

УДК 630*653

ВИКТОР АЛЕКСАНДРОВИЧ РЯХИН

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой
лесного хозяйства лесоинженерного факультета ПетрГУ
vriahin@psu.karelia.ru

СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ СИНЬКЕВИЧ

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заместитель
директора Института леса Карельского научного центра РАН
sergei.sinkevich@krc.karelia.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ РЕШЕНИИ ЛЕСОТАКСАЦИОННЫХ ЗАДАЧ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

В статье обоснованы и представлены методы практического использования электронных таблиц в процессе обучения специалистов решению основных задач лесной таксации.

Ключевые слова: лесная таксация, образование, электронные таблицы

Лесная таксация является одной из дисциплин, методы которой широко используются и в других лесохозяйственных дисциплинах. Одним из условий этого служит то, что она опирается на точный математический аппарат, на конкретные измерения и формулы, отражающие связи между таксационными показателями отдельного древесного ствола и древостоя в целом. Это дает возможность объективно оценивать изучаемые объекты. Ранее разработанные для нужд лесохозяйственной практики и закрепленные действующими стандартами методы оценки лесных ресурсов, как правило, опираются на использование достаточно громоздких справочных таблиц. При этом совершенствование процесса обучения в направлении включения в него элементов исследования ограничивается применением относительно простых уравнений, позволяющих описывать только парные зависимости.

Современная компьютерная техника позволяет выявлять сложные, множественные связи в строении насаждений как на уровне отдельных стволов, так и для древостоя в целом. Цель данной статьи – описание примеров решения такого рода задач лесной таксации в процессе подготовки специалистов лесного хозяйства.

Первая задача связана с определением объема древесного ствола по сложной формуле Губера [1]. Данная методика, несмотря на большое количество разработанных в последние десятилетия сложных функций, остается первоосновой и главным критерием оценки последних и потому является первым шагом в освоении и понимании способов определения запаса древостоя в целом:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n + V_{\text{верш.}},$$

где V_1, V_2, \dots, V_n – объемы отдельных секций ствола, $V_{\text{верш.}}$ – объем вершинной части.

В соответствующих ячейках электронной таблицы задаются длина секций, на которые разделяется ствол, длина вершины в настоящее время, а также длина вершины 10 лет назад. В первой колонке таблицы (А) начиная со строки 8 указываются диаметры на середине длины секций в коре. В колонках В и С соответственно – диаметры без коры и 10 лет назад. В ячейки А25–С25 вводятся диаметры основания вершины соответственно в коре, без коры и 10 лет назад. В колонках D, E, F получаем объемы секций по формулам объемов цилиндров, в строке 25 этих колонок – объем вершины ствола.

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Определение объема ствола				
3		2	длина секций ствола			
4		1,6	длина верхинки			
5		0,8	длина верхинки 10 лет назад			
6	диаметр ствола, см			объем ствола, куб. м		
7	в коре	без коры	10 лет назад	в коре	без коры	10 лет назад
8	17,5	16,0	15,3	0,0481	0,0402	0,0368
9	16,3	15,0	14,3	0,0417	0,0353	0,0321
10	15,1	14,1	13,4	0,0358	0,0312	0,0282
11	13,4	12,4	11,7	0,0282	0,0242	0,0215
12	11,7	11,1	10,3	0,0215	0,0194	0,0167
13	10,2	9,6	8,6	0,0163	0,0145	0,0116
14	8,0	7,4	6,4	0,0101	0,0086	0,0064
15	5,3	4,8	3,8	0,0044	0,0036	0,0023
16				0,0000	0,0000	0,0000
17				0,0000	0,0000	0,0000
18				0,0000	0,0000	0,0000
19				0,0000	0,0000	0,0000
20				0,0000	0,0000	0,0000
21				0,0000	0,0000	0,0000
22				0,0000	0,0000	0,0000
23			Итого:	0,2062	0,1770	0,1556
24	Диаметры верхинки					
25	3,8	3,3	2,3	0,0006	0,0005	0,0001
26			Всего:	0,2068	0,1774	0,1557

Рис. 1. Расчет объема ствола срубленного дерева

Пример расчетов приведен на рис. 1, воспроизводящем вид табличного приложения, разработанного в среде MS Excel.

