



В.М. Соловьев  
Е.Н. Нестерова  
С.А. Глушко

# МОРФОЛОГИЯ НАСАЖДЕНИЙ

Часть 1. Оценка строения древостоев насаждений разными методами

Екатеринбург  
2017

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра лесной таксации и лесоустройства

В.М. Соловьев  
Е.Н. Нестерова  
С.А. Глушко

# **МОРФОЛОГИЯ НАСАЖДЕНИЙ**

**Часть 1. Оценка строения древостоев насаждений разными методами**

Учебно-методическое пособие  
к выполнению лабораторных работ  
для обучающихся по направлению 35.04.01 «Лесное дело».  
Очной и заочной форм обучения

Екатеринбург  
2017

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛП.  
Протокол № 2 от 05 октября 2016 г.

Рецензент – канд. с.-х. наук, доцент А.А. Бартыш.

Редактор Н.В. Рощина  
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упова

---

Подписано в печать 21.03.17		Поз. 21
Плоская печать	Формат 60x84 1/8	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 1,39	Цена руб. коп.

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1. Обработка и подготовка материалов морфологических наблюдений для выражения строения древостоев.....	6
1.1. Результаты обработки полевых материалов перечислительной таксации насаждений на пробных площадях (ПП).....	6
1.2. Исходные данные для выражения и оценки строения древостоев разными методами.....	6
1.3. Подготовка рядов распределения и построение кривых накопленных процентов числа деревьев по ступеням толщины.....	7
2. Строение древостоев как соотношений числа деревьев разных размеров (метод выражения и оценки строения древостоев рядами процентного распределения числа деревьев по относительным ступеням значений признака).....	9
2.1. Процентное распределение числа деревьев по естественным и условным ступеням толщины.....	9
2.2. Определение статистических характеристик рядов распределения числа деревьев по степеням толщины.....	12
2.3. Сравнительный анализ дифференциации деревьев и строения древостоев.....	14
3. Строение древостоев как соотношение значений признаков деревьев по рангам (метод редукционных чисел) .....	15
3.1. Использование кривых накопленных процентов числа деревьев для получения значений диаметров стволов деревьев по рангам .....	15
3.2. Кривые высот для определения высот деревьев по ранжированным диаметрам.....	16
3.3. Ряды и кривые ранжированных значений признаков.....	16
4. Строение древостоев как связь между показателями деревьев .....	18
4.1. Составление корреляционного уравнения способом наименьших квадратов.....	18
4.2. Вычисление коэффициента корреляции между опытными и выровненными данными.....	19
Библиографический список.....	21

## **ВВЕДЕНИЕ**

Острая необходимость изучения леса в развитии подтверждается результатами научных исследований лесовосстановительных процессов в Уральском регионе и за его пределами [1–5].

Однако для изучения строения и формирования древостоев, как основных компонентов насаждений, нужны научно-обоснованные методы обработки и анализа полевых морфологических наблюдений.

В учебно-методическом пособии рассматриваются разные способы обработки и подготовки данных перечислительной таксации насаждений для выражения и оценки роста и дифференциации деревьев, строения и возрастной динамики древостоев.

Их освоение обучающимися и комплексное применение в будущей профессиональной деятельности будут способствовать успешному решению ряда важнейших научных и практических задач.

## 1. ОБРАБОТКА И ПОДГОТОВКА МАТЕРИАЛОВ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ ВЫРАЖЕНИЯ СТРОЕНИЯ ДРЕВОСТОЕВ

### 1.1. Результаты обработки полевых материалов перечислительной таксации насаждений на пробных площадях (ПП)

Для сравнительной оценки строения элементарных древостоев используются два варианта насаждений с уже составленной ранее таксационной характеристикой (табл. 1).

Таблица 1

Таксационная характеристика насаждений (на 1 га)

№ ПП (вариантов насаждений)	Преобладающая порода	Класс бонитета	Порода, поколение, происхождение	Описание по элементам общего древостоя								Ярусы	Состав яруса	Полнота яруса
				Растущих	Сухостойных	Средние			Сумма площадей сечений ( $\Sigma G$ ), м <sup>2</sup>	Относительная полнота	Запас растущих деревьев (M), м <sup>3</sup>		по запасу	абсолютная, м <sup>2</sup>
Площадь, га	Класс возраста	Тип леса	Возраст (A), лет			Высота (h), м	Диаметр (d), см	по числу деревьев				относительная		
Область _____, лесничество _____, квартал ____, выдел ____														
1														
Область _____, лесничество _____, квартал ____, выдел ____														
2														

### 1.2. Исходные данные для выражения и оценки строения древостоев разными методами

По данным полевых наблюдений (измерений) для древостоев каждой ступени толщины в рядах распределения определяются площади сечений на 1,3 м, средние возраст, высота, относительная высота и объем ствола (табл. 2).

