

Муниципальное образовательное учреждение дополнительного образования
«Детский эколого-биологический центр городского округа Стрежевой»
Томская область

**Оценка общего состояния атмосферного воздуха по
морфометрическим параметрам хвои сосны кедровой *Pinus sibirica*
и сосны обыкновенной *Pinus sylvestris***

Автор: Мущинкина Ксения
Николаевна, 11 класс
Руководитель: Фоменко Светлана
Александровна, педагог
дополнительного образования
МОУДО «Детский эколого-
биологический центр городского
округа Стрежевой» г. Стрежевой

Оглавление

Введение	3
1. Материал и методика	4
1.1 Изучение морфометрических параметров (длина хвои, количество хвоинок в пучке) хвои (2021 г.).....	4
1.2 Методика оценки класса повреждения и усыхания хвои (2021 г.).....	4
1.3 Методика оценки эффективности морфометрических параметров смоляных ходов хвои сосны обыкновенной (2022 г.)	6
2. Результаты исследования.....	7
2.1 Оценка морфометрических параметров сосны кедровой <i>Pinus sibirica</i> (2021г.).....	7
2.2 Оценка морфометрических параметров сосны обыкновенной <i>Pinus sylvestris</i> (2021г.).....	7
2.3 Количество хвоинок в пучке у сосны кедровой <i>Pinus sibirica</i> (2021 г.).....	9
2.4 Количество хвоинок в пучке у сосны обыкновенной <i>Pinus sylvestris</i> (2021г.).....	9
2.5 Класс усыхания (2021 г.)	10
2.6 Класс повреждения (2021 г.)	10
2.7 Критерий Стьюдента по исследуемым параметрам (2021 г.)	11
2.8 Оценка эффективности индикаторных способностей смоляных ходов сосны обыкновенной <i>Pinus sylvestris</i> (2022 г.).....	11
Вывод.....	15
Список используемой литературы.....	16

Введение

В Стрежевом нет крупных предприятий, основным загрязнителем по городу является автотранспорт, качество атмосферного воздуха по проводимым мониторингам (ежегодный доклад Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области ОГБУ «Облкомприрода» [5]) на 2020 год выбросы загрязняющих веществ по городу составили 4072,0 тонн, загрязнение не большое, но оно есть, в своей работе мы пытаемся понять отразилось ли данное загрязнение на природных системах.

Для биоиндикации хвойных пород в разных регионах России, Европы используют морфологические признаки, которые подразделяют на макроскопические и микроскопические [8]. К макроскопическим изменениям относят изменение окраски хвои, некрозы, опадение хвои, изменение морфометрических характеристик хвои, изменение направления роста, ветвления и др., к микроскопическим изменениям – изменения на тканевом и клеточном уровнях [4]. Морфометрические характеристики хвои отражают динамику развития древостоя.

Среди экологических факторов, которые оказывают влияние на морфометрические характеристики хвои, можно выделить две большие группы: экотопические и фитоценотические. Экотопический фактор понимается нами как воздействие элемента абиотической среды, независящее от характеристик фитоценоза, на растения. Под фитоценотическими факторами подразумеваются воздействия живых организмов друг на друга. Исследуя морфометрические параметры хвои, особенности побегов деревьев, можно оценить состояние лесной растительности и качество атмосферного воздуха определенного региона.

В качестве индикатора состояния воздуха мы выбрали хвойные деревья из основных лесообразующих пород характерных для нашего района.

Гипотеза: Мы предполагаем, что даже незначительные загрязнения атмосферного воздуха отразятся на морфометрических параметрах хвои представителей рода Сосна *Pinus*.

Цель: Оценка общего состояния атмосферного воздуха по морфометрическим параметрам хвои сосны кедровой *Pinus sibirica* и сосны обыкновенной *Pinus sylvestris*.

Задачи:

1. Отобрать участки с различной антропогенной нагрузкой, доминирующими породами которых будут сосна кедровая *Pinus sibirica* и сосна обыкновенная *Pinus sylvestris*.

2. Провести оценку морфометрических параметров (длина хвои, количество хвоинок в пучке) хвои.

3. Оценить классы повреждения и усыхания хвои *Pinus sibirica*.

4. Провести оценку морфометрических параметров смоляных ходов (количество, диаметр) хвои *Pinus sibirica*.

