

*have found that the collected data adequately describes mensurational structure of stands in the study region, which enables attaining correct estimates of their bioproductivity parameters.*

Статья поступила в редколлегию 22.04.2016 г.



УДК 630\*562

## **ОЦЕНКА ПОТЕРЬ В ЗАПАСЕ И СТОИМОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ОТ НЕСВОЕВРЕМЕННОГО ПОСТУПЛЕНИЯ ЕЛИ В РУБКУ ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Машковский В.П., Севрук П.В.**

*УО «Белорусский государственный технологический университет»  
(г. Минск, Беларусь)*

*На основании данных таксации пробных площадей и их последующей обработки выполнен расчет возможных потерь в запасе крупной и средней древесины, стоимости общего запаса от поступления ели в рубку в возрасте, отличном от возраста наступления максимума технической и хозяйственной спелости. В наиболее благоприятных условиях произрастания минимальные потери в запасе и стоимости наблюдаются в возрасте близком к возрасту рубки в эксплуатационных лесах, с ухудшением условий возраст с минимумом возможных потерь в запасе и стоимости увеличивается и может достигать 115 лет.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Главное пользование древесиной является конечной целью всей организации лесохозяйственной деятельности в большинстве лесов [1, 2]. Согласно Лесному кодексу [3] лесопользование в хозяйственной единице должно быть непрерывным, неистощительным и рациональным. Основной задачей организации лесопользования является планирование размера главного пользования во времени, от решения которого зависит рациональность лесопользования, возрастная структура лесов, объемы лесовосстановления.

Расчетная лесосека – это норма ежегодных объемов рубок леса, или количество готовой продукции, которая может быть изъята из дальнейшего лесовоспроизводства для заготовки лесоматериалов. Она рассчитывается исходя из наличия спелой древесины, характера воспроизводства, потребности в древесине. После установления расчетной лесосеки главного пользования для лесов в конкретной хозяйственной единице составляется план рубки – проект пространственного размещения и очередности поступления в рубку участков спелого леса. Во время проектирования ставится задача оптимально учесть экологические и эксплуатационные требования, чтобы получить максимальный хозяйственный эффект [1].

Момент рубки леса был одним из основных вопросов лесного хозяйства, начиная от становления его как отрасли. В Беларуси нормативом рубки леса установлен возраст рубки древостоя. Возраст рубки не является показателем, которому должно отвечать наиболее целесообразное строение древостоев в хозяйственной секции, и не выражает цикличности лесного хозяйства. Он является показателем степени готовности древостоев к рубке.

В настоящее время сформировались подходы, реализующие различные экономико-математические модели установления возраста рубки в системе расчетов лесопользования. Здесь определение возраста рубки рассматривают как решение оптимизационной задачи с использованием различных математических моделей. При этом наблюдаются разные способы выбора моделей, целевой функции и системы ограничений [2, 4].

Важнейшим фактором, влияющим на величину возраста рубки, являются спелости леса. Возраст спелости определяется, прежде всего, районом произрастания, почвенными условиями, породой, а также целью хозяйства.

Показатели текущего и среднего прироста являются основанием для установления многих спелостей леса (технической, количественной, хозяйственной и естественной) [5].

Максимальный эффект от лесовыращивания наблюдается в том случае, когда насаждения поступают в рубку в возрасте той спелости, которая в данной хозсекции является определяющей. Отклонения в ту или иную сторону неизбежно приводят к потерям. Данные потери могут быть использованы в качестве минимизируемой целевой функции [6].

При оптимизации главного пользования при краткосрочном планировании задачу линейного программирования можно сформулировать следующим выражением [6]:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n+1} X_{i,j} (Z_i^{cp,max} - \frac{V_{i,j}}{A_{i,j}}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $m$  – общее количество выделов, намеченных в рубку, шт.

$n$  – период планирования, лет;

$X_{i,j}$  – площадь  $i$ -го выдела, который будет вырублен в год  $j$ , га;

$Z_i^{cp, max}$  – максимально возможное значение среднего прироста по запасу древостоя или ведущих сортиментов в  $i$ -том выделе,  $m^3/га$ ;

$V_{i,j}$  – запас древесины или отдельных целевых сортиментов в  $i$ -том выделе в  $j$ -том году,  $m^3/га$ ;

$A_{i,j}$  – возраст древостоя в  $i$ -том выделе в  $j$ -том году, лет.

