

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт географии
кафедра физической географии и геоинформационных систем

**ПРИМЕНЕНИЕ БИОИНДИКАЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ АНАЛИЗА
ГЕОСИСТЕМЫ**
(выпускная квалификационная работа)

Выполнил студент
4 курса 971ФГ группы
Ишков М.С.

(подпись)

Научный руководитель
канд. геогр. наук, доцент
Ненашева Галина Ильинична

(подпись)

Допустить к защите
зав. кафедрой
канд. геогр. наук, доцент
Останин Олег Васильевич

(подпись)

Выпускная квалификационная
работа защищена

«__»_____2021 г.

Оценка_____

Председатель ГАК
д-р геогр. наук, доцент Мария
Геннадьевна Сухова

(подпись)

Барнаул 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. БИОИНДИКАЦИЯ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	5
1.1. Основа биоиндикации, классификация биоиндикаторов	5
1.2. Экспертные оценки применения биоиндикации загрязнения окружающей среды	9
1.3. Фертильность пыльцы: методы определения	15
ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАРНАУЛА	20
2.1. Рельеф и геологическое строение	20
2.2. Почвы и растительность	22
2.3. Климат и воды	23
2.4. Ландшафты	24
2.5. Понятие геосистемы	26
ГЛАВА 3. БИОИНДИКАЦИЯ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРОДА БАРНАУЛА	29
3.1. Биоиндикация городской среды города Барнаула с использованием пыльцы сосны обыкновенной	29
3.2. Анализ и сравнение результатов исследований	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ	48

ВВЕДЕНИЕ

В условиях роста техногенной нагрузки на окружающую среду все большую актуальность приобретают вопросы ее экологического благополучия. Негативное влияние неблагоприятных факторов на природную среду наносит непоправимый ущерб окружающей среде. В связи с этим становится важным оценивать качество почвы, воды и воздуха.

Атмосферные загрязнения представляют непосредственную угрозу здоровью человека и окружающей среде. Среди загрязняющих веществ биологического происхождения особую роль играет пыльца сосны обыкновенной.

При использовании биоиндикаторов важную роль играет способность накапливать загрязняющие вещества. Биологическая индикация дает возможность судить не только о состоянии среды в данный отрезок времени, но и следить за ее изменениями, предвидеть и прогнозировать направление этих изменений и своевременно предотвращать вредные последствия тех или иных действий человека. В настоящее время актуальны палинологические методы биоиндикации, позволяющие оценить качество среды обитания, уровня её загрязнения, где в качестве тест - объекта используется пыльца растений.

Данные исследования весьма актуальны, особенно в то время, когда влияние человека на окружающий его мир велик и может повлечь необратимые для ландшафта изменения. При помощи данного метода, мы сможем оценить ущерб, которое могут нанести люди геосистеме.

Объект исследования – территория города Барнаула.

Предмет исследования – качество окружающей среды города Барнаула.

Цель исследования: провести биоиндикацию качества окружающей среды города Барнаула, проведя анализ её изменения во времени.

Использованные методы: сравнительный анализ, изучение и анализ литературы, эксперименты, расчеты, измерения, описание.

Методы исследования: геоинформационный анализ, полевой метод исследования, палиноиндикационный.

Задачи:

- Выявить роль биоиндикации как метода исследования качества окружающей среды.
- Дать физико-географическую характеристику города Барнаула.
- Провести сбор образцов пыльцы сосны обыкновенной и выявить связь между фертильностью пыльцы и качеством окружающей среды территории города Барнаула, также сравнить полученные результаты, как изменились результаты со временем.

ГЛАВА 1. БИОИНДИКАЦИЯ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Биоиндикация — оценка качества природной среды по состоянию её биоты. Биоиндикация основана на наблюдении за составом и численностью видовиндикаторов.

1.1. Основа биоиндикации, классификация биоиндикаторов

В онтогенезе и филогенезе все организмы, связанные с каким-либо фактором, обладают собственной генетически детерминированной и филогенетически приобретенной физиологической стабильностью. Организм находится в зоне физиологического пессимизма, если интенсивность фактора низкая или высокая, а также если эффект превышает максимальные или минимальные пределы конкретного организма. Формы жизни рождаются, а формы жизни умирают. Этот диапазон не является одинаковым для разных особей в разных популяциях (в зависимости от диапазона, определенного для вида), и не находится на разных стадиях жизненного цикла организма. Что касается интенсивности, другие факторы связаны с царством пессимизма и угнетения [2].

Биологическое развитие происходит в результате сложной синергии сочетания факторов окружающей среды всех видов биологических и биологических свойств. Развитие часто ограничивается факторами пессимистического или тиранического характера (также известны как правила Либиха). Стоит понимать, что в природной среде существуют только неполные реализации физиологических возможностей, а именно - реализованные экологические ниши (постконкурентные экологические ниши, искусственные экологические ниши, существующие экологические ареалы, экология, возможности). Экологический потенциал показывает свою

защитную реакцию организма на воздействующие факторы. Физиологическая толерантность и экологическая активность определяются значениями полученного индекса.

Состояние, размер и структура организма популяции отображает благоприятные условия окружающей среды. Подобные организмы, функционирование которых сопряжено с отдельными факторами окружающей среды, именуются биомаркерами.

Есть две формы биомаркеров. Речь идет о неспецифических биомаркерах, когда одни и те же реакции в каком-либо живом организме, обуславливаются взаимодействием с большим количеством факторов окружающей среды, в том числе связанным с человеческой деятельностью. В момент изменения реакции явно связано с определенным фактором, то есть с изменением определенного биологического индикатора.

Понятие вида индикатора применяется в настоящее время в разных значениях. Учитывая признак и цель индикации, различают следующие группы биологических индикаторов. Группа А. Экосистемные индикаторы:

1. Индикаторы предупреждения (sentinels) - чувствительные виды, в нетипичных для себя условиях быстро реагирующие на изменения.

2. Детекторы (detectors) - виды, обитающие в основном в типичных для себя местах и проявляющие измеримый ответ на экосистемные изменения - снижение численности, изменение поведения или возрастной структуры.

3. Ключевые индикаторы (key indicators) - виды и группы видов, положение которых в экосистеме предопределяет прогноз в отношении ее жизнеспособности, устойчивости и направления развития. Это, например, некоторые лесообразующие породы, некоторые симбионты, группы основных опылителей облигатно энтомофильных растений.

4. Индикаторы обширной деградации (indicators of large degradation) - угрожаемые виды различных категорий. Вид оказывается под угрозой, когда поддерживающая его экосистема (или тип местообитания) нарушается на

обширной территории, а число угрожаемых видов растет вместе с числом таких экосистем. Группа Б. Факторные индикаторы.

5. Индикаторы пользователи (exploiters) - виды, поселяющиеся или увеличивающие присутствие при нарушении сообществ или загрязнении среды, как растения-рудералы или водные беспозвоночные, обильно развивающиеся при загрязнении.

6. Аккумуляторы (accumulators) - виды, накапливающие загрязнители в теле (шляпочные грибы, лишайники).

7. Индикаторы опытов (bioassay organisms) - виды, используемые в качестве лабораторных реагентов на загрязнение. Группа С. Индикаторы здоровья.

8. Объекты измерения асимметрии - виды, используемые для оценок уровня асимметрии морфологических признаков, связанного с уровнем воздействия комплекса неблагоприятных факторов, влияющих на фенотип и, возможно, на генотип.

9. Объекты измерения успешности роста - виды, размер (или вес) представителей которых отражает дефицит нормальных условий для развития, не связанный или мало связанный с колебаниями численности и внутривидовыми взаимодействиями. К группе «А» относятся собственно индикаторы биологического разнообразия, а к группе «Б» - биологические индикаторы, с помощью которых оценивают какиелибо воздействия на экосистемы. Индикаторы группы «С» занимают промежуточное положение: по характеру влияния среды на виды-объекты измерения - эта группа ближе к биологическим индикаторам, однако среди этих видов есть представители 5-го типа, то есть находящиеся под угрозой [4]. Другую классификацию видов индикаторов, разделенных по цели индикации, приводит Ровелл:

1. Природоохранные указатели, какие дают сведения о природоохранной сфере сравнительно жизни также / либо количества разновидностей также популяций.

2. Метрики, применяемые с целью установления значения местности со места зрения сбережения природы либо свойства сферы обитания. В Какой Степени жизненна его природозащитная значимость?

3. Характеристики производительности, применяемые с целью замера этого, в какой степени хорошо добиваются стратегии, проекты операций также миссии плана.

Помимо этого, все без исключения указатели, сопряженные со многообразием, делятся в 2 группы:

1. Это экологические индикаторы, индикаторы защиты окружающей среды и управления окружающей средой, которые применяются к ландшафтным или национальным территориям. Не имеют отношения к надлежащей оценке биоразнообразия [3].

2. Индикаторы биоразнообразия и включенные классификационные индикаторы. Биоразнообразие, при проведении мониторинговых исследований изменений, изучаемых по различным индикаторам, которые нужно соотносить друг с другом. Для этого были введены следующие критерии их разделения, абсолютные критерии:

1. Сравнение с характеристиками объекта, находящегося вне зоны воздействия;

2. Сравнение с уже полученными результатами проведенного эксперимента;

3. Сравнение с характеристиками объектов, полученными до начала проведенного эксперимента;

4. Изучение градиента изменений одного и того же объекта.

II. Относительные стандарты:

1. Формирование корреляций с пространственно-временным преобразованием факторов.

2. Установление экотонных объектов, испытывающих незначительное антропогенное влияние.

В зависимости от того, какой вид индикатора рассматривается, индикация может быть с использованием растений (фитоиндикация), животных, насекомых, микроорганизмов и т.д [1].

1.2. Экспертные оценки применения фитоиндикации загрязнения окружающей среды и атмосферный мониторинг

При оценке загрязнения окружающей среды, применение ресурсов должно являться приоритетной задачей. Синтез энергии и органического вещества, непосредственно благополучие и жизнедеятельность других представителей экосистем, а также человека, зависит от деятельности автотрофов. В связи с этим различают следующие типы:

1. Биологический индикатор, который может быть очень чувствителен к загрязнителям.

2. Аккумуляторный биоиндикатор с метаболической функцией (наличие чувствительного фотосинтетического устройства, поглощающего вредные вещества из окружающей среды) часто используется для диагностики загрязнения воздуха, но его также можно использовать для диагностики почвы. Он напрямую отражает (сигнализирует) о степени загрязнении воздуха и загрязнения почвы.

Классификация принципов и уровней фитоиндикации качества воздуха и вообще окружающей среды может быть основана с учетом уровней 8 организации живой материи:

- 1 - молекулярный,
- 2 - субклеточный и клеточный;
- 3 - органный и организменный;
- 4 - популяционный;
- 5 - экосистемный или биогеоценотический;
- 6 - биосферный.

С другой стороны, методы фитоиндикации могут классифицироваться по общности методов исследования :

- 1 - фенологические методы;
- 2 - морфо и биометрические;
- 3 - анатомоцитологические;
- 4 - физиологические;
- 5 - биохимические;
- 6 - биофизические;
- 7 - флористические;
- 8 - генетические;
- 9 - биоценоотические;
- 10 - экосистемные.

