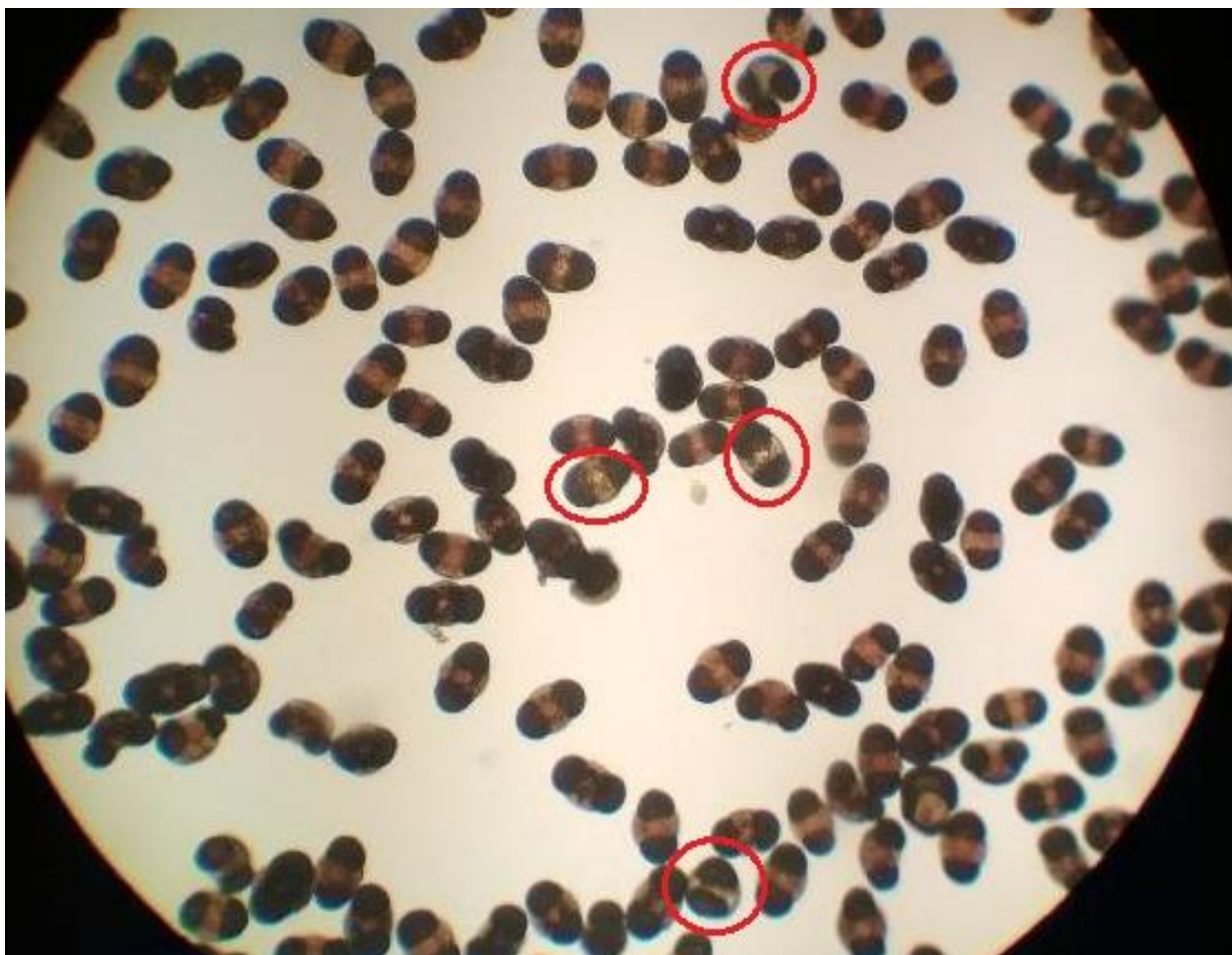


Рис.2 Окрашенные и не окрашенные пыльцевые зерна под микроскопом

Окраска жизнеспособных зерен может быть от темно-пурпурной до черной, а также от красного до светло-пурпурного. Абортивные пыльцевые зерна окрашиваются слабо, либо не меняют свою окраску, также могут отличаться по размеру и форме (Рис.2).

