

## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ГРУПП ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ КОЛЮЧЕЙ В УСЛОВИЯХ Г. БУГУРУСЛАН

Крючкова И.И.<sup>1</sup>, Нагимов З.Я.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», Свердловская обл., Россия (620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 36), e-mail: [iriska562010@mail.ru](mailto:iriska562010@mail.ru)

Приведены результаты исследований изменчивости таксационных и морфологических показателей деревьев, характера их распределения по таксационным признакам, взаимосвязей между линейными размерами ствола и кроны, относительной высоты деревьев. Выявлены особенности строения и роста, озеленительных посадок ели, дана оценка их устойчивости и стабильности. Доказано, что дифференциация деревьев ели по таксационным и морфологическим показателям находится или на уровне дифференциации деревьев в естественных древостоях (по диаметру ствола и диаметру и длине кроны) или даже превышает ее (по высоте ствола). Особенностью дифференциации деревьев в озеленительных посадках с редким стоянием является практический одинаковый уровень изменчивости диаметров и высот. Установлено, что для озеленительных посадок с редким размещением деревьев характерны прямолинейные зависимости между таксационными и морфологическими показателями. Прямолинейная пропорциональность свидетельствует об отсутствии значимой конкуренции между деревьями. Предложены рекомендации, направленные на повышение эффективности функционирования зеленых насаждений из ели колючей и точности инвентаризационных работ.

Ключевые слова: ель колючая, относительная высота, таксационные показатели, морфологические показатели.

## STRUCTURAL FEATURES OF THE TREE GROUPS OF BARBED SPRUCES IN THE CITY OF BUGURUSLAN

Kryuchkova I.I.<sup>1</sup>, Nagimov Z.Y.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>"Ural State Forest Engineering University", Sverdlovsk region, Russia (620100, Ekaterinburg, Siberian highway, 36), e-mail: [iriska562010@mail.ru](mailto:iriska562010@mail.ru)

In the following there will be presented the results of studies of variability forest inventory and morphological parameters of the trees, their distribution taxational grounds, the relationships between the linear dimensions of stem and crown and the height of the trees. Furthermore the features of the structure and growth of greenery planting spruce and the estimation of their strength and stability will be exposed. It is proved that the differentiation of spruce trees taxational and morphological parameters is either at the level of differentiation of trees in natural stands (the diameter of the trunk and the diameter and length of the crown), or even exceeding (the height of the trunk). Differentiating feature of greening trees in plantations with a rare standing are substantially the same level of variability of diameters and heights. It is empirical evidence that greenery planting trees with sparse placement are characterized by straight-line relationship between the biometrical and morphological parameters. Straight proportionality indicates the absence of significant competition between the trees. Recommendations aimed at improving the functioning of planting of greenery of barbed spruces and the accuracy of inventory work.

Keywords: spruce barbed, height, taxation parameters, morphological parameters.

Важная роль в озеленении населенных пунктов отводится ели колючей (*Picea pungens* Engelm), которая является интродуцентом из Северной Америки и обладает высокими ландшафтно-эстетическими достоинствами. Известно, что зеленые насаждения из ели колючей отличаются достаточной устойчивостью и долговечностью. Формы ели колючей - голубая и серебристая эффектны на зеленом фоне лиственных пород. Наряду с этим вопросы строения и роста древостоев из ели колючей в городских посадках в настоящее время практически не изучены.

### Цель исследований

Основная цель исследований заключалась в изучении закономерностей строения городских посадок ели в условиях г. Бугуруслана.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Оценка изменчивости (варьирования) основных таксационных и морфологических показателей деревьев ели (диаметра, высоты, диаметра и протяженность кроны).
2. Изучение характера распределения числа деревьев по таксационным показателям и определение наиболее подходящих законов распределения случайной величины для описания эмпирического распределения деревьев.
3. Установление взаимосвязей между таксационными и морфологическими показателями деревьев ели в городских посадках.

### **Материал и методы исследования**

Для решения поставленных задач была проведена инвентаризация парка им. В.И. Ленина г. Бугуруслана, в котором произрастает ель колючая. В ходе проведения работ у всех деревьев ели с использованием измерительных приборов были определены основные таксационные показатели (диаметр и высота ствола, диаметр и протяженность кроны). Возраст деревьев в среднем равен 80 годам. Общее количество обмеренных деревьев составило 91.