Таблица 2

Распределение деревьев, их сумм площадей сечений на 1,3 м и показателей средних деревьев по ступеням толщины в вариантах насаждений 1 (числитель) и 2 (знаменатель)

Ступени толщины, см	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	Итого
Число деревьев, шт.													
Сумма площадей сечений ( $\sum G$ ), м <sup>2</sup>													
Высота деревьев (h), м													
Относительная высота ствола (h/d <sub>1,3</sub> )													
Объем ствола, м <sup>3</sup>													
Возраст деревьев (A), лет													

### 1.3. Подготовка рядов распределения и построение кривых накопленных процентов числа деревьев по ступеням толщины

Для построения кривых накопленных процентов числа деревьев по ступеням толщины того и другого варианта древостоев на рис. 1 и 2 абсолютное количество деревьев в ступенях заменяется на их проценты от общего числа, а затем нарастающим итогом получают ряды накопленных процентов числа деревьев (табл. 3).

Таблица 3

Трансформация (преобразование) рядов распределения деревьев в вариантах 1 (числитель) и 2 (знаменатель)

Ступени толщины, см	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	Итого
Число деревьев, шт.													
Процент числа деревьев													
Накопленный процент числа деревьев													

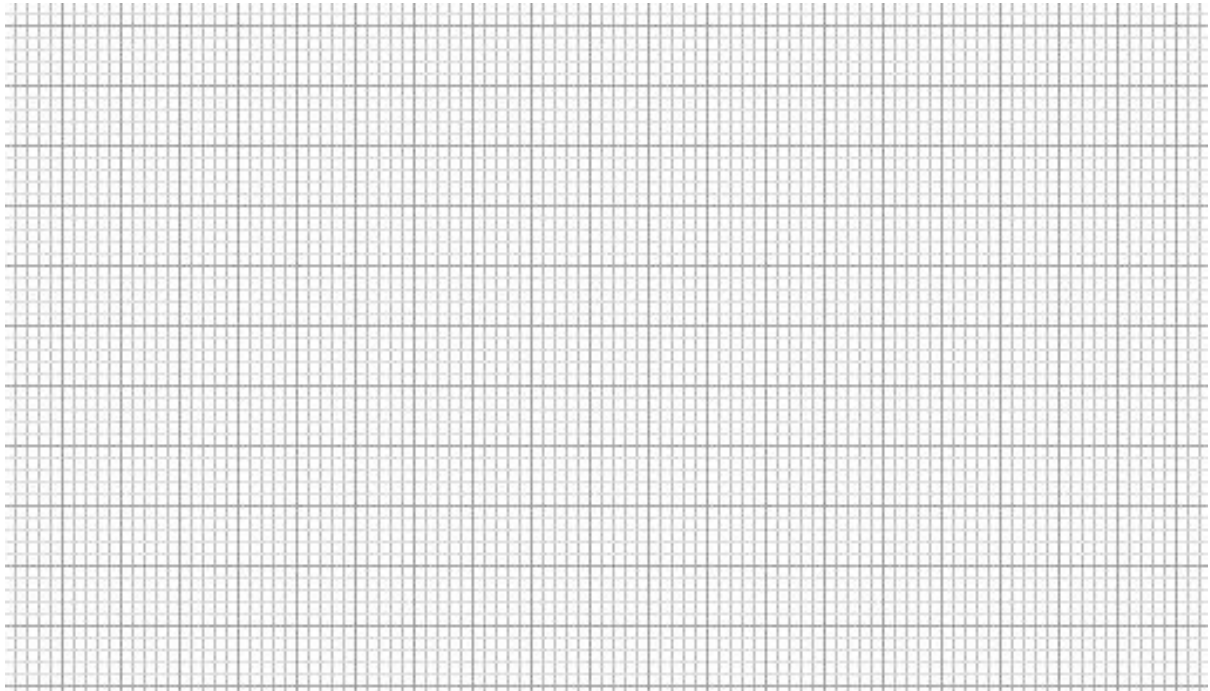


Рис. 1. Кривая накопленных процентов числа деревьев \_\_\_\_\_  
по ступеням толщины (вариант 1)

