

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУВПО
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»
Институт экологии и географии
Отделение географического и экологического образования

Муртазина Алия Рустемовна

Выпускная квалификационная работа

Оценка состояния сосны обыкновенной (*Pinus
sylvestris* L.) методами фитоиндикации

Работа завершена
_____ 2012 г.

А.Р. Муртазина

Рекомендуется к защите:
Доцент кафедры биоэкологии
_____ 2012 г.

К.К. Ибрагимова

Рекомендуется к защите:
Заведующий кафедрой,
профессор
_____ 2012 г.

И.И. Рахимов

Казань 2012

Содержание

Введение.....	3
1. Глава. Биоиндикация и область ее применения.....	5
1.1. История возникновения термина «Биоиндикация».....	5
1.2. Теория и сущность биоиндикации.....	7
1.3. Уровни биоиндикации.....	13
1.4.Области применения биоиндикаторов.....	22
1.5.Биоиндикация наземных экосистем	25
2.Глава. Материалы и методика исследования.....	32
2.1. Общие принципы и методы использования биоиндикаторов... ..	32
2.2. Методика и материалы исследования.....	38
2.3. Характеристика участков исследования.....	40
3.Глава. Результаты исследований и оценка состояния сосны обыкновенной.....	59
4.Глава. Применение метода биоиндикации в школе.....	72
Выводы, заключение.....	75
Список использованной литературы.....	77
Приложение.....	81

Введение

В последние десятилетия антропогенное давление на окружающую среду резко возросло. В результате различных видов человеческой деятельности в воздух выбрасывается более 200 различных компонентов. Отсюда очевидна актуальность оценки экологического состояния территории городов и промышленных зон, ее дифференциация по этому признаку.

Условия экологического стресса оказывают значительное влияние на состояние древесных видов, их реакцию и адаптацию. Хвойные древесные растения являются хорошими биоиндикаторами благодаря способности многолетней хвои накапливать атмосферные загрязнители в течение длительного времени, что обуславливает выбор их в качестве биоиндикаторов для оценки состояния воздушной среды.

Актуальность темы:

Охрана окружающей среды и контроль над уровнем ее загрязнения требует привлечения эффективных и недорогостоящих методов изучения природных комплексов. В настоящее время разработаны различные подходы к оценке экологического состояния окружающей среды, среди которых одним из перспективных направлений является биоиндикация загрязнений, основанная на изучении различных биологических, физиологических, анатомических и других отклонений в развитии организмов, а также их сообществ, возникающих под действием внешних факторов. Она включает в себя ряд относительно простых, дешевых и информативных методов оценки экологического состояния окружающей среды, основанных на изучение реакции организмов, возникающих в ответ на антропогенное воздействие.

Цель исследования:

Методами биоиндикации оценить состояние сосны обыкновенной и влияние загрязнения воздуха на показатели хвои.

Задачи:

1. Определить участки исследований, на модельных деревьях сосны обыкновенной получить пробы хвои с 4-х летних побегов, провести статистическую обработку полученных данных.
2. Определить степень выраженности хлорозов и некрозов на хвоинках, степень проявления дефолиации на побегах.
3. Сравнить состояние сосны обыкновенной методами биоиндикации в г.Казани и Пестречинском районе Республики Татарстан и выявить влияние загрязнения воздуха на показатели хвои и побегов модельных деревьев.
4. Определить возможность применения метода фитоиндикации в школе.

Глава 1. Биоиндикация и область ее применения

1.1. История возникновения термина «биоиндикация»

Использование живых организмов в качестве чувствительных к загрязнению окружающей среды уходит своими корнями в древние века. Первые наблюдения сделали еще античные ученые: именно они обратили внимание на связь облика растений с условиями их произрастания. Живший в 327 - 287 гг. до н. э. Теофраст написал широко известную работу «Природа растений», в которой содержится немало советов о том, как по характеру растительности судить о свойствах земель. Аналогичные сведения можно встретить в трудах римлян Катона и Плиния Старшего.

Идею биоиндикации с помощью растений сформулировал еще в I в. до н. э. Колумелла: «Рачительному хозяину подобает по листве деревьев, по травам или по уже поспевшим плодам иметь возможность здраво судить о свойствах почвы и знать, что может хорошо на ней расти». Это направление, ныне получившее название ландшафтной биоиндикации, успешно используется в практических целях.

В России в XV и XVI вв., уже упоминались такие понятия, как «лес пашенный» и «лес непашенный», т.е. участки леса пригодные для сведения под пашню и непригодные.

В нашей стране основоположником биоиндикационного использования растений, оценки свойств почв и подстилающих горных пород по особенностям развития растений и составу растительного покрова бесспорно считают А. П. Карпинского. А.П. Карпинский писал о возможности растительной биоиндикации, и использовал характер распространения растений для составления геологических карт. Например. Почвенные микроорганизмы и индикаторные растения служат при поисках различных полезных ископаемых. Также в трудах М.В.Ломоносова и А.Н.Радищева есть

упоминания о растениях указателях особенностей почв, горных пород, подземных вод.

По словам Кашина В.К., Иванова Г.М. (1998), «растения являются высокоинформативным индикатором уровня доступных форм химических элементов в окружающей среде и основным источником их для человека и животных. В связи с этим они представляют большой интерес в качестве эффективных объектов при экологическом мониторинге загрязнения окружающей среды ...»

Использование растений как индикаторов загрязнений окружающей среды было показано Константином и Овенсом. У.Д. Мэнинг и У.А. Федер (1985) определяют растение-индикатор как «растение, у которого признаки повреждения появляются при воздействии на него фитотоксичной концентрации одного загрязняющего вещества или смеси таких веществ». Индикаторными могут быть так же те растения, которые аккумулируют в тканях загрязняющие вещества или продукты метаболизма, получаемые в результате взаимодействия растения и загрязняющего вещества. Роль растений как объектов генетических исследований не может недооцениваться, поскольку лишь благодаря им были установлены основные принципы и положения генетики и цитогенетики.

Самый большой вклад в развитие биоиндикации внес русский ученый-почвовед В.В. Докучаев. По комплексам почвенных животных можно определить типы почв и их изменение под влиянием хозяйственной деятельности человека.

Быстрое освоение биоиндикации началось в XIX в. Сейчас целесообразно говорить не только о наличии или отсутствии фактора, но и о степени его влияния на природный комплекс. Разная степень влияния на окружающую среду позволяет ввести шкалу воздействий (например, нет воздействия - слабое - сильное). Шкала экологического фактора позволяет более верно оценивать исследуемую территорию. В этом случае следует говорить о методе количественной оценки степени воздействия

экологического фактора на окружающую природную среду. При помощи биоиндикации устанавливают содержание в субстрате витаминов, антибиотиков, гормонов и других биологически активных веществ, а также определяет интенсивность различных химических (рН, содержание солей и др.) и физических факторов (радиоактивность). По составу флоры и фауны вод, численному составу их отдельных представителей судят о степени и характере загрязнений, пригодности вод для питья и хозяйственных целей, а так же об эффективности работы очистных сооружений [2].

На современном этапе наиболее важные задачи биоиндикации и биомониторинга состоят в разработке теоретических основ и методологии анализа реакции биологических систем на многофакторные воздействия с учетом дифференциальных отличий патогенных агентов, факторов риска, патотропных ситуаций и патологических явлений в зависимости от экологических условий и состояния организмов, популяций, ценозов и отдельных экосистем [17].

Впервые в России в 2001 г. в г. Сыктывкар на базе Института биологии Коми НЦ УРО РАН, Международный союз биологических наук, Междисциплинарная комиссия по биоиндикаторам и Российская академия наук провели XI международный симпозиум по биоиндикаторам «Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга». В нем участвовало 500 представителей 102 организаций из 25 стран мира. К началу симпозиума было опубликовано более 300 присланных научных сообщений. Он стал важным этапом в развитии концептуальных подходов к решению проблемы взаимоотношения человека и природы. Практически с этого момента можно говорить о рождении в нашей стране научно обоснованной концепции биомониторинга.

1.2 Теория и сущность биоиндикации

Природная среда, в которой мы живем, формировалась в течение многих сотен миллионов лет. Современный лик Земли и состав основных

сред обитания живых организмов – почвы, воздуха, воды – созданы и поддерживаются благодаря жизнедеятельности и взаимодействию мириадом живых существ. Искусственно создать полноценную среду для человека не удастся. Только биота поддерживает и регулирует качество среды – параметры, необходимые для жизни (температуру, влажность, солевой состав, соотношение газов в атмосфере, климат). Сейчас науке известно не менее 7 млн биологических видов, и ученые считают, что эта цифра составляет только часть от реально существующего разнообразия обитателей Земли [1].

Необходимо различать цели и способы нормирования и оценки среды обитания по основным физико-химическим параметрам, с одной стороны, и экологического прогноза будущего изменения состояния экосистемы с другой.

Для общей оценки состояния окружающей среды и определения доли участия отдельных источников в ее загрязнении применяют санитарно-гигиенические и токсикологические нормативы (предельно допустимые концентрации – ПДК – поллютантов, предельно допустимые уровни воздействия – ПДУ). Однако для прогноза результатов влияния антропогенных факторов как на экосистемы, так и на здоровье людей необходимо учитывать также и многие показатели, характеризующие реакцию отдельных организмов и экосистемы в целом на техногенное воздействие.

Реакции живых организмов на разнообразные химические и физические факторы и их сочетание характеризуются такими особенностями, как интегральность и кумулятивность множества воздействий, парадоксальные эффекты слабых доз на организмы животных и растений, наличие цепных процессов и отдаленных последствий локальных влияний на различные «этажи» сложно организованных экосистем.

Экологическую опасность или риск следует оценивать с учетом не только характера и силы антропогенного воздействия, но и биологических

свойств реагирующей системы. Соответственно этому имеется две группы методов экологического мониторинга (слежения за состоянием экосистем): физико-химические и биологические (биомониторинг). Каждый из видов мониторинга имеет свои ограничения. Для качественной оценки и прогноза состояния природной среды необходимо их сочетание. Таким образом, физико–химический и биологический мониторинг не исключают, а дополняют друг друга.

Реализация основных принципов устойчивого развития цивилизации в современных условиях возможна лишь при наличии соответствующей информации о состоянии среды обитания в ответ на антропогенное воздействие, собранной в ходе проведения биологического мониторинга. Оценка качества среды является ключевой задачей любых мероприятий в области экологии и рационального природопользования. Сам термин «мониторинг» (от англ. Monitoring – контроль) подразумевает проведение мероприятий по непрерывному наблюдению, измерению и оценке состояния окружающей среды. Комплексный подход в проведении биологического мониторинга (сочетания метода биоиндикации и биотестирования, использование объектов разных уровней организации) при систематическом наблюдении позволяет судить о перспективах изменения структуры сообществ, продуктивности популяции и устойчивости экосистем по отношению к антропогенным факторам [12].

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

Биоиндикацию можно определить как совокупность методов и критериев, предназначенных для поиска информативных компонентов экосистем, которые могли бы:

- адекватно отражать уровень воздействия среды, включая комплексный характер загрязнения с учетом явлений синергизма действующих факторов;

- диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ и оценивать их значимость для всей экосистемы в ближайшем и отдаленном будущем.

С точки зрения математики поставленная задача биоиндикации в реальных условиях относится к классу плохо формализуемых задач, поскольку характеризуется следующими особенностями:

- существенной *многомерностью* факторов среды и измеряемых параметров экосистем;
- сильной *взаимобусловленностью* всего комплекса измеренных переменных, не позволяющей выделить в чистом виде функциональную связь двух индивидуальных показателей $F(x)$;
- *нестационарностью* большей части информации об объектах и среде;
- *трудоемкостью* проведения всего комплекса измерений в единых координатах пространства и времени, в результате чего обрабатываемые данные имеют обширные пропуски.

В связи с этим, нахождение адекватной связи индикаторов и индицируемых факторов является типичной операцией с "размытыми" множествами, а, следовательно, характеризуется существенной неопределенностью (стохастичностью).

В то же время, к настоящему моменту сложились условия, позволяющие преодолеть некоторую математическую "ущербность" биоиндикации:

- сформированы банки многолетних данных по наблюдениям за природными экосистемами;
- разработан и апробирован ряд методов и математических моделей интегральной оценки состояния сложных систем различного типа, позволяющих, по терминологии А.П. Левича и А.Т. Терехина, осуществлять "поиск детерминации и распознавание образов в многомерном пространстве"

экологических факторов для выделения границ между областями нормального и патологического функционирования экосистем”;

- развиваются аппаратные и программные информационные компьютерные технологии, позволяющие анализировать необходимые массивы экологических данных;
- существует огромный объем неформальных знаний высококвалифицированных специалистов, частично сконцентрированный в методических разработках.

Основными исходными понятиями в биоиндикации являются «биоиндикатор» и «объект индикации». Объектами индикации могут быть различные природные тела или иные свойства и протекающие в них процессы. Показатели, которые при этом используются, называются индикаторами.

Биоиндикаторами могут быть живые организмы, обладающие хорошо выраженной реакцией на внешне воздействие: различные виды бактерий, водорослей, грибов, растений, животных и т.п. Ведущая роль при этом принадлежит фитоиндикации – изучению реакций растений на стрессовые воздействия. Чаще всего в качестве биоиндикаторов используют лишайники (лихеноиндикация), мхи (бриоиндикация), сосудистые растения (широко используются древесные растения – дендроиндикация).

Биоиндикаторы могут быть прямыми и косвенными. Если реакция живого организма вызвана непосредственным воздействием внешнего фактора, то говорят о прямой индикации. У косвенных индикаторов реакция возникает через систему опосредованных взаимосвязанных реакций на прямую не связана со стрессовым воздействием.

Биоиндикаторы могут быть положительными и отрицательными. Положительные биоиндикаторы характеризуются увеличением реакции (количественных характеристик) при нарастании стресса. Так, например, положительным индикатором содержания токсичных газов в воздухе является увеличение концентрации поллютантов в биомассе. Нарастание

рекреационной нагрузки на экосистему индицируется увеличением обилия рудеральных видов растений: одуванчика, сурепки, лапчатки гусиной. Примером отрицательных индикаторов на загрязнение атмосферного воздуха являются уменьшение видового разнообразия, численности эпифитных лишайников и образование так называемой лишайниковой пустыни в условиях постоянного высокого уровня выбросов токсичных газов.

В зависимости от реакции биоиндикатора на определенный стрессовый фактор выделяют специфический и неспецифический характер биоиндикации. В случае специфической биоиндикации реакция организма является характерной для какого-либо определенного стрессора. Существуют такие виды, у которых могут появляться симптомы воздействия, свидетельствующие о присутствии в окружающей среде одного или нескольких загрязняющих веществ. Они могут также проявлять и специфические симптомы, что позволяет и проводить количественные измерения уровня загрязнения. Однако часто у биоиндикаторов, особенно растений, одна и та же реакция вызывается различными стрессорами или их сочетанием. Способность организмов одинаково реагировать на изменение различных факторов среды затрудняет выявление истинных причин проявления реакции. В таком случае говорят о неспецифической индикации. Это свойство биоты усложняет процесс получения информации по принципу «воздействие – реакция». Для выявления причин нарушений необходимы изучения химического состава абиотических компонентов экосистемы и сравнительная оценка накопления поллютантов растениях с фоновыми характеристиками.

По степени географической устойчивости связи с объектом индикации выделяют индикаторы: панареальные – сохраняющие единообразную связь с объектом индикации на всей территории, в пределах которой они встречаются, т.е. в пределах всего ареала; региональные – сохраняющие свое значение лишь в пределах одной или нескольких областей со сходными физико-географическими условиями; локальные – обладающие устойчивой

связью с объектом индикации только на какой-то определенной территории. Панаревальные индикаторы обычно являются прямыми. Региональные и локальные индикаторы чаще бывают косвенными.

В настоящее время, опираясь на детальные исследования в гистологии, анатомии, физиологии, биохимии, можно говорить о том, что влияние внешних факторов прослеживается на всех уровнях организации живого вещества: ген – клетка – орган – вид – популяция – сообщество.

1.3 Уровни биоиндикации

Биоиндикация может осуществляться на всех уровнях организации живого: биологических макромолекул, клеток, тканей и органов, организмов, популяций (пространственная группировка особей одного вида), сообществ, экосистем и биосферы в целом. На низших уровнях биоиндикации возможны прямые и специфические формы биоиндикации, на высших - лишь косвенные и неспецифические. Однако именно последние дают комплексную оценку влияния антропогенных воздействий на природу в целом

Биоиндикация на этих уровнях основана на узких пределах протекания биотических и физиологических реакций. Ее достоинства заключаются в высокой чувствительности к нарушениям, позволяющим выявить даже незначительные концентрации поллютантов, и выявить их быстро. К числу недостатков относится то, что биоиндикаторы-клетки и молекулы требуют сложной аппаратуры.

Молекулярный уровень: содержание стероидов, энергетический заряд, отношение концентраций аминокислот, хромосомные нарушения. Уровень органоидов клетки: показатель стабильности лизосом, латентность лизосомальных ферментов. Клеточный уровень: повреждение мембраны клетки. Тканевый уровень: язвы и эрозия, аномалии скелета, новообразования в тканях, изменения в иммунной реакции, лимфоцитоз. Организменный уровень: оценка физиологического состояния особи и ее поведения (изменение скорости питания и потребления кислорода,

изменение скорости роста и плодовитости, изменение состава крови, показатели поведения организмов). Популяционный уровень: скорость роста популяции, воспроизводство, распределение и обилие видов, структура популяции (генеративная, половая, возрастная), динамика популяции. Уровень сообщества: видовое разнообразие, соотношение основных групп, размерная структура, хорологическая и трофическая структуры, продукция и дыхание сообщества. Экосистемный уровень: структурные и функциональные особенности. Обмен веществ, энергетические и информационные связи.

В книге «Биоиндикация загрязнений наземных экосистем» (1988) под редакцией Р.Шуберта выделено шесть уровней биоиндикации:

1. Биохимические физиологические реакции;
2. Анатомические, морфологические, биоритмические и поведенческие отклонения;
3. Флористические, фаунистические и хорологические изменения;
4. Ценоотические изменения;
5. Биогеоценоотические изменения;
6. Изменения ландшафтов.

На низших уровнях организации живого вещества чаще всего преобладает прямая специфическая индикация. Биоиндикация на низших уровнях диалектически включается в биоиндикацию на высших уровнях, приобретая новые качественные черты. При этом преобладает косвенная неспецифическая индикация.

Остановимся более подробно на биоиндикационных признаках загрязнений экосистем, используемые на том или ином уровне биоиндикации.

1. Биохимические и физиологические реакции.

На этом уровне объединены так называемые невидимые повреждения. Как синонимы в литературе широко используются понятия «физиологические повреждения», «латентные повреждения». Многие живые

организмы обладают относительно высокой чувствительностью к воздействию загрязняющих веществ. Их можно использовать как индикаторы для определения уровня и вида загрязнения, а также для проведения мониторинга состояния атмосферного воздуха, природных вод и почв. Если организмы способны накапливать достаточное количество загрязняющих веществ без изменения их метаболических процессов и если эти поллютанты могут быть легко выявлены и идентифицированы в биомассе, то такие виды можно использовать для определения общего количества загрязняющих веществ, накопленных в организмах за определенный промежуток времени. При слабой интенсивности воздействия стрессора такие повреждения действительно остаются невидимыми.

2. Анатомические, морфологические, биоритмические и поведенческие отклонения.

Одним из широко применяемых методов экологической оценки состояния окружающей среды является анализ особенностей морфологического строения биологических объектов. Накоплению поллютантов в организме при эмиссионных воздействиях, нарушения метаболизма, возникающие при параметрических и ландшафтно-деструктивных изменениях экосистем, приводят к изменению строения тканей, органов и в целом к модификации диагностических признаков видов. При оценке экологического состояния окружающей среды по морфологическим отклонениям в качестве индикаторов должны быть выбраны наиболее чувствительные виды, обладающие хорошо выраженными, яркими и легко распознаваемыми реакциями на определенное антропогенное воздействие. Изучение анатомо-морфологических признаков, не требующее больших материальных затрат, имеет особое практическое значение для экспресс – оценки интенсивности техногенного воздействия на экосистемы. В качестве индикаторных признаков эффективно применение морфологических показателей: высоты растений, длины и ширины листьев, междоузлий и т.д. У древесных видов возможно изучение таких

морфологических признаков, как высота стволов, высота прикрепления кроны, первой живой ветви, высота отслаивающейся корки, стояние и разреженности концы, суховершинность и др. Возможность количественной оценки перечисленных параметров при сравнительном анализе фоновых и антропогенно нарушенных территорий с применением аппарата математической статистики повышает надежность и достоверность прогноза сукцессий и выводов о современном состоянии экосистем.

Возникновение уродливых форм (тератов), появление хлороза и некроза являются крайней формой проявления стрессового воздействия. Морфологическая изменчивость растений изучена в различных природно-климатических зонах как под влиянием природных геохимических аномалий, так и при техногенном загрязнении окружающей среды.

