

УДК 630*562

В. П. Машковский, П. В. Севрук

Белорусский государственный технологический университет

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРЯДКА
НАЗНАЧЕНИЯ ДРЕВОСТОЕВ В СПЛОШНОЛЕСОСЕЧНУЮ РУБКУ**

Разработаны средства автоматизации вычислений в Microsoft Excel для назначения порядка поступления древостоев в сплошнолесосечную рубку главного пользования с учетом динамики стоимости среднего прироста древесины (1-й вариант программы) и среднего прироста крупной и средней древесины (2-й вариант программы). В качестве исходных данных выступают ведомость выделов, запроектированных в главное пользование для лесохозяйственного учреждения, и утвержденный размер расчетной лесосеки по хозсекциям. С применением различных функций производится отбор только тех древостоев, которые запроектированы в сплошнолесосечную рубку; с использованием динамики среднего прироста определяются потери от несвоевременной рубки; проектируется улучшенный план с учетом потерь; распечатываются планы отвода лесосек по годам ревизионного периода. Кроме того, выполняется автоматический контроль, чтобы исключить случаи, когда назначенная площадь лесосеки больше площади выдела. По величине расчетной лесосеки выполняется автоматический контроль объема вырубаемого запаса. Представленные средства в Microsoft Excel позволяют автоматизировать процесс планирования лесосечного фонда, проводить многовариантные расчеты, оценивать принятые планы рубки. В результате планирования можно добиться уменьшения потерь от несвоевременной сплошнолесосечной рубки путем более полного использования среднего прироста.

Ключевые слова: средства автоматизации вычислений, лесопользование, средний прирост, потери, планы отвода.

V. P. Mashkovsky, P. V. Sevruk

Belarusian State Technological University

**AUTOMATION OF THE PROCESS OF DETERMINING PRIORITIES
OF STANDS INTO CLEAR CUTTING**

The tools for automating computations in Microsoft Excel have been developed to assign the priorities of stands into clear cutting use taking into account the dynamics of the cost of average increase of timber (1st version of the program) and the average increase of large and medium timber (2nd version program). As a source of data, there is a statement of the allocations subcompartment for the main use for the forestry enterprise, and the approved size of the allowable cut for utility sections. Using various functions, only those stands are selected that are designed in a clear cutting; the losses from late delivery in cutting are defined using the dynamics of average increase; design an improved plan taking into account losses; and printed out plans for allotment plans by year of auditorial period (*“revizionnyy period”*). In addition, automatic control is performed to exclude cases when the designated area of the cutting is larger than the area of the subcompartment. According to the size of the allowable cut, an automatic control of the volume of cut stock is performed. The presented tools in Microsoft Excel allows to automate the process of planning a cutting fund, carry out multivariate calculations, and evaluate the adopted cutting plans. As a result of planning, it is possible to achieve a reduction in the losses from late delivery in clear cutting by more fully using the average increase.

Key words: computing automation, forest harvesting, average increase, losses, allotment plans.

Введение. На современном этапе развития информационных технологий разработано большое количество программных комплексов, позволяющих решать разнообразные задачи для принятия эффективных управленческих решений при минимальных затратах времени. Лесное хозяйство данная тенденция также не обошла стороной, в нашей стране успешно функционируют разнообразные специализированные программные средства – географические информационные системы (ГИС), включая мобильные системы («Лесные ресурсы», «ГИС-лес»),

автоматизированное рабочее место (АРМ) «Лесопользование», 1С Предприятие [1]. Данные программные средства не используются для решения задачи планирования лесосечного фонда.

Система «СОЛИ-2», применяемая в настоящее время белорусским лесоустройством, позволяет решить данную задачу. Основана она на алгоритме прошлой всесоюзной унифицированной программы «СОЛИ-1» [2]. В системе «СОЛИ-2» для лесохозяйственного учреждения формируется ведомость выделов, запроектированных в рубку главного пользования на ревизионный период.



Рис. 1. Порядок оптимизации главного лесопользования

Все древостои распределяются в главное пользование по пятилетиям (десятилетиям) в рамках хозсекции, однако оптимальный год рубки для отдельных древостоев не устанавливается.