Флоровым А.К. были созданы новые растительные подходы, воздействие которых на растительность, каких-либо загрязнителей воздуха и на другие биомаркеры могут определять степень чистоты атмосферы. Значение листопада, при загрязненном воздухе, варьируется в пределах 12-17 ПДК и увеличивается в период роста. Однако данное значение уменьшается при полном опадании листьев. Это заканчивается ближе к времени чистой среды и происходит это каждый день. Средняя температура может достигать 5 ° С. Однако стоит отметить, что непосредственно феноменологические методы биомаркеров могут дать возможность оценить достаточно высокие уровни загрязнения воздуха (на 10 и 9 больше, чем ПДК). Примером может послужить осенние листья перед дефолиацией, так как в этот период их значение снижается [7].

Несколько авторов разработали и продемонстрировали методы расчета инструкций по посадке, правила выбора модельных деревьев и индикаторы для анализа. Для модельных деревьев мы рекомендуем выбирать лучшее дерево с 20 или более итерациями, которое меньше загрязняется воздухом хвойных пород. В центрах высокой антропогенной нагрузки, растения зачастую имеют мелкие листья, толстые листья и мелкие стебли. В следствие

этого прослеживается зависимость, чем больше количество пор на 1 мм², тем меньше диаметр пор в течение 24 часов, это связано с воздействием промышленного газа [5].

Уровень повреждения, который описан в анатомии, зависит от того, какова степень токсичности газа, времени воздействия и чувствительности вида к нему. По В.С. Николаевскому, усиление неоднородной морфологической структуры фотосинтетических органов растений под действием промышленного газа - это торможение стадии удлинения клеток за счет анаболической дисфункции (угнетение фотосинтеза) и, возможно, отказ от роста. Связано с гормональной регуляцией. Зубные имплантаты с фтором, использующие листовое устройство, считаются адаптивным ответом. Скорее, эти изменения могут показывать свою целевую реакцию стресс-растения, направленные на более экономичное потребление воды растениями, которые находятся в городской среде. Однако во время адаптации растений к такому новому состоянию (среде) существует общий механизм, при помощи которого компенсирующие поведение, связанное с определенной структурой, может происходить на различных уровнях оптимизации фотосинтетических устройств (кроны, побеги, листья, клетки, хлоропласты). Когда данный индикатор появляется, он будет использоваться для общей оценки того, насколько загрязнен воздух [6].

Многочисленные газы оказывают большое влияние на фотосинтетические циклы, а также респирационные ферменты. Диоксид серы сдерживает и способна подвлять активацию пероксидазы и полифенолоксидазы, включение пероксидазы, полифенолоксидазы каталазой.

Аргон, обладает выведением азота, а также обладает качеством увеличивать активность дегидрогеназы также нитратредуктазы. В больших заселенных пунктах, около действия индустриальных средоточий, имеют все шансы отслеживаться перемены палеотропического состава растительности, развала, но и гибели. Нужно кроме того отметить, то что присутствие небольшого уровня засорения атмосферы, вероятнее в целом гибнут также,

пропадают более восприимчивые лишайники, к примеру, подобные равно как: *Usnea*, *Alectoria*, *Bryopogon* (среднедолголетная сосредоточение SO_2 - 3 мкг/м³; HF - 1 мкг/м³), потом присутствие сосредоточения SO_2 – 3-7 мкг/м³; HF – 1-3 мкг/м³ пропадают наиболее постоянные лишайники также мхи (*Hypogymnia*, *Parmelia*, *Sphagnum*). Уже после данного, в очередности повреждаются также подсыхают хвойные породы (сосенка, елка) также только лишь присутствие крупных (какие умножались ряд года) концентрациях газа (сосредоточение SO_2 также HF – 3-5 также наиболее концентрация) - сначала восприимчивые, но потом меньше восприимчивые чернолесные породы приступают умирать. Во результат данного, отклик палеотропического состава растительности, утрата определенных разновидностей агентов рода лишайниковых, подрост хвойных пород, имеют все шансы являться применены с целью балла уровня засорения атмосферы, но кроме того капиталом экосистем, какие находятся в нашей планете. С Целью исполнения сведений вопросов, имеют все шансы являться применены несколько палеотропических характеристик, к примеру: показатель видового многообразия, насыщенность возмещения плоскости различных основ, показатель индекса жизни, а также др.

Имеются мнению, согласно суждению каковых, существуют разновидности растений, какие гораздо наиболее восприимчивы к определенным загрязнителям. С помощью синтетического отбора также посева подобных разновидностей в различной дистанции с ключа также пребывающие около непрерывным прогнозом морфометрии, возможно отметить уровня засорения атмосферы также значимые степени засорения.

В таком случае весь период способы биомаркировки растений меньше субъективны, а также меньше верны, нежели прочие способы, изображенные больше. Влияние в растения загрязнителей атмосферы во конкретном спектре концентраций также длительности воздействия возможно систематизировать равно как хим напряжение. Выявление стресса в степени популяции способен являться указателем присутствия ядовитых элементов во атмосфере во

растительности. В данном случае возможно фиксировать перемены разных характеристик организмов: рождаемости, густоты, персональной смертности, возрастного состава жителей, статистики природного перемещения организмов, высокой изменчивости множества характеристик.

Если адаптационный процесс проявляется в популяции под действием предлетальных концентраций токсических веществ, последние должны сопровождаться повышенной изменчивостью многих морфометрических свойств у особей в популяции. Анализ изменчивости характеристик населения при различных уровнях загрязнения окружающей среды позволит разработать последующие биологические индикаторы загрязнения воздуха и, возможно, критерии, которые помогут регулировать нагрузку на окружающую среду химическими веществами.

В последние годы адаптация лишайников заняла четкое и ценное место в способах оценки и мониторинга состояния окружающей среды. В сравнении с таким методом как аэрохимический, в данном есть большое количество положительных моментов.

Первый, это не такой временно затратный и более доступный с финансовой точки зрения метод картирования химической нагрузки на больших территориях;

Преимущество второго метода дает возможность провести фиксирование состояние атмосферы за определенный временной отрезок. Также у данного метода имеется возможность его применения в городах и лесных экосистемах, где присутствуют лишайники, однако при отсутствии лишайников (лишайниковая пустыня) данная операция становится бессмысленной. На данный момент времени уже изучена чувствительность огромного количества видов лишайников как загрязнителей, а также была дана оценка их полеотолерантности [14].

Немалое количество исследователей дают рекомендацию, что для более верных и корректных результатов, стоит использовать несколько (3-5)

методов фитоиндикации. Тогда в фитоиндикационных исследованиях появляется возможность выгодно использовать следующие методы:

1 - дендрохронологический и биометрические методы;

2 - лишеноиндикацию;

3 - биофизические и биохимические методы.

Часть представителей растительного мира могут быть использованы как биоиндикаторов-накопителей.

Важными диагностическими условиями, какие демонстрируют дефекты, причисляют хим исследование материалов растения, в особенности листочков, так, как только лишь они готовы всасывать колоссальное число элементов-загрязнителей. Их концепция является мощным погодным насосом бревна, непосредственно данное предоставляет вероятность потреблять также накапливать большое количество эксгаллатов. Кроме Того около древесных растений имеется умение осваивать также дополнять их во содействие метаболизма элементов газовидные загрязнители, к примеру, подобные равно как: оксиды дымчаты, азота, аммония, присутствие абсолютно всем данном во листьях также хвое замечается увеличения в целом нахождения азота также дымчаты.

Основываясь в определенные академические список источников, небольшие сосредоточения диоксида дымчаты во атмосфере присутствие обязанностью влиянии готовы послужить причиной ко накапливанию значительного числа дымчаты во анаболических органах растений.

Одно из обстоятельств экологически сбалансированного формирования города считается ведение мониторинга атмосферного воздуха с целью оценки на настоящий момент времени, сравнения и прогноза по данной стезе.

Концепции исследования базируются в постоянном слежении, они также считаются одной-единственной основой статистических утверждений. Подобные исследования из-за засорения атмосферы в населенных пунктах ведутся Центром гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды в неподвижных постах ключевых загрязнителей. Помимо этого, обязательной

составляющей прогноза считаются модельные вычисления засорения атмосферы в базе сведений о выбросах.

Одним из главных документов в РФ утвержденная единая модель воздушного транспорта для расчета до разовых концентраций загрязняющих веществ. При оценке степени загрязнения, полученные значения сравниваются с одnorазовыми ПДК (ПДК) в сильно заселенных районах. Данный подход имеет большое количество преимуществ, однако в некоторых городах некоторые участки загрязняются куда чаще и сильнее других, что не учитывается. Вполне вероятно, что кроме ПДКр именно динамичность повышенных концентраций играет большую роль в определении уровня вредного воздействия загрязнения атмосферы на человека и на другие составляющие окружающей среды, включая древесные растения.

Климатическое визуализирование/моделирование метеорологических ситуаций, задает ритм процессу рассеяния загрязняющих веществ в воздушном пространстве города, учитывая воспроизведение расчетов среднегодовых концентраций [13].

1.3. Фертильность пыльцы: методы определения

Жизнеспособность — это способность клеток пыльцы к делению на тканях пестика; **фертильность** — способность их осуществлять полное оплодотворение.

Принято различать жизнеспособность пыльцы и фертильность (фертильность) - это способность клеток пыльцы делиться в ткани пестика. Способность к оплодотворению - это способность полностью оплодотворять пыльцу. Гомозиготные гены пыльцы бесплодия (гены бесплодия) и особенности цитоплазмы передаются только по материнской линии (цитоплазматическая мужская стерильность).

Неблагоприятные экологические условия во многих городах России, в том числе в Барнауле, включают необходимость биологического мониторинга

состояния окружающей среды. Доступная оценка экологических древесных растений. Это надежно. Это дорого, относительно просто, но эффективно. Это многолетнее растение, поэтому вы можете изучить его через небольшое количество лет, так как он часто используется в озеленении городов, поскольку это весьма благоприятный объект для исследования.

Пыльца сосны обыкновенной задевает немалое количество разных свойств различных типов.

Задача моей работы состоит в изучении изменчивости свойств пыльцы *Pinus sylvestrum* в условиях Барнаула и оценка возможности их применения в качестве биомаркеров в городских районах [16].

Анализ пыльцы на микроскопе МикМед-1 с использованием 10х15х40 временных цитологических образцов после окрашивания Люголем. Бесцветная, светлая, ярко окрашенная пыльца Бесцветная пыльца, стерильная, среднеокрашенная - полуопыленная и ярко окрашенная - Получено в процентах. машина. Статистический анализ данных проводится с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2007.

Типы биоиндикаторов:

1. Чувствительный.

Стремительно обращает внимание на жесткие отклонения от нормы. К примеру, отклонения в поведении животных или физиологических реакциях клеток возможно обнаружить вскоре после появления ненужных факторов.

2. Аккумулятивный.

Имеет аккумуляционный вид, никак не иницируя препятствий. Образцом способен стать, в преждевременных стадиях засорения также уничтожения дивых полос. Но их главные свойства остаются постоянными. Однако нужно принимать во внимание, то что через тот или иной-в таком случае период определенные уникальные разновидности имеют все шансы приступить пропадать, меняя единую морфологию также единое число организмов.

