

БИОИНДИКАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Меньшиков А.В.

г. Курумкан, Республика Бурятия, МБОУ «Курумканская СОШ № 1», 11 класс

Научный руководитель: Зарубина В.П., г. Курумкан, учитель биологии, Республика Бурятия, МБОУ «Курумканская СОШ № 1»

Проблема состояния окружающей природной среды является одной из наиболее актуальных и современных. До начала XX в. воздействие людей на природу имело локальный характер, позднее оно стало глобальным. Наиболее отчетливо этот переход наметился в 50-е гг., со времени широкого использования атомной энергии и начала освоения космического пространства. К этому времени на Земле почти не осталось районов, на которых не сказалась бы хозяйственная деятельность человека.

В условиях населенных пунктов формируется совершенно иной комплекс условий, влияющие на отдельные виды и сообщества животных и растений.

Считается, что для условий лесной полосы России наиболее чувствительны к загрязнению воздуха сосновые леса. Это обуславливает выбор сосны, как важнейшего индикатора антропогенного влияния, принимаемого в настоящее время за «эталон биодиагностики».

Хвойные растения являются основным видом деревьев, произрастающих на территории Курумканского района. Они, как и другие виды растений, подвергаются воздействию загрязнителей, находящихся в атмосфере. Кроме того, хвойные деревья, такие как сосна обыкновенная, остаются зелеными круглый год, а значит подвергаются действию загрязнителей постоянно.

Известно, что атмосфера на территории села Курумкан наиболее загрязнена вблизи домов с печным отоплением, вдоль основных автомобильных дорог и котельных. Поэтому я решил, что по состоянию хвойных деревьев их можно использовать в качестве индикаторов для оценки загрязненности атмосферы.

Гипотеза: на измерении одной или нескольких функций живого объекта можно давать быструю и точную оценку состоянию окружающей среды.

Объектом исследования является сосна обыкновенная, произрастающая в окрестностях села Курумкан.

Предметом исследования являются биоиндикационные свойства сосны обыкновенной.

Целью данной работы является изучение биологических и экологических особенностей хвойных растений на примере сосны обыкновенной и возможности использования ее как объекта биоиндикации.

Задачи, решаемые в ходе выполнения работы:

- изучить биологические и экологические особенности сосны обыкновенной;
- изучить методы и объекты современных биоиндикационных исследований;
- определить, какие особенности строения и жизнедеятельности сосны обыкновенной можно использовать для биоиндикации;
- установить зависимость морфологических изменений от степени загрязнения атмосферы.

Практическая значимость данного исследования состоит в том, чтобы показать преимущество биоиндикационного метода, так как живые объекты реагируют на весь комплекс загрязняющих веществ, поглощая их разными системами органов. Поскольку возможности систем ограничены и проявятся в виде различных изменений, живые объекты могут служить наиболее достоверными показателями изменения состава атмосферы. Биологические методы помогают диагностировать негативные изменения в природной среде даже при низких концентрациях загрязняющих веществ.

Обоснование выбора объекта исследования

Сосна обыкновенная удовлетворяет следующим требованиям как биоиндикатор:

- этот вид характерен для природной зоны, где располагается данный объект;
- распространена на всей изучаемой территории повсеместно;
- имеет четко выраженную количественную и качественную реакцию на отклонение свойств среды обитания от экологической нормы;
- биология данного вида хорошо изучена.

Влияние условий среды на жизнь и строение растений

Все, что окружает растение и оказывает на него прямое или косвенное воздействие, составляет в широком смысле среду его

обитания. Роль отдельных элементов жизненно необходимы, другие влияют на растение, но необязательны, третьи безразличны. Элементы среды обитания, влияющие на жизнь растений, называют экологическими факторами. Для них характерно непостоянство, т.е. изменение величины действия во времени. Элемент среды, постоянно присутствующий в избыточных количествах, становится средообразующим фактором, который определяет специфику среды в целом.

Характер действия любого экологического фактора зависит от его величины. Существует оптимальное значение фактора и критическое (минимальная и максимальная величина) значение, ведущее к угнетению растений.

В процессе эволюции у растений, приспособившихся к сходным условиям, появились общие черты внешнего облика, ритма роста, анатомической структуры. Однотипность реакций растений на тот или иной экологический фактор позволяет объединить их в экологические группы.

