

Процентное соотношение сердцевинных лучей и волокнистых трахеид на всех срезах почти одинаковое. При статистической обработке достоверных различий нет. Статистически достоверны различия в количестве древесной паренхимы и сердцевинных лучей.

Из приведенных данных видно, что однолетние сеянцы березы карельской, кроме морфологических различий по скорости роста и форме стволика, имеют качественные и количественные анатомические различия. Количество паренхимных элементов увеличивается, а сосудов — уменьшается при переходе от высокоствольной к кустовидной форме, от первой к третьей фракции. Следовательно, рекомендации А. Я. Любавской [1, 2] о необходимости отдельной посадки быстрорастущих и медленнорастущих форм в культурах березы карельской подтверждаются не только морфологическими, но и анатомическими признаками сеянцев и саженцев. Они свидетельствуют о возможности и целесообразности ранней диагностики и выращивания посадочного материала березы карельской из сортовых семян при высокой сохранности всходов.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Любавская А. Я. Селекция и разведение березы карельской.— М.: Лесн. пром-сть, 1966.— 124 с. [2]. Любавская А. Я. Карельская береза.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 156 с. [3]. Прозина М. А. Ботаническая микротехника.— М.: Высш. школа, 1960.— 205 с.

Поступила 23 марта 1987 г.

УДК 630*43.5

О ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВАХ КОНТРОЛЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В ЛЕСУ ПО УСЛОВИЯМ УВЛАЖНЕНИЯ

Э. В. КОНЕВ

ВНИИХлесхоз

К настоящему времени предложено большое число различных методов контроля пожарной опасности в лесу по условиям погоды. Одни основаны на определении влагосодержания растительных элементов [8], другие — на измерении тех или иных метеозлементов или их сочетаний [6]. Большинство из этих методов, однако, обосновано лишь статистическими данными, а не физически. Не ясно поэтому, отражают ли они и насколько точно реальные процессы высыхания лесных горючих материалов (далее ЛГМ), происходящие в лесу. В связи с этим необходимо проанализировать тепловлагообмен при высыхании ЛГМ и выявить определяющие факторы и взаимосвязи.

Исходные предпосылки. При анализе могут быть использованы следующие, вытекающие из многочисленных лесопирологических наблюдений, положения:

1) лесные пожары начинаются обычно с воспламенения напочвенного покрова, точнее, входящего в него слоя высохших ЛГМ (источники огня обычно воздействуют на поверхность этого слоя, если он плотный, и на нижнюю его часть, если он рыхлый);

2) слой высохших ЛГМ состоит из отдельных растений или их частей, причем среднее расстояние между ними l обычно удовлетворяет (исключая точки контакта) условию $l > \delta_D \approx b/N_{цД}$, где δ_D — толщина слоя влагообмена частиц ЛГМ с окружающей средой, b — харак-

терный размер частиц по условиям теплообмена с окружающей средой, $Nu_D = \alpha_D b / D_v$ — диффузионный критерий Нуссельта, α_D — коэффициент влагообмена частиц с окружающей средой, D_v — коэффициент диффузии паров воды в воздухе ($\approx 0,26 \cdot 10^{-4}$ м²/с);

3) лесные пожары возникают, когда влагосодержание ЛГМ W становится меньше некоторого предельного значения W_n , т. е. через определенное время после выпадения осадков и, как правило, в период антициклона;

4) для растительных материалов характерны следующие значения коэффициентов диффузии влаги D , температуропроводности χ и диффузионного критерия Био Bi :

$$D = a T^n \rho^{-m} f(W) \approx (1,5 \dots 6) \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с} \quad [4];$$

$$D \approx (0,3 \dots 1,3) \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с} \quad [1]; \quad (1)$$

$$\chi = \lambda / c \rho \approx 1,7 \cdot 10^{-1} / (1,5 \cdot 10^3 \cdot 6,5 \cdot 10^3) \approx (1 \dots 2) \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с} \quad [5]; \quad (2)$$

$$Bi = \alpha_D b / 2D = \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha_D b}{D_v} \right) \frac{D_v}{D} \approx \frac{1 \dots 2}{2} \frac{2,6 \cdot 10^{-5}}{(0,3 \dots 6) \cdot 10^{-10}} \approx \\ \approx (0,3 \dots 7) \cdot 10^5, \quad (3)$$

где T , ρ , λ , c — температура, плотность, коэффициент теплопроводности и теплоемкость ЛГМ;

a , n и m — некоторые эмпирические коэффициенты.

