

*Е.С.Овечкина  
Р.И.Шаяхметова  
Нижневартовск, Россия*

*E.S.Ovechkina  
R.I.Shayakhmetova  
Nizhnevartovsk, Russia*

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ТЕРРИТОРИИ НИЖНЕВАРТОВСКОГО РАЙОНА

## MORPHOLOGICAL CHANGES OF SCOTS PINES IN NIZHENVARTOVSK REGION

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследований по морфологии хвои, побегов сосны обыкновенной и изменчивости содержания пигментов за период 2004—2012 гг. Анализ проведен по зонам антропогенного воздействия: рекреационной и промышленной.

**Ключевые слова:** хвоя, пигменты, хлорофиллы, биоценозы, индекс экологического соответствия.

**Сведения об авторах:** Овечкина Елена Сергеевна<sup>1</sup>, доцент кафедры экологии, кандидат биологических наук, Шаяхметова Раиса Иршатовна<sup>2</sup>, аспирант кафедры экологии.

**Место работы:** Нижневартовский государственный университет.

**Abstract.** The work presents the studies of pine needle morphology, morphology of Scots pine shoots, variability in the content of pigments within 2004—2012 period. The analysis was conducted in such zones of human-induced impact as recreational and industrial.

**Key words:** pine needles, pigments, chlorophylls, biocenoses, environmental compatibility index.

**About the authors:** Elena Sergeevna Ovechkina<sup>1</sup>, Associate Professor at the Department of Ecology, Candidate of Biological Sciences; Raisa Irshatovna Shayakhmetova<sup>2</sup>, post-graduate student at the Department of Ecology, Nizhnevartovsk State University.

**Контактная информация:** <sup>1</sup> 628605, г.Нижневартовск, ул.Ханты-Мансийская, 17, кв. 81, тел.: (3466)437769; <sup>2</sup> 628605, г.Нижневартовск, ул.Интернациональная, 146, кв. 3, тел.: 9825493063.  
E-mail: <sup>1</sup> pinus64@mail.ru; <sup>2</sup> uni@nggu.ru

В основу работы положены материалы, собранные в период 2004—2012 гг. Исследования рекреационных зон проводились на территории Нижневартовского района. Объектами исследования послужили зеленомошные, долгомошные, лишайниковые и кустарничково-сфагновые сосняки, характеризующиеся полидоминантным древостоем с участием лиственных пород и кедра.

Площадки с промышленным воздействием были заложены на территории Самотлорского, Тюменского, Ново-Молодёжного, Гун-Еганского, Никольского и Самотлорского месторождений нефти, у полигона ТБО г.Нижневартовска, а также выбраны рекреационные зоны на различном расстоянии от населенных пунктов района. Участки рекреационной зоны выбирались с различной степенью нагрузки.

Всего было выполнено 192 полных геоботанических описания по стандартной методике, сделано более 500 измерений побегов и хвои на побегах 1—3-летнего возраста.

Для определения состояния хвои на каждой площадке производился отбор хвои с деревьев 15—20-летнего возраста. Анализ проводился по следующим признакам: количество хвои на побеге, длина и ширина хвои, вес хвои, некрозы и усыхание, а также длина побега. По результатам измерений рассчитывался индекс охвоённости.

Изучение содержания пигментов в листьях сосны обыкновенной проводилось по стандартной методике спектрофотометрическим методом с трёхкратной повторностью.

Расчёт количества хлорофилла А и хлорофилла В проводился по формуле Лихтенталера:

$$\begin{aligned} X_{ла} &= 11,75 * E_{662} - 2,35 * E_{645}; \\ X_{лб} &= 18,61 * E_{645} - 3,96 * E_{662}. \end{aligned}$$

Расчет суммы каротиноидов проводился по формуле:

$$\Sigma = 1000 * E_{470} - 2,27 * X_{ла} - 81,4 * X_{лб} / 227,$$

где E – величина оптической плотности, регистрируемая спектрофотометром [7. С. 18].

В рамках работы определялись степень изменчивости морфометрических показателей особей *Pinus sylvestris* под влиянием рекреационных и промышленных нагрузок различной интенсивности и содержание хлорофиллов.

При оценке состояния описанных сообществ проводились измерения высоты и диаметра деревьев и вычислялись показатели их экологического соответствия (табл. 1).

