

**Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Средняя школа № 19 с углубленным изучением отдельных  
предметов»**

## ***Исследовательская работа***

**Сосна как индикатор загрязнения окружающей  
среды в г. Заволжье и его пригороде**

**Выполнила:**

ученица 8 «А» класса МБОУ «СШ № 19 с УИОП»

Репина Елизавета Николаевна, 13 лет

**Руководитель:**

учитель химии и биологии

МБОУ «СШ № 19 с УИОП»

Хрипунова Татьяна Вадимовна

г. Заволжье

2021 год

## Оглавление:

Введение.....	3
Глава 1. Литературный обзор.....	5
1.1 Влияние условий среды на жизнь и строение растений .....	5
1.2 Растения-биоиндикаторы состояния окружающей среды.....	5
1.3 Биологическое описание сосны обыкновенной ( <i>Pinus sylvestris</i> ).....	6
Глава 2. Организация и исследования методика .....	8
Этапы исследования.	
Глава 3. Результаты исследования и обсуждение.....	12
Выводы и заключение .....	15
Список используемой литературы. ....	16
Приложения.....	16

## Введение

Роль зеленых насаждений очень велика. Там, где деревья - там чистый воздух. Деревья снижают запыленность и загазованность воздуха, выполняют ветрозащитную функцию, обладают фитонцидным действием, борются с шумом, влияют на тепловой режим и влажность воздуха. Знаете ли вы? За год каждое дерево вырабатывает около 113 кг. кислорода. По мнению учёных, двух зрелых растений будет вполне достаточно для обеспечения годовых нужд в чистом воздухе семьи из четырёх человек.

Лес – сложное природное образование (биоценоз). В состав его входят не только живые организмы, но и их среда обитания – почвенно-грунтовый слой, атмосфера. Лес в наши дни испытывает на себе сильное влияние со стороны человека. Это влияние очень разнообразно. Тут сплошные рубки, пожары, массовый туризм, выпас скота, загрязнение атмосферы ядовитыми газами. Главный враг леса – диоксид серы или иначе сернистый газ, образующийся при сгорании серосодержащего топлива (работа предприятий теплоэнергетики, котельных, отопительных печей, а также транспорта, особенно дизельного).

Известно, что на загрязнение среды наиболее сильно реагируют хвойные древесные растения. Характерными признаками неблагополучия окружающей среды и особенно газового состава атмосферы служат появление разного рода хлорозов и некрозов, уменьшение размеров ряда органов (длины хвои, побегов текущего года и прошлых лет, их толщины, размера шишек, сокращение величины и числа заложенных почек). Последнее является предпосылкой уменьшения ветвления. Ввиду меньшего роста побегов и хвои в длину в загрязненной зоне наблюдается сближенность расстояния между хвоинками (их больше на 10 см побега, чем в чистой зоне). Наблюдается утолщение самой хвои, уменьшается продолжительность ее жизни (1-3 года в загрязненной зоне и 6-7 лет - в чистой). Все эти признаки не специфичны, однако в совокупности дают довольно объективную картину.

Хвойные удобны тем, что могут служить биоиндикаторами круглогодично. В лесоведении давно разработана оценка состояния окружающей среды по комплексу признаков у хвойных, при которой используются не только морфологические показатели, которые весьма изменчивы, но и ряд биохимических изменений.

Тема нашей работы – «Сосна как индикатор загрязнения окружающей среды в г. Заволжье его пригороде». Мы считаем эту тему актуальной на сегодняшний день, так как сохранение качества окружающей среды и здоровья населения находится в числе самых острых проблем современности.

**Цель данной работы:** определить состояние окружающей среды по комплексу признаков у хвойных в г. Заволжье и его пригороде на примере сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

- изучить литературу по данной теме;
- познакомиться с существующими методиками оценки
- изучить состояние сосны обыкновенной на разных участках
- проанализировать и обобщить результаты исследований
- на основе полученных данных сделать вывод

Решение поставленных целей и задач позволит доказать **гипотезу:** сосну обыкновенную можно использовать в качестве биоиндикатора для оценки загрязнённости окружающей среды.