Уравнения теплообмена. Из оценок (1), (2) вытекает, что распределение температуры внутри частиц устанавливается в 10^3 — 10^4 раз быстрее, чем распределение влаги. В ходе высыхания частиц оно должно быть, следовательно, близким к равномерному. Существенно также, что частицы ЛГМ являются довольно тонкими ($\leq 1 \cdot 10^{-3}$ м). Соответственно роль термо- и бародиффузии при их высыхании невелика, а величина $\rho D(T)$ слабо зависит от координаты.

Одновременно из соотношения (3) следует, что интенсивность отвода влаги от частиц ЛГМ в окружающую среду примерно в 10^5 раз превышает интенсивность подвода влаги изнутри частиц и их поверхности. Это означает, что процесс высыхания частиц контролируется процессом внутренней диффузии влаги и что влагосодержание ЛГМ на поверхности частиц должно быть близко к равновесному W_p (граничное условие 1-го рода).

Соответственно процесс высыхания ЛГМ в лесу должен описываться следующими уравнениями теплообмена:

а) уравнение диффузии влаги внутри частиц ЛГМ

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial W}{\partial \tau} &= \frac{\partial}{\partial z} D \frac{\partial W}{\partial z} \quad \text{для листьев (пластин);} \\ \frac{\partial W}{\partial \tau} &= \frac{\partial}{\partial z} D \frac{\partial W}{\partial z} + \frac{D}{z} \frac{\partial W}{\partial z} \quad \text{для хвои, веточек} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

при краевых условиях $W(\tau = 0) = W_n$, $\frac{\partial W}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0$, $W(d/2) = W_p$;

б) уравнение теплового баланса частицы

$$L \rho_0 V \frac{d\bar{W}}{d\tau} + S \alpha_T (T_0 - T) + S_A q_A \varepsilon = 0. \quad (5)$$

Здесь начало координат совмещено с центром частицы, ось z расположена вдоль направления диффузии влаги, $W = \rho_w/\rho_0$ — влагосодержание ЛГМ, ρ_w — концентрация влаги в частицах, ρ_0 — их плотность в абс. сухом состоянии, L — теплота испарения влаги (абсолютная величина), V и S — объем и поверхность частиц, α_t — конвективный коэффициент теплообмена, T и T_0 — температура частиц и окружающей среды, d — минимальный размер частиц, $S_{\text{л}}$ — эффективная площадь их облучения, $q_{\text{л}}$ — поступающий к частице результирующий поток излучения, ε — степень черноты частицы $\frac{d\bar{W}}{d\tau} < 0$.

Решение уравнений. Из уравнения (5) следует, что температура частиц ЛГМ при их высыхании

$$T = T_0 + \left(S_{\text{л}} q_{\text{л}} \varepsilon + L \rho_0 V \frac{d\bar{W}}{d\tau} \right) / (\alpha_t S) \quad (6)$$

должна зависеть от скорости высыхания и параметров окружающей среды. Это означает, что величина D в ходе высыхания ЛГМ должна быть переменной, а уравнения (4) — нелинейными. Их решение может быть получено поэтому лишь приближенными методами или численно.

Обычно $\left| \frac{T - T_0}{T_0} \right| \ll 1$, т. е. величина $D(T)$ может быть разложена в ряд:

$$D(T) = D_0 \left(1 + \frac{T - T_0}{T_0} \right) \approx D_0 \left[1 + n \frac{T - T_0}{T_0} + \frac{1}{2} n(n-1) \left(\frac{T - T_0}{T_0} \right)^2 + \dots \right], \quad (7)$$

где $D_0 = D(T_0)$.

Соответственно для решения уравнений (4) может быть использован метод разложения нелинейного члена уравнения по малому параметру.

Принимая в первом приближении $D(T) = D_0$, нетрудно найти решение уравнений (4) по аналогии с решениями соответствующих уравнений теплопроводности (см., например, [3]). Для среднего по объему частиц влагосодержания \bar{W} оно имеет вид

$$\Theta = \frac{\bar{W} - W_p}{W_{\text{н}} - W_p} = \sum_{k=1}^{\infty} B_k e^{-\mu_k^2 Fo}, \quad (8)$$

где B_k и μ_k — корни соответствующих характеристических уравнений; $Fo = 4 D_0 \tau / d^2$.

