

ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,  
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ/FORESTRY, FORESTRY, FOREST CROPS, AGROFORESTRY,  
LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.3>

СТРОЕНИЕ ПО ДИАМЕТРУ ВЫСОКОГУСТОТНЫХ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

Научная статья

Мотырев Н.О.<sup>1,\*</sup>, Вайс А.А.<sup>2</sup>, Андропова А.А.<sup>3</sup>, Вараксин Г.С.<sup>4</sup>

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-4965-3670;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0001-7079-0819;

<sup>4</sup> ORCID : 0000-0003-4335-4784;

<sup>1,2,3</sup> Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Российская Федерация

<sup>4</sup> Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (umkablood[at]yandex.ru)

**Аннотация**

Цель исследования: изучение строения древостоев по диаметру в высокогустотных сосновых насаждениях. Исследование базируется на статистическом анализе распределения деревьев по диаметрам на четырех участках с измерением у 200 деревьев диаметров на высоте 1,3 м. Объект исследования находится на территории Караульного лесничества Учебно-опытного лесхоза СибГУ им. М.Ф. Решетнева, расположенного на территории Емельяновского района и примыкающего к Красноярску. Для моделирования распределения использовалась программа «Curve Expert», которая показала, что модель Гаусса наиболее эффективно выравнивает данные. Средние значения диаметра деревьев варьировали от 27,8±6,73 до 28,0±7,44 см, с левосторонней формой распределения и значительным смещением. Эксцессивность рядов незначительна, они соответствуют нормальному распределению, с изменчивостью, превышающей 25% и небольшими различиями между выборочной и генеральной совокупностями (до 1,9%).

Полученные результаты противоречат классическим представлениям о развитии перегущенных сосновых насаждений. Предполагается, что при нехватке света деревья должны интенсифицировать рост в высоту с запаздывающим приростом по диаметру. В нашем случае, при равномерном распределении света и небольшом объеме кроны, прирост по диаметру достаточно устойчив, даже при высокой плотности стояния деревьев.

**Ключевые слова:** сосна, строение по диаметру, распределение деревьев, модель.

DIAMETER STRUCTURE OF HIGH-DENSITY PINE STANDS

Research article

Motyrev N.O.<sup>1,\*</sup>, Vais A.A.<sup>2</sup>, Andronova A.A.<sup>3</sup>, Varaksin G.S.<sup>4</sup>

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-4965-3670;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0001-7079-0819;

<sup>4</sup> ORCID : 0000-0003-4335-4784;

<sup>1,2,3</sup> Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetneva, Krasnoyarsk, Russian Federation

<sup>4</sup> Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation

\* Corresponding author (umkablood[at]yandex.ru)

**Abstract**

Objective of the research: to study stand structure by diameter in high-density pine stands. The research is based on statistical analysis of tree diameter distribution in four plots with 200 trees measuring their diameters at a height of 1.3 m. The research object is located on the territory of the Karaulny forestry of the M.F. Reshetnev Educational and Experimental Forestry of SibSU, located on the territory of Yemelyanovsky district and adjacent to Krasnoyarsk. 'Curve Expert' software was used to model the distribution, which showed that the Gauss model aligns the data most effectively. Mean values of tree diameter ranged from 27.8±6.73 to 28.0±7.44 cm, with a left-sided distribution and significant bias. Excessiveness of the series is insignificant, they correspond to normal distribution, with variability exceeding 25% and small differences between sample and general population (up to 1.9%).

The findings contradict classical ideas about the development of overdeveloped pine stands. It is assumed that under light deficiency, trees should intensify growth in height with delayed growth in diameter. In our case, with uniform light distribution and small crown volume, the diameter growth is quite stable, even at high tree density.

**Keywords:** pine, diameter structure, tree distribution, model.

**Введение**

Строение древостоев оценивается по характеру распределения количества деревьев в насаждении по их таксационным признакам. Главным таксационным показателем считается ряд распределения деревьев по диаметру, с которым тесно связаны структура древостоя, а также высота, объем, прирост и другие показатели дерева. Поэтому этот ряд широко используется при составлении разного рода таблиц, учитывается при назначении деревьев под рубки ухода и в ряде других случаев [1].