Но такие отклонения в развитии организма являются лишь качественным признаком стрессовой ситуации. Использование признаковой системы «присутствие – отсутствие» параметра не дает представления об интенсивности воздействия или частоте стресса. Переход к количественной характеристике достигается за счет использования бонитировочных шкал некрозов, хлорозов или, например шкалы продолжительности хвои (листвы) древесных пород. Интенсивность воздействия диагностируется степенью поражения (%покрытия) листьев хлорозом или некрозом, представленной в виде соответствующих классов. Таким образом, реализуя статистический подход, при сравнительной оценке серии пробных площадей можно получить объективную информацию о степени нарушения и экологическом состоянии окружающей среды. Таким образом, при биоиндикации используются следующие признаки:

- 1) изменение окраски листьев и тела, отдельных органов животных;
- 2) преждевременное пожелтение листьев растений – хлороз. Отмирание тканей – некроз. Выделяют различные формы хлороза и некроза: точечный, пятнистый, межжилковый, краевой, тип «рыбьего скелета», верхушечный, линейный и др.;

3) преждевременные увядания и опадания листы (дефолиация);
4) изменение размеров и продуктивности растений и животных;
5) изменение формы клеток, структуры тканей. Токсичные вещества нейтрализуются внутри клеток или связываются в составе труднорастворимых соединений, морфологически проявляющихся в формировании друз кристаллов (например, оксалатов кальция), «конкреций» и других новообразований;

б) изменение формы роста, экобиоморфных признаков;

7) появление уродливых форм – тератов. Морфологические отклонения в развитии являются одним из наиболее ярких биоиндикационных признаков. Они могут возникать под воздействием различных стрессовых факторов. Врожденные аномалии развития сельскохозяйственных животных отмечаются под действием загрязнения окружающей среды ТМ, ХОС, при радиационном облучении и т.д.;

8) Биоритмические изменения. Особый интерес представляют ритмы, связанные с периодичностью геофизических процессов (циркадианные, окологодовые, околоприливные). Основными факторами, определяющими цикличность, выступает освещенность, температура, влажность. Изменение их обуславливает изменение ритмов. Искусственное освещение, изменение температуры вызывает, к примеру, повторное цветение;

9) поведенческие отклонения животных.

3. Флористические, фаунистические и хорологические изменения. Негативное воздействие антропогенеза на природные экосистемы проявляется в изменении их видового состава. Присутствие любого вида в составе сообщества носит случайно-детерминированный характер. С одной стороны, расселение видов определяется случайными факторами и зависит, например, у растения от пассивного переноса семян с помощью ветра, воды, животных или человека. Однако, попадая в различные местообитания, любой организм испытывает на себе влияние внешних факторов и вступает в

конкурентные, так называемые системообразующие отношения, выдержать которое может не каждый. Таким образом, присутствие вида, его обилие, морфологические особенности и процессы жизнедеятельности зависят от того, насколько условия биотопа отвечают тем требованиям, которые он предъявляет к условиям существования. Обладая определенной устойчивостью к негативным воздействиям, виды формируют сообщества, отличающиеся биоразнообразием, которое может быть использовано для индикационных целей. Показательными признаками являются:

- 1) видовой состав, видовое разнообразие;
- 2) характер распространения вида; динамика ареала, в том числе расширение ареалов синантропных видов;
- 3) популяционный анализ (продуктивность, плотность, динамика ареала, возрастная структура, смертность, внутривидовая дифференциация и формирование различных популяций, отбор устойчивых экотипов).

Важной задачей при оценке состояния окружающей среды с применением биоиндикационного метода является выбор видов-индикаторов. От правильности ее решения зависит эффективность применяемого метода в мониторинговых исследованиях и достоверность полученных материалов. Различные виды живых организмов реагируют на антропогенные воздействия по-разному: одни - более, а другие - менее чувствительны к антропогенному стрессу. Некоторые виды более подходят для индикации нарушения почвенного покрова, другие - воздушного загрязнения. Виды-индикаторы - это организмы (или популяции), встречаемость, жизненность и чувствительность которых изменяется под влиянием внешних условий. Это широко распространенные, экологически пластичные виды зональных фитоценозов. Критерии выбора индикаторных видов к настоящему моменту в основном определены: широкий ареал распространения вида, высокая встречаемость, достаточная биомасса. Необходимо, чтобы наряду с простотой учета и добычи они обладали бы специфической реакцией на факторы окружающей среды.

В соответствии с задачами исследования возникают особые требования к фитоиндикатору. Так, например, некоторые виды особенно подходят для индикации воздушного загрязнения, другие – для оценки интенсивности рекреационной нагрузки. Кроме того при оценке экологического состояния окружающей среды по морфологическим отклонениям и химическому составу биомассы в качестве индикаторов должны быть выбраны наиболее чувствительные виды. При изучении химического состава растений как показателей загрязнения геосистем необходимы устойчивые виды, отражающие изменение химизма среды. В тундровых экосистемах таковыми являются ивы, карликовая береза, багульник, кладония альпийская. В таежных фитоценозах рекомендуется использовать древесные виды – сосна обыкновенная, ель европейская, ель сибирская, береза повислая, береза пушистая, виды травяно-кустарничкового яруса черника, брусника. В широколиственных лесах фитоиндикаторами антропогенных нарушений являются липа мелколистная, дуб черешчатый, бук лесной, граб. В степях наиболее показательными являются шалфей степной, коровяк фиолетовый, полынь австрийская, подмаренник настоящий. В селитебных условиях, где отсутствует естественная зональная растительность, в качестве индикаторов могут быть использованы интродуцированные виды рода тополь, липа мелколистная, дуб черешчатый.

Биоиндикаторами могут быть как натуральные объекты, так и тест-организмы, обладающие известной реакцией на воздействие стресса и искусственно помещенные в испытываемые условия. Достаточно хорошо изучены и широко применяются при диагностике различные виды различных видов загрязнений салат-латук, полевица побегообразующая, полевица тонкая, табак курительный, некоторые виды мхов и лишайников. В биотестировании качества воды используется рачки (дафнии), бактерии, инфузории, рыбы гуппи.

В качестве объекта исследования в таежных экосистемах широко используется сосна обыкновенная, древостой которой является хорошим

индикатором техногенных эмиссионных воздействий. Этот вид широко распространен, не требователен к климатическим условиям и почве, легко переносит засуху и не страдает от заморозков, чувствителен к загрязнениям. Хорошо изучены основные параметры сложения древостоя: радиальный и линейный прирост, продолжительность жизни хвои, наличие некроза и хлороза, жизненное состояние древостоя. Установлена зависимость их изменения от положения в рельефе и удаленности от источника выбросов, давности последнего пожара, интенсивности рекреационной нагрузки. Вид рекомендован как перспективный для внедрения в практику биомониторинга.

Виды травяно-кустарничкового яруса, расположенные под пологом леса, более зависимы от рекреационной нагрузки и низовых пожаров. Показано, что изменения видового состава травяно-кустарничкового яруса напрямую не связаны с антропогенными эмиссиями. Большой индикаторностью они обладают в биогеоценозах, лишенных древесного яруса: в степях, лесотундре, тундре. При изучении состояния травяно-кустарничкового яруса целесообразен учет биомассы растений, видового разнообразия, степени сложения ценоза тем или иным видом.

Высокой индикационной значимостью отличаются мхи и лишайники. В практике биомониторинговых исследований хорошо зарекомендовали себя лишено- и брио- индикационные методы. Изучение бриосинузий позволяет установить интенсивность рекреационной и техногенной нагрузки на лесные экосистемы. Характерно увеличение видового разнообразия мохового покрова при нарастании антропогенной нагрузки.

Лихеноиндикация является надежным методом при оценке эмиссионных воздействий, особенно при оценке чистоты атмосферного воздуха.

4. Ценоотические изменения.

Индикаторные признаки биоценоотического уровня имеют большое значение при визуальных рекогносцировочных и мониторинговых исследованиях особенно в труднодоступных районах. Смена коренных

зональных сообществ вторичными свидетельствует об интенсивности антропогенного влияния и комплексном воздействии всех факторов на конкретную экосистему. В целом антропогенные сукцессионные ряды аналогичны пространственно-временным рядам естественных динамических смен. Однако самовосстановление антропогенно нарушенных и загрязненных природно-территориальных комплексов (ПТК) может существенно отличаться по срокам и продолжительности прохождения отдельных стадий. На этом уровне биоиндикации изучаются:

- 1) анализ фито-, зоо- и микробиоценоза; определение видовой насыщенности, изучение доминантов и их обилия;
- 2) горизонтальная и вертикальная структуры биоценоза;
- 3) продуктивность сообщества;
- 4) временная динамика, цикличность;
- 5) экологические спектры по жизненным формам.

5. Региональные и глобальные изменения. При оценке взаимосвязи между абиотическими, биокосными и биотическими составляющими биогеоценозов необходимо иметь в виду, что четкого совпадения их границ в природе не существует. Одни и те же растительные сообщества могут формироваться на различных подстилающих породах, орографических уровнях и на разных почвах. Опыт исследований восстановительных сукцессий показывает, что по мере восстановления природного биоразнообразия размеры и границы каждого элемента биотических и биокосных систем изменяются по-разному.

Индикаторными признаками антропогенных трансформаций физико-географических ландшафтов, подзон и зон являются:

- 1) изменение естественных границ биогеоценозов (зональных, азональных и интразональных);
- 2) видовая насыщенность;
- 3) анализ пищевых цепей;

4) установление гемеробности (окультуренности) природно-территориальных комплексов.

1.4. Области применения биоиндикаторов

Одной из областей применения биоиндикации является оценка качества воздуха. Как известно, воздух представляет собой смесь определенных газов, повсюду на Земле представленных приблизительно в равных объемных долях. Загрязнение воздуха имеет место в том случае, если в смеси имеются вещества в таких количествах и так долго, что создают опасность для человека, животных растений или имущества. От загрязнения воздуха страдают все живые организмы, но особенно растения. По этой причине растения, в том числе низшие, наиболее пригодны для обнаружения начального изменения состава воздуха. Соответствующие индексы дают количественное представление о токсичном эффекте загрязняющих воздух веществ.

Лишайники являются симбиотическими организмами. Многими исследователями показана их пригодность для целей биоиндикации. Они обладают весьма специфическими свойствами, так как реагируют на изменение состава атмосферы, обладают отличной от других организмов биохимией, широко распространены по разным типам субстратов, начиная со скал и кончая корой и листьями деревьев, удобны для экспозиции в загрязненных районах.

Выделяют четыре основные экологические группы лишайников: эпифитные – растущие на коре деревьев и кустарников; эпиксильные – растущие на обнаженной древесине; эпигейные – на почве; эпилитные – на камнях. Из них наиболее чувствительны к загрязнению воздуха эпифитные виды. С помощью лишайников можно получать достоверные данные об уровне загрязнения воздуха. При этом можно выделить группу химических соединений и элементов, к действию которых лишайники обладают сверхповышенной чувствительностью: оксиды серы и азота, фторо-

хлороводород, а также тяжелые металлы. Многие лишайники погибают при невысоких уровнях загрязнения атмосферы этими веществами. Процедура определения качества воздуха с помощью лишайников носит название лихеноиндикации.

Оценку чистоты воздуха можно проводить с помощью высших растений. Например, голосеменные – отличные индикаторы чистоты атмосферы. Возможно также изучение мутаций в волосках тычиночных нитей традесканции. Французские ученые подметили, что при увеличении в воздухе окиси углерода и окислов азота, выбрасываемых двигателями внутреннего сгорания, окраска ее тычиночных нитей меняется от синей к розовой. Последствия нарушений в индивидуальном развитии растений могут быть выявлены также по частоте встречаемости морфологических отклонений, величине показателей флуктуирующей асимметрии, методом анализа сложноорганизованных комплексных структур. Уровни любых отклонений от нормы оказываются минимальными лишь при оптимальных условиях и возрастают при любых стрессирующих воздействиях [13].

Другим аспектом применения методов биоиндикации может быть оценка токсикологических качеств воды. Для этого чтобы оценить уровень токсического загрязнения водного объекта промышленными или иными стоками, нужно ответить на вопросы: токсична ли данная вода, поступающая в водоем со сточными водами; какая степень ее токсичности; на каком расстоянии от источника загрязнения токсичность снижается до минимального значения. В качестве эквивалента используется разведение сточной жидкости, при котором еще наблюдается повреждающий эффект по примененному биотесту.

Для биологической индикации качества вод могут быть использованы практически все группы организмов, населяющие водоемы: планктонные и бентосные беспозвоночные, простейшие, водоросли, высшие водные растения (элодея, рогоз), бактерии и рыбы. Каждая из них, выступая в роли биологического индикатора, имеет свои преимущества и недостатки, которые

определяют границы ее использования при решении задач биоиндикации, так как все эти группы играют ведущую роль в общем круговороте веществ в водоеме. Организмы, которые в основном используют в качестве биоиндикаторов, ответственны за самоочищение водоема, участвуют в создании первичной продукции, осуществляют трансформацию веществ и энергии в водных экосистемах. Всякое заключение по результатам биологического исследования строится на основании совокупности всех полученных данных, а не на основании единичных находок индикаторных организмов. Как при выполнении исследования, так и при оценке полученных результатов необходимо иметь в виду возможность случайных, местных загрязнений в точке наблюдения. Например, разлагающиеся растительные остатки, трупы лягушки или рыбы могут вызвать местные изменения в характере населения водоема [12].

В основе принципа биологической диагностики почв лежит представление о том, что почва как среда обитания представляет единую систему с населяющими ее популяциями разных организмов.

Лучше других разработаны методы фитоиндикации и диагностики почв. Например, путем анализа состава и структуры растительных сообществ, распространения растений-индикаторов для определенных индикационных признаков у отдельных видов растений можно установить тип почвы, степень ее гидроморфизма, развитие процессов заболачивания, соленакопления и т.д. среди растений обнаружены индикаторы на тот или иной механический и химический состав почв, степень обогащенности питательными элементами, на кислотность или щелочность, глубину протаивания мерзлотных почв или уровень грунтовых вод.

Теоретической предпосылкой применения почвенно-зоологического метода для целей диагностики почв является сформулированное М.С. Гиляровым в 1949 г. представление об «экологическом стандарте» вида – потребности вида в определенном комплексе условий среды. Каждый вид в пределах своего ареала встречается только в трех местообитаниях, которые

обеспечивают полный комплекс необходимых для проявления жизнедеятельности условий. Амплитуда варьирования отдельных факторов среды характеризует экологическую пластичность вида. Эврибионты мало пригодны для индикационных целей, тогда как стенобионты служат хорошими индикаторами определенных условий среды и свойств субстрата. Это положение представляет собой общий теоретический принцип в биологической диагностики. Однако использование для индикации одного вида не дает полной уверенности в правильности выборов (здесь имеет место «правило смены местообитаний» и как следствие смена экологических характеристик вида). Лучше исследовать весь комплекс организмов, из которых одни могут быть индикаторами на влажность, другие – на температуру, третьи – на химический или механический состав. Чем больше почвенных животных встречается на сравниваемых участках, тем с большей долей вероятности можно судить о сходстве их режимов, а следовательно, о единстве почвообразовательного процесса. Менее других полезны микроскопические формы – простейшие и микроартроподы (клещи, ногохвостки). Их представители отличаются космополитизмом в силу того, что почва для них не выступает как единая среда обитания: они живут в системе пор, капилляров, полостей, которые можно найти в любой почве. Из микроартропод наиболее хорошо изучены индикаторные свойства панцирных клещей. Состав их комплексов сообществ зависит не только от почвенных условий, но и от характера и флористического состава растительности, поэтому данный объект перспективно использовать для индикации повреждающих воздействий на почву [16].

1.5.Биоиндикация наземных экосистем

В биоиндикации наземных экосистем особенно широко применяются растения. С помощью растений можно проводить биоиндикацию всех природных сред. Индикаторные растения используются при оценке механического и кислотного состава почв, их плодородия, увлажнения и

засоления, степени минерализации грунтовых вод и степени загрязнения атмосферного воздуха газообразными соединениями, а также при выявлении трофических свойств водоемов и степени их загрязнения поллютантами. Например, на содержание в почве свинца указывают виды овсяницы (*Festuca ovina* и др.), полевицы (*Agrostis tenuis* и др.); цинка – виды фиалки (*Viola tricolor* и др.), ярутки (*Traspi alpestre* и др.).

Чувствительные фитоиндикаторы указывают на присутствие загрязняющего вещества в воздухе или в почве ранними морфологическими реакциями – изменением окраски листьев (появлениями хлорозов; желтая, бурая или бронзовая окраска), различной формы некрозами, преждевременными увяданиями и опаданием листвы. У многолетних растений загрязняющие вещества вызывают изменение размеров, формы, количества органов, направления роста побегов или изменение плодовитости. Подобные реакции обычно неспецифичны.

Некоторые естественные факторы могут вызывать симптомы, сходные с антропогенными нарушениями. Так, например, хлороз листьев может быть вызван недостатком железа в почве или ранним заморозком. Поэтому при определении морфологических изменений у растений необходимо учитывать возможность действия других повреждающих факторов.

Индикаторы другого типа представляют собой растения-аккумуляторы. Они накапливают в своих тканях загрязняющее вещество или вредные продукты метаболизма, образуемые под действием загрязняющих веществ, без видимых изменений. При превышении порога токсичности ядовитого вещества для данного вида проявляются различные ответные реакции, выражающиеся в изменении скорости роста и длительности фенологических фаз, биометрических показателей и, в конечном счете, снижении продуктивности.

Получить точные количественные данные о динамике и величине стрессовых воздействий на основе морфологических изменений невозможно, но можно довольно точно определить величину потерь продукции и, имея

график зависимости «доза – эффект», рассчитать величину стрессового воздействия.

Очень часто в целях биоиндикации используются различные аномалии роста и развития растения – отклонения от общих закономерностей. Ученые систематизировали их в три основные группы, связанные: (1) с торможением или стимулированием нормального роста (карликовость и гигантизм); (2) с деформациями стеблей, листьев, корней, плодов, цветков и соцветий; (3) с возникновением новообразований (к этой группе аномалий роста относятся также опухоли).

Гигантизм и карликовость многие исследователи считают уродствами. Например, избыток в почве меди вдвое уменьшает размер калифорнийского мака, а избыток свинца приводит к карликовости смолевки.

Биомониторинг может осуществляться путем наблюдений за отдельными растениями-индикаторами, популяцией определенного вида и состояния фитоценоза в целом. На уровне вида обычно производят специфическую индикацию какого-то одного загрязнителя, а на уровне популяций или фитоценоза – общего состояния природной среды [13].

Индикаторные растения могут использоваться как для выявления отдельных загрязнений воздуха, так и для оценки общего состояния воздушной среды.

Факт исключительно высокой радиочувствительности хвойных древесных пород был отмечен во многих исследованиях зарубежных и российских ученых. Так, на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС) сосна погибла на участке с плотностью радиоактивного загрязнения более $6,7 * 10^{14}$ Бк/км² (поглощенные дозы 30 - 40 Гр). Сосна по радиочувствительности близка к человеку ($LD_{50} = 20$ Гр), поэтому она является одним из основных природных тест-систем в радио- и общеэкологических исследованиях [11].

Радиационные эффекты оцениваются по следующим критериям: гибель и восстановление деревьев; сроки восстановления; морфологические

изменения хвои и побегов; количественные характеристики (радиальный и вертикальный прирост, масса и размер хвои и побегов). Репродуктивная способность оценивается по изменчивости семян.

Большинство выявленных морфологических изменений (морфозов) сосны, которая произрастала в радиоактивно загрязненных районах, связаны с изменениями в меристемных тканях - это группа клеток в стадии активного деления и роста. Такая ткань представляет собой два типа клеток: одна с высокой репродуктивной способностью, другая с различной степенью дифференциации. Известно, что чувствительность клеток прямо пропорциональна степени их дифференциации. Именно поэтому при высоких дозах облучения наблюдаются гибель верхушечных побегов и появление побегов из боковых почек, находящихся на ранних стадиях дифференциации. Более глубокие причины различий радиочувствительности меристемных тканей следует связать с биохимическими нарушениями в метаболизме клеток. При радиоактивном облучении наблюдаются: гибель почек, хвои, побегов; торможение роста побегов и хвои; двойной прирост в течение одного года вегетации; неравномерный рост хвои на побегах; укороченность побегов при интенсивном росте хвои («метлообразные» побеги); многопочечность (появление на побегах верхних мутовок до 30 почек вместо 5 - 6 в норме); нарушение ориентации хвои и побегов в пространстве (появление «мятой» хвои); искривление побегов; изменение формы хвои; появление гигантизма и карликовости побегов и хвои. Известно, что репродуктивные органы сосны обыкновенной более чувствительны к облучению, чем вегетативные. Особенно высокой радиочувствительностью обладают мужские генеративные органы. Подтверждение этому специалисты наблюдали в зоне сильного и среднего радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС: мужские цветки отсутствовали в течение первых двух лет после аварии, женские цветки также были частично или полностью поражены [10].

Хвойные породы, помимо их высокой радиочувствительности, особенно сильно страдают от сернистого газа. Чувствительность к нему убывает в последовательности: ель - пихта - сосна веймутова и обыкновенная - лиственница. Продолжительность жизни хвой сосны в нормальных условиях составляет 3 - 4 года. За это время она накапливает такое количество сернистого газа, которое существенно превышает пороговое значение. Под влиянием токсиканта хвоя сосны в зонах сильного загрязнения становится темно-красной, окраска распространяется от основания иглы к ее острию, и, просуществовав всего один год, хвоя отмирает и опадает. Лиственница, ежегодно сбрасывающая хвою, значительно устойчивее к сернистому газу. Поэтому по продолжительности жизни хвой сосны и характеру некрозов можно определить степень поражения сосновых насаждений сернистым газом [13].

