

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ВЗАИМОСВЯЗИ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЧЕРНООЛЬХОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

На основании анализа 229 пробных площадей приводятся данные по варьированию и взаимосвязи таксационных показателей в древостоях ольхи черной. Показано, что коэффициенты вариации высоты и диаметра закономерно уменьшаются с увеличением возраста древостоя. Исходя из того, что разрядная сетка высот в сортиментных таблицах не может отразить все разнообразие кривых высот конкретных лесосек, целесообразно разрабатывать объемные и сортиментные таблицы как безразрядные, в которых входящими параметрами являются диаметр и высота дерева. Использование безразрядных таблиц повышает точность таксации лесосек на 1–3 %.

Based on analysis of 229 sample plots, data on variation and interrelations taxation parameters in the stands of black alder. It is shown that the coefficients of variation of height and diameter of the natural decrease with increasing age of the stand. Based on the fact that the bit grid heights assortment tab-faces can not reflect all the different heights of the curves of specific forest sites, the feasibility of developing the volume and assortment tables as No category, in which ryh input parameters are the diameter and height of the tree. Using No category table improves the accuracy of inventory cutting area by 1–3 %.

**Введение.** Знание о пределах варьирования таксационных показателей является теоретической основой для разработки методов выборочной таксации и определения требуемого объема измерений для достижения заданной точности исследования [1, 15]. В силу этого изучению варьирования таксационных показателей всегда уделялось много внимания. Особенно значимыми здесь являлись исследования Ф. П. Моисеенко [9], В. К. Захарова [7], М. Л. Дворецкого [6], П. М. Верхунова [5], К. Е. Никитина, А. З. Швиденко [12, 13] и ряда других ученых [3, 4, 8, 11].

Наибольшую практическую ценность представляют сведения о варьировании диаметров, высот, видовых чисел и коэффициентов формы  $q_2$  в пределах древостоя и их средних значений в лесных массивах. Проведенными исследованиями перечисленных и других авторов выявлена достаточно полная картина варьирования: установлены ведущие закономерности и пределы изменчивости, приведены конкретные величины коэффициентов вариации. Основные выводы из этих исследований сводятся к следующим положениям:

– коэффициенты вариации основных таксационных показателей ( $D$ ,  $H$ ,  $M$ ) закономерно уменьшаются с увеличением возраста и диаметра насаждения;

– пределы варьирования в зависимости от возраста и бонитета составляют для диаметров 15–50 %, высот – 8–20 %, видового числа – 6–12 % и т. д.;

– проведение рубок ухода, особенно низовым способом, уменьшает пределы варьирования, но при верховом способе или, если не соблюдаются правила рубок, варьирование может увеличиваться;

– варьирование таксационных показателей в смешанных насаждениях зависит от доли породы в составе, уменьшаясь при ее возрастании;

– коэффициенты изменчивости площадей сечения и запасов внутри выдела зависят от полноты, уменьшаясь с ее увеличением.

В практике и при проведении научных исследований широко пользуются данными о величинах коэффициентов вариации, которые установили В. К. Захаров [7], Ф. П. Моисеенко [9], А. Г. Мошкалев [11], М. Л. Дворецкий [6], В. Ф. Багинский [4] и другие.

Взаимосвязи таксационных показателей, особенно  $H-D$ ,  $H-f$ ,  $q_2$  используют при составлении различных таксационных таблиц. Исследованиями многих ученых [1, 4, 6] найдена теснота этой связи, виды уравнений, описывающих названные зависимости.

В то же время данные перечисленных и других авторов нуждаются в уточнении для отдельных древесных пород, в частности для ольхи черной, в связи с теми изменениями, которые происходят в лесном фонде при его интенсивном хозяйственном освоении. В силу изложенного исследования варьирования и взаимосвязи таксационных показателей в древостоях ольхи черной актуальны.

**Основная часть.** Материалом для исследований послужили пробные площади, заложенные специалистами «Гомельлеспроекта» под руководством и непосредственным участии авторов в древостоях ольхи черной при выполнении задания по разработке сортиментных таблиц.

