

УДК 630\*562

**В. П. Машковский, В. П. Зорин, П. В. Севрук**  
Белорусский государственный технологический университет

### **СРЕДНИЙ ПРИРОСТ СТОИМОСТИ ДРЕВЕСИНЫ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД В БЕЛАРУСИ**

Применение среднего прироста при планировании лесопользования позволит определить четкий порядок поступления древостоев в рубку главного пользования, поскольку он положен в основу определения спелостей леса. Динамика среднего прироста стоимости древесины сосны, дуба, березы, осины изучена по данным динамики таксационных показателей модальных древостоев В. Ф. Багинского и ольхи черной по данным таблиц хода роста нормальных древостоев В. Ф. Багинского и Ф. П. Моисеенко. В результате регрессионного анализа выбраны лучшие уравнения, описывающие данную динамику, – полином третьей степени и гиперболы третьего и четвертого порядка. Коэффициенты корреляции уравнений для сосны находятся в пределах от 0,99 до 0,98; для дуба – от 0,99 до 0,97; для мягколиственных пород – от 0,99 до 0,80. Значение критерия Фишера по всем уравнениям выше, чем его критическое значение.

С использованием полученных уравнений связи в рамках алгоритма процесса планирования лесопользования выполняется расчет потерь в стоимости древесины от несвоевременного поступления всех составляющих элементов леса древостоя в рубку главного пользования. Все потери в целом для древостоя суммируются, а минимальная величина потерь показывает оптимальный момент поступления в рубку.

**Ключевые слова:** прирост средний, потери, рубки главного пользования, планирование лесопользования, план рубки.

**Для цитирования:** Машковский В. П., Зорин В. П., Севрук П. В. Средний прирост стоимости древесины различных пород Беларуси // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (246). С. 12–17.

**V. P. Mashkovsky, V. P. Zorin, P. V. Sevruck**  
Belarusian State Technological University

### **AVERAGE INCREASE OF TIMBER COST DIFFERENT SPECIES IN BELARUS**

The use of the average increase in the planning of cutting will allow us to determine a clear order of receipt of stands in the cutting of the main use, since it is the basis for determining the forest maturity. The dynamics of the average increase of timber cost of pine, oak, birch, and aspen wood was studied based on the data of the dynamics of the taxation value of modal stands of V. F. Baginsky and black alder according to the growth tables of normal stands of V. F. Baginsky and F. P. Moiseenko. As a result of the regression analysis, the best equations describing this dynamics are selected- a polynomial of the third degree and hyperbolas of the third and fourth order. The correlation coefficients of the equations for pine are in the range from 0.99 to 0.98; for oak – from 0.99 to 0.97; for soft-leaved species – from 0.99 to 0.80. The value of the Fisher criterion for all equations is higher than its critical value.

With the use of the obtained equations of communication within the framework of the algorithm of the forest management planning process, the calculation of losses in the cost of wood from late delivery of all species of the stand in the cutting of the main use is performed. All losses as a whole for the stand are summed up, and the minimum value of losses is shown at the optimal moment of entering the cutting.

**Key words:** average increase, losses, cutting of the main use, planning of cutting, cutting plan.

**For citation:** Mashkovsky V. P., Zorin V. P., Sevruck P. V. Average increase of timber cost different species in Belarus. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2021, no. 2 (246), pp. 12–17 (In Russian).

**Введение.** Лес как важнейший возобновляемый глобальный и национальный природный элемент географического ландшафта обеспечивает устойчивое экологическое, экономическое и социальное развитие. Устойчивое лесопользование является основным условием развития

лесного хозяйства страны, повышения качества и конкурентоспособности лесной продукции на внешнем рынке [1].

При лесоустроительном проектировании выполняют расчет и обоснование необходимого объема всех лесохозяйственных мероприя-

тий, направленных на удовлетворение потребностей экономики в древесине путем рационального (устойчивого) использования лесных ресурсов без ухудшения выполняемых защитных, охранных и рекреационно-оздоровительных функций лесов [2].