Математико-статистическая обработка экспериментальных материалов производилась с использованием компьютерных программ Excel 2010 и Statistica 10. Она включала:

- 1) вычисление основных статистик рядов распределения деревьев: стандартного отклонения, коэффициентов вариации, асимметрии, эксцесса;
- 2) анализ распределения деревьев по диаметру и высоте ствола и диаметру кроны с использованием законов распределения случайной величины;
- 3) выявление взаимосвязей между таксационными и морфологическими показателями деревьев ели.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

В настоящее время строение древостоев принято оценивать по характеру распределения количества деревьев по их таксационным признакам. Наиболее важное значение имеют ряды распределения деревьев по диаметру ствола, высоте ствола и линейным размерам кроны [3]. В табл. 1 приведены основные статистические показатели для указанных рядов.

Таблица 1

Основные статистики рядов распределения деревьев ели по таксационным показателям

Статистические показатели	Диаметр ствола, см	Высота ствола, м	Диаметр кроны, м	Длина кроны, м
Минимальное значение	8	3,5	2,25	2,9
Максимальное значение	46	23,4	11,45	22,5
Среднее значение	24,4±0,74	15,8±0,44	4,79±0,21	15,2±0,43
Коэффициент асимметрии	0,57 ± 0,257	-0,59 ± 0,257	1,43 ± 0,257	-0,62 ± 0,257
Коэффициент эксцесса	1,60 ± 0,514	0,15 ± 0,514	2,06 ± 0,514	0,24 ± 0,514
Коэффициент вариации, %	28,94	26,73	41,61	27,23
Точность опыта, %	3, 0	2,8	4,4	2,8

Как видно из данных табл. 1, амплитуда колебания диаметра деревьев ели на исследуемом объекте озеленения достаточно высокая – от 8 до 46 см. Коэффициент вариации диаметра деревьев составляет 28.94%. По данным многочисленных исследований, в приспевающих и спелых древостоях этот показатель составляет в среднем 25 – 30%. Таким образом, в озеленительных посадках г. Бугуруслана дифференциация деревьев ели по диаметру находится на уровне естественных древостоев.

Исследуемые посадки ели характеризуются высоким значением среднего диаметра (24,4 см). Среднеквадратический диаметр (таксационный) на 4,1% больше чем среднеарифметический. Эти данные согласуются с литературными, полученными для сомкнутых древостоев. В таблицах хода роста нормальных еловых древостоев, составленных разными авторами, в возрасте 80 лет при соответствующих значениях средней высоты этот показатель колеблется от 14,4 до 16,6 см [3]. Большое превосходство озеленительных посадок над нормальными ельниками по среднему диаметру, безусловно, связано с редким стоянием деревьев в посадках.

Амплитуда колебания высоты деревьев ели (от 3,5 до 23,4 м) несколько ниже, чем диаметра. Коэффициент вариации высоты деревьев составляет 26,73%. По данным многочисленных исследований в приспевающих и спелых древостоях ели этот показатель составляет в среднем 15 – 20% [1]. Таким образом, в озеленительных посадках г. Бугуруслана дифференциация деревьев ели по высоте выше, чем в естественных древостоях.

Исследуемые посадки ели характеризуются невысоким значением средней высоты (15,8 м). Согласно бонитетной шкале М.М. Орлова ель в озеленительных посадках растет по 4 классу бонитета. Невысокий класс бонитета исследуемой группы деревьев, на наш взгляд, объясняется двумя основными причинами: 1) достаточно жесткими условиями роста в городской среде (уплотнение почвы вследствие рекреационных нагрузок, загазованность

воздуха и др.); 2) редким стоянием деревьев, способствующим перераспределению общего прироста древесины в пользу диаметра.

Диаметр крон деревьев на исследуемом объекте, изменяется в достаточно широких пределах – от 2,25 до 11,45 м. Этот показатель характеризуется высокой изменчивостью. Коэффициент вариации диаметра крон деревьев составляет 41,61%. По данным В.А. Третьяков в культурах ели варьирование диаметра крон характеризуется коэффициентами от 35 до 42% [6]. Исследуемые посадки ели характеризуются высоким значением среднего диаметра кроны (4,79 м), что, безусловно, связано с редким стоянием деревьев в посадках.

Изменчивость длины крон (27,23%) значительно меньше, чем их диаметра (41,61%). Этот результат не противоречит литературным данным. По данным Н.Г. Смертина, варьирование длины крон в естественных сосняках колеблется от 27 до 43% [5]. Каких - либо работ других авторов по данному вопросу нам в литературе обнаружить не удалось. В целом, можно предположить, что в озеленительных посадках г. Бугуруслана дифференциация деревьев ели по длине кроны находится на уровне естественных древостоев.

