

ТАБЛИЦЫ ХОДА РОСТА ДЛЯ ТАКСАЦИИ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ РАЗНОЙ ГУСТОТЫ

In article checked of a accuracy of a technique of definition of quantity of trees on hectare is considered. The quantity of groups density is certain and their borders, have been made the analysis mensuration parameters, and on the basis of the received groups tables of a course of growth of modal forest stands depending on density (forest mensuration measurement data) are made. Certain laws are revealed. The short analysis is given the received results.

Введение. В нашей стране существует большое количество различных моделей хода роста древостоев. Все они, как правило, построены либо для нормальных насаждений, имеющих максимальную сумму площадей сечения деревьев и, следовательно, максимальный запас на единице площади (таблицы хода роста (ТХР) И. Д. Юркевича и Н. Ф. Ловчего, В. Е. Ермакова и др.), либо для модальных (средних) древостоев (В. Ф. Багинский), либо для эталонных древостоев, имеющих высший уровень производительности (О. А. Атрощенко), которые не охватывают всего разнообразия лесного фонда (ЛФ) республики. А ТХР, отражающих особенности роста древостоев различной густоты, нет либо представлены в малом количестве. В основу имеющихся моделей заложены как показатели условий местопроизрастаний (типы леса) (И. Д. Юркевича и Н. Ф. Ловчего, В. Е. Ермакова и др.), так и показатели продуктивности древостоев (бонитеты) (Н. Н. Свалов, Ф. П. Моисеенко, О. А. Атрощенко и др.). В работе в основе лесотаксационных нормативов используются типы леса, так как «анализ их (таблиц хода роста по типам леса) со всей очевидностью показывает, что подобные таблицы должны являться более надежной основой для проектирования и осуществления любых лесохозяйственных мероприятий» [1].

В нашей работе было поставлено ряд задач:

- выделение групп по количеству деревьев на 1 га чистых (условно чистых) сосновых древостоев;
- разноска опытного материала (временные пробные площади) по группам густоты и обработка данных в рамках созданных групп;
- анализ взаимосвязи основных таксационных показателей древостоев сосны с их густотой;
- получение их динамики по данным группам;
- сравнение полученных результатов с существующими таблицами хода роста.

Построение таблиц хода роста по густоте и внедрение их в практику лесного хозяйства даст возможность расширить круг задач управления, контроля и проектирования ве-

дения лесного хозяйства, а также принятия правильного управленческого решения. Данные таблицы хода роста также позволят более корректно актуализировать естественные процессы, происходящие в лесном фонде республики.

Объекты и методика создания лесотаксационных нормативов для оценки производительности сосновых древостоев Республики Беларусь. Для получения динамики основных таксационных показателей сосновых древостоев при оценке их производительности мы использовали статистический метод на основе 649 временных пробных площадей (ВПП). Данные представлены ВПП лесостроительства, из которых 29 было заложено автором. ВПП равномерно охватывают каждый из семи лесорастительных районов республики.

Также на основе имеющихся ВПП была опробированна и проверенна методика определения среднего количества деревьев на одном гектаре (густоты) [2]. Проверка точности расчета количества деревьев исходя из среднего объема ствола [3] осуществлялась с применением однофакторного анализа [4]. Проверяемая нулевая гипотеза заключалась в том, что определения количества деревьев на 1 га посредством объема среднего ствола (в зависимости от средней высоты H_{cp} и площади сечения среднего дерева g_{cp}) корректно отображает реальное количество деревьев. Для проверки нулевой гипотезы вычислялся F -критерий:

$$F = \frac{S_a^2(n-1)}{S_r^2(I-1)},$$

где $S_a^2 = \sum_{i=1}^I n(\bar{y}_i - \bar{y})^2,$

$$S_r^2 = \sum_{i=1}^{i \neq 1} \sum_{j=1}^n (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_i)^2,$$

где I – число способов расчета густоты (2); n – число пробных площадей; \bar{y}_i – среднее значение какого-либо параметра по всем пробным площадям для i -того способа вычислений; \bar{y}_{ij} – величина какого-либо параметра j -той пробной площади при i -том способе вычислений; \bar{y} – среднее значение какого-либо параметра по

всем пробным площадям и способам вычислений.

