

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ГОДИЧНОГО ПРИРОСТА ДЕРЕВЬЕВ И НАСАЖДЕНИЙ

Изучение динамики изменения ширины годичного слоя по высоте ствола, помимо своего теоретического, имеет большое практическое значение.

Размеры и строение годичных слоев обуславливают форму древесных стволов, знание которой важно для определения объема ствола, установления сортиментации насаждений, рациональной разработки хлыстов и определения текущего прироста насаждений.

Исследования ширины годичного слоя (i) по высоте ствола и изменения ее по ступеням толщины деревьев в насаждении проведены в ельнике кисличном (C_2) на пробной площади 0,25 га. Состав насаждения 10Е, возраст 82 года, средняя высота 27 м, средний диаметр 28,4 см, бонитет I, число стволов на пробе 120, запас 401 м³/га, полнота 0,8, средний прирост 4,89 м³/га.

Исследование ширины годичного слоя по высоте ствола проводилось по относительным высотам через 0,1 H , что позволяет составить однородный статистический ряд по опытным данным учетных деревьев различных высот (что особенно важно для сопоставлений) и охарактеризовать форму древесного ствола объективными показателями — процентами диаметров от исходного диаметра на 0,1 H [2].

Все срубленные 120 деревьев размечались на 10 равных по длине секций. На концах каждой секции, а также на 0,05 H и на 1,3 м замерялись диаметры в коре и без коры и ширина десяти последних слоев (i). Устанавливался также абсолютный прирост по высоте за последние 10 лет, фактический возраст определялся по числу годичных колец у пня.

Установлено, что ширина годичного слоя по всему стволу неравномерная. Годичные слои на протяжении ствола расширены в нижней части его (средняя величина i на комлевом срезе 1,44 мм), затем резко сужаются до 0,05—0,1 H (i на 0,05 H —0,94 мм; на 0,1 H —0,90 мм), после чего наблюдается постепенное увеличение их до самой вершины (на 0,2 H —0,97 мм; 0,3 H —1,02 мм; 0,4 H —1,10 мм; 0,5 H —1,20 мм; 0,6 H —1,31 мм; 0,7 H —1,50 мм; 0,8 H —1,73 мм; 0,9 H —2,02 мм). Величина i на 1,3 м составила 0,94 мм. Средняя ширина (i_{cp}) для всего ствола в нашем объекте составила 1,16 мм. Такая величина у среднего дерева насаждения соответствует ширине годичного слоя на 0,45 высоты его от комля. Изменение величины годичного слоя по высоте ствола показано на рис. 1.

Отношение средней ширины годичного слоя для всего ствола ($i_{\text{ср}}$) соответственно к $i_{1,3}$, $i_{0,1}$, $i_{0,5}$ в целом для насаждения дает значение коэффициентов K :

$$K_{1,3} = \frac{i_{\text{ср}}}{i_{1,3}} = \frac{1,16}{0,94} = 1,23; \quad K_{0,1} = \frac{i_{\text{ср}}}{i_{0,1}} = \frac{1,16}{0,90} = 1,29;$$

$$K_{0,5} = \frac{i_{\text{ср}}}{i_{0,5}} = \frac{1,16}{1,20} = 0,97.$$

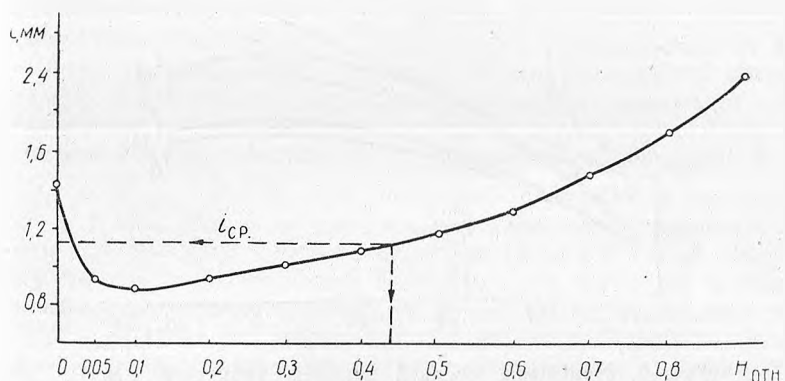


Рис. 1. Изменение ширины годичного слоя в насаждениях ели (82 года) I бонитета по относительным высотам