В результате исследования строения чистых одновозрастных и неизменных человеком древостоев разными учеными в свое время были установлены важные закономерности, которые в настоящее время составляют теоретическую основу лесной таксации. Значение этих закономерностей заключается в том, что все они в настоящее время широко используются для учета лесного и лесосечного фонда, при подготовке справочно-нормативных и лесотаксационных материалов, а также для разработки методов таксации древостоев [2].

За длительный период изучения строения древостоев (более 100 лет) выделилось три основных направления исследований: определение и анализ редуцированных чисел, т. е. отношение размеров стволов деревьев, занимающих определенное место (ранг) в древостое, к среднему ранжированного ряда; изучение распределений таксационных показателей деревьев в древостое; исследование вероятностного процесса перехода деревьев из одного состояния в другое (переход в другую ступень толщины, из растущего в сухой, отпад и т. д.) [3]. В России наибольшее распространение получили первое и особенно второе направления.

Современные методы изучения строения древостоев базируются на выявлении взаимосвязей статистик рядов распределения с таксационными показателями насаждений. При этом весь процесс исследования можно разделить на три этапа. На первом этапе осуществляется: представление эмпирических частот распределения деревьев по ступеням толщины; расчёт статистических показателей рядов распределения: среднего арифметического диаметра ( $X$ ), среднеквадратического отклонения ( $\sigma$ ); показателей асимметрии: ( $A$ ) и эксцесса ( $E$ ); ошибок репрезентативности статистических показателей; и вычисление теоретических (выравненных) частот по различным типам кривых с выявлением кривой, наиболее точно описывающей эмпирический ряд [4].

Во второй половине прошлого столетия изучением строения древостоев Сибири занимались П.М. Верхунов, С.С. Шанин, Н.Е. Суприянович. Полученные авторами результаты базировались на большом экспериментальном материале, представленном пробными площадями со сплошной рубкой и обмером деревьев, заложенными в сосновых древостоях Западной и Восточной Сибири [5], [6].

Имеющиеся материалы по строению молодняков свидетельствуют об их большом отличии от строения спелых древостоев, что вызывает необходимость разработки для них особых приемов таксации. По данным А.А. Макаренко и Н.Т. Смирнова в молодых древостоях распределение деревьев по степеням толщины характеризуется резко выраженной правой асимметрией и высоким рангом среднего по толщине дерева. Ряд распределения деревьев зависит от среднего диаметра и состава древостоя, а лесорастительные условия, возраст, полнота, бонитет влияют на распределение в той степени, что и на средний диаметр. В связи с изменчивостью кривой распределения стволов изменяется место среднего дерева в насаждении, и правило Вейзе к молоднякам неприемлемо [7].

Исходя из вышеизложенного, целью данного исследования являлось оценка строения сосняков, характеризующихся максимальной густотой и полнотой, начиная с момента формирования по настоящее время.

Исходными данными являлись данные измерения деревьев по ступеням толщины на каждом из 4-х участков. В итоге измерено 200 деревьев, для дальнейшей обработки материалов исходные ряды распределения обработаны с получением таких показателей как: площадь поперечного сечения ( $g$ ), сумма площадей ступени толщины ( $\sum G$ ), объем одного дерева ( $V$ ), запас ступени толщины ( $M$ ), процент деревьев ступени толщины ( $n\%$ ), процент суммы площадей сечения ( $\sum \%G$ ), процент запаса ступени толщины ( $\% M$ ), и разбивка данных на естественные ступени толщины. Формулы расчета соответствовали классическим таксационным вычислениям [8], [9], [10], [11].

### Результаты и обсуждение

Объектом исследования являлись сосновые высокогустотные насаждения Караульного лесничества Учебно-опытного лесхоза СибГУ им. М.Ф. Решетнева, расположенного на территории Емельяновского административного района и примыкающего к левобережной части западной окраины г. Красноярск. В соответствии со схемой лесорастительного районирования территория лесничества относится к лесостепной зоне Средне-Сибирского подтаежно-лесостепного района.