**Объект исследования:** сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*).

**Предмет исследования:** биологическое состояние сосновых деревьев.

В работе использованы следующие **методы:**

- 1) научный (работа с дополнительной литературой);
- 2) лабораторный (проведение экспериментов, анализ полученных результатов); визуальный(наблюдение).

## **Глава 1. Литературный обзор по теме исследования.**

### **1.1 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 среды обитания в жизни растений неодинакова. Одни из этих элементов жизненно необходимы, другие влияют на растение, но не обязательны, третьи безразличны. Элементы среды обитания, влияющие на жизнь растений, называют экологическими факторами. Для них характерно непостоянство, то есть изменения величины действия во времени.

Сильнейшее воздействие на растения оказывают загрязняющие вещества, такие, как диоксид серы, оксид азота, углеводороды и другие. Устойчивость растений к диоксиду серы различна.

### **1.2 Растения-биоиндикаторы состояния окружающей среды.**

Биоиндикаторы - организмы, которые реагируют на изменения окружающей среды. При экологическом мониторинге загрязнений использование биоиндикаторов часто дает более ценную информацию, чем прямая оценка загрязнения приборами, так как биоиндикаторы реагируют сразу на весь комплекс загрязнений. Кроме того, обладая «памятью», своими реакциями отражают загрязнения за длительный период. На листьях деревьев при загрязнении атмосферы появляются некрозы (отмирающие участки). По присутствию некоторых устойчивых к загрязнению видов и отсутствию неустойчивых видов (например, лишайников) определяется уровень загрязнения атмосферы городов.

При использовании биоиндикаторов важную роль играет способность некоторых видов накапливать загрязняющие вещества.<sup>1</sup>

Возможности оценки среды по растительности изучаются специальным разделом ботаники - индикационной геоботаникой. Ее основной метод - использование экологических шкал, т. е. специальных таблиц, в которых для каждого вида указаны пределы его распространения по факторам увлажнения,

---

<sup>1</sup> Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. / Под ред. О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева и др. – М.: Академия, 2007. - 288 с.

богатства почвы, засоления, выпаса и т. д. В России экологические шкалы были составлены Л. Г. Раменским.

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

Повышенная чувствительность хвойных связана с длительным сроком жизни хвои и поглощением газов, а также со снижением массы хвои.

Под влиянием вредных факторов у сосны происходят следующие изменения: уменьшается продолжительность жизни хвои; отмирают побеги; уменьшается ширина годичных колец; редет крона; появляются омертвления тканей (некрозы).

### 1.3 Биологическое описание сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*)

Царство- Растения  
Отдел: Хвойные  
Класс: Хвойные  
Порядок: Сосновые  
Семейство: Сосновые  
Род: Сосна  
Вид: Сосна обыкновенная



Сосна - это основная лесообразующая порода. По площади (114240,8 тыс. га.) она занимает второе место, уступая лишь лиственнице. Сосна

обыкновенная и образуемые ее леса имеет огромный ареал с широким диапазоном произрастания. Род сосна (*Pinus* L.) насчитывает около 100 видов.

Родовое название – от латинского *pin* – скала, гора, латинское *selvestris* – лесной от *sylva* – лес.<sup>2</sup>

Самый распространенный вид сосны, произрастающий в России – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). Общими для этого вида чертами являются парное расположенные хвои на укороченных побегах, плоско-выпуклая форма хвоинок в поперечном разрезе, крепкие деревянистые шишки с характерно утолщенными концами чешуи, полугодовой период их созревания, своеобразное сочетание семени с крылом и другие. Эти признаки характерны для всех сосен, произрастающих в

<sup>2</sup> Энциклопедия для детей. Том 17. Биология [Текст]/ М.: Аванта+, 2000

различных частях ее обширного ареала. Сосна обыкновенная – вечнозеленое стройное хвойное дерево, достигающее 40м высоты, 1,5м в диаметре, с мутовчаторасположенными ветвями. Кора дерева красно–бурая, к вершине буро-желтая, трещиноватая, тонкошелушающаяся. Молодые ветви голые, зеленоватые, потом серо-бурые; почки 6-12мм длиной, острые, красновато-бурые, яйцевидно-конические, смолистые, находятся, на верхушке главного побега и боковых ветвей. Боковые почки собраны в мутовку, окружающую более крупную центральную почку. Вся древесина сосны пронизана многочисленными крупными смоляными ходами, тянущиеся в вертикальном направлении и сообщаемыми между собой горизонтальными ходами, залегающими в сердцевинных лучах. Из естественных трещин коры и искусственных надрезов вытекает смола, заливающая нанесенные повреждения, в чем состоит ее биологическое значение. Вытекающая из раны смола называется живицей (от слов «заживлять», «исцелять»).<sup>3</sup>