С помощью полученных коэффициентов и значений $i_{1,3}$, $i_{0,1}$, $i_{0,5}$ для данного насаждения $i_{\text{ср}}$ всего ствола определяется по уравнениям:

$$i_{\text{ср}} = 1,23 i_{1,3}, \quad i_{\text{ср}} = 1,29 i_{0,1}, \quad i_{\text{ср}} = 0,97 i_{0,5}.$$

Таким образом, наши результаты исследования противоречат иногда допускаемому в теории и практике лесной таксации равенству ширины годичного слоя по всему стволу или до половины высоты его и подтверждают исследования М. Л. Дворецкого [3] и В. В. Загребеева [4].

Исследования изменчивости i по высоте ствола выявили значительное их варьирование. Коэффициент варьирования ($W_{i_{\text{ср}}}$) для всего насаждения составил 44,0%, несколько меньшее варьирование ($W_{i_{\text{ср}}} = 38,0\%$) в трех центральных ступенях толщины (24, 28, 32). Для определения средней ширины i с точностью 5 или 10% необходимо произвести исследования соответственно на 80 или 19 учетных деревьев, взятых из состава насаждения по методу случайной выборки, а из трех центральных ступеней толщины — соответственно на 60 или 15 деревьях. Столь большое варьирование i объясняется тем, что эта величина зависит от древесной породы, возраста и про-

исхождения деревьев и насаждений, полноты, освещения, почвенных и метеорологических условий, высоты прикрепления кроны, географической широты и других факторов.

Была также проанализирована средняя величина i по относительным высотам через $0,1 H$ в зависимости от ступени толщины в насаждении. Результаты таковых в трех точках —

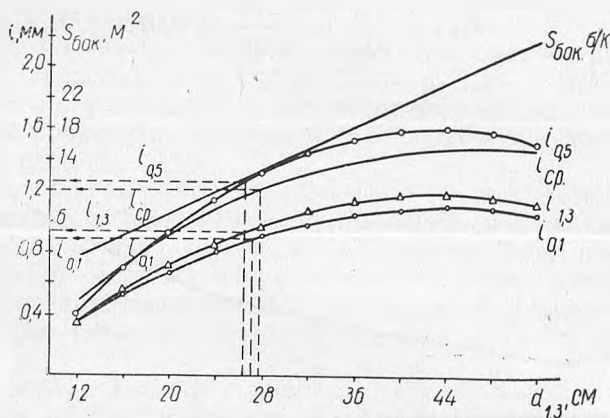


Рис. 2. Изменение средней ширины годовичного слоя всего ствола ($i_{\text{ср}}$) и в трех точках высоты его — на 1,3 м; 0,1H; 0,5H, а также боковой поверхности ели без коры I бонитета по ступеням толщины

на 1,3 м, 0,1 H и 0,5 H приведены на рис. 2. Зависимости величины i в указанных трех точках от ступеней толщины исследованы по способу Чебышева. Установлено, что эти зависимости выражаются уравнениями параболы второго порядка и имеют вид:

$$i_{\text{ср}} = 0,1998 + 0,2497 x - 0,0115 x^2 (d_{1,3} - 12,16)^*, \quad (1)$$