Вылезает, то что дивая система равно как индикатор никак не может одновременно выявить тот или иной-или несоблюдение сферы. Имеется

принцип, присутствие поддержки коего представляют биоиндикаторы, данное 2 ключевых их особенности: особенность также восприимчивость.

Но присутствие небольшой специфичности индикатор способен отвечать в разнообразные условия согласно-всякому, присутствие значительной – в единственный. Присутствие невысокой восприимчивости индикатор горазд входить в отклик только лишь в главнейшие отличия условия с установленной общепризнанных мерок, присутствие значительной - в незначительные.

Тест-организмы -это биоиндикаторы (растения и животные), которых используют для оценки качества воздуха, воды или почвы в лабораторных опытах.

Примеры тест-организмов

- одноклеточные зеленые водоросли (хлорелла, требоуксия из лишайников и пр);
- простейшие: инфузория-туфелька;
- членистоногие: рачки дафния и артемия;
- мхи: мниум,
- цветковые: злак плевел, кресс-салат.

Одно из основных требований к тест-организмам - это возможность получения культур из генетически однородных организмов В таком случае отличия между опытом и контролем с большей вероятностью могут быть отнесены на счет нарушающего фактора, а не индивидуальных различий между особями [18].

Формы биоиндикации

Биоиндикация может быть специфической и неспецифической. В первом случае изменения живой системы можно связать только с одним фактором среды. Например, высокая концентрация в воздухе озона вызывает появление на листьях табака (сорта Bel W3) серебристых нек-розных пятен.

Во втором случае различные факторы среды вызывают одну и ту же реакцию. Например, снижение численности почвенных беспозвоночных может происходить и при различных видах загрязнения почвы, и при вытаптывании, и в период засухи и по другим причинам.

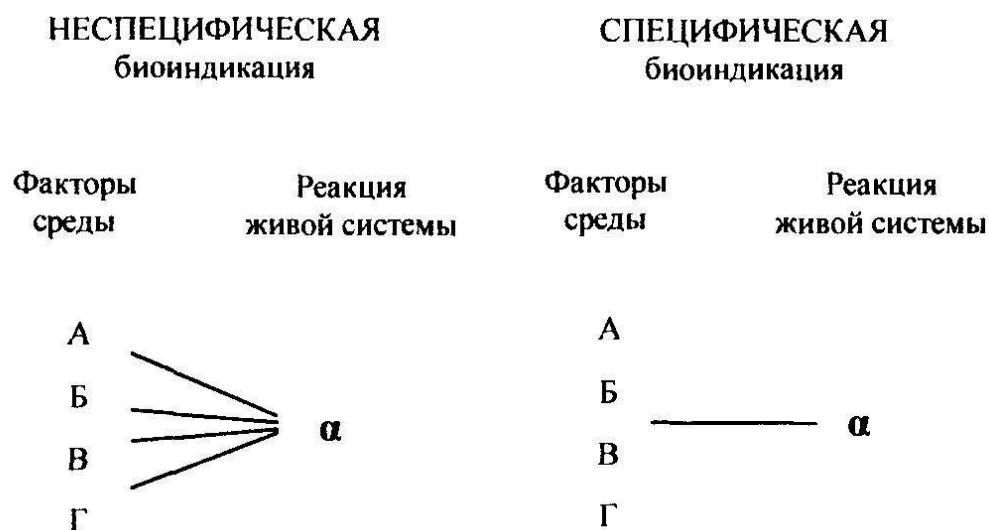


Рисунок 1.1. – Специфическая и неспецифическая биоиндикация

При другом подходе различают *прямую* и *косвенную* биоиндикацию. О прямой биоиндикации говорят, когда фактор среды действует на биологический объект непосредственно. В описанном выше случае серебристые пятна на листьях табака возникают от прямого действия озона.

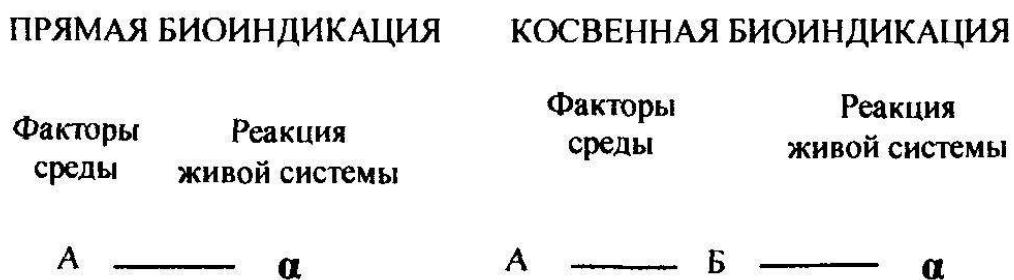


Рисунок 1.2. – Прямая и косвенная биоиндикация

При косвенной биоиндикации фактор действует через изменение других (абиотических или биотических) факторов среды. Например, применение

одного из гербицидов (2,2 дихлорпропионовой кислоты) на лугу ведет к уменьшению злаков в растительном покрове (с 55 до 12%) и, соответственно, увеличению разнотравья, что может рассматриваться как прямая биоиндикация. Эти изменения растительного покрова ведут к падению численности саранчовых и росту численности тлей. Изменение в соотношении двух групп насекомых - пример косвенной биоиндикации применения гербицида [15].

ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАРНАУЛА

Расположен в лесостепной зоне Западно-Сибирской равнины, на северо-востоке Приобского плато, в верхнем течении реки Оби, преимущественно на её левом берегу, в месте впадения реки Барнаулки в Обь. С севера и востока Барнаул огибает русло Оби, на юго-западе — ленточный бор. Расстояние до Москвы 3419 км. Ближайший крупный город — Новосибирск (239 км).

Географические координаты: 53°20,84' с. ш. 83°46,74' в. д. НГЯО (координаты так называемого нулевого километра, от которого отсчитываются расстояния в Алтайском крае). Барнаул расположен на той же широте, что и Гамбург, Дублин, Ливерпуль, Минск, Самара, Магнитогорск и Эдмонтон.

2.1. Рельеф и геологическое строение

Город Барнаул расположен в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины на участке Приобского плато левобережья реки Оби, террасообразно спускающегося в долину реки Барнаулки. Рельеф территории города определяют основные геоморфологические структуры - Приобское плато, на котором расположен город, и ассиметричные долины рек Оби и Барнаулки [6].

Абсолютные отметки высот – от 132—135 м близ устья реки Барнаулки до 230—250 м в северной части города; а общий наклон поверхности — с северо-запада на юго-восток к долине Барнаулки. Пойменная терраса реки Оби расположена в районе пристани к северо-западу от железнодорожного моста. В южной части Барнаула находится, так называемая, Нагорная часть города — водораздел между долинами Оби и Барнаулки. Рельеф осложнён эрозионными структурами средних и мелких форм: долиной реки Пивоварки (12 км), мелкими понижениями, оврагами. Склоны в долине Оби довольно

крутые (25—60°), местами обрывисты, высотой 50—110 м, неустойчивы и подвержены суффозионным процессам, плоскостному смыву и оврагообразованию. Пойменная терраса реки Оби прослеживается в районе пристани к северо-западу от железнодорожного моста. Абсолютные отметки её поверхности изменяются от 131 до 137 м.

Равнина речки Река обладает довольно резкие откосы, какие могут доходить 60°, но зонами обрывисты, также обладают вышину до Пятидесят-110 м, какие по собственную очередность непостоянны также имеют все шансы являться подвергаются суффозионным действиям, оврагообразованию также плоскому смыву. Безусловные оценки 230-250 м также плоскогорье 185-190 м в северные доли мегаполиса соседствуют со равниной речки Барнаурка. Посредственная также небольшая строение: Равнина Пивоварка, незначительные впадины.

В местности муниципальной особенности плоскогорье протекает посредством сведения рельефы:

- макушечные тонкие плоскости с злаково-разнотравными займищными, ковыльными степями в выщелоченных также обычных чернозёмах (северо-закат);
- пологонаклонные высокие плоскости верхнего степени плоскогорье со разнотравными займищными степями также лугами в чернозёмах, парковыми колючими лесами в сероватых дивых основах согласно отлогим лощинам стока речек также западинам (провинция также северо-закат);
- слабоволнистые лугово-степные склоновые плоскости со просадочными западинами, поделенные опорами также долинами небольших водотоков со лугово-полский также кустарничковой растительностью в слабосмытых чернозёмах (основная доля);
- банально-холмисто-западинные плоскости со сосновыми также березовыми лесами в недостаточно подзолистых основах (зюйд);
- крутопадающие приречные откосы плоскогорье, зонами задернованные также залесенные, со интенсивными оврагами также

оползнями (провинция, азия также юго-азия). Физико-геологические движения в местности Барнаула также во пригороде выражается во варианте оврагов, оползней, заболоченных зон также посадочных западин.

Интенсивное формирование оврагов обуславливается отвесными скатами берегов рек Оби также Барнаулки. Овраги во основной массе ситуации действующие, функционирующие со отвесными стенами также крупными уклонами тальвегов.

2.2. Почвы и растительность

Территория города находится в подзоне обыкновенных черноземов. Почвенный покров Барнаула неоднороден. Основными его компонентами являются черноземы обыкновенные мало - и среднегумусные, среднемощные, среднесуглинистые. Мощность гумусного слоя может варьироваться в пределах 40-50 см. Максимальное содержание гумуса в верхних слоях почвы колеблется от 12 до 20% (до 150 см), но на 10 резко падает под профилем. Их почвенный покров представлен одиночным Черноземом - серой лесной оподзоленной почвой, характеризующейся относительной величиной гумусового слоя.

Коренная растительность представлена пастбищами, лесами, пойменно-пастбищными типами, где наблюдается конфликт.

Поверхность пастбища ограничивается поверхностью Обского плато.

Обычные травяные и злаковые ассоциации (мятлик узколистый, бестеновой светильник, лапчатка серебристая, люцерна серповидная) встречаются в черноземе обычном и черноземе эссенциальном.

Лес занимает подножие и откосы балок: с осиной. Подлесок шиповника, Карагана.

Барнаульский пояс располагает большим % леса, который со временем растет и в нем прослеживается до 30 видов древесины. К примеру, берег реки богат черемухой, ивой, тополем, ясеневым кленом, висячей березой. 50% от

общей численности видов. Всего в лесной части городской территории существует порядка 30 видов деревьев и кустарников.

К травяным покровам относятся сухостойкие травы (ежики, огромные форточки, фармацевтические, разнообразные разновидности гороха, трава) также травки (полные кошачьи растение, ягода, янтарные стержни, российские ирисы, дивые касатки, анютины глазки). По геоботаническому районированию флора Барнаула и его окрестностей относится к подзоне южной лесостепи. Выделяется несколько геоботанических районов: Приобский район южной лесостепи, район средней лесостепи Бийско-12 Чумышской возвышенности, а также пригородные районы приобских сосновых лесов, сосновых боров, ложбин древнего стока и пойменных лугов [6].

2.3. Климат и воды

Умеренный, умеренно-континентальный климат города Барнаула ободневает это своим своеобразным географическим положением на юге Западной Сибири и воздействием Алтайской горной области. Имея открытые границы со стороны Северного Ледовитого океана, а также с полупустынными районами Средней Азии, создается возможность для поступления разных по свойствам воздушных масс, в следствие чего мы имеем достаточно специфические различия в погоде. Для Барнаула характерна морозная, умеренно - суровая и малоснежная зима и теплое лето.