Пробные площади заложены во всем ареале распространения ольхи черной в Беларуси [16] и в пределах основных типов леса черноольшанников [17]. Всего заложено 229 пробных площадей. Из них в подзоне широколиственно-еловых лесов

имеем 10 проб в 7 лесхозах, в подзоне елово-грабовых дубрав – 77 в 9 лесхозах, в подзоне грабовых дубрав (в основном в Полесье) – 142 в 13 лесхозах. Это соответствует пропорциям распространения ольхи черной в лесах Беларуси в разрезе лесорастительных подзон [16].

Пробные площади заложены в древостоях от I до X класса возраста. Уровни производительности исследованных насаждений колеблются от I<sup>a</sup> до III класса бонитета, т. е. соответствуют наиболее характерным условиям местопроизрастания ольхи черной. Среди пробных площадей преобладают высокополнотные (0,8–1,0) – 95 шт. и среднеполнотные древостои (0,6–0,7) – 117 шт.

На пробных площадях срублено и обследовано 567 модельных деревьев, объемы которых нашли по сложным секционным формулам [3–5, 16]. Для определения

изменчивости и взаимосвязей высот, видовых чисел и  $q_2$  использовали совокупный массив модельных деревьев.

Методика исследования включала стандартный лесотаксационный анализ [1–3, 5, 7, 8, 16] с применением методов биометрии и системного анализа [5, 6, 8, 12, 13, 15].

Коэффициенты вариации диаметров установлены по каждой пробной площади. В силу обширности этого материала, выходящего за допустимый объем статьи, здесь дан его обобщенный анализ.

Анализ изменчивости диаметров и высот сделали, распределив их по классам возраста: до 10 лет, 20–30, 31–40, 41–50 лет и т. д. В таблице 1 показаны средние коэффициенты вариации по совокупности пробных площадей для каждой из выделенных возрастных групп.

**Таблица 1**  
Усредненные коэффициенты вариации диаметров ( $V_D$ ) и высот ( $V_H$ ) в черноольховых древостоях на пробных площадях

Средний возраст, лет	Показатели			
	$D_{ср}$ , см	$V_D$ , %	$H_{ср}$ , м	$V_H$ , %
7	4,3	35,0	7,8	34,5
15	10,2	32,5	11,3	24,3
25	15,0	30,4	15,4	20,1
35	18,8	28,0	20,1	16,4
45	20,6	25,7	21,0	15,1
55	25,0	20,4	22,8	15,2
65	28,2	19,5	24,9	9,1
75	32,1	19,0	25,4	13,2
82	34,2	18,0	25,9	13,2

Анализ изменения  $V_D$  показал, что с возрастом идет его уменьшение, примерно отвечающее прямой линии. Для выравнивания выведено соответствующее уравнение:  $V_D = 38 - 0,2A$ . Варьирование высот до возраста 15–20 лет снижается быстро, а затем сильно замедляется, что соответствует уравнению гиперболического вида:

$$V_H = \frac{220}{H} + 8.$$

Выровненные значения изменчивости диаметров и высот показаны в таблице 2, где цифры округлены до целых.

**Таблица 2**  
Величины изменчивости диаметров и высот в черноольховых древостоях

Возраст, лет	10	20	30	40	50	60	70	80
$V_D$ , %	36	34	32	30	28	26	24	22
$V_H$ , %	30	19	15	14	12	12	11	10

Сравнивая наши данные с известными литературными источниками, отметим, что сведений об изменчивости в молодых древостоях ольхи имеется мало. Для приспевающих и спелых древостоев ольхи черной данные приводит В. Ф. Багинский [4] – 24 %. У Н. П. Анучина [2], В. К. Захарова [7], М. Л. Дворецкого [6], Л. Н. Толкачева [14] приводятся коэффициенты вариации для сосны, березы и других пород и то же в возрасте спелости. Они равны по диаметру 20–25 %, по высоте – 8–12 %. Для молодняков

изменчивость данных показателей изучена у хвойных, а также у березы и осины в 1970-х гг. в ЛенНИИЛХе [8]. По их данным, в самом молодом возрасте (5–7 лет)  $V_D$  достигает 40–50 %,  $V_H$  – 30–35 %.