Исследования проводились на следующей территории: два квартала 50 (20 выдел) и 51 (10,11,12 выдела), измерения снимали мерной вилкой с точностью 4 см. Обследуемые сосняки лесничества по своему составу представлены в основном чистыми либо с примесью березы насаждениями осочково-разнотравной и зеленомошной групп типов леса 4 класса возраста, 1–3 классов бонитета, с полнотой от 1,2 до 1,5 на дерново-среднеподзолистых и дерново-карбонатных свежих почвах.

Возраст древостоев 75 лет. Средний диаметр древостоев изменялся от 22 до 24 см, средняя высота от 25 до 26 м. Запас на 1 га менялся от 470 до 650 м<sup>3</sup>. Количество подроста на 1 га характеризовалось большим варьированием от 8000 до 20000 шт/га. Весь подрост благонадежный, с равномерным размещением. В составе подроста преобладает сосна. Тип условий местопроизрастания: В<sub>2</sub>. Подлесок представлен следующими видами растений: кизильником, спиреей, черемухой. Большая часть сосновых насаждений произрастает на склоне.

Распределение числа деревьев по ступеням толщины создаёт общее представление о строении насаждений. Оно характеризует участие деревьев каждой ступени толщины в образовании древостоя и определяет остальные таксационные показатели. Данные сплошных перечетов на пробных площадях использовались для установления закономерности распределения числа деревьев по ступеням толщины. В высокогустотных сосновых лесах наблюдалась правосторонняя асимметрия. Распределение трех участков практически не отличалось друг от друга (№1,3,4), распределение участка (№ 2) выглядит более растянутым и незначительно отличается от других.

Статистическая оценка сгруппированных рядов проводилась по стандартным статистическим формулам. Результаты расчетов статистических показателей представлены в таблице 1. Средние значения практически совпадали (27,8–28,0 см). Стандартное отклонение варьировало также незначительно от 6,73 до 7,44 см. Форма рядов распределения левосторонняя со значительным смещением (-0,54; -0,78). Эксцессивность рядов распределения незначительная и она практически по форме соответствовала кривой нормального распределения. При этом изменчивость рядов распределения большая и превышает в большинстве случаев 25%. Наблюдалось достаточно

высокое соответствие данных выборочной совокупности параметрам генеральной совокупности, различия не превышали 1,9%.

Таблица 1 - Основные статистические показатели сгруппированных рядов по диаметру ствола

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.3.1>

Номер лесного участка	Статистические показатели						
	X	G	A	E	$^mX$	V, %	P, %
1	27,8	6,98	-0,68	-0,01	0,49	25,1	1,8
2	27,8	6,73	-0,78	-0,13	0,48	24,2	1,7
3	28	7,44	-0,63	0,08	0,53	26,5	1,9
4	27,9	7,11	-0,54	0,13	0,50	25,5	1,8

Примечание:  $\bar{x}$  – среднего арифметическое; G – среднеквадратическое отклонение; A – показатель асимметрии; E – показатель эксцесса;  $^m\bar{x}$  – Ошибка среднего значения; V – Коэффициент варьирования; P – точность

Для сравнения строения по диаметру лесных участков построены совмещенные диаграммы. Анализ показал практически полное совпадение линий распределения площадей сечений и запасов ступеней и незначительное различие линий распределения в тонкомерной части для числа деревьев.

Для изучения строения по диаметру помимо диаграмм, отражающих связь абсолютных величин, необходимо использовать графики с накопленными частотами (%). К этой группе относятся два вида диаграмм: кумуляты и огивы. На основе этих диаграмм можно ответить на вопрос какое число деревьев (%) соответствует тому или иному диаметру в исходном древостое. Для оценки различия между рядами использовался критерий Пирсона ( $\chi^2$ ). В результате установлено, что  $\chi^2_{ф}=1,29$ ;  $\chi^2$  табличное составляло 14,1. Таким образом, поскольку  $\chi^2_{ф}$  меньше  $\chi^2_{табл.}$  различия между рядами не существенны. Исходя из этого, все ряды были объединены в один ряд численностью 800 деревьев и на его основе получен ряд процентов и накопленных процентов (таблица 2), построен график, вычислено уравнение и определены выравненные накопленные проценты по ступеням толщины.