Каждая экологическая группа может включать растения разных жизненных форм. С другой стороны, растения одной и той же жизненной формы могут относиться к разным экологическим группам.

Условия произрастания разновозрастных растений часто неодинаковы, следовательно, экземпляры одного и того же вида, находясь на разных этапах онтогенеза, могут представлять разные экологические группы и жизненные формы. Проростки деревьев и кустарников, обитая в нижних ярусах леса, живут в иных условиях освещения и увлажнения, чем взрослые растения.

Биоиндикационные методы

Биоиндикация – это оценка состояния среды с помощью живых объектов. Живые объекты (или системы) – это клетки, организмы, популяции, сообщества. С их помощью может проводиться оценка как абиотических факторов (температура, влажность, кислотность, соленость, содержание поллютантов и т.д.), так и биотических (благополучие организмов, их популяций и сообществ). Термин «биоиндикация» чаще используется в европейской научной литературе, а в американской его обычно заменяют аналогичным по смыслу названием «экотоксикология».

Почему для оценки качества среды приходится использовать живые объекты, когда это проще делать физико-химическими методами? По мнению Ван Штраалена (1998), существуют, по крайней мере, три случая, когда биоиндикация становится незаменимой.

1. Фактор не может быть измерен. Это особенно характерно для попыток реконструкции климата прошлых эпох.

2. Фактор трудно измерить. Некоторые пестициды так быстро разлагаются, что не позволяют выявить их исходную концентрацию в почве.

3. Фактор легко измерить, но трудно интерпретировать. Данные о концентрации в окружающей среде различных поллютантов (если их концентрация не предельно высока) не содержат ответа на вопрос, насколько ситуация опасна для живой природы. Показатели предельно допустимой концентрации (ПДК) различных веществ разработаны лишь для человека. Однако, очевидно, эти показатели не могут быть распространены на другие живые существа. Есть более чувствительные виды, и они могут оказаться ключевыми для поддержания экосистем. С точки зрения охраны природы, важнее получить ответ на вопрос, к каким последствиям приведет та или иная концентрация загрязнителя в среде. Эту задачу и решает биоиндикация, позволяя оценить биологические последствия антропогенного изменения среды. Физические и химические методы дают качественные и количественные характеристики фактора, но лишь косвенно судят о его биологическом действии. Биоиндикация, наоборот, позволяет получить информацию о биологических последствиях изменения среды и сделать лишь косвенные выводы об особенностях самого фактора. Таким образом, при оценке состояния среды желательно сочетать физико-химические методы с биологическими.

Актуальность биоиндикации обусловлена также простотой, скоростью и дешевизной определения качества среды.

Существует два основных метода биоиндикации:

- пассивный;
- активный.

В первом случае исследуют видимые или незаметные повреждения и отклонения от нормы, являющиеся признаками неблагоприятного воздействия, во втором используют ответную реакцию наиболее чувствительных к данному фактору организмов – биотестирование.

Под биотестированием обычно понимают процедуру установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов. К чувствительным биоиндикаторам относятся лишайники, мхи, почвенные и водные микроорганизмы (водоросли, бактерии, микрогрибы). В роли биоинди-

каторов могут быть использованы пыльца растений, хвоя сосны обыкновенной и др. Среди животных также выделяются группы организмов, положительно или отрицательно реагирующие на различные формы антропогенной трансформации среды (ракообразные, хирономиды, моллюски, личинки ручейников, поленок, веснянок и др.).

При этом используемые виды биоиндикаторы должны удовлетворять следующим требованиям:

- это должны быть виды характерные для природной зоны, где располагается данный объект;
- организмы-мониторы должны быть распространены на всей изучаемой территории повсеместно;
- они должны иметь четко выраженную количественную и качественную реакцию на отклонение свойств среды обитания от экологической нормы;
- биология данных видов-индикаторов должна быть хорошо изучена.

С помощью биоиндикаторов принципиально возможно:

- обнаруживать места скоплений в экологических системах различного рода загрязнений;
- проследить скорость происходящих в окружающей среде изменений;
- только по биоиндикаторам можно судить о степени вредности тех или иных веществ для живой природы;
- прогнозировать дальнейшее развитие экосистемы.