Товаризация в Беларуси выполняется по разработанным Институтом леса НАНБ (В. Ф. Багинский) и уточненным лесоустройством (А. Г. Костенко, С. И. Цай) белорусским товарным таблицам [3], которые позволяют определить выход деловой древесины по четырем категориям крупности, технологических и топливных дров. Товаризация производится автоматически по всем элементам леса в составе древостоя. Данная информация позволяет получить более точные данные о породном ассортименте древесины, в отличие от расчетной лесосеки, поскольку она определяется по преобладающей породе без учета существующего состава лесов [2] (рис. 1).

Основная часть. В нашем исследовании ставится цель выполнить планирование сплошнолесосечной рубки главного пользования по годам ревизионного периода на основе уменьшения потерь от несвоевременного поступления древостоев в рубку. Для расчета потерь использованы данные динамики стоимости среднего прироста древесины и среднего прироста крупной и средней древесины [4]. Использование среднего прироста обусловлено тем, что он положен в основу определения некоторых спелостей леса, которые в свою очередь влияют на величину возраста рубки [2, 5].

Для автоматизации данного процесса нами предложены средства автоматизации вычисле-

ний в программе Microsoft Excel. В качестве исходных данных используются материалы лесоустройства – ведомость выделов, запроектированных в рубку главного пользования на ревизионный период для лесохозяйственного учреждения, и величина расчетной лесосеки по хозсекциям (добавляются на листы программы).

Также необходимо добавить регрессионные уравнения связи стоимости среднего прироста древесины (1-й вариант программы) и среднего прироста целевых сортиментов (2-й вариант программы) в зависимости от таксационных показателей по элементам леса.

Для выбора из исходной ведомости древостоев, запроектированных только в сплошнолесосечную рубку, использована следующая функция (схема 1). Первое условие позволяет удалить из текста лишние пробелы (пустые символы), а второе – возвращает заданное число знаков из строки текста, начиная с указанной позиции.

В большинстве случаев лесотаксационная информация для древостоя указана только для главной породы, которая применяется и для сопутствующих пород. Однако в тех случаях, когда показатели различаются, указывается информация и для главной, и для сопутствующих пород. Для этого в программе использован следующий логический оператор, который позволяет применять лесотаксационную информацию для сопутствующей породы в зависимости от того, где она указана (формула на схеме 2).

= СЖПРОБЕЛЫ(ПСТР(Номер_строки; Номер_позиции_в_строке; Количество_извлекаемых_знаков)

Схема 1

= ЕСЛИ([Логическое_выражение → ДЛСТР(Таксационный_показатель = 0);
[ИСТИНА → Показатель_по_преобладающей_породе];
[Ложь → Показатель_по_сопутствующей_породе])

Схема 2

	A	B	C	K	L	M	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
1				Сумма потерь в стои			лизонного периода,			Выдела назначенные в рубку по годам ревизионного периода, га									
2										2019	2020	2021				2025	2026	2027	2028
3																			
4																			
5	Кварта	Выдел	Площа																
6	л		дь, га							2026	2027	2028							
7																			
8																			
9																			
10																			
11	4	2	1,3	15	11	8	0	0	1	15	28	1	2	822	105	33	1564	90	15
12	5	7	2,3	19	14	10	0	0	1										
13	11	7	8,5	2	1	0	6	9	12										
14	12	12	1,1	2	1	0	6	9	12										
15	22	7	4,3	97	118	140	280	313	348										
16	22	15	13,30	56	46	37	10	7	6										
17	23	10	1,20	2	1	0	7	10	14										
18	25	2	4,50	127	152	180	348	387	429										
19	27	5	1,80	21	16	12	8	10	13										
20	27	6	2,80	20	15	10	0	1	2										

Выдела назначенные в рубку по годам ревизионного периода, га	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Общие потери в стоимости древесины по годам ревизионного периода, руб.	15	28	1	2	822	105	33	1564	90	15

1,00										
	2,00									
		3,00								
			4,00							
				4,30						
					6,00					
						7,00				
							4,50			
								9,00		
									10,00	

Рис. 2. Назначение площади рубки для древостоя и расчет общих потерь (пример)

В дальнейшем для расчета потерь с 1 га для каждого элемента леса по таксационным показателям подбирается соответствующее уравнение.