После определения способа пользования для всех выделов, намеченных в РГП, и ежегодного размера рубки по хозсекциям для каждого вида переходят к составлению плана рубки – ведомости выделов, запроектированных в рубку главного пользования на ревизионный период. Данный план должен определить порядок поступления выделов в РГП по годам ревизионного периода.

Использование динамики среднего прироста позволит определить четкий порядок поступления древостоев. Его применение обосновано тем, что он положен в основу определения многих спелостей [3]. Динамика среднего прироста зависит от породы, условий местопроизрастания, таксационных показателей, экономических условий [3, 4] и характеризуется тремя фазами: в начале наблюдается его рост, который в определенный момент достигает максимальной величины, после чего его значение начинает постепенно снижаться. Момент максимума среднего прироста является оптимальным моментом рубки, отклонение в ту или иную сторону непременно приведет к потерям [5].

Наиболее приемлемой для лесного хозяйства является хозяйственная спелость (возраст, в котором достигается максимум среднего прироста стоимости древесины), поскольку данная спелость вместе с количественной оценкой получаемой древесины (как и техническая) включает еще и ее качественную оценку [3, 6–9].

На прошлых этапах работы приведены методика расчета потерь от несвоевременного поступления древостоев в рубку главного пользования [10–12] и уравнивания динамики среднего прироста ели [13].

Для автоматизации процесса определения порядка назначения древостоев в сплошнолесосечную рубку главного пользования нами предложены алгоритм и средства автоматизации вычислений в Microsoft Excel, которые на основании хозяйственной спелости (среднего прироста стоимости древесины) позволяют составить планы отвода лесосек по годам ревизионного периода и распечатать их [12].

Однако для оценки потерь по другим древесным видам необходимо определить их динамику среднего прироста стоимости древесины.

**Основная часть.** Для древесных видов, представленных в составе лесного фонда Рес-

публики Беларусь, динамика среднего прироста стоимости древесины была определена по данным динамики таксационных показателей модальных древостоев В. Ф. Багинского (для сосны, дуба, березы, осины) и таблицы хода роста нормальных древостоев В. Ф. Багинского, Ф. П. Моисеенко (для ольхи черной) с учетом динамики товарности древостоев Ф. П. Моисеенко [14].

Для определения выхода древесины по категориям крупности были использованы товарные таблицы. Стоимость каждой категории рассчитывалась на основании индекса таксовой цены 1 м<sup>3</sup> древесины (табл. 1), который определен по таксовой цене мелкой деловой древесины. Для лесных такс ели, действующих в настоящее время, для каждой категории уровень индексов следующей: крупная деловая древесина – 3,89; средняя деловая древесина – 2,25; мелкая деловая древесина – 1,0; дровяная древесина и ликвид из кроны – 0,02 [15].

Таблица 1  
**Индексы таксовых цен по различным категориям крупности**

Индексы таксовых цен			
по деловой древесине			дровяной древесине
крупной	средней	мелкой	
<i>Сосна</i>			
3,91	2,25	1,00	0,02
<i>Дуб</i>			
5,41	1,80	1,00	0,01
<i>Береза, ольха черная</i>			
2,63	1,50	1,00	0,07
<i>Осина</i>			
2,40	1,52	1,00	0,06

Для учета различной представленности элемента леса в древостое значения анализируемых приростов по таблицам динамики таксационных показателей модальных древостоев были приведены к полноте 1,0.

В результате выполненного регрессионного анализа из большого количества уравнений выбраны лучшие уравнения связи среднего прироста стоимости древесины с возрастом – уравнение полинома третьей степени и гиперболы третьего и четвертого порядка.

Вид уравнения связи анализируемого среднего прироста с возрастом, его коэффициенты по породам приведены в табл. 2, статистические показатели – в табл. 3.