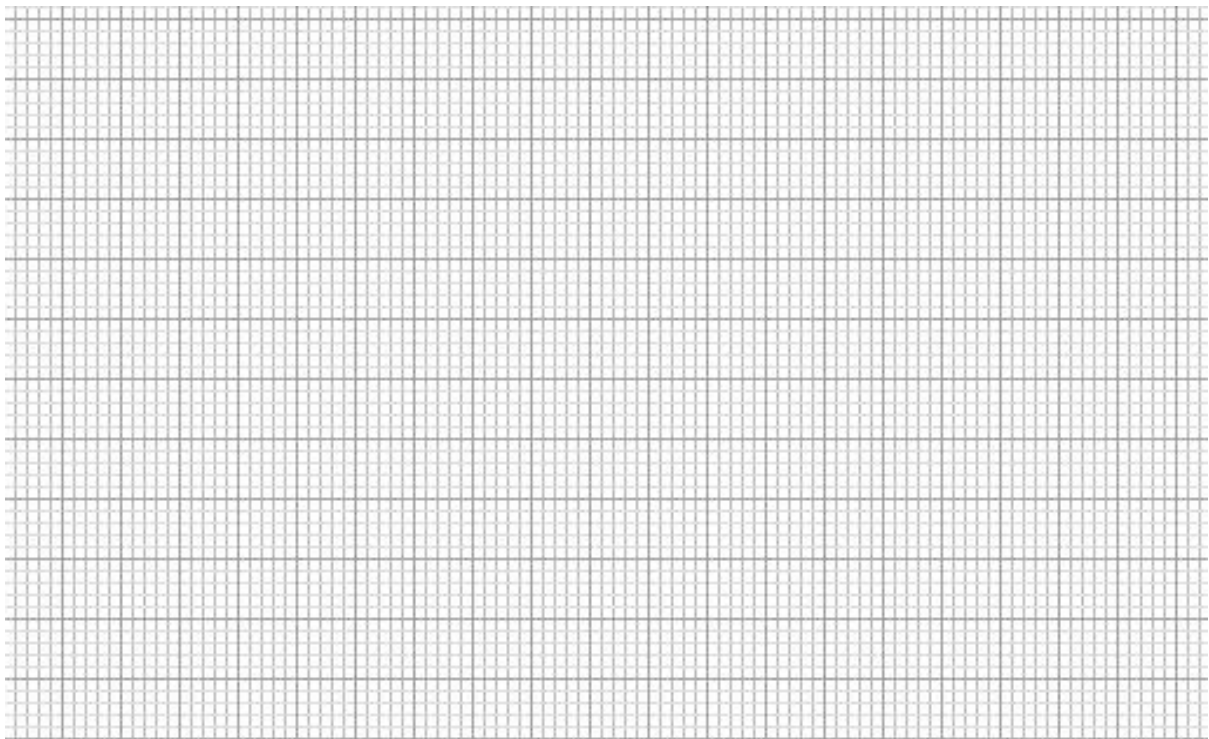


Рис. 2. Кривая накопленных процентов числа деревьев \_\_\_\_\_  
по ступеням толщины (вариант 2)



## 2. СТРОЕНИЕ ДРЕВОСТОЕВ КАК СООТНОШЕНИЙ ЧИСЛА ДЕРЕВЬЕВ РАЗНЫХ РАЗМЕРОВ (МЕТОД ВЫРАЖЕНИЯ И ОЦЕНКИ СТРОЕНИЯ ДРЕВОСТОЕВ РЯДАМИ ПРОЦЕНТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛА ДЕРЕВЬЕВ ПО ОТНОСИТЕЛЬНЫМ СТУПЕНЯМ ЗНАЧЕНИЙ ПРИЗНАКА)

### 2.1. Процентное распределение числа деревьев по естественным и условным ступеням толщины

Определение крайних относительных значений и числа естественных ступеней:

$$\min = \frac{d \min}{d_{cp}} =$$

$$\max = \frac{d \max}{d_{cp}} =$$

После определения значений и количества естественных ступеней ось абцисс на рис. 1 и 2 делится на соответствующее число одинаковых отрезков, из высших границ которых восстанавливаются перпендикуляры до пересечения с кривыми. Из точек пересечения проводятся параллельные оси абцисс линии, и с оси ординат снимаются накопленные проценты числа деревьев. Затем по разностям смежных накопленных процентов определяются обычные проценты, а по ним абсолютное число деревьев в ступенях (табл. 4).

Таблица 4

Распределение числа деревьев по естественным ступеням толщины в вариантах насаждений 1 (числитель) и 2 (знаменатель)

Естественные ступени	Представители разрядов значений												Итого	
Накопленный процент числа деревьев													100	
													100	
Процент числа деревьев														100
														100
Число растущих деревьев														

После этого для каждого варианта ось абсцисс (рис. 3) по числу естественных ступеней делится на равные между собой отрезки. Из середин этих отрезков, соответствующих естественным ступеням толщины, по оси ординат отмечаются проценты числа деревьев, после проведения через точки ломаной линии получаются многоугольники процентного распределения деревьев по естественным ступеням толщины.

