



**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ  
КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ  
ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЗОНАХ ДЕЙСТВИЯ  
АТМОСФЕРНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ  
ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Екатеринбург  
2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»**

Кафедра лесных культур и биофизики

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ  
КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ  
ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЗОНАХ ДЕЙСТВИЯ  
АТМОСФЕРНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ  
ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Методические указания к выполнению практических заданий  
обучающимися по направлению подготовки  
35.03.01 «Лесное дело», дисциплины «Оценка состояния лесных  
экосистем в условиях антропогенного воздействия»,  
05.03.06 «Экология и природопользование»,  
«Охрана окружающей среды»  
очной и заочной формы обучения

Екатеринбург  
2019

Рассмотрено и рекомендовано к изданию методической комиссией ИЛП.

Протокол № 2 от 05.10.2018.

Авторы:

В.В. Фомин, Д.Ю. Голиков,  
Н.В. Марина, М.И. Ушаков, Е.П. Платонов

Рецензент – И.В. Шевелина, доцент кафедры ТиЛУ УГЛТУ, канд. с.-х. наук.

Редактор Ленская А.Л.

Оператор компьютерной верстки Дунаева Е.Н.

---

Подписано в печать 31.10.2019		Поз. № 25
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 0,93	Цена

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Сектор оперативной полиграфии РИО

## **Введение**

Уральский регион – один из самых насыщенных промышленными предприятиями в России, поэтому для экосистем, расположенных на его территории, характерна высокая доля загрязнения. Одной из важнейших задач как в решении проблем сохранения и защиты лесов, так и при проведении импактного экологического мониторинга является объективная оценка состояния древостоев, расположенных на территориях, примыкающих к промышленным центрам. Оценка ущерба, наносимого загрязнениями, направленность и характер мероприятий по повышению устойчивости лесных насаждений должны базироваться на точной и объективной информации о состоянии древостоев. Одним из наиболее перспективных подходов к решению данной проблемы является использование комплекса ростовых, таксационных и физиологических характеристик древостоев. Поскольку, начиная с XIX в., вокруг развивающихся промышленных центров Урала создавались в основном культуры сосны, данная порода была использована в качестве объекта оценки состояния.

Целью работы является формирование представлений о проведении оценки состояния лесонасаждений на примере искусственных молодняков сосны, произрастающих в условиях атмосферных загрязнений на территории Первоуральско-Ревдинского промышленного узла.

## **Методика закладки пробных площадей**

В основу морфофизиологической оценки состояния древостоев, т.е. оценки по комплексу морфометрических (ростовых и таксационных) и физиологических параметров, положен метод обследования пробных площадей (блок-схема). В качестве примера предлагается провести оценку состояния сосновых молодняков на территории, прилегающей к Первоуральско-Ревдинскому промышленному узлу. Для расчетов предлагается использовать характеристики древостоев на 77 пробных площадях (ПП).

При закладке пробных площадей руководствуются следующими ограничениями: состав – чистые или смешанные сосновые древостои с долевым участием сосны не менее 5 единиц, возраст древостоев 20 – 40 лет, удаленность от автомобильных и железных дорог не менее 100 м. Для всех ПП определяют экспозицию, крутизну и часть склона; ПП ограничивают в натуре с помощью угломерных инструментов визирами, а по углам закрепляют столбами.

Каждая ПП имеет не менее 300 деревьев преобладающей породы. На всех ПП необходимо выделить и промаркировать группу из 40 деревьев с диаметрами, наиболее близкими к среднему. У деревьев из этих групп важно определить радиальные приросты за последние 5 лет путем взятия

керна древесины приростным буравом. У трех модельных деревьев необходимо определить высоты и приросты по высоте за этот же период. Для учета возрастной неоднородности исследуемых древостоев на всех ПП величины диаметров и высот приводят к 30 годам. Для этого к значениям диаметров и высот прибавляют или вычитают приросты за соответствующие периоды.