В период цветения проводится сбор пыльцевого материала на пробных площадках и отдельных деревьях. Пыльца наносится на предметное стекло, с помощью кисточки. Затем ее перемешивают с раствором йода в йодистом калии и накрывают покровным стеклом. Через несколько минут препарат исследуют под микроскопом в увеличениях: 100 и 400 раз (10\*40) и

проводится подсчет окрашенных зерен в 2-3 полях зрения микроскопа в процентном соотношении.

### **2.3 Физико-географическая характеристика Челябинска**

Челябинск располагается на восточном склоне Уральских гор. Высота над уровнем моря порядка 200-250 м. Ленинградский мост, находящийся в Калининском районе на проспекте Победы, объединяет две геологические зоны. Западная часть города стоит на гранитных породах, а восточная сложена из осадочных. Там же проходит граница между Уралом и Сибирью.

Основной рекой является Миасс, долина реки разрезает Челябинск и образует ландшафт с ложбинами и болотистой местностью. Прибрежная территория характеризуется кустарниковой и местами лесной растительностью. На реке находится Заячий остров, в котором можно встретить бобров и других представителей фауны. На западе городской рельеф слабохолмистый с плавным понижением к Восточной части. На Миассе находится Шершневокское водохранилище – источник питьевой воды для местного населения. Это искусственный водоем, образованный в 60-ых годах 20 века, в результате затопления территории. На Юго-Востоке располагается крупный водоем – озеро Смолино. На прибрежной территории водного объекта можно наблюдать редкие виды флоры и фауны. В южной части города находится другой водный объект – озеро Синеглазово. Прибрежная зона озера в значительной степени заболочена. На восточной окраине располагается озеро Первое.

С юго-запада до севера Челябинск подковообразно укутывает Сосновский район. С восточной стороны к Челябинску примыкает город-спутник Копейск. На северо-востоке Челябинск граничит с Красноармейским районом.

Расположение города практически центральное по отношению к материку Евразии. Немного восточнее от Уральского хребта, на большом расстоянии от морей и океанов.

Челябинская область расположена в лесостепной зоне и зоне северных степей. Почвы области преимущественно черноземы, а также серые лесные, горнолесные серые и лугово-черноземные. Почвы Челябинска преимущественно –урбаземы. Леса занимают более 25% территории области. На севере — осиново-березовые и сосновые леса, в центральной части — лесостепь, на юге — разнотравно-злаковая степь. В городе экологический каркас территории представляет из себя островные участки древесных насаждений. Насаждения общего пользования в черте города имеют особое рекреационное значение, это: городские и пригородные леса (Челябинский городской бор, Каштакский бор) парки (им. Гагарина, им. Пушкина), сады (Победы, им. Терешковой), скверы (Алое поле, Сигнал), рощи (Никольская) и другие посадки вдоль улиц и набережных.

В городской черте находится особо охраняемая природная территория. – Челябинский городской бор. Памятник природы представляет собой реликтовую экосистему, сформировавшуюся на рубеже верхнеплейстоцена и голоцена (около 10 000 лет тому назад) в период повышения засушливости климата и отступления сплошной лесной зоны на север. Мощный гранитный массив, на котором располагается бор, образовался еще в древние времена, когда здесь были сплошные предгорья. Для Челябинского городского бора характерна растительность типичная для сухих боров. Особенности растительного покрова бора на гранитах обуславливаются некоторой сухостью почвенного покрова, недостаточностью и малой мощностью гумуса, выходом материнских пород (гранитов) на поверхность. Все это способствует развитию сухолюбивых (ксерофитных) видов растительности. Из них наиболее распространёнными являются: полынь, паслён, яснотка, сибирский василёк, будра плющевидная, бодяк полевой, козлобородник, льнянка, пастушья сумка, купена лекарственная, майник, одуванчик,