Далее вычисленный F -критерий сравнивался с табличным значением F -критерия Фишера. Анализ точности методики определения густоты осуществлялся как в целом по ВПП, так и в отдельности по породам и типам леса. Во всех случаях вычисленные F -критерии имеют величины значительно более низкие, нежели табличное значение критерия Фишера. Данные анализа говорят о состоятельности вышеизложенного метода для определения количества деревьев на 1 га.

Лесотаксационные нормативы для оценки производительности сосновых древостоев рассчитывались по пяти основным наиболее представленным типам леса: сосняк мшистый (С. мш.), сосняк вересковый (С. вер.), сосняк черничный (С. чер.), сосняк орляковый (С. ор.) и сосняк кисличный (С. кис.) По данным В. Ф. Багинского, данные типы леса занимают 79,4% от покрытой сосняками площади [5].

Все имеющиеся ВПП мы делили на группы густот. Границы групп определялись с помощью центральной кривой-гида. Построение данной кривой осуществлялась на материале выделенной базы данных 14 лесхозов, равномерно представляющих все семь лесорастительных районов республики. Для корректировки данных были использованы уравнения для систематических ошибок определения среднего диаметра D_{cp} древостоя, средней высоты H_{cp} древостоя и общего запаса древостоя M на 1 га [6]. Методика определения границ была разработана ранее [2]: Первоначально ВПП делились на 2 группы: густые (ВПП, количество деревьев на гектаре которых превышало среднее значение кривой-гида) и редкие (ВПП с количеством деревьев на гектаре меньшим значения кривой-гида).

Затем мы получали такие показатели, как средний диаметр, среднюю высоту, сумму площадей сечения и запас растущей стволовой древесины на 1 га для каждой группы густоты по возрастам.

Впоследствии каждый из четырех таксационных показателей для каждой группы густоты сглаживался специальной программой WSP [7].

В результате мы получили динамику таксационных показателей для сосновых древостоев различной густоты по типам леса по десятилетним интервалам. Расчетным путем были получены для десятилетий количество деревьев на гектаре N , видовое число F и относительная полнота P . С. мш. из-за достаточного количества ВПП (340) делили на 4 группы густоты (имеющиеся первоначальные две групп делились срединной кривой-гид), однако анализ данных показал отсутствие существенных отличий в смежных груп-

пах по основным таксационным показателям. Таким образом, мы определили достаточность двух групп по густоте. В итоге исходя из репрезентативности ВПП по группам С. мш. (340), С. вер. (60) и С. орл. (97) были поделены на две группы (редкие и густые), а С. кис. (33) и С. чер. (119) из-за отсутствия необходимого количества ВПП и характера распределения по отношению к кривой-гиду образовали по одной группе (густые).

Для каждого типа леса помимо групп определялись средние основные таксационные показатели. Полученные результаты приведены в табл. 1–3.

Таблица 1
Динамика модальных древостоев
С. вер. по группам густот

A	H	D	N	G	M	F	P
Редкие							
15	5,3	4,4	4755	7,13	29,6	0,781	0,44
20	8,2	8,6	2550	14,95	91,2	0,742	0,65
25	10,4	11,9	1784	19,85	131,3	0,638	0,74
30	11,9	14,3	1385	22,33	153,5	0,578	0,77
35	12,9	16,1	1127	22,87	161,3	0,546	0,76
40	13,5	17,3	933	21,93	158,3	0,533	0,71
45	13,9	18,2	769	19,95	147,6	0,532	0,64
50	14,1	18,8	623	17,36	132,4	0,542	0,55
55	14,2	19,4	491	14,58	116,1	0,561	0,46
60	14,4	20,2	376	11,98	101,4	0,589	0,38
65	14,7	21,1	285	9,96	91,5	0,627	0,31
70	15,2	22,4	224	8,86	89,0	0,663	0,27
75	16,0	24,3	195	9,04	96,8	0,671	0,27
80	17,2	26,9	191	10,82	117,6	0,634	0,32
85	18,8	30,2	202	14,52	153,8	0,564	0,41
90	20,9	34,6	218	20,44	208,0	0,487	0,56
Густые							
15	4,8	3,6	12558	12,99	54,4	0,866	0,87
20	6,7	5,3	7555	16,67	89,7	0,800	0,84
25	8,4	7,0	5125	19,54	119,2	0,723	0,84
30	10,0	8,6	3720	21,71	143,5	0,663	0,83
35	11,4	10,3	2822	23,30	163,3	0,617	0,83
40	12,6	11,9	2208	24,40	179,2	0,583	0,82
45	13,7	13,4	1768	25,09	191,8	0,557	0,81
50	14,7	15,0	1442	25,45	201,6	0,538	0,80
55	15,6	16,5	1195	25,56	209,1	0,523	0,78
60	16,5	18,0	1003	25,48	214,9	0,512	0,76
65	17,2	19,4	853	25,28	219,4	0,503	0,74
70	18,0	20,8	735	25,01	223,2	0,497	0,72
75	18,6	22,2	641	24,74	226,6	0,491	0,71
80	19,3	23,4	568	24,51	230,2	0,486	0,69
85	20,0	24,7	511	24,37	234,4	0,481	0,68