Поступающий на территории воздух с атлантики уже преобразован и нередко может измениться в континентальный. Теплый тропический воздух в край приходит с юга, когда холодный приходит с Востока.

Из-за распространения атмосферы с веста в летний сезон тут сыро также холодно, но в зимнее время сыро также теплота. В Зимнее Время Алтайский регион располагается около влияния значительных давлений во Азии, то что устанавливает процедура сильного остывания околоземного также

околоземного пластов атмосферы. Присутствие замене сезонов, но непосредственно весны, местности свойственно наиболее мощные циклоны, разрушение.

Срыв прохладного приполярного атмосферы в задние доли циклона сопровождается внезапным похолоданием. Во завершении весны также во истоке года полярный воздушное пространство, подогретый около значительным нажимом, способен спровоцировать засуху. Динамичность циклонов слабеет в летний сезон также увеличивается в осеннее время, во облачную погоду также зачастую ливни. Город располагается во области маловодья. Обычно из-за времени падает 495 миллиметров осадков, с каковых 6,5% падает во наиболее горячие месяцы (со апреля согласно месяцу) [6].

Положительное географическое влияние на юго-восточную часть Горного Алтая. Ощущение открытости от Северного Ледовитого океана и жаркое лето. Атлантический воздух на территории определяет климат Барнаула.

Распространение воздуха с запада холодного континента формируется влажным и прохладным климатом лета и зимы. С конца лета до начала лета арктический воздух нагревается под высоким давлением, что сильно охлаждает поверхность и воздушные слои на ней. Летом активность циклонов ослабевает и снова становится более интенсивной, с пасмурной погодой и частыми дождями. Сезон-апрель по октябрь [6].

2.4. Ландшафты

Ландшафт - это функционально и территориально однородная наземная система, в которой все компоненты природы (камни, вода, почва, растительность, животные) тесно взаимодействуют и взаимозависимы. Под ним понимается комплекс природы и территории. Ландшафт Барнаула можно разделить на первозданную природу и природу, существовавшую до возникновения города, их отдельные фрагменты и элементы являлись ее

частью, в основном периферийными технологиями, современными или природными технологиями. Значительное или полное изменение естественного основания.

Согласно существующим классификациям (по структуре рельефа, уровню грунтовых вод, сочетанию растительных сообществ, составу почвы) ландшафт Барнаула представлен 11 различными регионами. Ландшафт плато Урочище Преоф образован 10 типами рельефов, одним из которых является долина Оби.

На Преобском плато различают плоские понижения, пологие поднятия, ступенчатые долины Барнаула вдоль реки, ступенчатые поверхности 36 древних водостоков и слабоволнистые склоны. Эти поверхности усложнены морфологией эрозии микрорельефа и проседания-понижения, понижения и т. д.

На склонах и днищах древних водостоков в долине Барнаулки иногда встречаются редкие березовые леса, березовые и травянистые леса, кустарниковые леса и небольшие лесные болота (согра) по впадинам.

Ландшафт основной поймы Обской долины практически сохранен в естественном состоянии (нет населенных пунктов). Возвышенная поверхность поймы в основном состоит из тополей и ивовых кустов, с травянистыми и травянистыми лугами в центре и широколиственными и осоковыми болотами в низинах. Здесь много озер и стариц [6].

Современный городской пейзаж формировался на протяжении более 2,5 веков из заводского поселения и последующей застройки города. Хозяйственная деятельность изменила структуру основных природных ландшафтов от небольших изменений до полных.

Современные пейзажи Барнаула можно разделить на четыре категории, чтобы облегчить кардинальные изменения ландшафта.

Природа с регулирующими элементами. Это неизменные или слабо измененные геологические системы (сельскохозяйственные угодья (сухие

луга, луга), ленточные леса, белоберезники, пустоши, поймы долины Оби, в том числе естественные водоемы).

Естественные и искусственные; к ним относятся ландшафты (парки, скверы, садовые участки, сельхозугодья (возделываемые земли), искусственные водоемы и неосвоенные территории (карьеры, карьеры), которые существенно меняются и функционируют под влиянием человеческого регулирования. Раскопки, свалки, набережные))).

Жилые; это участки с разным типом застройки, от одноэтажной до многоэтажной, совмещенные с прилегающими садовыми участками и элементами коммунальной инфраструктуры (очистные сооружения, полигоны для отходов и т. д.).

Промышленное и промышленное - это направления предприятий различных сфер экономики, в том числе геоинженерных систем [6].

2.5. Понятие геосистемы

Одна из фундаментальных задач биоиндикации, — как человеку минимизировать вред своей деятельностью в геосистему в целом.

Геосистема — это природное тело, имеющее конкретные размеры по площади и по высоте. Географическое положение конкретной местности, ее рельеф не являются компонентами природы, но во многом определяют свойства геосистем. Климат и погода также не являются компонентами природы, это характеристики воздушных масс атмосферы, существенно влияющие на функционирование геосистем. Климат характеризует среднесезонные установившиеся характеристики воздушных масс, а погода отражает их мгновенные значения.

Генетически интегрированная геосистема имеет однородные зоны и зональные характеристики, содержит определенный набор локальных геосистем (регионов, регионов, фаз) и называется ландшафтом.

Рельеф представляет собой гомогенную геологическую базу, породы конкретного состава, единственный автогенетический вид рельефа, общий областной атмосфера также, равно как результат, единственный по зонам вид также категория грунта. Присутствие данном зоны рельефа обладают различные фигуры также компоненты рельефа, различные требования локального климата, гидрофитную сферу, вегетативный слой, типобразование основ, внешний вид тип агропочвенной области (заливная, сырая, резкая) обладает комплект подобных элементов также большое число характерных внутренних строений, какие совершают любой рельеф неповторимым во полном. Самая простая и низшая морфологическая единица ландшафта - это фации, пространство, в котором характер взаимоотношений между компонентами природы не меняется. Это комплекс природных территорий, сохраняющий одинаковую литологию поверхностных пород, холмистые и влажные свойства, микроклимат, разнообразие почв и биоразнообразие. Лица обычно занимают микропену или ее часть, сохраняя при этом свою изначальную сложность. Вот пример фации: Склоны каньона с небольшим количеством почвы и растительности. Неглубокая впадина в пойме реки, занятая осоковыми лугами на дерново-суглинистой почве. Подножие экспозиции на северной стороне моренного холма. Небольшие территории, такие как возвышенные болота. Различие между аборигенными (исходными) естественными и искусственными (модифицированными) фазами: возделываемые земли, лесные массивы, фруктовые сады и т. д.

Фации земной поверхности отличаются необычайным разнообразием.

Сочетание двух или более фаз образует более сложный природно-территориальный комплекс - регион с особым определенным сочетанием всех компонентов ландшафта. Типичный пример равнинного региона - дно каньона, поверхность бассейна и т.п.

Взаимодействие с изменениями естественного ландшафта и растительного покрова, изменением положения земли, изъятием некоторых речных потоков для орошения и т. д. Искусственные сооружения Ланги или

новые элементы, введенные в них (посевы, здания, сооружения из новых культур), подчиняются законам природы. Как в ландшафте появился еще один элемент: водохранилище образовалось в результате естественной плотины реки, или каньон образовался естественным путем, или в результате неправильной обработки склонов.

При оценке антропогенного воздействия на природу, особенно на ландшафт системы Земли, включая ландшафты, необходимо помнить об основной ситуации, независимо от того, насколько ландшафт изменен людьми. Исследования и разработки системы Земля сокращают качественные различия между ландшафтами и лугами, лугами и пустынями.

ГЛАВА 3. БИОИНДИКАЦИЯ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРОДА БАРНАУЛА

3.1. Биоиндикация городской среды города Барнаула с использованием пыльцы сосны обыкновенной

В настоящее время в крупных городах обострилась проблема нарастающей экологической напряженности. В первую очередь она характерна для городского воздуха. Оценка состояния городской атмосферы, а также оценку влияния атмосферного загрязнения на живые организмы возможно дать с помощью биомониторинга, в задачи которого входит регулярно проводимая оценка качества окружающей среды с помощью специально выбранных для этой цели живых объектов.

Для территории Барнаула в качестве биоиндикатора выбрана пыльца сосны обыкновенной как наиболее чувствительный к загрязнению компонент природной среды. По химическому или морфологическому составу пыльцы можно определить норму и отклонения от данной нормы, а впоследствии определить факторы, которые повлияли на изменение характеристик пыльцы.

В данной работе оценка качества окружающей среды (в первую очередь атмосферного воздуха) основана на выявлении качественных характеристик – фертильности и стерильности пыльцы сосны обыкновенной, произрастающей в черте Барнаула. Основной количественный показатель контролируемых объектов – частота встречаемости стерильных или фертильных пыльцевых зерен, выражаемая в процентах от общего количества исследованных пыльцевых зерен.

В 2010-2012 году Ненашевой Г.И. и Максимовой Н.П. был выполнен сбор материала, основные сроки интенсивного пыления сосны проходились на третью декаду мая – начало июня. В течение данного времени были собраны образцы пыльцы обыкновенной с нескольких деревьев преимущественно в

центральной и нагорной частях Барнаула. Затем в лабораторных условиях исследована фертильность собранной пыльцы при помощи йодного метода, основанного на определении содержащегося в пыльце крахмала в результате оидной реакции. В результате в течение периода исследования подсчитано около 15 тыс. пыльцевых зерен сосны обыкновенной и выявлено процентное соотношение фертильных и стерильных пыльцевых зерен для каждого образца [12].

Таблица 3.1 – Результаты биоиндикационного анализа пыльцы сосны обыкновенной за 2010 г. (Барнаул)

№ п/п	Точка сбора материала	Количество подсчитанных зерен, шт.	Фертильные пыльцевые зёрна		Стерильные пыльцевые зёрна	
			Количество, шт.	Доля, %	Количество, шт.	Доля, %
1	Рекреационная (загородная) зона	1300	1037	79,8	263	20,2
2	Змеиногорский тракт, недалеко от лыжной базы «Динамо»	1312	897	68,4	415	31,6
3	Сквер за администрацией Алтайского края	2087	852	40,8	1235	59,2
4	Ул. Молодежная, сквер за АКУНБ им. В.Я. Шишкова	2516	1376	54,7	1140	45,3

Посмотрев и изучив полученные данные, можно сделать вывод, что наиболее благоприятную атмосферу имеет точка сбора №3, а самую загрязнённую точка сбора №1.