Преимуществом методов биоиндикации и биотестирования перед физико-химическими методами является интегральный характер ответных реакций организмов, которые:

- суммируют все без исключения биологически важные данные об окружающей среде и отражают ее состояние в целом;
- выявляют наличие в окружающей природной среде комплекса загрязнителей;
- в условиях хронической антропогенной нагрузки биоиндикаторы могут реагировать на очень слабые воздействия в силу аккумуляции дозы;
- фиксируют скорость происходящих в окружающей среде изменений;
- указывают пути и места скоплений различного рода загрязнений в экологических системах и возможные пути попадания этих веществ в организм человека.

Особую значимость имеет то обстоятельство, что биоиндикаторы отражают степень опасности соответствующего состояния окружающей среды для всех живых организмов, в том числе и для человека. Подчеркивая всю важность биоиндикаци-

онных методов исследования, необходимо отметить, что биоиндикация предусматривает выявление уже состоявшегося или происходящего загрязнения окружающей среды по функциональным характеристикам особей и экологическим характеристикам сообществ организмов.

Но, отражая степень негативного воздействия в целом, биоиндикация не объясняет, какими именно факторами оно создано. Наиболее эффективно оценка окружающей среды может производиться в сочетании абиотических и биотических параметров. Это прием все шире входит в практику. Особенностью экологического мониторинга является то, что эффекты воздействия на экосистемы, малозаметные при изучении отдельных организмов, выявляются при рассмотрении системы в целом.

Под действием загрязнителей происходит подавление репродуктивности сосны. Число шишек на дереве снижается, уменьшается число нормально развитых семян в шишках, заметно изменяются размеры женских шишек (до 15–20%). Биоиндикатором загрязненности атмосферы может служить ежегодный прирост деревьев на высоте, который на загрязненных участках может быть на 20–60% ниже, чем на контрольных. Информативной по техногенному загрязнению является продолжительность жизни хвои (от 1 до 5 и более лет).

Основные этапы исследования

Постановка проблемы

Данное исследование является продолжением работы, представленной на конференции в прошлом году. Мы учли рекомендации жюри, и хочу отметить, что была увеличена выборка материала исследования и применена новая методика исследования хвои. Результаты прошлогоднего исследования пригодились для сравнения с новыми результатами. Хочу сразу оговориться, что результаты совпали, и это очень важно для достоверности результатов.

В последнее время в селе Курумкан мы можем наблюдать увеличение количества транспорта, как с бензиновым, так и с дизельным двигателем. Увеличивается и территория заселения, сейчас она охватывает участки близкие к основным лесным массивам. В домах новой застройки все чаще используются отопительные котлы, работающие в зимний период круглосуточно. Поэтому и экологическая нагрузка на окружающую среду будет изменяться. В своей работе я хочу определить, какие методы биоиндикации могут быть для нас более доступными и достоверными для того, чтобы

следить за изменением состояния окружающей среды.

Атмосферный воздух является таким компонентом среды, который постоянно меняет свой состав, т.е. является очень динамичным фактором. Поэтому состояние воздуха достаточно трудно оценить лабораторными методами исследований. Лучше всего контролировать состояние атмосферного воздуха косвенными методами изучения компонентов среды, которые являются более постоянными. Считаем, что в этом случае можно получить более точные результаты исследования.

Знакомство с литературой по данной проблематике

Ознакомившись с информационными источниками по данной теме и проанализировав их, нужно отметить, что есть довольно подробное описание методов биоиндикации. Эти методы позволяют использовать для биоиндикации различные объекты живой природы. Чаще всего для изучения степени загрязнения окружающей среды используются: лишайники, разные виды хвойных деревьев.

В исследовательской работе были использованы следующие **методы**:

- анализ различных информационных источников по вопросам биоиндикации;
- сравнительный и описательный;
- измерение;
- активный метод биоиндикации – биотестирование

Сбор материала для исследования

В данной исследовательской работе применяется метод, основанный на зависимости степени повреждения хвои сосны обыкновенной от уровня загрязнения атмосферного воздуха. Хвойные деревья удобны тем, что могут служить биоиндикаторами круглогодично. Использование хвойных даже на малых территориях может быть очень информативным.

Нагрузка на компоненты окружающей среды в окрестностях села Курумкан обусловлена в наибольшей степени воздействием печного и котельного отопления, а также автотранспорта.

В 2015 г. нами проводилось исследование с изучением качества и количества подроста, состояния хвои и молодых шишек.

В новое исследование добавлено подробное изучение хвои подроста. Участки оставлены те же. Забор материалов велся с тех же площадок, но выборка материала была расширена.