По наблюдению ученых толщина воскового слоя на хвое сосны тем больше, чем выше концентрация или продолжительность воздействия на нее сернистого газа. Это послужило основанием для разработки количественного метода индикации данного соединения в атмосфере. Суть метода «помутнения по Гертелю» заключается в том, что степень помутнения экстракта хвой прямо пропорциональна количеству воска, покрывающего хвою. Чем выше мутность, устанавливаемая фотоколориметрически, тем больше концентрация сернистого газа в воздухе. Однако современные исследования показали, что помутнение водного экстракта из хвой вызвано не только воском, но и целым рядом других веществ, присутствующих в растительных тканях. В связи с этим возникли сомнения относительно достоверности результатов теста по Гертелю. Между тем накопление эпикутикулярного воска под влиянием сернистого газа обнаружено и у других растений, например у райграса. По этой причине, возможно, следует определять не интенсивность помутнения экстракта, а непосредственно содержание воска в растительном материале [16].

Вместе с тем двуокись серы вызывает у сосны обыкновенной характерные изменения в содержании фенольных соединений, которые наблюдаются задолго до появления видимых симптомов повреждения.

Фитоиндикация представляется весьма перспективной и развивается весьма стремительно, находят все новые и новые сферы приложения. При этом она берет на вооружение самые последние достижения науки и техники, в частности современные способы аэрофотосъемки земной поверхности.

Однако, к сожалению, некоторые аспекты фитоиндикации остаются неразработанными. Не исследован и не систематизирован опыт использования растений-индикаторов для практических целей. Недостаточно изучены физиолого-биохимические основы фитоиндикации. В результате растения-индикаторы выявляются эмпирически, путем наблюдений, что не исключает элемента случайности. Между тем, разработка физиолого-биохимических основ позволила бы целенаправленно отбирать растения-индикаторы, повысила бы эффективность их использования в практике. До сих пор не вполне выяснены механизмы биологических часов, причины избирательного поглощения определенными растениями химических элементов, роль магнитотропизма в пространственной ориентации растений [12].

Различают прямые и косвенные индикаторы. Первые непосредственно связаны с объектом индикации, т.е. с каким-то конкретным условием среды, и зависят от него. Косвенные индикаторы не имеют непосредственной связи с объектом индикации, они показывают предметы или явления, которые, в свою очередь, могут быть связаны с индикатором, интересующим человека. Например, на урановых месторождениях очень часто можно встретить различные виды астрагалов (*Astragalus pattersonii*, *A. bisulcutus*, *A. mcemasus* в штате Колорадо, США). Эти растения, накапливая до 1,5% селена, являются прямыми его индикаторами, но, поскольку селен встречается на урановых месторождениях, то по отношению к урану астрагалы будут косвенными индикаторами [20].

Растения могут быть индикаторами, как на всем протяжении своего ареала, так и в какой-то его части. В зависимости от этого выделяют универсальные (панареальные) и локальные индикаторы. Если связь между индикатором и объектом индикации наблюдается по всему ареалу, индикатор называется универсальным. Гораздо чаще приходится иметь дело с локальными индикаторами, связанными с объектом индикации только в какой-то части своего ареала.

Глава 2. Материалы и методика исследования.

2.1. Общие принципы и методы использования биоиндикаторов

Объектами мониторинга являются биологические системы и факторы, воздействующие на них. При этом желательна одновременная регистрация антропогенного воздействия на экосистему и биологического отклика на воздействие по всей совокупности показателей живых систем. Необходимо проведение многофакторного анализа с учетом наиболее типичных антропогенных воздействий, а также изменений природных факторов среды, уровень которых меняется вследствие антропогенного влияния. В первую очередь учитывается изменение численности видов и видового состава биоценозов. Важно фиксировать также возможные изменения в природных популяциях. Необходимо выявлять быстрый «отклик» организмов или популяций и результаты стойких последствий, так как часть изменений может быть отрегулирована биосистемами.

Совершенно очевидно, что оценка экологической обстановки на территории в ходе формирования эффективной системы государственного экологического мониторинга невозможна без использования методов биодиагностики качества окружающей среды.

Оценивать качество окружающей среды, степень её благоприятности для человечества необходимо, прежде всего, в целях:

- определения состояния природных ресурсов;
- разработки стратегии рационального использования региона;
- определения предельно допустимых нагрузок для любого региона;
- решение судьбы районов интенсивного промышленного и сельскохозяйственного использования, загрязненных территорий и т.д.;
- решения вопроса о строительстве, пуске или остановке определённого предприятия;
- оценки эффективности природоохранных мероприятий, введения очистных сооружений, модернизации производства и т.д.;

- введения новых химикатов и оборудования;
- создания рекреационных и заповедных территорий.

Методы биоиндикации основаны на наблюдениях отдельных организмов, популяции или сообществ организмов в естественной среде обитания с целью определения по их реакциям (изменениям) качества окружающей среды. В сельском хозяйстве широко применяется метод биоиндикации для диагностики питания сельскохозяйственных культур. Данный метод визуальной биоиндикации основан на изучении внешних признаков фито- и биоценозов, которые отражают качественные изменения среды обитания.

В качестве признаков визуальной биоиндикации используется внешний вид растений. Таких признаков, связанных с нарушением питания растений, множество, в частности: замедление роста стеблей; ветвей и корней; пожелтение; бурение; загибание листьев; «краевые ожоги»; образование гнили; одревеснение стеблей и др.

Для получения более достоверных, долгосрочных прогнозов наряду с видами-индикаторами отслеживаются изменения, происходящие в популяциях устойчивых видов, способных выдерживать значительные возмущающие воздействия (воздействия экологически неблагоприятных факторов) в течение длительного времени.

Достоверность биоиндикационных исследований, правильность оценки связи биоиндикаторов с объектами индикации зависят от репрезентативности проводимых исследований. Основными требованиями к биоиндикационным полевым исследованиям являются следующие:

1. Относительная быстрота проведения исследования. Биоиндикационные исследования должны охватывать одну фенологическую фазу при сравнительно однородных метеорологических условиях. При выпадении осадков необходимо переждать несколько дней для восстановления уровня поллютантов в биоте.

2. Получение достаточно точных и воспроизводимых материалов. Диапазон погрешностей по сравнению с другими методами тестирования не должен превышать 20%.

3. Отбор индикаторов с высокой встречаемостью и обилием. Биоиндикаторы должны быть хорошо изучены и иметь на всей территории исследований однородные свойства. А.М.Степанов (1988) называет следующие критерии при выборе биоиндикаторов:

- 1) широкий ареал;
- 2) эвритопность (эврибиотность);
- 3) оседлость;
- 4) антисинантропность;
- 5) индикационную пластичность;
- 6) достаточную биомассу;
- 7) простоту добычи и учета;
- 8) изученность вида и внутривидовых таксонов.

В соответствии с указанными критериями при биоиндикационных исследованиях рекомендованы следующие млекопитающие: кроты, бурозубка, полевка, куница, соболь, косуля, лисица, волк, медведь.

Наиболее показательными представителями почвенной мезофауны являются жужелицы, личинки жуков-щелкунов – проволочники, лесные рыжие муравьи, дождевые черви, наземные моллюски.

К числу преимуществ фитоиндикации перед инструментальными методами можно отнести ее относительно низкую стоимость, высокую скорость получения информации и возможность характеризовать состояния среды за длительный промежуток времени.

При проведении фитоиндикационных исследований, наряду с указанными выше критериями при выборе биоиндикатора, необходимо соблюдать дополнительные рекомендации:

1. Изучать одновозрастные экземпляры.

2. Отбирать среднюю пробу с нескольких экземпляров растений (8-10 экземпляров).

3. Проводить отбор проб с одной высоты и по всей окружности кроны деревьев.

4. Оценивать проективное покрытие лишайников на стороне их максимального развития.

5. Проводить отбор проб на анализ содержания химических веществ по отдельным органам: листья, ветви, кора, древесина и т.д.

Исходя из названных критериев, рекомендованы следующие виды-фитоиндикаторов:

- Древесные породы: сосна обыкновенная, березы, липа, дуб, тополь.
- Виды кустарникового яруса: ива, шиповник, карликовая березка.
- Виды травяно-кустарничкового яруса: брусника, черника, багульники.
- Мохообразные или бриофиты.
- Лишайники.

Многолетний опыт ученых разных стран по контролю состояния окружающей среды показал преимущества, которыми обладают живые индикаторы:

- в условиях хронических антропогенных нагрузок могут реагировать даже на относительно слабые воздействия вследствие кумулятивного эффекта; реакции проявляются при накоплении некоторых критических значений суммарных дозовых нагрузок;

- суммируют влияние всех без исключения биологически важных воздействий и отражают состояние окружающей среды в целом, включая ее загрязнение и другие антропогенные изменения;

- исключают необходимость регистрации химических и физических параметров, характеризующих состояние окружающей среды;

- фиксируют скорость происходящих изменений;

- вскрывают тенденции развития природной среды;
- указывают пути и места скоплений в экологических системах различного рода загрязнений и ядов, возможные пути их попадания в пищу человека;
- позволяет судить о степени вредности любых синтезируемых человеком веществ для живой природы и для него самого, причем дают возможность контролировать их действие.

В качестве биоиндикаторов могут быть использованы представители всех «царств» живой природы. Для биоиндикации не пригодны организмы, поврежденные болезнями, вредителями и паразитами. Идеальный биологический индикатор должен удовлетворять ряду требований:

- быть типичным для данных условий;
- иметь высокую численность в исследуемом экотопе;
- обитать в данном месте в течение ряда лет, что дает возможность проследить динамику загрязнения;
- находиться в условиях, удобных для отбора проб;
- давать возможность проводить прямые анализы без предварительного концентрирования проб;
- характеризовать положительной корреляцией между концентрацией загрязняющих веществ в организме-индикаторе и объекте исследования;
- использоваться в естественных условиях его существования;
- иметь короткий период онтогенеза, чтобы была возможность отслеживания влияния фактора на последующие поколения.

Для практических целей следует знать, насколько надежен и эффективен тот или иной индикатор, поэтому индикаторы характеризуют по достоверности и значимости. Достоверность - это степень сопряженности индикатора с объектом индикации. Абсолютно достоверным считается индикатор, которому в 100% случаев соответствует объект индикации. Для расчета показателя достоверности берут определенное число эталонных участков или площадок (обычно 100), где обязательно имеется индикатор.

Среди них есть и такие, где индикатор встречается вместе с объектом индикации. Процентное соотношение этих участков и участков с индикатором, но без объекта индикации служит количественным показателем достоверности индикатора. Эталонные участки обычно выбираются в одном экотопе с помощью квадратной рамп размером 100 x 100 см.

Коэффициенты достоверности и значимости являются важными характеристиками индикаторных свойств растения. Если они достаточно высокие, можно начинать фитоиндикацию. Для этого в таблицу вносят названия всех индикаторных видов, обнаруженных на площади 10 м². Растениям, характеризующим свойства почвы, присуждаются номера:

1. Оценка влажности: а) гигрофиты (бодяк болотный, вейник незамечанный, звездчатка длиннолистная, камыш лесной и озерный и др.); б) ксерофиты (молочай тонкий, очиток едкий, мятлик луковичный и др.);

2. Механический состав: а) пелитофиты (звездчатка средняя (мокрица), копытень европейский, лебеда серая и др.); б) алевритофиты (астрагал датский, клевер пашенный, купена лекарственная, смолевка лежачая и др.); в) псаммофиты (белокопытник ложный, житняк сибирский, пырей ситниковидный, фиалка песчаная и др.);

3. Оценка кислотности: а) крайние ацидофилы (рН = 3,0 - 4,0) (марьянник луговой, осока волосистоплодная, росянка круглолистная, черника и др.); б) умеренные ацидофилы (рН = 4,5 - 6,0) (багульник болотный, калужница болотная, лютик едкий, седмичник европейский и др.); в) слабые ацидофилы (рН = 5,0 - 6,7) (белокрыльник болотный, горец змеиный, медуница неясная, осока желтая и др.); г) ацидофилнейральные (рН = 4,5 - 7,0) (вейник наземный, иван-чай узколистный, ландыш майский, хмель вьющийся и др.); д) околонеутральные (рН = 6,0 - 7,3) (василисник малый, клевер горный, очиток едкий, полынь широколистная, таволга обыкновенная и др.); е) нейтрально-базофильные (рН = 6,7 - 7,8) (василек

русский, кизильник среднерусский, люцерна серповидная, мать-и-мачеха, молочай тонкий и др.);

4. Достаток питательных веществ в почве: а) эвтрофы (герань лесная, горец перечный, иван-чай узколистый, ландыш майский, мятлик обыкновенный, папоротник страусник и др.); б) мезотрофы (бересклет бородавчатый, земляника, купальница европейская, папоротник щитовник мужской, смолевка поникшая и др.); в) олиготрофы (брусника, клюква болотная, лишайник кладония, осока топяная, щавель малый и др.).

Частоту встречаемости учитывают по девятибалльной шестиступенчатой шкале со следующими обозначениями: 1 - очень редко, 2 - редко, 3 - нередко, 5 - часто, 7 - очень часто, 9 - массово [12].

При выборе индикатора необходимо принимать во внимание соображения экономии и учитывать характер использования тех или иных организмов, например, широко распространенные на исследуемой территории и не занесенные в «Красную книгу».

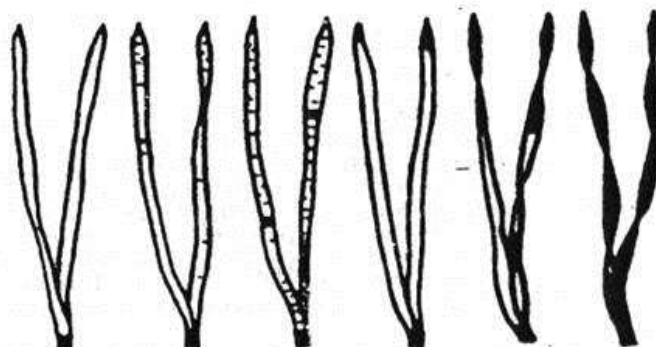
На уровне популяций биоиндикация проводится в том случае, если процесс распространения негативных изменений охватывает такое количество особей, при котором заметно сокращаются численность популяций, изменяется ее половозрастная структура, сокращается продолжительность жизни, происходит сдвиг фенологических фаз и др.

Экосистемный подход к оценке среды дает возможность ранней диагностики ее изменений. Сигналом тревоги служит разбалансировка продукционно-деструкционных процессов. Диагностическими признаками таких сдвигов являются, например, накопление органического вещества, заиление, зарастание водоемов, усиленное развитие микроорганизмов [15].

2.2.Методика и материалы исследования.

В работе для исследования состояния атмосферного воздуха выбраны пробные участки в городе Казани и пригородной зоне. В городе в 7-и различных участках (парк Петрова, ДК Химиков, парк Горького, МКДЦ, 18

городская больница, Ноксинский спуск) были взяты пробы с 30 деревьев сосны обыкновенной. Высота деревьев во всех участках не выше 5 метров. Были исследованы годовичные приросты за последние 4 года, степень дефолиации, а также выраженность на хвое хлорозов и некрозов по бонитетным классам, для этого с каждого годового прироста изымалась хвоя с середины побега по 4 см.



Классы некрозов	1	2	3			
Классы хлорозов	1	1	1	2	3	4

Рис.1. Шкала бонитетных классов повреждений хвои (по Jager, 1980)

Некрозы: 1 - без пятен, 2 - с небольшим числом мелких пятнышек, 3 – с большим числом желтых и черных пятен, некоторые во всю ширину хвоинки

Хлорозы: 1 – нет сухих участков, 2 - кончик на 2-5 мм усох, 3 – усохла треть хвоинки, 4- вся хвоинка желтая или более половины ее сухая.

В качестве объекта исследования были выбраны лесные культуры сосны обыкновенной.



Рис.2. Ареал распространения сосны обыкновенной

Сосна обыкновенная широко распространена в Евразии, начиная с Испании и Великобритании и далее на восток до бассейна реки Алдан и среднего течения Амура в Восточной Сибири. На севере сосна обыкновенная растёт вплоть до Лапландии, на юге встречается в Монголии и Китае. Образует чистые насаждения и растёт вместе с елью, берёзой, осиной, дубом, малотребовательная к почвенно-грунтовым условиям, занимает часто непригодные для других видов площади: пески, болота. Отличается светолюбием, хорошо возобновляется на лесосеках и пожарищах, как основной лесобразователь широко используется в лесокультурной практике во всех климатических зонах. На севере ареала поднимается на высоту до 1000 м над уровнем моря на юге до 1 200—2 500 м над уровнем моря [3]. В республике Татарстан естественные сосновые леса занимают 16,3% от общей площади, занятой лесами [5].

2.3. Характеристика участков исследования.

Пестречинский район расположен в западной части Северного Заволжья (Предкамья). Поверхность представляет сравнительно невысокую, слегка всхолмленную равнину, сильно изрезанную речными долинами и оврагами. Средние высоты равнины 150 м, а наибольшие высоты, находясь в северной части района (у села Кошаково), достигают 194 м.

Особенностью рельефа является асимметричность междуречий. Основной водораздел между Волгой и Вяткой сдвинут к реке Вятке и

находится уже за восточной границей. Местность представляет собой пологий скат к реке Волге, разделенный долиной Реки Мешы и ее притоками – реки Нурмой и др. на увалы, водораздельные гряды, которые протягиваются в основном в юго-западном направлении. Один из этих увалов является водоразделом между рекой Казанкой и Мешей, а другой водораздел – между Нурмой и Мешей, по границе с увалов стекают многочисленные правые притоки реки Мешы, создавая вследствие эрозионного расчленения мелковолнистый рельеф с междуречными пространствами шириною 3-5 км. Эрозионная расчлененность рельефа создает массу склонов разной крутизны и способствует развитию на склонах овражно-балочной сети. Площадь оврагопораженных сельскохозяйственных земель составляет около 1% (1,5 тыс. га). Овраги и балки приносят огромный вред сельскому хозяйству, значительно сокращая площадь пахотных земель, ухудшая плодородие окружающих полей, понижая уровень грунтовых вод и иссушая почву. Временные поверхностные воды, стекая в овраги, уносят самые ценные питательные элементы почвы, обедняя ее плодородные качества, в результате чего урожайность полей резко падает.

Для борьбы с эрозией почв проводятся различные мероприятия: создаются полевые защитные лесонасаждения, валы на склонах, лесонасаждения и плетневые загородки для укрепления оврагов; на крутых склонах производят поперечную вспашку и их террасируют.

Вследствие эрозионной расчлененностью рельефа происходит неравномерное нагревание и увлажнение почвы на южных, северных, западных и восточных склонах, что также сказывается на различной урожайности полей и на сроках созревания к уборке сельскохозяйственных культур. В более благоприятных микроклиматических условиях находятся склоны южной экспозиции, где при других обычных условиях созревание культур происходит быстрее и получается выше урожайность.

Таким образом, эрозионная расчлененность рельефа оказывает влияние на размещение сельскохозяйственных угодий. Пашня имеет

наибольшее распространение в районе на плоских возвышенностях и пологих склонах. Средний угол склона полей района определяется в 3 градуса. Луга размещены в эрозионных понижениях рельефа в сравнительно хорошо увлажненных местах, в основном, в долинах рек и балок. Под сенокосами занято 3828 га.

Крутые склоны в основном заняты лесом, кустарниковыми зарослями, некоторые склоны с уклоном от 2 градусов до 10 заняты садами и пастбищами. Карстовые формы, связанные с растворением в основном пермских известняков и доломитов, отчасти гипсов, встречаются на левом берегу реки Нурмы.

В геологическом строении территории принимают участие породы казанского и татарского ярусов пермской системы, четвертичные аллювиальные, делювиальные и элювиальные отложения. Район находится на древнем участке земной коры. Коренные пермские отложения выходят на поверхность на высоких водоразделах, образуя хорошие обнажения в долинах рек из известняков, доломитов, мергелей, глин, песчаников. Широким развитием пользуются покровные рыхлые песчано-глинистые современные отложения различного генезиса и механического состава. Они являются в основном продуктами размыва и переноса пермских пород в четвертичный период и имеют обычно буровато-желтую окраску, менее тонкопористое сложение и значительную мощность, а также хорошие водные свойства. Четвертичные подстилающие породы играют доминирующую роль в почвообразовательном процессе и в основном распространены на склонах рельефа, и представлены делювием, тяжелыми суглинками, а также песками, супесями и легкими суглинками, которые встречаются в долинах рек, балках, оврагах.

Полезные ископаемые представлены в основном стройматериалами. Это известняки, доломиты, гипс, глины, гравий, песок и др. Они широко используются. Известняки используются для изготовления цемента и известкования кислых почв. Из гипса и ангидрида путем обжига и помола

получают алебастр. Имеются и залежи торфа. Торфяники встречаются главным образом на пониженных площадках водораздельных пространств и в долинах рек. Торф характеризуется высокой зольностью, значительным содержанием азота, фосфора, кальция при нейтральной реакции, что позволяет применять торф как удобрение.

Климат района умеренно-континентальный со среднегодовыми температурами +2,6 градусов. Зима продолжительная и морозная с абсолютным минимумом – 42 градуса, среднеянварская температура – 14 градусов. Лето теплое, часто с недостаточным количеством дождей. Самый жаркий месяц – июль имеет среднюю температуру +20 градусов. Характерной особенностью климата является быстрое нарастание тепла весной, затяжная осень и большая изменчивость температур.