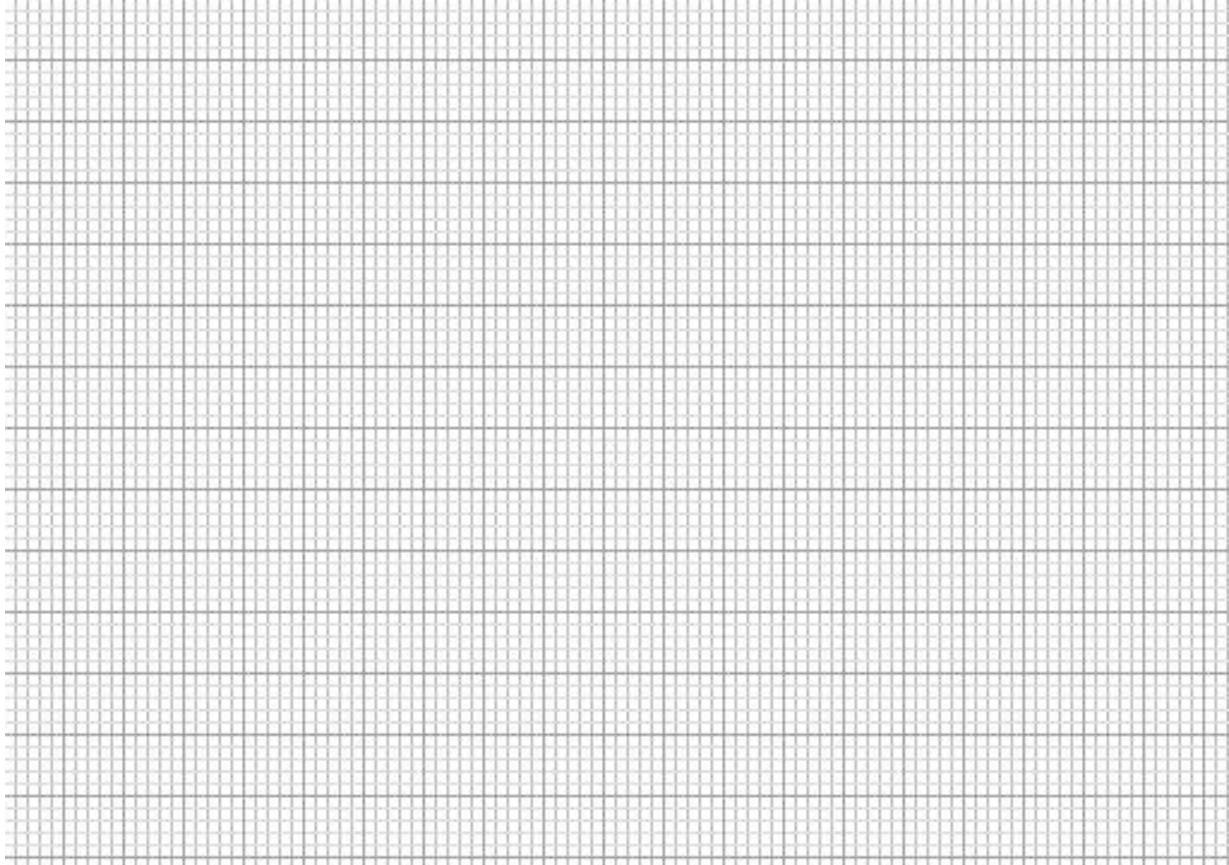


Рис. 3. Многоугольники процентного распределения деревьев \_\_\_\_\_ по естественным ступеням толщины в вариантах насаждений 1 ( ) и 2 ( )

Чтобы ряды распределения деревьев по относительным ступеням толщины в разных вариантах древостоев были сопоставимы между собой, ось абсцисс на рис. 1 и 2 делится на десять одинаковых отрезков, и по ним выполняются те же вычисления, что и в предыдущей таблице для естественных ступеней (табл. 5).

Таблица 5

Распределение числа деревьев по десяти условным ступеням толщины в вариантах насаждений 1 (числитель) и 2 (знаменатель)

Условные ступени	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого
Накопленный процент числа деревьев										100	
Процент числа деревьев											100
Число растущих деревьев											

Затем по рядам процентного распределения числа деревьев в табл. 5 на рис. 4 строим многоугольники процентного распределения деревьев по условным ступеням толщины.