Значение коэффициента вариации, асимметрии и эксцесса показывают что ряды, характеризующие наиболее вероятное распределение количества деревьев по таксационным и морфологическим показателям, не во всех случаях могут быть описаны нормальным законом.

Фактическое распределение числа деревьев по диаметру удовлетворительно описывается законом нормального распределения. Вычисленное значение  $\chi^2$ , равное 4,49 меньше табличного значения (9,49) при 5% уровне значимости. Соответствие фактического распределения нормальному закону подтверждается так же данными табл. 1. Приведенные в этой таблице значение коэффициента асимметрии и эксцесса оказались недостоверными ( $t_{\phi} < 3,0$ ).

Данные табл.1. свидетельствуют, что распределение деревьев по высоте характеризуется отрицательной асимметрией (коэффициент асимметрии = -0,59). Полученные результаты согласуются с литературными данными. Известно, что распределение деревьев по высоте в приспевающих, спелых и перестойных древостоях имеет отрицательную асимметрию. Оценка сходства опытных данных с теоретическими распределениями, произведенная по критерию согласия Пирсона  $\chi^2$  при 5% уровне значимости и соответствующем числе степеней свободы в ряду показала, что распределение деревьев по высоте наиболее точно описывается уравнением Вейбулла. Вычисленное значение  $\chi^2$  для этой теоретической кривой оказалось значительно меньше, чем табличное ( $\chi^2=6,16 < 9,49$ ).

Распределение деревьев ели по диаметру кроны также не может быть описано нормальным законом. Об этом свидетельствуют значения коэффициентов асимметрии и эксцесса, приведенные в табл. 1. Ряд распределения характеризуется ярко выраженной положительной асимметрией и положительным эксцессом.

Оценка сходства опытных данных с теоретическими распределениями показала, что распределение деревьев по диаметру кроны наиболее точно описывается лог-нормальным распределением. Вычисленное значение  $\chi^2$  для этой теоретической кривой оказалось наиболее близким к табличному ( $\chi^2=3,85 \approx 3,84$ ).

Таким образом, в озеленительных посадках ряды распределения количества деревьев по различным таксационным и морфологическим показателям описывается различными законами распределения случайной величины. Полученные данные могут быть положены в основу прогнозирования распределения деревьев в возрастном развитии древостоев.

Большое теоретическое и практическое значение имеют результаты исследований взаимосвязей между таксационными и морфологическими показателями. Полученные уравнения зависимости широко применяются при таксационных и лесоводственных работах.

Наибольшее значение имеет связь диаметра ствола с его высотой. Большинство исследователей отмечают, что эта связь до определенного возраста является прямолинейной. Криволинейной зависимость между этими показателями у разных пород становится в различном возрасте. Отмечается, что изменения соотношений между диаметром и высотой (появление криволинейной зависимости) в основном обуславливается не возрастом деревьев, а уровнем конкуренции, которая приводит к росту деревьев преимущественно в высоту [7].

На рис. 1 представлены данные, характеризующие связь между диаметром и высотой деревьев ели. Лучший результат (по коэффициенту детерминации  $R^2$ ) при описании опытных данных обеспечивает уравнение прямой:

$$H = 0,3445D + 7,3333 ; R^2 = 0,34 \quad (1)$$

Большой разброс экспериментальных данных и низкое значение коэффициента детерминации объясняется высокой дифференциацией деревьев по диаметру и высоте. Прямолинейная пропорциональность означает отсутствие значимой конкуренции между деревьями. Такое положение объясняется тем, что на исследуемом объекте деревья растут практически в изолированном состоянии.

