

3. Lugansky N. A., Zalesov S. V., Lugansky V. N. Forestry: uchebn. allowance. Yekaterinburg: USFEU, 2010. 432 p.
4. Zalesov S. V. Scientific substantiation of the system of silvicultural measures to increase the productivity of pine forests of the Urals: dissertation of doctor of agricultural Sciences. Yekaterinburg: USFEU, 2000. 435 p.
5. Coenopopulations of forest and meadow species of plants in anthropogenically disturbed associations Nizhegorodskogo of the Volga and Pavelusa / S. V. Zalesov, E. V. Nevidimov, N. M. Nevidimov, N. V. Sobolev. Yekaterinburg: USFEU, 2013. 204 p.
6. Black-alder forests of the Volga-don basin and farming in them / S. V. Zalesov, V. P. Vorotnikov, V. V. Katonova, A. M. Nevidimov, T. A. Turchin. Yekaterinburg: USFEU, 2008. 231 p.
7. Experience of logging of updates in even-aged recreational pine subzone of the Northern steppe / S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, A. V. Dancheva, Yu. V. Fedorov // News of higher educational institutions «Lesnoi Zhurnal». 2014. No. 6. P. 20–21.
8. Zalesov S. V., Zalesova E. S., Dancheva A. V. Efficiency of logging updates in a recreational pine forests of the Northern subzone of forest-steppe // Problems and prospects of improving silvicultural activities in protected forest areas: proceedings of the international scientific –practical conference. Pushkino: VNIILM, 2014. P. 65–68.
9. Basics phytomonitoring: Textbook / N. P. Bunkova, S. V. Zalesov, E. A. Zoteeva, A. G. Magasumova. Yekaterinburg: USFEU, 2011. 89 p.
10. Dancheva A. V., Zalesov S. V. Environmental monitoring of forest plantations recreational purpose: Textbook. Yekaterinburg: USFEU, 2015. 152 p.
11. Waqar B. A. The determinant of the Urals plants. Sverdlovsk: Mid-Urals Publishing House, 1964. 416 p.
12. Lugansky N. A., Zalesov S. V., Schavrovsky V. A. Increasing forest productivity: Textbook. Yekaterinburg: Ural State Forestry Institute tute, 1995. 279 p.
13. Landscape logging / N. A. Lugansky, L. I. Atkina, E. S. Gnevnov, S. V. Zalesov, V. N. Lugansky // Forestry. 2007. № 6. P. 20–22.
14. Lugansky N. A., Zalesov S. V., Azarenok V. A. Forestry: Textbook. Yekaterinburg: USFEA, 2001. 320 p.
15. Azarenok V. A., Zalesov S. V. Ecologized logging. Yekaterinburg: USFEU, 2015. 97 p.

УДК 630.5

ХОД РОСТА СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ РАЗНОЙ ГУСТОТЫ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

З. Я. НАГИМОВ,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
директор института леса и природопользования
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37;
тел.:8(343)2-61-52-48, e-mail: lxf@usfeu.ru

Ключевые слова: таблицы хода роста; сосняк ягодниковый; классы густоты; регрессионные модели; средний диаметр; средняя высота; запас древостоев.

Предложен метод составления таблиц хода роста древостоев различной густоты, который реализован в сосняках ягодниковых Среднего Урала. Разделение древостоев на классы по начальной густоте проведено на основе индикатора – относительной площади сечения древостоя $G:H$. Рост древостоев по основным таксационным показателям изучался с использованием методов множественной регрессии и систем

связанных между собой уравнений, обеспечивающих получение более согласованных данных по классам густоты.

Установлено, что конкурентные взаимоотношения между деревьями, являющиеся главной причиной их отпада, наиболее интенсивны в условиях густых древостоев. В результате с увеличением возраста разница в числе деревьев между древостоями разных классов начальной густоты значительно уменьшается. В целом в естественных насаждениях старшего возраста количество деревьев на 1 га в значительной степени предопределяется начальной густотой. В свою очередь, в исследуемых сосняках варьирование этого показателя в той или иной мере оказывает влияние на все параметры древостоев.