Таблица 1

**Коэффициент экологического соответствия высоты и диаметра  
древесного яруса сосняков Нижневартковского района**

Расстояние от населенного пункта, км	1-й ярус		2-й ярус	
	вид	КЭС, %	вид	КЭС, %
0—2	<i>Pinus sylvestris</i> L.	63,19	<i>Pinus sylvestris</i> L.	80
			<i>Betula pubescens</i> Enrh.	82,2
2,1—5	<i>Pinus sylvestris</i> L.	74,17	<i>Pinus sylvestris</i> L.	89,56
	<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	89,44	<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	82,8
	<i>Betula pubescens</i> Enrh.	80,64	<i>Betula pubescens</i> Enrh.	86,15
	<i>Picea obovata</i> Ledeb.	92		
	<i>Populus tremula</i> L.	89		
5,1—10	<i>Pinus sylvestris</i> L.	92,61	<i>Pinus sylvestris</i> L.	83,63
	<i>Betula pubescens</i> Enrh.	97,2	<i>Betula pubescens</i> Enrh.	76,56
	<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	71,42	<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	84,11
10,1-15	<i>Pinus sylvestris</i> L.	78,08	<i>Pinus sylvestris</i> L.	83,95
	<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	86	<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	91,25
			<i>Betula pubescens</i> Enrh.	91,6
15,1—20	<i>Pinus sylvestris</i> L.	81,93	<i>Betula pubescens</i> Enrh.	87,05
	<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	85	<i>Pinus sylvestris</i> L.	76,79
			<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	83
20,1—25	<i>Pinus sylvestris</i> L.	73,06	<i>Pinus sylvestris</i> L.	74,69
Более 25	<i>Pinus sylvestris</i> L.	83,3	<i>Pinus sylvestris</i> L.	88,57
	<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	83,3	<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	80
			<i>Betula pubescens</i> Enrh.	75,38

Согласно полученным данным экологического соответствия морфологии деревьев наиболее стабильные показатели характерны для второго яруса сообществ, что является закономерным, т.к. развитие особей происходит под пологом леса и на ранних этапах роста угнетение развития не наблюдается. Коэффициент экологического соответствия сосны обыкновенной меняется от 63,19 до 92,61. Это максимальные изменения. Для других видов характерна большая стабильность этого показателя.

Средние морфометрические показатели рекреационных сосняков по мере уменьшения степени нагрузки представлены в таблице 2. В данной таблице все сообщества были сгруппированы в зависимости от их степени нарушенности, видового состава и структуры в 3 группы с различной степенью нагрузки: высокой, средней и низкой.

Средние морфометрические показатели рекреационных сосняков

Степень нагрузки	Длина побега, см	Количество хвои на побеге	Длина хвои, см	Вес хвои, г	Индекс охвоенности побега
Высокая	11,46±0,10	56±0,19	2,93±0,09	0,070±0,001	5,28±0,10
Средняя	19,00±0,12	70±0,19	3,81±0,08	0,024±0,001	3,69±0,07
Низкая	25,23±0,15	93±0,20	3,88±0,07	0,017±0,001	3,65±0,08

По мере увеличения степени антропогенной нагрузки происходит уменьшение количества хвоинок на побеге при уменьшении длины самого побега и длины хвоинок, при этом индекс охвоенности возрастает.

Количество хвоинок в сравнении с контрольными площадками уменьшается на 25% на площадках со средней степенью антропогенной нагрузки и почти на 40% — с высокой степенью нагрузки, при этом длина побега уменьшается на 24% и 54% соответственно, длина хвоинок — на 2% и 24% соответственно.

Средние значения количества хвоинок на площадках с высокой степенью рекреационной нагрузки — 56±0,19 при min 28 и max 89, со средней степенью нагрузки — 70 при min 43 и max 99, с низкой степенью нагрузки — 93±0,20 при min 55 и max 129.

Средние значения длины побега на площадках с высокой степенью рекреационной нагрузки — 11,46±0,10 см при min 4,5 см и max 23,5 см, со средней степенью нагрузки — 19,00±0,12 см при min 11,2 см и max 26,2 см, с низкой степенью нагрузки — 25,23±0,15 см при min 16,8 см и max 28,9 см.

Средние значения длины хвои на площадках с высокой степенью рекреационной нагрузки — 2,93±0,09 см при min 1,05 см и max 5,57 см, со средней степенью нагрузки — 3,81±0,08 см при min 2,45 см и max 4,95 см, с низкой степенью нагрузки — 3,88±0,07 см при min 2,14 см и max 4,91 см.