Окончание табл. 1

A	H	D	N	G	M	F	P
90	20,6	25,8	468	24,38	239,6	0,476	0,67
95	21,3	26,8	437	24,58	246,3	0,470	0,67
100	22,1	27,6	419	25,02	254,9	0,462	0,67
105	22,9	28,2	411	25,75	266,1	0,452	0,68

Таблица 2

**Динамика модальных древостоев
С. мш. по группам густот**

A	H	D	N	G	M	F	P
Редкие							
15	7,6	6,3	5897	18,636	105,4	0,740	0,86
20	9,7	9,0	3131	20,021	130,1	0,671	0,78
25	11,6	11,5	2006	20,900	149,4	0,616	0,73
30	13,4	13,8	1421	21,374	164,3	0,574	0,70
35	15,1	16,0	1072	21,539	175,8	0,542	0,67
40	16,6	18,0	843	21,486	184,6	0,517	0,64
45	18,0	19,9	684	21,298	191,5	0,499	0,62
50	19,3	21,7	569	21,049	197,2	0,485	0,59
55	20,4	23,4	484	20,803	202,2	0,475	0,57
60	21,4	25,0	418	20,615	206,8	0,468	0,56
65	22,3	26,7	368	20,525	211,3	0,463	0,55
70	22,9	28,3	328	20,566	215,9	0,458	0,54
75	23,3	29,9	297	20,755	220,3	0,455	0,54
80	23,5	31,5	271	21,097	224,5	0,452	0,55
85	23,5	33,1	251	21,586	228,0	0,450	0,56
Густые							
20	8,8	6,9	7840	29,203	170,6	0,720	1,21
25	11,0	9,0	4505	28,834	186,2	0,627	1,04
30	12,9	11,1	2944	28,450	207,2	0,572	0,95
35	14,6	13,1	2091	28,082	220,5	0,537	0,88
40	16,1	15,0	1576	27,759	230,2	0,514	0,84
45	17,5	16,8	1241	27,503	239,5	0,498	0,80
50	18,7	18,5	1014	27,334	248,4	0,487	0,78
55	19,7	20,2	853	27,267	257,2	0,479	0,76
60	20,6	21,7	736	27,313	266,2	0,473	0,75
65	21,4	23,2	649	27,480	275,4	0,467	0,75
70	22,2	24,6	583	27,769	285,1	0,463	0,74
75	22,8	25,9	534	28,178	295,3	0,459	0,75
80	23,4	27,1	496	28,696	306,1	0,455	0,75
85	24,0	28,2	469	29,310	317,6	0,451	0,76
90	24,5	29,2	448	29,999	329,5	0,447	0,77
95	25,0	30,0	435	30,734	341,6	0,444	0,78
100	25,5	30,6	427	31,479	353,8	0,440	0,79
105	26,0	31,1	425	32,192	365,4	0,437	0,80
110	26,4	31,3	428	32,819	375,9	0,435	0,81

Таблица 3

**Динамика модальных древостоев
С. ор. по группам густот**

A	H	D	N	G	M	F	P
Редкие							
15	8,6	10,0	2103	16,38	96,4	0,684	0,55
20	11,9	13,3	1746	24,27	177,0	0,613	0,73