Данная целевая функция выражает потери, которые может понести лесное хозяйство из-за несвоевременной рубки древостоев. В данной функции используется  $(n+1)$  год, выходящий за расчетный период. Это сделано для того, чтобы оценить возможные потери в среднем приросте древостоя или ведущих сортиментов, которые могут произойти из-за того, что некоторые насаждения не будут вырублены в течение периода оптимизации, в то время как максимальный средний прирост в них наступит до окончания этого периода.

Ограничения функции (1) выглядят следующим образом [6]:

$$\sum_{j=1}^{n+1} X_{i,j} = S_i; \quad i = 1, \dots, m, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{i,j} \geq L_{p.n.} - \Delta; \quad j = 1, \dots, n, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{i,j} \leq L_{p.n.} + \Delta; \quad j = 1, \dots, n, \quad (4)$$

где  $L_{p.n.}$  – лесосека равномерного пользования по площади, га;

$\Delta$  – максимально допустимые отклонения расчетной лесосеки от лесосеки равномерного пользования.

Ограничения (2) позволяют исключить из области допустимых решений точку, соответствующую полному отсутствию пользования путем вовлечения в расчет всех древостоев.

Ограничение (3) и (4), устанавливают максимально допустимые отклонения расчетной лесосеки от лесосеки равномерного пользования, что будет приводить к улучшению возрастной структуры лесов. Причем чем меньше будут установлены допустимые отклонения, тем интенсивнее будет выравниваться распределение лесов по классам возраста [6].

Для решения задачи оптимизации размера главного пользования использование методики оценки лесосечного фонда является актуальным.

Все действующие в настоящее время возраста рубки в эксплуатационных лесах установлены на основании технической спелости. Кроме технической спелости стоит также рассмотреть в качестве сравнения хозяйственную спелость, которая отражает максимум стоимости среднего прироста древесины [1, 7].

Целью нашей работы является определение возможных потерь в запасе крупной и средней древесины, а также стоимости древесного запаса от поступления древостоев в рубку в возрасте, отличном от возраста наступления двух приведенных выше спелостей.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В нашем исследовании использованы материалы закладки и таксации 233 пробных площадей в лесохозяйственных учреждениях Министерства лесного хозяйства, в которых элемент леса ель находится в приспевающих и старше насаждениях. Все пробные площади были разделены на 2 категории: высокопродуктивные и низкопродуктивные. В 1-ую категорию вошли I<sup>6</sup>-I классы бонитета, а во вторую категорию соответственно – II-V классы бонитета.

Закладка пробных площадей осуществлялась в соответствии с ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустroительные. Метод закладки». По результатам обработки данных перечета деревьев на пробных площадях получаем таксационные показатели каждой пробной площади. В дальнейшем по товарным таблицам В.Ф. Багинского определяем запас крупной, средней, мел-

кой древесины и дров. На основе действующих лесных такс определяем стоимость каждой категории древесины.

Эти данные используем для расчета среднего прироста крупной и средней древесины, а также стоимости среднего прироста по общему запасу.

В дальнейшем использовались два варианта расчета. По первому варианту данные значения приростов приводим к полноте 1,0 на основании полноты елового элемента леса на пробной площади. С помощью методики по сглаживанию эмпирических зависимостей [8] получаем сглаженные значения обоих приростов по возрастам в зависимости от категории продуктивности. По второму варианту сглаженные значения среднего прироста крупной и средней древесины, стоимости среднего прироста по общему запасу приводим к полнотам, приведенным в таблице динамики таксационных показателей модальных еловых древостоев В.Ф. Багинского. В качестве основы для высокопродуктивных ельников использовались полноты в таблице динамики таксационных показателей для I класса бонитета, а для низкопродуктивных – для II, т. к. в данных категориях преобладают именно эти классы бонитета.

Потери в запасе и стоимости от несвоевременного поступления древостоев в рубку рассчитываем по следующей формуле [9]:

$$\Pi = A_p(P^{cp, max} - P^{cp, Ap}), \quad (5)$$

где  $A_p$  – возраст рубки древостоя, год;

$P^{cp, max}$  – максимальный средний прирост крупной и средней древесины или максимальная стоимость среднего прироста древесного запаса, м<sup>3</sup>/год (млн. руб./год);

$P^{cp, Ap}$  – средний прирост крупной и средней древесины или стоимость среднего прироста древесного запаса в возрасте рубки, м<sup>3</sup>/год (млн. руб./год).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сглаженные значения приростов, приведенные к полноте 1,0, сведем в таблицу 1, в которой будут указаны их значения в возрасте 81 года и 120 лет, а также максимальное значение и возраст наступления максимума.