$$i_{1,3} = 0,1260 + 0,2386 x - 0,0136 x^2 (d_{1,3} - 12,16), \quad (1a)$$

$$i_{0,5} = 0,2357 + 0,2618 x - 0,0136 x^2 (d_{1,3} - 12,16), \quad (1б)$$

$$i_{0,1} = 0,1870 + 0,1979 x - 0,0107 x^2 (d_{1,3} - 12,16). \quad (1в)$$

*) Цифры и индексы в скобках после уравнений параболы второго порядка (зависимости i от $d_{1,3}$), как и далее по тексту—после уравнений логарифмических кривых (подобные цифры и индекс нужно ставить после всех уравнений, где имеется x), — означают, что аргументом является $d_{1,3}$, интервал между значениями аргумента принят как разность между ними. В данном случае по диаметру на 1,3 м интервал принят в 4 см ($16 - 12 = 4$). Значение $x=1$ соответствует ступени 12 (первая цифра), тогда $x=2$ будет соответствовать ступени 16, и так далее значение x увеличивается на единицу с увеличением аргумента на один интервал (в данном случае с увеличением ступени толщины на 4 см). Без цифр и индекса, помещенных в скобках, корреляционное уравнение такого типа воспроизвести невозможно; поэтому, чтобы уравнение не потеряло свой смысл, дополнить его подобными цифрами и индексом крайне необходимо.

Уместно отметить варьирование величин i на 0,5 H и на $i_{1,3}$ м, так как при заданной точности варьирование определяет количество наблюдений. Коэффициент варьирования величины $i_{0,5}$ ($W_{i_{0,5}}$) для всего насаждения составил 33,0%, несколько выше варьирование $i_{1,3}$ — 40,1%. Из рис. 2 видно, что средние величины $i_{1,3}$, $i_{0,1}$, $i_{0,5}$, а также $i_{\text{ср}}$ для всего ствола находятся в пределах трех центральных ступеней толщины. Это подтверждается вычисленными по материалу центральных ступеней толщины средними значениями величин i , которые оказались статистически однородными с аналогичными величинами, определенными по всему материалу пробной площади ($t < 3$). Коэффициент варьирования ширины годичного слоя в трех центральных ступенях толщины значительно ниже аналогичной величины для всего насаждения и составил: $W_{i_{0,5}}$ — 19,7%, $W_{i_{1,3}}$ — 24,9%. Для определения величины $i_{0,5}$ с точностью 5 или 10% и вероятностью в 0,683 необходимо произвести исследования соответственно на 16 или 4 учетных деревьях центральных ступеней толщины; для характеристики $i_{1,3}$ необходимо соответственно 25 или 7 наблюдений. Метод выборки учетных деревьев из центральных ступеней толщины в 2—2,5 раза экономичнее метода случайности выборки и поэтому рекомендуется для практики.

Характер и степень варьирования значений $i_{1,3}$ и $i_{0,5}$ всего материала сопоставлялись с кривой нормального распределения Гаусса — Лапласа и по $i_{0,5}$ показаны на рис. 3. Для оценки согласия теоретических и опытных данных применено правило В. И. Романовского, т. е. путем вычисления величины $\frac{\chi^2 - K}{\sqrt{2K}}$, где χ^2 — критерий согласия (для кривых распределения $i_{1,3}$ составил 19,8, для $i_{0,5}$ — 13,9); $K = a - 3^{**}$ (для $i_{0,5}$ значение $K = 10$, для $i_{1,3}$ $K = 8$). Оказалось, что для $i_{0,5}$ и $i_{1,3}$ $\frac{\chi^2 - K}{\sqrt{2K}} < 3$, т. е. различия между теоретическими и опытными данными несущественные (особенно для $i_{0,5}$) и

Имеем уравнение $i_{0,5} = 0,2357 + 0,2618x - 0,0136x^2$ ($d_{1,3} = 12,16$). Из уравнения видно, что оно выражает зависимость $i_{0,5}$ от $d_{1,3}$. Допустим, нужно узнать значение $i_{0,5}$ для ступеней толщины 12 и 28 см.