Окончание табл. 3

A	H	D	N	G	M	F	P
25	14,7	16,0	1462	29,24	233,8	0,545	0,83
30	16,9	18,1	1240	31,78	270,3	0,503	0,86
35	18,7	19,8	1055	32,40	290,1	0,478	0,85
40	20,2	21,3	892	31,67	297,4	0,466	0,81
45	21,3	22,7	744	30,15	296,7	0,463	0,76
50	22,2	24,3	612	28,38	293,0	0,465	0,70
55	23,1	26,2	498	26,93	291,8	0,469	0,65
60	24,1	28,8	406	26,41	299,1	0,471	0,63
65	25,3	32,1	340	27,58	321,7	0,462	0,63
70	26,9	36,6	299	31,45	367,0	0,434	0,69
Густые							
30	14,9	14,8	1927	33,12	271,8	0,552	0,94
35	16,6	16,2	1546	31,84	273,5	0,516	0,87
40	18,3	17,7	1267	31,09	280,6	0,494	0,83
45	19,7	19,2	1061	30,79	292,0	0,481	0,80
50	21,1	20,8	907	30,85	306,7	0,472	0,78
55	22,3	22,4	789	31,17	323,4	0,465	0,77
60	23,4	24,0	698	31,68	341,1	0,460	0,76
65	24,4	25,6	626	32,26	358,6	0,455	0,76
70	25,4	27,2	566	32,84	374,8	0,450	0,75
75	26,2	28,7	517	33,32	388,7	0,445	0,75
80	27,0	30,1	474	33,60	399,2	0,441	0,73
85	27,6	31,3	436	33,62	405,3	0,436	0,72
90	28,2	32,5	402	33,28	406,1	0,432	0,70
95	28,8	33,5	370	32,51	400,9	0,429	0,67
100	29,2	34,3	339	31,26	388,9	0,426	0,63
105	29,5	34,8	309	29,463	369,4	0,425	0,59

Анализируя данные табл. 1–5, можно отметить ряд особенностей, а именно то, что средняя высота древостоя в малой степени зависит от его густоты (рис. 1), что также подтверждается исследованиями В. П. Машковскою и И. В. Толкача [8], средний диаметр древостоя значительно отличается как по группам густот, так и по типам леса (рис. 2), причем с увеличением густоты древостоев наблюдается уменьшение среднего диаметра с повышением плодородия почв – увеличения среднего диаметра.

Данные по количеству деревьев на гектаре выявляют следующую тенденцию: в более богатых типах леса наблюдается меньшая густота. Эту особенность отмечал еще Варгас де Бедмар (1846 г.): «...число стволов находится в обратном отношении к степеням добротности почвы, т. е. лучшей почве соответствует меньшее число стволов».

Данные запасов, отображающие в определенной степени продуктивность насаждений, в оче-

редной раз подтверждают закон Эрхарда – Эйхгорна, а именно: с увеличением плодородия почв увеличивается продуктивность насаждений.

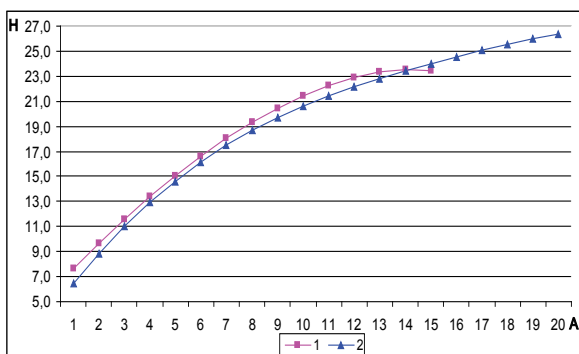


Рис. 1. Динамика средних высот по группам густоты (С. мш.)

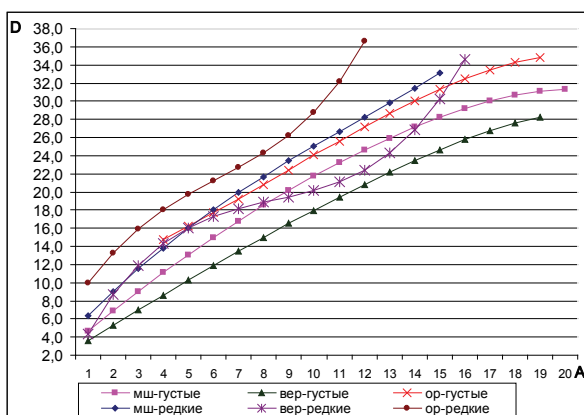


Рис. 2. Динамика среднего диаметра по типам леса и группам густот

В нашем случае наименьшей продуктивностью обладают насаждения с наименьшим бонитетом (плодородием почв) – сосняки вересковые, выше – сосняки мшистые и черничные и максимальной продуктивностью, древостои с наивысшим бонитетом (плодородием почв) – сосняки кисличные и орляковые, причем средние запасы на 1 га в С. мш. и С. чер. практически равны. Этот факт говорит о схожести данных типов леса в плане плодородия почв (близкие бонитеты) и схожести по лесорастительному эффекту (рис. 3). Так же наблюдается взаимосвязь между запасом и густотой, а именно – более густые насаждения обладают большими запасами, наиболее этот момент прослеживается у С. мш. (рис. 4).