Деревья в первоначально густых древостоях на всем исследованном протяжении роста отличаются меньшими значениями диаметра и высоты и несколько большей полндревесностью. Древостои, достигающие в ходе их возрастного развития «нормального» состояния, пребывают в нем непродолжительное время. После этого сумма площадей сечений продолжает некоторое время увеличиваться, но с меньшими темпами и, достигнув максимума, постепенно снижается. Характер возрастной динамики абсолютной полноты в значительной степени определяется исходной густотой древостоев: чем она больше, тем раньше наступает кульминация суммы площадей сечений и тем меньше ее абсолютная величина.

THE PROGRESS OF GROWTH OF PINE STANDS OF DIFFERENT DENSITY IN THE MIDDLE URALS

Z. Ya. NAGIMOV,
doctor of agricultural sciences, Professor, director of the Institute
of forest and environmental Sciences,
Federal State Budgetary Educational Institution
of Higher Professional Education «Ural State Forest Engineering University»,
620100, Russia, Yekaterinburg, Sibirsky tract, 37;
Phone: 8(343) 2-61-52-48, e-mail: lxf@usfeu.ru

Key words: *table of growth; pine berry; the classes of density; regression model; mean diameter; mean height; the stock of forest stands.*

Proposed method of compiling tables of growth of forest stands of different density, which is implemented in pine berry forests of the Middle Urals. The division of forest stands into classes according to the initial density made on the basis of the indicator – the relative cross-sectional area of the stand $G:H$. The growth of forest stands according to main indicators was studied using the methods of multiple regression and systems of interrelated equations that provide more consistent data by classes of density.

It is established that the competitive relationships between trees, which is the main cause of their mortality, the most intensive in terms of dense forest stands. As a result, with increasing age, the difference in number of trees between forest stands of different classes of initial density is significantly reduced. In General, natural stands of older age the number of trees per 1 ha are largely determined by the initial density. In turn, in the studied pine forests of the variation of this indicator in one way or another affects all the parameters of the forest stands.

Trees in initially dense stands on all examined for growth differ in the smaller values of diameter and height and a few more mass average. Trees reaching their age of development “normal” state, remain in it for a short time. Then the sum of the areas of the sections continues for some time to increase, but at a lower rate and reaching a maximum, gradually decreases. Character of age dynamics of absolute completeness, to a significant degree, or is determined by the initial density of forest stands: the larger it is, the sooner comes the culmination of the sum of the section areas and the smaller the absolute value.

Введение

В классических методах составления таблиц хода роста практически игнорируется роль динамики численности популяций древесных растений в изменении их продуктивности. В то же время многочисленными исследованиями доказано, что число стволов на единице площади является важнейшим показателем, определяющим рост, продуктивность и товарную структуру древостоев. В этой связи ряд исследователей наиболее перспективным и обоснованным подходом считают составление таблиц хода роста древостоев с учетом их начальной и текущей густоты [1–4]. На наш взгляд, в этом плане особое внимание заслуживает идея использования индикаторов начальной густоты при организации естественных возрастных рядов [2]. Если есть показатель, по которому древостои разной первоначальной густоты стабильно отличаются на протяжении всей жизни, то разработка таблиц хода роста возможна даже на основе однократных измерений на пробных площадях.

Цель, методика и объекты исследования

Целью исследования явилась разработка таблиц хода роста сосновых древостоев с использованием индикатора начальной густоты. Объектом исследования послужили сосняки наиболее распространенного в подзоне южной тайги Зауралья ягодникового типа леса.