Таблица 1 – Величины среднего прироста крупной и средней древесины, стоимости среднего прироста по общему запасу при полноте 1,0

Показатели	Категория продуктивности	
	высокопродуктивные	низкопродуктивные
1	3	4
Средний прирост крупной и средней древесины, м <sup>3</sup> /год		
В возрасте 81 года	5,66	2,94
В возрасте 120 лет	–	3,44
Максимальное значение	5,70	3,44
Возраст достижения максимума	88	122

1	2	3
Стоимость среднего прироста по общему запасу, млн. руб./год		
В возрасте 81 года	0,799	0,408
В возрасте 120 лет	–	0,480
Максимальное значение	0,836	0,482
Возраст достижения максимума	95	124

Возраст наступления максимума стоимости среднего прироста по общему запасу наступает несколько позже, чем возраст наступления максимума среднего прироста крупной и средней древесины. В высокопродуктивных ельниках данный возраст наступает на 7 лет позже, а в низкопродуктивных разница достигает 2 года.

Техническая и хозяйственная спелость в высокопродуктивных ельниках наступает раньше, чем в низкопродуктивных, разница достигает порядка 30 лет. Из этого можно сделать вывод: чем хуже условия местопроизрастания, тем больше разница в возрасте наступления спелости [2].

В таблице 2 приведем такие же показатели, что и в таблице 1, только значения среднего прироста крупной и средней древесины, стоимости среднего прироста древесного запаса приведем к полнотам, указанным в таблице В.Ф. Багинского, по приведенной выше методике.

Таблица 2 – Величины среднего прироста крупной и средней древесины, стоимости среднего прироста древесного запаса, приведенные к полнотам в таблице модальных еловых древостоев В.Ф. Багинского

Показатели	Категория продуктивности	
	высокопродуктивные	низкопродуктивные
Средний прирост крупной и средней древесины, м <sup>3</sup> /год		
В возрасте 81 года	3,39	1,76
В возрасте 120 лет	–	1,79
Максимальное значение	3,42	1,83
Возраст достижения максимума	70	99
Стоимость среднего прироста по общему запасу, млн. руб./год		
В возрасте 81 года	0,479	0,245
В возрасте 120 лет	–	0,250
Максимальное значение	0,483	0,252
Возраст достижения максимума	89	112

Сравнивая две таблицы можно отметить, что после приведения рассматриваемых приростов к полноте модальных древостоев по В.Ф. Багинскому возраст наступления как технической, так и хозяйственной спелости снизился.

Техническая спелость у высокопродуктивной ели наступает раньше возраста рубки в эксплуатационных лесах, а в низкопродуктивной категории – приблизился к возрасту рубки для I группы лесов. Максимум стоимости среднего прироста по общему запасу (хозяйственная спелость) наблюдается в возрасте 89 и 112 лет для 1-ой и 2-ой категории соответственно.

В естественных условиях с возрастом полнота древостоев меняется. Поэтому при дальнейших расчетах следует использовать данные, приведенные к полноте модальных древостоев, что будет соответствовать реальному состоянию лесного фонда.

На основании формулы (5) и приведенной выше таблицы 2 рассчитаем потери в запасе крупной и средней древесины ( $m^3$ ) и стоимости древесного запаса (млн. руб.) от несвоевременного поступления ели в рубку (таблица 3).

Таблица 3 – Потери в запасе крупной и средней древесины, стоимости общего запаса от несвоевременного поступления ели в рубку главного пользования

Возраст, лет	Потери в запасе крупной и средней древесины по категориям продуктивности, $m^3$		Потери в стоимости общего запаса по категориям продуктивности, млн. руб.	
	высокопродуктивные	низкопродуктивные	высокопродуктивные	низкопродуктивные
70	–	19	1,12	1,54
75	–	12	0,75	1,05
80	2	7	0,40	0,64
85	4	3	0,09	0,43
90	10	1	–	0,27
95	18	–	0,48	0,19
100	29	–	1,60	0,12
105	46	1	3,99	0,07
110	68	1	7,70	–
115	94	2	13,23	–
120	–	5	–	0,24
125	–	10	–	0,75
130	–	18	–	1,69
135	–	31	–	3,24
140	–	48	–	5,32

Чем больше отклонение возраста, в котором древостой назначают в рубку от возраста наступления максимума спелости, тем объем потерь в запасе и стоимости древесины больше.