Сумма площадей сечения характеризуется большими значениями в более густых древостоях. Из рис. 5 видно, что как для густых, так и редких древостоях характерна колебательная динамика сумм площадей сечения. Однако густые древостои характеризуются меньшей амплитудой колебания сумм площадей сечения, нежели редкие древостои.

Данное явление можно объяснить тем, что в редких древостоях из-за наличия большего свободного пространства начинается интенсивное

увеличение среднего диаметра в молодняках и средневозрастных древостоях (рис. 5), затем рост резко замедляется.

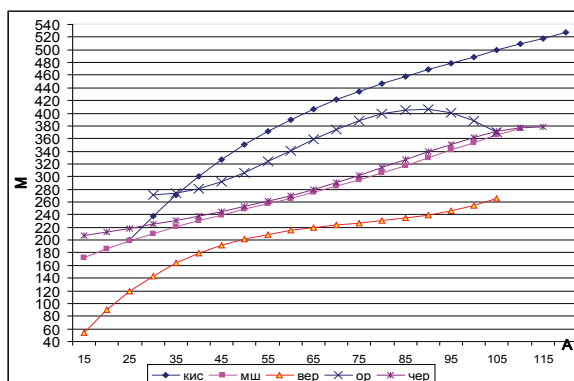


Рис. 3. Динамика запаса древостоев на корню по типам леса

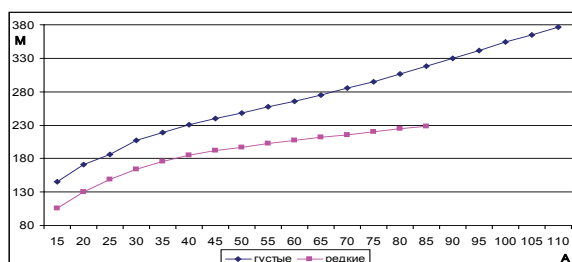


Рис. 4. Динамика запаса древостоев на корню по группам густот (С. мш.)

Естественный отпад в это время усиливается, что ведет к уменьшению суммы площадей сечения. Для густых древостоев данная тенденция не наблюдается (рис. 2). Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что наиболее неустойчивыми являются редкие древостои.

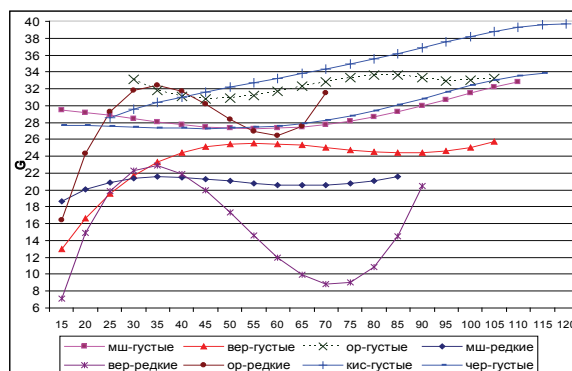


Рис. 5. Динамика сумм площадей древостоев на корню по группам густот и типам леса

Относительную стабильность сумм площадей сечения в густых средневозрастных насаждениях можно объяснить интенсивными рубками ухода, которые сдерживают ее рост. Следует отметить, что активное увеличение сумм площадей сечения наступает в приспевающих насаждениях.

При составлении макетов нормативов (ТХР) полученные средние высоты и диаметры сравнивались с существующими таблицами хода

роста. А именно: ход роста сосновых древостоев естественного происхождения (В. С. Мирошников), ход роста сосновых древостоев (Ф. П. Моисеенко, В. Ф. Багинский), динамика продуктивности эталонных сосняков Белоруссии по основным типам леса (В. Е. Ермаков), ход роста древостоев искусственного происхождения (В. С. Мирошников, О. А. Трулль, В. Е. Ермаков), ход роста И. Д. Юркевича, а по сумме площадей сечения еще и с стандартными таблицами сумм площадей сечения и запасов нормальных насаждений при полноте 1,0 и нормативными таблицами для инвентаризации лесного фонда БССР [9].

Отметим, что наименьшие отклонения по рассчитанными нами высоте и диаметру для всех групп наблюдается с таблицами Ф. П. Моисеенко и В. Ф. Багинского, а по высоте так же еще и таблицы В. С. Мирошникова.