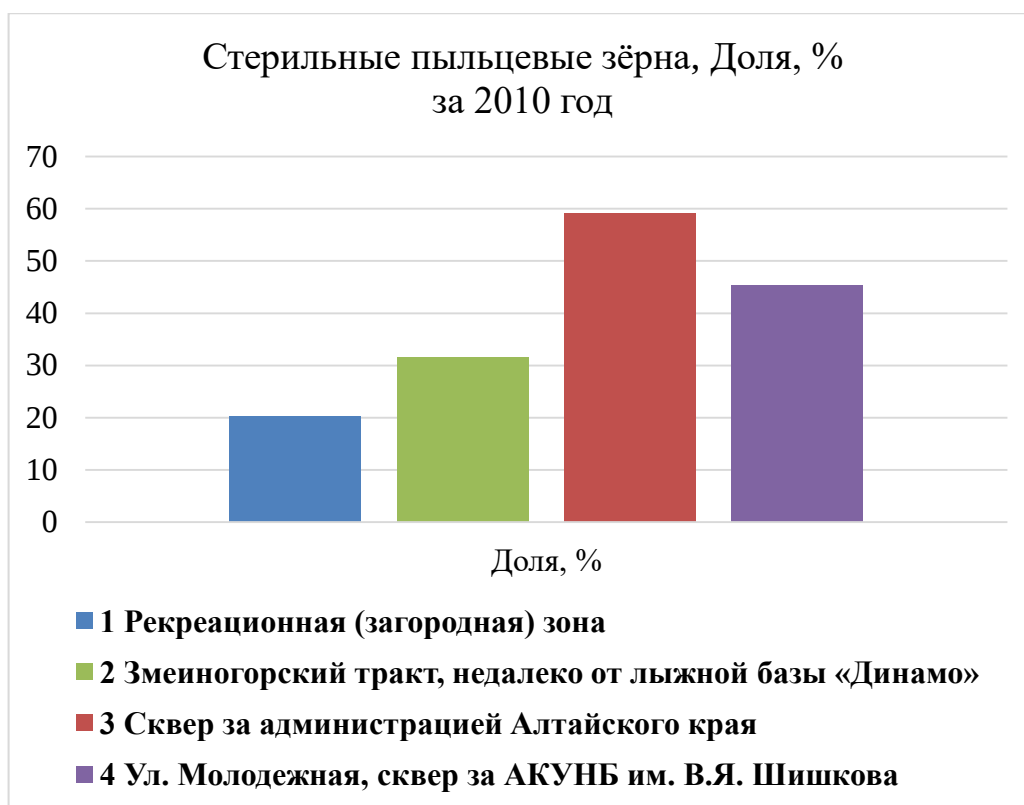


Рисунок 3.1. – Доля стерильной пыльцы сосны обыкновенной в условиях
Барнаула, %

В 2010 г. сбор материала производился с четырёх точек, две из которых расположены в центре города – в лесном массиве нагорной части города и в загородном лесном массиве. Наибольший процент стерильных пыльцевых зерен характерен для точек сбора образцов, расположенных в центре города. Наименьшее количество стерильных пыльцевых зерен, а следовательно, высокий показатель фертильности, характерны для точки сбора, расположенной в загородной рекреационной зоне [12].

Таблица 3.2 – Результаты биоиндикационного анализа пыльцы сосны
обыкновенной за 2011 г. (Барнаул)

№ п/п	Точка сбора материала	Количество подсчитанных зерен, шт.	Фертильные пыльцевые зёрна		Стерильные пыльцевые зёрна	
			Количество, шт.	Доля, %	Количество, шт.	Доля, %

1	Ул. Молодежная, сквер за АКУНБ им. В.Я. Шишкова	653	377	57,7	276	42,3
2	Сквер за администрацией Алтайского края	524	204	38,9	320	61,1
3	Пр. Красноармейский – ул. Партизанская	368	111	30,2	257	69,8
4	Змеиногорский тракт, недалеко от лыжной базы «Динамо»	586	354	60,4	232	39,6

Посмотрев и изучив полученные данные, можно сделать вывод, что наиболее благоприятную атмосферу имеет точка сбора №3, а самую загрязнённую точка сбора №1.

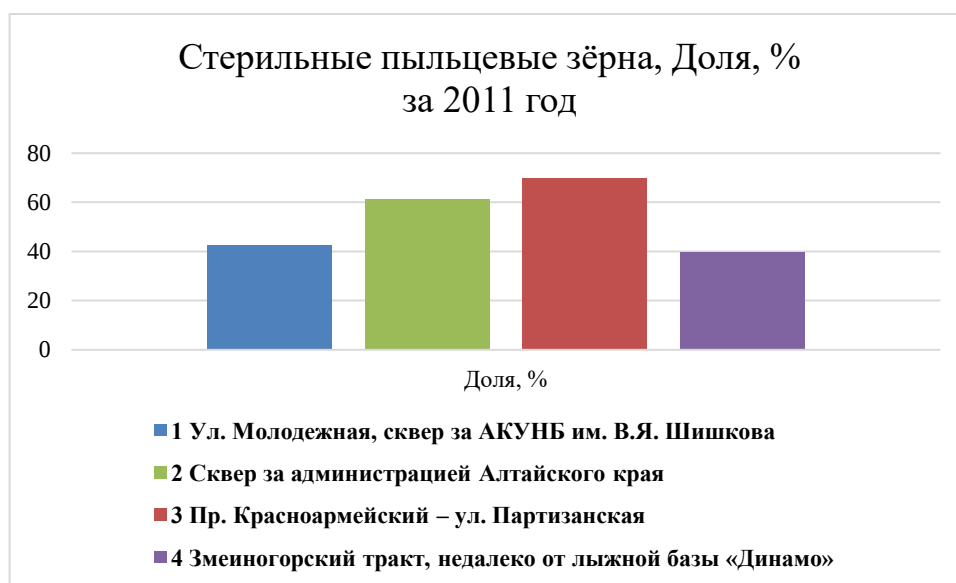


Рисунок 3.2. – Доля стерильной пыльцы сосны обыкновенной в условиях Барнаула, %

В 2011 г. одна точка была заменена на другую, но суть осталась той же, что и в прошлом году. Наименьший показатель имеет материал, собранный с точки №4, расположенной в лесном массиве нагорной части города.

**Таблица 3.3 - Результаты биоиндикационного анализа пыльцы сосны
обыкновенной за 2012 г. (Барнаул)**

№ п/п	Точка сбора материала	Количество подсчитанных зерен, шт.	Фертильные пыльцевые зёрна		Стерильные пыльцевые зёрна	
			Количество, шт.	Доля, %	Количество, шт.	Доля, %
1	Ул. Молодежная, сквер за АКУНБ им. В.Я. Шишкова	1164	143	12,3	1021	87,7
2	Сквер за администрацией Алтайского края (точка сбора № 1)	684	66	9,7	618	90,3
3	Сквер за администрацией Алтайского края (точка сбора № 2)	756	246	32,5	510	67,5
4	Сквер за администрацией Алтайского края (точка сбора № 3)	609	43	7,1	566	92,9
5	Змеиногорский тракт – ул. 6-я Нагорная	612	194	31,7	418	68,3
6	Змеиногорский тракт – ул. Солнечная	512	145	28,3	367	71,7
7	Змеиногорский тракт – ул. Широкая просека (точка сбора № 1)	455	199	43,7	256	56,3
8	Змеиногорский тракт – ул. Широкая просека (точка сбора № 2)	634	142	22,4	492	77,6

Посмотрев и изучив полученные данные, можно сделать вывод, что наиболее благоприятную атмосферу имеет точка сбора №4, а самую загрязнённую точка сбора №7.

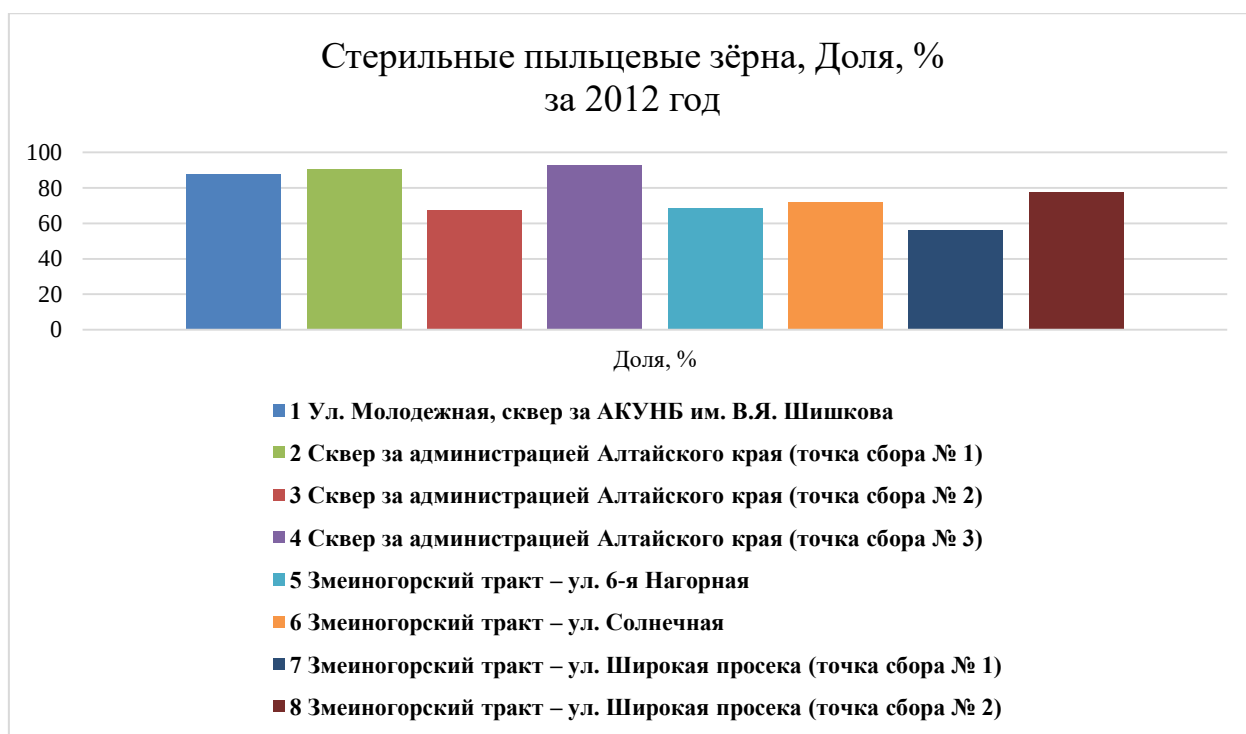


Рисунок 3.3. – Доля стерильной пыльцы сосны обыкновенной в условиях
Барнаула, %

В 2012 году сбор материала производился с восьми точек, которые также можно разделить на две группы: расположенные в центре города и в лесном массиве нагорной части города. Точки сбора в центре города, как и в прошлые годы, характеризуются высоким показателем фертильности пыльцевых зерен. Наименьший показатель имеет точка, находящаяся в лесном массиве на некотором удалении от автодороги (точка № 7) [12].

В результате данных наблюдений можно сказать, что качество пыльцевых зерен (фертильность) напрямую зависит от степени воздействия на них антропогенного фактора, в частности атмосферного загрязнения. Отрицательное воздействие на качество пыльцевых зерен оказывает такие составляющие атмосферного воздуха, как угарный газ, диоксид азота, сажа и пыль, а также частицы тяжёлых металлов в их составе. Сильнее страдает пыльца тех деревьев, которые расположены в непосредственной близости к автодорогам или парковкам. Меньшее отрицательное воздействие испытывают на себе деревья, расположенные в пределах лесного массива на

удалении от автодорог либо скрытые от прямого воздействия атмосферных загрязнителей другими растительными насаждениями.