Расчет выполняется по формуле (1) – при использовании динамики стоимости среднего прироста древесины (хозяйственная спелость) или по формуле (2) – при использовании динамики среднего прироста крупной и средней древесины (техническая спелость) [6].

$$\Pi = (A_i (\bar{Z}_{\max,H,ст} - \bar{Z}_{A_i,H,ст}) K_c P_{отн} \Pi_M), \quad (1)$$

$$\Pi = (A_i (\bar{Z}_{\max,H,M_{кр,сп}} - \bar{Z}_{A_i,H,M_{кр,сп}}) K_c P_{отн}), \quad (2)$$

где A_i – возраст элемента леса в i -й год ревизионного периода, лет; $\bar{Z}_{\max,H,ст}$ – максимальная стоимость среднего прироста древесины при полноте 1,0, и. т. ц./($г \cdot га$); $\bar{Z}_{A_i,H,ст}$ – стоимость среднего прироста древесины при полноте 1,0 в возрасте элемента леса в i -й год ревизионного периода, и. т. ц./($г \cdot га$); K_c – коэффициент состава элемента леса; $P_{отн}$ – относительная полнота элемента леса; Π_M – таксовая цена мелкой древесины, руб.; $\bar{Z}_{\max,H,M_{кр,сп}}$ – максимальный средний прирост крупной и средней древесины при полноте 1,0, $м^3/(г \cdot га)$; $\bar{Z}_{A_i,H,M_{кр,сп}}$ – средний прирост крупной и средней древесины при полноте 1,0 в возрасте элемента леса в i -й год ревизионного периода, $м^3/(г \cdot га)$.

Поскольку стоимость среднего прироста древесины определялась по индексам таксовых цен 1 $м^3$ древесины, то для перехода к оценке в абсолютных ценовых величинах (руб.) в формуле (2) используется цена мелкой древесины, в связи с тем, что индексы таксовых цен рассчитывались на основании таксовой цены мелкой деловой древесины [4, 7].

В результате для древостоя рассчитывается сумма потерь с 1 га по элементам леса для каждого

года ревизионного периода. Минимальную величину потерь мы выделили зеленым фоном.

После выполнения вышеприведенных действий формируется два листа для проектирования порядка поступления древостоев в сплошную рубку: «Доступ» и «Труднодоступ» – соответственно для доступной и труднодоступной части лесосечного фонда. На данных листа выводится лесотаксационная информация только по главной породе древостоя, а потери с 1 га – как сумма по всем элементам леса.

Область для назначения порядка поступления древостоя в рубку находится в правой части данных листов (выделена рамкой на рис. 2). В ней по годам ревизионного периода вводится планируемая в рубку площадь лесосеки. Программа позволяет назначать в рубку выдел по частям. Общие потери для вырубаемой площади определенного древостоя рассчитываются как произведение суммарных потерь с 1 га и вырубаемой площади в этот год.

В верхней части также указываются общие потери в стоимости древесины (руб.) или запаса крупной и средней древесины ($м^3$) для каждого года ревизионного периода по всем древостоям, запроектированным в рубку в данный год.

Для автоматического контроля вырубаемой площади создан столбец «Контроль площади». Если вырублена вся площадь выдела, то в ячейке на оранжевом фоне появляется сообщение «Да». Если выдел вырублен не весь, то в данной ячейке без фона появляется значение с указанием площади переруба или недоруба.

Если значение положительное, оно означает, какая площадь осталась невырубленной. Если назначена в рубку площадь, превышающая площадь выдела, то в данной ячейке появляется отрицательное значение, которое означает, на сколько вырубаемая площадь превышает площадь выдела (логический оператор в Excel, схема 3 и рис. 3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1						Утверждаю							Год ревизионного периода					2019
2				Директор		Сморгонского оп.	лесхоза						Группа леса					Эксплуатационные леса
3								Шостак А. П.					Способ рубки					Сплошная рубка
4						подпись		Ф.И.О.										
5						"		"	20	г.								
6						План отвода лесосек на	2019	год										Скрыть пустые ячейки
7						по	Сморгонскому	лесничеству	Сморгонского оп.	лесхоза								
8																		
9						Подлежит отводу												
10						Запас												Показать все ячейки
11						Номер квартала	Номер выдела	Главная порода	Площадь, га	Общий, м ³	ликвидный, м ³							Примечание
12						1. Рубки главного пользования												
13						Эксплуатационные леса												
14						Сплошная рубка												
15						1	10	С	0,00	0	0							Труднодоступные
16						68	8	С	0,00	0	0							Труднодоступные
17						89	43	ОЛЧ	0,00	0	0							Труднодоступные
18						4	2	С	1,00	311	273							
22						22	7	С	0,00	0	0							
23						22	15	С	20,00	3823	3371							
24						23	10	С	0,00	0	0							