Корневая система с глубоко идущим главным корнем. Листья (хвоя) сизо-зеленные, расположены попарно, жесткие, полуцилиндрические, заостренные, длиной 5-7см. шириной 2мм, расположены на верхушках укороченных побегов. Серо-желтые пыльниковые (мужские) шишки размером меньше горошины развиваются весной у основания молодых длинных побегов, в пазухах кроющих листьев, и быстро отмирают. На концах молодых побегов тех же деревьев появляются красноватые овальные женские шишечки, длиной 56мм и шириной 4мм, на коротких ножках, состоящие из кроющих чешуй, в пазухах которых сидят семенные чешуи с семечками. Женские шишки после оплодотворения разрастаются, достигают 2,5-7см в длину и 2-3см в ширину. В первый год они зеленые, на второй – одревесневают и буреют. Семена длиной 3-4мм, черноватые или сероватые, удлинено-яйцевидные с крылом в 3 раза длиннее семени. Цветет в мае, опыляется ветром. Семенные шишки созревают на второй год.

---

<sup>3</sup> Зорина, Т.Г. Школьникам о лесе [Текст] / М.: Лесная промышленность, 1987г.

## Глава 2. Организация и исследования методика

### Первый этап. Выбор места проведения исследования

Исследования проводились в ноябре-декабре 2020 года.

Для исследования были выбраны три участка, где произрастают сосны:

**1 исследуемый участок** находится в парке им. Гагарина г. Заволжья (см. Приложение). Общий характер рельефа которого - равнинный. Визуальное наблюдение позволяет сделать вывод, что основными лесообразующими породами являются берёза, ель, сосна. Наличие лиственных пород деревьев характеризует его как лиственный тип леса.

**2 исследуемый участок** находится на придорожной зоне трассы г. Заволжье – дер. Шеляхово. (см. Приложение) Рельеф – вдоль дороги имеется небольшая заболоченная зона, занимающая 30% исследуемого участка. Наличие лиственных пород деревьев характеризует его как лиственный тип. Рядом с участком оживленная автодорога, недалеко находится заправка «Лукойл», асфальтный завод.

**3 исследуемый участок** находится в лесу недалеко от д. Шеляхово. Деревня Шеляхово – небольшой населенный пункт, находящийся в 2 км. от города Заволжье. Общий характер рельефа леса - равнинный. Основными лесообразующими породами являются берёза, сосна, ольха, ель, рябина, можжевельник. Наличие лиственных пород деревьев характеризует его как лиственный тип леса.

### Второй этап Сбор материалов для исследования.

Самое первое, что было выполнено в работе это в намеченных территориях находили участки леса, где растут одновозрастные сосны (возраст определяли по мутовкам, к количеству мутовок прибавляли 2, т.к в первые 2 года жизни сосна мутовок не образует). Собрали на каждом из участке шишки, для их дальнейшего изучения. Для изучения хвои срезали веточки условно одновозрастных хвойных деревьев на высоте около 2м.

**Третий этап** Изучение состояния сосен на выбранных участках.

Оценку экологического состояния сосновых деревьев можно осуществить по методике, описанной Е.Г.Куликовой(1998г.)<sup>4</sup>, с собственными модификациями. При оценке состояния деревьев необходимо учитывать состояния ствола и кроны деревьев, наличие болезней и вредителей, величин у ежегодного прироста, структура и степень развития кроны. Вариации фактора состояния оценивались в баллах. Скорректированное руководство для определения состояния деревьев представлено в таблице 1. Суммированное по всем факторам состояния количества баллов соответствует определенному классу состояния - в таблице 2.

Таблица 1.