Предварительно нами была проведена работа по обоснованию индикатора начальной густоты древостоев. При этом использовались материалы культур сосны разной густоты, заложенные в 1879 г. М. К. Турским и в 1901 г. Н. С. Нестеровым в лесной даче ТСХА, а также в 1904 г. Боярской лесной опытной станцией УСХА [5]. Было установлено, что лучший показатель при выделении однородных естественных рядов по классам густоты – относительная высота древостоев $H:G$ [5]. Причем более удобной в применении является обратная данному показателю величина $G:H$ (относительная площадь сечения).

При определении принадлежности древостоев к одному естественному ряду использованы рекомендации Г. С. Разина [2]. Разделение древостоев на классы по начальной густоте проводилось на основе зависимости показателя $G:H$ древостоев от их возраста A . На графике поле точек ограничивалось крайними линиями, проходящими через максимальные и минимальные значения $G:H$. Полученная область значений $G:H$ делилась на одинаковые по ширине полосы. Эти полосы принимались за возрастные ряды варьирующих значений $G:H$ древостоев, относящихся к одной группе по начальной густоте. Из условия отклонения $G:H$ образуемых совокупностей древостоев не более чем на 10–15 % от выравненной средней линии этого показателя наш экспериментальный материал позволил разделить естественный ряд на

три класса по начальной густоте: I – густые; II – средней густоты; III – редкие. Эти названия чисто условные и применимы в пределах исследованного интервала густоты.

При обработке экспериментальных данных, описании парных и множественных зависимостей использовалась статистико-графическая система SYSTAT-5,0. Для оценки разрабатываемых уравнений вычислялись коэффициент детерминации R^2 , стандартная ошибка δ и достоверность коэффициентов по критерию Стьюдента t .

Результаты исследования

Результаты предыдущих работ по составлению таблиц хода роста сосновых древостоев различной густоты нами были уже опубликованы [1]. Поэтому настоящие исследования следует рассматривать как дальнейшее развитие и уточнение ранее использованных методических положений и таблиц хода роста. В частности следует отметить следующее.

1. При выполнении данной работы в пределах типа леса использован более обширный и разнородный в отношении полноты (густоты) экспериментальный материал.

2. Разделение совокупности древостоев на группы первоначальной густоты осуществляется на основе предварительного обоснованного индикатора $G:H$ [5].

3. Рост древостоев по основным показателям изучался с использованием методов множественной регрессии и систем

связанных между собой уравнений, обеспечивающих получение более согласованных данных по классам густоты.

При разработке таблиц хода роста на первом этапе исследовалась связь показателя G:H с возрастом и начальной густотой древостоев. Классы густоты K при расчетах обозначались арабскими цифрами (1, 2, 3). На основе содержательного анализа указанной зависимости была подобрана структура регрессионной модели и по всей совокупности пробных площадей получено уравнение:

$$\begin{aligned} \ln G:H = & -7.5196 + 5.0239 \ln A - \\ & - 0.9957 \ln^2 A + 0.0831 \ln^3 A + \\ & + 0.4091 K - 0.0566 K \ln A, \\ R^2 = & 0.927, \delta = \pm 7.2 \%. \end{aligned} \quad (1)$$

Все коэффициенты уравнения значимы на 1 %-ном уровне. Его детерминированность и точность достаточно высоки. Поэтому уравнение (1) может быть успешно использовано при разработке таблиц хода роста.

Динамика средних высот H изучалась по всей совокупности древостоев естественного ряда в зависимости от возраста и показателя G:H. Методом шагового регрессионного анализа было получено уравнение

$$\begin{aligned} \ln H = & 1.4031 - 1.6836 \ln A + \\ & + 0.8596 \ln^2 A - 0.0958 \ln^3 A + \\ & + 0.2030 \ln G:H, \\ R^2 = & 0.957, \delta = \pm 5.3 \%. \end{aligned} \quad (2)$$

Оно обеспечивает достаточно высокую точность при оценке средней высоты древостоев. Возраст и относительная площадь сечения G:H объясняют 95,7 % изменчивости данного показателя. Все коэффициенты регрессии

значимы на 1 %-ном уровне. Таким образом, уравнение (2) можно считать высокоадекватным реальным процессам изменения средней высоты в исследуемых сосняках. Использование показателя G:H в качестве одной из независимых переменных обеспечивает высокую сопряженность возрастной динамики средних высот с исходным состоянием древостоев по густоте.