Территория исследования была определена с учетом возможности достоверно про-

следить изменение степени загрязнения и была поделена на три участка:

- условно наибольшая нагрузка загрязнения на деревья;
- условно невысокая нагрузка загрязнения на деревья;
- условно оптимальная нагрузка загрязнения на деревья.

С каждого участка были собраны образцы хвои, молодых шишек.

Участок А – лесной массив за 500 м от крайней застройки села Курумкан в сторону Баргузинского хребта.

Участок В – лесной массив между крайними застройками жилых домов.

Участок С – лесной массив вблизи основной трассы села по улице Балдакова.

Для контрольного сравнения были взяты образцы вблизи котельной, которые имели наибольшую степень загрязнения, проявляющуюся именно в зимний период.

На основании распределения территорий в работе были условно использованы следующие степени загрязнения, с учетом отсутствия идеально чистого воздуха в селе Курумкан:

- 1 – условно оптимальное загрязнение;
- 2 – условно средняя степень загрязнения;
- 3 – условно большая степень загрязнения;
- 4 – условно критическая степень загрязнения (контроль).

Сбор материала вели с молодого подроста 1–1,5 м высоты, поскольку, если было влияние загрязнителей, то у подростка оно проявилось. Для нового исследования мы собирали хвою с веток 1–3 года жизни. Визуально их легко можно определить. Кожича молодой части веточки более светлая, а хвоя более яркая. Подрост смотрели только там, где почва была не вытоптана, и участок был более открытым. Это обстоятельство снижает погрешности в интерпретации результатов исследования.

Чтобы повысить достоверность показателей сбор материала на участке проводился с девяти объектов. Всего получилось 36 объектов и 360 хвоинок для исследования.

Обработка материала и анализ полученных результатов

Исследование состояния хвои

Информативными по техногенному загрязнению являются морфологические и анатомические изменения, а также продолжительность жизни хвои. При хроническом загрязнении лесов диоксидом серы наблюдаются повреждение и преждевременное опадение хвои.

Таблица 1

Показатели состояния хвои на участках по методике 2015 г.

Показатели	Участок А	Участок В	Участок С	Контроль
Опадение хвои	Не наблюдается	Наблюдается, но в малом кол-ве	Наблюдается в большем кол-ве	Наблюдается в большем кол-ве
Цвет хвои	Ярко зеленый	Зеленый с пятнами	<i>Зеленый с пятнами</i>	Зеленый с большими черными пятнами
Некротические точки	Отсутствуют	Присутствуют в малом кол-ве. Они ровно рассеяны по поверхности хвои	Присутствуют в очень большом кол-ве. Рассеяны на всей поверхности хвои.	Присутствуют в очень большом кол-ве. Рассеяны на всей поверхности хвои
Повреждения	Отсутствуют	Есть потрескавшиеся места на хвое	Есть очень много	Есть очень много
Степень загрязнения	1	2	4	4

Примечание: курсивом выделен показатель, отличный от предыдущего года.

Данные 2015 г. практически совпали с вновь полученными данными, что говорит о постоянстве присутствия и воздействия определенных факторов атмосферы.

В незагрязненных лесных экосистемах основная масса хвои здорова, не имеет повреждений, и лишь малая часть хвоинок имеет светло - зеленые пятна и некротические точки микроскопических размеров, равномерно рассеянные по всей поверхности. В загрязненной атмосфере появляются повреждения, и снижается продолжительность жизни хвои. Показания состояния хвои совпали с показаниями прошлого года. Данные представлены в табл. 1.

Дополнительная методика исследований 2016 г. заключалась в следующем: выбирались сосны высотой 1–1,5 м на открытой местности с 8–15 боковыми побегами. У каждого дерева осматривались хвоинки предыдущего года (вторые сверху мутовки).

Если деревья очень большие, то обследование проводилось на боковом побеге в четвертой сверху мутовке. Всего собирались по 10 хвоинок с каждой точки наблюдения. Затем выполнялись подсчеты хвоинок с пятнами, некрозами и усыханиями. По степени повреждения и усыхания хвою с каждого участка разделили на несколько групп:

– по степени повреждения (некрозы):

1 – хвоинки без пятен;

2 – хвоинки с небольшим числом мелких пятен;

3 – хвоинки с большим числом черных и желтых пятен.