Через определенное время сушки (практически при $\Theta < 0,6$ [5]) в разложении (8) существенным становится первый член ряда ($k = 1$), а процесс высыхания ЛГМ соответственно выходит на регулярный режим и описывается соотношением

$$\Theta = A e^{-BD_0 \tau / d^2}, \quad (9)$$

где $A = 8/\pi^2$ и $B = \pi^2$ для пластин (листьев), $A = 0,83$ и $B = 23,0$ для цилиндра (хвои, веточек) [3]. При этом из уравнения (9) после дифференцирования вытекает, что:

$$\frac{d\bar{W}}{d\tau} = - \frac{ABD_0}{d^2} e^{-BD_0 \tau / d^2} (W_{\text{н}} - W_p) = - \frac{BD_0}{d^2} (\bar{W} - W_p), \quad (10)$$

где $\frac{d\bar{W}}{d\tau}$ — скорость высыхания частиц ЛГМ, кг воды/кг сухого вещества.

На практике взаимосвязи (9), (10) могут иметь место, если в соотношении (1) T и \bar{W} взаимно компенсируют влияние друг друга в ходе высыхания.

Во втором приближении для величины D соотношение (10), справедливое для регулярного режима высыхания, принимает вид:

$$\frac{d\bar{W}}{d\tau} = -\frac{BD_0}{d^2} \left(1 + \frac{n}{T_0} \frac{S_{\text{л}} q_{\text{л}} \varepsilon + L \rho_0 V \frac{d\bar{W}}{d\tau}}{\alpha_{\text{T}} S} \right) (\bar{W} - W_p),$$

откуда

$$\frac{d\bar{W}}{d\tau} = -\frac{N(\bar{W} - W_p)}{1 + M(\bar{W} - W_p)}, \quad (11)$$

где

$$N = \frac{BD_0}{d^2} \left(1 + \frac{n S_{\text{л}} q_{\text{л}} \varepsilon}{T_0 \alpha_{\text{T}} S} \right);$$

$$M = \frac{BD_0 n L \rho_0 V}{d^2 T_0 \alpha_{\text{T}} S}.$$

В узком диапазоне изменения \bar{W} соотношение (11) может быть переписано также в виде

$$\frac{d\bar{W}}{d\tau} = K(\bar{W} - W_p)^p, \quad (12)$$

где $0 < p < 1$, а K , M , N — некоторые коэффициенты.

Из уравнений (11), (12) при начальном условии $\bar{W}(\tau = 0) = W_{\text{н}}$ вытекает, что:

$$\ln \frac{\bar{W} - W_p}{W_{\text{н}} - W_p} - M(W_{\text{н}} - \bar{W}) = -N\tau; \quad (13)$$

$$(\bar{W} - W_p)^{1-p} - (W_{\text{н}} - W_p)^{1-p} = (1-p)K\tau, \quad (14)$$

т. е. что при переменном коэффициенте диффузии зависимость $\ln \Theta$ от τ не является линейной.

Анализ решения. Большое число факторов, влияющих на процесс высыхания ЛГМ, условно можно подразделить на внутренние и внешние. К первым относятся физико-химические свойства ЛГМ, т. е. начальное влагосодержание $W_{\text{н}}$, температура T , характерные размеры частиц b и d , форма частиц (она влияет через величину коэффициента B), равновесное влагосодержание W_p , теплофизические свойства и т. д. Ко вторым относятся метео- и лесорастительные факторы, в частности начальная температура среды T_0 , ветер (он влияет через величину α_{T}), солнечная радиация, относительная влажность воздуха φ , дефицит влажности воздуха и др.

Для выяснения определяющих факторов и взаимосвязей представляет интерес оценить характерное время высыхания ЛГМ, т. е. время, за которое величина Θ уменьшается в e раз. Из соотношения (9) вытекает, что в первом приближении оно может быть рассчитано как:

$$\tau_c = d^2/D_0 B. \quad (15)$$

В табл. 1 представлены оценки τ_c для типичного диапазона варьирования параметров d и T при среднем для ЛГМ значении $BD_0 = 1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$ и $n = 10$. Они показывают, во-первых, что определяющим внутренним параметром является размер составляющих ЛГМ

Таблица 1

Характерное время высыхания частиц ЛГМ

$d, \text{ м}$	$\tau_c, \text{ с}$				
	280 К	290 К	300 К	310 К	320 К
$1 \cdot 10^{-4}$	$1,42 \cdot 10$	$1,0 \cdot 10$	7,12	5,13	3,74
$1 \cdot 10^{-3}$	$1,42 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^3$	$7,12 \cdot 10^2$	$5,13 \cdot 10^2$	$3,74 \cdot 10^2$
$1 \cdot 10^{-2}$	$1,42 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^5$	$7,12 \cdot 10^4$	$5,13 \cdot 10^4$	$3,74 \cdot 10^4$
$1 \cdot 10^{-1}$	$1,42 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^7$	$7,12 \cdot 10^6$	$5,13 \cdot 10^6$	$3,74 \cdot 10^6$