Таблица 2 - Проценты и накопленные проценты деревьев объединенного ряда

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.3.2>

Ступени толщины, см	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	Итого
% деревьев	5,3	7,3	12,5	17,6	24,0	22,4	7,6	2,1	0,6	0,6	100
Накопленный % деревьев	5,3	12,6	25,1	42,7	66,7	89,1	96,7	98,8	99,4	100	-
Выравненный % деревьев	3,4	13,5	28,6	46,6	65,4	82,9	97,3	100	100	100	-

По данным таблицы видно, что 50% деревьев разделяет диаметр 25 см, то есть половина превышает эту величину, другая половина нет. Для объединённого ряда вычислены все необходимые показатели и построен ряд кривой нормального распределения (таблица 2). Расчетные данные показали средний взвешенный диаметр 27,9 см.

Для моделирования лесных участков использовались два показателя: процент деревьев по ступеням толщины и процент запасов по ступеням толщины. С целью моделирования рядов распределения использовалась программа

«Curve Expert». Оказалось, что наилучшим образом выравнивает ряды модель Гаусса «Кривая нормального распределения». В таблице 3 представлены характеристики параметров Гауссовской модели.

Таблица 3 - Параметры модели Гаусса

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.3.3>

Лесной участок	Уравнение	Коэффициент выравнивания	Стандартная ошибка
распределение деревьев по ступеням толщины (%)			
1	$y = 23,414 * \exp(-((27,396-x)^2)/(2*6,758^2))$	0,96	2,9
2	$y = 23,386 * \exp(-((27,430-x)^2)/(2*6,674^2))$	0,97	2,3
3	$y = 23,327 * \exp(-((27,726-x)^2)/(2*6,579^2))$	0,93	3,3
4	$y = 23,638 * \exp(-((27,248-x)^2)/(2*6,634^2))$	0,96	2,7
распределение запасов по ступеням толщины (%)			
5	$y = 30,774 * \exp(-((30,475-x)^2)/(2*4,848^2))$	0,98	2,3
6	$y = 29,930 * \exp(-((30,478-x)^2)/(2*5,204^2))$	0,99	1,5
7	$y = 30,277 * \exp(-((30,535-x)^2)/(2*4,796^2))$	0,97	2,4
8	$y = 29,739 * \exp(-((30,216-x)^2)/(2*4,924^2))$	0,97	2,5

Модели практически не отличались друг от друга по средним значениям, стандартным отклонениям. При этом коэффициенты выравнивания менялись от 0,93 до 0,97. Стандартная ошибка варьировала от 2,9 до 3,3% (таблица 3). Для распределения запасов получены аналогичные закономерности. Коэффициенты выравнивания менялись от 0,97 до 0,99. Стандартная ошибка менялась от 1,5 до 2,5 %.

Для объединенного ряда выполнены аналогичные вычисления. Используя уравнение предыдущего раздела для средней ступени толщины (28 см), выполнен расчет выравненных значений числа стволов (%) и запасов ступеней (%) по ступеням толщины. В таблице 4 представлены результаты расчетов.

Таблица 4 - Число стволов и запасы ступеней по абсолютным ступеням толщины

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.3.4>

Средний диаметр, 28 см	Ступень толщины										Итого
	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	
Число стволов, %	2	5,5	13	21	24	19	10	4	1	0,5	100
Запас ступени, %	1	2	4	13	27	29	16	5	2	1	100

Сравнительный анализ производился со стандартными рядами распределения Александра Владимировича Тюрина [12]. Для визуализации различия рядов построены диаграммы связей числа деревьев (%) и ступеней толщины (рисунок 1) и связь запаса ступеней (%) со ступенями толщины (рисунок 2).