Продолжительность безморозного периода в среднем 137 дней, наибольшая 166 дней. Солнечных дней в году сравнительно много 265. Заморозки весной заканчиваются во 2-3 декаде мая. Первые заморозки осенью бывают в 3 декаде сентября. Снежный покров устанавливается во 2-3 декаде ноября и залегает в продолжении 145-160 дней. Засушливые периоды иногда могут быть весной и в первую половину лета. Наибольшее количество осадков приходится на лето, и выпадает они в виде дождей и ливней. Весной часты вторжения холодного арктического воздуха с температурой -15 .

Район находится в пределах бассейна реки Мешы с ее притоками справа - Б. Меша, Нурма, Сула, Щеголка; слева Меша принимает реку Нырсу и ряд мелких притоков, которые начинаются за пределами района. Пересекая территорию с северо-востока на юго-запад протяжением 102 км, река Меша уже за пределами района впадает в реку Каму. Долина мешы хорошо разработана, она широкая, обрамлена живописными склонами. В среднем течении река имеет ровное днище с узким извилистым руслом и с пологими склонами. Речные террасы значительной ширины и лучше они выражены по левому берегу, где пойма расширяется до 2-3 км.

Пестречинский район расположен, расположенный на юге лесной зоны с достаточным увлажнением имеет в основном лесные почвы подзолистого типа. Около половины площади составляют дерново-подзолистые и близкие к ним светло-серые почвы. Более плодородные серые и темно-серые почвы покрывают лишь 31,2% территории. Черноземы встречаются в основном в долинах рек и составляют всего лишь 0,4% площади. Долинные луговые черноземовидные почвы образовались на легком песчаном субстрате аллювиального происхождения. Они плодородны и на них выращивают овощные, кормовые и ценные технические культуры.

Темно-серые суглинистые почвы расположены на западе района, по правому берегу реки Меши и ее притоками по делювиальным шлейфам склонов и надлуговым террасам. Содержание гумуса в темно-серых почвах 4,5-6%, и они могут быть использованы для возделывания требовательных высокоурожайных культур.

Коричнево-серые и дерново-карбонатные почвы залегают преимущественно на склонах водоразделов, обычно со стороны крутого берега реки, а также на холмах и возвышенных плато южных и юго-западных направлений. Эти почвы имеют тяжелый механический состав, который обуславливает их слабую водопроницаемость. Поэтому в засушливые годы урожайность на таких почвах бывает низкой.

Район расположен на юге подзоны смешанных лесов с характерными для нее смешанными широколиственно-хвойными лесами. В настоящее время первичная естественная растительность в основном уничтожена сельскохозяйственной деятельностью человека. Вследствие вырубki широколиственных и хвойных лесов возникли формации мелколиственных лесов (березняки и осинники), формации кустарниковых зарослей, формации лугов. Наибольшую часть территории района заняли формации посевных площадей. До 70% территории занято сельскохозяйственными угодьями. Степень распаханности земель достигает до 86%.

В настоящее время облесенность территории небольшая. Леса занимают 11% площади района, полезащитные лесные полосы составляют 144 га, кустарники- 1363 га, болота- 216 га. Сельхозугодья 121749 га, приусадебные участки- 2005 га.

Из хвойных лесов наибольшее распространение имеют сосновые боры, произрастающие на песчаных и супесчаных почвах левобережья реки Меш. В широколиственных лесах доминирующей породой является дуб. Видное место в структуре естественной растительности занимают луга. Наиболее крупные площади лугов находятся в пойме реки Меш и других рек. Это низинные луга на надпойменных террасах. Используются под сенокосы 3828 га. На возвышенных участках расположены верховые луга, которые используются как пастбища. Они занимают 15022 га.

В настоящее время расширяется площадь культурных лугов, которые благодаря искусственному орошению, имеют высокую продуктивность, что важно для дальнейшего развития мясомолочного животноводства [19].

Казань — город в Российской Федерации, столица Республики Татарстан, крупный порт на левом берегу реки Волги, при впадении в неё реки Казанки. Один из крупнейших экономических, политических, научных, культурных и спортивных центров России, второй по величине город Поволжского экономического района (после Самары). Казанский кремль, входящий в число объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО, и тысячелетняя история делают Казань одним из наиболее посещаемых туристами городов России. Казань расположена на левом берегу р. Волги, при впадении в неё р. Казанки. Благодаря выгодному географическому расположению, Казань издавна была торговым посредником между Востоком и Западом. Географические координаты: 55°47' с. ш. 49°06' в. д. (координаты так называемого «нулевого километра»). Протяжённость в меридианном направлении — 29 км, в широтном — 31 км

Геологическое строение и рельеф.

Приказанский район расположен на востоке русской платформе с докембрийским кристаллическим фундаментом, вскрытый буровыми скважинами на глубине около 1800 метров. Перекрыт мощной толщей осадочных пород палеозойской группы. В ее составе отложения девонской каменноугольной и пермской системы.

Город Казань – старейший на Средней Волге, лежит в низовьях реки Казанки – на обоих берегах притока реки Волги. Исторический и административный центр расположен на левобережье Казани. Это Кремль, построенный на мысообразном выступе высокой среднеплейстоценовой террасы. Уступ высоких террас делит город на две части – верхнюю и нижнюю. Подобное разделение более отчетливо просматривается в старой левобережной части города. Специфические особенности строения среднеплейстоценовой террасы является подземный известковый хребетик, протягивающийся вдоль уступа террасы между Кремлем и университетом. В этой полосе хребетик перекрыт 15-и метровой толщей лессовидных суглинков. К северо-востоку от хребта пласты известняков Казанского яруса флексуру с опущенным крылом, который совпадает с понижением поверхности рельефа в районе безводного Черного озера. (Понижение это – древнее карстовое образование). В южной части города в тыловой части нижней террасы расположена система связанных между собой трех озер – Кабан – Нижнего (Ближнего), Среднего (Дальнего) и Верхнего. Это позднеплейстоценовые старицы Волги, сильно переработанные карстом. Нижний Кабан соединяется рекой Казанкой протоком Булак, уже давно превращенным из известной речки в прямолинейный канал. Многие участки низких террас и поймы в разное время надстраивали насыпями грунт [15].

Климат Казани — умеренно-континентальный, сильные морозы и палящая жара редки. Наиболее частыми ветрами являются южный и западный, штиль бывает в среднем 13 дней в году. Снежный покров умеренный, достигает своей максимальной высоты в феврале и марте — 38 см. Количество ясных, облачных и пасмурных дней в году — 40, 169 и 149

соответственно. Наиболее облачным месяцем является ноябрь, наименее облачные — июль и август. Осенью и весной бывают туманы, всего 16 дней в году. Продолжительная жара побила рекорд по температуре в июле, а затем и в августе 2010 года: 1 августа температура достигла +39,0 °С в тени. Рекорд минимума был установлен 21 января 1942 года (-46,8 °С). Среднегодовая скорость ветра составляет 3,6 м/с, а влажность воздуха — 75 %. Погода с устойчивой положительной температурой устанавливается, в среднем, в конце марта — начале апреля, а с устойчивой средней температурой ниже нуля — в конце октября — начале ноября. Большая часть атмосферных осадков выпадает с июня по октябрь, максимум их приходится на июнь, а минимум — на март. В течение года среднее количество дней с осадками — около 197 (от 11 дней в мае до 24 дней в декабре). Самым дождливым месяцем был июнь 1978 года, когда выпало 217 мм осадков (при норме 70 мм). Самыми засушливыми месяцами были февраль 1984 года, август 1972 года и октябрь 1987 года, когда в Казани не наблюдалось осадков вообще. Нижняя облачность составляет 4,1 балла, общая облачность — 6,7 балла [22].

Мезоклиматические различия внутри города

В пределах территории города Казани выявляются существенные мезоклиматические различия, связанные с действием естественных и антропогенных факторов. Эти различия зависят от сезона года, времени, суток и типа почв. Они, как правило, усиливаются при ясной тихой погоде и ослабевают при пасмурной ветреной. В городе обнаруживаются два очага повышенных значений температуры воздуха: в возвышенной части Вахитовского района и в центре квартальных возвышенностей части Московского района. Эти очаги разделяются широким заливом реки Казанки, в пойме которой, а также выходящих к ней Ю-В квартал Московского и Кировского районов, в ранние утренние часы температура воздуха в среднем на 3-4 градуса ниже по сравнению с ее значениями на станции Казанского университета. Другой очаг холода обнаруживается в пониженной части

Приволжского и Вахитовского районов, на берегу озера Нижний Кабан. Зимой температура воздуха в ночные часы может понижаться на 3-4 градуса, по сравнению с другими территориями.

При небольших значениях давления воздуха в холодный период года распространяется относительной влажности противоположно распространению температуры воздуха: в очагах тепла ее значения несколько ниже, в очагах холода выше. Наибольшей пестротой и разнообразием распространение влажности воздуха наблюдается летом, что обусловлено искусственными газонами, цветниками, улиц, а также влиянием куйбышевского водохранилища. Более высокие (на 5-6%) значения относительной влажности воздуха по сравнению с ее величинами на станции Казань, университет наблюдается в пойме реки Казанки, на восточных и юго-восточных окраинах города. [9]

По климатическим особенностям 2008 года можно сказать, что средняя месячная температура воздуха превысила норму в девяти из двенадцати месяцев года, особенно теплыми были март и ноябрь, когда средняя месячная температура воздуха превышала норму на 5,4°C и 5,5°C соответственно. Холоднее обычного были май, июнь и сентябрь, но отрицательные аномалии были незначительными и не превышали 1°C [6].

В 2009 году средняя годовая температура воздуха на территории РТ была выше средней многолетней нормы на 1,3 °С. Температура воздуха наблюдалась ниже средней многолетней нормы лишь в апреле и декабре. Июль и август по температуре являлись близкими к норме, а в остальные месяцы года средняя температура воздуха превысила средние многолетние значения, особенно теплым оказался сентябрь. Преобладали юго-восточное (21%) и западное (18%) направления ветра. Отмечено 180 дней с осадками менее 5 мм, 27 дней с осадками более 5 мм, 37 дней с дымкой, 12 дней с туманом. Средняя годовая температура воздуха составила 5,1°C, что на 1,5°C выше средних многолетних значений. Отмечено 99 дней с неблагоприятными метеоусловиями для рассеивания вредных примесей в атмосферном воздухе.

По климатическим данным 2010 год, характеризуется как год с аномально жарким летом. Уже в мае температура в среднем по РТ превышала норму на 4 градуса, как и в июне. А в июле было на 5-6 градусов выше нормы. За весь период метеонаблюдений ничего подобного не отмечалось. В апреле, когда началась посевная, установилась засушливая погода. С тех пор за 4 месяца в среднем по РТ выпало только около 50мм осадков (норма 200 мм).

Таблица №1.

Средние показатели температуры в г. Казани

Месяц	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек	Год
2005 год, °С	-7,6	-12,1	-9,0	4,6	16,5	16,5	18,9	18,0	13,1	6,3	0,0	-5,8	5,0
2006 год, °С	-17,0	-14,8	-5,3	4,7	13,4	20,2	17,6	18,1	12,6	4,5	-3,6	-3,0	4,0
2007 год, °С	-3,8	-15,2	-2,5	5,2	15,2	15,8	19,4	21,5	12,1	6,1	-4,9	-11,9	4,8
2008 год, °С	-11,8	-6,5	0,1	8,3	12,4	16,4	20,7	19,1	10,0	7,8	2,1	-5,4	6,1
2009 год, °С	-10,8	-9,2	-2,6	3,7	14,0	19,9	19,7	17,1	14,9	6,3	-1,3	-10,7	5,1
2010 год, °С	-16,8	-13,5	-4,5	7,4	17,4	21,2	26,0	22,6	13,3	3,7	0,9	-9,0	5,7
2011 год, °С	-12,5	-16,6	-5,5	4,5	14,4	17,4	23,4	18,9	12,4	6,2	-4,3	-6,4	4,3

Исходя из таблицы №1 можно отметить, что значения 2010 года довольно сильно варьируют по сравнению с показателями других лет (холодной зимой и аномально жарким летом).

По климатическим особенностям 2011 года можно отметить, что год был с жарким летом и холодной, довольно снежной зимой. Осадки в весенний период не достигали нормы (в мае осадки составляли 76% от нормы). Начало лета характеризовалось как достаточно влажным с высокими температурами, август с минимальным количеством осадков (9 мм).

При рассмотрении загрязнения атмосферного воздуха различными загрязняющими веществами можно отметить, что динамика выбросов ЗВ изменяется с каждым годом.

График №1.

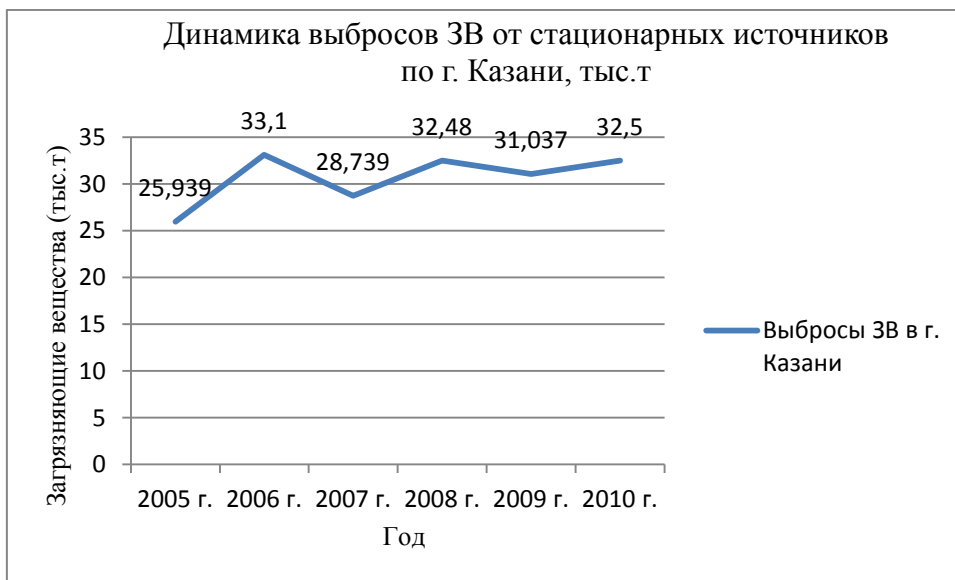


График №2.



Общий выброс ЗВ стационарными источниками в 2008 г. составил 32,480 тыс. т (в 2007 г. - 28,739 тыс. т). Увеличение выбросов ЗВ на 3,741 тыс. т объясняется залповыми выбросами на ОАО «Казаньоргсинтез», которые имели место во время проведения пуско-наладочных работ на реконструируемых и вновь построенных производствах, а также в результате неполного сгорания углеводородов на факельных установках во время

отключения подачи электроэнергии. На очистку поступило 91,783 тыс. т ЗВ, из них 90,420 тыс. т уловлено и обезврежено, что составило 73,53% (в 2007 г. – 74,96%) от общего количества отходящих веществ, без очистки выброшено 31,117 тыс. т. Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух, являются: оксид углерода – 6,918 тыс. т, оксиды азота – 6,140 тыс. т, диоксиды серы – 0,454 тыс. т.

В количественном отношении выбросов ЗВ по сравнению с 2007 г. необходимо отметить увеличение выбросов по следующим ингредиентам: оксид углерода на 0,591 тыс. т, оксид азота на 0,106 тыс. т, диоксид серы на 0,016 тыс. т.

В 2008 г. наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха г. Казани внесли предприятия химической (46%), энергетической (25,5%), строительной (11%) отраслей.

Выбросы от автотранспорта в г. Казани в 2008 г. составили 98,902 тыс. т, в т. ч. от автотранспорта предприятий и организаций всех форм собственности – 21,824 тыс. т, от автотранспорта индивидуальных владельцев – 77,078 тыс. т. Общий выброс ЗВ от промышленных предприятий города и автомобильного транспорта в 2008 г. составил 131,382 тыс. т.

На предприятиях Пестречинского района в 2008 г. действовало 142 стационарных источника выбросов (в 2007 г. – 134), оснащенных ГОУ – 4.

Общий выброс ЗВ стационарными источниками в 2008 г. составил 0,187 тыс. т (в 2007 г. – 0,212 тыс. т). Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух, являются: твердые вещества, прочие вещества.

Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха района внесли предприятия следующих отраслей: агропромышленной – 90,9%, строительной – 6%. Выбросы от автотранспорта по району в 2008 г. составили 2,69 тыс. т. Общий выброс ЗВ от промышленных предприятий района и автомобильного транспорта в 2008 г. составил 2,877 тыс. т.[6.]

Общий выброс ЗВ стационарными источниками в 2009 г. составил 31,037 тыс. т (в 2008 г. – 32,48 тыс. т). Снижение выбросов ЗВ на 1,443 тыс. т

объясняется спадом производства на предприятии ОАО «Казаньоргсинтез» и предприятиях строительной отрасли. На очистку поступило 59,449 тыс. т ЗВ, из них 58,434 тыс. т уловлено и обезврежено, что составило 65,26% (в 2008 г. – 73,53%) от общего количества отходящих веществ, без очистки выброшено 30,022 тыс. т. Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух, являются: ЛОС – 9,504 тыс. т, оксиды азота – 6,758 тыс. т, оксид углерода – 6,156 тыс. т, углеводороды (без ЛОС) – 5,767 тыс. т, твердые – 1,898 тыс. т, диоксиды серы – 0,679 тыс. т. В 2009 г. наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха г. Казани внесли предприятия химической – 44,3%, энергетической - 25,4%, строительной – 8,3% отраслей.

Общий выброс ЗВ стационарными источниками Пестречинского района за 2009 г. составил 0,220 тыс. т (в 2008 г. -0,187 тыс. т). Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух, являются: твердые вещества, прочие вещества.

Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха района внесли предприятия следующих отраслей: строительная - 57,3%, агропромышленная - 40% [7].

При рассмотрении среднегодовой концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе выделяется превышение предельных допустимых концентраций (ПДК) по отдельным веществам.

График №3.



График №4.



График №5.

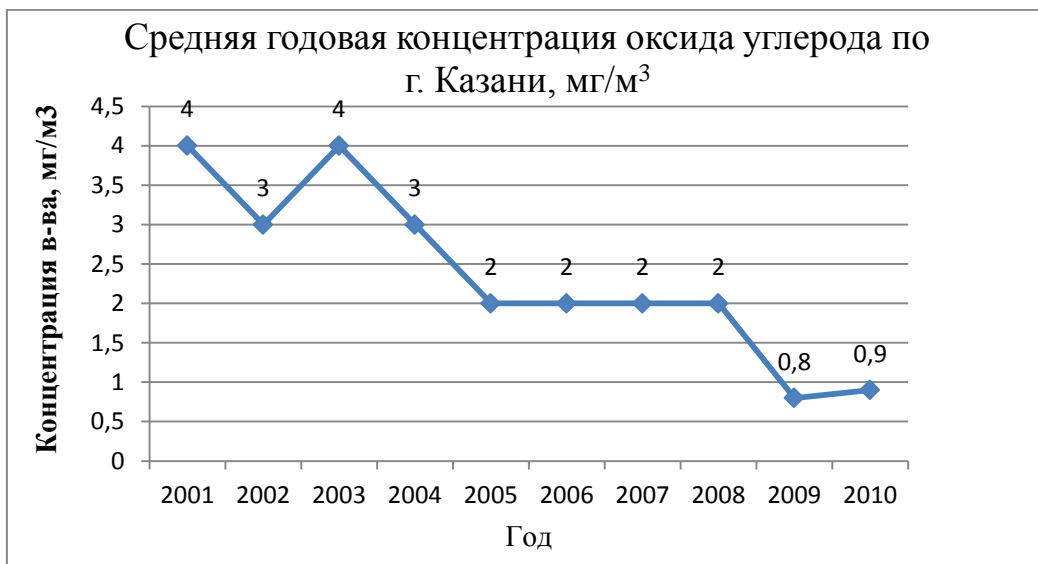


График №6.



График №7.



График №8.



По данным наблюдений за состоянием воздушного бассейна, осуществляемых ГУ «УГМС РТ», уровень загрязнения атмосферного воздуха в 2008 г. в г. Казани характеризовался как «высокий».

В 2008 г. было зафиксировано 1206 случаев превышения ПДКм.р., из них: по взвешенным веществам – 172 превышения, по диоксиду серы – 4, по оксиду углерода – 144, , по оксиду азота – 4, по формальдегиду – 176 превышений.

Необходимо отметить, что, по данным ГУ «УГМС РТ», в последние годы наблюдается тенденция роста коэффициента самоочищения атмосферы

в г. Казань. Значение коэффициента самоочищения атмосферы возросло от 0,75 в 2001 г. до 1,01 в 2008 г. Это означает, что с каждым годом метеорологические условия становятся все менее благоприятными для рассеивания ЗВ в атмосферном воздухе, увеличивается число дней со слабыми ветрами и туманами, уменьшается количество дней с сильными ветрами и осадками.