Рис. 5. Лист «Печать» (пример)

Для получения усовершенствованного плана (с уменьшенными общими потерями в ревизионном периоде) необходимо следовать приведенной методике:

- в первую очередь необходимо назначать древостои в рамках хозсекции, у которых минимальные потери наблюдаются в первом году ревизионного периода до полного их исключения (так как их динамика идет к постепенному увеличению);

- затем включаются древостои, у которых минимальные потери происходят во втором и последующем (кроме последнего) годах. Порядок их назначения зависит от года ревизионного периода, когда наблюдаются минимальные потери, и величины потерь (т. е. раньше надо назначать выделы, которые оптимально рубить в более раннем году ревизионного периода).

Если несколько выделов оптимально рубить в один год (например, во второй, 2020), то в первую очередь включаются древостои с наибольшей величиной потерь (чтобы в дальнейшем они не увеличивались еще больше)). После полного их исключения остаются древостои, у которых минимальные потери наблюдаются в последнем году ревизионного периода;

- для древостоев, у которых минимальные потери наблюдаются в последнем году ревизионного периода, в первую очередь назначаются с наименьшей величиной потерь (так как их динамика идет к постепенному уменьшению).

Когда по всем хозсекциям все древостои запроективаны в рубку, выполняется контроль площади для запроективанных выделов и контроль лесосеки по запасу, следующим шагом остается печать плана отвода лесосек на предстоящие годы ревизионного периода.

Печать плана выполняется на листе «Печать» (рис. 5). На данном листе в ячейке «Год ревизионного периода» нужно указать год, для которого нужно сформировать план отвода лесосек (например, 2019). В результате для тех древостоев, которые были запроективаны в рубку в данный год ревизионного периода, в столбце формы «Площадь, га» будет указана площадь, которая подлежит отводу (например, «1,0»). Для тех выделов, которые не были запроективаны в рубку, будет указано значение «0». Выполняются вышеописанные действия с использованием следующей формулы (схема 5).

Первая функция («ИНДЕКС») возвращает значение на пересечении конкретных строки и столбца в данном диапазоне. Вторая («ПОИСКПОЗ») возвращает относительную позицию в массиве элемента, соответствующую указанному значению с учетом указанного порядка.

Чтобы при печати не выводить древостои, не запроективанные в рубку (т. е. где значение «0»), необходимо скрыть строки с данными выделами. Для этого созданы активные кнопки «Скрыть пустые ячейки» и «Показать все ячейки» и написан код в Microsoft Visual Basic для выполнения указанных действий (рис. 6).

= ИНДЕКС(Диапазон_строк_поиска;Номер_строки;[Номер_столбца →
→ ПОИСКПОЗ(Год_ревизионного_периода;Диапазон_лет_ревизионного_периода;
Тип_сопоставления)),

Схема 5

<pre>Private Sub CommandButton1_Click() Dim cell As Range Application.ScreenUpdating = False For Each cell In ActiveSheet.UsedRange.Columns(5).Cells If cell.Value = "0" Then cell.EntireRow.Hidden = True Next Application.ScreenUpdating = True End Sub</pre>	<pre>Private Sub CommandButton2_Click() Columns.Hidden = False Rows.Hidden = False End Sub</pre>
<i>a</i>	<i>б</i>

Рис. 6. Код в Microsoft Visual Basic на:
a – скрытие ячеек; *б* – отображение ячеек

$$= \text{ОКРУГЛ}\left(\frac{\text{Площадь_подлежащая_отводу}}{\text{Площадь_выдела}} \cdot \frac{\text{Общий_запас}(\text{Общий_объем_ликвида})}{\text{Число_разрядов}}\right),$$

Схема 6

Путем нажатия кнопки «Скрыть пустые ячейки» будут отображены только древостои, подлежащие отводу в данный год ревизионного периода. После печати необходимо вернуть отображение всех выделов согласно рис. 5 путем нажатия кнопки «Показать все ячейки».

Кроме того, в зависимости от площади, подлежащей отводу, рассчитывается общий и ликвидный запас, подлежащий отводу, с помощью формулы, представленной на схеме 6, с округлением до целого числа.

В конечном итоге получившийся план можно вывести на печать.

В общем виде алгоритм процесса планирования очередности сплошных рубок главного пользования на основе использования динамики среднего прироста представлен в публикации [8].