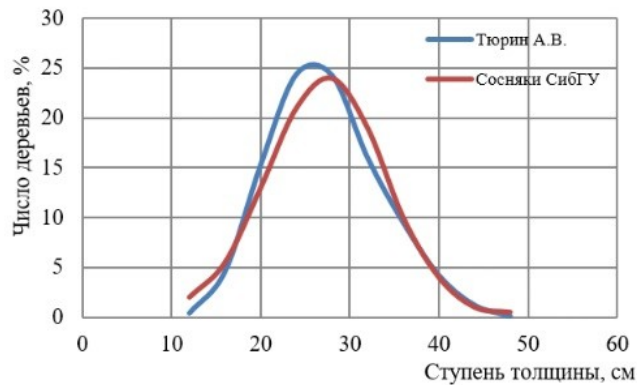


Рисунок 1 - Распределение числа деревьев по ступеням толщины  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.3.5>

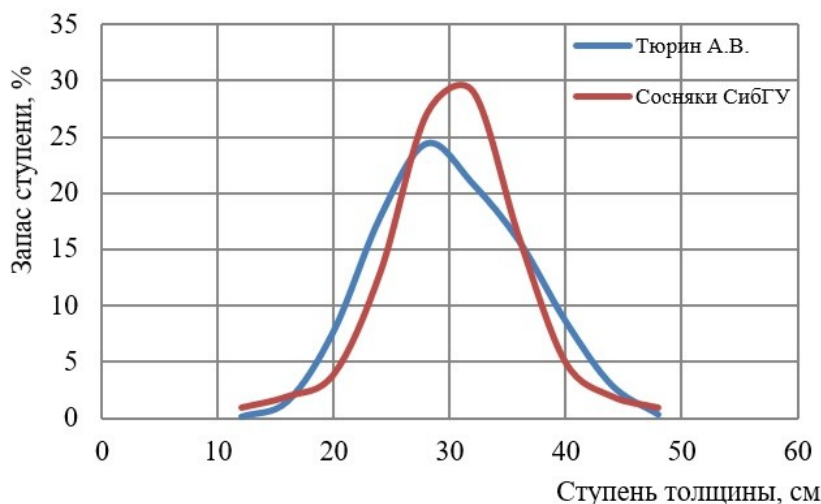


Рисунок 2 - Распределение запаса ступени по ступеням толщины  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.3.6>

По данным сравнения можно констатировать, что распределение числа деревьев высокогустотных сосняков и сосняков по А.В. Тюрину по эксцессивности и депрессивности практически не отличаются друг от друга, различие обусловлено только средней ступенью, то есть высокогустотные сосняки характеризуются более высоким средним диаметром по сравнению со стандартными рядами (разница/ступень) 24-28 см.

Для связи распределения запаса древесины по ступеням толщины (%) различия более выражены, высокогустотные сосняки характеризуются более выраженной эксцессивностью ряда (ряд более сжат, центр ряда более выражен). Средний диаметр отличается на одну ступень (28-32 см).

Полученные результаты противоречат классическим представлениям о развитии перегущенных сосновых насаждений. Считается, что в таких древостоях у деревьев при нехватке света интенсифицируется процесс роста в высоту с запаздывающим приростом по диаметру. Однако наши результаты показывают, что при густом стоянии деревьев (формирование на бывших пахотных землях), когда горизонтальное пространство максимально занято и достаточно равномерно, а крона занимает небольшой объем, свет поступает к стволу в достаточном количестве и это не является препятствием для прироста по диаметру.

### Заключение

В результате проведенных исследований получены следующие выводы.

1. В высокогустотных сосновых лесах наблюдалась левосторонняя асимметрия. Распределение трех участков практически не отличается друг от друга (№ 1,3,4), распределение участка (№ 2) выглядит более растянутым и незначительно отличается от других.

2. Средние значения практически совпадают ( $27,8 \pm 6,73$  –  $28,0 \pm 7,44$  см). Форма рядов распределения левосторонняя со значительным смещением (-0,54; -0,78). Эксцессивность рядов распределения незначительная и они практически по форме соответствуют кривой нормального распределения. При этом изменчивость рядов распределения большая и превышает в большинстве случаев 25%. Наблюдается достаточно высокое соответствие данных выборочной совокупности параметрам генеральной совокупности, различия не превышают 1,9%.