1. Материал и методика

Все исследования проводились вблизи г. Стрежевого и г. Нижневартовска.

Расположение участков:

Участок 1 - городской парк, используемый горожанами, как место активного отдыха.

Участок 2 - аэропорт города Стрежевого, осуществляющий регулярные перевозки пассажиров и грузов.

Участок 3 - условно контрольный находится в лесной зоне пригорода Стрежевого, удален от оживленных автотрасс.

Участок 4 - располагается на территории возле основного здания Детского эколого - биологического центра городского округа Стрежевой («Дом природы»).

Участок 5 - лес в районе дач (СОТ «Ягодка» 2 км).

Участок 6 - лес вблизи города Нижневартовска, прилегает к оживленной автотрассе. В нескольких километрах от пром. зоны г. Нижневартовск.

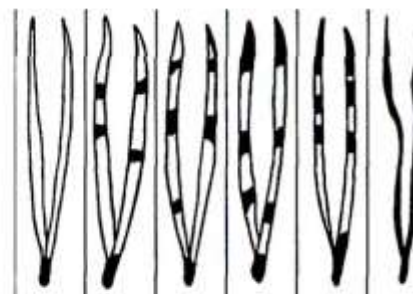
1.1 Изучение морфометрических параметров (длина хвои, количество хвоинок в пучке) хвои (2021 г.)

Для исследования состояния сосны были выбраны 6 различных участков. С каждого участка площадью 25м² мы собрали образцы хвои. Измерили длину хвои и количество хвоинок в пучке. [3] Полученные данные занесли в таблицу и в дальнейшем обработали их методами математической статистики в программе Excel по методике «Устойчивое развитие: наука и практика» [14].

1.2 Методика оценки класса повреждения и усыхания хвои (2021 г.)

Параметры измерений:

- Вид
- Длина хвоинки
- Количество хвоинок в пучке (рис. 1)



Класс повреждения: 1 2 3 2 3 4
Класс усыхания: 1 1 1 2 3 4

Рис. 1 Классы повреждения и усыхания хвои

Повреждения:

1 – хвоинки без пятен;

- 2 – с небольшим числом мелких пятнышек;
- 3 – с большим числом черных и желтых пятен, некоторые из них крупные, во всю ширину хвоинки;

Усыхание:

- 1 – нет сухих участков;
- 2 – усох кончик на 2–5 мм;
- 3 – усохла треть хвоинки;
- 4 – вся хвоинка желтая или более половины ее длины сухая (рис. 2, 3)

[1].

Таблица 1. Экспресс – оценка загрязнения воздуха (I-VI) с использованием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*)

Максимальный возраст хвои	Класс повреждения хвои		
	1	2	3
4	I	I–II	III
3	I	II	III–IV
2	II	III	IV
2	—	IV	IV–V
1	—	IV	V–VI
1	—	—	VI

Примечание: I – воздух идеально чистый; II – чистый; III – относительно чистый (норма); IV – загрязненный (тревога); V – грязный (опасно); VI – очень грязный (вредно); «—» – невозможное сочетание.



Рис. 2 – Изучение морфометрических параметров *Pinus sibirica*



Рис. 3 – Изучение морфометрических параметров *Pinus sylvestris*

1.3 Методика оценки эффективности морфометрических параметров смоляных ходов хвой сосны обыкновенной (2022 г.)

В мезофилле хвой сосны обыкновенной проходят смоляные ходы, число и размеры которых зависят от многих факторов, в том числе и от экологических условий произрастания [2]. На исследуемой территории было выбрано 5 деревьев сосны обыкновенной, с каждого дерева отобрали по 30 пар хвоинок. Для дальнейшего исследования из каждой пары хвоинок отбирали одну, производили поперечный срез в средней части хвоинки (рис. 4), и проводили измерения с использованием микроскопа Levenhuk 850B (рис. 5). На каждом препарате изучалось число смоляных ходов (шт.), а также диаметр (мм). Диаметр хода определяли при помощи окуляра Микромед 10х/18 с сеткой (увеличение – 10 крат; поле зрения – 18 мм; цена деления сетки – 0,1 мм) (рис. 6). Все данные, полученные в ходе исследования, были обработаны с помощью методов математической статистики в программе Excel по методике «Устойчивое развитие: наука и практика». Результаты проведенного исследования занесены в Таблицу 6.