Также заслуживает внимания работа Л.П. Хлебовой, О.В. Ерещенко, которые провели работу с 2010 по 2011 год в Барнауле. Сбор материала (мужские шишки) проводили в 2010–2011 гг. на различных площадках Барнаула в период массового цветения объекта. Контролем служил район Южно-Сибирского ботанического сада, расположенный в лесном массиве. Оценивали морфологические признаки (размеры, форму, количество воздушных мешков) и фертильность пыльцы. Пыльцевой анализ осуществляли на микроскопе «МикМед-1» с увеличением 10х15х40 на временных цитологических препаратах после окрашивания раствором Люголя. Фертильные и стерильные пыльцевые зерна отличаются по содержанию крахмала, что выявляется цитологически после окрашивания их йодным раствором. Выделяли три группы пыльцы по интенсивности окрашивания: неокрашенная, слабоокрашенная и сильноокрашенная пыльца. Неокрашенную пыльцу считали стерильной, среднеокрашенную — полуфертильной и сильно окрашенную — фертильной. Долю пыльцевых клеток определенного типа находили как процент от общего количества просмотренных пыльцевых зерен. Размеры пыльцы определяли по диаметру тела без учета воздушных мешков с помощью программы Scope Photo. Было исследовано по 2000 пыльцевых зерен с каждой точки сбора. В данных точках также осуществлялся мониторинг загрязнения атмосферы выхлопами автотранспорта путем подсчета плотности потока автомобилей. Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей рассчитывали по формуле оценки концентрации окиси углерода [12].

В результате исследования функциональных показателей образцов пыльцы сосны обыкновенной (рис. 1), взятой из различных районов Барнаула, выявлено, что в 2010 г. средний уровень фертильности составил 92,0 %, варьируя от 86,7 (Змеиногорский тр., 49) до 95,0 % (ул. Лесосечная). Достоверные различия по сравнению с контролем установлены для адресов:

Змеиногорский тр., 49, и пр. Красноармейский, 133. В остальных точках значения были либо выше, либо ниже контроля, но статистически не значимы. Группа слабоокрашенной пыльцы характеризуется пониженным содержанием питательных веществ, которых, возможно, недостаточно для участия в оплодотворении. Поскольку анализ является качественным, а не количественным, мы посчитали целесообразным выделить такую пыльцу в отдельную группу. Доля этой пыльцы в среднем достигала 7,0 % на экспериментальных площадках и 5,3 % в контроле. Максимальное количество стерильной пыльцы (рис. 2) наблюдали по адресу: пр. Красноармейский, 133, где ее доля составила 8,3 %. В 2011 г. доля стерильной пыльцы была от 1,3 (Змеиногорский тр., 89) до 3,6 % (Заводской 9-й пр., 40, Змеиногорский тр., 49), достигая в среднем по всем точкам 2,2 %. В контрольной точке данный признак составил 1,2 %. Достоверные отличия от контроля обнаружены в следующих точках: Заводской 9-й пр., 40, ул. Молодежная, 54, Змеиногорский тр., 49, 77.

Изменчивость различных признаков пыльцы сосны обыкновенной в нашем исследовании была обусловлена погодными условиями (2010 и 2011 гг.), точкой сбора материала, характеризующей экологическое состояние воздушной среды города, их взаимодействием и случайными факторами. Факториальный анализ данных позволил оценить каждый фактор в отдельности и определить его вклад в общий уровень изменчивости признаков. Установлено, что для всех групп пыльцы (стерильная, полуфертильная, фертильная, дефектная) статистически значимы различия по фактору «точка сбора». «Условия года» повлияли на изменчивость признаков в группах полуфертильной и дефектной пыльцы. На фертильность мужских гамет «условия года» не влияли. Однако взаимодействие факторов «точка сбора×условия года» является статистически значимым для группы дефектной пыльцы, что свидетельствует об определенной роли погодных условий в проявлении признака в конкретном месте произрастания сосны обыкновенной [12].

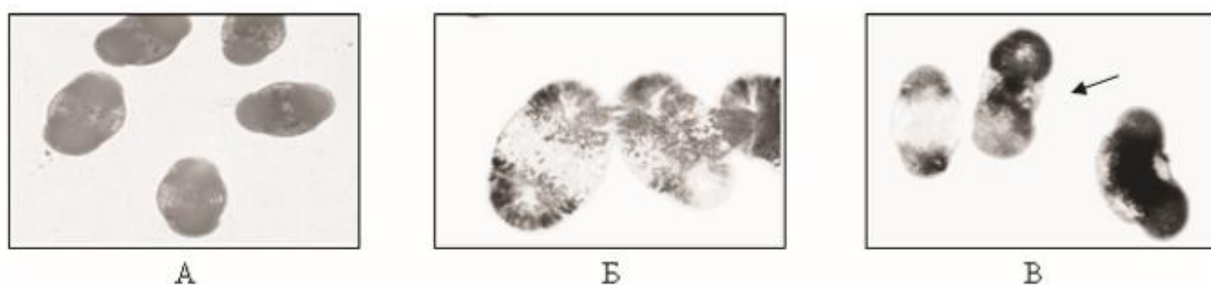


Рисунок 3.4. – Результате исследования функциональных показателей образцов пыльцы сосны обыкновенной

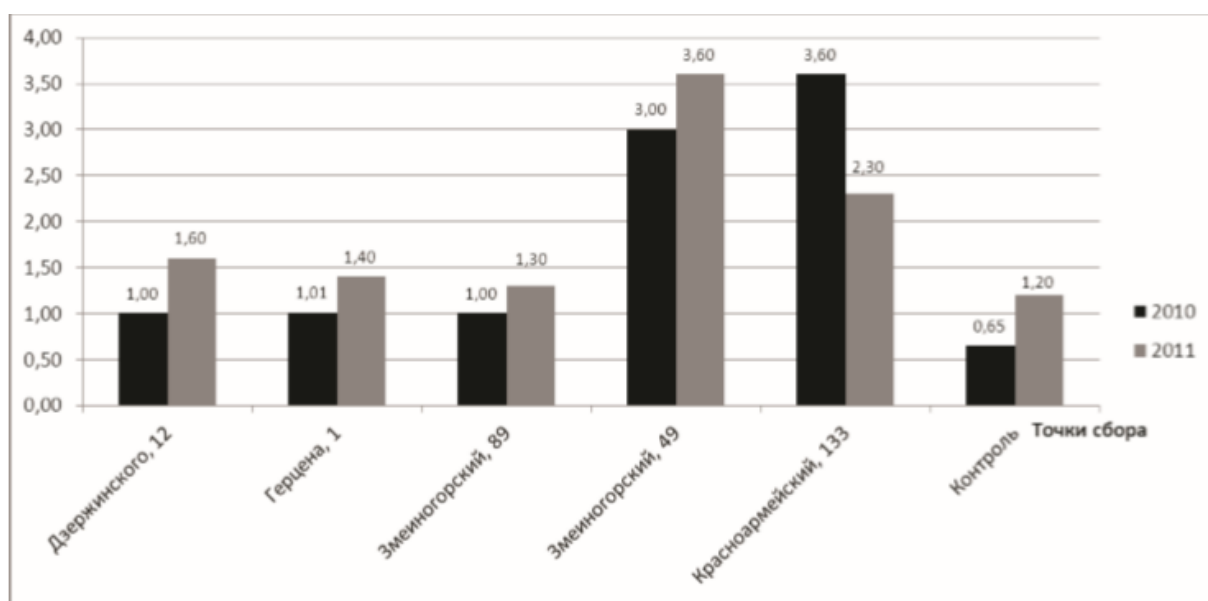


Рисунок 3.5. – Доля стерильной пыльцы сосны обыкновенной в условиях Барнаула, % [8]

Выполненное исследование показало, что фертильность пыльцы сосны обыкновенной является умеренно варьирующим признаком и может использоваться как основной показатель для биоиндикации окружающей среды Барнаула. Дефектность пыльцевых зерен — высоко варьирующий признак (коэффициент вариации до 58 %), что ограничивает его биоиндикационные возможности. Рекомендуется его использование как дополнительного к другим показателям пыльцы при высоких техногенных нагрузках в благоприятных погодных условиях. Размер пыльцы сосны

обыкновенной характеризуется как стабильный признак (коэффициент вариации не более 3 %), обусловленный генотипическими особенностями вида, что затрудняет его применение в биоиндикационных целях в условиях Барнаула. Ведущим фактором формирования качества пыльцы сосны обыкновенной на территории города является место произрастания. Вклад данного фактора в общую фенотипическую изменчивость составил 33–73 % [10].

Таблица 3.4. – Изменчивость морфологических показателей пыльцы сосны обыкновенной в зависимости от загрязнения воздуха автотранспортом

Район города	Концентрация CO ₂ , мг/м ³	Признаки качества пыльцы, %			
		Дефектная	Стерильная	Полуфертильная	Фертильная
ЮСБС	5,00	0,2±0,03	1,6±0,16	6,4±0,61	91,6±0,118
Змеиногорский тр.	40,53	0,6±0,08	3,1±0,18	7,6±0,11	87,3±0,33
Центральная часть города	59,86	0,3±0,06	2,6±0,18	10,3±0,13	86,3±0,94
пр. Космонавтов	14,12	1,1±0,03	2,9±0,15	8,1±0,14	88,1±0,53

Автором в 2019 году был проведён сбор пыльцы сосны обыкновенной, при помощи которой в дальнейшем было проведено исследование материала. Сбор пыльцы был проведён на 7 точках, которые показаны на рисунке 4.

2 точки сбора были в районе Южного у дороги и недалеко от неё в лесу. Другие 2 были собраны на начале объездной и в лесу, на 25 километре в лесу на трассе здоровья. Была точка в лесу на остановке Кордон и в санатории Обь. Последняя была сделана около театра Драмы.