Шкала визуальной оценки состояния растений по внешним признакам

Фактор	Вариация фактора состояния	Баллы
Состояние ствола	Здоровый и крепкий	5
	Имеются повреждения коры	3
	Наличие гнилей и дупел	1
Величина прироста	Более 15 см	5
	5 -15 см	3
	Менее 5 см	1
Структура кроны	Нормальная, здоровая	5
	Один крупный или несколько мелких сучьев усохли	3
	Два и более крупных сучьев усохли	1
Вредители и болезни	Отсутствуют	5
	Имеется один вид	3
	Имеется 2 и более видов	1
Степень развития кроны	Полная, равномерно развитая (сбалансированная)	5
	Полная, но нарушенная	3

<sup>4</sup> .Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие, под ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический проект, 2005 г.

	Нарушенная и недоразвитая	1
--	---------------------------	---

**Таблица 2. Определение класса состояния деревьев**

Суммарное количество баллов	Класс состояния
25-22	отличное
21-18	хорошее
17-14	удовлетворительное
13-10	плохое
9-5	очень плохое

**Четвертый этап** . Изучение побегов и почек.

Для изучения побегов мною выполнялись следующие действия в работе:  
Измерение длины прироста каждого года, начиная от последнего, двигаясь последовательно по междоузлиям от года к году.

Установление толщины осевого побега (на примере двухлетнего).

В местах мутовок подсчитывание ветвления, вывод среднего значения.

На побегах устанавливались наличие некрозов (точечное или другой формы отмирание коры). Данные заносятся в таблицу.

Для изучения почек мною выполнялись следующие действия в работе:  
Подсчитывалось число сформировавшихся, почек, вычисление среднее.

Измерение длины и толщины почек измерительной лупой.

Определение загрязненности атмосферы по продолжительности жизни хвои.

Информативным по техногенному загрязнению является продолжительность жизни хвои сосны (от 1 до 4 - 5 и более лет). С целью определения продолжительности жизни хвои на каждом участке необходимо осмотреть состояние деревьев. Для удобства проведения исследования методом визуального осмотра выбираются невысокие деревья (в возрасте 10 - 15 лет), определяют продолжительность жизни хвои. Измеряют длину хвои на побеге прошлого года, а также ее ширину (в середине хвоинки) при помощи лупы и линейки. Устанавливают продолжительность жизни хвои путем просмотра побегов с хвоей по мутовкам. Результаты опыта записывают в таблицу 3.

Таблица 3. Определение продолжительности жизни хвои.

Количество осмотренных деревьев с данной продолжительностью жизни хвои, Т		Номера ключевых участков		
		1	2	3
Возраст хвои 4 года	В1			
Возраст хвои 3 года	В2			
Возраст хвои 2 года	В3			
Хвоя только текущего года	В4			

После составления таблицы, мною рассчитывался индекс продолжительности жизни сосны Q по формуле:

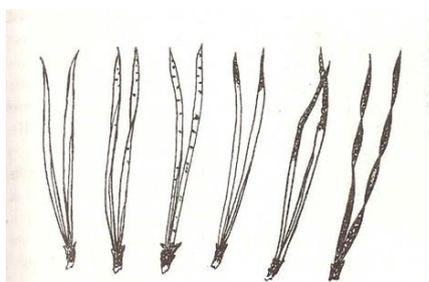
$$Q = \frac{3 * B1 + 2 * B2 + 1 * B3}{B1 + B2 + B3}$$

**Пятый этап.** Изучение хвои

Определение состояния хвои сосны обыкновенной для оценки загрязненности атмосферы (измеряемые показатели - количество хвоинок). Вся хвоя делится на три части (неповрежденная хвоя, хвоя с пятнами и хвоя с признаками усыхания) и подсчитывается количество хвоинок в каждой группе. Данные заносятся в рабочую таблицу. Полученные результаты сравниваются с результатами по другим участкам и делается вывод.

Хвою осматривают при помощи лупы, выявляют и зарисовывают хлорозы, некрозы кончиков хвоинок и всей поверхности, их процент и характер (точки, крапчатость, пятнистость, мозаичность).<sup>5</sup>

На рисунке 2 представлены различные варианты состояния хвои сосны. 1-хвоинки без пятен; 2, 3 с черными и желтыми пятнами; 4-6 хвоинки с



усыханием. Рисунок 2.

