

Д. А. Подошвелев, ассистент

## ПРОДУКТИВНОСТЬ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ В КУЛЬТУРАХ СОСНЫ ПЛАНТАЦИОННОГО ТИПА

This article is devoted to how biological and chemical melioration, that was used in pine stands, density of which is various, influences on forest stand productivity and properties of pine wood. There is productivity of pure pine and birch and mixed pine and birch forest stands is also studied. For purpose, which is studying this processes, biometric indexes of pine stands were defined, where a various mode of application of various actions were done. Also samples of wood were taken in forest stands. Then the width of annual rings, density and mechanical properties of wood were determined. It has allowed to determine mathematic regularity of various properties of wood one on one. The greatest and most long effect has given selection thinning, which allows to increase diameter gain and to remove undesirable trees. Thus it is necessary to recognize, that thinning is the most effective and perspective action. Economic effectiveness was calculated for different regime of forest growing.

**Введение.** Одной из важнейших задач лесного хозяйства является создание и выращивание крупномерной древесины, что позволит с большей эффективностью использовать земельные ресурсы. Одним из путей решения данной задачи является применение химической и биологической мелиорации. Наиболее распространенным решением проблемы повышения продуктивности лесов в настоящее время является биологическая мелиорация. Научно-исследовательские работы Б. Д. Жилкина [1], В. П. Григорьева [2], И. Э. Рихтера [3] и других авторов по введению многолетнего люпина в лесные культуры получили широкую известность и нашли применение в лесохозяйственном производстве. Также возможно повышение продуктивности древостоев путем проведения химической мелиорации. Этот вопрос довольно досконально представлен в работах В. С. Победова [4], П. С. Шиманского [5], С. С. Штукина [6] и др. Данная технология включает в себя операции по внесению минеральных удобрений и гербицидов, что в комплексе с другими мероприятиями, такими как селекционное изреживание, должно позволить выращивать древесину необходимого качества в кратчайшие сроки. Тем не менее возникает вопрос не только о количественных, но и качественных параметрах получаемой древесины.

Не вызывает сомнений общая положительная роль рубок в улучшении качественного состояния древостоев путем удаления деревьев с явными признаками болезней и других дефектов. Однако важны и другие менее явные и поэтому недостаточно изученные последствия рубок ухода разной интенсивности, которые сказываются, в частности, на качестве формирующейся после рубок ухода древесины. В Беларуси по данной проблематике широко известны работы Н. И. Федорова [7], А. К. Петруши [8] и других исследователей. Тем не менее вопрос влияния внесения минеральных удобрений на физико-механические свойства древеси-

ны в сосновых древостоях с разной густотой изучен не достаточно.

**Цель исследований.** В связи с длительным сроком выращивания и большими затратами материальных и трудовых ресурсов при интенсивном лесовыращивании необходимо знать количественные и качественные характеристики получаемой древесины, а также экономическую эффективность применяемых лесохозяйственных мероприятий.

**Объекты исследований.** Объекты представлены чистыми сосновыми древостоями и были заложены С. С. Штукиным. Объекты находятся на территории ГЛХУ «Глубокский опытный лесхоз» и Двинской экспериментальной лесной базы. Все насаждения располагаются в подзоне дубово-темнохвойных лесов и, таким образом, находятся в одинаковых климатических условиях. Тип леса – сосняк мшистый.

Объект № 1 был заложен в Подсвильском лесничестве путем изреживания лесных культур сосны. Культуры созданы в 1966 г. посадкой двухлетних сеянцев сосны. В 1976 г. было проведено селекционное изреживание, в результате которого получили 4 секции густоты: 0,9; 1,8; 3,6 и 7,2 (контроль) тыс. шт./га. В 1977, 1979, 1983 г. во все секции были внесены аммиачная селитра и двойной суперфосфат. Характеристика пробных площадей приведена в табл. 1.

Объект № 2 заложен в Глубокском лесничестве. Лесные культуры созданы в 1967 г. путем посадки однолетних сеянцев сосны. Одновременно с посадкой проводился посев люпина многолетнего. В 1976 г. провели изреживание культур, в результате которого получили секции с густотой 1, 2, 4 и 6,5 тыс. шт./га. Характеристика пробных площадей приведена (ПП) в табл. 1.

Объект № 3 расположен в Глубокском лесничестве. Лесные культуры созданы в 1969 г. В мае 1976 г. провели селекционное изреживание, в результате которого были получены 4 секции густоты: 1, 2, 4 и 8 тыс. шт./га.