вероника, иван-чай узколистный, фиалка, герань луговая, гвоздика травяная, мышинный горошек, гравилат, земляника, костяника, брусника, очиток пурпурный, ветреница, мать-и-мачеха, лютик, гипновые мхи, лишайники. На луговых участках встречаются различные виды клевера, лабазник, черноголовка, кровохлёбка, тысячелистник, подмаренник северный, мятлик, ежа, овсяница, костёр безостый, лапчатка гусиная и другие. Только на болотистых участках и в понижениях можно встретить такую болотную и влаголюбивую растительность, как, например, рогоз, камыш, тростник, разные виды осок, пушицу, остролист, чину болотную и другие. Основной лесобразующей породой является сосна обыкновенная. Состав древесных пород и количественное их соотношение в бору представлены в следующих цифрах: сосна занимает 91,4 % и является господствующей породой, берёза – 5,2 %, тополь – 1,6 %, клён – 1,5 %, ольха – 0,2 %, карагач – 0,1 %.

Сосна обыкновенная. Это дерево, достигающее высоты 20 и более метров, диаметром до 50—70 сантиметров, с кроной только, в верхней части ствола, с очищенной от сучьев нижней и средней частью. Единично встречается «кедровидная сосна» с более длинными иглами. Иглы сосны обыкновенной обычно имеют длину 4—7 сантиметров, шириной 0,5 миллиметров, иглы же сосны кедровидной имеют длину до 10 сантиметров при ширине до 2 миллиметров. Сосна обыкновенная имеет на концах веток пучок в 20—30 парных игл, у сосны кедровидной в пучке может быть до 70 парных игл. Вершины сосен кедровидных сильно разветвленные, и кроны их имеют куполообразную форму, тогда как у обыкновенной сосны они пирамидальные. Сосной обыкновенной занята площадь бора размером 799 га (по данным городского лесничества). Под пологом сосновых насаждений растут кустарники жимолости, крушины, бузины, шиповника и других, в качестве подлеска. Среди бора и на его окраинах можно встретить участки березового леса, по большей части на бывших пожарищах, уничтоживших сосну. Такие крупные участки березы общей площадью, приблизительно, до 4,5 га, и во многих других местах (всего 42 га). В бору распространены виды:

береза бородавчатая и береза плакучая. По окраинам бора встречаются небольшие колки ольхи серой. Здесь ольха растет на заболоченном пространстве, здесь же сохранился мужской папоротник. Колки осины есть на берегах пруда у мельзавода и в других местах.

Значительное уменьшение размеров бора, рекреационная перегрузка привели к тому, что резко сократилось видовое разнообразие и численность животного мира. Из млекопитающих постоянными обитателями бора являются лишь белка, лесные и летучие мыши, полевки. Зимой можно встретить зайца-беляка. Иногда в бор заходит лисица, лоси.

В бору можно встретить большое разнообразие птиц. Из оседлых птиц наиболее часто можно видеть сороку, ворону, большого пестрого дятла, поползня, большую синицу, полевого и домового воробья, горлицу, буроголовую гаичку. В укромных уголках бора с густым подлеском орнитологи встречали королька желтоголового – самую маленькую певчую птичку Урала и нашей страны. Вес его всего 5-6 г. Встретить его здесь можно во время кочевок. Гнездиться же королек предпочитает в еловых лесах. Видели в бору хищных птиц, таких как орлан-белохвост, малый канюк, ястреб-перепелятник, уральская неясыть ушастая и болотная совы. До недавнего времени гнездились в бору болотная сова и ворон.

Бор возвышается над уровнем реки на 25-40 м, самая высокая точка бора расположена на 60 метрах над уровнем р. Миасс и на 273 м над уровнем моря.

Климат города преимущественно умеренный, по общим характеристикам относится к умеренному континентальному (переходный от умеренно-континентального к резко континентальному). Температура воздуха может зависеть от количества солнечной радиации, так и от западного переноса воздушных масс.

Количество и распределение осадков в течение всего года определяется прохождением циклонов над территорией области. Колеблется 75 мм между засушливым месяцем и самым влажным месяцем (таблица 1). В течение



всего года температура колеблется от 35.1 ° С. Ветровой режим на территории города и области зависит от особенности размещения основных центров действия атмосферы и изменяется под влиянием орографии. С января по май преобладают ветры южного и юго-западного направления со средней скоростью 3-4 м/с. Скорость метелей может увеличиваться до 16-28 м/с. С июня по август ветер дует с запада и северо-запада, при грозах наблюдается кратковременное шквалистое усиление ветра до 16-25 м/с. В сентябре-декабре ветер поворачивает на южное и юго-западное направление, средняя скорость ветра составляет 3 м/с, максимальная – 18-28 м/с.