**Шестой этап** Определение состояния генеративных органов сосны обыкновенной (обследование шишек сосны).

<sup>5</sup>Алексеев, В.А. 300 вопросов и ответов по экологии [Текст]/ Ярославль:Академия развития, 1998

Для исследования мы собрали шишки сосны на выбранных участках.

Под действием загрязнителей происходит подавление репродуктивной деятельности сосны. Число шишек на дереве снижается, уменьшается число нормально развитых семян в шишках, заметно изменяются размеры женских шишек ( до 15-20 %).<sup>6</sup>

Для проведения исследования в осеннее или зимнее время на ключевом участке отбирают шишки и определяют их линейные размеры штангенциркулем, мерной лентой или линейкой.

Полученные данные заносят в рабочую тетрадь, подсчитывают средние для ключевого участка длину и диаметр шишек и заносят данные в таблицу. Определяют коэффициент формы - расчетный показатель, характеризующий форму шишки, рассчитывают как отношение длины шишки к ее диаметру.

### Глава 3. Результаты полученных исследований

Сначала мы оценили жизненное состояние деревьев визуальным методом по внешним признакам .В процессе обследования были обнаружены так же различные виды повреждений деревьев и факторы воздействия на них человека:

- растрескавшаяся, повреждённая кора; - засохшие ветки; сломанные, спиленные, срубленные; - искривлённый ствол; - формирование и наличие дупел; - вышедшие на поверхность корни; - грибы (шляпочные); - «шишки» - спящие почки, которые начали своё развитие и образовали «наплывы», однако боковые побеги и побеги замещения ещё не образованы; - антропогенное воздействие: гвозди, мусор, краска, надписи, вырезки, провода.

Основные результаты исследования занесены в таблицу 4

Таблица 4. Визуальной оценка состояния по внешним признакам

Фактор	1участок	2участок	3участок
Состояние ствола	3	3	3
Величина прироста	3	1	5

<sup>6</sup> <https://findpatent.ru/patent/257/2572313.html>

Структура кроны	5	3	5
Вредители и болезни	5	5	5
Степень развития кроны	5	1	5
Итого	21	13	23

Таким образом, исходя из рекомендаций по определению класса состояния деревьев, на 1 участке мы констатируем хорошее состояние сосен, на 2 участке- удовлетворительное, отличное на 3 участке.

Данные по исследованию побегов и почек занесены в таблицу 5.

Таблица 5. Изучение побегов и почек.

Место взятия	Побеги			Почки		
	Длина осевых побегов, мм	Толщина осевых побегов, мм	Ветвление, шт.	Число, шт	Длина, мм	Толщина, мм
1 участок	3	1,7	3	3	1,2	1
2 участок	2	1,5	2	1	1,1	1
3 участок	3	1,6	3	4	1,7	1,2

Из таблицы видно, что наиболее здоровые побеги обнаружались в у сосен 2 участка, наиболее здоровые почки деревьев сосны обнаружались на участке 3. Полученные данные по изучению хвои представлены в таблице 6.

Таблица 6 .Результаты измерения хвои.

Место взятия образца	Длина, мм (средняя 10 шт.)	Ширина, мм (средняя 10 шт.)	Продолж. жизни хвоинок, лет	Число хвоинок на 10 см побега, шт.
1участок	12	1,1	3	73
2участок	10	0,9	2	68
3участок	14	1,5	4	96

Из этой таблицы видно, что продолжительность жизни хвоинок выше в лесу д.Шеляхово 4 года, а меньше всего в придорожной полосе-2 года, однако все они являются хвоинками без пятен, наибольшая длина зафиксирована на участке 3, наименьшая на участке 2.

Таблица 7 . Определение состояния хвои сосны обыкновенной для оценки загрязненности атмосферы.

Повреждение и усыхание хвоинок	1 участок	2 участок	3 участок
Общее число обследованных хвоинок	100	100	100
Количество хвоинок с пятнами	5	9	2
% хвоинок с пятнами	5,0	9,0	2,0
Количество хвоинок с усыханием	4	7	3
% хвоинок с усыханием,	4	7	3

Из данной таблицы видно что, наибольшее количество хвоинок с пятнами составляет на 2 ключевом участке, это 9,0% от общей численности хвоинок, наименьшее количество на 3 участке, что составляет 2,0% от общей численности хвоинок. Наибольшее число хвоинок с усыханием видно на 2 участке-7,0%, наименьшее число хвоинок с усыханием на 3 участке-3%.