Блок-схема проведения комплексной морфофизиологической оценки состояния сосновых древостоев

В качестве физиологических используются характеристики фотосинтетического аппарата хвои сосны, т.е. содержание в ней пигментов, и квантовая эффективность (КЭ) второй фотосистемы (т.е. КПД фотосинтеза на уровне первичного преобразования световой энергии).

На каждой пробной площади у 10 – 15 деревьев из средней части кроны южной экспозиции срезаются побеги второго года. В лабораторных условиях определяется содержание хлорофилла “а” в хвое путем его экстрагирования 80 %-ным раствором ацетона с последующим определением оптической плотности экстракта и расчетом концентрации пигмента по формуле Вернона. Флуоресцентный параметр КЭ определится с помощью портативного импульсного флуориметра РАМ-2000. Поскольку физиологические характеристики по сравнению с морфометрическими изменяются

достаточно быстро, измерения этих величин необходимо проводить неоднократно. Для учета сезонных изменений через каждые 2 недели проводят повторные измерения физиологических характеристик на контрольной пробной площади.

### Комплексная оценка состояния древостоев

При проведении комплексной оценки состояния древостоев используется математическая модель, разработанная на основе функции желательности Харрингтона. В основе модели лежит способ преобразования натуральных значений частных признаков (диаметров, высот, приростов и др.) в шкалу кодированных значений с последующим переводом в шкалу безразмерных величин или показателей состояния (ПС) по формуле

$$d = 100e^{-e^{-y'_i}} \quad \text{либо} \quad d = 100 \cdot \exp[-\exp(-y'_i)], \quad (1)$$

где  $d$  – показатель состояния;

$y'_i$  – кодированное значение измеряемой характеристики.

Преобразования натуральных (измеренных) значений откликов ( $y_i$ ) в кодированные ( $y'_i$ ) проводят по линейной формуле

$$y'_i = A_0 + A_1 y_i. \quad (2)$$

Для нахождения коэффициентов  $A_0$  и  $A_1$  используют способ задания базовых точек. Значению признака на контрольной пробной площади присваивают кодированное значение  $y'_k = 0,75$ , что соответствует значению  $d_k$ , равному 62 баллам. В качестве второй характеристической точки выступает “худшее” натуральное значение признака. На шкале  $y'_i$  этой величине присваивают кодированное значение  $y'_x = -1,1$ , что соответствует 5 баллам на шкале ПС.

Таким образом, коэффициенты  $A_0$  и  $A_1$  в формуле (2) находят по следующим формулам:

$$A_1 = \frac{1,85}{(y_k - y_x)}, \quad (3)$$

$$A_0 = 0,75 - A_1 y_k, \quad (4)$$

где  $y_i$  - натуральное значение характеристики на  $i$ -й пробной площади;

$y_k$  - натуральное значение характеристики на контрольной ПП;

$y_x$  - натуральное значение характеристики на “худшей” ПП;

$y'_i$  - кодированное значение признака на  $i$ -й пробной площади.

Для элемента системы, например, дерева в древостое или древостоя в лесной экосистеме, состояние которой описано количеством  $n$  признаков, оценка состояния лимитируется характеристикой, имеющей минимальную величину ПС. В связи с этим при обобщении ПС используется не среднее арифметическое, а среднее геометрическое значение, так как для последнего характерна более высокая “чувствительность” к малым значениям усредняемых величин:

$$D = \sqrt[n]{d^{(1)} d^{(2)} \dots d^{(n)}}, \quad (5)$$

где  $D$  – обобщенный показатель состояния (ОПС);

$d^{(1)}, \dots, d^{(n)}$  – значения показателей состояния по отдельным параметрам;

$n$  – количество параметров.

Расчет ОПС по морфометрическим характеристикам проводится на основе величин ПС по ростовым параметрам, а ОПС по физиологическим характеристикам – на основе ПС по физиологическим параметрам (см. схему). Расчет показателей состояния по физиологическим характеристикам следует проводить отдельно по каждому периоду, в пределах которого сезонные изменения измеряемых параметров являются незначительными. На основе морфометрических и физиологических ПС рассчитывают комплексный ОПС.