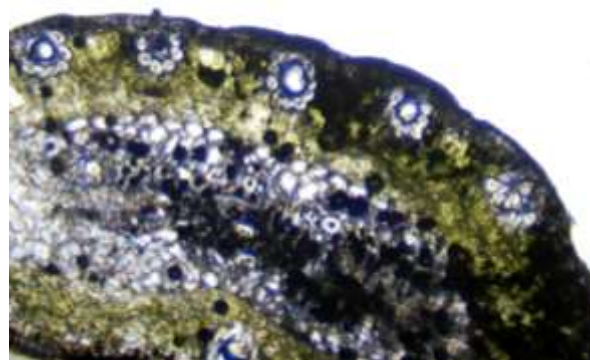
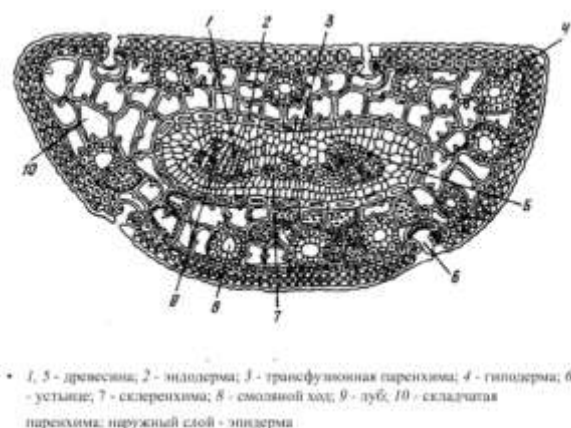


Рис. 4 – Строение поперечный срез хвой сосны обыкновенной *Pinus sylvestris*



Рис. 5 – Микроскоп Levenhuk 850B



Рис. 6 – Окуляр с измерительной сеткой при работе со срезом хвой *Pinus sylvestris*.

2. Результаты исследования

2.1 Оценка морфометрических параметров сосны кедровой *Pinus sibirica* (2021г.)

Данные, полученные при измерениях, перевели в вариационные ряды и обработали стат. методами.

На участках №1, №2, №3 наибольшее число хвоинок имеют длину от 8 до 11 см. Наиболее встречаемая длина – 10 см. Исходя из диаграмм, ситуация на всех участках приблизительно одинаковая (табл. 2).

Таблица 2. Длина хвои Сосна кедровая *Pinus sibirica*. Статистическая обработка

Параметры статистики	Участки исследования			
	1	2	3	5
Длина хвои (сосна кедровая <i>Pinus sibirica</i>)				
минимум	4	7	6	7,5
мах	13	12,5	13,5	14,5
среднее арифметическое	9,55	9,77	9,72	10,11
среднее квадратичное отклонение	2,17	1,51	2,41	2,30
значение сигма	1,47	1,22	1,55	1,51
ошибка средней арифметической	0,15	0,12	0,16	0,15
коэффициент вариации	6,81	8,17	6,45	6,59

Анализируя таблицу, можно заметить, что самый высокий показатель длины хвои у 5-го участка, самый низкий – у 2-го. Ошибка средней арифметической в пределах нормы, что говорит о достоверности данной выборки. Разброс данных у всех участков приблизительно равный. На всех исследуемых участках вариабельность слабая.

2.2 Оценка морфометрических параметров сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* (2021г.)

На участках №4 и №6 наибольшее число хвоинок имеют длину от 3 до 5 см. При этом самая встречаемая длина – 4 см. На участке №5 преобладает длина хвои от 4 до 6 см. (Рис. 7). Чаще всего встречается длина 5 и 6 см. На диаграмме 5-го участка мы видим, что по мере увеличения длины происходят резкие и неравномерные скачки, причиной чего может быть протекание на участке грунтовых вод.