Результаты наших исследований в целом подтверждают общие закономерности, выражающиеся в очень высоких показателях варьирования по  $D$  и  $H$  в молодняках и их существенное снижение к возрасту спелости. Наши данные по  $V_D$  близки к величинам,

полученным В. Ф. Багинским [4], но все же в 50–60 лет выше, чем у этого автора на 10–15 %. С данными В. К. Захарова [7] и М. Л. Дворецкого [6] наши результаты тоже схожи, если рассматривать не конкретные возрасты древостоев (у В. К. Захарова для сосны они выше), а группы возраста. Изменчивость высот по нашим материалам близка к данным В. С. Моисеева [8] для молодняков, М. Л. Дворецкого и Н. А. Анучина [2] – для спелых древостоев. В целом же вариация высот в черноольховых древостоях выше на 15–20 %, чем по вышеприведенным литературным источникам.

При изучении взаимосвязей таксационных показателей наибольший практический интерес представляют зависимости  $H-D$ ,  $H-f$  и  $H-q_2$ . Взаимосвязь  $H-D$  в настоящее время изучена хорошо [1, 3–5, 6, 9, 11, 12]. Она является теоретической основой для построения объемных и сортиментных таблиц по разрядам высот [2–4]. Вид связи вышеназванные авторы выражают различными уравнениями [1–3, 11, 12]. Все эти уравнения обычно учитывают тот факт, что наиболее простой и надежной формулой здесь будет парабола третьего порядка:  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$ . Это уравнение рекомендует А. Г. Мошкалев [11]. Оно было принято за базовое в рекомендациях Гослесхоза СССР для разработки сортиментных и товарных таблиц.

Анализ материала показал, что соотношение  $H-D$  полином 3 порядка описывает достаточно точно. При этом корреляция  $H-D$  лежит в пределах 0,92–0,96. Для древостоев ольхи черной подтверждаются общие закономерности изменения связи  $H-D$  с увеличением возраста древостоев. В молодом возрасте кривая  $H-D$  имеет более крутой подъем, отражающий большую разницу в редуционных числах

наибольшего и наименьшего деревьев, и более высокие коэффициенты вариации. В спелом возрасте кривая  $H-D$  имеет более пологий вид.

Конкретные параметры одного уравнения связи по всему диапазону высот, диаметров и возрастов не могут корректно отразить названную зависимость, поэтому их рассчитывают на основе измерений, проводимых в конкретных древостоях. В настоящее время при компьютерной обработке материалов это становится чисто технической работой. В то же время установленные связи сортиментных таблиц по разрядам высот имеют значительную неоднозначность.

Кривые разрядов высот должны закономерно отражать изменение зависимости  $H-D$  на лесосеке, чтобы конкретная лесосека таксировалась одним разрядом высот. Такое бывает не всегда. Исследования Ф. П. Моисеенко и В. Ф. Багинского [10] наглядно показали несовпадения разрядной сетки высот для одной породы в разных объемных и сортиментных таблицах, а также тот факт, что многие реальные кривые высот «секут» разрядные сетки. На основании этого названные авторы предлагают строить сортиментные таблицы без разделения на разряды высот. Такие таблицы, называемые безразрядными, уже изданы в России, Украине и других странах.

Учитывая вышеизложенное, для древостоев ольхи черной была проделана аналогичная работа по исследованию кривых  $H=f(D)$  в сопоставлении с разрядами высот. В качестве примера на рисунке показаны кривые высот для 10 пробных площадей, наложенные на действующую в Беларуси сетку разрядов высот для ольхи черной [9].