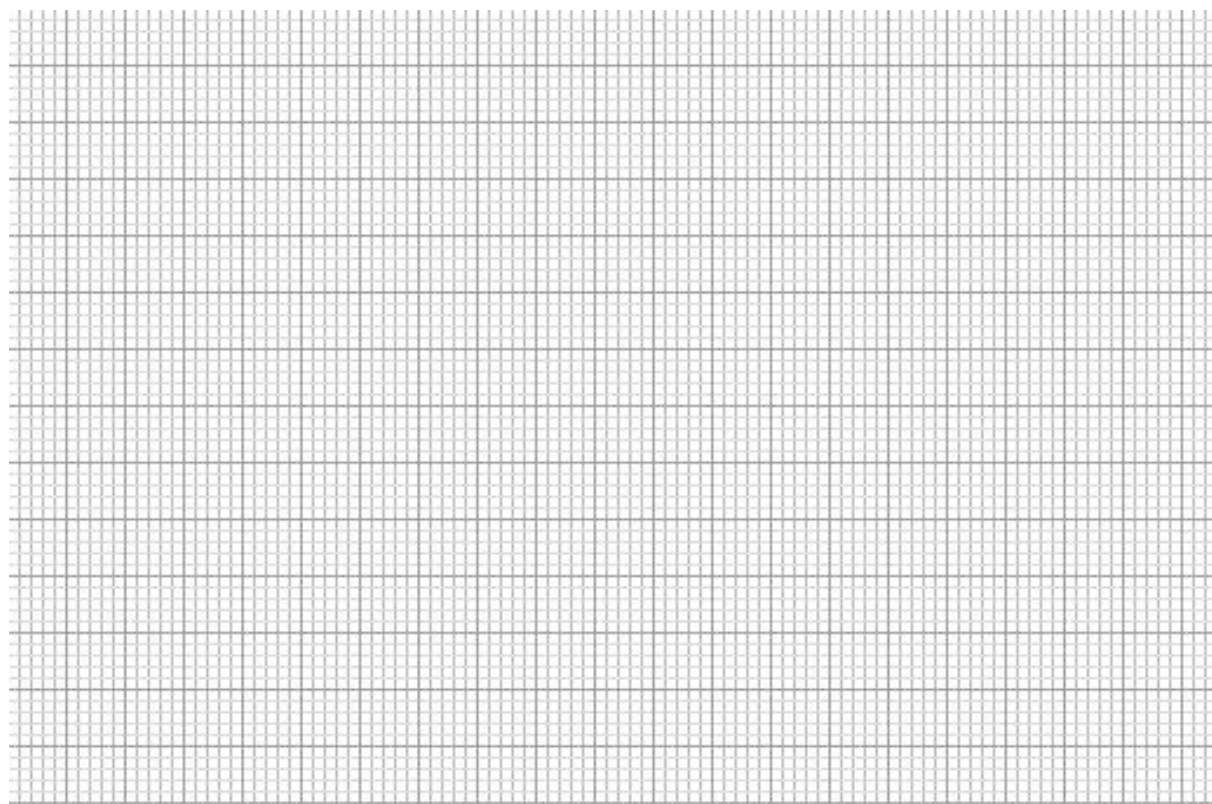


Рис. 4. Многоугольники процентного распределения деревьев \_\_\_\_\_ по условным ступеням толщины в вариантах насаждений 1 ( ) и 2 ( )

**2.2. Определение статистических характеристик рядов распределения числа деревьев по ступеням толщины**

При непосредственном определении статистических характеристик рядов распределения деревьев наименее трудоемкой считается вычислительная работа по способу сумм (табл. 6).

Таблица 6

Схема получения цифровых данных по способу сумм для выражения начальных моментов в рядах распределения деревьев в вариантах насаждений 1(а) и 2 (б)

Ступени толщины, см		Число деревьев		1		2		3		4		5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
		S	а										
			б										
		d	а										
			б										

В табл. 7 приведены расчетные формулы в порядке определения моментов и статистических характеристик рядов распределения деревьев.

Таблица 7

Вычисление начальных, центральных, основных моментов и определение по ним статистических характеристик распределения деревьев в вариантах насаждений 1(а) и 2 (б)

Вычисление моментов			Вычисление статистических характеристик		
Формулы	а	б	Формулы	а	б
1	2	3	4	5	6
$m_1 = \frac{d_1}{n}$			$\bar{x}_d = x_a + m_1 c$		
$m_2 = \frac{S_1 + 2S_2}{n}$			$\bar{x}_y = x'_a + m_1$		
$m_3 = \frac{d_1 + 6d_2 + 6d_3}{n}$			$\bar{\sigma} = c\sqrt{\mu_2} = \sqrt{m_2 - m_1^2}$		
$m_4 = \frac{S_1 + 14S_2 + 36S_3 + 24S_4}{n}$			$\sigma = \sqrt{\mu_2} = \sqrt{m_2 - m_1^2}$		
$\mu_2 = m_2 - m_1^2$			$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\bar{\sigma}}{\sqrt{n}}$		
$\mu_3 = m_3 - 3m_2 m_1 + 2m_1^3$			$V = \frac{\bar{\sigma}}{\bar{x}_d} 100 \%$		
$\mu_4 = m_4 - 4m_3 m_1 + 6m_2 m_1^2 + 3m_1^4$			$Vd = \frac{\sigma}{x_y} 100 \%$		
$r_3 = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$			$\alpha = r_3 = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$		
$r_4 = \frac{\mu_4}{\sigma^4}$			$\alpha = \pm \sqrt{\frac{6}{n}}$		
			$i = r_4 - 3$		
			$\sigma_i = 2\sigma_\alpha$		

Конечным результатом всех вычислительных работ в табл. 6 и 7 являются установленные статистические характеристики распределения деревьев (табл. 8).



### **3. СТРОЕНИЕ ДРЕВОСТОЕВ КАК СООТНОШЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПРИЗНАКОВ ДЕРЕВЬЕВ ПО РАНГАМ (МЕТОД РЕДУКЦИОННЫХ ЧИСЕЛ)**

#### **3.1. Использование кривых накопленных процентов числа деревьев для получения значений диаметров стволов деревьев по рангам**

На рис. 5 и 6 по исходным данным табл. 3 так же, как и на рис. 1 и 2, строятся кривые накопленных процентов числа деревьев.