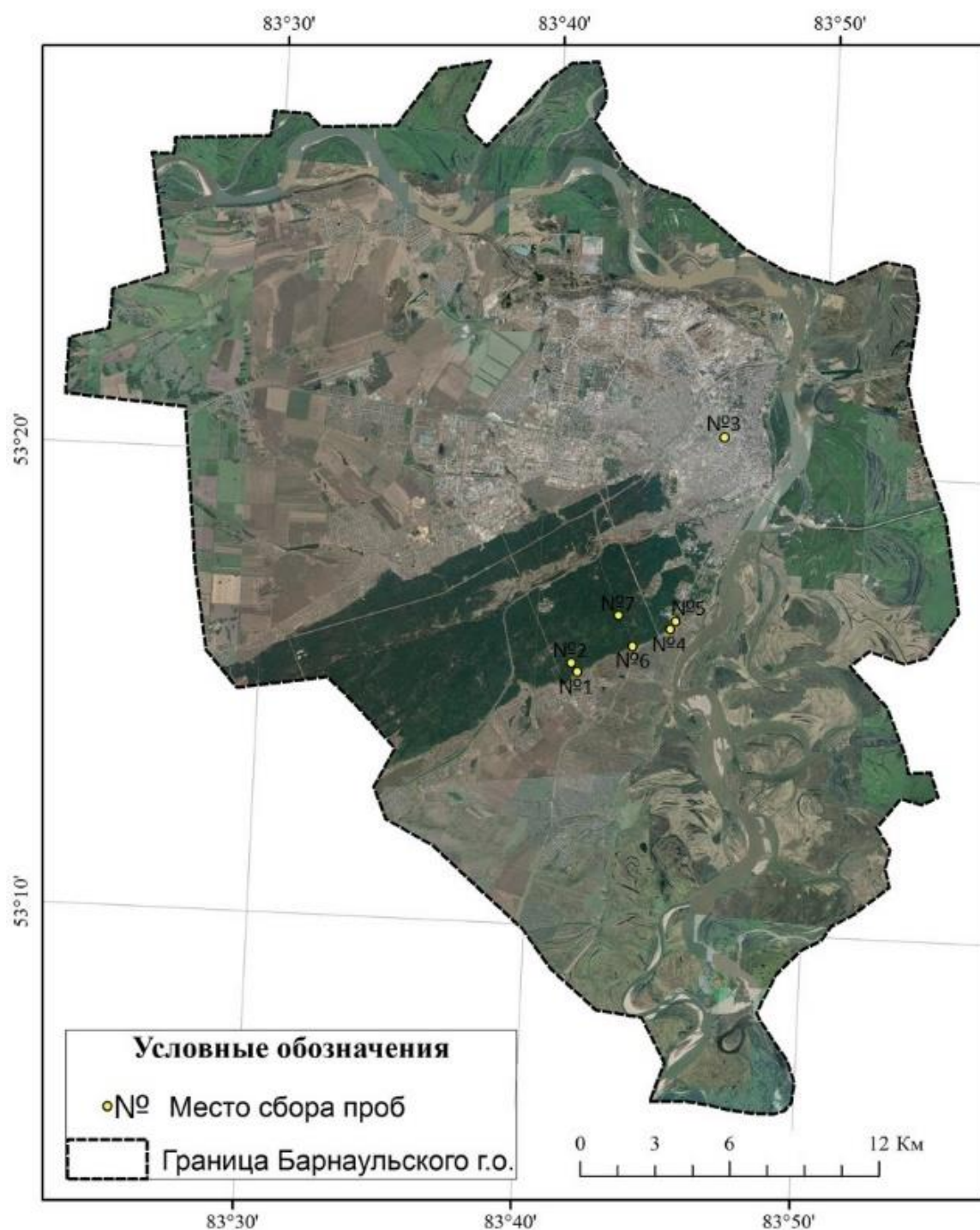


Рисунок 3.6. – Карта размещения точек сбора материалов пыльцы сосны обыкновенной за 2019 год

Далее вся собранная пыльца была направлена в лабораторию на дальнейшее её исследование, проверки её фертильности при помощи йодного раствора и микроскопа.

Таблица 3.5 – Результаты биоиндикационного анализа пыльцы сосны

№ п/п	Точка сбора материала	Количество подсчитанных зерен, шт.	Фертильные пыльцевые зёрна		Стерильные пыльцевые зёрна	
			Количество, шт.	Доля, %	Количество, шт.	Доля, %
1	Посёлок Южный (Точка сбора №1)	100	26	26	74	74
2	Южный, в лесу, в сторону посёлка Ильича (Точка сбора №2)	100	41	41	59	59
3	Театр Драмы (Точка сбора №3)	100	11	11	89	89
4	Лес на остановке Кордон (Точка сбора №4)	100	37	37	63	63
5	Санаторий Обь (Точка сбора №5)	100	42	42	58	58
6	Дорога на объездную (Точка сбора №6)	100	38	38	62	62
7	Трасса здоровья, 25- ый километр (Точка сбора №7)	100	45	45	55	55

Посмотрев и изучив полученные данные, можно сделать вывод, что наиболее благоприятную атмосферу имеет точка сбора №7, а самую загрязнённую точка сбора №3.

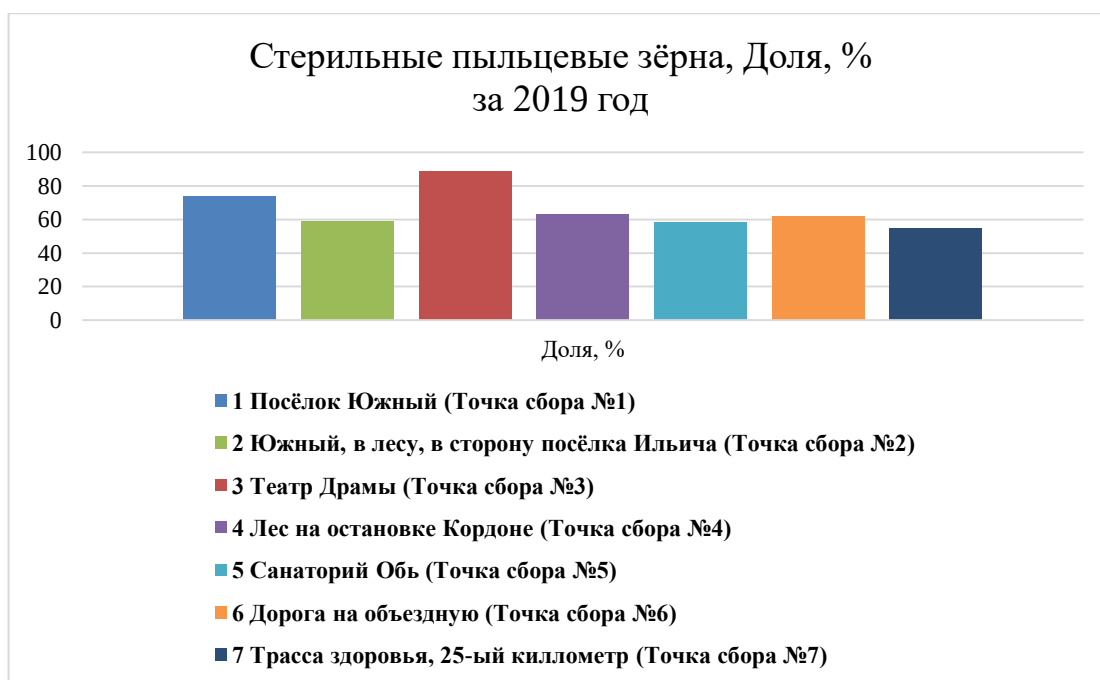


Рисунок 3.7. – Доля стерильной пыльцы сосны обыкновенной в условиях
Барнаула, %

Проведя все исследования и опыты с пылью, можно сделать следующий вывод, что ситуация с 2010 по 2019 год не сильно изменилась, однако всё же изменения присутствуют, и к сожалению, в худшую сторону. Стоит также отметить, что во всех годах соблюдалась тенденция, что на горе, вблизи леса, количество фертильных пыльцевых зёрен достигало наибольшего результата, что говорит о чистоте воздуха, когда в городе, результаты исследования были не такие хорошие, поскольку в 3 точке сбора, на театре Драмы, доля стерильных пыльцевых зёрен было 89%, что говорит о загрязнении, когда ещё пару лет назад, данный результат был незначительным, но всё же ниже.

Биоиндикация городской среды города Барнаула с использованием пыльцы сосны обыкновенной 2020 год.

В 2020 году был проведён сбор пыльцы сосны обыкновенной, при помощи которой в дальнейшем было проведено исследование материала. Сбор пыльцы был проведён на 5 точках, которые показаны на рисунке.

Таблица 3.6 – Результаты биоиндикационного анализа пыльцы сосны за 2020 год

№ п/п	Точка сбора материала	Количество подсчитанных зерен, шт.	Фертильные пыльцевые зёрна		Стерильные пыльцевые зёрна	
			Количество, шт.	Доля, %	Количество, шт.	Доля, %
1	Посёлок Южный	46	16	34,7	30	65,3
2	Змеиногорский тракт, недалеко от лыжной базы «Динамо»	52	32	61,5	20	38,5
3	Театр Драмы	42	6	14,2	38	85,8
4	Ул. Молодежная, сквер за АКУНБ им. В.Я. Шишкова	58	19	32,7	39	67,3
5	Пр. Красноармейский – ул. Партизанская	50	12	24	38	76

1 точка была за городом, посёлок Южный, остальные были сделаны в черте города, 3 из которых в районе центра города.

Далее вся собранная пыльца повторила ровно тоже самое, что и прошлогодняя, для дальнейшего анализа.



Рисунок 3.8. – Доля стерильной пыльцы сосны обыкновенной в условиях
Барнаула, %



Рисунок 3.9. – Карта размещения точек сбора материалов пыльцы сосны
обыкновенной за 2020 год

3.2. Анализ и сравнение результатов исследований.

Получив результаты биоиндикационного исследования пыльцы, результаты которого отображены ниже, получается неоднозначный вывод. Однако для полноценного анализа нам необходимо сравнить данные точки во времени.

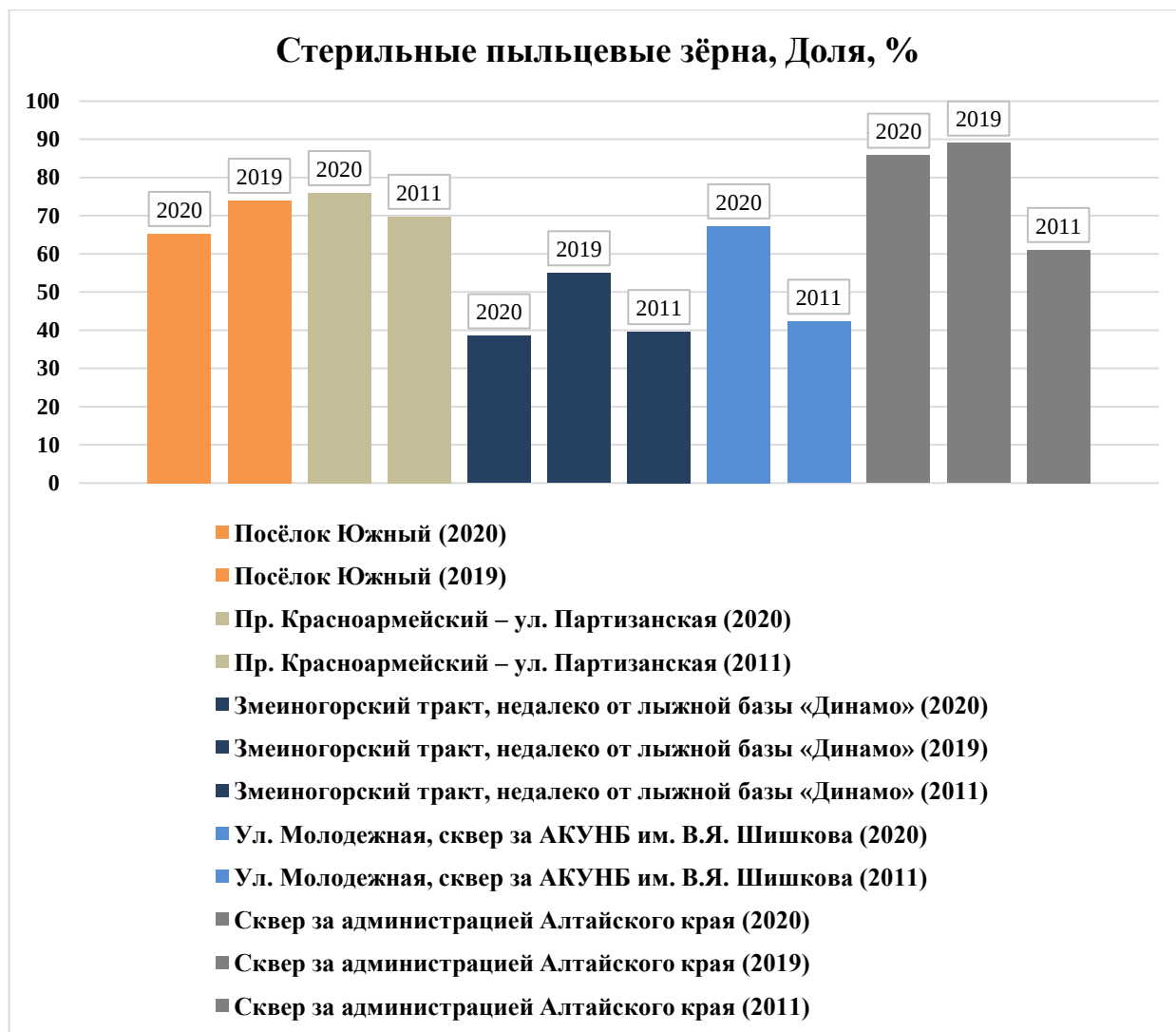


Рисунок 3.10. – Доля стерильной пыльцы сосны обыкновенной в условиях Барнаула за все годы исследования, %