3. С целью моделирования рядов распределения использовалась программа «Curve Expert». Оказалось, что наилучшим образом выравнивает ряды модель Гаусса.

4. Сравнительный анализ строения по диаметру производился со стандартными рядами распределения А.В. Тюрина. Распределение числа деревьев в высокогустотных сосняках и в древостоях по А.В. Тюрину по эксцессивности и депрессивности практически не отличаются друг от друга, различие обусловлено только средней ступенью, т.е. высокогустотные сосняки характеризуются более высоким средним диаметром по сравнению со стандартными рядами (разница / ступень) 24–28 см.

5. Для связи распределения запаса древесины по ступеням толщины (%) различия более выражены, высокогустотные сосняки характеризуются более выраженной эксцессивностью ряда (ряд более сжат, центр ряда более выражен). Средний диаметр отличается также на одну ступень.

6. Полученные результаты противоречат классическим представлениям о развитии перегущенных сосновых насаждений. Предполагается, что при нехватке света деревья должны интенсифицировать рост в высоту с запаздывающим приростом по диаметру. В нашем случае, при равномерном распределении света и небольшом объеме кроны, прирост по диаметру достаточно устойчив, даже при высокой плотности стояния деревьев.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.3.7>  
Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

International Research Journal Reviewers Community  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.3.7>  
All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Агеев А.А. Лесные культуры : учебное пособие / А.А. Агеев. — Красноярск : СибГУ, 2017. — 95 с.
2. Азарчик Р.В. Товарная структура сосновых древостоев разной густоты / Р.В. Азарчик // Труды БГТУ. Серия: Лесное хозяйство. — 2012. — № 1. — С. 15–18.
3. Анучин Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. — Москва : ВНИИЛМ, 2004. — 552 с.
4. Батвенкина Т.В. Строение сосновых древостоев центральной части Красноярского края. / Т.В. Батвенкина, И.А. Воробьева // Хвойные бореальной зоны. — 2018. — Т. 36, № 5. — С. 397–401.
5. Демаков Ю.П. Сосняки сфагновые Марийского Полесья: структура, рост и продуктивность / Ю.П. Демаков, М.Г. Сафин, С.М. Швецов. — Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2012. — 276 с.
6. Шевелёв С.Л. Лесотаксационный справочник для южно-таёжных лесов Средней Сибири / С.Л. Шевелёв, В.В. Кузьмичев, Н.В. Павлов. — Москва : ВНИИЛМ, 2002. — 166 с.
7. Ефремова М.Н. Закономерности изменения формы маломерных стволов сосны / М.Н. Ефремова // Лесная таксация и лесоустройство. — 2012. — № 2(48). — С. 34–38.
8. Лебков В.Ф. Приростная структура сосняков подмосковья по данным сплошного учета прироста деревьев по диаметру и высоте / В.Ф. Лебков, Н.Ф. Каплина // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. — 2007. — № 1. — С. 6–12.
9. Машковский В.П. Возрастные особенности варьирования диаметров стволов в чистых сосновых древостоях / В.П. Машковский // Труды БГТУ. — 2013. — С. 31–35.
10. Петренко А.Е. Радиальный прирост и структура средневозрастных древостоев сосны в Красноярской лесостепи : дис. ...канд. Сельскохозяйственные науки : 06.03.03 : защищена 2009-07-22; утв. 2009-08-26 / А.Е. Петренко. — Красноярск, 2009. — 132 с.
11. Роговцев Р.В. Продуктивность географических культур сосны в условиях Среднеобского бора / Р.В. Роговцев, В.В. Тараканов, Ю.Н. Ильичев // Лесное хозяйство. — 2008. — № 2. — С. 36–38.
12. Тюрин А.В. Лесная вспомогательная книжка (по таксации леса) / А.В. Тюрин, И.М. Науменко, П.В. Воропанов. — Москва : Гослесбумиздат, 1956. — 532 с.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Ageev A.A. Lesnie kulturi : uchebnoe posobie [Forest crops: training manual] / A.A. Ageev. — Krasnoyarsk : SibGU, 2017. — 95 p. [in Russian]