– по степени усыхания:

1 – на хвоинках нет сухих участков;

2 – на хвоинках усов кончик 2–5 мм;

3 – усохла 1/3 хвоинки;

4 – вся или большая часть хвоинки сухая.

Далее данные по каждому участку занесли в таблицу, выразив качество хвоинок по выделенным группам.

Таблица 2

Качество хвои по степени повреждения и по степени усыхания

Участок	По степени повреждения			По степени усыхания				Степень загрязнения
	1	2	3	1	2	3	4	
А	90	–	–	90	–	–	–	1
В	83	7	–	90	–	–	–	2
С	59	25	6	81	9	–	–	3–4
Контроль	42	39	9	67	16	7		4

Данные результаты совпадают с результатами табл. 1.

Далее по новой методике выполнялись измерения длины и ширины хвоинок, расчеты поверхности хвои. Величина полусферической и общей поверхности хвои имеет огромное значение для фотосинтеза у растений. Расчет полусферической стороны хвои и общей поверхности хвоинки был проведен соответственно по формулам:

$$T_{An} = \pi rL, T_{An} = \pi rL + (2r) L,$$

где r – $\frac{1}{2}$ ширины плоской части хвоинки, L – длина хвоинки.

Таблица 3

Данные исследования хвои на участке А

Деревья	Количество хвои	Длина средняя	Ширина средняя	Площадь средняя
1	10	48,4	1,75	217,6
2	10	47,2	1,75	212,2
3	10	47,5	1,8	219,7
4	10	52,0	1,9	253,5
5	10	49,3	1,8	228,1
6	10	49,8	2,3	294,3
7	10	53,9	1,9	263,1
8	10	47,5	1,8	219,7
9	10	49,8	1,8	230,3
Итого	90	49,3	1,83	230,1

Таблица 4

Данные исследования хвои на участке В

Деревья	Количество хвои	Длина средняя	Ширина средняя	Площадь средняя
1	10	47,5	1,5	183,1
2	10	47,5	1,55	189,2
3	10	46,5	1,48	176,8
4	10	47,5	1,3	158,6
5	10	48,5	1,5	186,9
6	10	47,3	1,6	194,4
7	10	46,8	1,8	216,4
8	10	47,5	1,6	195,3
9	10	45,8	1,5	176,5
Итого	90	47,2	1,6	195,1

Таблица 5

Данные исследования хвои на участке С

Деревья	Количество хвои	Длина средняя	Ширина средняя	Площадь средняя
1	10	45,5	1,35	157,1
2	10	46,8	1,55	182,7
3	10	45,5	1,35	157,1
4	10	45,5	1,36	158,4
5	10	45,5	1,36	158,4

продолжение табл. 5

6	10	46,8	1,35	162,3
7	10	45,5	1,36	158,4
8	10	46,8	1,55	182,7
9	10	46,8	1,55	182,7
Итого	90	45,6	1,4	164,1

Таблица 6

Данные исследования хвои на участке «Контроль»

Деревья	Количество хвои	Длина средняя	Ширина средняя	Площадь средняя
1	10	40,8	1,05	113,3
2	10	44,3	1,08	129,9
3	10	40,8	1,05	113,3
4	10	46,2	0,96	113,9
5	10	40,8	1,05	113,3
6	10	46,2	0,96	113,9
7	10	44,3	1,05	113,3
8	10	46,2	1,08	135,5
9	10	44,3	1,05	123,0
Итого	90	43,7	1,0	112,3

Сводная таблица по данным таблиц 3–6

Участок	Количество хвои	Длина средняя	Ширина средняя	Площадь средняя
А	90	49,3	1,83	230,1
В	90	47,2	1,6	195,1
С	90	45,6	1,4	164,1
Контроль	90	43,7	1,0	112,3

Исследование подроста

Подрост – молодые деревца, появившиеся под пологом леса естественным путем. Подрост важная составная часть лесного растительного сообщества. Молодые деревца обеспечивают восстановление леса, но в то же время это показатель благополучия леса и его нормального состояния. Если под пологом деревьев есть подрост, значит, лес может поддерживать свое существование, он достаточно жизнеспособен. Присутствие подроста указывает на то, что взрослые деревья в достаточном количестве образуют семена, эти семена хорошо прорастают, а всходы находят благоприятные условия для своего дальнейшего развития.