Аналогичным образом разрабатывалась модель, отражающая динамику среднего диаметра древостоев D. С учетом характера зависимости этого показателя от возраста и относительной площади сечения G:H по всему массиву пробных площадей получено следующее уравнение:

$$\begin{aligned} \ln D = & -1.9237 + 1.3256 \ln A - \\ & - 0.1315 \ln^2 A + 0.5981 \ln G:H, \\ R^2 = & 0.948, \delta = \pm 6.7 \%. \end{aligned} \quad (3)$$

В уравнении (3) обе независимые переменные оказывают достоверное влияние на результирующий фактор. Их совокупность объясняет почти 95 % изменчивости среднего диаметра.

В пределах исследуемого типа леса изменчивость видовых высот HF в значительной степени определяется одним показателем – средней высотой древостоев. Однако графический анализ позволил выявить варьирование видовых высот при постоянной высоте в зависимости от начальной густоты. Поэтому при разработке уравнения в качестве одной из переменных использовался класс густоты:

$$\begin{aligned} \ln HF = & -0.5771 + 1.0543 \ln H - \\ & - 0.0337 \ln^2 H - 0.0074 \ln K, \\ R^2 = & 0.970, \delta = 4.9 \%. \end{aligned} \quad (4)$$

Уравнение (4) характеризуется очень высоким коэффициентом детерминации. Его значение свидетельствует, что совокупность высоты и класса густоты объясняет 97 % изменчивости видовой высоты. Причем влияние класса густоты статистически доказывается лишь на 10 %-ном уровне. В целом разработанное уравнение можно считать достаточно надежным для определения видовых высот при составлении таблиц хода роста древостоев.

При исследовании возрастной динамики густоты (средней площади питания деревьев) применен метод расслоенной выборки по классам. Это вызвано тем, что характер изменения числа деревьев в ходе естественного развития древостоев в значительной степени определяется их исходным состоянием по густоте. Поэтому подобрать структуру регрессионной модели, удовлетворительно описывающую динамику густоты во всех трех классах, довольно сложно. Результаты соответствующих исследований показали, что возрастная динамика средней площади питания деревьев Sp во всех классах густоты наиболее точно передается уравнением следующей структуры:

$$\begin{aligned} \ln Sp = & a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln^2 A + \\ & + a_3 \ln^3 A. \end{aligned} \quad (5)$$

Полученные по отдельным классам густоты показатели уравнений приведены в табл. 1. Анализируя ее данные, следует отметить, что в абсолютном большинстве случаев коэффициенты регрессии значимы на 1 %-ном уровне. Все уравнения

Таблица 1

Показатели уравнений регрессий вида $\ln Sp = a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln^2 A + a_3 \ln^3 A$

Классы густоты	Значение коэффициентов (числитель) и критериев Стьюдента (знаменатель)				R ²	δ, %	№ уравнения
	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃			
I	$-\frac{7.6936}{0.9}$	$\frac{3.8787}{7.0}$	$-\frac{0.6092}{4.3}$	$\frac{0.0536}{4.4}$	0.937	±6.5	(6)
II	$-\frac{5.8916}{4.8}$	$\frac{3.1651}{3.3}$	$-\frac{0.5142}{2.1}$	$\frac{0.0494}{2.3}$	0.907	±9.8	(7)
III	$-\frac{5.0035}{6.0}$	$\frac{3.1108}{4.7}$	$-\frac{0.5622}{3.3}$	$\frac{0.0543}{3.7}$	0.912	±8.2	(8)

характеризуются сравнительно низкими для данной зависимости ошибками. Коэффициенты детерминации свидетельствуют о правильности подобранных для аппроксимаций линий.