Таблица 1

## Температурный режим Челябинска

Т (°С)	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
Ср (°С)	-15.7	-14.2	-6.6	4.6	12.2	17.3	19.4	16.7	11.1	2.6	-6.3	-12.2
min (°С)	-19.6	-18.7	-11.4	-0.6	5.9	11.2	13.7	10.9	5.8	-1.2	-9.7	-15.8
max (°С)	-11.7	-9.7	-1.8	9.9	18.6	23.5	25.2	22.5	16.4	6.4	-2.8	-8.6
Осадк и (мм)	20	15	14	27	44	60	89	54	39	37	26	24

Город находится в лесостепной зоне Челябинской области. Зима продолжительная, достаточно холодная и снежная, лето умеренно тёплое. Постоянный снежный покров сохраняется примерно 150 дней. Высота снежного покрова достигает 40 см. Метели наблюдаются в течение 30—35 дней, общей продолжительностью до 270 часов. Почва промерзает до 130 см. Средняя температура января равняется – 15,5°...-17,5° С. Средняя температура воздуха в июле равняется +18...+19° С.

Челябинск является промышленным центром. В городской черте находится большое количество предприятий. Часто наблюдается штиль, из-за

малых скоростей ветра и специфического рельефа города. Это приводит к превышению содержания различных веществ в воздушной среде. Также в городе хорошо развита сеть автодорог.

По многолетним данным среднестатистический уровень радиационного фона на территории Челябинска составляет в среднем 12 мкР/ч. Это можно связать с природной составляющей. Радиационный фон повышенный в местах выхода гранита.

Состояние почвы может зависеть от количества и состава выбросов в атмосферу и сбросов в городские водоемы. Основные загрязнители: цинк, свинец, кобальт, кадмий, медь.

В Челябинске находится городская свалка, занимающая большую территорию, на данный момент она не эксплуатируется и ожидается рекультивация.

### **Выводы по второй главе**

Зеленые насаждения в городской черте имеют островной характер распространения. Крупные древесные насаждения располагаются в западной части (Челябинский городской бор), в центре города (Алое поле, Парк Пушкина, Заячий остров), на востоке (Сад Победы, парк им.Терешковой) и прилегают к Metallургическому району (Каштакский бор). Малые биогруппы или одиночные деревья распространены по всему городу неравномерно. Проведен отбор пыльцевого материала и проведен споро-пыльцевой анализ.

### ГЛАВА 3 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ ГОРОДА ЧЕЛЯБИНСКА МЕТОДАМИ ПАЛИНОИНДИКАЦИИ НА ПРИМЕРЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Оценка атмосферного загрязнения – одна из задач мониторинга состояния окружающей среды. Особое место в ее решении занимают методы биоиндикации как доступные, показательные и дающие возможность получения данных без длительных инструментальных исследований [14].

Из всего их многообразия выделяется группа палинологических методов, в которых для оценки загрязнения используется пыльца растений.

В качестве объекта исследования выбрана пыльца сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris* L.), поскольку сосновые насаждения и отдельные деревья часто встречаются в городе. Сосна продуцирует достаточно большое количество пыльцевых зерен крупного размера, которые несложно отделять из пыльников. Антропогенное загрязнение атмосферы вызывает нарушения в митотическом и мейотическом делении, распределении наследственного материала и синтезе запасных веществ при микроспорогенезе. В условиях экологического стресса для сосны обыкновенной отмечается высокая встречаемость стерильных пыльцевых зерен и их аномалии (линзовидные, воротничковые, менее или более двух воздушных мешков), а также слабое накопление крахмала в пыльце [18].