частиц, так как он влияет на τ_c значительно сильнее, чем температура в диапазоне их варьирования. Во-вторых, для типичных ЛГМ в лесу ($d \leq 1 \cdot 10^{-3}$ м) характерное время высыхания должно быть значительно меньше продолжительности светового дня, а влагосодержание в пожароопасное время суток близким к равновесному. Аналогичный результат получен ранее в работе [1].

Из теории сушки [4, 5] известно, что для равновесных условий влагообмена определяющим внешним фактором при высыхании материалов является относительная влажность контактирующего с ними воздуха φ_r (для ЛГМ в лесу ее надо брать на уровне горючего слоя), а определяющей взаимосвязью — зависимость $W_p(\varphi_r)$. При этом зависимость W_p от других факторов (в том числе W_n, d, T_0, q_n, b , дефицита влажности воздуха и т. д.) при заданной величине φ_r или отсутствует, или весьма слабая.

Из выражения (6), кстати, вытекает, что в сомкнутых древостоях (когда $q_n \approx 0$) температура ЛГМ T должна быть меньше температуры окружающего слоя воздуха T_0 . Высыхание ЛГМ в этом случае должно происходить в основном за счет конвекции (т. е. пропорционально α_T) и сопровождаться увеличением T вплоть до значения $T = T_0$ при равновесных условиях.

На открытых лесных участках, согласно соотношению (6), определенную роль может играть также солнечная радиация. В этом случае при равновесных условиях (т. е. при $\frac{dW}{dt} = 0$) температура ЛГМ должна быть выше T_0 , что приводит к некоторому уменьшению W_p . Существенно, что разогрев ЛГМ при этом обратно пропорционален величине α_T , т. е. должен возрастать в соответствии с теорией теплообмена [5] с увеличением характерного размера частиц ЛГМ b и уменьшаться с повышением скорости ветра.

Заключение. Для равновесных условий влагообмена контроль пожарной опасности (ПО) в лесу может быть значительно упрощен при одновременном повышении его точности и оперативности. Действительно, способность ЛГМ к горению при их равновесном увлажнении может быть проконтролирована двумя способами, а именно определением равновесного влагосодержания частиц ЛГМ в зоне их контакта с источниками огня W_p и относительной влажности воздуха на уровне этой зоны φ_r .

В первом случае для определения W_p может быть использован метод эталонных частиц. В качестве последних могут быть взяты частицы типичных ЛГМ (например хвоя сосны обыкновенной, листья березы или бука со среднестатистическими размерами). Указанные частицы собирают в лесу, вымачивают в дистиллированной или дождевой воде, высушивают при 105 ± 5 °С, взвешивают, маркируют и вновь размещают на лесных участках. Затем их влагосодержание определяют

с помощью торсионных весов и рассчитывают по формуле $W_p = (P - P_0)/P_0$, где P и P_0 — текущая и абс. сухая масса частиц соответственно.

Во втором случае для контроля ПО используют величину φ_r и зависимость $W_p(\varphi_r)$. При этом вместо величины φ_r может быть взята также относительная влажность воздуха на метеостанции φ_m , если предварительно установлена связь $\varphi_m(\varphi_r)$. В период антициклона по нашим оценкам с помощью психрометра эта связь ориентировочно имеет вид:

для высокополнотных лесных участков

$$\varphi_m \approx \varphi_r - 15 \%;$$

для низкополнотных (травяных, лишайниковых) и открытых лесных участков

$$\varphi_m \approx \varphi_r - 5 \%;$$

Для конкретных лесных участков ее нетрудно уточнить путем измерения φ_m и φ_r в пожароопасное время суток.