Таким образом, вклад метеорологических условий в формирование «высокого» уровня загрязнения г. Казань весьма существен.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в г. Казани (72,4% выбросов) являются: ОАО «Казаньоргсинтез» (13,722 тыс. т), ТЭЦ – 1 (3,156 тыс. т), ТЭЦ – 3 (2,245 тыс. т), ТЭЦ – 2 (1,439 тыс.т), ООО «Казанский комбинат силикатных стеновых материалов» (1,529 тыс.т), МУП ПО «Казэнерго» (1,422 тыс. т). Государственная статистическая отчетность 2-тп (воздух) представлена 306 предприятиями (в 2007 г. – 218). На предприятиях за 2008 г. учтено 11600 стационарных источников выбросов (в 2007 г. – 10507), из них оснащенных ГОУ – 1748.

Уровень загрязнения атмосферы в г. Казани в 2009 г. характеризовался как «высокий». Средние годовые концентрации превышали предельно допустимые концентрации (ПДК) по 3 ЗВ: по бенз(а)пирену в 2,3 раза, диоксиду азота и формальдегиду - в 2,3 раза. Кроме того, средняя годовая концентрация диоксида азота в 2,2 раза превышала среднюю концентрацию в целом по городам России.

Содержание взвешенных веществ в атмосферном воздухе по сравнению с 2008 г. не изменилось. Средняя годовая концентрация составила 0,1 мг/м³ (0,7 ПДК). Максимальная разовая концентрация составила 1,7 мг/м³ (3,4 ПДК_{м р}).

Средняя годовая концентрация диоксида серы в атмосфере по сравнению с 2008 г. снизилась и составила 0,001 мг/м³ (0,02 ПДК_{м р}). Максимальная разовая концентрация зарегистрирована на уровне 0,02 мг/м³ (0,04 ПДК_{м р}).

Среднее годовое содержание оксида углерода по сравнению с 2008 г. снизилось и составляло 0,8 мг/м³ (0,27 ПДК). Максимальная разовая концентрация составила 24 мг/м³ (4,8 ПДКм).

Содержание диоксида азота в атмосферном воздухе по сравнению с 2008 г. возросло. Средняя годовая концентрация составила 0,09 мг/м³ (2,25 ПДК). Максимальная разовая концентрация зарегистрирована на уровне 1,06 мг/м³ (5,3 ПДКм).

Среднее годовое содержание оксида азота по сравнению с 2008 г. снизилось и составило 0,01 мг/м³ (0,17 ПДК). Максимальная разовая концентрация возрасла и составила 0,19 мг/м³ (0,48 ПДКмр).

Среднее годовое содержание сероводорода в атмосферном воздухе снизилось и составило 0,0003 мг/м³. Максимальная разовая концентрация зарегистрирована на уровне 0,01 мг/м³ (1,25ПДКмр).

Среднее годовое содержание фенола по сравнению с 2008 г. снизилось и составило 0,001 мг/м³ (0,33 ПДК). Максимальная разовая концентрация составила 0,008 мг/м³ (0,8 ЦДКм).

Загрязнение атмосферного воздуха формальдегидом также снизилось по сравнению с 2008 г. Средняя годовая концентрация составила 0,007 мг/м³ (2,33 ПДК). Максимальная разовая концентрация зарегистрирована на уровне 0,95 мг/м³ (27,14 ПДКмр) [6].

Содержание бенз(а)пирена в атмосферном воздухе по сравнению с 2008 г. несколько увеличилось. Средняя годовая концентрация составила 2,3 ПДК

Случаев высокого (ВЗ) и экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) воздуха в 2009 г. не наблюдалось.

В течение 2009 г. в Казани было зафиксировано 1336 случаев превышения ПДКм.р., в том числе 4 случая превышений 5 ПДК и 2 случая превышения 10 ПДК, из них:

- по взвешенным веществам - 131 превышение;
- по оксиду углерода - 38 превышений;
- по диоксиду азота - 797 превышений;

- по сероводороду - 3 превышения;
- по аммиаку - 100 превышений;
- по формальдегиду - 267 превышений [7].

Рост уровня загрязнения атмосферы в 2010 г. по сравнению с предыдущими годами связан со значительным влиянием метеорологических условий в летний период: аномально жаркая погода и лесные пожары способствовали накоплению вредных примесей в атмосфере в течение длительно периода. Среднегодовые концентрации в 2010 г. превышали предельно допустимые концентрации (ПДК) по 3 загрязняющим веществам в Казани по бенз(а)пирену в 2,4 раза, диоксиду азота в 2,0 раза, формальдегиду в 3,0 раза. По данным систематических наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха в г. Казань на стационарном посту № 4 (Горьковское шоссе, 2) зафиксировано три случая высокого загрязнения (ВЗ) формальдегидом: 23.06.2010 в 13.00 часов концентрация формальдегида составила 0,457 мг/м³ (13,1 ПДКм.р.), 19.07.2010 в 01.00 часов – 0,390 мг/м³ (11,1 ПДКм.р.) 12.08.2010 в 13.00 часов – 0,447 мг/м³ (12,8 ПДКм.р.). В 2009 г. было отмечено 2 случая ВЗ формальдегидом в г. Казань. В течение 2010 г. в Казани было зафиксировано 1311 (2009 г. – 1336) случаев превышения ПДКм.р., в том числе 20 случаев превышений 5 ПДКм.р., из них: - по взвешенным веществам – 160 превышение;

- по оксиду углерода – 50 превышений;
- по диоксиду азота – 620 превышений;
- по аммиаку – 161 превышение;
- по формальдегиду – 320 превышений.

В 2010 г. в г. Казань отмечено 80 дней с неблагоприятными метеоусловиями для рассеивания вредных примесей в атмосферном воздухе, в г. Наб. Челны - 85 дней, в г. Нижнекамске - 87 дней. Для сравнения, в 2009 г. в среднем было 100 дней, в 2008 г. - 140 дней. Меньшее число дней с неблагоприятными метеоусловиями в 2010 г. связано с преобладанием в

весенний, зимний и осенний периоды года циклонических процессов с прохождением атмосферных фронтов и сменой воздушных масс [8].

По климатическим особенностям 2010 год характеризуется как год с аномально жарким летом. Уже в мае температура в среднем по РТ превышала норму на 4 градуса, как и в июне. А в июле было на 5-6 градусов выше нормы. За весь период метеонаблюдений ничего подобного не отмечалось. В апреле, когда началась посевная, установилась засушливая погода. С тех пор за 4 месяца в среднем по РТ выпало только около 50мм осадков (норма 200 мм) [8].

Атмосферные осадки являются важным фактором самоочищения атмосферы от ЗВ, влажные выпадения которых позволяют оценить нагрузку на ОС. Кроме того, атмосферные осадки позволяют выполнить оценку круговорота ЗВ в ОС. Важность мониторинга ЗВ, поступающих из атмосферы, определяется тем, что возможные последствия для ОС включают в себя неблагоприятное воздействие на здоровье населения, закисление поверхностных вод с последующим снижением численности популяции рыб, закисление и эрозию почв, сокращение продуктивности лесов, коррозию промышленных материалов, разрушение культурных ценностей и ухудшение прозрачности атмосферы. Загрязняющие атмосферу вещества достигают поверхности земли благодаря различным процессам, но основной путь - атмосферные осадки [7].

Глава 3. Результаты исследования и оценка состояния сосны обыкновенной

В ходе исследований были получены данные на 7 участках, где имелись насаждения сосны обыкновенной в городе и близлежащем к Казани Пестречинском районе. Все точки отбора проб находились на равном расстоянии от автомобильной трассы (20 м). Участки отбора проб отмечены на карте

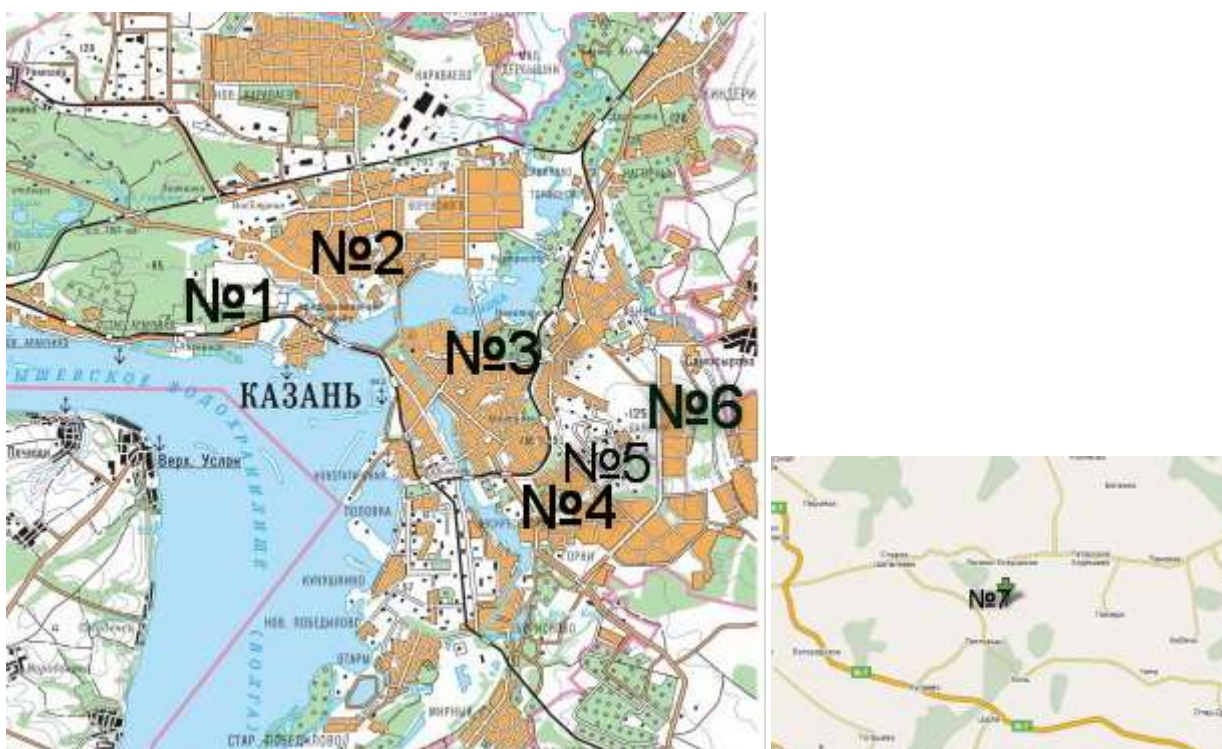


Рис.2 Участки исследования

Участок №1 – парк Петрова

Участок №2 – ДК Химиков

Участок №3 – парк Горького.

Участок №4 – МКДЦ

Участок №5 – №18 Городская больница

Участок №6 – Ноксинский спуск

Участок №7 – Пестречинский район (в 38 км от города Казани).

При исследовании измерялась длина и ширина хвои. Было выяснено, что ширина всех хвоинок одинакова и равняется 20 мм, а длина варьирует в

зависимости от различных факторов.

На отобранных пробах хвои определяли степень выраженности хлорозов и некрозов. Хлорозы - это пожелтения, являющиеся участками, где происходит либо разрушение либо недостаточное образование хлорофилла в клетках фотосинтезирующей ткани листа. Некрозы – это участки хвои с омертвевшими участками мезофилла листа. Кроме того, определяли степень выраженности дефолиации на побегах. Все эти характеристики дают объективную картину состояния растений на изучаемых участках.

Данные сводились в таблицы (приложение №1, №2), на их основе составляли графики и диаграммы.

Таблица №2.

Показатели средней арифметической длины хвои

	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Хвоя 2009 года	71,7±2×4,1	73,5±2×6	69,5±2×2	60,7±2×3,8 5	70±2×2	79,3±2×4,7	61,2±2×4,2
Хвоя 2010 года	54,8±2×3,2	54,6±2×4	55±2×2,4	51,5±2×1,0 4	54,1±2×2,6	57,5±2×5,4	62,8±2×4,9
Хвоя 2011 года	67±2×2,3	63,7±2×5,1	70±2×8,6	64±2×1,7	73,7±2×3,1	72,2±2×4,4	76±2×4,3

Диаграмма №1

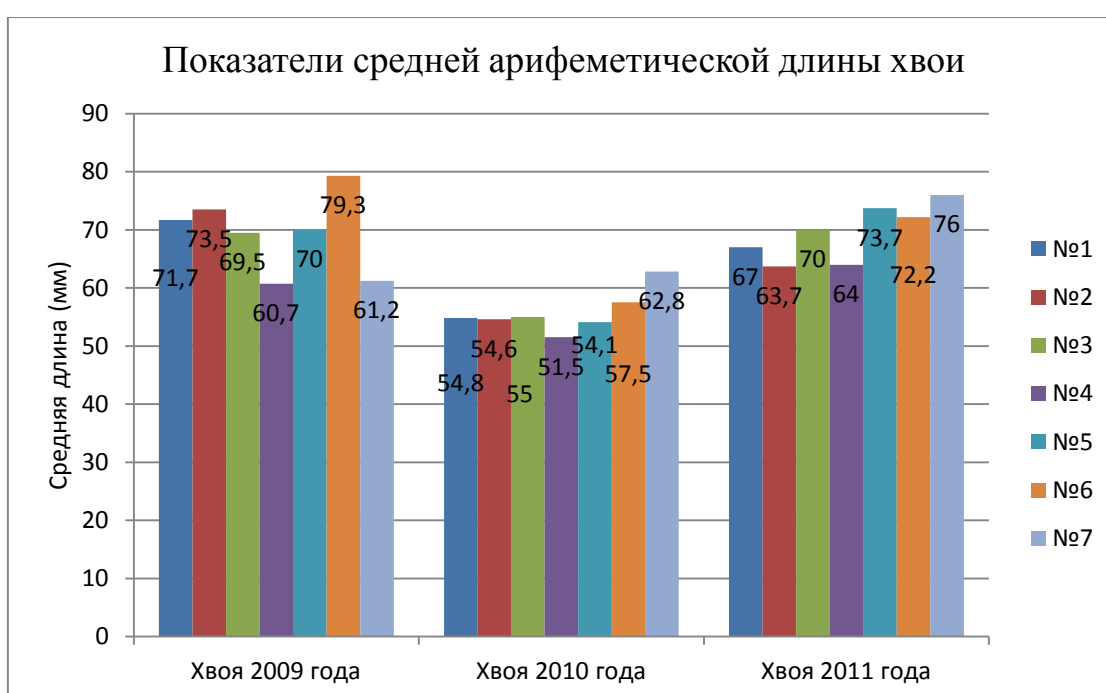


Таблица №2.

Показатели средней арифметической длины побегов

	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Побеги 2008 г.	181±2×19,4	171±2×18,4	183±2×16	169±2×1,9	183±2×15,6	185±2×23,2	168,3±2×26,7
Побеги 2009 г.	134±2×12,7	140±2×15,5	153±2×17,4	140±2×1,14	153±2×12,4	144±2×10,4	133±2×16,5
Побеги 2010 г.	91±2×10,6	88±2×14	100±2×9,8	91,6±2×1,22	103±2×8,8	100±2×11,4	94±2×18
Побеги 2011 г.	94±2×11,6	84±2×10,4	98±2×10,6	85±2×1,3	99±2×14	96±2×12,8	95±2×15,5

Диаграмма №2

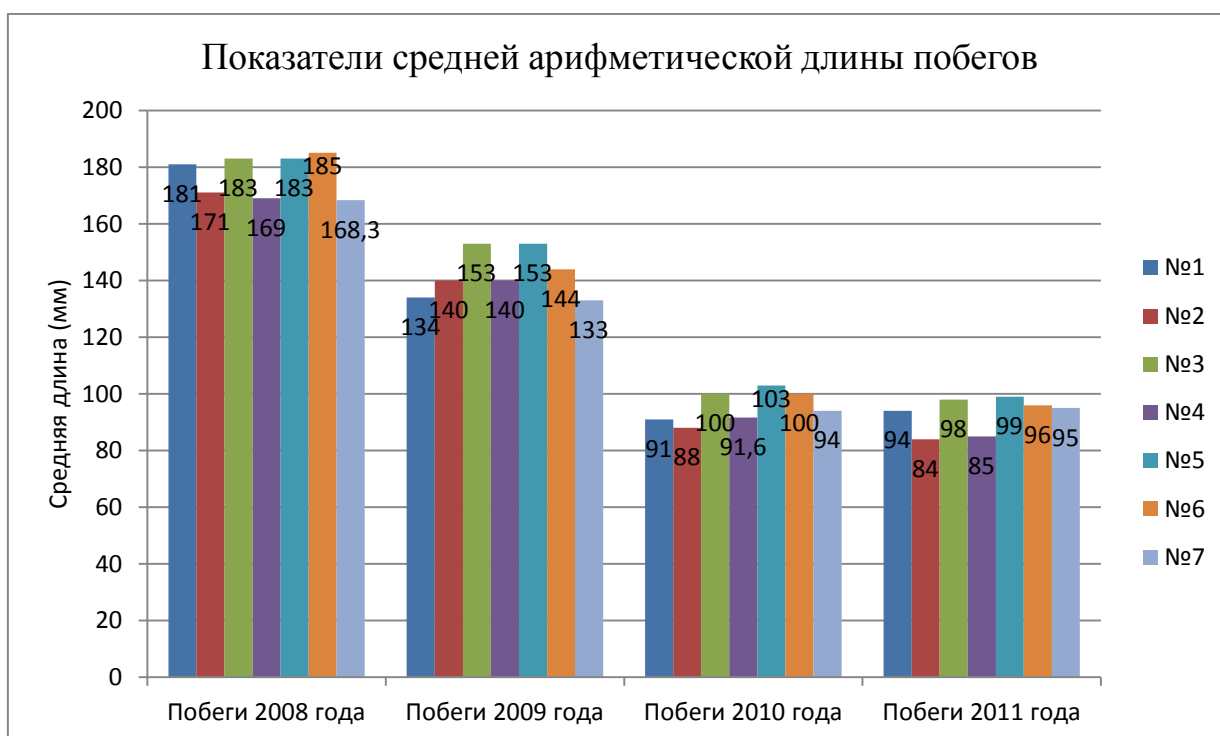


Таблица №3.

Стандартное отклонение и ошибка выборочной средней длины хвои

№ Участ ка	Однолетний побег					Двухлетний побег					Трехлетний побег				
	М	S	Интервал	m	Интервал	М	S	Интервал	m	Интервал	М	S	Интервал	m	Интервал
№1	67	2,3	62,4-71,6	0,4	66,18-67,82	54,2	3,2	48,4-61,8	0,64	53,5-56,1	71,7	4,1	63,5-79,9	0,8	70,6-73,34
№2	63,7	5,1	53,5-74	1	61,65-66,75	54,6	4	46,6-62,6	0,7	53,17-56,03	73,5	6	61,5-85,5	1	71,5-75,5
№3	70	8,6	52,7-87,3	1,6	66,72-73,28	55	2,4	66,3-74,7	0,5	50,92-59,08	69	2	65-73	0,4	68,2-69,8
№4	60,7	1,7	57,3-64,1	0,3	60-61,3	51,5	1,04	49,4-53,6	0,21	51,9-51,07	64	3,85	56,3-71,7	0,77	62,4-65,7
№5	73,7	3,1	67,5-79,9	0,6	72,47-74,93	54,1	2,6	48,9-59,3	0,5	53,08-55,12	70	2	66-74	0,4	69,18-70,82
№6	72,3	4,4	63,5-81,1	0,87	70,5-74,08	57	5,4	46,2-67,8	1,1	54,7-59,3	79,3	4,7	69,9-88,7	0,9	77,5-81,1
№7	76	4,3	67,4-84,6	0,4	75,2-76,8	62,8	4,9	53-72,6	0,5	61,8-63,8	61,2	4,2	52,8-69,6	0,4	60,4-62

М – Среднее арифметическое

S – Стандартное отклонение

m – Ошибка выборочной средней.

Таблица №4.

Стандартное отклонение и ошибка выборочной средней длины побега

№ Участка	Однолетний побег					Двухлетний побег					Трехлетний побег					Четырехлетний побег				
	М	S	Интервал	m	Интервал	М	S	Интервал	m	Интервал	М	S	Интервал	m	Интервал	М	S	Интервал	m	Интервал
№1	94	11,6	70,8 - 96,8	2,1	89,7-98,3	91	10,6	69,8-112	1,9	87,1-94,9	134	12,7	108,6-159,6	2,3	129,3-138,6	181	19,4	142,2 - 219,8	3,5	174-188
№2	84	10,4	63,2 - 104,8	1,9	80,1-87,9	88	14	60-116	2,5	82,9-93,1	140	15,5	109-171	2,8	134-145,7	171	18,4	134,2 - 207,8	3,3	164,2-177,8
№3	98	10,6	76,8 - 119,2	1,9	94,1-101,9	100	9,8	80,4-119,6	1,8	96,3-103,7	153	17,4	118,2-187,8	3,2	146,4-159,6	183	16	151-215	2,9	177,1-188,9
№4	85	1,3	82,4 - 87,6	0,2	84,6-85,4	91,6	1,22	89,2-94	0,2	91,2-92	140	1,14	137,7-142,2	0,2	139,6-140,4	169	1,9	165,2 - 172,8	0,3	168,4-169,6
№5	99	14	71-127	2,5	93,9-104,1	103	8,8	85,4-120,6	1,6	99,7-106,3	153	12,4	128,2-177,8	2,3	148,3-157,7	183	15,6	151,8 - 214,2	2,8	177,3-188,7
№6	96	12,8	70,4 - 121,6	2,3	91,3-100,7	100	11,4	77,2-111,4	2,1	95,7-104,3	144	10,4	123,2-164,8	1,9	140,1-147,9	185	23,2	138,6 - 231,4	4,2	176,4-193,6
№7	95	15,5	64-126	1,6	91,7-98,3	94	18	58-130	1,8	90,3-97,7	133	16,5	100-166	1,7	129,5-136,5	168,3	26,7	114,9 - 221,7	2,7	162,8-173,8

М – Среднее арифметическое. S – Стандартное отклонения. m – Ошибка выборочной средней.