При составлении таблиц хода роста на первом этапе по уравнению (1) для каждого класса густоты определялись средние значения относительной площади сечения G:H по десятилетиям возраста. Затем на основе регрессионных моделей (2) и (3) вычислялись соответственно средние высоты и диаметры. При этом использовались уже рассчитанные значения показателя G:H. Определение видовых высот производилось на основе уравнения (4) через предварительно вычисленные средние высоты. Возрастная динамика числа деревьев на 1 га по классам начальной густоты выявлялась при помощи уравнений (6) – (8). При определении других таксационных показателей использовались известные в лесной таксации методические приемы. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таким образом, разработанная таблица хода роста древостоев

отражает три варианта динамики основных таксационных показателей в сосняках ягодниковых в зависимости от густоты произрастания. Данные табл. 2 свидетельствуют, что разница в числе стволов между древостоями разных классов густоты в пределах типа леса изменяется с возрастом. Наиболее интенсивно самоизреживание происходит в насаждениях I класса густоты. Так, за 100-летний период роста количество деревьев отпада в густых древостоях составляет 10442, в древостоях средней густоты – 6829 и в редких – всего 4301. В результате с возрастом разница в числе деревьев между древостоями разных классов начальной густоты значительно уменьшается. Таким образом, конкурентные взаимоотношения между деревьями, являющиеся главной причиной их отпада, наиболее интенсивны в условиях густых древостоев. Следует отметить, что древостои различной начальной густоты на всем протяжении их роста и развития остаются неоднородными по густоте. А. И. Бузыкин [6] объясняет это действием в дре-

востоях двух альтернативных механизмов регуляции густоты: изменением численности в соответствии с ресурсами среды и поддержанием численности за счет уменьшения интенсивности роста и размеров деревьев. Он отмечает, что первый механизм запаздывает по сравнению со вторым. В противном случае со временем количество деревьев древостоев различной первоначальной густоты должно было бы сравняться. Таким образом, в естественных насаждениях при известных условиях местопроизрастания и возраста количество деревьев на 1 га в значительной степени предопределяется начальной густотой насаждений. В свою очередь, в исследуемых сосняках варьирование этого показателя в той или иной мере оказывает влияние на все параметры древостоев.

Результаты наших исследований (см. табл. 2) свидетельствуют, что наиболее значительное одностороннее влияние густота оказывает на диаметр древостоев: чем она больше, тем меньше средний диаметр. Таким

Таблица 2

Ход роста чистых сосновых древостоев разной густоты ягодникового типа леса

Возраст, лет	Средние		Число стволов, шт./га	Сумма площадей сечений, м ²	Видовое число	Запас, м ³	Изменение запаса, м ³	
	высота, м	диаметр, см					среднее	текущее
I класс густоты								
20	5.6	4.7	11054	19.17	0.554	59.7	3.0	
40	11.9	10.3	3623	29.93	0.519	184.5	4.6	6.4
60	18.9	15.3	1914	35.08	0.496	294.8	4.9	5.1
80	21.8	19.8	1207	36.95	0.483	366.0	4.6	3.1
100	23.6	23.8	834	36.97	0.475	400.7	4.0	1.3
120	27.4	27.4	612	35.92	0.471	408.1	3.4	0.1
II класс густоты								
20	5.9	5.4	7381	17.07	0.548	55.2	2.8	
40	12.4	11.6	2818	29.92	0.512	188.0	4.7	7.0
60	17.6	17.0	1591	36.11	0.490	310.8	5.2	5.7
80	21.2	21.8	1043	38.78	0.477	392.1	4.9	3.5
100	23.5	26.0	740	39.20	0.469	432.6	4.3	1.6
120	24.8	29.3	552	38.31	0.465	442.3	3.7	0.2
III класс густоты								
20	6.2	6.3	4818	14.87	0.542	50.0	2.5	
40	12.9	13.1	2128	28.48	0.506	185.9	4.6	7.3
60	18.2	18.9	1306	36.70	0.484	323.4	5.4	6.5
80	21.9	24.0	907	40.90	0.471	422.1	5.3	4.4
100	24.3	28.4	670	42.47	0.464	477.4	4.3	2.3
120	25.5	32.3	517	42.37	0.460	487.3	4.1	0.5