Но при этом наблюдается динамика увеличения степени охвоенности побегов и массы хвои. Индекс охвоенности увеличивается в сравнении с контрольными площадками на 1% на площадках со средней степенью антропогенной нагрузки и на 30% — с высокой степенью нагрузки, масса хвои увеличивается на 3% и на 149% соответственно.

Средние значения степени охвоенности на площадках с высокой степенью рекреационной нагрузки — 5,28±0,10 при min 2,87 и max 14,44, со средней степенью нагрузки — 3,69±0,07 при min 2,91 и max 4,30, с низкой степенью нагрузки — 3,65±0,08 при min 2,68 и max 4,46.

Средние значения массы хвои на площадках с высокой степенью рекреационной нагрузки — 3,96±0,08 г при min 0,97 г и max 9,02 г, со средней степенью нагрузки — 1,63±0,04 г при min 0,45 г и max 3,74 г, с низкой степенью нагрузки — 1,59±0,07 г при min 0,41 г и max 2,84 г.

Ширина хвои характеризуется очень низким уровнем индивидуальной изменчивости. Средняя ширина хвоинок: на площадках с высокой степенью антропогенной нагрузки — 0,56±0,03 мм при min 0,2 мм и max 1,1 мм, со средней степенью антропогенной нагрузки — 0,55±0,03 мм при min 0,4 мм и max 0,9 мм, с низкой степенью антропогенной нагрузки — 0,57±0,03 мм при min 0,2 мм и max 0,9 мм, — что свидетельствует о стабильности данного признака.

Таким образом, в связи с увеличением рекреационной нагрузки происходит уменьшение морфометрических показателей хвои и побега *Pinus sylvestris* L., но при этом увеличение степени охвоенности.

В незагрязнённых лесных экосистемах основная масса хвои сосны здорова, не имеет повреждений, и лишь малая часть хвои имеет светло-зелёные пятна и некротические точки

микроскопических размеров, равномерно рассеянные по всей поверхности [1. С. 123; 2. С. 156—160; 5. С. 102—108]. В загрязнённой атмосфере появляются повреждения (образование хлорозов и некрозов) и морфологические характеристики хвои могут использоваться для биоиндикации загрязнения воздуха оксидами азота и серы, бензапиреном [3. С. 123; 9. С. 269—275].

Анализ хвои производился на площадках с различной степенью рекреационной нагрузки в пяти повторах. Данные по состоянию хвои сосны обыкновенной для оценки загрязнённости атмосферы по мере уменьшения рекреационной нагрузки представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Повреждение хвои сосны обыкновенной в рекреационной зоне**

Места расположения площадок	Повреждение и усыхание хвои, %		
	без повреждения	с пятнами	с усыханием
Центр	50,0	30,4	19,6
Парк, сквер	50,2	32,6	17,2
Внутри микрорайонов	34,6	42,2	23,2
Вдоль дорог	49,6	35,2	15,2
На границе городской застройки	50,6	34,6	14,8
Удаление от города (1 км)	60,2	26,2	13,6
Удаление от города (5 км)	63,2	27,8	9,0

Сравнительный анализ полученных данных показывает, что на удаленных от города площадках наблюдается незначительный опад хвои сосны (количество хвоинок с усыханием — 9,0—13,6%), а количество хвои с пятнами достигает 26,2—27,8%.

По мере увеличения степени рекреационной нагрузки процент неповрежденных хвоинок составляет в среднем 47%, колебания на всех площадках от 34,6% до 50,6% (удаленные от города площадки — в среднем 61,7%).

Количество хвоинок с усыханием составляет в среднем по всем площадкам 18%, колебания от 14,8% до 23,2%. Количество хвоинок с пятнами составляет в среднем 35%, колебания от 30,4% до 42,2%.

Таким образом, с увеличением степени антропогенной нагрузки происходит уменьшение процента неповрежденной хвои и увеличение процента хвои с признаками усыхания и пятнами, что, по-видимому, отражает особенности реакции деревьев на неблагоприятные воздействия [11. С. 79—83].