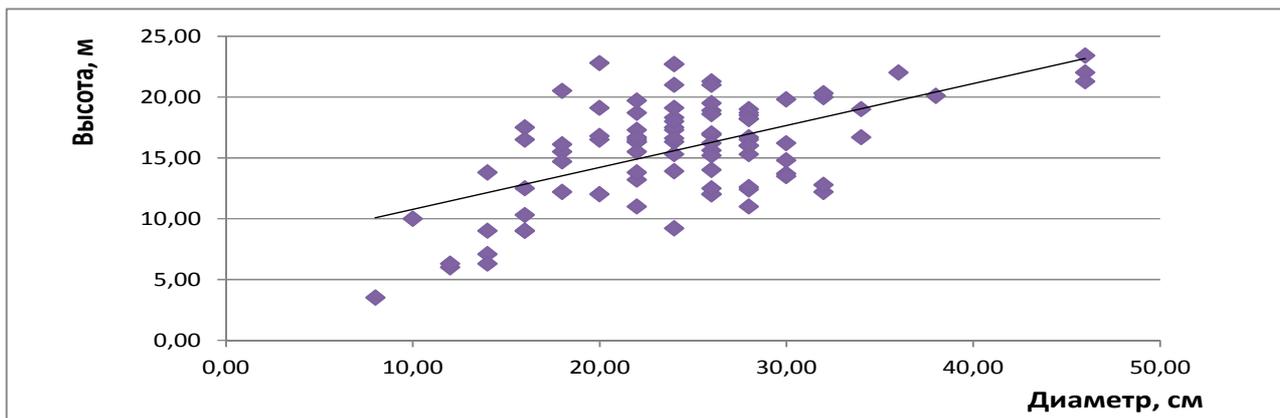


Рис.1. Зависимость высоты деревьев ели от их диаметра

Известно, что в древостоях между размерами кроны и ствола имеются тесные корреляционные зависимости [4]. Соотношение между размерами кроны и ствола в процессе роста деревьев меняется в широких пределах в зависимости от условий роста и, прежде всего, с изменением густоты древостоев [7]. Поэтому представляет интерес исследование зависимостей диаметра и длины кроны от линейных размеров ствола в озеленительных посадках с редким размещением деревьев.

На рис.2.показана зависимость диаметра кроны от диаметра стволов.

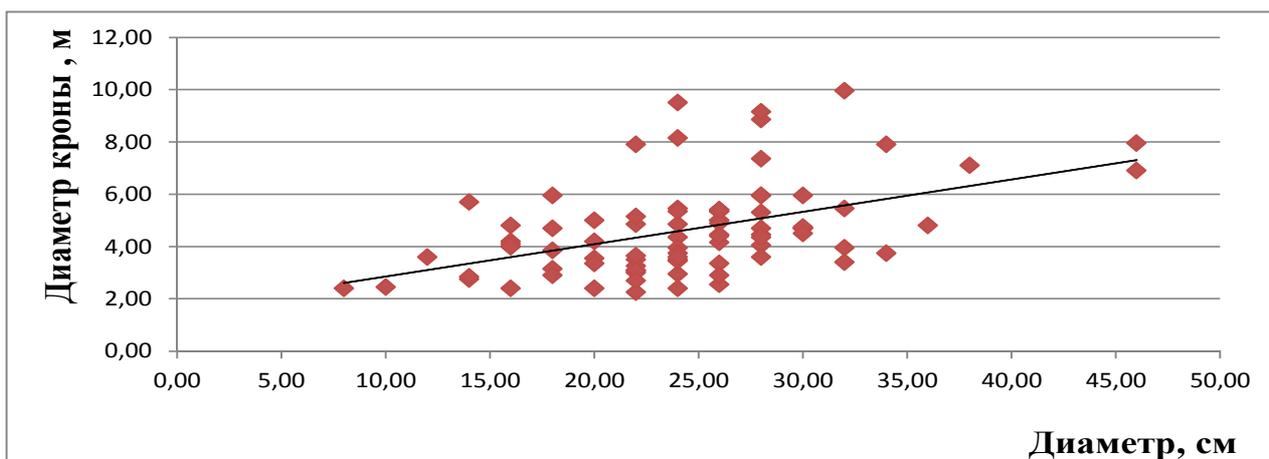


Рис. 2. Зависимость диаметра кроны от диаметра ствола

Выявляется, что форма связи (как и при исследовании зависимости высоты от диаметра стволов) прямолинейная. Конкретное уравнение связи следующее:

$$D_k = 0,1236D + 1,6196; R^2 = 0,48 \quad (2)$$

На рис. 3. представлена зависимость длины кроны от высоты деревьев.