Для качественного определения состояния древостоев используются интервалы величин ОПС. Если величины ОПС имеют значения 25 баллов или ниже, то состояние оценивается как очень плохое, 26 – 35 – плохое, 36 – 45 – удовлетворительное и свыше 45 – хорошее.

### Пример расчета ПС и ОПС

Задание заключается в том, чтобы, используя описанную выше математическую модель, рассчитать отдельно по каждому параметру для каждой пробной площади показатели состояния древостоя. Затем для каждой пробной площади провести расчет обобщенного показателя состояния.

Имеется набор морфометрических и физиологических параметров древостоев на 9 пробных площадях. Расчет ПС древостоев по одной характеристике – содержанию хлорофилла «а» в хвое приведен в табл. 1.

Таблица 1

Содержание хлорофилла «а» в хвое сосны на пробных площадях по периодам времени

№ ПП	11	23	31	40	10	15	27	38	49	10
Содержание хлорофилла «а», мг/г	2,140	2,946	2,056	2,505	2,332	1,991	2,04	2,099	2,356	2,081
Период времени, отн. ед.	I	I	I	I	I	II	II	II	II	II

Пробная площадь 10 – контрольная ( $y_k$ ), на ней измерения суммарного содержания хлорофилла «а» проводились дважды в связи с сезонными изменениями данной характеристики. Необходимо в пределах каждого периода времени отдельно найти минимальные значения рассчитываемой характеристики ( $y_x$ ).

Для первого периода:

$$y_k = 2,332 \text{ мг/г}; \quad y_x = 2,056 \text{ мг/г}.$$

Далее рассчитываются коэффициенты  $A_1$  и  $A_0$ :

$$A_1 = \frac{1,85}{(y_k - y_x)} = \frac{1,85}{(2,332 - 2,056)} = 6,703;$$

$$A_0 = 0,75 - A_1 y_k = 0,75 - 6,703 \cdot 2,332 = -14,881.$$

Натуральные значения ( $y_i$ ) преобразуются сначала в кодированные ( $y_i'$ ), а затем в баллы состояния ( $d_i$ ):

$$\begin{aligned} y_{11}' &= A_0 + A_1 y_{11} = -0,537; & d_{11} &= 100 \exp[-\exp(-y_{11}')] = 18 \text{ баллов}; \\ y_{23}' &= A_0 + A_1 y_{23} = 4,866; & d_{23} &= 100 \exp[-\exp(-y_{23}')] = 99 \text{ баллов}; \\ y_{31}' &= A_0 + A_1 y_{31} = -1,100; & d_{31} &= 100 \exp[-\exp(-y_{31}')] = 5 \text{ баллов}; \\ y_{40}' &= A_0 + A_1 y_{40} = 1,910; & d_{40} &= 100 \exp[-\exp(-y_{40}')] = 86 \text{ баллов}; \\ y_{10}' &= A_0 + A_1 y_{10} = 0,75; & d_{10} &= 100 \exp[-\exp(-y_{10}')] = 62 \text{ балла}. \end{aligned}$$

Для второго периода:

$$y_k = 2,081 \text{ мг/г}; \quad y_x = 1,991 \text{ мг/г};$$

$$A_1 = \frac{1,85}{(y_k - y_x)} = \frac{1,85}{(2,081 - 1,991)} = 20,556;$$

$$A_0 = 0,75 - A_1 y_k = 0,75 - 20,556 \cdot 2,081 = -42,026.$$

$$\begin{aligned} y_{15}' &= A_0 + A_1 y_{15} = -1,100; & d_{15} &= 100 \exp[-\exp(-y_{15}')] = 5 \text{ баллов}; \\ y_{27}' &= A_0 + A_1 y_{27} = -0,093; & d_{27} &= 100 \exp[-\exp(-y_{27}')] = 33 \text{ балла}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_{38} &= A_0 + A_1 y_{38} = 1,120; & d_{38} &= 100 \exp[-\exp(-y_{38})] = 72 \text{ балла}; \\
 y_{49} &= A_0 + A_1 y_{49} = 6,403; & d_{49} &= 100 \exp[-\exp(-y_{49})] = 100 \text{ баллов}; \\
 y_{10} &= A_0 + A_1 y_{10} = 0,750; & d_{10} &= 100 \exp[-\exp(-y_{10})] = 62 \text{ балла}.
 \end{aligned}$$