Рассматривая точку №1 (Посёлок Южный), то количество фертильных зерен выросло на 10%. На точке №2 ситуация изменилась в худшую сторону, хоть эти изменения и незначительный, на 1% увеличилось число стерильных

пыльцевых зёрен (по сравнению с 2011 годом). На 3 точке ситуация наоборот, стала лучше, поскольку доля стерильных зёрен уменьшилась на 4%. Точка №4 показывает не самые лучшие результаты, так как по сравнению с 2011 годом, здесь фертильная доля снизилась на 25%. На последней точке сбора материала не все так критично, но тем не менее, со временем тот же самый показатель изменился на 5% в негативную сторону.

Исходя из полученных результатов, можно сделать следующие выводы:

- Наиболее загрязненная точка (Театр Драмы, точка №3) осталась та же, что и была в 2019 году. Это связано с тем, что данная территория находится в центре города, в зоне высокой антропогенной нагрузки и большого количества выбросов в атмосферу. Стоит сказать, что с предыдущим годом, что фертильность выросла, вероятнее всего это связано с тем, что количество выбросов, к которым чувствительная сосна обыкновенная, сократилось.
- Наиболее благоприятными условиями всё также располагает точка, которые размещается дальше всего от центра города (точка №2, Змеиногорский тракт, недалеко от лыжной базы «Динамо»), так как там наличие токсичных автомобильных выхлопных газов минимальное.
- На большинство точках, на 3/5, доля стерильных пыльцевых зёрен выросла, что конечно не радует, однако дает нам понять, что со временем ситуация меняется и к сожалению, в худшую сторону.

Проведя анализ и сравнив результаты разных годов, получается, что при текущем количестве выбросов, природа, конкретно сосна обыкновенная, не способна поддерживать то состояние, в котором она находится, не говоря даже об улучшении.

Качество пыльцы сосны обыкновенной связано с условиями ее произрастания, следовательно, пыльца сосны обыкновенной реагирует на

условия экологического состояния окружающей среды. Отсюда следует, что данный использованный материал, что может служить хорошим биоиндикатором неблагоприятной экологической обстановки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Физико-географические условия города Барнаула благоприятны для деятельности человека и комфортного проживания, но тем не менее для уточнения экологической нагрузки в разных частях территории исследования возможно провести биоиндикацию пыльцы растений. Для оценки качества окружающей среды собрана пыльца сосны обыкновенной с 5 точек наблюдения, далее образцы были изучены в лабораторных условиях.

На основе биоиндикационного анализа, собранного за период исследования, пыльцевого материала, были получены показатели фертильности пыльцы сосны обыкновенной в разных частях города Барнаула: в центре города, в жилых районах и рекреационной зоне (в пригороде).

Выявлена зависимость степени фертильности пыльцы сосны обыкновенной от расположения в черте города: наименьшие показатели фертильности показывают точки, расположенные в центре города; наибольшую степень фертильности демонстрируют образцы, собранные в рекреационной зоне города, в данном случае на «трасса здоровья, 25 километр». Полученные результаты позволяют использовать данный индикационный метод для оценки качества среды как городских, так и рекреационных территорий.

Результаты стерильности и фертильности пыльцы сосны обыкновенной, как компонента геосистемы, показали ухудшение экологической обстановки в городе. Качество пыльцы сосны обыкновенной связано с условиями ее произрастания, следовательно, пыльца сосны обыкновенной реагирует на условия экологического состояния окружающей среды. Отсюда следует, что данный использованный материал, может служить хорошим биоиндикатором неблагоприятной экологической обстановки. Пандемия внесла свои коррективы, а именно, увеличение количества фертильных пыльцевых зерен на ранее загрязнённых объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

1. Абатуров, А. В. Лесная древесная растительность как индикатор состояния окружающей среды // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. - М.: Наука, 1982.
2. Актуальные вопросы методологии исследования и оптимизации городской среды средствами озеленения в ЦБС НАН Белоруссии / С. А. Сергейчик, А. А. Сергейчик, А. М. Ляшук [и др.] // Проблемы озеленения городов: альм. М.: ПримаМ, 2004. - Вып. 10.
3. Алиев, Р. Р. Биоиндикация загрязнения природной среды с помощью биохимических и флуоресцентных параметров древесных растений: автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Ташкент, 1993.
4. Барахтенова, Л. А. Влияние сернистого газа на фотосинтез растений / Л. А. Барахтенова, В. С. Николаевский. Новосибирск, 1988.
5. Барахтенова, Л. А. Влияние сернистого газа на фотосинтетическую активность и фотофосфорилирование у С3 - и С4 - растений / Л. А. Барахтенова, В. С. Николаевский // Изв. АН СССР. Сер. биол.
6. Башаркевич, И. Л. Состояние древесной растительности в Москве и особенности микроэлементного состава / И. Л. Башаркевич, С. Б. Самаев //
7. Биоиндикация общего токсического действия факторов окружающей среды на урбанизированной территории [Электронный ресурс]: многопредмет. науч. журн. / Моск. ин-т. – Электр. журнал. 2007. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/326398103_bioindikacia_obseg_o_toksiceskogo_dejstvia_faktorov_okruzausej_sredy_na_urbanizirovannoj_territorii_g_dnepropetrovska_po_testu_sterilnosti_pylcy_vyssih_rastenij_za_2000-2002_goda – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 03.02.2020).
8. Биоиндикация состояния природной среды в районе расположения дальневосточного центра по обращению с радиоактивными отходами [Электронный ресурс] / текст научной статьи по специальности «

Экология энергетики» – М., 2014. <http://journal.iate.obninsk.ru/?q=node/1209>. – Загл. с экрана.– (Дата обращения: 25.03.2020).

9. Булгаков, Н. Г. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды: обзор существующих подходов // Успехи соврем. биологии. 2002.

10. Влияние загрязнений воздуха на растительность. Причины, воздействие, ответные меры / С. Бортитц, Х. Г. Деслер, Х. Эндерляйн [и др.]. Л. : Лесн. пром-ть, 1981..

11. Влияние техногенных факторов на ростовые показатели древесных растений городских систем / Е. А. Сидорович, А. П. Яковлев, Н. М. Арабей [и др.] // Проблемы озеленения городов: альм. - М. : Прима-М, 2004. - Вып. 10.

12. География и природопользование Сибири / Г. И. Ненашева, Н. П. Максимова, // Экологический мониторинг окружающей среды (на примере Барнаула) : сб. статей / под ред. проф. Г. Я. Барышникова. – Вып. 17. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2014. – 202 с.

13. Гончаров А.И. Опыт-экспериментальный полигон, как средство поиска типовых решений в области охраны окружающей среды, обеспечения экологической безопасности и регионального природопользования при хранении и уничтожении химического оружия // Экологические проблемы наследия «холодной войны» и пути их преодоления. Матер. межд. научн.-практ. конф. Пенза, 2004. 90 с.

14. Еремеева, Н. И. Насекомые-опылители в городских ландшафтах / Н. И. Еремеева, Д. В. Суцев // Роль образовательных центров в распространении экологических знаний, специфика подготовки специалистов в промышленно-развитом сырьевом регионе: сб. докл. межрегион. науч.практ. конф. - Кемерово, 2004.

15. Интернет ресурс: Барнаул, физико-географическая характеристика. Режим доступа: <https://studopedia.info/2-39175.html>

16. Интернет ресурс: Изменчивость признаков пыльцы сосны обыкновенной в условиях Барнаула. Доступно по ссылке: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenchivost-priznakov-pyltsy-sosny-obyknovennoy-pinus-sylvestris-l-v-usloviyah-barnaula/viewer>

17. Животные-биоиндикаторы промышленных загрязнений / Я. Богач, Ф. Седлачек, З. Швецова, Д. А. Криволицкий // Журн. общей биологии. - 1988. - Т. 49, № 5.

18. Использование пыльцы древесных и травянистых растений для биоиндикации загрязнения окружающей среды [Электронный ресурс] / текст научной статьи по специальности «Биологические науки» – М., 2010. <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-pyltsy-drevesnyh-i-travyanistykh-rasteniy-dlya-bioindikatsii-zagryazneniya-okruzhayuschey-sredy>. – Загл. с экрана.– (Дата обращения: 25.03.2020).

19. Козлов, М. В. Ответные реакции популяций насекомых на антропогенные воздействия. Материалы по Проекту № 2 Советской национальной программы «Человек и биосфера» (МАБ). - Красноярск, 1987. (Препринт / АН СССР, Сибирское отделение. Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева).

20. Неверова, О. А. Использование биоиндикаторов для оценки загрязнения атмосферного воздуха урбанизированной среды / О. А. Неверова, Н. И. Еремеева, Д. В. Сущев // Проблемы региональной экологии. - 2003. 18. Фролов, А. К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем. - СПб. : Наука, 1998.

21. Никитин А.Я., Сосунова С.А. Анализ и прогноз временных рядов в экологических наблюдениях и экспериментах. Иркутск: ИГПУ, 2003. 83 с

22. Проблемы управления качеством окружающей среды: сб. докл. IV междунар. конф. - М. : Прима-Пресс, 1999.

23. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Минск: Вышэйш. школа, 1973. 319 с.

24. Чупис В.П. Экологический мониторинг объектов уничтожения химического оружия – опыт создания и перспективы развития // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 2. С. 35–41.

25. Шардаков В.С. Новый простой метод определения жизнеспособности пыльцы хлопчатника // Зап. Тадж. с. х. инст., 1948. Т. 1. 73 с.

26. Экологическая информация и принципы работы с ней [Электронный ресурс] / под ред. В.Н. Винниченко и др. – М., 1998. Режим доступа: <http://www/ecoline.ru/books/infobook/>. – Загл. с экрана.– (Дата обращения: 05.02.2017).

ПОСЛЕДНИЙ ЛИСТ ВКР

Выпускная квалификационная работа выполнена мной совершенно самостоятельно. Все использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

« ____ » _____ 2021 г.

(подпись)

(Ф.И.О.)