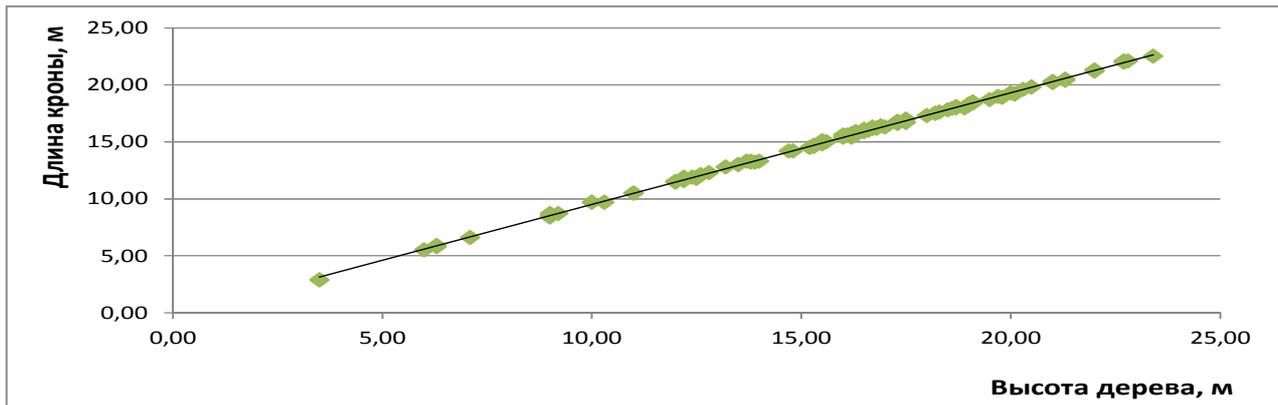


Рис. 3. Зависимость длины кроны от высоты деревьев

Как видно из рис. 3. зависимость длины крон от высоты деревьев так же передается уравнением прямой:

$$L_k = 0,9793H - 0,2799 ; R^2 = 0,98 \quad (3)$$

Связь между длиной кроны и высотой деревьев оказалась наиболее тесной, что не противоречит литературным данным.

Таким образом, связь между таксационными и морфологическими показателями деревьев передается прямолинейной зависимостью. Это обусловлено редким стоянием деревьев в озеленительных посадках и отсутствием жестких конкурентных взаимоотношений между ними.

Дифференциация деревьев и конкурентные взаимоотношения наиболее полно оцениваются при помощи относительной высоты  $H:D$ . На основе специально проведенных исследований К.К. Высоцкий отмечает, что относительная высота есть не только показатель связи древесных пород и насаждений с условиями среды, но и показатель степени напряженности роста, плотности заселения территории стволами и развития древостоев [2].

На рис. 4. представлено фактическое распределение деревьев ели по показателю относительной высоты.

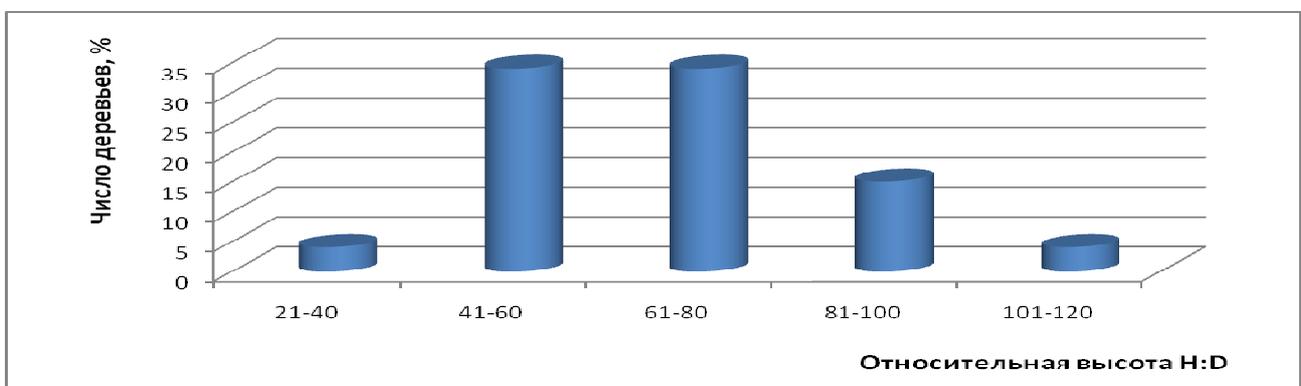


Рис. 4. Распределение деревьев ели по показателю относительной высоты

На графике обращает факт представленности деревьев по отдельным ступеням относительной высоты. Максимальное количество деревьев (74,7%) имеет относительную

высоту 41-80. По данным многих исследователей в сомкнутых древостоях этот показатель у большинства деревьев превышает 80.