Морфометрические показатели побегов и хвои сосны обыкновенной, произрастающей в зоне с техногенным воздействием, представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Средние морфометрические показатели побегов и хвои сосны обыкновенной, произрастающей в зоне с техногенным воздействием**

Вид воздействия	Длина побега, см	Количество хвоинок	Длина хвои, см	Ширина хвои, мм	Вес хвои, мг	Индекс охвоённости побега
Контроль	25,5±0,21	93±0,34	4,01±0,41	0,5±0,48	0,017±0,001	3,61±0,28
Промышленная зона	23,0±0,11	64±0,20	1,90±0,18	0,8±0,09	0,020±0,001	2,78±0,25
Месторождения нефти	13,1±0,11	71±0,20	3,59±0,31	1,1±0,08	0,042±0,002	6,82±0,5
Полигон ТБО	6,9±0,08	48±0,31	4,31±0,40	1,2±0,08	0,026±0,001	6,79±0,59

Значительные отклонения по всем показателям в сравнении с контрольными наблюдаются в зоне действия нефтяных месторождений и полигона ТБО.

Количество хвоинок в сравнении с контрольными площадками уменьшается на 24% в зоне действия факельного загрязнения и на 48% в районе полигона ТБО, при этом длина побега уменьшается на 48% и 73% соответственно. Длина хвоинок сосны обыкновенной, произрастающей на территории нефтяных месторождений, уменьшается на 11%, в районе полигона ТБО незначительно, на 7%, превышает контрольный показатель.

Средние значения количества хвоинок в зоне действия нефтяных месторождений —  $71 \pm 0,20$  при значительном колебании  $\min 9$ ,  $\max 136$ , в районе полигона ТБО — 70 при  $\min 15$  и  $\max 89$ ; средние значения длины побега  $13,1 \pm 0,11$  см при  $\min 2,5$  см и  $\max 21,0$  см и  $6,9 \pm 0,08$  см при  $\min 3,5$  см и  $\max 10,5$  см.

Средние значения длины хвои в зоне действия нефтяных месторождений — 3,59 см при  $\min 2,3$  см и  $\max 4,8$  см, в районе полигона ТБО — 4,31 см при  $\min 3,15$  см и  $\max 5,58$  см.

При этом также наблюдается динамика увеличения степени охвоенности побегов и массы хвои. Индекс охвоенности увеличивается в сравнении с контрольными площадками на 89% на площадках нефтяных месторождений и на 88% — в районе полигона ТБО; масса хвои увеличивается на 54% на нефтяных месторождениях и уменьшается на 28% в районе полигона ТБО.

Средние значения степени охвоенности побегов сосны обыкновенной, произрастающей на территории нефтяных месторождений, —  $6,82 \pm 0,5$  при  $\min 1,29$  и  $\max 18,00$ , в районе полигона ТБО — 6,79 при  $\min 4,29$  и  $\max 11,71$ .

Средние значения массы хвои побегов сосны обыкновенной, произрастающей на территории нефтяных месторождений, — 2,36 г при  $\min 0,28$  г и  $\max 6,43$  г, в районе полигона ТБО — 1,17 г при  $\min 0,42$  г и  $\max 2,27$  г.

Ширина хвои характеризуется низким уровнем индивидуальной изменчивости. Средняя ширина хвоинок на территории нефтяных месторождений 1,1 мм при  $\min 0,8$  мм и  $\max 1,47$  мм, в районе полигона ТБО — 1,2 мм при  $\min 1,0$  мм и  $\max 1,65$  мм.

Результаты по остальным пробным площадкам не столь однозначны.

Количество хвоинок уменьшается на всех площадках в сравнении с контрольными на 23—31%, колебания средних показателей от 64 до 81 при контроле 93.

Длина побега незначительно меньше контрольной только в районе промышленной зоны (на 9%), на остальных площадках наблюдается удлинение побега на 13—31%, колебания от 28,9 см до 33,3 см при контроле 25,5 см.

Длина хвои также меньше контрольной только в районе промышленной зоны (на 53%), на остальных площадках наблюдается удлинение хвои на 25—37%, колебания от 5 см до 5,5 см при контроле  $4,01 \pm 0,41$  см.

При этом наблюдается нехарактерная динамика уменьшения степени охвоенности побегов на 22—45%, колебания от  $1,98 \pm 0,08$  до  $2,8 \pm 0,24$  при контроле  $3,61 \pm 0,28$ .

Средние значения массы хвои увеличиваются по сравнению с контрольными почти в 2 раза, колебания от 2,65 до 4,78 при контроле 1,62. Средняя ширина хвои колеблется от 0,8 до 1,3 см.

Таким образом, изменения морфометрических показателей неоднозначны. Наиболее значительное отрицательное влияние прослеживается на территории нефтяных месторождений и в районе полигона ТБО.

На территориях месторождений были описаны сосновые леса различных групп, при анализе состояния и оценке морфологии побегов и хвои данные по всем площадкам были сгруппированы соответственно типам леса. Сведения по изменчивости средних показателей морфологии хвои и побегов приведены в таблице 5.