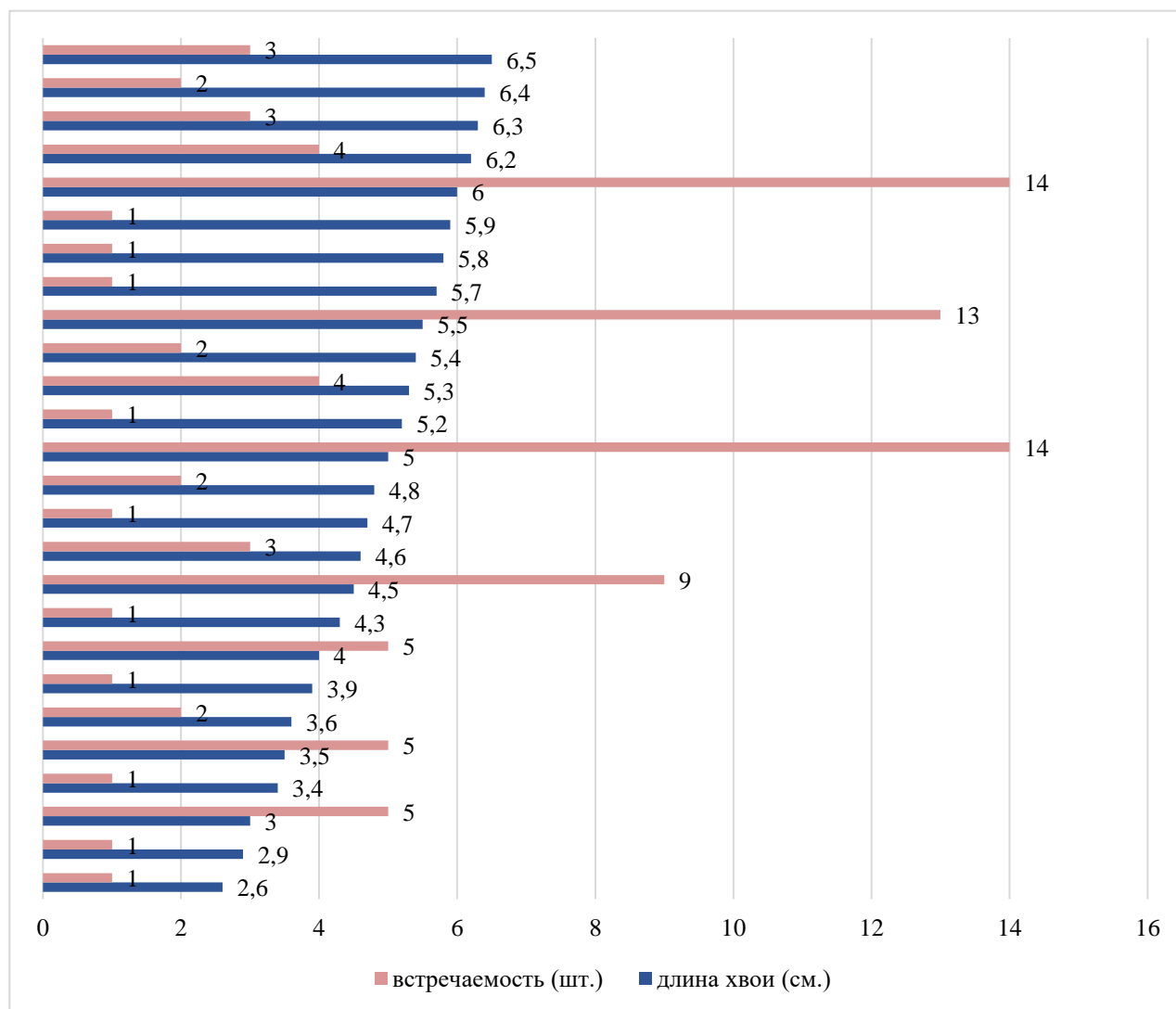


Рис. 7 Диаграмма длины хвои сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* уч. №5

Таблица 3. Длина хвои Сосна обыкновенная *Pinus sylvestris*. Статистическая обработка

Параметры статистики	Участки исследования		
	4	5	6
Длина хвои (сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i>)			
минимум	2	2,6	2
максимум	6,2	6,5	7,2
среднее арифметическое	4,05	5,02	4,18
среднее квадратичное отклонение	0,70	0,99	1,03
значение сигма	0,84	0,99	1,02
ошибка средней арифметической	0,08	0,10	0,10
коэффициент вариации	11,95	10,06	9,85

Анализируя таблицу, можно заметить, что самый высокий показатель длины хвои у 6-го участка, самый низкий – у 4-го. Ошибка средней арифметической в пределах нормы, что говорит о достоверности данной выборки. Разброс данных у 6-го участка немного больше чем у других. Самая высокая вариабельность у 4-го участка, а самая низкая у 6-го.

2.3 Количество хвоинок в пучке у сосны кедровой *Pinus sibirica* (2021 г.)