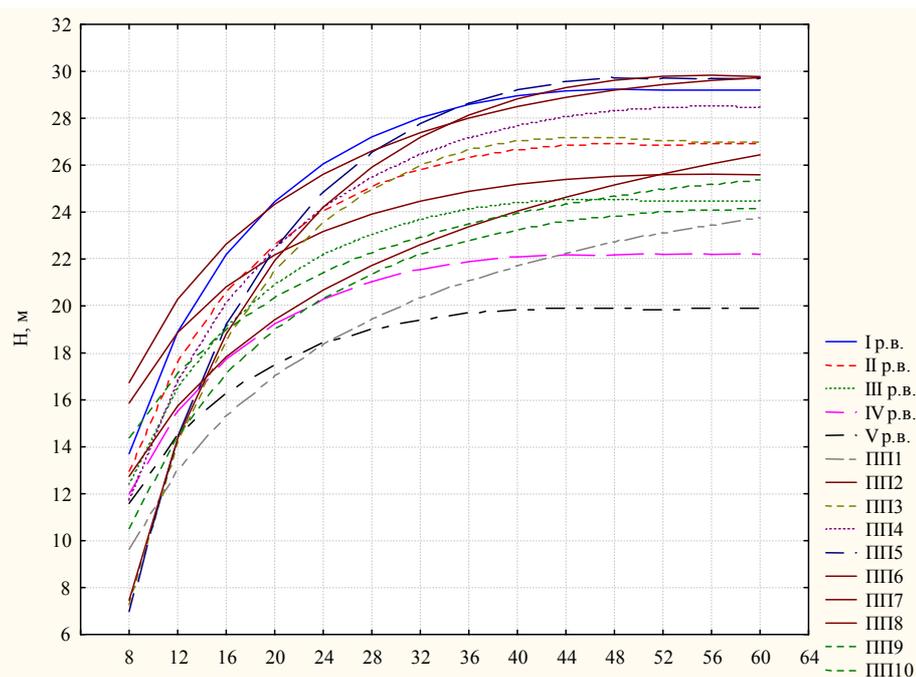


Рисунок – Кривые высот отдельных лесосек, положенные на сетку разрядов высот

Из рисунка наглядно видно, что многие кривые высот конкретных древостоев «секут» сетку разрядов высот. Из этого факта вытекает важный практический вывод – объемные и сортиментные таблицы необходимо строить как безразрядные. Входами в них будут диаметр дерева и его высота. Последнюю берут из графика высот для конкретной лесосеки. Эту кривую высот строят по замерам 12–15 диаметров и высот. При компьютерной обработке материала нахождение высот для конкретных диаметров по связи  $H=f(D)$  представляет собой простое техническое действие. В то же время точность таксации лесосек повышается на 1–3 % [4, 10, 13].

Большой интерес вызывают закономерные связи показателей формы ствола с высотой дерева. Долгое время считалось, что корреляция здесь достаточно высока, Ф. П. Моисеенко доказал [9], что это наблюдается, если рассматривать связь  $q_2-H$ , начиная с самых малых высот. Но уже с 11–12 м и выше связь  $q_2-H$  практически отсутствует, это говорит о том, что форма ствола формируется в молодом возрасте, а затем остается стабильной.

Данные по ольхе черной полностью подтверждают это утверждение Ф. П. Моисеенко (табл. 3).

Таблица 3

Корреляционная зависимость между показателями формы ствола модельных деревьев ольхи черной

Вид зависимости	Показатели корреляционных связей			
	Коэффициент корреляции $R$	Ошибка коэффициента корреляции $m_r$	Корреляционное отношение $\eta_{yx}$	Ошибка корреляционных отношений $m_\eta$
$f-H$	-0,559	0,029	-0,629	0,025
$q_2-H$	0,056	0,042	0,283	0,039
$f-q_2$	0,90	0,002	0,97	0,09

Из таблицы 3 видно, что между  $f$  и  $q_2$  существует практически функциональная обратная прямолинейная связь. Зависимость  $f-H$  средняя и тоже отрицательная. Связь выражается уравнением простой или усложненной гиперболы, параметры которой определяются для конкретных насаждений.