Таблица 5

**Средние морфометрические показатели побегов и хвои сосны обыкновенной,  
произрастающей в зоне с техногенным воздействием по типам леса**

Длина побега	Количество хвои	Средняя длина хвои, см	Средняя ширина хвои, мм	Средний вес 1 хвои, г	Индекс охвоенности
<i>лишайниковый сосняк</i>					
28,9±0,41	81±0,80	5,50±0,53	1,30±0,02	0,059±0,006	2,80±0,021
<i>зеленомошно-кустарничковый сосняк</i>					
16,5±0,17	48±0,45	4,00±0,41	0,9±0,08	0,03±0,001	2,91±0,024
<i>чернично-зеленомошный сосняк</i>					
17,5±0,18	72,5±0,71	4,25±0,41	1,1±0,01	0,03±0,001	4,11±0,41
<i>мелкотравно-зеленомошный сосняк</i>					
6,89±0,63	47,36±0,41	4,31±0,42	1,22±0,41	0,02±0,001	6,79±0,71
<i>кустарничково-долгомошный сосняк</i>					
16,9±0,17	68±0,51	4,35±0,41	0,95±0,41	0,03±0,002	4,03±0,44
<i>кустарничково-сфагновый сосняк</i>					
12,41±0,12	73,54±0,71	3,41±0,41	1,14±0,11	0,04±0,003	7,87±0,75
<i>осоково-сфагновый сосняк</i>					
17,0±0,18	68±0,77	4,00±0,41	0,9±0,08	0,040±0,003	4,00±0,043

Наибольшие показатели длины побега отмечаются в сосняках лишайниковых, как и количество хвои, но индекс охвоенности в данных сообществах ниже всех типов леса. В целом же можно констатировать соответствие средних морфологических показателей условиям обитания в выделенных типах леса. Характер освещенности, увлажнения определяет основные показатели роста и развития сосновых лесов. Ряд исследователей отмечает наибольшее влияние на интенсивность роста сосны влажности почвы [21. С. 210; 18. С. 848—858; 20. С. 330—335]. Соответственно полученным данным, эта закономерность просматривается.

Анализ повреждения хвои сосны обыкновенной в зоне с техногенным воздействием производился на 41 площадке с различными видами промышленного воздействия (факельное загрязнение и район полигона ТБО). Две контрольные площадки были заложены в 10 км от г. Нижневартовска. Данные по состоянию хвои сосны обыкновенной представлены в таблице 7.

Таблица 7

**Повреждения хвои сосны обыкновенной,  
произрастающей в зоне с техногенным воздействием**

Места расположения площадок	Повреждение и усыхание хвои, %		
	без повреждения	с пятнами	с усыханием
Контроль	61,7	27,0	11,3
Факельное загрязнение	19,8	37,3	42,9
Полигон ТБО	21,0	59,3	19,7

На контрольных площадках в фоновых древостоях наблюдается незначительный опад хвои сосны (количество хвоинок с усыханием — 9,0—13,6%), а количество хвои с пятнами достигает 26,2—27,8%. В сравнении с контрольными древостоями аналогичные показатели древесного яруса и подроста на опытных площадках практически в 1,5—4 раза выше.

В районе факельного загрязнения процент неповрежденной хвои составляет в среднем 19,8%, колебания составляют от 9% до 55%; в районе полигона ТБО — в среднем 21%, колебания составляют от 10% до 40% (контрольные площадки — в среднем 61,7%).

Количество хвои с усыханием в районе факельного загрязнения — 42,9%, колебания от 11% до 77%; в районе полигона ТБО — в среднем 19,7%, колебания от 8% до 47% (контрольные площадки — в среднем 11,3%).

Количество хвои с пятнами составляет в среднем в районе факельного загрязнения 37,3%, колебания от 10% до 80%; в районе полигона ТБО — в среднем 59,3%, колебания от 30% до 88% (контрольные площадки — 27%). В районах промышленного загрязнения происходит уменьшение процента неповрежденной хвои и увеличение процента хвои с признаками усыхания и пятнами, что, по-видимому, отражает особенности реакции деревьев на неблагоприятные воздействия.

Анализ представленных сводных показателей подтверждает общую тенденцию реакции сосны обыкновенной на антропогенное загрязнение: с увеличением степени антропогенной нагрузки происходит уменьшение количества хвои на побеге при уменьшении длины самого побега и длины хвоинок, но при этом наблюдается динамика увеличения степени охвоенности побегов и массы хвои (табл. 8).