Таблица №5.

Показатели хлорозов и некрозов хвои однолетних побегов (в%)

	Н,1	Н,2	Н,3	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Хл,4
№1	97,9	2,1		97,4	2,6		
№2	96,5	3,4	0,1	97,4	2,6		
№3	98,3	1,7		98,1	1,9		
№4	95,6	3,5	0,9	97	2,1	0,9	
№5	96,7	3,3		96,5	3,5		
№6	98,6	1,4		98,5	1,5		
№7	99,2	0,8		98,7	1,3		

Диаграмма №3.

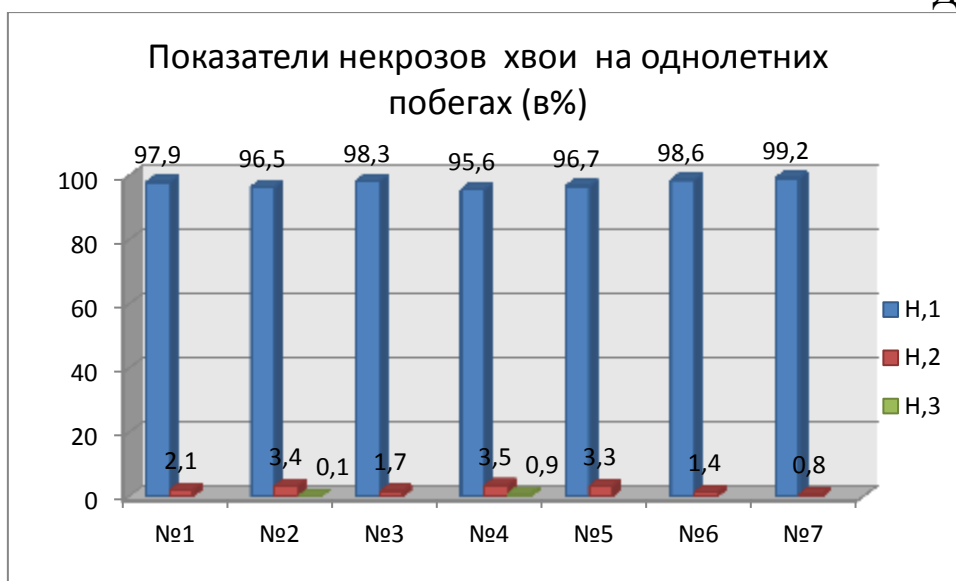


Диаграмма №4.

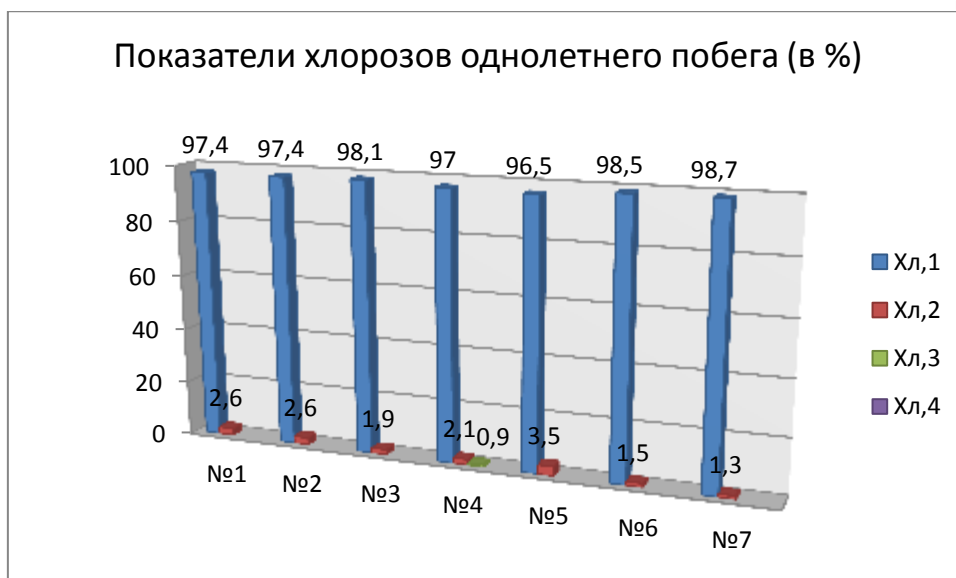


Таблица №6.

Показатели хлорозов и некрозов хвои двулетних побегов (в%)

	Н,1	Н,2	Н,3	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Хл,4
№1	60,4	36,5	3,1	57,2	38,8	1,3	2,7
№2	58,8	40	1,2	46,7	44,3	4,6	4,4
№3	63,2	35,7	1,1	60,5	36,3	1,9	1,3
№4	55	41	4	34,9	49,2	7	8,9
№5	61,3	37,8	0,9	59,9	38	1,5	0,6
№6	69,3	30	0,7	62,9	36,3	0,3	0,5
№7	72,2	27,4	0,4	68,5	31,1	1	1

Диаграмма №5.

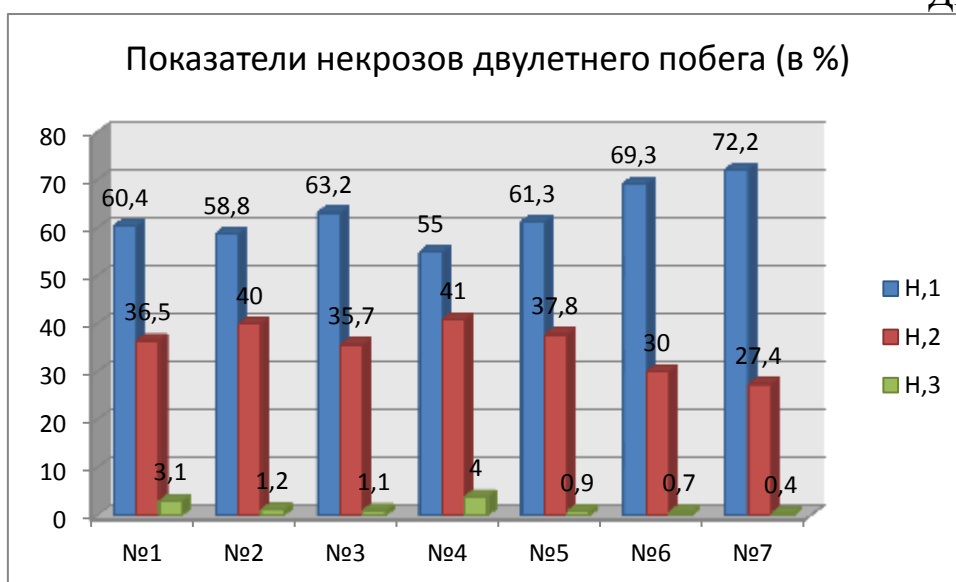


Диаграмма №6.

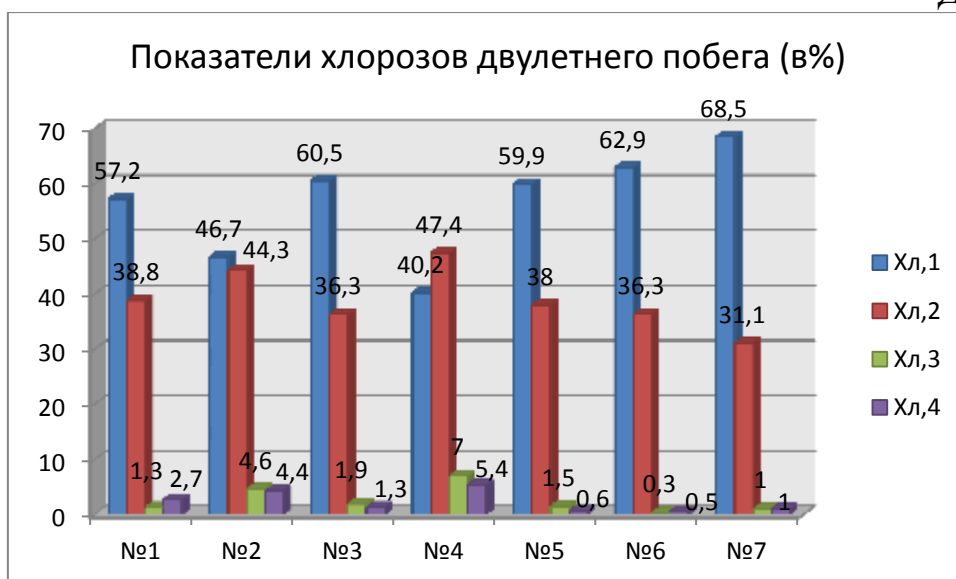


Таблица №7.

Показатели хлорозов и некрозов хвои трехлетних побегов (в%)

	Н,1	Н,2	Н,3	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Хл,4
№1	41,1	53,5	5,4	38,2	47	2,5	12,3
№2	43,1	50,8	6,1	39,8	43,4	4,4	12,4
№3	45,1	50,2	4,7	40,8	47,9	5,5	5,8
№4	28,6	62,4	9	27,4	48,8	8,5	15,3
№5	38,6	57,5	3,9	39,3	49,4	4,6	6,7
№6	46,4	47,9	5,7	44,5	50,4	3,9	1,2
№7	62,2	36,7	1,1	63,5	34,2	1	1,3

Диаграмма №7.

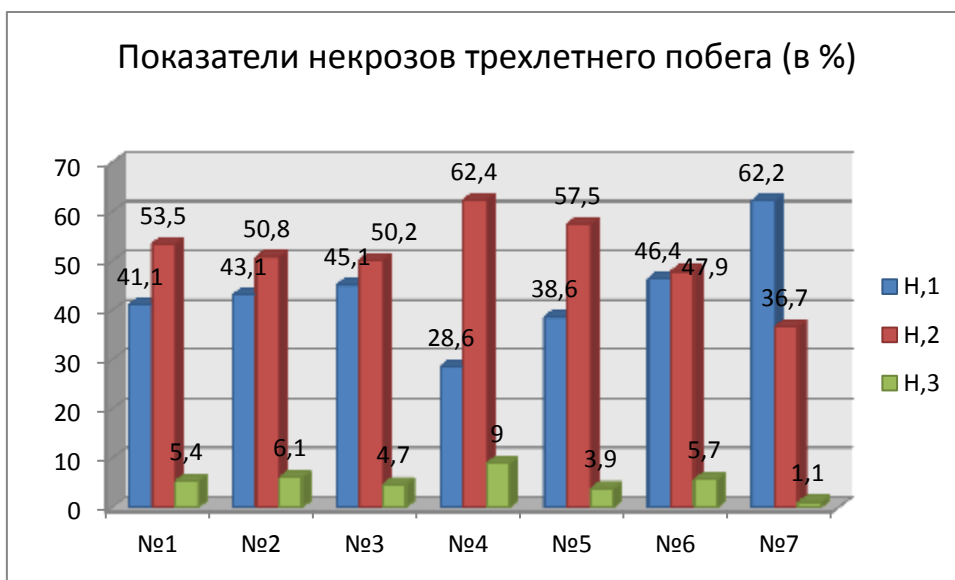
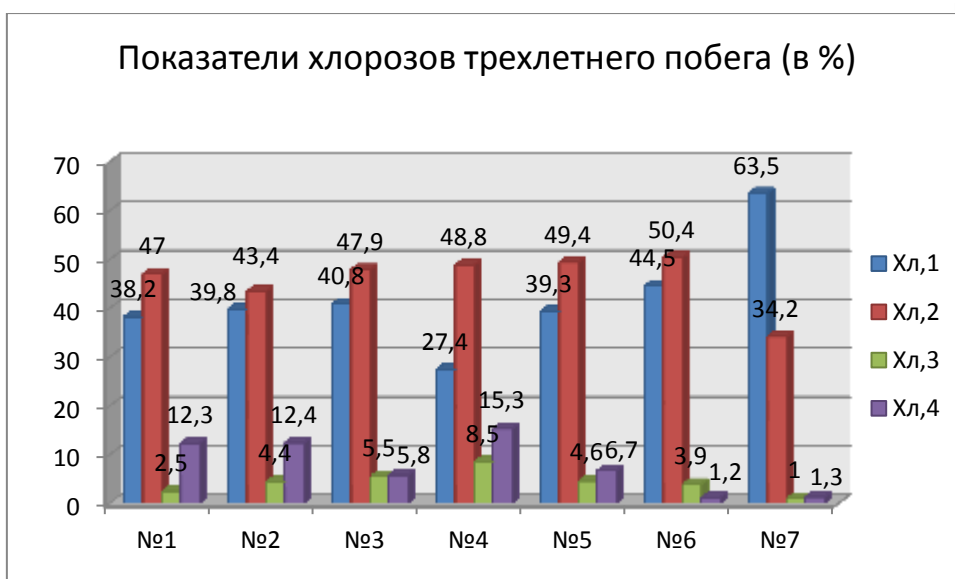
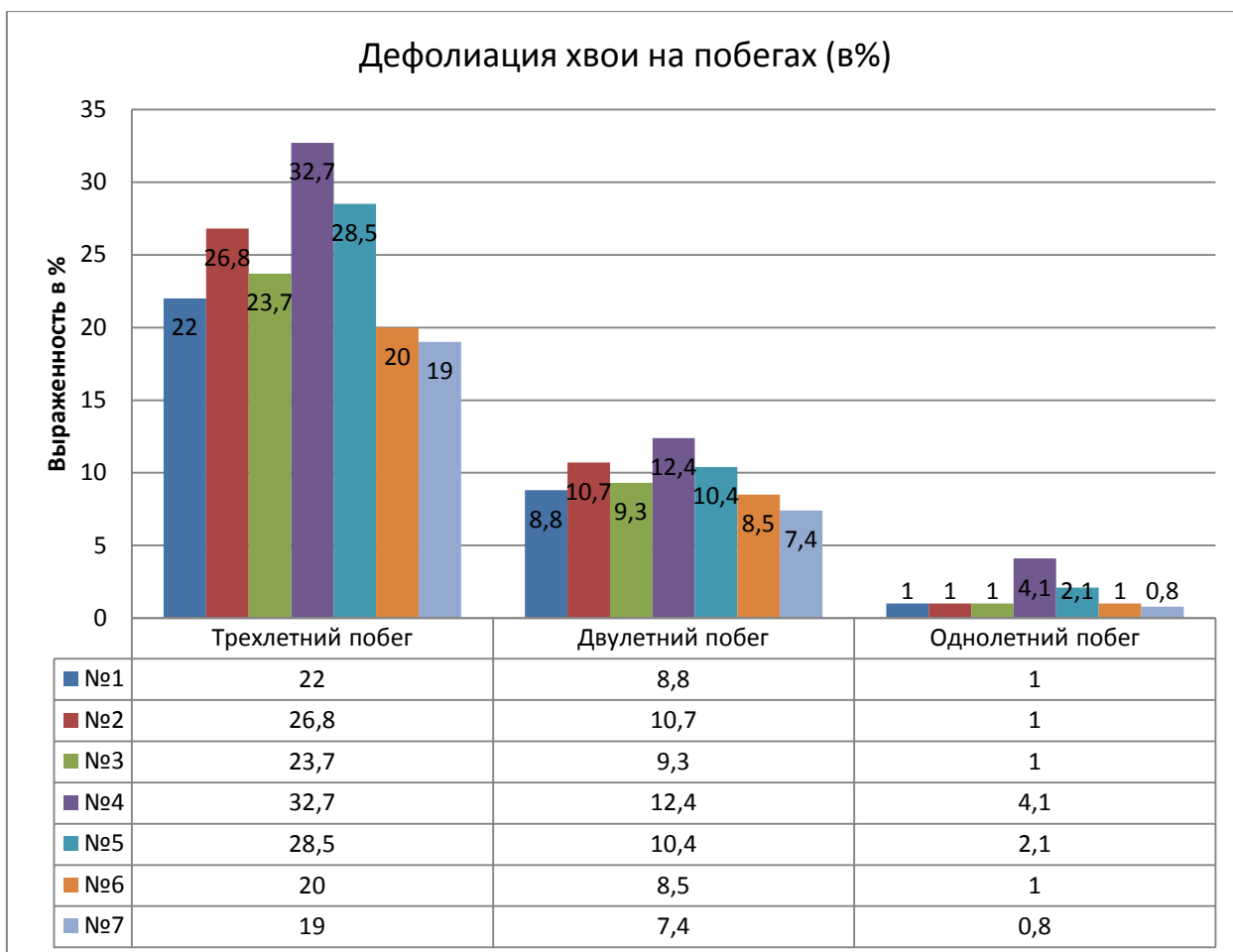


Диаграмма №8.





Проанализировав данные полученные на участках исследования можно сказать, что степень загрязнения атмосферного воздуха в городе отличается от пригородной зоны. Этому свидетельствуют показатели выраженности хлорозов и некрозов и степень дефолиации.

При анализе данных хвои на побегах 2011 года четко выделяется преобладание хлорозов и некрозов 1-х групп, т.е. повреждения и усыхания практически отсутствуют, 90 % хвои на всех участках не имеет видимых повреждений. Некрозы 3 класса (повреждения по всей длине), хлорозов 3 класса и 4 класса (полное усыхание) встречаются в небольшом количестве на участках №4 (МКДЦ) -0,9%, №2 (ДК Химиков) -0,1%. Хлорозы 3 класса имеются на участке №4 -0,9%. Хвоя за первый год жизни еще не накопила повреждающее количество загрязняющих веществ, но в участке около МКДЦ уже отмечены незначительно некрозы и хлорозы, что говорит о высокой степени загрязнения воздуха в данной точке.

Хвоя на побегах 2010 года имеет некрозы 1 класса до 60%, наибольшие показатели определены на участке №7 (Пестречинский район) - 72,2%, наименьшие - на участке №4 (МКДЦ) -55%. Значения хлорозов 1 и 2 классов достаточно сходные. Хвоя двухлетних побегов имеет некрозы 3 класса. Хлорозы 3 класса составляют довольно высокий процент по бонитентным классам. Хлорозы 4 класса обнаружены на участке №4-8,9%.

При рассмотрении показателей хвои 2009 года, хлорозы и некрозы 1 и 2 классов выравниваются. Среди некрозов 1 класса наибольший показатель участок №7 (Пестречинский район), наименьший участок №4 (МКДЦ), соответственно некрозы 2 класса на участке №4-62,4% высокие значения, а низкие на участке №7-36,7%. Некрозы 3 класса – наименьший показатель участок №7-1,1%, наибольший участок №4-9%. Хлорозы 1 класса наибольший показатель №7-63,5%, наименьший №4-27,4%. Хлорозы 2 класса также на участке №7-34,2%, участок №4-49,2%. Хлорозы 3 и 4 класса наименьшие показатели на участке №7, наибольший на участке №4-15,3%.

Хлорозы – лишение хвои зеленой окраски, т.е. разрушение хлорофилла и некрозы – отмирание хвои – приводит к опадению хвои, к дефолиации. На трехлетних побегах дефолиация во всех участках составляет примерно около 20% из 100%, а на участке №4 (МКДЦ) до 47%. На двухлетних побегах около 10%, на участке №4-15,6%. На однолетних побегах значения дефолиации – около 1%, только на участках №4 (МКДЦ) -5,6%, №5(№18 городская больница) -2,1%.

Исходя из всех данных, можно сделать вывод, что наиболее пораженной является хвоя на трехлетних побегах.

При рассмотрении длины хвоинок и побегов была проведена статистическая обработка данных. В ходе этой обработки строились вариационные ряды, вычислялись средние арифметические показатели, стандартное отклонение, ошибка стандартного отклонения.

В построении вариационных рядов проявлялось следующее: на всех участках выделяются как нормальное распределение значений, также отклонения от нормы. Отклонения длины хвои от нормы отмечено на побегах 2010 года – участок №1 (парк Петрова). В длине побегов 2011 года проявляются на участках №2 (ДК Химиков), №4 (МКДЦ), побегах 2010 года №1(парк Петрова) ,№2 (ДК Химиков), побегов 2009 года – участок №4(МКДЦ), побегов 2008 года – участки №1 (парк Петрова) ,№4 (МКДЦ), №5 (№18 городская больница). Исходя из выше перечисленных данных можно отметить, что вариация значений довольно значительна. Разность значений вариаций характеризуют то, что на растения влияют различные факторы, как антропогенные, так и климатические (влажность, температура).