## Характеристика пробных площадей

ПП	Секция густоты, тыс. шт./га	Мероприятия	Бонитет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Пол- нота	Количество деревьев, шт./га	Запас, м <sup>3</sup> /га
Объект № 1								
1а	0,9	У	I	23,2	17,5	1	815	269
1б	0,9	У, Об. с.	I	22,8	17,4	1	818	258
2	1,8	У	I	20,7	17,2	1	1063	274
3	3,6	У	I	19,5	16,7	1	1241	277
4 (к)	7,2	У	I	17,3	17,0	0,87	1208	216
Объект № 2								
1	1	Л	I	23,2	18,2	0,8	640	225
2		б/л	I	21,3	18,4	0,65	630	185
3	2	Л	I	18,5	18,1	0,98	1240	266
4		б/л	I	20	18,4	0,82	906	234
5	4	Л	I	16,7	17,9	0,83	1306	229
6 (к)	6,5	Л	I	16,4	16,4	0,79	1253	218
Объект № 3								
1	1	У	I	23,0	17,8	0,93	969	319
2		б/у	I	22,5	17,6	0,89	974	305
3		У, Г	I	23,2	17,8	0,93	960	312
4		Г	I	22,4	17,7	0,89	987	306
5	2	У, 2-е изр.	I	22,1	17,5	0,93	1050	315
6		б/у, 2-е изр.	I	21,6	17,3	0,88	1006	286
7		У, Г	I	18,8	17	1,14	1763	370
8		Г	I	18,7	17	1,08	1694	352
9	4	У, 2-е изр.	I	21,9	17,5	0,88	1015	298
10		б/у, 2-е изр.	I	21,1	17,3	0,8	986	266
11		У, Г	I	18,8	16,8	0,81	1304	271
12		Г	I	18,9	16,6	0,74	1115	234
к1	8	У	I	15,4	16,9	0,78	1770	251
к2		б/у	I	15,1	16,7	0,73	1731	231

*Примечание.* У – минеральные удобрения; Г – гербициды; Об. с. – обрубка сучьев; Л – люпин; б/у – без удобрений; б/л – без люпина; 2-е изр. – второе изреживание.

Каждая секция имела варианты с внесением минеральных удобрений и без удобрений. В начале второго класса возраста в секциях 2 и 4 тыс. шт./га в вариантах как с применением минеральных удобрений, так и без их применения было проведено второе изреживание до густоты 1 и 2 тыс. шт./га соответственно. В 1977, 1979 и 1983 г. в вариантах с применением минеральных удобрений были внесены аммиачная селитра, двойной суперфосфат и хлористый калий. Характеристика пробных площадей приведена в табл. 1.

**Результаты исследований.** На объекте № 1 наибольший средний диаметр получен при густоте 1 тыс. шт./га, а наибольший запас – при густоте 3,6 тыс. шт./га. При этом отличие по запасу для контрольного варианта составляет 25–30%. Также необходимо отметить, что во всех вариантах сформировались высокополнотные насаждения. Тем не менее контрольная секция несколько отстает по данному показателю от остальных вариантов.

На объекте № 2 наибольший средний диаметр наблюдается при густоте 1 тыс. шт./га с применением люпина. Средний диаметр, полу-

ченный в варианте № 3 с люпином, ниже, чем в варианте № 4 без введения люпина, что объясняется более высокой сохранностью деревьев (1250 и 900 шт./га соответственно). Наибольший запас древостоя в варианте № 3, что, как уже отмечалось, произошло из-за лучшей сохранности деревьев. Разница между данным вариантом и контрольным участком составила 18%. Наименьший запас выявлен в секции с густотой 1 тыс. шт./га в варианте без использования люпина, что на 30% уступает лучшему показателю.

На объекте № 3 наибольший средний диаметр получен при густоте 1 тыс. шт./га на участке с применением удобрений и гербицидов и немного меньший в варианте № 1 с той же густотой с применением только удобрений. При использовании одних гербицидов позитивных результатов не выявлено. Влияние густоты на величину прироста по диаметру очень хорошо выражено и в крайних вариантах составляет 35%. На интенсивность прироста в высоту разная степень изреживания древостоя оказывает существенное влияние только при густоте 1 тыс. шт./га. Положительное влияние проводимых мероприятий на общий запас на контрольных вариантах составляет

8%. На контрольной делянке с внесением удобрений также наблюдается и меньший отпад деревьев.