Аналогично проводят расчет ПС по другим параметрам. В результате вычислений каждая пробная площадь характеризуется рядом показателей состояния по отдельным характеристикам, а на их основе рассчитывают ОПС по формуле (5). Например, если для ПП 49 получены следующие показатели состояния в баллах: 100; 26; 12 21; 37; 40, то ОПС древостоев (D) для данной пробной площади равен 31 баллу.

### Ход работы

**Задание 1.** Ознакомиться с методикой проведения комплексной оценки состояния древостоев.

**Задание 2.** Провести расчет ПС и ОПС древостоев на основании приведенных в примере данных.

**Задание 3.** На основе величин морфометрических и физиологических характеристик древостоев, представленных в Приложениях А и Б, рассчитать показатели состояния по отдельным параметрам. При выполнении расчетов необходимо обратить внимание, что из списка ПП (столбец 1 в Приложениях А и Б) исключены некоторые номера.

Для нахождения “худшего” значения рассчитываемой характеристики в Приложении А необходимо в соответствующем столбце найти минимальное значение признака. “Худшие” значения для Приложения Б приведены в табл. 2.

Таблица 2

Контрольные и «худшие» значения физиологических характеристик древостоев пробных площадей

Номер ПП	Хл. "а", мг/г	КЭ, отн. ед.	Период времени, отн. ед.	Номер ПП	Хл. "а", мг/г	КЭ, отн. ед.	Период времени, отн. ед.
Контрольные значения				«Худшие» значения			
20	2,332	0,722	I		1,205	0,666	I
20	2,081	0,696	II		1,47	0,671	II
20	1,952	0,673	III		0,995	0,471	III
20	2,756	0,672	IV		1,943	0,647	IV
20	2,546	0,696	V		2,139	0,612	V

Работой заняты 6 бригад обучающихся. Расчет проводится только для ПП, расположенных в определенных направлениях от СУМЗа (Приложение А, столбец 2):

1-я бригада – северо-восток, северо-запад, запад;

2-я бригада – северо-запад, юго-запад, восток;

3-я бригада – юг, восток, северо-восток;

4-я бригада – северо-восток, север, северо-запад;

5-я бригада – юго-восток, север, юг;

6-я бригада – северо-запад, восток, юг.

Обобщенные показатели состояния рассчитываются как по совокупности морфометрических и физиологических характеристик отдельно, так и по их комплексу.

**Задание 4.** С помощью пакета программы **ArcView GIS** нужно построить карту-схему состояния лесонасаждений в исследуемом районе. Для этого необходимо воспользоваться данными из Приложения В, где приведены номера и плановые координаты пробных площадей ( $X$ ,  $Y$ ), а также величинами ОПС, рассчитанными в процессе работы и рассматриваемыми как значения аппликаты  $Z$ . Процесс расчета, или предсказания значений ОПС ( $Z$ -параметра) между точками измерения, называется интерполяцией. С помощью преподавателя необходимо загрузить подготовленные данные в программу **ArcView GIS**, подобрать наиболее подходящий метод пространственной интерполяции и построить геостатистическую поверхность. Изолиниями территория разбивается на зоны с разным состоянием древостоев.

**Задание 5.** На каждом из указанных направлений на карте-схеме необходимо выбрать 4 точки: наиболее удаленную от СУМЗа ПП, самую близкую к заводу ПП и две ПП, находящиеся приблизительно на одной прямой с первыми двумя. При этом ПП желательно должны принадлежать к зонам с разным состоянием древостоев.