2. Azarchik R.V. Tovarnaya struktura sosnovikh drevostoev raznoi gustoti [Commodity structure of pine stands of different densities] / R.V. Azarchik // Trudi BGTU. Seriya: Lesnoe khozyaistvo [Proceedings of BSTU. Series: Forestry Management]. — 2012. — №1. — P. 15–18. [in Russian]
3. Anuchin N.P. Lesnaya taksatsiya [Forest taxation] / N.P. Anuchin. — Moscow : VNIILM, 2004. — 552 p. [in Russian]
4. Batvenkina T.V. Stroenie sosnovy'x drevostoev central'noj chasti Krasnoyarskogo kraya [Structure of pine stands in the central part of the Krasnoyarsk region]. / T.V. Batvenkina, I.A. Vorob'eva // Conifers of the boreal zone. — 2018. — T. 36, № 5. — P. 397–401. [in Russian]
5. Demakov Yu.P. Sosnyaki sfagnovie Mariiskogo Polesya: struktura, rost i produktivnost [Sphagnum pine forests of Mari Polesie: structure, growth and productivity] / Yu.P. Demakov, M.G. Safin, S.M. Shvetsov. — Yoshkar-Ola : Povolzhskii gosudarstvennii tekhnologicheskii universitet, 2012. — 276 p. [in Russian]
6. Shevelyov S.L. Lesotaksatsionnii spravochnik dlya yuzhno-tayozhnikh lesov Srednei Sibiri [Forest taxation guide for southern taiga forests of Central Siberia] / S.L. Shevelyov, V.V. Kuzmichev, N.V. Pavlov. — Moscow : VNIILM, 2002. — 166 p. [in Russian]
7. Yefremova M.N. Zakonomernosti izmeneniya formi malomernikh stvolov sosni [Regularities of change in the shape of low-dimensional pine trunks] / M.N. Yefremova // Lesnaya taksatsiya i lesoustroistvo [Forest Inventory and Forest Management]. — 2012. — № 2(48). — P. 34–38. [in Russian]
8. Lebkov V.F. Prirobnaya struktura sosnyakov podmoskovya po dannim sploshnogo ucheta prirosta derevev po diametru i visote [Growth structure of pine forests of the Moscow region according to the data of continuous registration of tree growth by diameter and height] / V.F. Lebkov, N.F. Kaplina // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoi vestnik [Bulletin of the Moscow State Forest University – Forest Bulletin]. — 2007. — № 1. — P. 6–12. [in Russian]
9. Mashkovskii V.P. Vozrastnie osobennosti varirovaniya diametrov stvolov v chistikh sosnovikh drevostoyakh [Age peculiarities of stem diameter variation in pure pine stands] / V.P. Mashkovskii // Trudi BGTU [Proceedings of BSTU]. — 2013. — P. 31–35. [in Russian]
10. Petrenko A.E. Radialnii prirost i struktura srednevoznastnikh drevostoev sosni v Krasnoyarskoi lesostepi [Radial growth and structure of middle-aged pine stands in Krasnoyarsk forest-steppe] : dis...of PhD in Agriculture : 06.03.03 : defense of the thesis 2009-07-22; approved 2009-08-26 / A.E. Petrenko. — Krasnoyarsk, 2009. — 132 p. [in Russian]
11. Rogovtsev R.V. Produktivnost geograficheskikh kultur sosni v usloviyakh Sredneobskogo bora [Productivity of geographical crops of pine in the conditions of the Middle Ob boron] / R.V. Rogovtsev, V.V. Tarakanov, Yu.N. Ilichev // Lesnoe khozyaistvo [Forestry]. — 2008. — № 2. — P. 36–38. [in Russian]
12. Tyurin A.V. Lesnaya vspomogatelnaya knizhka (po taksatsii lesa) [Forest auxiliary book (for forest inventory)] / A.V. Tyurin, I.M. Naumenko, P.V. Voropanov. — Moscow : Goslesbumizdat, 1956. — 532 p. [in Russian]