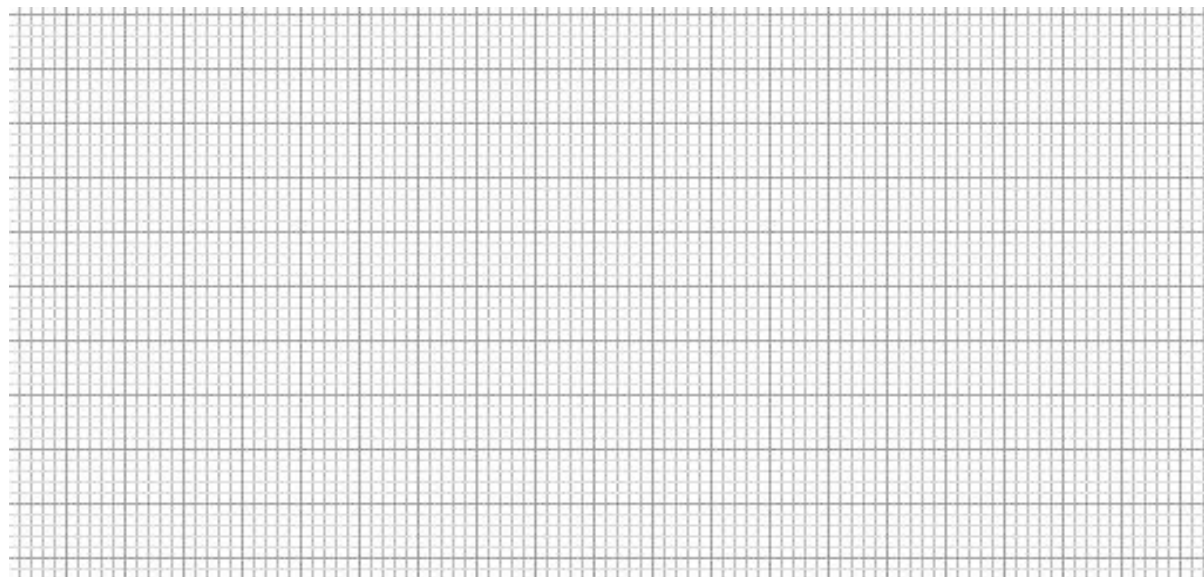


Рис. 5. Кривая накопленных процентов числа деревьев \_\_\_\_\_  
по ступеням толщины (вариант 1)

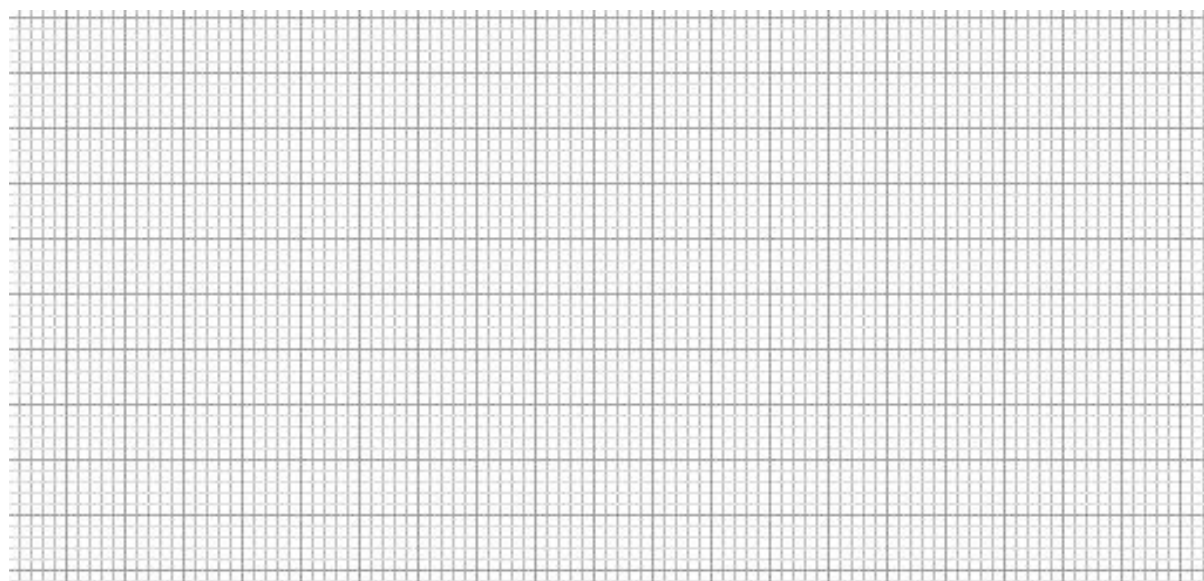


Рис. 6. Кривая накопленных процентов числа деревьев \_\_\_\_\_  
по ступеням толщины (вариант 2)

### 3.2. Кривые высот для определения высот деревьев по ранжированным диаметрам

Для построения кривых высот каждого варианта на рис. 7 оси абсцисс отмечаются ступени толщины с отметками середин ступеней, а по оси ординат высоты, точки соединены ломаными линиями, через которые проводятся выравнивающие кривые.

