

ДИНАМИКА ОЧИЩАЕМОСТИ ДРЕВЕСНЫХ СТВОЛОВ СОСНЫ ОТ СУЧЬЕВ

Сучковатость древесных стволов оказывает исключительно большое влияние на характер промышленного использования древесины и особенно спецсортиментов. Наиболее жесткие требования к сучковатости находим в технических условиях ГОСТ на заготовку сортиментов специального назначения: авиа, понтонника, бревен резонансовых и пр. Сучковатость в сортиментах со смягченными техническими требованиями оказывает большое влияние на сортность лесопродукции (бревна пиловочные и строительные, судострой и пр.).

В авиакрыжах, не допускающих в авиационной зоне сучьев вообще, высота прикрепления первого заросшего сучка при наличии других положительных качественных признаков предопределяет длину авиакрыжа и, следовательно, является одним из руководящих признаков при отборе и клеймении авиастволов на корне.

Высота прикрепления первого живого сучка характеризует длину бессучной зоны древесного ствола и протяжение кроны, следовательно, помимо производственного значения, представляет интерес с лесоводственной точки зрения. Количество, размеры и характер сучьев зависят от породы, возраста, условий местопроизрастания, а также от месторасположения их по протяжению ствола.

Задачей настоящей работы является установление средних величин и степени варьирования высоты прикрепления по стволу первых сучьев—мертвого и живого, в зависимости от таксационных признаков древостоев, и проследить влияние этих величин на выход

спецсортиментов. Материалом для этого послужили пробные площади с обмером модельных деревьев, заложенные нами в Беловежской пуще; дополнительно в целях сопоставления использованы также материалы по Среднему Уралу.

В процессе первичной обработки исходный материал группировался по классам возраста и классам бонитета с вычислением средних значений высоты прикрепления первых сучков—мертвого и живого. Дальнейшая обработка материала проводилась с использованием методов математической статистики. Численность исходного материала по Беловежской пуще приведена в таблице 1.

Таблица 1

Классы возраста	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Всего
Число моделей							
I бонитета . . .	18	19	20	8	83	24	172
II бонитета . . .	—	18	64	93	22	—	197
				Итого			369

Высоту прикрепления первого мертвого сучка в дальнейшем будем обозначать через h_m . Вычисленные средние значения h_m по классам возраста, отдельно по каждому бонитету, указывали на сопряженность их с возрастом древостоев и близкое по величине совпадение в рамках I и II бонитетов; в силу этого в дальнейшем более целесообразным было объединение материала по бонитетам с сохранением лишь группировки по возрастным признакам.

Степень сопряженности величины h_m с возрастом древостоев (A) через коэффициент корреляции (r) и корреляционное отношение (η) выразилась следующими показателями:

$$r = 0,342 \pm 0,048,$$

$$\eta = 0,396 \pm 0,046.$$

Знак при r указывает на прямую зависимость между h_m и возрастом (A).

Бликие по величине абсолютные значения γ и η свидетельствуют о наличии связи, приближающейся по своему характеру к линейной.

Дополнительно вычисленные мера линейности (ζ), выразившаяся величиной $\zeta=0,040$, и показатель криволинейности $\varepsilon=0,213$ охарактеризовали степень криволинейной зависимости между h_m и A .

Сопоставляя три статистических показателя η , ζ , ε по их абсолютным величинам, можно отметить хотя и незначительную криволинейность в изменении h_m по возрастам, которая может быть приведена к линейной зависимости, приняв в качестве ординаты (y) произведение h_m на класс возраста A , т. е. $y=Ah_m$; в этом случае линейная зависимость между h_m и A выразится линейным уравнением

$$Ah_m = aA + b.$$

Параметры этого уравнения следующие:

$$Ah_m = y = 18,74 A_{\text{кл}} - 53,59. \quad (1)$$

Разделив обе части уравнения (1) почленно на A , выраженное номером класса возраста, получим сглаженные значения h_m по уравнению гиперболы

$$h_m = 18,74 - \frac{53,59}{A}. \quad (2)$$

Степень сглаживания фактических значений h_m при помощи уравнения (2) можно видеть из данных таблицы 2.