образом, для достижения определенных размеров деревьям густых насаждений требуется значительно больший период времени. Так, средний диаметр 27.4 см характерен для 120-летних густых древостоев, а у редких он наблюдается на 25 лет раньше.

Расхождения в средних высотах в зависимости от густоты значительно ниже. Например, высота редких древостоев всего на 5.8–10.7 % больше, чем густых. С возрастом различия в относительных величинах закономерно уменьшаются, в абсолютных до 70 лет увеличиваются, а затем остаются примерно на одном уровне.

В редких древостоях формируются менее полнодревесные стволы. Однако различия в видовых числах в зависимости от густоты древостоев незначительны. В рассматриваемом типе леса максимальные отклонения по этому показателю в пользу густых древостоев не превышают 5 %.

Возрастное изменение сумм площадей сечений в древостоях разных классов густоты отличается своеобразием. При одном и том же возрасте вначале абсолютная полнота выше в древостоях с большей густотой. Затем в 40–50-летнем возрасте суммы площадей сечений дре-

востоев разных классов густоты сравниваются. В дальнейшем густые древостои отстают по этому показателю от более редких. Наибольшее отклонение по абсолютной полноте в пользу редких насаждений наблюдается в 120 лет (18 %), а в пользу густых – в 20 лет (28,9 %).

В настоящее время многие ученые на основе обобщения теоретических исследований и экспериментальных работ на постоянных пробных площадях пришли к выводу о существовании колоколообразных кривых, описывающих изменение суммы площадей сечений и запаса древостоев с возрастом [3, 7].

Оказывается, что в любом насаждении абсолютная полнота и запас достигают максимального значения, как правило, только один раз. Причем кульминация продуктивности зависит от первоначальной густоты насаждений: чем она больше, тем раньше наступает кульминация сумм площадей и запасов и тем меньше их абсолютные выражения. Результаты наших исследований обнаруживают аналогичную динамику абсолютной полноты: в густых древостоях этот показатель максимального значения (37.13 м^2) достигает в 90 лет, а в редких (42.58 м^2) – на 20 лет позже. Причем, начиная с определенного возраста (зависит от класса густоты), полнота достаточно продолжительное время держится практически на одном уровне, только затем начинает снижаться.

Особенности в изменении рассмотренных таксационных показателей накладывают определенный отпечаток на возрастную динамику запасов стволочной древесины. Выявляется, что древостои, формирующиеся по линии густых, имеют преимущество в запасе лишь до 40 лет. В дальнейшем они уступают по этому показателю древостоям II и III классов густоты. В возрасте 120 лет запас редких насаждений на 89.2 м^3 (21.9 %)

выше, чем густых. Таким образом, меньшее число деревьев, меньшая полндревесность их стволов в этих древостоях с избытком компенсируются за счет возрастания средних диаметров и высот.

В динамике текущего прироста по запасу в древостоях разной густоты выявляется следующая закономерность: чем больше первоначальная густота древостоев, тем раньше наступает кульминация текущего прироста и меньше его абсолютная величина. Так, в густых древостоях наибольшее значение этого показателя наблюдается в 30–40 лет, а в редких – в 40–50 лет.