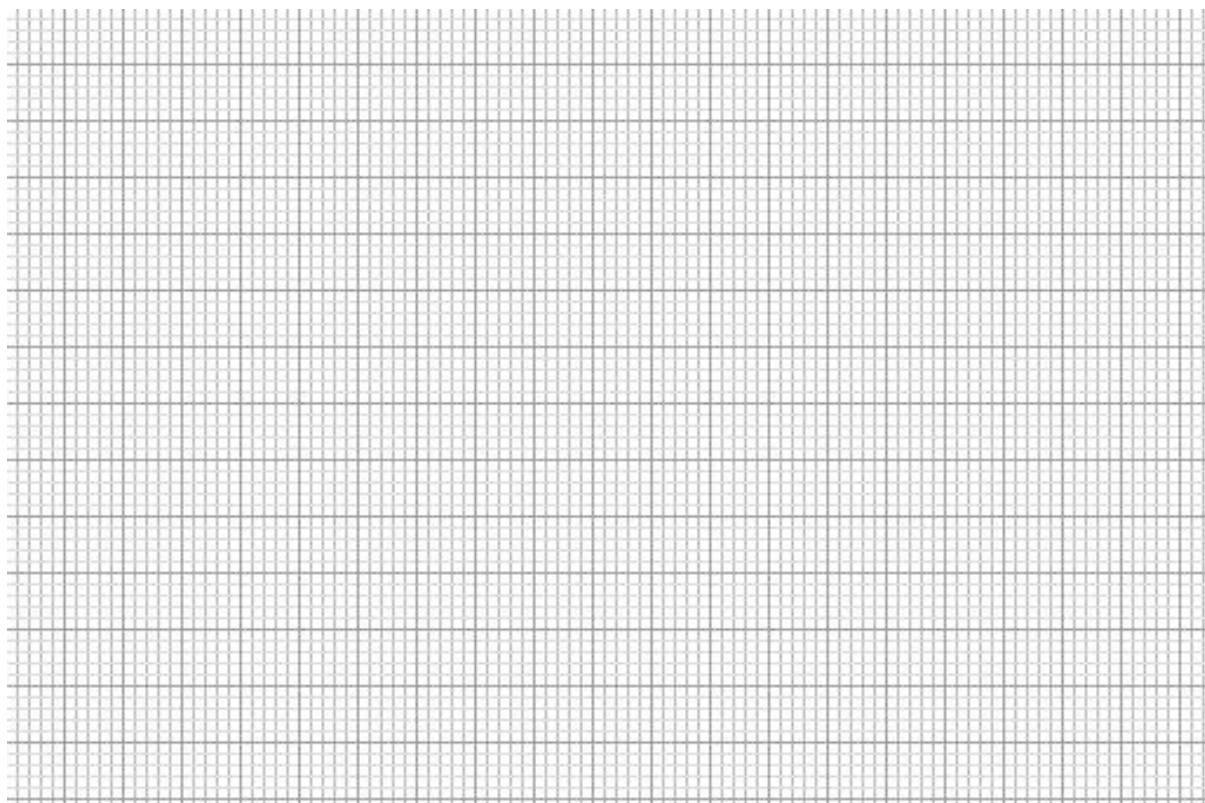


Рис. 7. Кривые высот деревьев \_\_\_\_\_  
первого (1) и второго (2) вариантов

### 3.3. Ряды и кривые ранжированных значений признаков

Абсолютные значения диаметров деревьев по рангам снимаются с кривых накопленных процентов числа деревьев того и другого вариантов насаждений на рис. 5 и 6. Высоты для ранжированных диаметров определяются по кривым высот на рис. 7. А относительные высоты определяются как частное от деления высот на диаметры. Объемы стволов по высоте и диаметру находятся в таблицах, а относительные значения признаков (редукционные числа) по рангам устанавливаются путем деления абсолютных значений на средние (табл. 9).



Таблица 9

Ряды абсолютных и относительных значений признаков  
ранжированных деревьев

Показатели	Значения признаков деревьев по рангам вариантов 1 (числитель) и 2 (знаменатель)										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
d, см											
R <sub>d</sub>											
h, см											
R <sub>h</sub>											
h/d											
R <sub>h/d</sub>											
V, м <sup>3</sup>											
R <sub>v</sub>											

Ряды относительных значений признаков по рангам в виде кривых изображаются на рис. 8, где на оси абсцисс проставляются ранги деревьев, а по оси ординат относительные значения различных признаков.