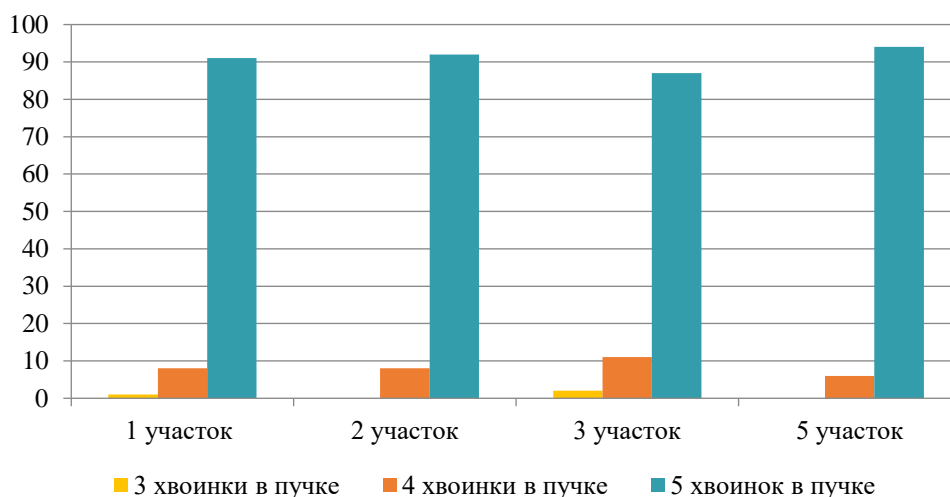


Рис. 8 – Диаграмма количества хвоинок в пучке у сосны кедровой *Pinus sibirica*.

Как можно заметить из диаграммы, чаще всего в пучке по 5 хвоинок (норма), т.е. при оптимальных условиях, у сосны кедровой по 5 хвоинок в пучке, но как мы видим из диаграммы также присутствуют пучки, в которых их меньше, при этом на уч. №1 и 3 встречаются пучки из 3 – х хвоинок.

Таблица 4. Количество хвоинок в пучке у сосны кедровой *Pinus sibirica*. Статистическая обработка

Параметры статистики	Участки исследования			
	1	2	3	5
Количество хвоинок в пучке (сосна кедровая <i>Pinus sibirica</i>)				
минимум	3	4	3	4
максимум	5	5	5	5
среднее арифметическое	4,90	4,92	4,85	4,94
среднее квадратичное отклонение	0,10	0,10	0,20	0,20
значение сигма	0,33	0,27	0,41	0,24
ошибка средней арифметической	0,03	0,03	0,04	0,02
коэффициент вариации	30,15	36,86	24,43	42,11

Ошибка средней арифметической в пределах нормы, что говорит о достоверности данной выборки. Все выборки сильно вариабельны.

По количеству хвоинок в пучке мы получили неоднозначные данные. Вероятно, данный параметр не зависит от влияния уровня антропогенного загрязнения.

2.4 Количество хвоинок в пучке у сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* (2021г.)

Традиционно у сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* по 2 хвоинки в пучке, ни на одном из участков отклонений от нормы, не выявлено.

2.5 Класс усыхания (2021 г.)



Рис. 9 – Диаграмма классов усыхания у сосны обыкновенной *Pinus sylvestris*.

Как можно заметить из диаграммы, на всех участках преобладает 1 класс усыхания, что говорит о здоровом состоянии хвои.

2.6 Класс повреждения (2021 г.)