Решение: 1) определим $i_{0,5}$ для 12 см:

$$i_{0,5} = 0,2357 + 0,2618 \cdot 1 - 0,0136 \cdot 1^2 = 0,48 \text{ мм};$$

2) определим $i_{0,5}$ для 28 см. Узнаем значение x . При интервале 4 см оно составит $(28 - 12) : 4 = 4$. Подставляя значение $x = 4$ в уравнение параболы второго порядка, получим $i_{0,5} = 0,2357 + 0,2618 \cdot 4 - 0,0136 \cdot 4^2 = 1,20 \text{ мм}$.

Таким образом можно узнать значения $i_{0,5}$ для каждой ступени толщины. По координатным данным аргумента и функции ($d_{1,3}$ и $i_{0,5}$) строится кривая их зависимости.

****** a — количество интервалов в статистическом ряду.

распределение числа значений $i_{1,3}$ и $i_{0,5}$ по их ступеням и их варьирование подчиняются закону нормального распределения.

Исследование прироста по высоте взятых деревьев проведено как разность высот теперь (H) и десять лет назад

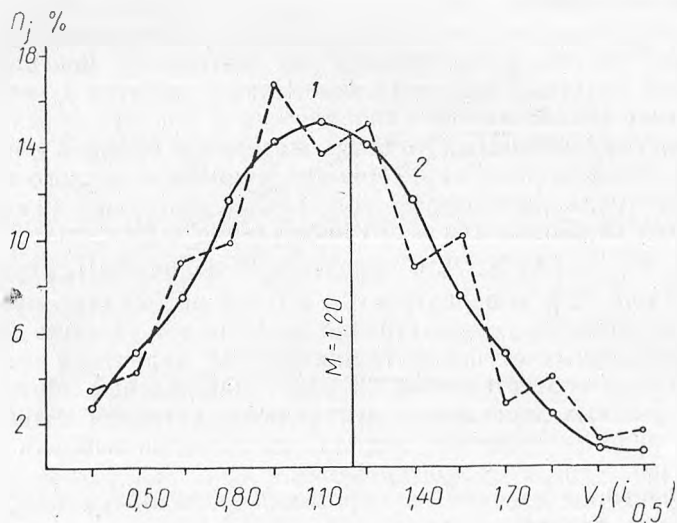


Рис. 3. Распределение величины ширины годичного слоя на $0,5H$ ($i_{0,5}$) в еловых насаждениях по опытным данным (1) и по кривой нормального распределения (2)

(h), вычисленных по уравнениям логарифмической кривой в зависимости от $d_{1,3}$:

$$H = 16,05 + 15,40 \log x(d_{1,3} - 12,16), \quad (2)$$

$$h = 14,30 + 14,63 \log x(d_{1,3} - 12,16). \quad (2a)$$

Проследив описанным выше способом изменение ширины годичного слоя по высоте ствола и принимая во внимание предложения А. П. Фан дер Флита [6], А. В. Тюрина [5] и Н. П. Анучина [1], мы приходим к выводу об использовании i_{cp} в определении текущего прироста насаждения как произведения величины боковой поверхности стволов насаждения (ΣS) на среднюю толщину годичного слоя i_{cp} по формуле

$$\Sigma \Delta_v = \Sigma S \cdot i_{cp}, \quad (3)$$

$\Sigma \Delta_v$ — абсолютный объемный прирост, m^3 ; $\Sigma S = S_{cp} \cdot N$; S_{cp} — боковая поверхность среднего дерева без коры, m^2 ; N — количество деревьев на пробной площади.

Боковая поверхность каждой секции ствола $s = \pi d \cdot 0,1 H$, где d — диаметр на середине секции без коры; $0,1 H$ — длина секции, равная $H : 10$.

Сумма боковых поверхностей 10 секций дает боковую поверхность ствола без коры ($S_{\text{ср}}$), и для среднего дерева в исследуемом объекте она составила $14,76 \text{ м}^2$, что в переводе на 1 га составляет 7085 м^2 .

Текущий прирост (годовой) насаждения по формуле (3) составил $\Sigma \Delta_v = 7085 \cdot 0,00116 = 8,22 \text{ м}^3/\text{га}$. Если условно за истинный объем прироста принять прирост, полученный по результатам исследований $\Sigma \Delta_v$ 120 деревьев путем разности объемов по секционной формуле, $7,53 \text{ м}^3/\text{га}$, то отклонение по формуле (3) составит $+9,1\%$.