Данная работа является начальной при выполнении практических заданий в курсе «Лесная таксация» для студентов специальности «Лесное хозяйство». Для расчета объема ствола вручную с использованием вспомогательных таблиц [2] студенту требуется не менее часа. При этом возможны ошибки, которые получаются как при работе с таблицами, так и при арифметических подсчетах. Используя разработанное приложение, можно, затратив на ввод информации всего 2–3 минуты, получить достоверные данные по объемам древесных стволов. Данное приложение может быть использовано при обработке больших массивов первичных материалов, требующихся, например, при дипломном проектировании.

Следующая задача направлена на установление выхода групп сортиментов различной ценности и крупности из общего запаса древесины, имеющейся на делянке, а также ее стоимости (материально-денежная оценка). Она также решается с помощью приложения, разработанного в MS Excel. Пример расчета приведен на рис. 2.

При работе с данным приложением в первую очередь необходимо предварительно установить разряд высоты древостоя соответствующей породы. С учетом породы и установленного разряда высот выбирается нужный лист таблицы (в приведенном примере – сосна 6 разряда А₇).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1					Материально-денежная оценка делянки												
2																	
3		Сдел.=	5		Сперс	0,5		K=	10								
4																	
5	порода	Диаметр	Объем	число деревьев	Деловая древесина					Дрова			Товар-	Отходы	Всего		
6	разряд	на 1.3 м	ствол	делов	дров	итого	крупная	сред.1	сред.2	мелк.	итого	из дел.	из дров	итого	ная		
7	сосна 6	8	0,03	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
8		12	0,08	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
9		16	0,16	7	0	7	0,000	0,000	0,140	0,840	0,980	0,000	0,000	0,000	0,980	0,140	1,12
10		20	0,26	25	0	25	0,000	0,000	3,500	2,250	5,750	0,000	0,000	0,000	5,750	0,750	6,5
11		24	0,40	33	4	37	0,000	3,630	5,280	2,970	11,880	0,000	1,440	1,440	13,320	1,480	14,8
12		28	0,57	50	2	52	0,500	14,500	5,500	4,500	25,000	0,500	1,020	1,520	26,520	3,120	29,64
13		32	0,76	31	1	32	8,060	7,440	2,790	2,480	20,770	0,310	0,680	0,990	21,760	2,560	24,32
14		36	0,98	11	0	11	5,500	2,200	1,100	0,770	9,570	0,220	0,000	0,220	9,790	0,990	10,78
15		40	1,23	4	1	5	3,080	0,600	0,480	0,200	4,360	0,120	1,120	1,240	5,600	0,550	6,15
16		44	1,48	5	0	5	5,100	0,500	0,600	0,300	6,500	0,250	0,000	0,250	6,750	0,650	7,4
17		48	1,80	0	1	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,640	1,640	1,640	0,160	1,8
18	итого на Спереч.			166	9	175	22,240	28,870	19,390	14,310	84,810	1,400	5,900	7,300	92,110	10,400	102,51
19	итого на делянке			1660	90	1750	222,4	288,7	193,9	143,1	848,1	14	59	73	921,1	104	1025,1
20																	
21	миним. ставка	руб/куб.м					2	1	1	0,8				0,5			
22	лесные подати,	руб					444,80	288,70	193,90	114,48	1041,9			36,50	1078,38		

Рис. 2. Расчет материально-денежной оценки лесосеки

В соответствующие ячейки листа вводится следующая информация: площадь делянки (С₃), площадь частичного (ленточного) перечета (F₃). Получаем значение переводного коэффициента, равного отношению С₃ к F₃. Также необходимо ввести данные о количестве деловых (D₇ ..., D₁₇) и дровяных (E₇ ..., E₁₇) деревьев по ступеням толщины. В случае отсутствия деревьев отдельных категорий соответствующие ячейки следует

заполнять нулями. Итогом проделанной работы является автоматический расчет данных о выходе крупной, средней и мелкой деловой древесины, дровяной древесины и т. д. как в отдельных ступенях толщины, так и в целом по породе (строки 18 и 19). В строку 22 вводятся 4 значения минимальных ставок за 1 м³ древесины соответственно крупной, средней, мелкой деловой и дровяной (G₂₂, H₂₂, I₂₂, J₂₂). Минимальная став-

ка 1 м^3 древесины, отпускаемой на корню, определяется регионом, расстоянием вывозки заготовленной древесины, древесной породой и категорией крупности и годности. В результате расчетов в ячейках G_{23} , H_{23} , I_{23} , J_{23} , K_{23} , N_{23} , O_{23} получаем величину лесных податей (стоимости древесины на корню) по отдельным категориям и в целом по породе.