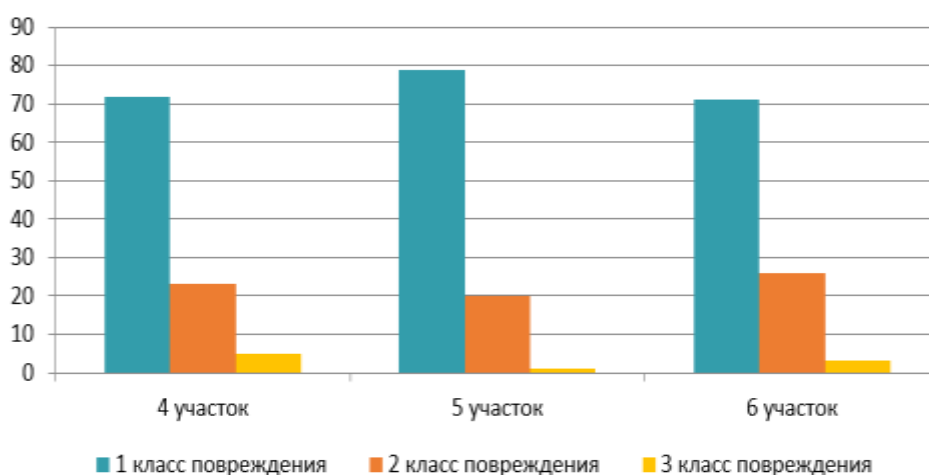


Рис. 10 – Диаграмма классов повреждения у сосны обыкновенной *Pinus sylvestris*.

Из диаграммы видно, что на всех участках преобладает 1 класс повреждения.

Используя таблицу для экспресс-оценки воздуха (см. таблицу 1), мы убедились в том, что воздух на всех участках чистый.

2.7 Критерий Стьюдента по исследуемым параметрам (2021 г.)

Таблица 5. Морфометрические параметры хвои *Pinus sylvestris*. Критерий Стьюдента

Длина хвои. С.К.		Длина хвои. С.О.	
Сравниваемые участки	Критерий Стьюдента	4 и 5	4,66135E-12
1 и 2	0,249922019	4 и 6	0,357399924
1 и 3	0,419110165	5 и 6	1,71926E-08
1 и 5	0,008572399	Кол-во хвоинок в пучке. С.О.	
2 и 3	0,80930791	4 и 5	—
2 и 5	0,082469715	4 и 6	—
3 и 5	0,075274707	5 и 6	—
Кол-во хвоинок в пучке. С.К.		Класс повреждения. С.О.	
1 и 2	0,642856851	4 и 5	0,033331351
1 и 3	0,346116118	4 и 6	0,897811248
1 и 5	0,330420782	5 и 6	0,027736726
2 и 3	0,157628624	Класс усыхания. С.О.	
2 и 5	0,581625752	4 и 5	0,566311165
3 и 5	0,059885076	4 и 6	0,103851258
		5 и 6	0,206627157

Анализируя таблицу, можно заметить значимые различия только в одном критерии в длине хвои у 4 и 5-го участка.

2.8 Оценка эффективности индикаторных способностей смоляных ходов сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* (2022 г.)

Все полученные данные мы обработали методами математической статистики и оформили в виде таблицы.

Таблица 6. Оценка морфометрических параметров смоляных ходов *Pinus sylvestris* (количество, диаметр) на участках с исследования

№ участка	Смоляные ходы		Среднее арифметическое (количество смоляных ходов)	Диаметр ходов		Среднее арифметическое (диаметр смоляных ходов)
	Количество (шт.)	Встречаемость (раз)		Диаметр (мм.)	Встречаемость (раз)	
№1	4	2	6,43	0,02	1	0,049
	5	2		0,03	24	
	6	12		0,035	9	
	7	9		0,04	46	
	8	5		0,045	10	
				0,05	34	
				0,055	12	
				0,06	24	
				0,065	5	
				0,07	16	
№2	3	2	6,80	0,02	3	0,053
	5	3		0,03	6	
	7	1		0,04	20	
	8	8		0,045	5	
	10	1		0,05	22	
				0,055	1	
				0,06	25	
				0,065	2	
				0,07	6	
				0,075	3	
				0,08	6	
				0,085	1	
0,09	2					
№4	5	3	6,60	0,02	5	0,051
	6	13		0,025	3	
	7	9		0,03	10	
	8	3		0,035	2	
	9	2		0,04	47	
				0,045	4	
				0,05	50	
				0,055	6	
				0,06	39	
				0,065	3	
				0,07	14	
				0,075	1	
0,08	13					
0,09	1					
№5	2	8	4,03	0,01	2	0,037
	3	8		0,015	3	
	4	2		0,02	22	
	5	2		0,025	2	
	6	7		0,03	42	
	7	3		0,035	2	
				0,04	10	
				0,045	2	
				0,05	14	
				0,055	1	
				0,06	12	
				0,065	1	
	0,07	7				
0,075	1					
№6	3	2	10,13	0,02	20	0,044
	5	3		0,025	7	
	7	1		0,03	63	

	8	8		0,035	7	
	10	1		0,04	71	
				0,045	15	
				0,05	50	
				0,055	4	
				0,06	37	
				0,065	6	
				0,07	16	
				0,075	1	
				0,08	3	
				0,09	4	