При определении прироста на стоящих деревьях установление величины $i_{\text{ср}}$ и измерение $i_{0,5}$ практически крайне затруднено. Поэтому для исследуемого объекта использованы приведенные выше связи $i_{\text{ср}}$ с $i_{1,3}$ и $i_{\text{ср}}$ с $i_{0,1}$. Принимая величину боковой поверхности стволов на 1 га (ΣS) равной 7085 м^2 , ежегодный прирост можно определить по уравнениям:

$$\Sigma \Delta_v = \Sigma S \cdot 1,29 i_{0,1} = 8,22 \text{ м}^3/\text{га}, \quad (4)$$

$$\Sigma \Delta_v = \Sigma S \cdot 1,23 i_{1,3} = 8,19 \text{ м}^3/\text{га}. \quad (5)$$

При исследовании зависимости величины боковой поверхности стволов без коры ($S_{\text{б/к}}$), определенной по 10 секциям, от диаметра на $1,3 \text{ м}$ (в коре) выявлена тесная корреляционная связь ($r = +0,820$) линейного характера (рис. 2) и получено уравнение связи

$$S_{\text{б/к}} = 0,704 d_{1,3 \text{ в/к}} - 5,326. \quad (6)$$

Боковая поверхность среднего дерева (при среднем диаметре нашего объекта $28,4 \text{ см}$) по уравнению (6) или по рис. 2 составила $14,66 \text{ м}^2$ (в переводе на 1 га 7037 м^2). Значение средней ширины $i_{\text{ср}}$ для данного среднего диаметра по рис. 2 $1,17 \text{ мм}$ (несовпадение $i_{\text{ср}}$ графического с $i_{\text{ср}} = 1,16 \text{ мм}$ объясняется графическим сглаживанием этих значений). Текущий объемный прирост, определенный по графическим данным ($\Sigma \Delta_{\text{в гр}}$), на 1 га составит $\Sigma \Delta_{\text{в гр}} = 7037 \cdot 0,00117 = 8,24 \text{ м}^3/\text{га}$.

Для установления отклонений текущего прироста, определенного при использовании $i_{1,3}$ и $i_{0,5}$, сделаем следующие расчеты.

Боковая поверхность одного ствола с использованием лишь диаметра на $0,5 H$ ($d_{0,5}$) определяется по формуле

$$S_{\text{ср}} = \pi d_{0,5} \cdot H \quad (7)$$

и для среднего дерева составила $16,02 \text{ м}^2$.

Тогда боковая поверхность всех деревьев пробной площади ($\Sigma S'$) определится по формуле

$$\Sigma S' = S'_{\text{ср}} \cdot N \quad (8)$$

и составит 1922 м^2 ; на 1 га 7690 м^2 .

Таким образом, определенная $\Sigma S'$ насаждения по диаметру на $0,5 H$ среднего дерева дала преувеличение против фактической ΣS , определенной по секционным формулам (7085 м^2), и составила $+8,5\%$.

Абсолютный текущий прирост пробной площади, если принять во внимание ширину годичного слоя на $0,5 H$ ($i_{0,5}$), определится по формуле

$$\Sigma \Delta_v = \Sigma S' \cdot i_{0,5} \quad (9)$$

и составит $\Sigma \Delta_v = 7690 \cdot 0,0012 = 9,23 \text{ м}^3/\text{га}$. Отклонение от $\Sigma \Delta_{\text{ист}} + 22,6\%$.