В ходе статистической обработки данных были получены средние значения показателей. По показателям средней длины хвои наименьшие значения оказались на двухлетних побегах. Учитывая, что эти побеги 2010 года, можно отметить, что причиной таких низких значений является засуха в летний период (наименьшие показатели июля - 21 мм осадков), происходило иссушение почв, тем самым торможение роста хвои. Наименьшие показатели

на участке №4 (МКДЦ) -45,6мм, наивысшие участок №7 (Пестречинский район) -76 мм, показатели остальных участков достаточно однородны и варьируют от 53 до 57 мм. Длина хвои 2011 и 2009 годов более сходна между собой. Наибольшие значения длины хвои 2011 года на участке №7 (Пестречинский район) -76 мм, наименьшие - на участке №2 (ДК Химиков) -63,7 мм, также достаточно высокие показатели на участках №6 (Ноксинский спуск) -72,2 мм, №3 (парк Горького) -70 мм. Показатели хвои 2009 года более разбросаны. Наименьшие значения на участке №4 (МКДЦ) -57,9мм, наибольшие на участке №6 (Ноксинский спуск) -79,3мм. Этому могут содействовать климатические факторы, т.е. наличие особого микроклимата города, также влияние рельефа, участок №6- находится в пониженной части (спуск к реке Нокса), участок №4 – более повышенный. Необходимо учитывать и антропогенный фактор, высокая плотность автотранспорта на дорогах ведет к увеличению загрязняющих веществ, которые могут способствовать не только проявлению хлорозов и некрозов, как мы это наблюдали при рассмотрении проб хвои, но и приводить к замедлению роста растения.

По показателям средней длины побегов наименьшие значения отмечены у побегов 2011 и 2010 года, наибольшие у 2009 и 2008 года. Наименьшая длина побегов 2011 года отмечена на участке №4 (МКДЦ), наибольшая – на участке №5 (№18 городская больница) и №3 (парк Горького), 99 и 98мм соответственно. Средняя длина побегов 2010 года превышает 100мм, в отличие от побегов 2011 года, наименьшие показатели в участке №4(МКДЦ) -91,6мм. Наименьшие показатели побегов 2009 года отмечены на участках №1,№7 и составляют 133, 134 мм, наивысшие показатели на участках №3 (парк Горького) и №5 (№18 городская больница) -153 мм. Показатели побегов 2008 года в основном сходные, достаточно высокие показатели в участках №5 (№18 городская больница), 1 (парк Петрова), 3 (парк Горького) свыше 180 мм, наименьшие в участках №4 (МКДЦ), 7 (Пестречинский район) около 170 мм. Для выявления

достоверности данных необходимо вычисление также нескольких функций, это стандартное отклонение и ошибка выборочных данных. После их вычисления можно вычислять ошибку выборочной средней.

В ходе анализа данных можно отметить, что наиболее низкие показатели как длины побегов и хвои, так и хлорозов и некрозов с выраженностью дефолиации на участке №4 (МКДЦ). На остальных участках показатели более сходные, от них отличается участок №7 (Пестречинский район), меньше выражается на хвое хлорозов и некрозов, а вот длина хвои варьирует по годовым приростам. Например, длина хвои трехлетнего побега всего лишь 61,2 мм, в отличие от наибольшего показателя – 79,3мм, а вот на однолетних побегах превышает показатели всех остальных участков – 76 мм. Причиной данных показателей может способствовать разное увлажнение территорий.

Участок №7 имеет самые лучшие показания по хлорозам и некрозам. На однолетних и двулетних побегах преобладают некрозы и хлорозы 1-х классов и составляют около 98%, это означает, что видимых серьезных повреждений хвои нет. На трехлетних побегах показатели лучше по сравнению с другими участками, хлорозы 4 класса составляют всего лишь 1%, когда как хвоя на остальных участках имеет повреждения более 10%. Сохранность хвои означает, что дефолиация имеет меньшую степень проявления. На трехлетних побегах дефолиация составляет 19%, на двулетних - 7,4, на однолетних - 0,8% .

Глава4. Применение метода биоиндикации с использованием сосны обыкновенной в научно-исследовательских работах школьников

На данном этапе состояние образования в России все острее обозначается проблема применения знаний. Учащиеся заканчивающие наши школы насыщены различными знаниями, при этом совершенно не умеют их применять на практике. Отсюда все большее значение приобретает направление, предусматривающее участие школьников в научно-исследовательской и научно-практической деятельности. Именно это направление и формирует у учащихся умение и навыки практического применения теоретических знаний. Как ничто другое развивает мышление, логику, учит постановке целей, задач и поиску способов их достижения, с освоением различных методов. Все это приобретается на основе собственного опыта, что приводит к более глубокому осмыслению.

Понимая преимущество такого подхода к обучению все больше учителей, педагогов обращаются к нему. Но желания не всегда совпадают с возможностями. Часто оказывается, что сам учитель в курсе своей подготовки не совсем освоил методы научно-исследовательской работы. Как следствие он испытывает определенные трудности с постановкой ее с учащимися.

Как не парадоксально, но первым камнем преткновения в большинстве случаев является выбор темы исследования. Но это на первый взгляд, любой исследователь и опытный методист скажет, что в исследовательской работе выбор и формулировка темы и цели работы может занимать до четверти времени затрачиваемой на всю исследовательскую работу. Трудность этого этапа скрыта в ожидаемой перспективности исследований. Умение найти актуальную, т.е. наименее изученную тему, доступно не каждому и предполагает значительные затраты труда и времени при работе с литературой по данной проблеме. Вторым сложным моментом для руководителя является выбор методического обеспечения, не всегда

доступного и часто не адаптированного к ученическому уровню. Для того чтобы работа действительно представляла научный интерес, она должна быть выполнена по общепринятым методикам. Только тогда она сопоставляется с подобными работами и может быть в любой момент проверена. В другом случае возникает необходимость разработки собственной методики, а это трудоемкий процесс.

Исследовательская деятельность школьников, их непосредственное общение с природой, - является надежным способом приобретения экологического сознания и экологических знаний.

Экологический образовательный процесс предполагает выполнение в большей степени самостоятельной научно-исследовательской работы. Основная задача таких исследований - показать учащимся единство биосферы, как глобальной экологической системы, и последствия её нарушения при потребительском отношении человека к природе. Анализируя результаты таких исследований, учащиеся получают достоверную информацию об экологическом состоянии района исследования.

Выполняя исследовательскую работу экологической направленности, ученики совершенствуют свои знания, развивают умения, связанные с научным поиском, учатся оценивать экологическую ситуацию в реальных условиях, выявляют причинно-следственные связи экологических явлений и процессов.

Одним из видов исследовательской деятельности школьников, включающим системные, комплексные исследования, является школьный экологический мониторинг, который вводится в практику работы школ лишь в последние годы.

Школьный экологический мониторинг - это часть системы экологического образования, предназначенная для формирования экологических знаний, умений, навыков и мировоззрения на базе практической деятельности, включающей программные наблюдения за состоянием окружающей среды своей местности.

Одним из способов школьного экологического мониторинга является биоиндикация.

Биоиндикация - оценка качества природной среды по состоянию её биоты.

Биоиндикатор - группа особей одного вида или сообщества, по наличию или по состоянию которых, а также по их поведению судят о естественных и антропогенных изменениях в среде.

В школьных практических исследованиях наиболее часто используют простые методы биоиндикации и доступные организмы-биоиндикаторы, например, лишайники и хвойные растения. Вопросы их изучения и использования затрагиваются в школьном курсе биологии с 6 по 10 классы.

Проанализировав методическую и педагогическую литературу, мы пришли к выводу, что для проведения биоиндикационных работ в школе в рамках элективных курсов по экологии, проведения внепрограммных экскурсий, работе над экологическими проектами в качестве древесного растения-биоиндикатора выступает сосна, так как это наиболее чувствительное дерево к загрязнению атмосферного воздуха.

Целью таких работ является определение степени загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы по внешним морфологическим показателям хвои сосны (оценивается длина хвои, масса хвоинок, площадь повреждений (некрозов), усыхание хвоинок). Хвоя выступает в роли регистрирующего биоиндикатора. При этом используются не инструментальные методы исследования, а простые описательные шкалы, с помощью которых сравнивают и фиксируют все изменения, наблюдаемые в естественных и искусственных природных комплексах в результате активного влияния антропогенного фактора.

Такой род деятельности учащихся неизбежно приводит к определению сферы научных интересов, раскрытию способностей школьников в процессе активного познания, то есть способствует формированию опыта исследовательской деятельности.

Заключение и выводы

Методы биоиндикации являются важными в проведение экологического мониторинга, в последнее время они получили широкое признание и распространённость. Какой бы современной ни была аппаратура для контроля загрязнения и определения вредных примесей в окружающей среде, она не может сравниться со сложно устроенным «живым прибором», реагирующим на те или иные изменения, отражающим воздействие всего комплекса факторов, включая сложные соединения различных ингредиентов.

Биоиндикацию можно определить как совокупность методов и критериев, предназначенных для поиска информативных компонентов экосистем, которые могли бы:

а) адекватно отражать уровень воздействия среды, включая комплексный характер загрязнения с учетом явлений синергизма действующих факторов;

б) диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ и оценивать их значимость для всей экосистемы в ближайшем и отдаленном будущем [1].

В качестве биоиндикатора окружающей среды нами была использована сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). В ходе работы определены участки исследований в г.Казани и пригородной зоне, в 38 км от Казани, в Пестречинском районе.

По результатам наших исследований были сделаны следующие выводы:

1. По данным статистической обработки показателей длин хвои и побегов выявляются отклонения от нормы в вариационных рядах, что объясняется тем, что размах изменчивости признака довольно велик. Однако наиболее часто встречается признак средней величины, а крайние отклонения редки. Более удачная благоприятная комбинация условий способствует наибольшему проявлению признака. В результате менее благоприятного

комплекса жизненных условий формируется признак ниже среднего уровня. Чаще всего возникают условия со средним выражением экологических факторов, что обуславливает наиболее частое среднее выражение признаков.

2. По показателям наличия хлорозов и некрозов на хвое, наиболее пораженной оказывается хвоя сосны обыкновенной на участке №4 (МКДЦ), наименее - на участке №7 (Пестречинский район).

3. Исходя из наших данных на исследованных участках наблюдается тенденция к уменьшению средней длины побегов с 2008 по 2011 годы, что объясняется влиянием комплекса различных факторов, ведущим среди которых явился фактор снижения количества осадков в летнее время.

4. По нашим данным, полученным методом фитоиндикации, действие загрязнения воздуха на индикационный вид сосну обыкновенную наиболее выражено около МКДЦ, что можно объяснить высоким потоком автомобильного транспорта.

5. Методы биоиндикации применимы в школьных научно-исследовательских работах, так не требует специального оборудования и доступны для понимания школьниками.

Список использованной литературы.

1. Алексеев, В.А Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / В.А Алексеев. – Л.: Наука. Ленинградское отделение. 1990. – 197 с. 1
2. Ашихмина Т. Я. Экологический мониторинг: Учебн. - методическое пособие / Т.Я. Ашихмина, Н.Б. Зубкина; под ред. Т.Я. Ашихминой - М.: Академический проект, 2005. - 205 с. 2
3. Буйволов, Ю.А. Методика оценки жизненного состояния леса по сосне / Ю.А. Буйволов, М.В. Кравченко, А.С. Боголюбов – М.: Экосистема, 1998. – 25 с. 3
4. Волкова П.А., Шипунов А.Б. Статистическая обработка данных в учебно-исследовательских работах. - М.: Экопресс, 2008. - 60 с.
5. Гордягин, А.Я. Растительность Татарской Республики/ А.Я. Гордягин// Географическое описание Татарской Республики. — Казань, Госиздат, 1921.-Ч. 1.-С. 143-222.
6. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Татарстан за 2007г. 4
7. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Татарстан за 2008 г. 5
8. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Татарстан за 2009 г. 6
9. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Татарстан за 2010 г. 7
10. Емельянов А. Г. Основы природопользования / А. Г. Емельянова. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 304 с 8
11. Израэль, Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. -- Л., 1984;
12. Калинин В.К., Иванов Г.М. Свинец в растениях Забайкалья/1997г.
13. Колобов Н.В. Климат города Казани / Под редакцией Н.В. Колобова – Казань 1976 г. 9

- 14.Криволицкий Д.А. Экологическое нормирование на примере радиоактивного загрязнения экосистем //Д.А. Криволицкий и др.// Методы биоиндикации окружающей среды в районах АЭС. - М.: Наука, 1988. - 145 с. 10
- 15.Левич А.П., Терехин А.Т. Метод расчета экологически допустимых уровней воздействия на экосистемы (метод ЭДУ) // Водные ресурсы. 1997. №3. С. 328-335.
- 16.Лемеза Н.А. Малый практикум по низшим растениям / Н.А. Лемеза, А.С. Шуканов. - Минск, 1994. - 94 с. 11
- 17.Матвеев А.Н., Самусенок В.П., Юрьев А.Л.Оценка воздействия на окружающую среду : учеб.пособие /. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. – 179 с.
- 18.Мелехова О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева; под ред. О.П. Мелеховой, Е.И. Егоровой. - М.: Издательский центр «Академия», 2007. - 288 с. 12
- 19.Миркин, Б.М., Наумова, Л.Г. Экология России. – М. : 1995. – 168 с.
- 20.Муравьев А.Г. Программа по экологическому образованию Экологический мониторинг, факультативный курс для 9-11 классов. – С.Пб. 1998.
- 21.Мэнниг У.Д. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений / У.Д.Мэнниг, У.А. Федер. - Л.: Гидрометеоиздат, 1985. - 156 с. 13
- 22.Николаев Л.А. Металлы в живых организмах / Л.А. Николаев. - М.: Просвещение, 1986. - 127 с. 14
- 23.Никонова С. Казань на старинных открытках. - М.: Светлячок, 1994. 15
- 24.Норышева Р.А. Влияние техногенеза на экосистемы // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона: Материалы

- международной научно - практической конф. — Омск: «Издат. дом «Наука», 2006. - С.86-90.
- 25.Норышева Р.А. Биоиндикация состояния окружающей среды // Сбор, науч. трудов аспирантов, соискателей и молодых учёных /отв. ред. доц. Е.С. Березина,- Тара: изд. ОмГАУ, 2006.- С.66-71.
- 26.Опекунова М. Г. Биоиндикация загрязнений/. Издательство: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2004 г 266 с
- 27.Полетаев П.И., Швецов М.М. Рациональное природопользование и охрана окружающей среды / П.И Полетаев. - М.: Знание, 1982. - 64 с. 16
- 28.Попова Т.А. Экология в школе. Мониторинг природной среды. Методическое пособие. М.: Творческий центр «Сфера», 2005.
- 29.Рянский Ф.Н. И экология, и экономика / Ф.Н. Рянский. - Благовещенск: АО Благ. кн.изд., 1990. - 160 с. 17
- 30.Соловых Г.Н. Биотехническое направление в решении экологических проблем / Г.Н. Соловых и др. - Екатеринбург: Ур. отд. РАН, 2003. - 178 с. 18
- 31.Степанов А. М. Методология биоиндикации и фоновый мониторинг экосистем суши // Экотоксикология и охрана природы : Тезисы докладов конференции. - Рига, 1988.
- 32.Ступишин А.В. Физико-географическое районирование Среднего Поволжья. 19
- 33.Федорова А.И. Биоиндикация состояния городской среды по реакциям древесных растений//Геоэкологические проблемы устойчивого развития городской среды. Воронеж: Изд-во Квадрат, 1996. - С.212-213.
- 34.Христофорова Н.К. Основы экологии: Учебное пособие / Н.К. Христофорова, К.В. Яновская. - Владивосток: Дальнаука, 1999. - 516 с.20
- 35.Цветкова Л.И. Экология: Учебник для технических вузов / Л.И. Цветкова.- М.: Химиздат, 2001. - 192 с. 21

- 36.Чекмарева О.В., Бондаренко Е.В./Комплексная оценка источников выбросов в атмосферный воздух: Методические указания к практическим занятиям. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. - 34 с.
- 37.Чукаева Н.В., Некоторые аспекты использования методик биоиндикации // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 8 – С. 78-79
- 38.Шуберт Р. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем/ ;Москва, издательство «Мир», 1988 г.
- 39.Языков Е.Г., Шатилов А.Ю. Геоэкологический мониторинг. Учебное пособие для вузов.- Томск: Изд-во 2003.-336 с.
- 40.Якунина И.В. , Попов Н.С. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: Учебное пособие. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. - 188 с.
- 41.Jager, E.J. Indikation von Luftverunreinigungen durch morphometrische Uulcrsucllungen an Hoheren Pflanzen. In: R. Schubert, J. Schuh (Hrsg.). Bioiu-dikalion, Teil 3, Wiss. Beitr. Martin-Lulher-Univ., HalleAVitlcnberg 1980.
- 42.[http//w.w.w.wikipedia.ru](http://w.w.w.wikipedia.ru)

Приложение.

Приложение №1

Показатели средней длины хвои и побегов

Участок №1 (парк Петрова)

Дерево 1.

	Хвоинки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ср.зн.	Побеги	Ср.зн. побегов
Побег 2011 года		6,2	6	5,8	6,1	6,1	6,4	5,9	6,3	6,1	6,1	6,1	10	12,5
Побег 2010 года		5,5	5,1	5,4	5,4	5	5,1	5,5	5,3	5,4	5,4	5,3	12	
Побег 2009 года		6,5	6,6	6,1	6,5	6,3	6,3	6,6	6,9	6,3	6,4	6,4	11	
Побег 2008 года		Отсутствуют											17	

Участок №2 (ДК Химиков)

	Хвоинки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ср.зн.	Побеги	Ср.зн. побегов
Однолетний побег		5,7	5,8	5,9	5,5	5,5	6	6,1	5,7	5,5	5,5	5,7	10	12,8
Двухлетний побег		6	5,1	5,1	4,8	4,9	4,9	5	5,2	5,5	5,1	5,1	11	
Трехлетний побег		7,5	7,6	7,7	7,7	6,8	6,7	7,2	7,7	7,5	7,5	7,3	13	
Четырехлетний побег		Отсутствуют											17	

Участок №3 (парк Горького)

	Хвоинки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ср.зн.	Побеги	Ср.зн. побегов
Однолетний побег		7,5	7,7	7,7	6,9	6,8	7,2	7,4	6,9	6,8	6,8	7,1	11	14
Двухлетний побег		5,5	5,2	5,1	5	5,3	5,5	5,5	5,2	5,5	5,1	5,2	12	
Трехлетний побег		6,2	6,4	6,6	6,8	6,7	6,5	7	6,5	6,3	6,2	6,5	15	
Четырехлетний побег		Отсутствуют											18	

Участок №4 (возле МКДЦ)

	Хвоинки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ср.зн.	Побеги	Ср.зн. побегов
Однолетний побег		6,7	6,5	6,7	6,7	6,7	6,5	6,8	6,7	6,8	6,8	6,6	6	10,5
Двулетний побег		4,1	4,2	4,2	4	5	3,9	4,8	4	3,9	3,8	4,1	8	
Трехлетний побег		4,7	5,1	5	5	5,3	4,8	5,2	5,5	4,9	4,8	5	12	
Четырехлетний побег		Отсутствуют											16	

Участок №5 (№18 городская больница)

	Хвоинки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ср.зн.	Побеги	Ср.зн. побегов
Однолетний побег		6,7	6,9	6,9	7,4	7,3	7,3	7,3	7,5	7,4	7	7,1	15	14,8
Двулетний побег		5,1	5,6	5,8	5,9	5,9	5,8	5,7	5,8	5,8	6	5,7	10	
Трехлетний побег		7,2	7,1	7,1	6,9	6,8	6,3	7,1	7	7,1	7,1	6,9	16	
Четырехлетний побег		Отсутствуют											18	

Участок №6 (Ноксинский спуск)

	Хвоинки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ср.зн.	Побеги	Ср.зн. побегов
Однолетний побег		7,5	7,6	7,6	7,9	7,8	7,5	7,5	7,8	7,7	7,7	7,6	12	14
Двулетний побег		6,7	6,2	6,3	6,2	6,5	6,6	6,5	6,5	6,1	6,1	6,3	10	
Трехлетний побег		7,1	7,4	7,9	7,9	8,2	8,2	8,9	8,2	7	8,4	7,9	14	
Четырехлетний побег		Отсутствуют											20	

Участок №7 (Пестречинский район)

	Хвоинки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ср.зн.	Побеги	Ср.зн. побегов
Однолетний побег		7,1	7	7,2	7	7,1	6,8	6,8	7	7,1	6,9	7	11	12,8
Двухлетний побег		6	6,2	6	6,4	6,2	6	6,5	5,8	5,5	5,4	6	10	
Трехлетний побег		6,8	5,7	6,1	6,4	6,7	6,4	6,8	6,8	6,9	6,6	6,5	13	
Четырехлетний побег		Отсутствуют											17	

Приложение №2

Хлорозы, некрозы и дефолиация на побегах.