Анализируя встречаемость смоляных ходов, можно отметить, что смоляные ходы в количестве **8 шт.** чаще всего встречаются на участках №2 (аэропорт) и №6 (Нишневартовск), в количестве **6–7 шт.** на участках №1 (парк) и №4 (ДЭБЦ), а в количестве **2–3 шт.** на участке №5 (дачи). Если мы условно разделим исследуемые участки на более загрязненные, менее загрязненные и чистые, то увидим, что на более загрязненных (№2 и №6) у нас происходит увеличение смоляных ходов. На условно -контрольном участке (№5), расположенном в относительно чистом районе, количество смоляных ходов намного меньше. Также мы видим, что такой параметр как увеличение и уменьшение диаметра смоляных ходов недостаточно чувствителен к малым загрязнениям, так как резких колебаний в значениях обнаружено не было

Из литературных источников известна высокая чувствительность хвой *Pinus sylvestris* к загрязнению атмосферного воздуха [10]. Вредные вещества, такие как: азот, аммиак, сера, пыль и др., негативно сказываются на числе смоляных ходов. Таким образом, расчеты показали, что при малых загрязнениях наиболее чувствительным параметром является изменение количества смоляных ходов.

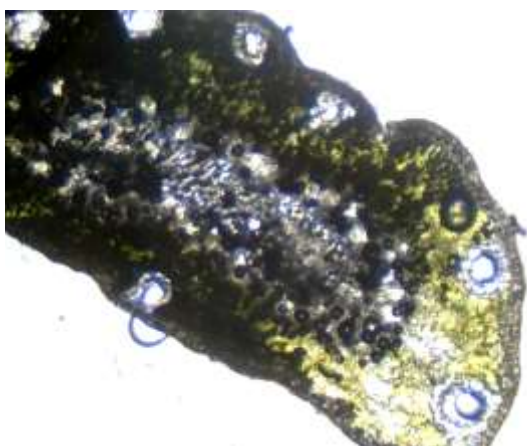


Рис. 11 – Смоляные ходы хвой участка №2



Рис. 12 – Смоляные ходы хвой участка №5

Таблица 7. Количество смоляных ходов сосны обыкновенной *Pinus sylvestris*.
Статистическая обработка

Параметры статистики	Участки исследования				
	1	2	4	5	6
Количество смоляных ходов					
минимум	4	3	5	2	8
макс	8	10	9	7	12
среднее арифметическое	6,4	6,8	6,6	4,0	10,1
среднее квадратичное отклонение	1,11	4,03	1,04	3,23	1,85
значение сигма	1,06	2,01	1,02	1,80	1,36
ошибка средней арифметической	0,19	0,52	0,19	0,33	0,25
коэффициент вариации	17,31	12,87	17,90	10,16	13,43

Анализируя таблицу, можно заметить, что самый высокий показатель количества смоляных ходов у 6-го участка, самый низкий – у 5-го. Ошибка средней арифметической в пределах нормы, что говорит о достоверности данной выборки. Разброс данных у всех участков приблизительно равный. На участках №1 и №4 вариабельность выше чем на других.

Таблица 8. Диаметр смоляных ходов сосны обыкновенной *Pinus sylvestris*.
Статистическая обработка

Параметры статистики	Участки исследования				
	1	2	4	5	6
Диаметр смоляных ходов					
минимум	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
макс	0,08	0,09	0,09	0,075	0,09
среднее арифметическое	0,049	0,053	0,051	0,037	0,044
среднее квадратичное отклонение	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002
значение сигма	0,0141	0,0151	0,0141	0,0159	0,0148
ошибка средней арифметической	0,0010	0,0015	0,0010	0,0015	0,0009
коэффициент вариации	510,655	657,0043	502,8581	570,4615	387,3707

Анализируя таблицу, мы видим, что самый высокий показатель диаметра смоляных ходов у 2-го, 4-го и 6-го участков, самый низкий – у 5-го. Ошибка средней арифметической в пределах нормы, что говорит о достоверности данной выборки. Разброс данных у всех участков приблизительно равный. На всех исследуемых участках сильная вариабельность.