Выводы

1. В одних и тех же типах леса и однородных почвенно-гидрологических условиях рост и самоизреживание древостоев в значительной степени зависят от их густоты, которая в той или иной мере оказывает влияние на все параметры древостоев. В этой связи важнейшим фактором, определяющим ход роста и развития насаждений, выступает их первоначальная густота. Деревья в первоначально густых древостоях на всем исследованном протяжении роста отличаются меньшими значениями диаметра и высоты и несколько большей полндревесностью.

2. Динамика основных таксационных показателей, отраженная в разработанной таблице, хорошо согласуется с данными, полученными в результате длительных наблюдений на постоянных пробных площадях. Поэтому обоснованный нами индикатор первоначальной густоты и предложенный метод составления таблиц, несомненно, заслуживают внимания, так как позволяют выявить наиболее вероятный ход роста древостоев с учетом комплекса почвенно-климатических и ценологических факторов.

3. Таблицы хода роста, разработанные на основе индикаторов первоначальной густоты, показывают, что древостои, достигающие в ходе их возрастного развития «нормального» состояния (относительной полноты 1.0), пребывают в нем не продолжительное время. После этого суммы площадей сечений продолжают некоторое время увеличиваться, но с меньшими темпами и, достигнув максимума, постепенно снижаются. Характер возрастной динамики абсолютных полнот в значительной степени определяется исходной густотой древостоев: чем она больше, тем раньше наступает кульминация сумм площадей сечений и тем меньше их абсолютные величины.

Библиографический список

1. Луганский Н. А., Нагимов З. Я. Структура и динамика сосновых древостоев на Среднем Урале. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1994. 140 с.
2. Разин Г. С. Изучение и моделирование хода роста древостоев (на примере ельников Пермской области). Л.: ЛенНИИЛХ, 1977. 43 с.

3. Разин Г. С., Рогозин М. В. О ходе роста древостоев. Догматизм в лесной таксации // Вестник Перм. ун-та. Пермь, 2009. Вып. 10 (36). С. 9–38.
4. Тябера А. П. Моделирование производительности и товарности сосновых древостоев разной густоты в условиях Литовской ССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Брянск, 1980. 20 с.
5. Нагимов З. Я. Обоснование индикаторов первоначальной густоты древостоев // Леса Урала и хоз-во в них. Екатеринбург, 1999. Вып. 19. С. 72–81.
6. Бузыкин А. И. Формирование и продуктивность древостоев // Формирование и продуктивность лесных фитоценозов. Красноярск, 1982. С. 5–17.
7. Кузьмичев В. В. Эколого-ценотические закономерности роста одновозрастных сосновых древостоев: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Красноярск, 1980. 31 с.

Bibliography

1. Lugansky N. A., Nagimov Z. Ya. Structure and dynamics of pine stands in the middle Urals. Yekaterinburg: Pub-er Ural. Univ. 1994. 140 p.
 2. Razyn G. S. Study and simulation of growth of forest stands (spruce forests on the example of Perm region). L.: LenSRIOF, 1977. 43 p.
 3. Razyn G. S., Rogozyn M. V. On the progress of forest growth. Dogmatism in forest survey // Herald of Perm University. Perm, 2009. Vol. 10 (36). P. 9–38.
 4. Tyabera A.P. Modeling productivity and merchantability of pine stands of different density in the conditions of Lithuanian SSR: Autoab. dis. ... d-r of ag-c. sciences. Bryansk, 1980. 20 p.
 5. Nagimov Z. Ya. Rationale indicators of the initial density of forest stands // Forest of the Ural and farm them. Yekaterinburg, 1999. Vol. 19. P. 72–81.
 6. Buzikin A. I. The formation and productivity of forest stands // The formation and productivity of forest phytocenoses. Krasnoyarsk, 1982. P. 5–17.
 7. Kuzmichev V. V. Ecological-coenotic patterns of growth even-aged pine stands: Autoab. dis. ... d-r of biological Sciences. Krasnoyarsk, 1980. 31 p.
-