Таблица 2

## Результаты регрессионного анализа по породам

Класс бонитета	Вид уравнения	Коэффициенты уравнения				
		$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$
<i>Сосна</i>						
I <sup>a</sup>	Гипербола	-8,30	6 194,5	-384 082,5	689 3045,6	-
I	Гипербола	6,31	2 338,9	-128 200,3	-	646 533 64,0
II	Полином	-3,60 890	0,31 154	-0,00 144	-	-
III	Полином	3,25 646	0,17 832	-	-0,0000 046	-
IV	Полином	-2,03 326	0,10 658	-	-0,0000 022	-
<i>Дуб</i>						
I	Гипербола	-9,76	6688,8	-484 202,9	965 0762,1	-
II	Полином	-9,15 430	0,35626	-0,00139	-	-
III	Полином	-2,47 849	0,12406	-	-0,0000 020	-
<i>Береза</i>						
I <sup>a</sup>	Гипербола	1,91	849,9	-28 728,0	279 645,7	-
I	Полином	3,439 323	0,075 130	-	-0,0000 042	-
II	Полином	3,824 716	-	0,000 729	-0,0000 057	-
III	Полином	3,811 592	-0,035 739	0,00 773	-0,0000 041	-
<i>Осина</i>						
I <sup>b</sup>	Гипербола	1,25	1 001,3	-24 200,9	-	3 135 493,4
I <sup>b</sup>	Гипербола	2,18	813,8	-20 965,3	-	2 939 009,5
I <sup>a</sup>	Гипербола	3,16	640,9	-18 143,0	-	2 780 217,4
I	Гипербола	3,87	487,5	-18 932,3	200 547,3	-
II	Гипербола	2,78	-	16 333,2	-627 737,8	6 305 595,9
<i>Ольха черная</i>						
I <sup>a</sup>	Полином	4,542 750	-	0,003 509	-0,000 030	-
I	Полином	3,809 395	-	0,002 487	-0,000 020	-
II	Полином	3,822 691	-0,039 483	0,002 194	-0,000 015	-
III	Полином	2,779 490	-	0,000 617	-0,000 0048	-

Таблица 3

## Статистические показатели уравнений

Показатели	Класс бонитета						
	I <sup>b</sup>	I <sup>b</sup>	I <sup>a</sup>	I	II	III	IV
<i>Сосна</i>							
$R$	-	-	0,995	0,995	0,99	0,99	0,98
$F$	-	-	253,05	253,65	159,30	357,85	123,08
$m_z$	-	-	0,297	0,289	0,386	0,268	0,343
<i>Дуб</i>							
$R$	-	-	-	0,997	0,97	0,99	-
$F$	-	-	-	638,14	97,10	266,11	-
$m_z$	-	-	-	0,330	0,884	0,365	-
<i>Береза</i>							
$R$	-	-	0,94	0,997	0,99	0,97	-
$F$	-	-	35,625	1342,10	548,30	81,53	-
$m_z$	-	-	0,276	0,059	0,064	0,057	-