В течение двух лет в сезоны образования пыльцы сосны (май-июнь) в Челябинске отбирались образцы, как для отдельных биогрупп деревьев, так и на специальных пробных площадках, число которых в 2018г. выросло по сравнению с исследованиями 2017г. Оценка жизнеспособных пыльцевых зерен выполнялась по уровню активности пероксидазы, с помощью окрашивающего вещества (йод в йодистом калии). Жизнеспособные пыльцевые зерна с высокой активностью пероксидазы окрашиваются в цвета

от красного до светло-пурпурного и от темно-пурпурного до черного. Препараты пыльцы исследуются под микроскопом, и проводится подсчет окрашенных зерен, после чего рассчитывается показатель жизнеспособности пыльцы как процентная доля окрашенных зерен от их общего числа.

Уровень атмосферного загрязнения по жизнеспособности пыльцы оценивается как:  $>85$  – низкий,  $85-55$  – средний,  $<55$  – высокий.

Таблица 2

Показатели жизнеспособности пыльцы сосны обыкновенной в г.  
Челябинск

Локализация пробных площадок	Среднее	Медиана	Дисперсия	Экссесс	Асимметрия	Минимум	Максимум
Сад Победы	91,3	92,5	17,02	-1,88	-0,15	86,20	96,40
Алое Поле	92,5	92,9	2,61	-1,69	-0,36	90,00	94,30
Парк Пушкина	93,5	93,55	4,68	-1,47	-0,23	90,10	96,10
Сквер Сигнал	88,9	90,65	16,00	0,05	-1,16	81,30	92,45
Челябинский городской бор	93,6	93,70	2,83	-0,88	0,11	91,20	96,32
Парк Гагарина	97,2	96,65	1,57	-1,83	0,38	95,65	98,90
пос. Мебельный	97,1	98,20	5,10	-1,15	-0,92	93,60	99,30
Копейское шоссе	83,3	83,40	1,74	-1,87	-0,05	81,70	84,90
пос. Роза	98,6	98,80	1,08	2,11	-1,41	96,85	99,50
Никольская роща	95,0	95,00	1,28	-	-	94,20	95,80
ЧелГУ	93,7	93,75	1,67	0,71	0,76	92,30	95,70
ТК Алмаз	84,4	85,30	3,31	-0,34	-1,01	81,70	86,10
Ул. Героев Танкограда	86,6	86,50	2,99	-0,40	0,65	84,80	89,10
ТК Молния	86,3	86,20	3,13	-2,10	0,16	84,30	88,50
Ул. Бажова	92,9	93,20	1,70	-0,01	-0,63	91,00	94,40
В целом	92,2	92,92	22,85	-0,59	-0,54	81,30	99,50

Статистическая оценка результатов исследований на пробных площадках представлена в таблице 2. Отмечается высокая вариабельность показателей жизнеспособности пыльцы по городу, особенно в насаждениях небольшой площади (сад Победы, сквер Сигнал, парк Пушкина, пос.

Мебельный) и вблизи улиц с активным движением транспорта. Это связано с меньшей жизненностью пыльцы деревьев вблизи дорог по сравнению с растущими в середине насаждений.

Также отмечена левосторонняя асимметрия кривых распределения жизненности, что указывает на смещение в зону более худших показателей и, соответственно, нарастание уровня загрязнения атмосферы, хотя и в пределах низкого.