Обработка материалов вручную с использованием «сортиментных таблиц» [4] требует до одного часа в зависимости от количества ступеней толщины конкретной древесной породы и опыта работы студента с этими таблицами. С использованием же разработанного приложения для ввода необходимой информации по одной древесной породе требуется 2–3 минуты. Помимо этого, автоматизированная обработка материалов исключает возможные ошибки, которые неизбежно возникают при расчетах вручную. Описанное приложение существенно облегчает обработку полевых материалов при написании курсовых проектов и дипломном проектировании.

В процессе летней практики по лесной таксации студенты самостоятельно закладывают пробные площади, что является одновременно проверкой их знаний и навыков, ранее полученных при изучении курса геодезии.

Высокая мозаичность условий местопроизрастания, характерная для Карелии, зачастую затрудняет подбор прямоугольных однородных участков необходимого размера для закладки пробных площадей. В этой ситуации невязки буссольной съемки границ, а также ошибки, нередко возникающие при вычерчивании схемы участка, могут существенно влиять на точность определения запаса древостоя.

Чтобы избежать этих отрицательных моментов, было разработано приложение для табличного процессора MS Excel, позволяющее автоматизировать процесс обработки результатов съемки границ и изготовления схемы участка. При этом вычерчивание схемы с помощью транспортира и линейки заменяется определением прямоугольных координат вершин многоугольника путем решения элементарных тригонометрических уравнений. Приложение включает три листа – «Таблица», «Схема» и «Справка».

Данные буссольной съемки – азимуты, длины и уклоны линий – вводятся в соответствующие столбцы и строки таблицы.

Азимутальные углы вводятся в градусах и минутах, расстояния задаются в метрах, уклоны – в градусах. В качестве точки № 1 принимается первая точка стояния угломерного инструмента с условными координатами ($X = 0$; $Y = 0$). Направление на север совпадает с осью Y и соответствует азимуту 0 или 360 градусов. Приложением допускается наличие в одном контуре до 14 углов (см. таблицу). В случае идеального качества съемочных работ точка № 15 должна совпасть с № 1.

При вводе данных в клетки листа «Таблица» на листе «Схема» появляются границы участка на фоне сетки прямоугольных координат (рис. 3). Изменение или удаление ошибочно введенных данных выполняется стандартными средствами клавиатурного ввода (клавиши Del и BackSpace).

Форма ввода данных съемки границ участка

Линии	Азимут		Промер (метры)	Уклон (град.)
	град.	мин		
1–2	90		50	
2–3	175	30	50	
3–4	270		100	4
4–5	2	30	50	
5–6	20	20	50	
6–7	70	40	37	7
7–8	190		57	2
–	–	–	–	–
13–14	–	–	–	–
14–15	–	–	–	–
Невязка (м) =			5,7	
Площадь (кв. м) =			6 210	

Форма составных фигур, линия периметра которых имеет самопересечения, отображается на листе «Схема» правильно, но площадь их определяется некорректно.

По окончании ввода в итоговых полях таблицы можно видеть значения линейной невязки буссольного хода и площади участка (см. таблицу).