При построении шкал ПО интервал горения ЛГМ по влагосодержанию $W_{min} \leq W_p \leq W_n$ может быть разбит на поддиапазоны, например, на три равные части, а сама шкала соответственно на пять классов ПО (табл. 2). Величина W_n здесь представляет то влагосодержа-

Таблица 2

Шкалы ПО по условиям увлажнения

Группа ЛГМ	Время года	Класс ПО	φ_m , %	φ_r , %	W_p , %		
					ЛГМ	Хвоя	Листья
Зеленые мхи, $W_n \approx 10$ %	Любое	I	> 40	> 55	> 10	> 7,5	> 11,5
		II	> 33	> 48	> 9,0	> 6,5	> 10,0
		III	> 20	> 35	> 7,5	> 5,5	> 8,0
		IV	> 15	> 30	> 7,0	> 4,5	> 7,0
		V	< 15	< 30	< 7,0	< 4,5	< 7,0
Опад хвойных сосны, $W_n \approx 13$ %	Любое	I	> 60	> 75	> 13	> 13	> 15,5
		II	> 50	> 65	> 10,5	> 10,5	> 13
		III	> 35	> 50	> 8,0	> 8,0	> 10
		IV	> 15	> 30	> 5,0	> 5,0	> 7,0
		V	< 15	< 30	< 5,0	< 5,0	< 7,0
Лишайники, $W_n \approx 20$ %	Любое	I	> 65	> 70	> 20	> 10,5	> 14
		II	> 50	> 55	> 15,5	> 7,5	> 11,5
		III	> 30	> 35	> 10,5	> 5,5	> 8,0
		IV	> 15	> 20	> 7,0	> 4,0	> 5,0
		V	< 15	< 20	< 7,0	< 4,0	< 5,0
Отмершая трава, $W_n \approx 18$ %	Весна, лето	I	> 75	> 80	> 18	> 15	> 17
		II	> 65	> 70	> 14	> 10,5	> 14
		III	> 45	> 50	> 9,5	> 7,0	> 10,5
		IV	> 15	> 20	> 5,0	> 4,0	> 5,0
		V	< 15	< 20	< 5,0	< 4,0	< 5,0
Отмершая листва, $W_n \approx 10 \dots 11$ %	Весна, лето	I	> 35	> 50	> 10,5	> 8,0	> 10,5
		II	> 25	> 40	> 9,0	> 6,5	> 9,0
		III	> 20	> 35	> 7,5	> 5,5	> 7,5
		IV	> 15	> 30	> 6,5	> 5,0	> 6,5
		V	< 15	< 30	< 6,5	< 5,0	< 6,5

Примечание. φ_m — относительная влажность воздуха на метеостанции на высоте 2 м; φ_r — относительная влажность воздуха в лесу в зоне контакта ЛГМ с источниками огня; в графе W_p дано равновесное влагосодержание ЛГМ, хвойных сосны обыкновенной и листьев бука (березы) соответственно.

ние ЛГМ (или эталонных частиц), при котором начинается устойчивое распространение огня по нему, а W_{min} соответствует влагосодержанию ЛГМ (или эталонных частиц) при средней минимальной по многолетним данным относительной влажности воздуха на метеостанции (в таблице оно принято равным 15 %). Границы между классами ПО по φ_r , φ_m или W_p нетрудно определить с помощью кривой $W_p(\varphi_r)$ для каждого вида ЛГМ, используя литературные данные ([2, 7] и др.).

В табл. 2 приведены взаимосогласованные шкалы ПО в лесу для ряда типичных ЛГМ. Существенно, что для конкретного ЛГМ они автоматически учитывают через изменение φ_r , φ_m или W_p влияние на влагообмен в лесу метеорологических (осадки, туманы, росы, облачность, ветер и т. д.), лесорастительных (тип леса, сомкнутость древостоя и т. д.) факторов, а также местоположения участков. Они характеризуют также способность к горению наиболее сухой части слоя ЛГМ, причем в зоне их непосредственного контакта с источниками огня. Более влажная по сравнению с равновесной часть слоя и отдельных частиц ЛГМ в местах их контакта с подстилкой или живыми растениями менее пожароопасна и потому при составлении шкал может не учитываться.

За счет перечисленных преимуществ шкалы, построенные на основе связи $W_p(\varphi_r)$, обеспечивают большую точность и оперативность по сравнению с существующими. При их применении значительно сократится время и упростится процедура определения класса ПО (достаточно определить φ_r , φ_m или W_p) и, как следствие, станет более точной регламентация мероприятий по борьбе с лесными пожарами.