Окончание табл. 3

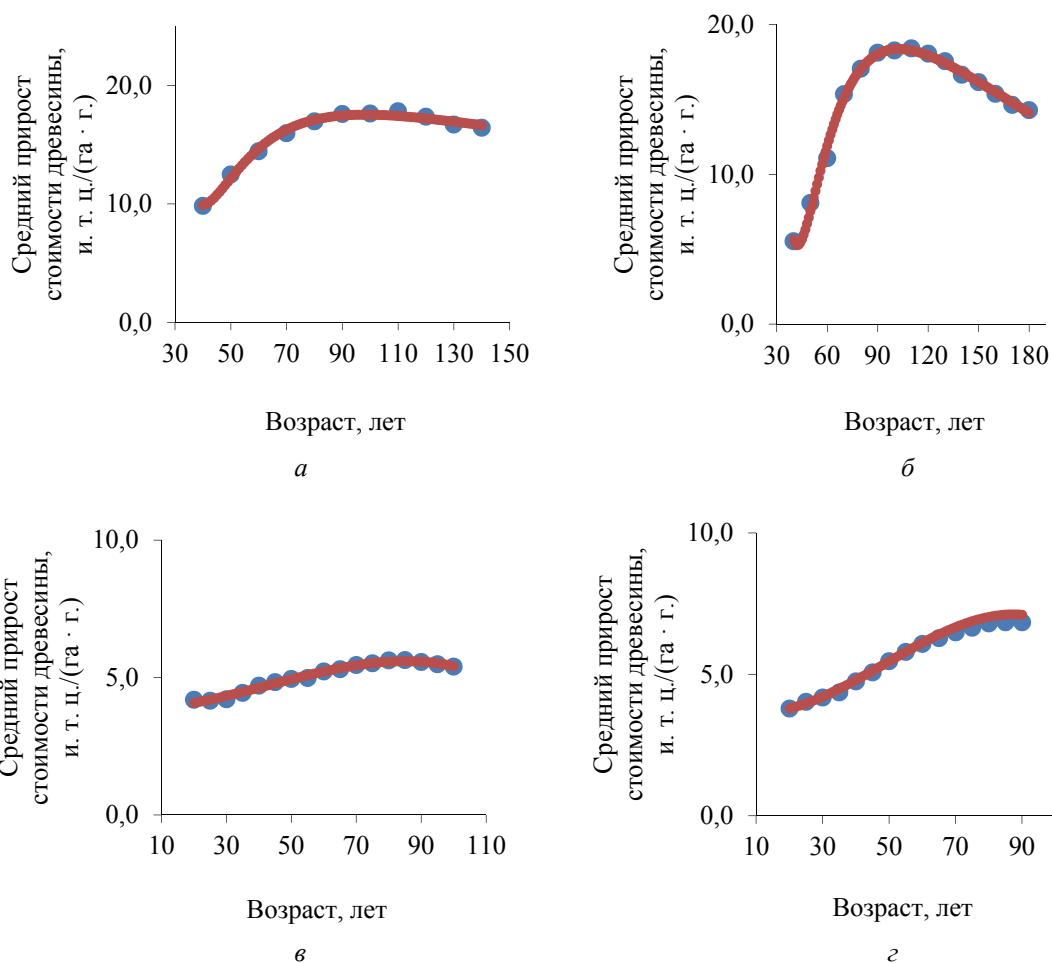
Показатели	Класс бонитета						
	I <sup>b</sup>	I <sup>b</sup>	I <sup>a</sup>	I	II	III	IV
<i>Осина</i>							
<i>R</i>	0,99	0,96	0,91	0,91	0,80	–	–
<i>F</i>	184,73	43,39	17,90	15,56	6,43	–	–
<i>m<sub>Z</sub></i>	0,154	0,234	0,356	0,313	0,471	–	–
<i>Ольха черная</i>							
<i>R</i>	–	–	0,995	0,997	0,999	0,99	–
<i>F</i>	–	–	643,94	932,42	1909,4	490,99	–
<i>m<sub>Z</sub></i>	–	–	0,223	0,146	0,055	0,056	–

Коэффициенты корреляции уравнений находятся в следующих пределах:

- сосна – от 0,99 до 0,98;
- дуб – от 0,99 до 0,97;
- береза – от 0,94 до 0,99;
- осина – от 0,80 до 0,99;
- ольха черная – 0,99.

По значениям критерия Фишера (который по всем уравнениям выше, чем его критическое значение) и небольшой стандартной ошибке можно сделать вывод, что уравнения статистически достоверны.

Примеры некоторых графиков связи среднего прироста стоимости древесины с возрастом приведены на рисунке.



Примеры некоторых графиков связи среднего прироста стоимости древесины с возрастом различных пород:

- a* – сосна I класса бонитета; *б* – дуб I класса бонитета;
- в* – береза II класса бонитета; *г* – ольха черная II класса бонитета

Для расчета потерь с 1 га для каждого элемента леса по таксационным показателям необходимо подобрать соответствующее уравнение и по результатам вычисления потерь их просуммировать в целом для древостоя. Минимальная величина потерь показывает оптимальный момент поступления в рубку.