Участок №1 (парк Петрова)

Дерево 1

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.1.1.	41	2		43				43
1.1.2.	45			41	4			45
1.1.3.	36	4		40				40
1.1	122	6		124	4			128
	95%	5%		97%	3%			100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.1.1.	43	0	0
1.1.2.	45	1	1/45=0,02
1.1.3	40	0	0
1.1	128	1	1/128=0,007(0,7%)

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.2.1.	29	12		37	4			41
1.2.2.	22	18		34	4		2	40
1.2.3.	37	4		35	6			41
1.2	88	34		106	14		2	122
	72%	28%		87%	11%		2%	100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.2.1.	41	2	2/41=0,04
1.2.2.	40	1	1/40=0,02
1.2.3	41	2	2/41=0,04
1.2	122	5	5/122=0,04(4%)

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.3.1.	12	22		8	22		4	34
1.3.2.	12	12		12	12			24
1.3.3.	17	12		11	14		3	29
1.3	41	46		31	48		7	87
	48%	52%		36%	55%		9%	100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.3.1.	34	5	5/34=0,14
1.3.2.	24	3	3/24=0,12
1.3.3	29	7	7/29=0,24
3.2	87	15	15/87=0,17(17%)

Участок №2 (ДК Химиков)

Дерево 1

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.1.1.	44			44				44
1.1.2.	46	6		52				52
1.1.3.	39	4		40	3			43
1.1	129	10		136	3			139
	93%	7%		98%	2%			100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.1.1.	44	2	$2/44=0,04$
1.1.2.	52	0	0
1.1.3	43	0	0
1.1	139	2	$2/139=0,01(1\%)$

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.2.1.	37	14		27	20		4	51
1.2.2.	30	24		26	20		8	54
1.2.3.	24	17		20	21			41
1.2	91	55		73	61		12	146
	62%	38%		49%	42%		9%	100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.2.1.	51	8	$8/51=0,1$
1.2.2.	54	9	$9/54=0,1$
1.2.3	41	8	$8/41=0,19$
1.2	146	25	$25/146=0,17(17\%)$

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.3.1.	14	20	6	31			9	40
1.3.2.	17	18	2	11	16	10		37
1.3.3.	8	11	1	6	14			20
1.3	39	49	9	48	30	10	9	97
	40%	50%	10%	49%	31%	11%	9%	100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.3.1.	40	10	$10/40=0,25$
1.3.2.	37	12	$12/37=0,32$
1.3.3	20	15	$15/20=0,75$
1.3	97	37	$37/97=0,38(38\%)$

Участок №3 (парк Горького)

Дерево 1

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.1.1.	65			65				66
1.1.2.	68	2		70				70
1.1.3.	66			62	4			66
1.1	199	2		197	4			202
	99%	1%		98%	2%			100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.1.1.	66	0	0
1.1.2.	70	1	1/70=0,01
1.1.3	66	0	0
1.1	202	1	1/202=0,004(0,4%)

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.2.1.	33	16		31	18			49
1.2.2.	35	19		38	16			54
1.2.3.	28	18		37	11			46
1.2	96	53		106	45			149
	64%	36%		71%	29%			100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.2.1.	49	4	4/49=0,08
1.2.2.	54	7	7/54=0,12
1.2.3	46	7	7/46=0,15
1.2	149	18	18/149=0,12(12%)

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.3.1.	25	18		31	12			43
1.3.2.	15	19		19	15			34
1.3.3.	19	22		21	20			41
1.3	59	59		61	57			118
	50%	50%		52%	48%			100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.3.1.	43	7	7/43=0,16
1.3.2.	34	8	8/34=0,23
1.3.3	41	4	4/41=0,09
1.3	118	19	19/118=0,16(16%)

Участок №4 (возле МКДЦ)

Дерево 1

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.1.1.	44	4		42	6			48
1.1.2.	37		5	42				42
1.1.3.	41	3		40	4			44
1.1	122	7	5	124	10			134
	91%	5%	4%	93%	7%			100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.1.1.	48	2	2/48=0,04
1.1.2.	42	2	2/42=0,04
1.1.3	44	2	2/44=0,04
1.1	134	6	6/134=0,04(4%)

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.2.1.	26	21	2	14	27		8	49
1.2.2.	24	17	4	17	20	4	4	45
1.2.3.	16	24		22	18			40
1.2	66	62	6	53	65	4	12	134
	49%	47%	4%	40%	49%	3%	8%	100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.2.1.	49	4	7/49=0,14
1.2.2.	45	2	2/45=0,04
1.2.3	40	1	1/40=0,02
1.2	134	7	7/134=0,05(5%)

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.3.1.	8	16	10	4	17	10	3	34
1.3.2.	12	24	4	7	13	8	12	40
1.3.3.	10	15	12	11	19	7		37
1.3	30	55	26	22	49	25	15	111
	27%	50%	23%	20%	44%	22%	14%	100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.3.1.	34	10	10/34=0,29
1.3.2.	40	12	12/40=0,3
1.3.3	37	15	15/37=0,40
1.3	111	37	37/111=0,33(33%)

Участок №5 (№18 городская больница)

Дерево 1

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.1.1.	46			46				46
1.1.2.	41	4		40	5			45
1.1.3.	56			50	6			56
1.1	143	4		136	11			147
	97%	3%		93%	7%			100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.1.1.	46	2	$2/46=0,04$
1.1.2.	45	0	0
1.1.3	56	2	$2/56=0,03$
1.1	147	4	$4/147=0,02(2\%)$

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.2.1.	36	10		30	14			46
1.2.2.	39	16		28	17			45
1.2.3.	30	18		24	18			48
1.2	95	44		98	69			139
	68%	32%		71%	29%			100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.2.1.	46	4	$4/46=0,08$
1.2.2.	45	3	$3/45=0,06$
1.2.3	48	4	$4/48=0,08$
1.2	139	11	$11/139=0,07(7\%)$

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.3.1.	17	16		19	14			33
1.3.2.	8	9		10	7			17
1.3.3.	8	15		18	9			23
1.3	33	40		43	30			73
	45%	55%		59%	41%			100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.3.1.	33	8	$8/33=0,24$
1.3.2.	17	10	$10/17=0,58$
1.3.3	23	7	$7/23=0,30$
1.3	73	25	$25/73=0,34(34\%)$

Участок №6 (Ноксинский спуск)

Дерево 1

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.1.1.	56	2		58				58
1.1.2.	61			61				61
1.1.3.	65	2		60	5			65
1.1	182	4		179	5			184
	98%	2%		97%	3%			100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.1.1.	58	2	$2/58=0,03$
1.1.2.	61	1	$1/61=0,01$
1.1.3	65	1	$1/65=0,01$
1.1	184	4	$4/184=0,02(2\%)$

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.2.1.	35	15		33	16			49
1.2.2.	24	11		17	18			35
1.2.3.	34	12		30	16			46
1.2	93	38		80	50			130
	72%	28%		62%	38%			100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.2.1.	49	5	$5/49=0,1$
1.2.2.	35	4	$4/35=0,11$
1.2.3	46	4	$4/46=0,08$
1.2	130	13	$13/130=0,1(10\%)$

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.3.1.	4	18	8	12	18			30
1.3.2.	12	21	8	2	17	10	12	41
1.3.3.	10	24		11	21		2	34
1.3	26	63	16	25	56	10	14	105
	25%	60%	15%	24%	53%	10%	13%	100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.3.1.	30	10	$10/30=0,33$
1.3.2.	41	7	$7/41=0,17$
1.3.3	34	12	$12/34=0,35$
1.3	105	29	$29/105=0,27(27\%)$

Участок №7 (Пестречинский район)

Дерево 1

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.1.1.	70			68	2			70
1.1.2.	42	4		46				46
1.1.3.	51			50	1			51
1.1	163	4		164	3			167
Доли	97%	3%		98%	2%			100%

Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.1.1.	70	2	$2/70=0,02$
1.1.2.	46	1	$1/46=0,02$
1.1.3	51	0	0
1.1	167	3	$3/167=0,01(1\%)$

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.2.1.	52	10	2	48	10		6	64
1.2.2.	48	8		50			6	56
1.2.3.	34	4	2	30	6	4		40
1.2	134	22	4	128	16	4	12	160
	84%	14%	2%	80%	10%	3%	7%	100%

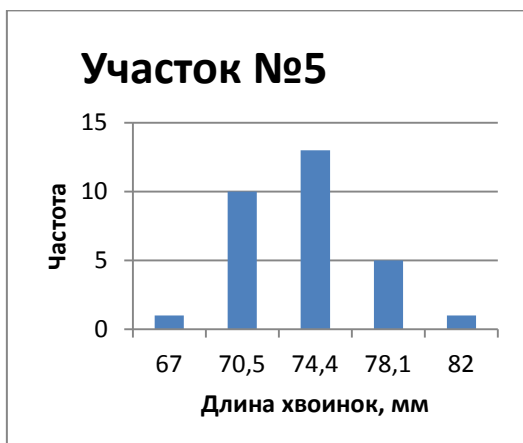
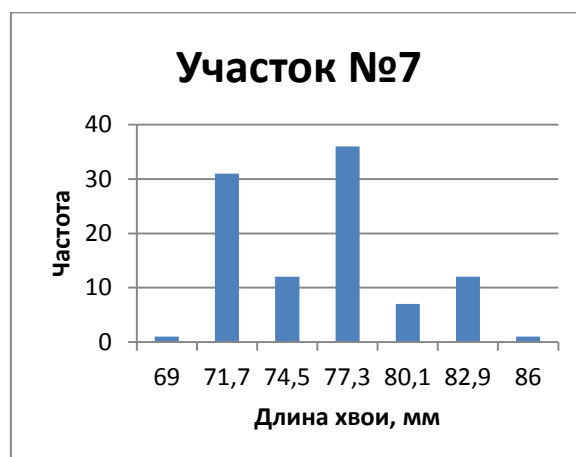
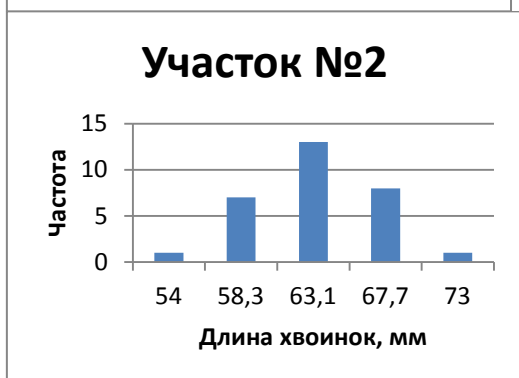
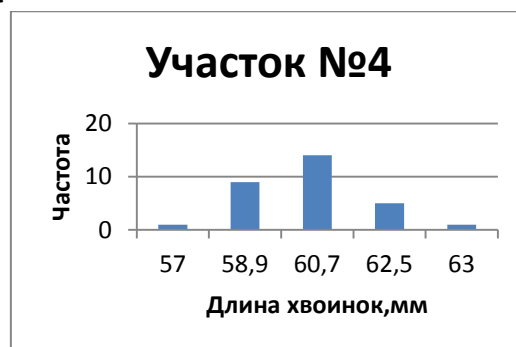
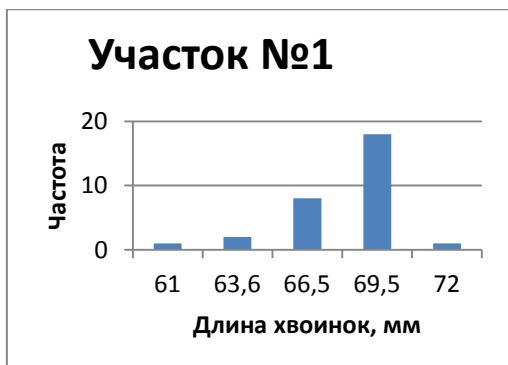
Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.2.1.	64	6	$6/64=0,09$
1.2.2.	56	5	$5/56=0,08$
1.2.3	40	4	$4/40=0,1$
1.2	160	15	$15/160=0,09(9\%)$

Группа	Хл,1	Хл,2	Хл,3	Н,1	Н,2	Н,3	Н,4	Сумма
1.3.1.	25	20	1	31	14		1	46
1.3.2.	12	31	4	12	24		11	47
1.3.3.	16	22	10	24	23			47
1.3	53	73	15	67	61		12	141
	38%	52%	10%	48%	43%		9%	100%

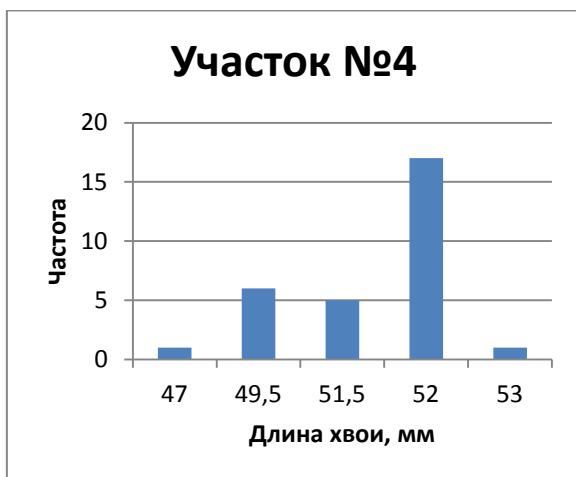
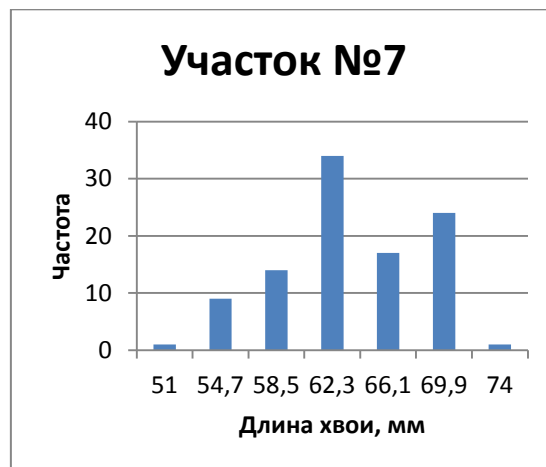
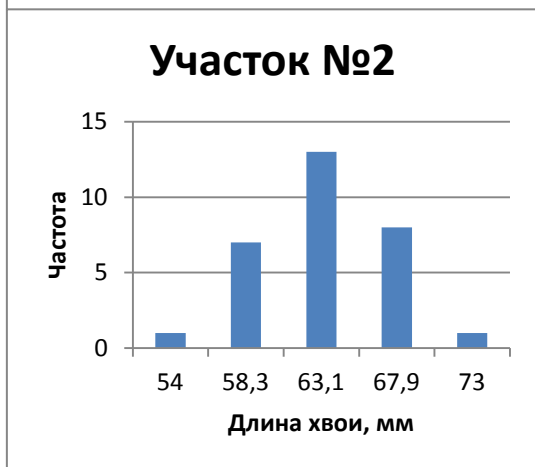
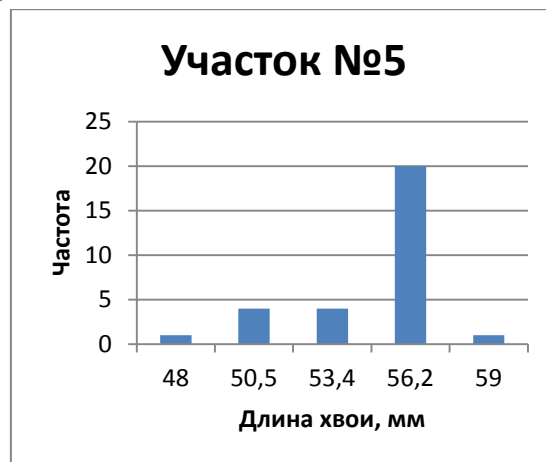
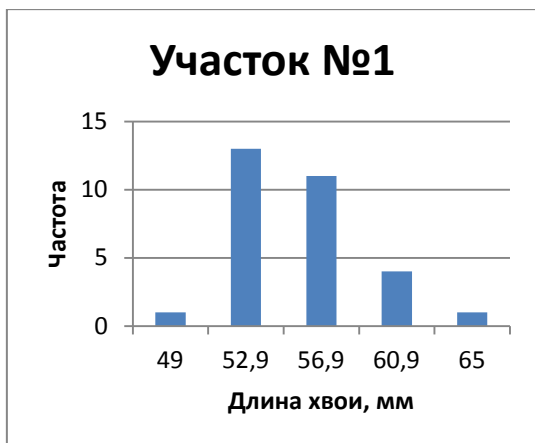
Группа	Хвоинок	Пустых мест	Доля пустых
1.3.1.	46	6	$6/46=0,13$
1.3.2.	47	6	$6/47=0,12$
1.3.3	47	4	$4/47=0,08$
1.3	141	16	$16/141=0,11(11\%)$

Приложение №3

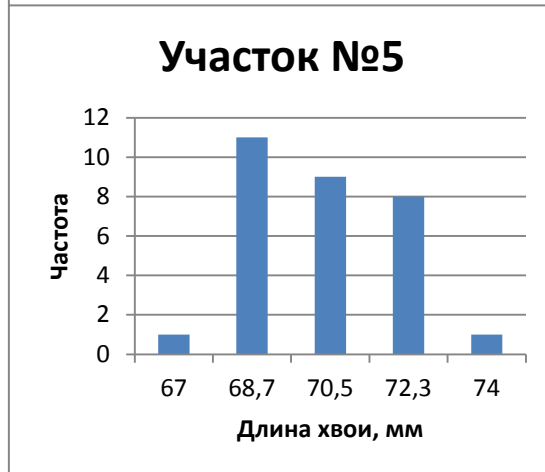
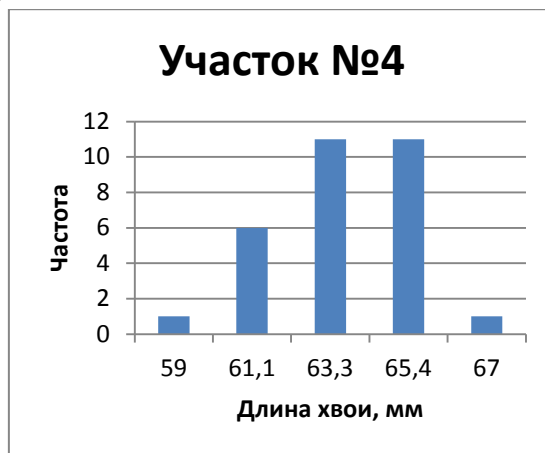
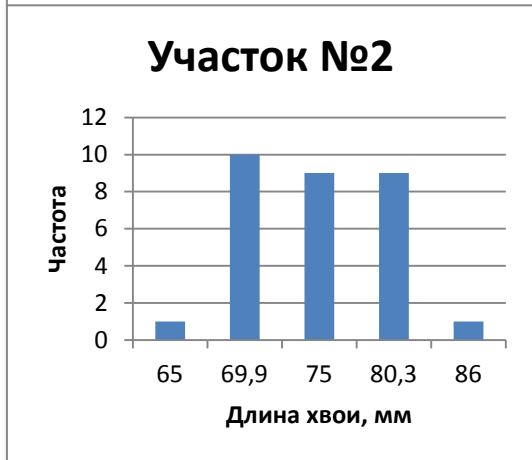
Вариационные ряды длин хвои 2011 года.



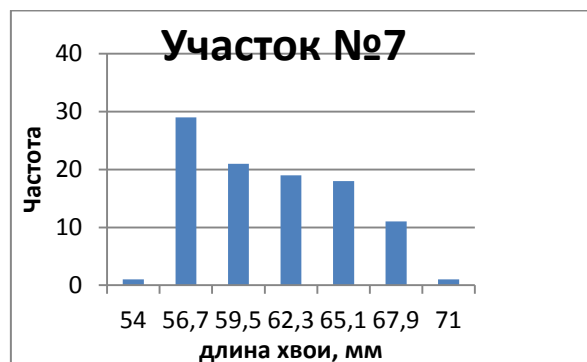
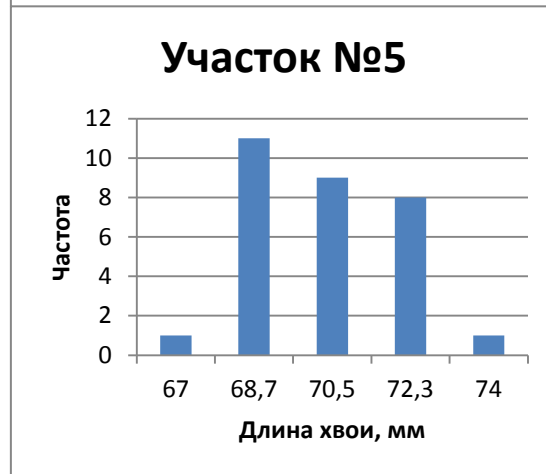
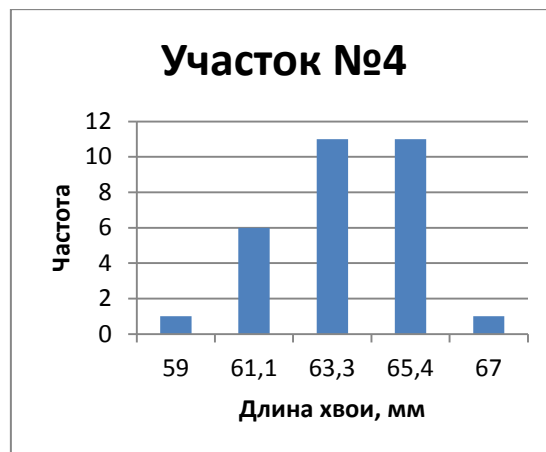
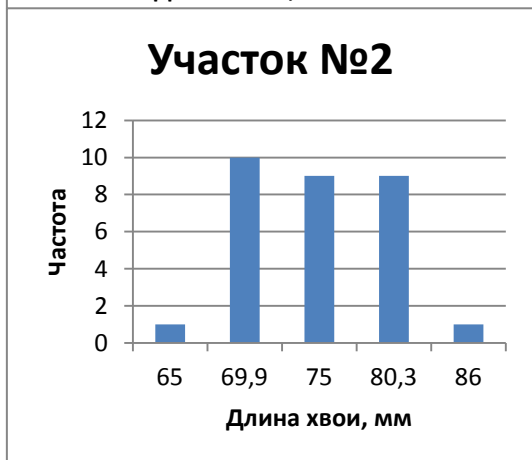
Вариационные ряды длин хвои 2010 года.



Вариационные ряды длин хвои 2009 года.



Вариационные ряды длин побегов 2011 года.



Вариационные ряды длин побегов 2010 года.