В незагрязненных лесных экосистемах основная масса хвои сосны 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 сосны.

Все изменения, происходящие в генеративной сфере сосны обыкновенной, являются реакцией организма на происходящие или произошедшие изменения в окружающей природной среде.

Данные по обследованию шишек сосны сведены в таблицу 8.

Таблица 8. Определение состояния генеративных органов сосны обыкновенной

Средние значения по 10-20 деревьев (все показатели средние)	Номера участков		
	1 участок	2 участок	3 участок
Средняя длина шишки, (L) мм -количество измерений	51,2 20	50,2 20	55,5 20
Средний диаметр шишки, (D)мм -количество измерений	42,12 20	38,8 20	45,2 20
Коэффициент формы L/D	1,21	1,29	1,22

Из таблицы видно, что коэффициент формы у шишек со всех трех участков примерно одинаковый, самые крупные шишки были собраны на 3 участке.

### ***Выводы и заключения***

Изучив литературные источники и существующие методики оценки состояния окружающей среды с помощью хвойных деревьев. Провели визуальное наблюдение за состоянием сосновых деревьев на различных участках, провели изучение хвои, побегов, генеративных органов. В результате исследования сосны обыкновенной по комплексу признаков, было установлено, что состояние окружающей среды в парке им. Гагарина находится в пределах нормы. Но экологически более чистым объектом является лес в д. Шеляхово. Размеры генеративных органов, средняя продолжительность жизни хвои в лесу значительно больше, что свидетельствует более чистом воздухе. Величина прироста здесь не сильно отличается от участка 1 возможно, из-за того, что в парке насаждения сосны находятся на большем расстоянии друг от друга, что не мешает им получать достаточное количество солнечного тепла, света и питательных веществ. Хвоинки по классу усыхания на двух объектах не сильно отличаются друг от друга, а вот количество хвоинок с некротическими пятнами на участке 2 значительно больше, это является следствием близкого расположения автодороги и антропогенного влияния.

Таким образом, наша гипотеза подтвердилась: сосну обыкновенную можно использовать в качестве биоиндикатора для оценки загрязнённости окружающей среды. Мы провели исследования и выполнили поставленные задачи, достигнув цели.

Полученные знания помогут мне в дальнейшем оценивать экологическое состояние окружающей среды с помощью сосны обыкновенной по комплексу признаков.

\

### Список использованной литературы

1. Алексеев, В.А. 300 вопросов и ответов по экологии [Текст]/ Ярославль: Академия развития, 1998
2. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. / Под ред. О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева и др. – М.: Академия, 2007. - 288 с.
3. Зорина, Т.Г. Школьникам о лесе [Текст] / М.: Лесная промышленность, 1987г.
4. Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие, под ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический проект, 2005 г.
5. Энциклопедия для детей. Том 17. Биология [Текст]/ М.: Аванта+, 2000

### Интернет ресурсы

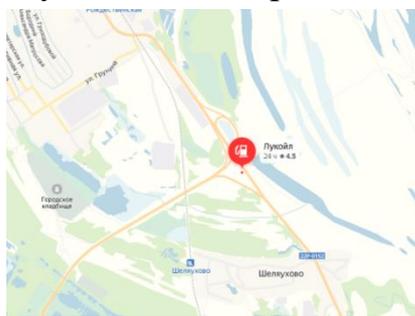
1. <https://findpatent.ru/patent/257/2572313.html>
2. <http://bio.1september.ru/topic.php?TopicID=5&Page=1>

### Приложения

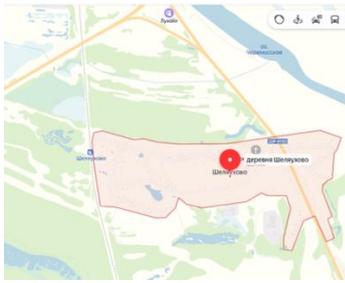
Местоположение исследуемых участков на карте.



Участок 1



Участок 2



### Участок 3

Сбор информации и материалов для исследования (фото 1,2,3,4,5,6,)



Состояние хвои на различных участках (фото 7,8,9)



Исследование размеров шишек сосны (фото 10,11)