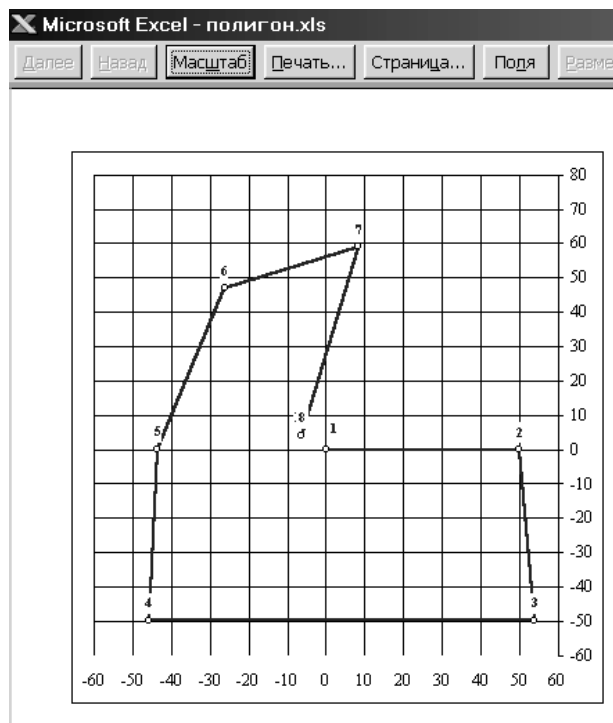


Рис. 3. Схема границ участка, рассчитанная по данным съемки

Для исключения возможных ошибок определения площади возможно путем визуальной оценки и корректировки углов и расстояний минимизировать суммарную линейную невязку буссольного хода. Учет магнитного склонения и влияния локальных магнитных аномалий в данном приложении не предусматривается.

На листе «Схема» доступна корректировка масштаба путем изменения диапазонов координатных осей стандартными средствами меню «Формат оси – Шкала». Перед выводом схемы на печать посредством изменения полей листа (меню «Файл – Параметры страницы – Поля») регулируется равномерность масштаба обеих координатных осей. Лист приложения «Справка» содержит краткую инструкцию по его использованию.

Определение таксационных показателей насаждения на заложенной пробной площади может осуществляться различно, в зависимости от цели выполняемой работы, которая в любом случае включает достаточно большой объем простых вычислений. Автоматизация этой трудоемкой процедуры позволяет обучаемым сосредоточиться на осмыслении результатов, тем самым давая возможность более глубокого понимания лесотаксационных закономерностей.

Обычной практикой расчета запаса древостоя является применение таблиц объемов стволов по разрядам высот, изначально разработанных для отводимых в рубку спелых насаждений с невысокой вариабельностью размеров стволов. Данная методика реализована в описанном выше приложении, ориентированном на знакомство обучаемых со способами определения товарной структуры насаждений и их материально-денежной оценки.

Однако применительно к средневозрастным древостоям, ставшим в последние десятилетия объектом интенсивной хозяйственной деятельности, детальное рассмотрение графиков высот показывает, что даже в пределах одного элемента леса приходится использовать табличные значения двух-трех соседних разрядов. Без такой поправки методика может вносить недопустимые погрешности, избежать которые позволяет только увеличение объема вычислительной работы. Кроме того, применение в таблицах разрядов высот 4-сантиметровых ступеней толщины вступает в противоречие с нормативами закладки пробных площадей (ОСТ 56–69–83), согласно которым в ряде случаев требуется применять 2- и 1-сантиметровые ступени толщины. Решением этой проблемы, как правило, бывает интерполяция табличных данных, требующая большого внимания и также существенно увеличивающая объем работы.

В случае компьютерной обработки данных пробных площадей разработка приложений для электронных таблиц значительно упрощается путем описания основных закономерностей с помощью формул. Для условий Карелии объемы стволов основных лесобразующих пород могут быть вычислены по формулам вида:

$$V = (H + 2) \cdot (a_1 + a_2 \cdot D + a_3 \cdot D^2) / 2200,$$

где V – объем (м^3), H – высота (м), D – диаметр на высоте 1,3 м (см), a_1 , a_2 , a_3 – коэффициенты.

Формулы для сосны, ели и березы предложены Н. И. Казимировым [3]; для осины коэффициенты уравнения того же вида рассчитаны методом множественного регрессионного анализа по данным местных таблиц [5].

Приложение, разработанное в среде MS Excel для обработки пробных площадей, включает листы «Перечеты», «Высоты», «График» и «Разряды» (рис. 4). Оно предусматривает наличие данных перечета по четырем основным породам и стандартным категориям качества, а также замеров высот и диаметров в количестве, достаточном для построения графиков.

На листе «Высоты» вводятся высоты и диаметры до 50 деревьев основных пород, колонки для которых окрашены принятыми в лесной картографии цветами. Данные о каждом дереве занимают отдельную строку таблицы. В результате на листе «График» формируется корреляционное поле точек, распечатав которое на принтере, можно вручную построить отдельные или обобщенные графики высот по породам. В случае углубленного исследования закономерностей строения древостоев обучаемые могут использовать для построения графиков аппроксимацию зависимостей простейшими криволинейными функциями, доступными в MS Excel.