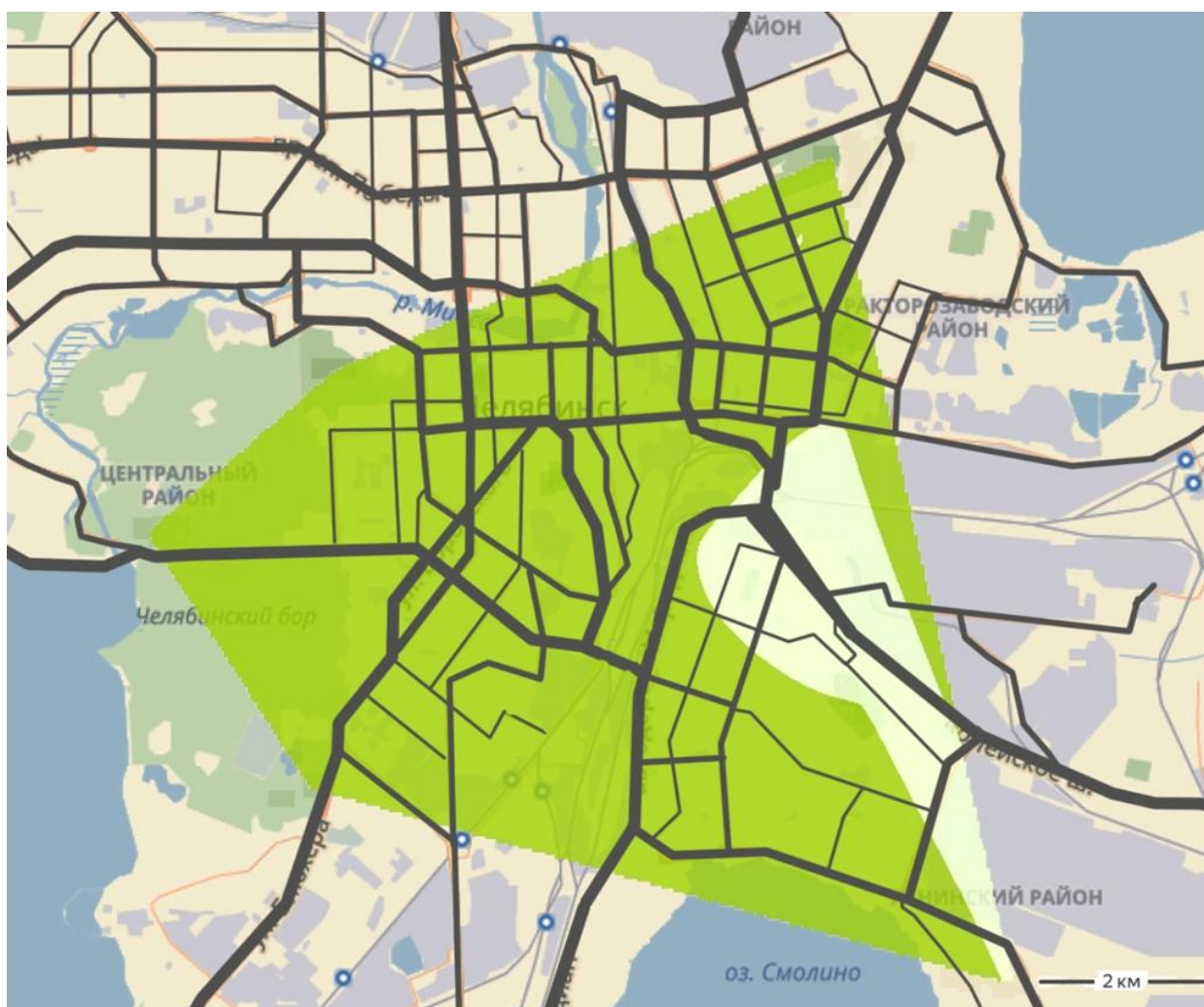


Рис.3Пространственное распределение оценок атмосферного загрязнения в г. Челябинске, по пыльце сосны (темно-зеленым – низкое загрязнение, светло-зеленым – среднее)

Наибольшие показатели жизненности пыльцы наблюдались в пос. Роза, расположенном вне влияния предприятий и автотранспорта. Наиболее

низкие показатели, соответствующие уровню среднего загрязнения атмосферы, наблюдались в районе крупной транспортной магистрали Копейское шоссе и торгового комплекса (ТК) «Алмаз», расположенного вблизи мощной городской транспортной развязки (автодорога Меридиан – Копейское шоссе).

Также показатели среднего уровня загрязнения фиксировались в сосновых насаждениях сквера Сигнал и в районе ТК Молния, расположенных недалеко от Копейского шоссе, в сосновых насаждениях у самого шоссе, а также ул. Героев ТанкоградаТракторозаводского района Челябинска.

Пространственная интерполяция полученных палинологическими методами оценок загрязнения атмосферы (см. рис.3) показала, что наиболее загрязненные участки образуют вытянутый шлейф, начинающийся от транспортной развязкиавтодорога Меридиан – Копейское шоссе и идущий вдоль Копейского шоссе к выезду из города. Появление такого шлейфа связано с тем, что пыльца сосны в условиях Челябинска реагирует преимущественно на загрязнение автотранспортом.