Для нахождения зависимостей между значениями ОПС, рассчитанными по совокупности морфометрических ( $ОПС_m$ ), физиологических ( $ОПС_f$ ) и всего комплекса характеристик древостоев ( $ОПС_{об}$ ) и с учетом удаления от источника выбросов (СУМЗ) по каждому направлению, необходимо построить графики. По оси “ $y$ ” откладываются величины ОПС в баллах, по “ $x$ ” – расстояние от СУМЗа (табл. 3, графа 3). Кривые строятся по четырем выбранным точкам.

## Создание отчета

Каждая бригада оформляет отчет на основе выполненных заданий. Отчет выполняется в электронном или печатном виде, шрифт 14, интервал полуторный, поля: верхнее – 2,5 см, правое и левое – 2 см, нижнее – 3 см, сквозная нумерация страниц.

Структура отчета:

- титульный лист;
- краткое описание целей и задач работы;
- краткое описание метода;
- расчеты в виде таблицы;
- карта-схема, построенная с помощью программы **ArcView GIS**;
- графики зависимостей ОПС от расстояния до СУМЗа на отдельных листах;
- выводы, сделанные на основании анализа карты, графиков, а также общий вывод по работе.

Таблица 3

Расчет обобщенных показателей состояния древостоя

Направление	№ ПП	Показатели состояния, баллы						ОПС <sub>м</sub> , балл	ОПС <sub>ф</sub> , балл	ОПС <sub>об</sub> , балл
		по диаметру	по высоте	по приросту за 5 лет		по содержанию хлоро- филла “а” в хвое	КЭ			
				по диаметру	по высоте					

Морфометрические параметры древостоев пробных площадей

Номер ПП	Направление	Расстояние от СУМЗа, км	Диаметр, см	Высота, м	Прирост за 5 лет	
					по диаметру, см	по высоте, м
1	2	3	4	5	6	7
1	СВ	8,5	9,6	12,28	0,87	2,11
2	СВ	12,4	8,4	10,65	0,40	2,17
3	СВ	9,7	8,5	10,90	0,64	2,2
4	СВ	12,5	8,3	12,57	0,37	1,67
5	СВ	12,3	10,0	11,47	0,49	1,59
6	ЮВ	3,1	12,2	14,51	0,43	1,45
7	СВ	4,1	6,2	6,45	0,41	1,29
8	СВ	18,0	11,7	10,94	0,83	2,39
10	С	12,4	14,4	13,01	1,00	2,67
11	СЗ	15,7	13,5	13,89	0,37	2,02
12	СЗ	12,1	11,3	13,26	0,53	2,03
13	СЗ	9,5	14,6	12,84	0,42	2,47
16	СЗ	4,2	8,7	10,07	0,41	1,45
<b>20*</b>	<b>ЮЗ</b>	<b>18,9</b>	<b>17,4</b>	<b>13,99</b>	<b>0,87</b>	<b>2,55</b>
21	ЮЗ	13,4	13,0	10,34	1,21	2,64
22	ЮЗ	13,5	13,1	14,06	0,34	2,37
23	ЮЗ	18,0	10,6	11,64	0,34	2,06
24	ЮЗ	15,0	8,5	12,05	0,52	2,22
25	ЮЗ	17,5	14,7	13,64	0,95	2,65
27	З	8,5	11,0	11,24	0,49	1,94
28	З	10,0	13,9	10,68	0,71	2,46
29	СЗ	11,2	13,3	12,51	0,45	2,21
30	СЗ	14,6	9,9	11,10	0,57	1,76
32	СВ	13,5	13,6	11,57	0,39	2,19
33	СВ	13,2	9,7	12,11	0,56	2,2
35	С	17,0	12,5	12,63	0,57	2,22
36	СВ	10,6	13,4	13,01	0,33	1,82
37	СЗ	14,5	10,8	13,31	0,60	2,44
38	СЗ	21,0	12,7	11,76	0,56	2,07
39	СЗ	14,5	11,7	11,84	1,03	2,32
40	СЗ	16,7	16,2	15,10	0,57	2,24
44	СВ	28,0	9,1	9,96	0,39	1,31
53	СВ	26,6	11,8	8,95	1,07	2,23
54	СВ	27,0	6,9	9,51	0,22	1,59