Из исследования состояния подроста прошлого года мы оставили только оценку его внешнего состояния по визуальному наблюдению.

Изучение подроста на исследуемых территориях выявило следующее (табл. 7).

Данные совпали с 2015 г. и отражены на рис. 1–3.

Таблица 7

Изучение подроста на исследуемых территориях

Показатели	Участок А	Участок В	Участок С	Контроль
Визуальное наблюдение количества подроста	Подрост обильный	Подрост обильный или умеренный	Подрост в малом количестве	Подрост практически отсутствует
Визуальное определение качества подроста	Подрост имеет светлую кору, ствол прямой, крона хорошо формируется	Подрост имеет светлую кору, ствол прямой или редко искривлен, крона хорошо формируется	Подрост имеет кору более темного оттенка, ствол не всегда прямой, крона редкая	Подрост имеет темную кору, стволы искривлены, крона редкая
Степень загрязнения	1	2	3	4

Результаты исследования

По результатам исследования выявлена степень загрязнения на всех участках. Участок лесного массива вблизи основной трассы села по улице Балдакова имеет большую степень загрязнения, поскольку автомобильные выхлопы являются сильнейшими факторами загрязнения. Участки лесного массива за 500 м от крайней застройки села Курумкан в сторону Баргузинского хребта и лесного массива между крайними застройками жилых домов характеризуются соответственно средним и невысоким уровнем загрязнения. Самую высокую степень загрязнения показывает участок вблизи котельной.

По результатам исследования хвои сосны обыкновенной длина хвоинок варьирует от 40 до 84 мм. Наибольшие длины встречаются на территории с низким и средним уровнем загрязнения. На этих территориях в большинстве встречаются сосны с длиной хвои до 60 мм, что приближено к норме, что говорит о наличии для сосен благоприятных факторов. На участках с большей степенью загрязнения средняя длина хвои заметно

снижается, достигая в некоторых точках исследования 40,8 мм.

По результатам исследования хвои сосны обыкновенной ширина хвоинок составляет около 1 мм с небольшими вариациями. Сосны с наибольшей шириной хвои (более 1 мм) произрастают на территориях с минимальным уровнем загрязнения. Наименьшая же ширина хвои (менее 1 мм) наблюдается вблизи котельной и автомобильной дороги. Это подтверждает то, что растения остро реагируют на изменение состояния окружающей среды.

По результатам исследования хвои сосны обыкновенной полусферическая поверхность хвои варьирует от 68,5 до 139 мм², а сферическая поверхность хвои варьирует от 112,3 до 231 мм². Распределение параметров сходно, равно как близко к распределению длины хвоинок, описанному выше.

Хвоя с наибольшими поверхностями наблюдается на территориях с наименьшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Снижение площади поверхности, как полусферической, так и общей, наблюдается на участках с повышенным уровнем загрязнения.