Таким образом, для г. Челябинска наблюдается сравнительно высокая устойчивость пыльцы сосны обыкновенной к атмосферному загрязнению, что позволяет фиксировать по городу ее низкий уровень. При этом самые низкие показатели жизнеспособности имеют пробы пыльцы сосны вблизи крупных транспортных магистралей. Следовательно, воздействие автотранспортных выбросов является одним из ведущих факторов загрязнения атмосферы и ведущим для сосны обыкновенной в городских условиях [16].

### **Вывод по третьей главе**

Исследованы особенности и уровни загрязнения атмосферного воздуха города Челябинска палинологическими методами на примере анализа жизнеспособности пыльцы сосны обыкновенной(*PinusSylvestris* L.).

Выполнена пространственная оценка загрязнения города с зонированием территории по уровням загрязнения. Установлено, что показатели жизнеспособности пыльцы сосны обыкновенной значительно колеблются в зависимости от близости деревьев к автодорогам, а уровни загрязнения атмосферы города по пыльце сосны обыкновенной определяются преимущественно как низкие, что вероятнее всего связано с устойчивостью сосны в условиях Челябинска.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Негативное воздействие от загрязнения атмосферного воздуха в первую очередь сказывается на биотических компонентах городских экосистем. Именно поэтому необходимо проводить биологический мониторинг, с целью выявления уровня загрязнения в городе Челябинске.

Загрязнение атмосферного воздуха аэрополлютантами способно вызывать серьезные изменения в процессе развития растений. Происходит отклонение в морфологическом строении пыльцевых зёрен, изменение в процессе накопления запасных веществ и процессе деления, митоза и мейоза. Изменяется количество жизнеспособных пыльцевых зерен, увеличивается количество стерильных. Затем ухудшается качества хвои и листовых пластин. Хвойные растения реагируют на экологический стресс более остро, нежели лиственные.

Зеленые насаждения в городской черте имеют островной характер и неравномерное распределение. Крупные древесные насаждения располагаются в западной части, в центре города, восточной, и прилегают к Металлургическому району. Малые биогруппы или одиночные деревья распространены по всему городу.

Проведены исследования жизнеспособность пыльцы в городе Челябинске и выполнена оценка загрязнения атмосферы по жизнеспособности пыльцы сосны обыкновенной. Выявлены особенности и уровни загрязнения атмосферного воздуха города Челябинска палинологическими методами и выполнена пространственная оценка загрязнения города с зонированием территории по уровням загрязнения.



Установлено, что показатели жизнеспособности пыльцы сосны обыкновенной значительно колеблются в зависимости от близости деревьев к автодорогам, а уровни загрязнения атмосферы города по пыльце сосны обыкновенной определяются преимущественно как низкие, что вероятнее всего связано с устойчивостью сосны в условиях Челябинска.

Споро-пыльцевой анализ показал, что максимальный уровень загрязнения (низкий показатель жизнеспособности) по методике отмечен вблизи крупных автотранспортных магистралей. Шлейф загрязнения тянется вдоль Копейского шоссе. Следовательно, воздействие автотранспортных выбросов является одним из ведущих факторов загрязнения атмосферы и ведущим для сосны обыкновенной в городских условиях