При сравнении степени изменения морфометрических показателей сосны обыкновенной при рекреационном и промышленном воздействии можно говорить о более значительном отрицательном воздействии рекреационной нагрузки, чем промышленной.

Таблица 8

**Морфология сосны обыкновенной, произрастающей в разных условиях антропогенного воздействия (в среднем по всем площадкам)**

Место обитания	Длина побега, см	Количество хвои на побеге	Длина хвои, см	Ширина хвои, мм	Вес хвои, мг	Индекс охвоенности побега
Контроль	25,5±0,24	93±0,98	4,01±0,41	0,5±0,05	0,017±0,0011	3,61±0,36
Рекреационная зона	18,3±0,18	73±0,71	3,41±0,31	0,6±0,05	0,037±0,004	4,25±0,43
Промышленная зона	22,52±0,23	68±0,72	4,25±0,43	1,13±0,09	0,039±0,004	3,98±0,41

Таблица 9

**Повреждение хвои сосны обыкновенной, произрастающей в разных условиях антропогенного воздействия (в среднем по всем площадкам)**

Место обитания	% неповрежденной хвои	% хвои с пятнами	% хвои с усыханием
Фоновые площадки	61,7	27,0	11,3
Рекреационная зона	47,0	35,0	18,0
Промышленная зона	20,4	48,3	31,3

Согласно данным, представленным в таблице 9, наблюдается также общая тенденция повышения количества повреждений хвои сосны обыкновенной: с увеличением степени антропогенной нагрузки происходит и увеличение хвои с признаками усыхания и пятнами.

При сравнении степени повреждения хвои сосны обыкновенной при рекреационном и промышленном воздействии можно говорить о более значительном отрицательном воздействии на состояние хвои промышленной нагрузки, чем рекреационной.

Наиболее существенным компонентом листьев растений, обеспечивающим максимальное поглощение лучистой энергии, являются пигментные системы хлорофилла и каротиноидов, заключенные в хлоропластах. Фотосинтетический аппарат клетки проявляет высокую чувствительность к различным загрязняющим веществам в воздухе, в результате чего может произойти нарушение световой и темновой фаз фотосинтеза, воздействуя на состояние хлорофилла, активность ферментов и др. [21. С. 54—67].

Исследования по изучению изменений содержания хлорофилла сосны обыкновенной проводились на побегах 1-, 2- и 3-го года жизни.

Материал для исследования собран в пределах рекреационной зоны (с различной степенью нагрузки), промышленной зоны (район промышленных предприятий пригорода и в пределах нефтяных месторождений) и на контрольных участках (70 км от города).

Сбор хвои производился на трёх равноудалённых точках одного участка (расстояние между точками составляло около 20 м). Отбиралась хвоя последних трёх лет жизни.

Максимальные показатели содержания хлорофиллов А и В наблюдаются на первом году жизни хвои, минимальные — на третьем году вне зависимости от места произрастания. Данная динамика характерна также и для каротиноидов.

Сравнительные данные по содержанию пигментов в зонах исследования приведены в таблице 10.

Таблица 10

**Содержание пигментов в хвое сосны обыкновенной, мг/г сырого веса**

Место обитания	Хл <sub>а</sub>	Хл <sub>б</sub>	Хл <sub>а+б</sub>	каротиноиды
Контроль	0,144±0,012	0,809±0,010	0,953±0,09	0,70±0,011
Рекреационная зона	0,108±0,011	0,326±0,010	0,435±0,011	0,74±0,010
Промышленная зона	0,10±0,008	0,573±0,009	0,673±0,012	0,75±0,012

Средние показатели содержания хлорофилла А значительно меньше, чем хлорофилла В вне зависимости от возраста хвои и места произрастания. Содержания хлорофиллов А+В максимальны в фоновых образцах — 0,953, минимальны в городской черте — 0,435, что составляет около 50% от фоновых значений.

В среднем содержание ассимиляционных пигментов хвои сосен за период исследования составило 0,652 мг/г сухого веса, 0,687 мг/г сырого веса.

Сходный характер реакции пигментной системы древесных растений на техногенное загрязнение отмечен ранее в ряде работ [11. С. 79—83; 16. С. 243—248; 17. С. 223], в которых также отмечается, что высокий уровень поллютантов вызывает торможение и разрушение фотосинтетических пигментов [18. С. 848—858].