Рис. 1. Средние показатели длины хвои на исследуемых участках

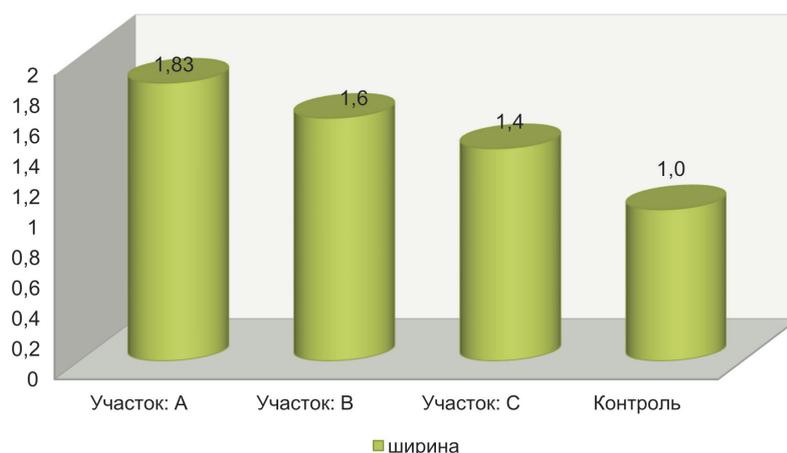


Рис. 2. Средние показатели ширины хвои на исследуемых участках

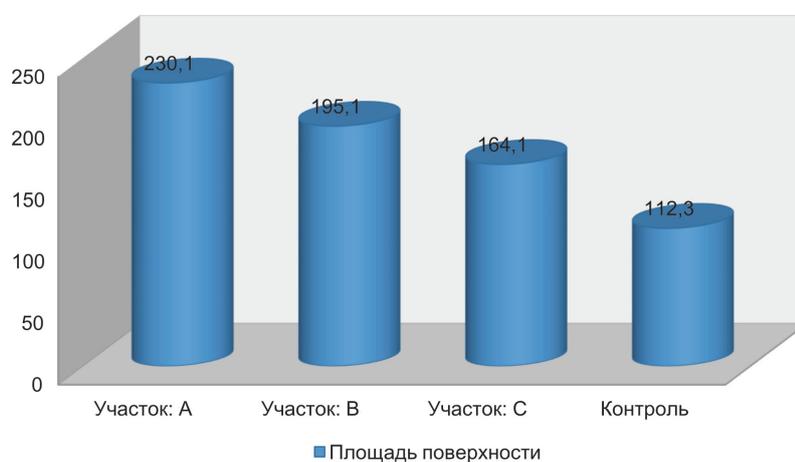


Рис. 3. Средние показатели площади поверхности хвои на исследуемых участках

Приведенные данные совпадают с результатами исследования состояния хвои и подроста по методике 2015 г. и обновленными данными 2016 г. Кроме того, эти данные совпали с новым методом определения степени загрязнения по степени повреждения и по степени усыхания хвои. Это еще раз доказало достоверность результатов.

Выводы

В условиях села Курумкан влияние загрязнителей, не критическое, но тем не менее загрязнения ощутимы. Наибольшее угнетение всех характеристик у сосны обыкновенной наблюдается в районе котельных и вдоль основной автомобильной трассы, которые являются основными загрязнителями в селе Курумкан. Хвойные деревья, а именно сосна обыкновенная, наиболее чувствительны к загрязнению воздуха. Это можно определить по состоянию наиболее чувствительных частей растения:

хвои, молодых побегов, количеству шишек и семян, качеству подроста.

В ходе исследований были комплексно исследованы биоиндикационные свойства сосны обыкновенной и доказана их эффективность. Было также доказано, что полученные результаты исследования соответствуют степени загрязнения воздуха на обследованных участках. Это подтверждают результаты проведенных исследований по таким показателям, как длина и ширина хвои, а также полусферическая и общая поверхность хвои. Опираясь на полученные данные можно утверждать, что сосна обыкновенная является очень удобным объектом индикации атмосферного воздуха.

Считаем, что данная работа имеет большое практическое значение при оценке состояния окружающей среды, поскольку приведенная методика является менее затратной по ресурсам и более достоверной.

Список литературы

1. Белоконь С.В. Экологическое образование [Электронный ресурс] // Медвежий угол. – 1999. – Режим доступа: localhost/Медвежий угол №11.htm.
2. Буйолов Ю.А., Кравченко М. В., Боголюбов А.С. Методика оценки жизненного состояния леса по сосне : методическое пособие. – М. : Экосистема, 2003. – 25 с.
3. Букштынов А.Д. Леса (Природа мира). – М. : Мысль, 1996. – 28–29 стр.
4. Валенюк М. А. Биоиндикация воздуха по состоянию хвойных [Электронный ресурс]. – 2004. – Режим доступа: en.edu.ru.
5. Галимская К.К., Рондикова Л.И. География белгородской области. – Воронеж : Центрально-черноземное книжное издательство, 1996. – 109 с.
6. Детская энциклопедия [Электронный ресурс]. – 2000. – Режим доступа: claw.ru_2_plants_Content_001_12.htm.
7. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – Л. : Гидрометеиздат, 1994. – 36–43 с.
8. Кошевой Е.Н. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / под ред. Р. Шуберт. – М. : Мир, 1998. – 65–74 стр.
9. Колпиков М. В. Лесоводство с дендрологией. – М. : Гослесбумиздат, 1994. – 10-18 стр.
10. Луценко Я.И., Васильев А.В. Использование биоиндикации и биотестирования в экологии. – М. : Дрофа, 1998. – 15–35 с.
11. Полошкин Ю.В., Китов А.Д. Мониторинг состояний лесных экосистем // Волна. – 2001. – № 29(4). – 45 с.
12. Петров В. В. Лес и его жизнь. – М. : Просвещение, 1999. – 135–138 с.