Заключение. Представленный порядок работы в электронной таблице Microsoft Excel позволяет автоматизировать процесс планирования

лесосечного фонда, проводить многовариантные расчеты по очередности назначения древостоев в сплошную рубку главного пользования, оценивать принятые планы рубки, а также контролировать величину вырубаемой площади и ежегодный размер пользования. В результате планирования можно уменьшить потери от несвоевременного поступления древостоев в рубку путем более полного использования среднего прироста.

Данная программа будет эффективна для применения работниками лесного хозяйства (конечным пользователем), так как, во-первых, большинство процессов автоматизировано; во-вторых, позволяет рассчитывать большое количество вариантов планов рубок, в т. ч. с учетом текущих потребностей в древесине и изменений в лесном фонде (могут возникнуть в результате неблагоприятных природных явлений (ветровалы и буреломы, пожары, усыхание древостоев в результате повреждения древостоев вредителями и болезнями леса)).

Литература

1. Толкач И. В. Основные направления развития системы лесоустройства и методов инвентаризации лесов Беларуси // Труды БГТУ. 2015. № 1: Лесное хозяйство. С. 50–53.
2. Ермакоў В. Я., Атрошчанка А. А., Дзямід М. П. Лесаўпарадкаванне. Мінск: БДТУ, 2002. 500 с.
3. Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР: утв. приказом Гослесхоза СССР 17.06.1982. М.: Центр. бюро науч.-техн. информ., 1984. 308 с.
4. Машковский В. П., Севрук П. В. Составление планов рубок леса на основе оценки среднего прироста // Труды БГТУ. 2018. № 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. С. 20–24.
5. Багинский В. Ф., Есимчик Л. Д. Лесопользование в Беларуси: история, современное состояние, проблемы и перспективы. Минск: Беларус. навука, 1996. 367 с.
6. Машковский В. П. Методика оценки потерь от несвоевременного поступления древостоев в рубку // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хозяйство. 2008. Вып. XVI. С. 21–25.

7. Севрук П. В. Динамика стоимости среднего прироста древесины ели при изменении индексов таксовых цен на древесины // Труды БГТУ. 2018. № 1: Лесное хоз-во, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. С. 31–36.

8. Севрук П. В., Машковский В. П. Планирование очередности сплошных рубок с использованием среднего прироста // Лесное хозяйство: практика, наука, образование: материалы докл. Междунар. науч.-практ. конф. Гомель, 2018. С. 149–152.

References

1. Tolkach I. V. The main directions of development of forest management and methods of forest inventory of Belarus. *Trudy BGTU* [Proceeding of BSTU], 2015, no. 1: Forestry, pp. 50–53 (In Russian).

2. Ermakou V. Ya., Atroshchanka A. A., Dzyamid M. P. *Lesauparadkavanne* [Forest Inventory]. Minsk, BGTU Publ., 2002. 500 p.

3. *Normativnyye materialy dlya taksatsii lesa Belorusskoy SSR: utv. prikazom Gosleskhoza SSSR* [Regulatory materials for forest taxation of the Belarusian SSR: approved order of the USSR State Forestry committee]. Moscow, Tsentral'noye byuro nauchno-tekhnicheskoy informatsii Publ., 1984. 308 p.

4. Mashkovsky V. P., Sevruk P. V. Compilation of the cutting plan based on of estimation of the average increase. *Trudy BGTU* [Proceeding of BSTU], 2018, no. 1: Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, pp. 20–24 (In Russian).

5. Baginski 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.

6. Mashkovsky V. P. Methods of assessing the losses from delays in collection of the stands to the wheelhouse. *Trudy BGTU* [Proceeding of BSTU], series 1, Forestry, 2008, issue XVI, pp. 21–25 (In Russian).

7. Sevruk P. V. Dynamics of the cost of average increase of timber at change of the price index for timber. *Trudy BGTU* [Proceeding of BSTU], 2018, no. 1: Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, pp. 31–36 (In Russian).

8. Sevruk P. V., Mashkovsky V. P. Planning of priorities of clear cutting with the use of average increase. *Materialy dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Lesnoye khozyaystvo: praktika, nauka, obrazovaniye"* [Materials of reports international scientific-practical conference "Forestry: practice, science, education"]. Gomel, 2018, pp. 149–152 (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

Севрук Павел Владимирович – ассистент кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: sevrukpv@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

Sevruk Pavel Vladimirovich – assistant lecturer, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sevrukpv@belstu.by

Поступила 18.03.2019