Проведем далее расчеты $\Sigma \Delta_v$ по средней величине $i_{1,3}$ и $i_{0,1}$ в двух вариантах сумм боковой поверхности (ΣS), а именно с применением ΣS , вычисленной по 10 секциям (7085 м^2 фактическая), и $\Sigma S'$ по одному лишь диаметру на $0,5 H$ (7690 м^2), и сопоставим с $\Sigma \Delta_v$, условно принятым за истинный, $-7,53 \text{ м}^3/\text{га}$:

а) по ΣS фактической: $\Sigma \Delta_v = 7085 \cdot i_{1,3} = 6,66 \text{ м}^3/\text{га}$, отклонение $-11,6\%$; $\Sigma \Delta_v = 7085 \cdot i_{0,1} = 6,38 \text{ м}^3/\text{га}$, отклонение $-15,3\%$;

б) по $\Sigma S'$, полученной по диаметру среднего дерева на $0,5 H$: $\Sigma \Delta_v = 7690 \cdot i_{1,3} = 7,22 \text{ м}^3/\text{га}$, отклонение $-4,1\%$; $\Sigma \Delta_v = 7690 \cdot i_{0,1} = 6,92 \text{ м}^3/\text{га}$, отклонение $-8,1\%$.

Несколько подкупающая точность способов с отклонением $-4,1$ и $-8,1\%$ не дает права рекомендовать их производству, так как фактическое отклонение уменьшилось за счет погрешности определения $\Sigma S'$ со знаком $+8,5\%$, чего в других случаях и объектах (особенно в более молодых возрастах) может и не быть, так как соотношение $i_{\text{ср}}$ и $i_{1,3}$, $i_{\text{ср}}$ и $i_{0,1}$ увеличивается или уменьшается по сравнению с приведенными выше коэффициентами в зависимости от возраста насаждения.

Результаты определения объема текущего прироста по всем приведенным способам и отклонения их от фактической величины текущего прироста сведены в таблицу.

Таким образом, исследования ширины годичного слоя по высоте ствола позволяют отметить, что рис. 1 иллюстрирует изменчивость ширины годичного слоя на протяжении всего ствола, подчеркивая их неравномерность.

Определение текущего прироста насаждений ($\Sigma \Delta_v$) по боковой поверхности (ΣS) и ширине годичного слоя ($i_{\text{ср}}$) обеспечивает достаточную точность ($+9,1\%$) при условии

Таблица

Результаты определения объема текущего прироста разными способами по боковой поверхности и отклонения их от фактической величины

Показатели	$\Sigma \Delta_v$ фактическая по 120 учетн. дерев.	$\Sigma \Delta_v = \Sigma S \cdot i_{\text{ср}} \quad (3)$	С использованием связей $i_{\text{ср}} \text{ с } i_{0,1}; i_{\text{ср}} \text{ с } i_{1,3}$		Графический $\Sigma \Delta_{\text{отгр}} = \Sigma S_{\text{гр}} \cdot i_{\text{ср. гр}} \quad (\text{рис. 2})$	$\Sigma \Delta_v = \Sigma S \cdot i_{0,5} \quad (9)$	С использованием $\Sigma S_{\text{ф}}$ фактической		С использованием ΣS через $d_{0,5}$	
			$\Sigma \Delta_v = \Sigma S_{1,29} i_{0,1} \quad (4)$	$\Sigma \Delta_v = \Sigma S_{1,23} i_{1,3} \quad (5)$			$\Sigma \Delta_v = \Sigma S_{\text{ф}} \cdot i_{1,3}$	$\Sigma \Delta_v = \Sigma S_{\text{ф}} \cdot i_{0,1}$	$\Sigma \Delta_v = \Sigma S_{0,5} \cdot i_{1,3}$	$\Sigma \Delta_v = \Sigma S_{0,5} \cdot i_{0,1}$
м ³ /га	7,53	8,22	8,22	8,19	8,24	9,23	6,66	6,38	7,22	6,92
Отклонение, %	100	+9,1	+9,1	+8,8	+9,4	+22,6	-11,6	-15,3	-4,1	-8,1

определения ΣS по секционным формулам и точного определения в каждом отдельном случае величины и места, соответствующего средней ширине годичного слоя ($i_{\text{ср}}$). В исследуемом объекте $i_{\text{ср}}$ равно 1,16 мм и оказалось на 0,45 высоты ствола.