Продолжение Приложения А

1	2	3	4	5	6	7
55	СВ	28,0	11,8	13,26	1,08	2,36
71	ЮЗ	15,7	11,6	13,25	0,34	1,35
72	ЮЗ	17,7	11,8	11,58	0,46	1,2
73	ЮЗ	13,4	9,7	6,28	0,68	2,28
74	ЮЗ	16,5	12,6	13,50	0,82	2,32
75	Ю	15,4	11,5	14,20	0,61	1,96
76	ЮЗ	13,5	10,7	10,93	0,65	1,82
77	Ю	19,9	7,0	8,21	0,49	0,87
78	Ю	18,6	13,2	12,70	0,53	1,47
80	ЮЗ	18,5	10,8	11,94	0,58	1,94
81	ЮВ	14,5	9,8	11,77	0,67	1,99
82	ЮВ	16,7	13,1	13,95	0,49	2,70
83	ЮВ	17,0	11,0	12,29	0,65	2,00
85	ЮВ	16,0	10,6	11,95	0,48	1,60
87	ЮВ	7,1	7,8	9,49	0,65	2,11
88	ЮВ	5,6	9,0	10,18	0,34	1,12
92	ЮВ	6,9	11,6	11,39	0,33	0,68
96	В	11,7	10,7	12,59	0,51	2,10
97	В	12,6	8,8	12,34	1,10	2,36
98	В	11,4	8,2	12,19	0,32	1,41
99	В	20,9	11,5	11,96	0,42	1,56
100	В	20,5	13,2	10,72	0,39	0,43
103	Ю	8,8	10,6	14,89	0,41	1,00
104	Ю	9,0	12,9	14,15	0,35	2,47
107	ЮВ	9,1	8,6	10,86	0,44	2,18
112	ЮВ	11,0	11,6	15,37	0,37	2,07
113	ЮВ	11,0	11,5	16,30	0,30	1,85
114	ЮВ	10,1	15,6	13,81	0,40	2,18
119	ЮВ	16,8	15,7	15,77	0,95	2,28
120	ЮВ	18,2	8,3	10,68	0,50	1,40
121	ЮВ	19,9	12,8	11,68	0,69	1,46
122	ЮВ	21,6	9,4	10,82	0,76	2,07
126	СВ	17,2	13,2	14,60	0,51	1,72
127	СВ	14,5	11,5	10,54	0,36	0,98
129	В	17,5	10,9	12,83	0,44	1,26
130	В	17,7	12,7	11,77	0,52	1,78
131	ЮВ	17,2	11,9	13,73	0,83	2,94
132	ЮВ	20,6	14,7	12,25	0,61	2,24
135	ЮВ	20,1	13,9	14,81	0,61	1,71
136	ЮВ	15,2	14,5	14,05	0,44	1,87
137	ЮВ	19,4	13,1	10,84	0,67	2,31
138	ЮЗ	90,0	12,4	12,40	0,47	1,67
139	СВ	28,0	11,7	14,10	0,53	2,53
140	СВ	28,5	11,3	14,70	0,66	2,80