Исследуемые фитоценозы в разное время горели, и пирогенная динамика просматривалась практически сразу же (характерный видовой состав растений, наличие валежника и усыхающих деревьев, большое количество окон и разнородность в сложении фитоценозов и т.д.). Участие зеленых мхов, *Cladina rangiferina* и брусники характерно для всех сообществ. В заболоченных сосняках наблюдается усиление влияния болотных видов — багульника, голубики, морошки, *Pleurozium schreberi* и влаго- и светолюбивых видов — сфагновых мхов, клюквы, подбела, кассандры и пушицы. Отдельные особи подроста с диаметром ствола свыше 10 мм оказывают существенное влияние на состояние напочвенного покрова в подкрановом пространстве. Это проявляется в увеличении видового разнообразия травяно-кустарничкового покрова.

Наиболее характерные средние показатели рекреационных сосняков представлены в таблице 11. Сравнивая данные по количеству подроста и видовой насыщенности в сообществах, можно сказать, что для всей группы описаний характерно удовлетворительное (3) и слабое (2) возобновление (по 5-балльной шкале успешности возобновления по группам лесных формаций Западной Сибири).

Таблица 11

**Средние показатели состава и структуры рекреационных сосняков**

Группы пробных площадей	1	2	3	4	5	6	7
<b>ДЯ, сомкнутость</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>
<b>1 ярус</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>
<i>Pinus sylvestris</i>							
ср. диаметр	22,75	29,66	28,7	35,4	24,5	21,9	22,5
min/max	16—36	16—18	26—31	30—45	21—30	18—30	19—24



высота	16—18	24	14—16	20	22	20	22
количество экз. на 1 га	600	225	175	175	300	275	250
<b><i>Pinus sibirica</i></b>							
ср. диаметр	—	32,2	20	25,8	25,4	—	21,66
min/max	—	28—36	17—27	22—30	22—30	—	19—25
высота	—	24	14—16	20	22	—	22
количество экз. на 1 га	—	125	125	125	150	—	225
<b><i>Betula pubescens</i></b>							
ср. диаметр	—	25	17,5	—	—	—	—
min/max	—	17—31	17—18	—	—	—	—
высота	—	24	14—16	—	—	—	—
количество экз. на 1 га	—	125	50	—	—	—	—
<b><i>Picea obovata</i></b>							
ср. диам	—	21	—	—	—	—	—
min/max	—	—	—	—	—	—	—
высота	—	22	—	—	—	—	—
кол-во экз на 1 га	—	25	—	—	—	—	—
<b><i>Populus tremula</i></b>							
ср. диаметр	—	31	—	—	—	—	—
min/max	—	—	—	—	—	—	—
высота	—	22	—	—	—	—	—
количество экз. на 1 га	—	25	—	—	—	—	—
<b>2 ярус, сомкнутость</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>
<b><i>Pinus sylvestris</i></b>							
высота	—	16—18	10	16	16	15	12
ср. диаметр	9,6	14,3	9,2	17,62	18,42	17,18	18,6
min/max	—	13—16	—	16—21	15—24	14—23	17—21
количество экз. на 1 га	125	75	125	200	175	275	125
<b><i>Betula pubescens</i></b>							
высота	11	16—18	10	16	16	—	—
ср. диаметр	8,5	11,2	12,25	19,25	15,66	—	13—18
min/max	—	—	—	18—21	14—18	—	13,57
количество экз. на 1 га	125	125	200	100	25	—	175
<b><i>Pinus sibirica</i></b>							
высота	—	16—18	10	16	16	—	—
ср. диаметр	—	13,25	15,4	18,25	17,42	—	19,2
min/max	—	—	—	18—25	14—21	—	13—24
количество экз. на 1 га	—	100	175	100	175	—	125
<b><i>Populus tremula</i></b>							
ср. диаметр	—	—	—	12	—	—	—
min/max	—	—	—	—	—	—	—
высота	—	—	—	16	—	—	—
количество экз. на 1 га	—	—	—	100	—	—	—
<b>Подрост</b>	<b>2400</b>	<b>2500</b>	<b>1700</b>	<b>2875</b>	<b>4350</b>	<b>4150</b>	<b>3275</b>
<i>Pinus sylvestris</i>	475	—	150	975	1950	1875	1950
<i>Betula pubescens</i>	1175	625	175	875	300	2200	75
<i>Pinus sibirica</i>	750	1475	650	275	350	75	100
<i>Populus tremula</i>	—	400	725	750	1750	—	1150
<b>КЯ, ОПП, %</b>	—	—	—	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0,5</b>	—
<b>ТКЯ, ОПП, %</b>	<b>60</b>	<b>48</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>65</b>
<b>МЛЯ, ОПП, %</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>60</b>	<b>40</b>