**Заключение.** Данные динамики среднего прироста стоимости древесины позволяют авто-

матизировать процесс планирования лесосечного фонда, проводить многовариантные расчеты по порядку назначения древостоев в рубку главного пользования, оценивать принятые планы рубки, а также контролировать величину. В результате планирования можно уменьшить потери от несвоевременного поступления древостоев в рубку путем более полного использования среднего прироста.

### Список литературы

1. Шмитхюзен Ф. 300 лет практического применения концепции устойчивости в лесном хозяйстве // Устойчивое лесопользование. 2014. № 1. С. 2–8.
2. Лесной кодекс Республики Беларусь: 24 декабря 2015 г. № 332-3: принят Палатой представителей 3 дек. 2015 г.; одобрен Советом Респ. 9 дек. 2015 г. Минск: Амалфея, 2015. 70 с.
3. Ермакоў В. Я., Атрошчанка А. А., Дзямід М. П. Лесаўпарадкаванне: падручнік. 4-е выд. Мінск: БДТУ, 2002. 500 с.
4. Багинский В. Ф., Есимчик Л. Д. Лесопользование в Беларуси: история, современное состояние, проблемы и перспективы. Минск: Беларус. навука, 1996. 367 с.
5. Машковский В. П. Методика оценки потерь от несвоевременного поступления древостоев в рубку // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2008. Вып. XVI. С. 21–25.
6. Анучин Н. П. Таксация и устройство разновозрастных лесов. М.: Лесн. пром-сть, 1969. 63 с.
7. Атрошенко О. А., Атрошенко Н. О. Экономическая эффективность оптимизации породной структуры лесов Минлесхоза // Труды БГТУ. 2014. № 1: Лесное хоз-во. С. 3–5.
8. Лапицкая О. В. Экономическая спелость леса в современных условиях // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. 2013. № 4. С. 108–119.
9. Орлов М. М. Учение о лесном хозяйстве, его развитие, методы и задачи // Лесной журнал. 1895. Вып. 3 [Электронный ресурс] / Вологодская областная универсальная научная библиотека. Вологда, 2017. URL: [http://www.booksite.ru/rusles/st\\_0141.html](http://www.booksite.ru/rusles/st_0141.html) (дата обращения: 26.02.2021).
10. Машковский В. П., Севрук П. В. Техническая и хозяйственная спелость еловых древостоев // Труды БГТУ. 2016, № 1: Лесное хоз-во. С. 14–18.
11. Машковский В. П., Севрук П. В. Анализ хозяйственной и технической спелости в ельниках по классам бонитета // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. 2017. Вып. 77: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 313–322.
12. Машковский В. П., Севрук П. В. Составление планов рубок леса на основе оценки среднего прироста // Труды БГТУ. 2018, № 1: Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. С. 20–24.
13. Машковский В. П., Севрук П. В. Анализ изменения с возрастом стоимости среднего прироста древесины и среднего прироста по запасу крупной и средней древесины в ельниках // Труды БГТУ. 2017. № 1: Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. С. 31–36.
14. Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР: утв. приказом Гослесхоза СССР 17.06.1982. М.: Центр. Бюро науч.-техн. ин-форм., 1984. 308 с.
15. Севрук П. В. Динамика стоимости среднего прироста древесины ели при изменении индексов цен на древесину // Труды БГТУ. 2018, № 1: Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. С. 31–36.

### References

1. Schmithusen F. 300 years of practical application of the concept of sustainability in forestry. *Ustoychivoye lesopol'zovaniye* [Sustainable forest management], 2014, no. 1, pp. 2–8 (In Russian).
2. *Lesnoy kodeks Respubliki Belarus'* [Forest Lawbook of the Republic of Belarus]. Minsk, Amalfeya Publ., 2015. 70 p.
3. Yermakou V. Ya., Atroshchanka A. A., Dzyamid M. P. *Lesauparadkavanne* [Forest inventory]. Minsk, BDTU Publ., 2002. 500 p.