\* - контрольная ПШ

## Приложение Б

## Физиологические характеристики древостоев пробных площадей

Номер ПП	Хл. "а", мг/г	КЭ, отн. ед.	Период времени, отн. ед.	Номер ПП	Хл. "а", мг/г	КЭ, отн. ед.	Период времени, отн. ед.
1	2,140	0,734	I	76	2,606	0,663	IV
2	2,946	0,723	I	77	2,289	0,652	IV
3	2,056	0,727	I	78	2,627	0,673	IV
4	2,505	0,717	I	80	2,515	0,664	IV
5	2,627	0,682	V	81	2,546	0,680	IV
6	2,084	0,669	IV	82	3,077	0,655	IV
7	1,205	0,705	I	83	2,625	0,679	IV
8	2,330	0,721	I	85	2,758	0,665	IV
10	2,416	0,717	I	87	1,572	0,612	III
11	2,622	0,655	V	88	1,830	0,631	III
12	2,684	0,669	V	92	1,559	0,655	III
13	2,814	0,707	I	96	1,986	0,654	III
16	2,320	0,683	I	97	2,121	0,644	III
21	2,345	0,729	I	98	1,851	0,625	III
22	2,923	0,678	V	99	1,953	0,607	III
23	2,709	0,675	V	100	1,394	0,624	III
24	1,945	0,715	I	103	2,475	0,685	IV
25	2,545	0,721	I	104	2,469	0,676	IV
27	2,164	0,720	I	107	2,362	0,653	IV
28	2,465	0,729	I	112	3,158	0,653	IV
29	2,379	0,690	I	113	3,039	0,663	IV
30	2,229	0,708	I	114	2,923	0,657	IV
32	2,612	0,695	I	119	2,816	0,667	IV
33	1,907	0,738	I	120	2,949	0,654	IV
35	1,991	0,679	II	121	2,792	0,675	IV
36	2,782	0,702	I	122	2,790	0,677	IV
37	2,040	0,671	II	126	2,641	0,646	V
38	2,099	0,685	II	127	2,518	0,684	V
39	2,356	0,718	II	129	2,742	0,655	IV
40	2,279	0,689	II	130	2,789	0,664	IV
44	1,746	0,668	III	131	2,460	0,669	IV
53	1,470	0,707	II	132	2,759	0,668	V
54	1,500	0,700	II	135	2,527	0,612	V
55	1,945	0,686	II	136	2,242	0,678	V
71	3,190	0,665	IV	137	2,441	0,635	V
73	2,690	0,670	IV	138	2,139	0,657	V
74	2,734	0,663	IV	139	2,571	0,651	V
75	2,231	0,691	IV	140	2,849	0,660	V

Координаты пробных площадей, отн. единицы

Номер ПП	X	Y	Номер ПП	X	Y
1	22	28	76	15	7
2	24	32	77	15	2
3	28	24	78	15	3
4	30	26	80	8	6
5	29	27	81	26	7
6	20	18	82	25	6
7	23	21	83	26	6
8	27	36	85	29	9
10	21	33	87	24	17
11	17	36	88	24	19
12	16	33	92	25	18
13	16	30	96	30	20
16	16	24	97	31	18
20	1	12	98	30	19
21	6	17	99	40	20
22	6	16	100	39	20
23	1	14	103	20	13
24	7	10	104	20	12
25	1	18	107	21	12
27	10	21	112	24	11
28	8	23	113	23	11
29	8	26	114	22	12
30	6	28	119	29	8
32	5	33	120	28	6
33	27	31	121	28	3
35	22	39	122	27	1
36	27	27	126	35	26
37	15	35	127	33	24
38	17	42	129	36	19
39	12	34	130	36	18
40	13	37	131	35	17
44	45	33	132	38	13
53	44	29	135	35	9
54	45	29	136	31	13
55	46	29	137	33	8
71	9	8	138	1	45
72	9	6	139	31	45
73	12	9	140	31	46
74	13	5	СУМЗ	18	21
75	16	6			

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Адлер Ю П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1979. 279 с.
2. Калинин В. А. Модель оценки состояния пораженных древостоев. В. И. Крюк, Н. А. Луганский, С. А. Шавнин. // Экология. 1991. №3. С.21 – 28.
3. Фомин В. В. Морфофизиологическая оценка состояния сосновых молодняков в зоне действия атмосферных загрязнений Первоуральско-Ревдинского промышленного узла. // Автореферат на соискание ученой степени кандидата с.-х. наук. Екатеринбург: УГЛТУ. 1998. 23 с.
4. Shavnin S. A., Fomin V. V. and Marina N. W. Application of the generalized state index determination to ecological monitoring of forest in polluted areas // Measurements and Modeling in Environmental Pollution. –Southampton UK and Boston USA: Computational Mechanics Publication, 1997. P. 339-407.
5. Фомин В.В. Географические информационные системы: учебное пособие / В.В. Фомин, З.Я. Нагимов, С.А. Шавнин, Д.Ю. Голиков: Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2003. 90 с.