Вывод

В ходе работы мы отобрали участки с разной антропогенной нагрузкой в городе и пригороде Стрежевого, а также вблизи г. Нижневартовска. Для сосны кедровой участки располагались в городском парке, рядом с аэропортом г. Стрежевого, вблизи дач и в пригороде. Для сосны обыкновенной участки располагались у «Дома природы», в районе дач и вблизи г. Нижневартовска.

В качестве биоиндикатора окружающей среды нами была использована сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* и сосна кедровая *Pinus sibirica*. Проведя анализ морфометрических параметров, мы увидели, что на настоящий момент загрязнение воздушного бассейна нашего района регистрируется изменением морфометрических показателей количества смоляных ходов сосны обыкновенной *Pinus sylvestris*. Методика по оценке морфометрических показателей (длина хвои, количество хвоинок в пучке) хвои сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* и сосны кедровой *Pinus sibirica* на малых загрязнениях не показала значимых результатов, стандартная методика оценки загрязнения по степени усыхания и повреждения хвои сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* так же видимых отклонений не зарегистрировала.

Мы можем отметить, что изменение морфометрических параметров (длина хвои, количество хвоинок в пучке) хвои и диаметра смоляных ходов не регистрируют малые загрязнения выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферный воздух в параметрах от 4 000 тонн (г. Стрежевой, источник Доклад «Об экологической ситуации в Томской области в 2020 году» - Администрация Томской области, Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода») до 12 000 тонн в год (г. Нижневартовск, источник Доклад «Об экологической ситуации в ХМАО в 2020 году» - Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды ХМАО).

Из изученных нами параметров срезов хвои сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* особо чувствительным к малым загрязнениям атмосферного воздуха оказались изменения количества смоляных ходов.

Список используемой литературы

1. The Wayback Machine [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://web.archive.org/web/20150626132842/>
2. Ашихмина Т. Я. [и др.] Экологический мониторинг / учебно-методическое пособие / М: «Академический проект», 2006. – 416 с.
3. Бронникова, Д. М. Внутрипопуляционная изменчивость хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на территории заказника «Бирский» Республики Башкортостан / Д. М. Бронникова, Н. В. Шахринова. Научная статья, опубликованная в журнале «Молодой ученый.» – 2016. – № 5 (109). – С. 194–197.
4. 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
5. Вишнякова С.В. Лесоводственно-экологические особенности видов темнохвойных в посадках г. Екатеринбурга. Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 2009. – 23 с.
6. Ежегодный доклад Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области ОГБУ «Облкомприрода», Томск 2020. – 134с.
7. Калинин В.К., Иванов Г.М. Свинец в растениях Забайкалья/1997.
8. Леонтьев В.В. Лабораторный практикум по общей экологии: учебно-практическое издание для студентов-бакалавров биологических профилей /, Елабуга: Центр оперативной печати «АБАК», 2020. – 46 с.
9. Огород садовод / Сосна кедровая европейская: описание хвойного дерева [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://ogorodsadovod.com/entry/3041-sosna-keдрovaya-evроpeiskaya-opisanie-khvoинogo-dereva>
10. Озолинчюс Р. Хвойные. Морфогенез и мониторинг. – Каунас, 1996. – 338 с. 16. Онучин А.А., Спицына Н.Т. Закономерности изменения массы хвои в хвойных древостоях. // Лесоведение, 1995, № 5, с. 48–58.
11. Опекунова М. Г. О-60 Биоиндикация загрязнений: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2016. – 300 с.
12. Официальный интернет - портал Администрации Томской области / Природные ресурсы [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://tomsk.gov.ru/Gorod-Strezhevoy-nature-res>
13. официальный сайт органов местного самоуправления [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://admstrj.tomsk.ru/o-gorode.html>
14. Сергейчик С.А. Эколого-физиологический мониторинг устойчивости сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в техногенной среде. Научная статья, опубликованная в журнале «Биосфера» от 6.10.2015 г.
15. Скупченко В.Б., Соколова Л.О. Биоиндикация окружающей среды Учебное пособие для студентов специальностей «Лесное дело», «Лесное хозяйство» и «Садово-парковое и ландшафтное строительство» Санкт-Петербург 2008 г. – 95 с.
16. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ: наука и практика / Использование программы MICROSOFT EXCEL в биометри [Электронный ресурс] – режим доступа: www.yrazvitie.ru
17. Фанера базар / Леса Томской области [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://fanera-bazar.ru/fanera-news-all/lesa-tomskoy-oblasti/>