Полученные с помощью графиков значения высот по ступеням толщины вводятся в соответствующие ячейки колонки «Высота» (рис. 4), что позволяет рассчитать значения объемов стволов. Затем после ввода данных о площади участка и количестве деревьев разных категорий по ступеням толщины происходит расчет средних диаметров, абсолютных полнот, запасов и формулы состава древостоя. При необходимости, в оговоренных таксационными нормативами случаях, шаг ступеней толщины может быть изменен на произвольный, более соответствующий целям исследования.

В случае недостаточности полевых наблюдений для построения графиков высот могут быть использованы путем прямого копирования содержащиеся на листе «Разряд» данные таблиц подходящих разрядов высот, интерполированных до 2-сантиметровых ступеней толщины.

Рассмотренные в статье приложения имеют функциональные аналоги среди программ соответствующего назначения, которые в составе автоматизированных систем учета лесных ресурсов эксплуатируются лесными предприятиями и организациями Карелии в повседневной практике для выполнения производственных расчетов. Однако их использованию в учебных целях препятствует необходимость работы только в составе большой системы, а также крайняя ограниченность выдаваемой на печать итоговой информации. В таком виде они не могут способствовать освоению основного учебного материала, а также не могут быть использованы для проверки знаний обучаемых.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Площадь пробы =						0,237 га									
2	Сосна															
3	Ступ	Кол-во деревьев шт.				Сумма площ. сечений кв.м				Высо	Уств	Запас, кубм				
4	толщ	дел	п/д	дров	сух	дел	п/д	дров	сух	та, м	кубм	дел	п/д	дров	сух	
5	6		3	5	8		0,008	0,014	0,023	8,0	0,013		0,040	0,067	0,108	
6	8	3		4	5	0,015		0,020	0,025	10,0	0,028	0,083		0,110	0,138	
7	10	20	3		2	0,157	0,024		0,016	12,0	0,049	0,980	0,147		0,098	
8	12	13	10			0,147	0,113			14,0	0,079	1,031	0,793			
26	48	4	1			0,724	0,181			23,0	1,860	7,439	1,860			
27	50			2					0,393	23,2	2,032				4,065	
29	пп	40	17	9	17	1,043	0,326	0,034	0,456			9,53	2,84	0,18	4,41	
30	1 га	169	72	38	72	4,40	1,38	0,14	1,92			40,2	12,0	0,7	18,6	
31	живые				278					5,92					53,0	
32	Ср. диаметры, см				18,2	15,6	7,0	18,5								
33	Ель															
34	Ступ	Кол-во деревьев шт.				Сумма площ. сечений кв.м				Высо	Уств	Запас, кубм				
35	толщ	дел	п/д	дров	сух	дел	п/д	дров	сух	та, м	кубм	дел	п/д	дров	сух	
36	6									5,0	0,010					
144	Итого на 1 га по всем породам первого яруса															
145	Поро	К-во деревьев шт/га				Сумма площ. сечений кв.м/га				Запас, кубм/га						
146	-ды	дел	п/д	дров	сух	дел	п/д	дров	сух	жив	живых	дел	п/д	дров	сух	
147	С	169	72	38	72	4,40	1,38	0,14	1,92	5,9	53,0	40,2	12,0	0,7	18,6	
148	Е	236	13	21		3,77	0,32	0,42		4,5	29,9	24,5	2,5	3,0		
149	Б	127	38	55		2,31	0,85	1,12		4,3	18,0	4,4	6,0	7,6		
150	Ос			291				4,13		4,1	24,4			24,4		
151	Всего	532	122	405	72	10,5	2,6	5,8	1,9	18,9	125,3	69,1	20,5	35,7	18,6	
152					С	Е	Б	Ос								
153					Состав	4,2	2,4	1,4	1,9							

Рис. 4. Форма ввода и обработки пересчета на пробной площади

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анучин Н. П. Лесная таксация: Учебник для вузов. М.: ВНИИЛМ, 2004. 552 с.
2. Горский П. В. Руководство для прохождения летней и зимней практики по лесной таксации. Петрозаводск, 1950. 102 с.
3. Казимиров Н. И., Кабанов В. В. Лесотаксационные таблицы. Петрозаводск, 1976. 32 с.
4. Сортиментные и товарные таблицы для лесов Северо-Запада европейской части СССР. М.: Изд-во ЛТА, 1987. 102 с.
5. Таблицы для оценки древесного сырья в лесах Карелии. Петрозаводск, 1978. 26 с.