**Заключение.** Из изложенного вытекают следующие выводы:

– коэффициенты вариации таксационных показателей закономерно уменьшаются с увеличением возраста древостоя. Для диаметров это уменьшение (от 36 % в 10 лет до 22 % в 80 лет) происходит по уравнению  $V_D = 38,0 - 0,2A$ . Для высоты здесь существует зависимость

$$V_H = \frac{220}{H} + 8$$

гиперболического вида от 30 % в 10 лет до 10 % в 80 лет. Варьирование диаметров и высот в целом подтверждает известные закономерности изменения коэффициентов вариации с возрастом, хотя конкретные величины, представленные в работе, с рядом авторов в разном возрасте расходятся на 10–30 %:

– связь диаметра и высоты выражается уравнениями параболы 3-го порядка. С возрастом кривая связи  $H-D$  становится более пологой;

– разрядная сетка высот в сортиментных таблицах разных авторов (Ф. П. Моисеенко, Н. П. Анучина, Н. В. Третьякова) не может отразить все разнообразие кривых высот конкретных лесосек. Около 30 % таких кривых «секут» сетку разрядов. Поэтому необходимо сортиментные таблицы составлять как безразрядные, устанавливая высоты ступеней

толщины на лесосеке путем построения конкретных кривых высот;

– связь  $D-H$  выражается коэффициентом корреляции 0,9–0,95 (корреляционное отношение – 0,93–0,97),  $f-H$  (–0,56) (корреляционное отношение – (–0,63)). Связь  $f-q_2$  очень высока ( $\tau \approx 0,96$ –0,97);

– не установлено закономерной связи  $H-q_2$  для деревьев, высотой более 10–11 лет:  $\tau = 0,06$ ;  $\eta = 0,28$ . Это подтверждает данные Ф. П. Моисеенко о том, что форма ствола формируется в молодости в зависимости от густоты древостоя, а затем остается практически стабильной.

## Библиографический список

1. Антанайтис В. В., Тябера А. П., Шаптяене Л. А. Закономерности лесной таксации. – Каунас: ЛитСХА, 1986. – 157 с.
2. Анучин Н. П. Лесная таксация. – М.: Лесная пром-сть, 1977. – 512 с.
3. Атрощенко О. А. Лесная таксация. – Минск: БГТУ, 2009. – 468 с.
4. Багинский В. Ф., Есимчик Л. Д. Лесопользование в Беларуси. – Минск: Беларуская навука, 1996. – 367 с.
5. Верхунов П. М. Изменчивость и взаимосвязь таксационных показателей в разновозрастных сосняках. – Новосибирск: Наука, 1975. – 208 с.
6. Дворецкий М. Л. Изменчивость и взаимосвязь таксационных показателей в разновозрастных сосняках // Сборник трудов Поволжского ЛТИ им. М. Горького – Йошкар-Ола: ПЛТИ, 1957. – № 52. – С. 41–54.

7. Захаров В. К. Варьирование таксационных признаков древостоев // Лесное хоз-во. – 1950. – № 11 – С. 66–70.

8. Моисеев В. С. Таксация молодняков. – Л.: ЛТА, 1971 – 344 с.

9. Моисеенко Ф. П. Таблицы для сортиментного учета леса на корню (сосна, ель, дуб, ясень, клен, граб, береза, осина, ольха черная, липа). – Минск: Польша, 1972. – 328 с.

10. Моисеенко Ф. П., Багинский В. Ф. О методе составления объемных и сортиментных таблиц // Лесное хоз-во. – 1973. – № 10. – С. 50–52.

11. Мошкалев А. Г., Кнize А. А., Ксенофонтов Н. И., Уланов Н. С. Таксация товарной структуры древостоев. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 160 с.

12. Никитин К. Е. Лиственница на Украине. – Киев: Урожай, 1966 – 331 с.

13. Никитин, К. Е., Швиденко А. З. Методы и техника обработки лесоводственной информации. – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 272 с.

14. Толкачев Л. Н., Бурак Ф. Ф. Сосновые леса. – Минск: Беларуская навука, 2006. – 175 с.

15. Швиденко А. З. Теоретические и экспериментальные обоснования системы инвентаризации горных лесов зоны интенсивного ведения хозяйства: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Киев: Укр. с.-хоз. Академия, 1981. – 38 с.

16. Юркевич И. Д., Гельтман В. С., Ловчий Н. Ф. Типы и ассоциации черноольховых лесов. – Минск: Наука и техника, 1968. – 376 с.  
Юркевич И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах. – Минск: Наука и техника, 1980. – 120 с.