Известно, что напряженность роста и степень конкурентных взаимоотношений между деревьями становится опасными для существования насаждений, когда значение  $H:D$  достигает величины более 100. По нашим данным 95,6% деревьев не достигли этой предельной величины. Поэтому можно констатировать, что степень конкуренции между деревьями в исследуемых посадках незначительна, они могут успешно расти и развиваться без вмешательства человека (без рубок ухода).

### **Заключение**

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Исследуемые посадки ели характеризуются высоким значением среднего диаметра (24,4 см). При одинаковых значениях возраста и средней высоты он более чем на 60% выше, чем в сомкнутых древостоях. Большое превосходство озеленительных посадок над нормальными ельниками по среднему диаметру, безусловно, связано с редким стоянием деревьев в посадках. Ранг среднего дерева в исследуемом объекте составляет 63,7%.

2. Согласно бонитетной шкале М.М.Орлова, ель в озеленительных посадках растет по 4 классу бонитета. Невысокий класс бонитета исследуемой группы деревьев, на наш взгляд, объясняется двумя основными причинами: а) достаточно жесткими условиями роста в городской среде (уплотнение почвы вследствие рекреационных нагрузок, загазованность воздуха и др.); б) редким стоянием деревьев, способствующим перераспределению общего прироста древесины в пользу диаметра.

3. Дифференциация деревьев ели по таксационным и морфологическим показателям находится или на уровне дифференциации деревьев в естественных древостоях (по диаметру ствола и диаметру и длине кроны), или даже превышает ее (по высоте ствола). Высокая изменчивость таксационных и морфологических показателей (высокая гетерогенность) свидетельствует об устойчивости и стабильности исследуемых озеленительных посадок.

4. Особенностью дифференциации деревьев в озеленительных посадках с редким стоянием является практический одинаковый уровень изменчивости диаметров и высот (в сомкнутых насаждениях при прочих равных условиях изменчивость высот в среднем в два раза ниже, чем диаметров). На наш взгляд, это объясняется тем, что дифференциация деревьев при отсутствии значимой конкуренции обусловлена в основном их генетическими особенностями. Конкурентные взаимоотношения между деревьями в древостоях больше влияют на дифференциацию по диаметру, чем по высоте.

5. Для озеленительных посадок с редким размещением деревьев характерны прямолинейные зависимости между таксационными и морфологическими показателями.

Прямолинейная пропорциональность означает отсутствие значимой конкуренции между деревьями.

6. Ряды распределения количества деревьев по различным таксационным и морфологическим показателям описывается различными законами распределения случайной величины: по диаметру – нормальной кривой, по высоте – распределением Вейбулла, по диаметру кроны – логнормальной кривой.

7. Напряженность роста и степень конкурентных взаимоотношений между деревьями не представляют опасности для существования исследуемых посадок ели, так как значение  $H:D$  у 96% деревьев меньше предельной величины 100. Поэтому можно констатировать, что степень конкуренции между деревьями в исследуемых посадках незначительна, они могут успешно расти и развиваться без вмешательства человека (без рубок ухода).

### Список литературы

1. Верхунов П.М. Текущий прирост запаса разновозрастных сосновых древостоев Сибири: Автореф. ... д-ра с.-х. наук. Красноярск, 1975. - 63 с.
2. Высоцкий К.К. Закономерности строения смешанных древостоев/К.К. Высоцкий. М.:Гослесбумиздат.1962.176с.
3. Луганский Н.А., Нагимов З.Я. Структура и динамика сосновых древостоев на Среднем Урале. Екатеринбург: Из-во Урал. ун-та, 1994. - 140 с.
4. Нагимов З.Я., Коростелев И.Ф., Шевелина И.В. Таксация леса.: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, - 2006. - 300с.
6. Смертин Н.Г. Особенности морфологического строения сосновых древостоев средней тайги Приуралья // Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1972.
7. Третьяков Н.В. Закон единства в строении древостоев. М.; Л.: Новая деревня, 1927. 113 с.
8. Юкнис Р.А. Некоторые закономерности роста деревьев /Р.А. Юкнис// Моделирование и контроль производительности древостоев. Каунас: Академия, 1983. - С. 118-121.

### Рецензенты:

Залесов С.В., дс.-х.н., профессор, проректор по научной работе, УГЛТУ, г. Екатеринбург;

Сродных Т.Б., д.с.-х.н., доцент, проф. кафедры ландшафтного строительства, УГЛТУ, г.Екатеринбург.