При оценке плана рубок главного пользования суммарные потери в запасе и стоимости древесины могут достигать больших величин. Оптимизация плана рубок поможет свести данные потери к минимуму, что будет соответствовать принципу рациональности лесопользования.

В таблице 4 приведем сравнение потерь в запасе крупной и средней древесины по нашим данным и данным динамики таксационных показателей модальных еловых древостоев В.Ф. Багинского. Как уже отмечалось выше, для высокопродуктивной ели в качестве сравнения будем брать данные по I классу бонитета, а для низкопродуктивной – по II.

Так как возраст технической спелости у высокопродуктивной ели ниже, чем у ельников I класса бонитета по данным Багинского, то возраст с минимальными потерями запаса крупной и средней древесины увеличивается.

Обратная тенденция наблюдается у низкопродуктивной ели из-за того, что возраст максимума среднего прироста крупной и средней древесины по нашим данным наступает позже.

Таблица 4 – Потери в запасе крупной и средней древесины от несвоевременного поступления ели в рубку главного пользования в сравнении с таблицей В.Ф. Багинского

м<sup>3</sup>

Возраст, лет	Потери в запасе крупной и средней древесины по нашим данным		Потери в запасе крупной и средней древесины по данным В.Ф. Багинского		Отклонения	
	высокопродуктивные	низкопродуктивные	1 класс бонитета	2 класс бонитета		
70	–	19	5	13	–5	6
75	–	12	2	6	–2	6
80	2	7	–	2	2	5
85	4	3	2	–	2	3
90	10	1	5	1	5	–
95	18	–	10	4	8	–4
100	29	–	18	8	11	–8
105	46	1	27	15	19	–14
110	68	1	39	22	29	–21
115	94	2	51	31	43	–29
120	–	5	62	41	–	–36
125	–	10	78	51	–	–41
130	–	18	92	64	–	–44
135	–	31	108	76	–	–45
140	–	48	125	88	–	–40

В таблице 5 приведем сравнение потерь в стоимости древесного запаса.

Таблица 5 – Потери в стоимости общего запаса от несвоевременного поступления древостоев в рубку главного пользования в сравнении с таблицей В.Ф. Багинского

млн. руб.

Возраст, лет	Потери в стоимости общего запаса по нашим данным		Потери в стоимости общего запаса по данным В.Ф. Багинского		Отклонения	
	высокопродуктивные	низкопродуктивные	1 класс бонитета	2 класс бонитета		
1	2	3	4	5	6	7
70	1,12	1,54	2,45	2,94	–1,33	–1,40
75	0,75	1,05	1,43	1,95	–0,68	–0,90
80	0,40	0,64	0,64	1,12	–0,24	–0,48
85	0,09	0,43	0,17	0,51	–0,08	–0,08
90	–	0,27	–	0,09	–	0,18
95	0,48	0,19	0,19	–	0,29	0,19
100	1,60	0,12	0,70	0,20	0,90	–0,08

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7
105	3,99	0,07	1,37	0,74	2,62	-0,67
110	7,70	–	2,42	1,43	5,28	-1,43
115	13,23	–	3,68	2,42	9,55	-2,42
120	–	0,24	5,16	3,48	–	-3,24
125	–	0,75	6,75	4,50	–	-3,75
130	–	1,69	8,58	5,59	–	-3,90
135	–	3,24	10,67	6,89	–	-3,65
140	–	5,32	13,02	8,68	–	-3,36