Таким образом, исследования позволили определить конкретные проявления адаптаций сосны обыкновенной в условиях Нижневартовского района и учесть изменения, происходящие при развитии в антропогеннопреобразованных экосистемах. При использовании сосны обыкновенной в качестве индикатора состояния окружающей среды необходимо учитывать тип леса, так как это существенным образом отражается на параметрах сосны. Из исследованных характеристик сосны наиболее информативными в условиях Нижневартовского района признаны морфологические особенности хвои и относительное жизненное состояние древостоев, а также содержание ассимиляционных пигментов и морфометрические характеристики деревьев.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л., 1987.
2. Васфилов С.П. Влияние загрязнений воздуха на сосну обыкновенную. Екатеринбург, 2005.
3. Гетко Н.В. Растения в техногенной среде. Минск, 1989.
4. Гирс Г.И. Физиология ослабленного дерева. Новосибирск, 1982.
5. Дедков В.П., Масленников П.В., Гребенев Н.Н. Содержание антоцианов как показатель нефтяного загрязнения растений и растительных сообществ дюн Куршской косы // Вестн. РГУ им. И. Канта. 2006. № 1.
6. Зотикова А.П., Бендер О.Г., Собчак Р.О., Астафурова Т.П. Сравнительная оценка структурно-функциональной организации листового аппарата хвойных растений на территории г.Горно-Алтайска // Вестн. Томск. гос. ун-та. 2007. № 299 (1).
7. Ивлиева О.В. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Геоэкологический мониторинг». Ростов на/Д, 2002.
8. Капелькина Л.П., Бадина Т.Б., Бакина Л.Г. Экологическая оценка почв и зеленых насаждений на транспортных магистралях Санкт-Петербурга // Экологизация автомобильного транспорта: Тр. Всерос. науч.-практ. семинара. СПб., 2008.
9. Кин О.Н. Растительные сообщества в зоне промышленной разработки газа и аккумуляции ими тяжелых металлов // Экология. 2008. № 4.
10. Королева Ю.В. Биоиндикация атмосферных выпадений тяжелых металлов на территории Калининградской области // Вестн. РГУ им. И. Канта. 2010. № 7.
11. Лапин А.А., Борисенков М.Ф., Карманов А.П. и др. Антиоксидантные свойства продуктов растительного происхождения // Химия растительного сырья. 2007. № 2.
12. Лукина Н.В., Сухарева Т.А., Исаева Л.Г. Техногенные дигрессии и восстановительные сукцессии в северотаежных лесах. М., 2005.
13. Полевой В.В., Максимова Г.Б. Методы биохимического анализа растений. Л., 1978.
14. Станченко Л.Ю. Эколого-геохимическая оценка и типизация урбоэкосистем Калининграда и Светлогорска // Естественные и технические науки. 2008. № 6.
15. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнима Н.М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам. Петрозаводск, 2007.
16. Тужилкина В.В. Реакция пигментной системы хвойных на длительное аэротехногенное загрязнение // Экология. 2009. № 4.
17. Усманов И.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений. М., 2001.
18. Холодова В.П., Волков К.С., Кузнецов В.В. Адаптация к высоким концентрациям солей меди и цинка растений хрустальной травки и возможность их использования в целях фиторемедиации // Физиология растений. 2005. Т. 52. № 6.
19. Чупахина Г.Н. Система аскорбиновой кислоты растений. Калининград, 1997.
20. Чупахина Г.Н., Масленников П.В. Адаптация растений к нефтяному стрессу // Экология. 2004. № 5.
21. Ярмишко В.Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на Европейском Севере. СПб., 1997.
22. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н., Бессережнова М.И. Реакция пигментной и антиоксидантной системы растений на загрязнение окружающей среды г.Калининграда выбросами автотранспорта // Вестн. Томск. гос. ун-та. Сер. «Биология». 2012. № 2 (18).
23. Yamasaki H., Uefuji H., Sakihama Y. Bleaching of the red anthocyanin induced by superoxide radical // Archives of Biochemistry and Biophysics. 1996. Vol. 332.
24. Yargholi B., Azimi A.A., Baghvand A. et al. Investigation of Cadmium Absorption and Accumulation in Different Parts of Some Vegetables // American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 2008. Vol. 3. № 3.