Анализ высыхания ЛГМ с помощью уравнений теплообмена позволил, таким образом, выявить определяющие физический процесс (внутренняя диффузия влаги), внутренний (d) и внешний (φ_r) факторы, а также взаимосвязь $W_p(\varphi_r)$ и на этой основе предложить физически обоснованные способы контроля ПО в лесу, более точно и оперативно учитывающие влияние условий на увлажнение ЛГМ в лесу.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Доррер Г. А. Модель суточной динамики влагосодержания проводников горения // Лесные пожары и их последствия.— Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1985.— С. 110—124. [2]. Жуковская В. П. Увлажнение и высыхание гигроскопических лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии.— Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1970.— С. 105—141. [3]. Лыков А. В. Теория теплопроводности.— М.: Высш. школа, 1967.— 600 с. [4]. Лыков А. В. Теория сушки.— М.: Энергия, 1968.— 472 с. [5]. Перри Дж. Справочник инженера-химика. Т. 1.— Л.: Химия, 1969.— 640 с. [6]. Софронов М. А. Лесопожарные показатели засухи // Лесные пожары и их последствия.— Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1985.— С. 55—63. [7]. Шешуков М. А., Стародумов А. М. Влияние некоторых факторов среды на скорость высыхания и увлажнения лесных горючих материалов // Горение и пожары в лесу.— Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1973.— С. 44—45. [8]. Fischer W. C., Hardy C. E. Fire-Weather Observers' Handbook, Agriculture Handb. 494.— Washington, DC: USDA, 1976.— 152 p.

Поступила 4 июля 1988 г.

УДК 630*5

ТОВАРНАЯ СТРУКТУРА ПЕРЕСТОЙНЫХ ОСИННИКОВ СЕВЕРО-ЗАПАДА

А. Г. МОШКАЛЕВ, Р. И. ПОЮРОВСКАЯ

Ленинградская лесотехническая академия

При таксации лесосек по материалам лесоустройства и в процессе лесоустройства используют нормативы распределения древостоев по классам товарности. Таблица классов товарности приведена в действующей лесоустроительной инструкции [5]. В этих нормативах дан выход деловой древесины в процентах по классам товарности [1, 3, 4] для хвойных и лиственных древостоев по запасу и количеству деловых стволов отдельно. Согласно нашим исследованиям, при соблюдении ГОСТ 9462—88 [3] и ГОСТ 9463—88 [4] на круглые лесоматериалы выход деловой древесины в условиях Северо-Запада европейской части СССР (кроме ели и березы для Крайнего Севера) составляет от запаса товарной древесины в эксплуатационном фонде: по сосне и ели — 91 %, по березе — 65 %, по осине — 45 %. Фактические выходы сейчас существенно ниже, хотя на лесосеках остается значительное количество тонкомера и низкотоварных хлыстов. Имеются древостои перестойной осины с выходом деловой древесины ниже 30 %, хотя для 3-го класса товарности в нормативах указан выход в пределах 31...50 %, в среднем 40 %.

В связи с этим мы изучали товарную структуру древостоев 4-го класса товарности. Такая товарность отмечается у перестойных осинников (80...120 лет). До настоящего времени не было товарных таблиц для древостоев 4-го класса товарности.

Для изучения товарной структуры перестойных осинников использованы материалы 15 пробных площадей, заложенных в лесах Ленинградской области с рубкой и обмером 450 учетных деревьев.

Работу выполняли по имеющейся методике для составления сортиментных и товарных таблиц [8]. На каждой пробной площади учетные деревья распиливали на отрезки длиной 2 м, измеряли диаметры в коре и без коры на пне и посередине этих отрезков.

По ГОСТ 2140—81 [2] описывали пороки древесины для каждого метра ствола до 11 м и каждого 2-метрового отрезка в верхней части ствола. Разделку производили в соответствии с ГОСТ 9462—88 на лесоматериалы круглых лиственных пород, а также в соответствии с ГОСТ 3243—46 на дрова для отопления и ОСТ 13-200—85 на дрова для гидролизного производства и изготовления древесных плит [1, 7]. Длину деловых отрезков принимали равной 4 м.

Для определения объемов отрезков, сортиментов, стволов использовали имеющиеся таблицы [8, 9].

По данным перечета на пробных площадях были составлены ряды распределения стволов в перестойных осинниках для общего количества стволов и отдельно для деловых и дровяных. Полученные ряды выравнивали. Выравненные ряды деловых стволов приведены в табл. 1. Из этой таблицы следует, что в зависимости от среднего диаметра процент деловых стволов снижается от 25 в ступени 22 см до 11 в ступени 44 см. Снижение оказалось гораздо значительнее, чем в древостоях 3-го класса товарности [6].

По полученным рядам и материалам о выходе деловой древесины, дров и отходов по ступеням толщины составляли сортиментные, а затем товарные таблицы. Расчеты производили по методике [8]. Согласно