Для определения влияния селекционного изреживания разной интенсивности в середине первого класса возраста и внесения минеральных удобрений на плотность древесины, ее полную усушку, предел прочности при сжатии вдоль волокон и предел прочности при статическом изгибе на каждом варианте вырубалось по 6 деревьев (образцы отбирались на высоте 1,3 м и под кроной). Данные, полученные в ходе проведения испытаний, приведены в табл. 2.

Данные таблицы показывают, что с уменьшением густоты стояния деревьев после изреживания происходит уменьшение содержания поздней древесины. Разница между крайними вариантами густоты древостоев по проценту поздней древесины составила 24%.

Следует отметить, что плотность древесины, формирующаяся под влиянием рубок ухода, также несколько различается в зависимости от интенсивности изреживания. В варианте с густотой 1 тыс. шт./га, как и следовало ожидать, отмечается наименьший показатель плотности (на 13% ниже контроля). При менее сильном изреживании (1,8 тыс. шт./га) отклонения незначительны и составляют всего 2%, а поскольку точность измерений составляет 5%, то оно статистически не достоверно.

Немного более сильное влияние густота оказывает на механические свойства. Так, пре-

дел прочности древесины при сжатии вдоль волокон при густоте 1 тыс. шт./га на 2,5% ниже, чем в культурах с первоначальной густотой 8 тыс. шт./га. При обрезке же сучьев происходит дальнейшее снижение данного показателя и разница с контролем составляет 4%. При этом необходимо отметить, что при густоте 3,6 тыс. шт./га отмечается наибольший предел прочности на сжатие вдоль волокон.

Испытания на предел прочности при статическом изгибе показали, что прослеживается та же тенденция, что и в предыдущем случае. Так, контроль на 3,4% превосходит культуры с первоначальной густотой 1 тыс. шт./га и на 6,8% культуры, где применялась обрезка сучьев. В случае с вариантом с густотой 1,8 тыс. шт./га разница с контролем составила 1,4%.

На основании собранных данных с помощью пакетов Excel и Statistica проводился регрессионный анализ и определялись показатели, которые достоверно оказывают влияние на качественные показатели древесины. На основании полученных результатов были построены математические модели, которые имеют следующий вид:

$$\text{Пр}_{п.д} = 79,42 - 3,26Г - 27,04Ш_{г.сл}, \quad (1)$$

$$\text{Пл}_{ср} = 611,71 - 17,35Г + 3,44 \times \text{Пр}_{п.д}, \quad (2)$$

где  $\text{Пр}_{п.д}$  – процент поздней древесины, %;  $Г$  – густота древостоя в момент проведения биометрических измерений, тыс. шт./га;  $Ш_{г.сл}$  – ширина годичного слоя, мм;  $\text{Пл}_{ср}$  – средняя плотность древесины, кг/м<sup>3</sup>.

Таблица 2

**Некоторые физико-механические свойства древесины сосновых культур разной густоты**

Показатель	Густота культуры, тыс. шт./га				
	0,9	0,9 (с обрезкой)	1,8	3,6	7,2 (контроль)
Доля поздней древесины	24	23,2	26,6	30,5	31,6
Плотность при влажности 12%, г/см <sup>3</sup>	0,414	0,402	0,441	0,448	0,45
Полная усушка древесины, %	10,9	10,9	10,9	10,7	10,8
Предел прочности при сжатии вдоль волокон, МПа	39,3	38,7	40,1	40,5	39,8
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	60,51	58,37	61,77	61,95	62,64

Таблица 3

**Себестоимость лесовыращивания 1 га, тыс. руб.**

Технологическая операция	Секция густоты, тыс. шт./га					Контроль
	2 <sup>(1)</sup>	2 <sup>(2)</sup>	4 <sup>(3)</sup>	4 <sup>(4)</sup>	4 <sup>(5)</sup>	
Создание и уход за лесными культурами	726,4	726,4	726,4	726,4	726,4	726,4
Изреживание	740,7	740,7	512,9	512,9	512,9	–
Внесение удобрений	–	1 872,8	–	1 872,8	–	–
Прочистка	–	–	–	–	–	242,5
Второе изреживание	–	–	–	–	1359,4	–
Прореживание	–	–	–	–	–	170,3
Прокладная рубка	–	–	–	–	–	–1158,2*
РГП	18 388,0	19 265,4	14 661,7	19 086,5	17 117,5	14 785,3
<i>Итого</i>	19 855,1	22 605,2	15 901,0	22 198,6	19 716,3	14 766,2
С учетом компондирования	27 195,3	37 027,5	22 300,1	35 679,8	30 295,3	24 633,7

Примечание. (1) – номер варианта при расчете экономической эффективности; \* – мероприятие принесло прибыль.