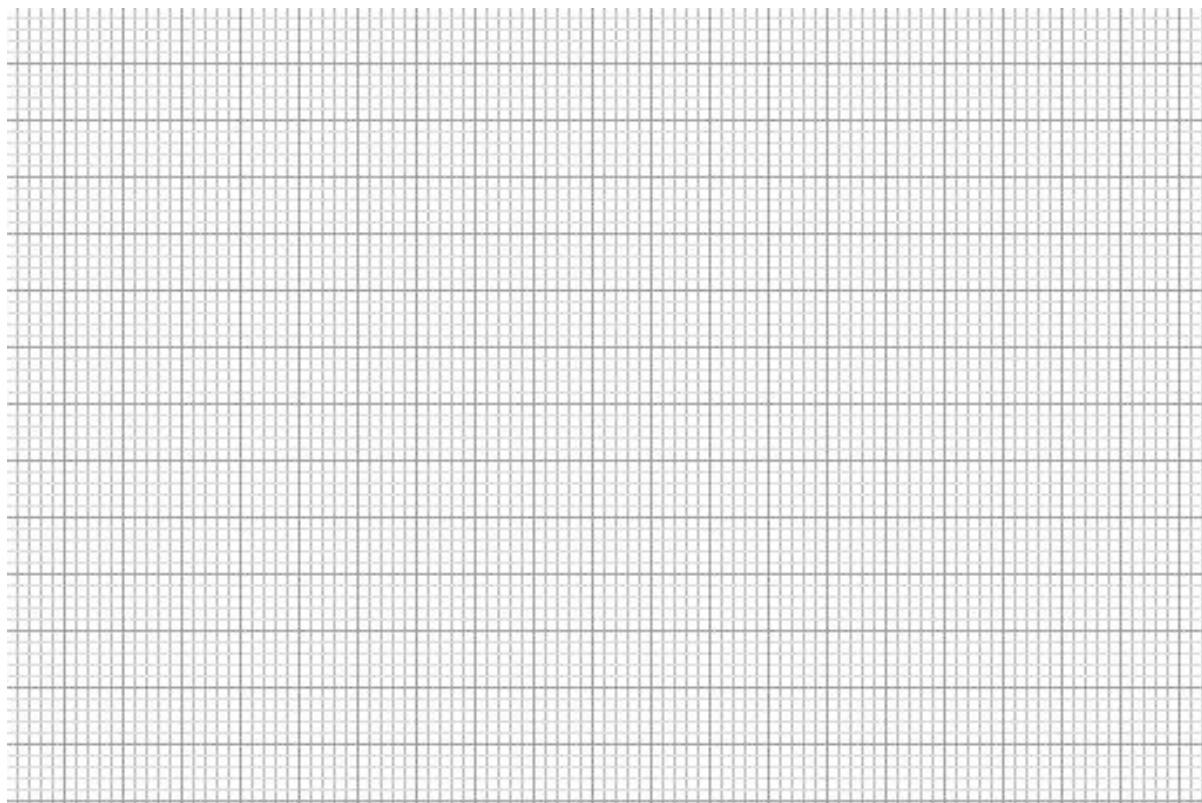


Рис. 8. Кривые относительных значений признаков по рангам вариантов 1 ( ) и 2 ( )

#### **4. СТРОЕНИЕ ДРЕВОСТОЕВ КАК СВЯЗЬ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ДЕРЕВЬЕВ**

##### **4.1. Составление корреляционного уравнения способом наименьших квадратов**

Целью аналитического выравнивания является получение по данным выборки наиболее вероятных, т.е. более близких к действительности значений зависимого признака по классам независимого, соответствующих их значениям в генеральной совокупности (табл. 10).

Таблица 10

Схема расчета постоянных уравнений связи между \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_ деревьев

Варианты	Показатели		x	x <sup>2</sup>	x <sup>3</sup>	x <sup>4</sup>	v	xy	x <sup>2</sup> y	Выровненные данные
1										
2										
1										
2										
1										
2										
1										
2										
1										
2										
1										
2										
1										
2										
1										
2										
1										
2										
1										
2										
1										
2										
Итого										

#### 4.2. Вычисление коэффициента корреляции между опытными и выровненными данными

Этот коэффициент характеризует степень близости (соответствия) между опытными и выровненными значениями признака и служит для контроля правильности выбора линии выравнивания. Ниже приведена схема его расчета (табл. 11).

Таблица 11

Схема расчета коэффициентов корреляции между опытными (о) и выровненными (в) данными в вариантах насаждений 1 и 2

Значения показателей				$\alpha$		$\alpha^2$		а		$a^2$	
h	d	h	d								
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		

$$r_1 = \sqrt{1 - \frac{\sum a^2}{\sum \alpha^2}} =$$

$$r_2 = \sqrt{1 - \frac{\sum a^2}{\sum a^2}} =$$

Таким образом, в работе рассмотрены три разных варианта обработки материалов морфологических наблюдений и подготовки их к составлению и анализу рядов строения древостоев, которые одновременно являются рядами дифференциации деревьев и которые зависят от влияния многих природных факторов. Подготовленные материалы позволяют оценивать строение древостоев соотношением числа деревьев разных размеров (метод рядов распределения деревьев), соотношением значений признаков ранжированных деревьев (метод редуccionных чисел) и связями между признаками деревьев (корреляционный метод). Для всесторонней оценки строения древостоев и дифференциации деревьев все три метода должны применяться в сочетании.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Санников С.Н. Об экологических рядах возобновления и развития насаждений в пределах типов леса / С.Н. Санников // Тр. Ин-та экологии растений и животных УФАИ СССР, 1970. Вып. 67. С. 175 - 180.
2. Цветков В.Ф. Сосняки Кольской лесорастительной области и ведение хозяйства в них / В.Ф. Цветков. Архангельск, 2002. 340 с.
3. Соловьев В.М. Морфология насаждений / В.М. Соловьев. Екатеринбург: УГЛТА, 2001. 154 с.
4. Мелехов И.С. Лесоведение / И.С. Мелехов. М.: Изд-во «Лесная промышленность», 1980. 406 с.
5. Луганский Н.А. Лесоведение / Н.А. Луганский, С.В. Залесов, В.Н. Луганский. Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. 432 с.