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Ашихмина, Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. [Текст] / Т.Я. Ашихмина. Киров: Вятка, 2002. – 544 с.
2. Валетова, Е.А., Влияние техногенного загрязнения на репродуктивную способность сосны обыкновенной: автореферат дис. ... кандидата биологических наук: 03.00.16 // Е.А. Валетова; Алт. гос. ун-т. – Барнаул, 2009. – С. 4-5.
3. Василевская, Н. В., Оценка стабильности развития популяции *Pinus Sylvestris L.* в условиях аэротехногенного загрязнения (Мурманская область) [Текст] / Ю. М. Тумарова // Труды Карельского научного центра РАН. – Петрозаводск, 2005. – Т. 1. – №.7. – С. 19-23.
4. Владимирова, О.С. Пыльца ели сибирской, произрастающей в различных экологических условиях [Текст] / Е.Н. Муратова, М.И. Седаева // Хвойные бореальной зоны. – 2008. – № 1–2. – С. 98-102.
5. Габеев, В.Н. Экология и продуктивность сосновых лесов [Текст] / В.Н. Габеев. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 2010. – 226 с.
6. Габеев, В.Н. Морфология Сосны Обыкновенной. [Текст] / В.Н. Габеев. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 2010.
7. Горчаковский, П.Л. Антропогенные изменения растительности: мониторинг, оценка, прогнозирование [Текст] / П.Л. Горчаковский – Екатеринбург, 1984. – С. 3-16.
8. Горчаковский, П. Л. Урал и Приуралье [Текст] / П. Л. Горчаковский. – М.: Наука, 1968. – С. 261.
9. Елькина, Н.А. Состав и динамика пыльцевого спектра воздушной среды г.Петрозаводск: автореф. дис .... канд. биол. наук / Елькина, Н.А., Петрозаводский государственный университет. – СПб., 2008. – 24 с.

10. Каплин, В. Г. Биоиндикация состояния экосистем. Учеб.пособие для студентов биол. специальностей ун-тов и с.-х. вузов [Текст] / В. Г. Каплин. – Самара: Самарская ГСХА, 2001. - 143 с.
11. Краснопольских, П., Адаховский Д.А., Характеристика возрастного состояния и условий роста восстановления сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris L.*) на территории Ярушкинского дендропарка [Текст] / П. Краснопольских, Д.А. Адаховский // – Ижевск: Биология. Конференция «Исследователь нового века». - 2018 – 50 с.
12. Колясникова, Н.Л., Влияние аэротехнического загрязнения на морфологические и эмбриологические признаки сосны обыкновенной [Текст] / Н.Л. Колясникова, Т. Д Карнажицкая., К.А.Паршакова // Биология. Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле» – 2011. – № 2. – С. 31-35
13. Махнева С.Г. Состояние мужской генеративной системы сосны обыкновенной при техногенном загрязнении среды [Текст] / Махнева С.Г. // Екатеринбург – 2005. –188 с.
14. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. / под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. М.: Академия, 2007. 288 с.
15. Панферова, А.Ю., Назаренко Н.Н. Палинологическая оценка загрязнения атмосферы г.Челябинск (на примере *Pinus Sylvestris L.*) // Экология XXI века: синтез образования, науки, производства: Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Челябинск, 26–29 сентября 2017 г.). Челябинск: ЮУрГГПУ, 2017. с. 150-153.
16. Панферова А.Ю., Назаренко Н.Н. Оценка загрязнения атмосферы г.Челябинск по пыльце сосны обыкновенной (*PinusSylvestrisL.*) II Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы и инновации в химии, биологии, экологии, аграрных науках и

естественнонаучном образовании» (г.Нижний Новгород, 15 мая 2019 г.)  
г.Нижний Новгород: НГПУ им. К. Минина 2019 с. 91-94.

17. Поташева, Ю.И. Состояние сосновых насаждений в условиях автотранспортного загрязнения: дис. ... канд. сельх. наук / Поташева, Юлия Игоревна; Арх. гос. техн. ун-т. – А., 2008. – 168с.

18. Третьякова, И.Н. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса [Текст]/И.Н.Третьякова, Н.Е.Носкова// Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН - Красноярск - 2004 г. - с. 26-33

19. Федорова, А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учебное пособие для студ. высш. учебных заведений. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – 287 с.

20. Хасанов, Н.Х. Географические культуры сосны в Предуралье и на Урале [Текст] / Н.Х. Хасанов - М.,1992. - 199 с.

21. Цыганов, Д.Н. Фитоиндикация экологических факторов в подзоне хвойно-широколиственных лесов [Текст] / Д.Н. Цыганов - 1983. 198 с.

22. Шустов, С.Б. Химические основы экологии: Учебное пособие/С.Б.Шустов, Л.В.Шустова - М.: Просвещение, 1994. - 239 с.

23. Ярмишко, В.Т. Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова [Текст] / В.Т. Ярмишко – : БИН АН СССР, Лесное хозяйство. 1992. - №10. - с.8