## Экономическая эффективность лесовыращивания

Показатель	Секция густоты, тыс. шт./га					Контроль
	2 <sup>(1)</sup>	2 <sup>(2)</sup>	4 <sup>(3)</sup>	4 <sup>(4)</sup>	4 <sup>(5)</sup>	
Себестоимость, тыс. руб.	27 195,3	37 027,5	22 300,1	35 679,8	30 295,3	24 633,7
Доход, тыс. руб.	32 435,0	33 995,0	25 790,0	33 675,0	30 190,0	25 950,0
Прибыль, тыс. руб.	6 706,8	307,3	4 729,2	1 107,3	2 493,4	1 297,3
Рентабельность, %	26,1	0,9	21,2	3,4	9,0	5,2

Как видно из формул, на процент поздней древесины достоверное влияние оказывает густота стояния деревьев и ширина годичного слоя. Со средней плотностью достоверно связаны густота древостоя и процент поздней древесины.

Плантационное лесовыращивание направлено в первую очередь на обеспечение потребностей в древесине народного хозяйства, поэтому крайне важно знать экономическую эффективность проводимых мероприятий.

Поскольку в нашем случае нет древостоев, которые бы достигли возраста, рекомендованного для рубки, с помощью модели О. А. Атрошенко был составлен прогноз роста опытных древостоев. На основании этого прогноза был произведен расчет НТК технологических операций за весь период лесовыращивания. Необходимо отметить, что возраст главной рубки для контрольного варианта принимался 81 год, а для всех остальных – 60 лет. Для более адекватной оценки стоимости лесовыращивания, проводили компондирование затрат. Коэффициент компондирования приняли 3%. Сводная ведомость расчета НТК представлена в табл. 3. Расчет экономической эффективности представлен в табл. 4.

Наиболее рентабельными оказались варианты с изреживанием в середине первого класса возраста до густоты 2 и 4 тыс. шт./га без проведения других мероприятий. Наиболее затратным являются варианты с внесением минеральных удобрений, доход от заготовки древесины на которых лишь немногим превышает данный показатель на участках без применения удобрений.

**Заключение.** Делая вывод в целом по работе, можно отметить, что на данном этапе роста насаждений (40 лет) наиболее перспективным для плантационного лесовыращивания является мероприятие по селекционному изреживанию древостоев в середине первого класса возраста до густоты 2 или 4 тыс. шт./га, т. к. в данных вариантах наблюдаются лучшие биометрические и экономические показатели. При этом по нашему мнению наиболее экономически целе-

сообразным является густота 4 тыс. шт./га, поскольку при более сильном изреживании может возникнуть необходимость в проведении такого мероприятия, как обрезка сучьев, что только увеличит расходы.

## Литература

1. Жилкин, Б. Д. Многолетний люпин как средство биологической мелиорации / Б. Д. Жилкин // Лесохозяйственная информация. – 1968. – № 4. – С. 7–9.
2. Жилкин, Б. Д. Краткое руководство по введению многолетнего люпина в междурядьях лесных культур / Б. Д. Жилкин, В. П. Григорьев. – Минск: БТИ им. С. М. Кирова, 1961. – 10 с.
3. Рихтер, И. Э. Роль минеральных удобрений и многолетнего люпина в биологическом круговороте углерода, азота, фосфора и калия культур сосны и ели / И. Э. Рихтер // Лесоведение и лесоводство. – Минск: БелТИ, 1975. – Вып. 10. – С. 40–48.
4. Победов, В. С. Применение удобрений в лесном хозяйстве / В. С. Победов. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 201 с.
5. Шиманский, П. С. Итоги научных исследований Института леса по применению удобрений в лесном хозяйстве Беларуси / П. С. Шиманский, В. Е. Волчков // Институту леса НАН Беларуси – 65 лет: сб. науч. тр. / под ред. В. Ф. Багинского. – Гомель: Ин-т леса, 1995. – С. 92–97.
6. Штукин, С. С. Рост сосны в изреженных культурах с интенсивным применением химических средств и биологической мелиорации / С. С. Штукин // Лесн. журн. – 1989. – № 4. – С. 9–12.
7. Федоров, Н. И. Ход роста и физико-механические свойства древесины культур сосны веймутовой и сосны обыкновенной / Н. И. Федоров // Труды БЛТИ. – Минск, 1959. – С. 165–175.
8. Петруша, А. К. Физико-механические свойства древесины сосны обыкновенной наиболее распространенных типов леса БССР / А. К. Петруша // Труды БЛТИ. – Минск, 1959. – С. 281–290.