4. Baginskiy V. F., Yesimchik L. D. *Lesopol'zovaniye v Belarusi: istoriya, sovremennoye sostoyaniye, problemy i perspektivy* [Forest harvesting in Belarus: history, modern state, problems and prospects]. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 1996. 367 p.
5. Mashkovskiy V. P. Methods of assessing the losses from delays in collection of the stands to the wheel-house. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry, 2008, issue XVI, pp. 40–44 (In Russian).
6. Anuchin N. P. *Taksatsiya i ustroystvo raznovozrastnykh lesov* [Taxation and inventory of uneven-aged forests]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1969. 63 p.
7. Atroshchanka O. A., Atroshchanka N. O. Economic efficiency of the optimization of species structure of Forestry Ministry. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, no. 1, Forestry, pp. 3–5 (In Russian).
8. Lapitskaya O. V. Economic maturity in modern conditions. *Vestnik Gomel'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni. P. O. Sukhogo* [Bulletin of the Sukhoi State Technical University of Gomel], 2013, no. 4, pp. 108–119 (In Russian).
9. Orlov M. M. The doctrine of forestry, its development, methods and tasks. *Leshoy zhurnal* [Forest journal], 1895, issue 3. Available at: [http://www.booksite.ru/rusles/st\\_0141.html](http://www.booksite.ru/rusles/st_0141.html) (accessed 26.02.2021).
10. Mashkovskiy V. P., Sevruc P. V. The Technical and Economic Maturity of Spruce Stands. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 1, Forestry, pp. 14–18 (In Russian).
11. Mashkovskiy V. P., Sevruc P. V. Analysis of Economic and Technical Maturity in Spruce by Scale Index. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi* [Collection of Scientific Papers of the Forest Institute of the NAS of Belarus], 2017, issue 77: Problems of Silviculture and Forest Management, pp. 313–322 (In Russian).
12. Mashkovskiy V. P., Sevruc P. V. Compilation of the Cutting Plan Based on of Estimation of the Average Increase. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2018, no. 1, Forestry. Nature management. Processings of renewable resources, pp. 20–24 (In Russian).
13. Mashkovskiy V. P., Sevruc P. V. Analysis of Changes the Cost of Average Increase of Timber and the Average Increase of Large and Medium Timber in Spruce by Age. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2017, no. 1, Forestry. Nature management. Processing of renewable resources, pp. 31–36 (In Russian).
14. *Normativnyye materialy dlya taksatsii lesa Belorusskoy SSR* [Regulatory Materials for Forest Inventory in the Byelorussian SSR]. Moscow, Tsentr. Byuro nauch.-tekn. inform. Publ., 1984. 308 p.
15. Sevruc P. V. Dynamics of the Cost of Average Increase of Timber at Change of the Price Index for Timber. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2018, no. 1, Forestry. Nature management. Processing of renewable resources, pp. 31–36 (In Russian).

#### Информация об авторах

**Машковский Владимир Петрович** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: [mashkovsky@belstu.by](mailto:mashkovsky@belstu.by)

**Зорин Валентин Павлович** – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: [zorin@belstu.by](mailto:zorin@belstu.by)

**Севрук Павел Владимирович** – кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: [sevrucpv@belstu.by](mailto:sevrucpv@belstu.by)

#### Information about the authors

**Mashkovsky Vladimir Petrovich** – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [mashkovsky@belstu.by](mailto:mashkovsky@belstu.by)

**Zorin Valentin Pavlovich** – PhD (Agriculture), Professor, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [zorin@belstu.by](mailto:zorin@belstu.by)

**Sevruc Pavel Vladimirovich** – PhD (Agriculture), assistant lecturer, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [sevrucpv@belstu.by](mailto:sevrucpv@belstu.by)

Поступила 15.03.2021