Как видно из рис. 6, наша динамика сумм площадей сечения на гектаре отклоняется от имеющихся таблиц, наименьшее отклонение наблюдается с ТХР В. Ф. Багинского.

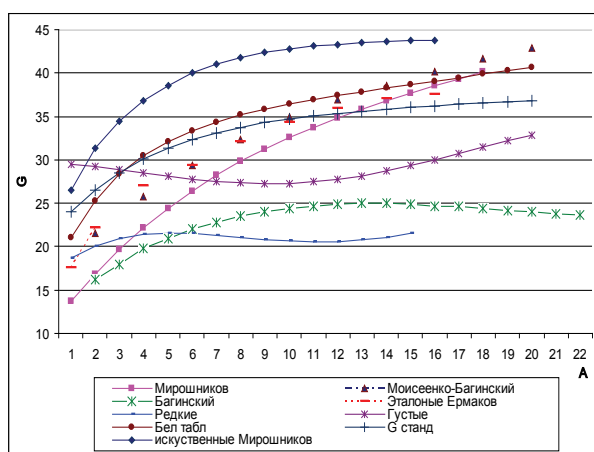


Рис. 6. Динамика сумм площадей различных таблиц хода роста

Заключение. В работе рассмотрены имеющиеся модели хода роста, сделан их краткий анализ. Определена возможность использования разработанной ранее методики разбивки древостоев по густоте, динамика таксационных показателей для каждой группы в пределах каждого из пяти типов леса.

Как показали исследования, динамика таксационных показателей древостоев разной густоты имеет определенную закономерность во всех пяти типах леса. А именно: средняя высота древостоев практически не зависит от густоты насаждения, в отличие от среднего диаметра, который имеет прямую зависимость от данного показателя (чем более густое насаждение, тем меньше средний

диаметр). Также наблюдается увеличение среднего диаметра с возрастанием плодородия почвы.

Следует отметить, что как для густых, так и редких древостоев характерна колебательная динамика сумм площадей сечения. Причем амплитуда колебаний в редких древостоях значительно больше, нежели в густых. На относительную стабильность сумм площадей сечения в густых средневозрастных древостоях большое влияние оказывают рубки ухода.

Наименьшие отклонения по рассчитанными нами средним высотам и диаметрам для всех групп наблюдается в сравнении с данными таблицы Ф. П. Моисеенко и В. Ф. Багинского, а по высоте так же еще и таблицы В. С. Мирошникова.

Составленные в ходе исследования таблицы могут использоваться при управлении, планировании ведения лесного хозяйства и лесоустройства и охватывают практически все сосновые древостои основных типов леса.

Литература

1. Козловский, В. Б. Ход роста лесобразующих пород СССР / В. Б. Козловский, В. М. Павлов // Лесная промышленность – М., 1967. – 327 с.
2. Азарчик, Р. В. Динамика таксационных показателей сосновых древостоев разной густоты / Р. В. Азарчик // Труды БГТУ. Сер. I, Лесн. хоз-во. – 2007. – Вып. XV. – С. 33–38.
3. Разработать биогеофизическую теорию конкуренции растений в древостое за ресурсы среды: научн. отчет; рук. темы В. П. Машковский. – Минск, 2005. – 84 с.
4. Лакин, Г. Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. специальностей вузов / Г. Ф. Лакин. – 4-е изд., перераб и доп. – М.: Высшая школа., 1990. – 351 с.
5. Багинский, В. Ф. Нормативные материалы для таксации лесов Белорусской ССР / В. Ф. Багинский. – М., 1984. – 308 с.
6. Атрощенко, О. А. Система моделирования и прогноза роста древостоев (на примере БССР): дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.02. / О. А. Атрощенко. – Киев, 1985. – 520 с.
7. Машковский, В. П. Сглаживание эмпирических зависимостей / В. П. Машковский // Труды БГТУ. Сер. I, Лесн. хоз-во. – 2003. – Вып. XI. – С. 154–157.
8. Машковский, В. П. Динамика верхних высот в древостоях разной густоты / В. П. Машковский, И. В. Толкач // Труды БГТУ. Сер. I, Лесн. хоз-во. – 2006. – Вып. XIV. – С. 56–59.
9. Мирошников, В. С. Справочник таксатора / В. С. Мирошников [и др.]. – Минск, 1980. – 360 с.