Если рассматривать хозяйственную спелость, то стоит отметить, что у 1-ой категории (высокопродуктивная ель) и данными В.Ф. Багинского по 1 классу бонитета возраст с минимальными потерями в стоимости общего запаса находится в диапазоне от 85 до 90 лет. Из этого можно сделать вывод: возраста данной спелости по нашим таблицам и по таблице Багинского близки. Для 2-ой категории (низкопродуктивная ель) минимальные потери в стоимости, в сравнении с данными Багинского по 2 классу бонитета, наблюдаются позже. Два пика можно объяснить близкими значениями потерь данных пробных площадей и таблицы хода роста (в возрасте 85 лет 0,43 и 0,51 млн. руб., в возрасте 100 лет 0,12 и 0,20 млн. руб. соответственно).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возраст наступления технической спелости зависит от условий местопроизрастания, чем хуже условия местопроизрастания, тем выше возраст наступления данной спелости, как и возраст с минимальными потерями в запасе древесины. У низкопродуктивной ели возраст наступления технической спелости равняется 99 годам, а у высокопродуктивной – 70 годам. Следовательно минимальные потери в запасе у низкопродуктивной ели будут наблюдаться в возрасте выше возраста спелости, уставноленного для эксплуатационных лесов.

При назначении возраста рубки для лесов первой группы учитывались специальные социальные функции, выполняемые ими в растущем состоянии, и получение наибольшего объема древесины в данной группе не является важнейшей целью лесовыращивания.

Хозяйственная спелость включает экономическую оценку выращиваемых сортиментов и характеризуется более высоким возрастом, чем техническая, поскольку на возраст хозяйственной спелости значительное влияние оказывает качество древесины. Разница между двумя спелостями составляет 13 и 19 лет.

В связи с тем, что суммарные потери в запасе и стоимости от несвоевременного поступления всех древостоев за ревизионный период могут достигать больших величин (по запасу крупной и средней древесины потери достигают величины в 94 и 48 м<sup>3</sup>, а по стоимости общего запаса – 13,23 и 5,32 млн. руб. соответственно в высокопродуктивной и низкопродуктивной ели),



использование показателя среднего прироста для оценки плана рубок и минимизации данных потерь при планировании лесосечного фонда на ревизионный период является актуальным и имеет большое практическое значение.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лесаўпарадкаванне: падручнік для студэнтаў вышэйшых навучальных устаноў па спецыяльнасці «Лясная гаспадарка» / В.Я. Ермакоў, А.А. Атрошчанка, М.П. Дзямід. 4-е выданне, перепрацаванае і дапоўненае. – Мн.: БДТУ, 2002. – 498 с.
2. Багинский В.Ф., Есимчик Л.Д. Лесопользование в Беларуси: История, современное состояние, проблемы и перспективы. – Мн.: Беларуская навука, 1996. – 367 с.
3. Лесной Кодекс Республики Беларусь: принят Палатой представителей 8 июня 2000 г.: одобрен Советом Респ. 30 июня 2000 г.: с изм. и доп.: текст Кодекса по состоянию на 10 февр. 2004 г. – Минск: Амалфея, 2005. – 78 с.
4. Атрощенко О.А. Моделирование роста леса и лесохозяйственных процессов / О.А. Атрощенко. – Мн.: БГТУ, 2004. – 249 с.
5. Антанайтис В.В., Загреев В.В. Прирост леса – 2-е изд., перераб. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 200 с.
6. Машковский В.П. Методика оценки потерь от несвоевременного поступления древостоев в рубку / В.П. Машковский // Труды БГТУ. Сер I, Лесн. хоз-во. – 2008. – Вып. XVI. – С. 21-25.
7. Демид Н.П. Оптимизация возраста рубки сосновых древостоев Беларуси и качество древесного сырья // Труды БГТУ. – 2012. №1: Лесное хоз-во. С. 33-37.
8. Машковский В.П. Сглаживание эмпирических зависимостей // Труды БГТУ. Сер. лесн. хоз-ва. 2003. Вып. XI. С. 154-157.
9. Кохненко А.С., Машковский В.П. Методика оценки оптимальности планов рубки // Труды БГТУ. 2015. №1: Лесное хоз-во. С. 20-23.

### **LOSS ASSESSMENT OF VOLUME AND COST OF WOOD FROM LATE DELIVERY OF SPRUCE IN THE CUTTING**

*Mashkovsky V.P., Sevruk P.V.*

*Based on the taxation sample plots and their subsequent processing by the calculation of possible losses of volume large and medium wood, cost of overall volume from late delivery of spruce in the cutting on the basis of the technical and economic maturity. In the most favorable growing conditions minimal losses of volume and cost are observed at the age close to the cutting age of exploitable forests. With the deterioration in growing conditions the age with minimum losses of volume and cost increases and can reach 115 years.*

Статья поступила в редколлегию 18.04.2016 г.