Метод выборки учетных деревьев из центральных ступеней толщины при определении нужной средней ширины годичного слоя обеспечивает статистическую однородность средних величин и значительное уменьшение коэффициента варьирования, что уменьшает число наблюдений и в 2—2,5 раза экономичнее метода случайной выборки из всей совокупности и рекомендуется для практики.

Применительно к исследуемому объекту метод определения $\Sigma \Delta_v$ по средней ширине годичного слоя на 0,5 Н ($i_{0,5}$) и ΣS по $d_{0,5}$ дал погрешность +22,6%, что не позволяет рекомендовать его производству.

Метод определения $\Sigma \Delta_v$ по средней ширине годичного слоя на 1,3 м ($i_{1,3}$) и фактической боковой поверхности дал отклонение — 11,6%; с применением ΣS по $d_{0,5}$ отклонение составило — 4,1%, так как фактическая погрешность уменьшилась за счет погрешности определения ΣS со знаком + 8,5%, что не позволяет рекомендовать данный метод производству.

В целях устранения погрешности в определении $\Sigma \Delta_v$ при замерах $i_{1,3}$ и $i_{0,5}$ необходимо использовать их соотношение с $i_{\text{ср}}$, а боковую поверхность определять фактическую.

Использование рис. 2—средних значений $i_{\text{ср}}$, $i_{1,3}$, $i_{0,1}$ и $i_{0,5}$ и их соотношений, а также значений боковой поверхности сре-

дних стволов в пределах каждой ступени для еловых насаждений I бонитета дает возможность определить по среднему дереву объемный прирост насаждения, а также деревьев каждой ступени толщины по способу боковой поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. «Лесное хозяйство», № 11, 1959.
2. Головачев А. С. Вопросы лесоведения и лесоводства, БТИ им. С. М. Кирова. Минск, 1965.
3. Дворецкий М. Л. Сборник трудов Поволжского лесотехн. ин-та, № 48, 1953.
4. Загреев В. В. Научная информация лесного хозяйства ВНИИЛМ, № 4. Пушкино, 1962.
5. Тюрин А. В. Научные записки Воронежского сельскохозяйственного института, т. IV (XIX). Воронеж, 1963.
6. Van der Vliet A. Nekolik dendrometrickych otazek. Praga, 1934.

А. А. Гозин

ТИПОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛЕСОВ МЕЖДУРЕЧЬЯ СОЖА И ДНЕПРА¹

Исследование лесной растительности на территории Смоленской области проводили Я. Я. Алексеев, Б. В. Гроздов и др. Я. Я. Алексеев [1, 2] описал типы еловых и сосновых лесов (ельник-черничник, ельник долгомошный, бор-брусничник, бор вересковый и др.). Однако леса этой области изучены еще не достаточно. Мало исследована, в частности, типологическая структура лесов юго-запада Смоленщины — в междуречье Сожа и Днепра, где лесорастительные условия имеют свои отличительные особенности.

В настоящей работе приводится краткая характеристика наиболее распространенных основных типов леса этого района по материалам 18 типологических пробных площадей, заложенных в лесах Монастырщинского и Перховского лесничеств. В основу геоботанических исследований нами положен биогеоценотический принцип В. М. Сукачева и классификационная схема типов леса И. Д. Юркевича.

Леса в междуречье Сожа и Днепра на территории Смоленской области составляют до 15%. Они представлены в основном ельниками (26,9%), осинниками и березняками (49,1% лесопокрытой площади) и сосняками (20,8%). В меньшей степени распространены здесь черноольховые леса (2,6%) и дубравы (0,6%). Ниже мы рассмотрим типологическую структуру каждой лесной формации в отдельности. Лесоводственно-таксационная характеристика выделенных типов леса и основные агрохимические показатели приводятся в табл. 1 и 2.

¹ Работа выполнена под руководством академика АН БССР И. Д. Юркевича.