Таблица 2

Показатели	Классы возраста				
	V	VI	VII	VIII	IX
Фактические h_m	8,51	9,52	11,08	12,00	12,60
По уравнению (2)	8,02	9,81	11,08	12,04	12,77

Из таблицы 2 можно видеть, что соотношения между h_m и возрастом древостоев хорошо передаются уравнением гиперболы.

Статистические показатели степени варьирования высоты прикрепления первого мертвого сучка в зависимости от возраста древостоев приводим в таблице 3.

Таблица 3

Класс возраста	Число на- блюдений	Статистические пока- затели				Потребно наблю- дений при точ- ности			
		$M \pm m$	σ	w	p	0,5 %	1 %	5 %	10 %
V 90	37	8,51 ± 0,47	2,84	33,3	5,41	32	8	44	11
VI 110	63	9,52 ± 3,33	2,59	27,2	3,43	27	7	30	7
VII 130	100	11,08 ± 0,32	3,20	29,9	2,99	41	10	36	9
VIII 150	108	11,07 ± 0,35	3,62	30,2	2,93	52	13	43	11
IX 170	23	12,60 ± 0,73	3,52	28,0	5,84	50	12	31	8
	Среднее		3,17	30,2	4,23	40	10	36	9

Из таблицы 3 видно, что степень варьирования величины h_m по возрастам характеризуется в основном одинаковым уровнем; средний коэффициент варьирования можно принять в 30 проц., среднее квадратическое отклонение (σ) в 3,2. Точность же исследования в 5 проц., по нашему мнению, будет достаточна и для научных исследований; в этом случае достаточно ограничиться измерением в среднем 35—40 моделей, взятых по способу случайной выборки. Потребное число наблюдений (n) при заданной точности в абсолютных единицах (метрах) m вычислялось по формуле $n = \frac{\sigma^2}{m^2}$.

При заданной точности в процентах (p) число наблюдений вычислялось по формуле $n = \frac{w^2}{p^2}$.

ВЫСОТА ПРИКРЕПЛЕНИЯ ПЕРВОГО ЖИВОГО СУЧКА ($h_{ж}$) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА ДРЕВОСТОЕВ

Материал по высоте прикрепления первого живого сучка ($h_{ж}$) обрабатывался аналогичным описанному способом. При этом обнаружена также прямая корреляционная зависимость между величиной $h_{ж}$ и возрастом древостоя, которая характеризуется следующими показателями:

коэффициент корреляции	$r = 0,356 \pm 0,062$,
корреляционное отношение	$\eta = 0,410 \pm 0,059$,
мера линейности	$\zeta = 0,041$,
показатель криволинейности	$\epsilon = 0,045$.

Сопоставляя эти величины с аналогичными показателями в отношении высоты прикрепления первого мертвого сучка ($h_{м}$), можно констатировать их совпадение, граничащее с тождественностью.

Эти сопоставления дают основание проводить дальнейшую обработку связи $h_{ж}$ и A тем же методом, что и в отношении $h_{м}$ и A , с тем различием, что было установлено незначительное влияние на $h_{ж}$ классов бонитета; вследствие этого нами первоначально были вычислены средние значения $h_{ж}$ и их статистические показатели отдельно по бонитетам.

Вычисления показали, что хотя абсолютные значения $h_{ж}$ для I бонитета по классам возраста несколько выше аналогичных величин по II бонитету, но вычисленные коэффициенты различия (t) по формуле

$$t = \frac{M - M_1}{\sqrt{m^2_1 + m^2_2}} \quad (3)$$

показали, что эти различия несущественны, так как значения t для V, VII и VIII классов возраста выразились соответственно величинами 0,465—0,246—1,820, т. е. значительно менее трех, следовательно, статистически однородны и поэтому имеется полное основание для объединения материала по обоим бонитетам, что и было сделано.

Соотношение между средними значениями $h_{ж}$ и возрастом древостоя выразилось уравнением гиперболы

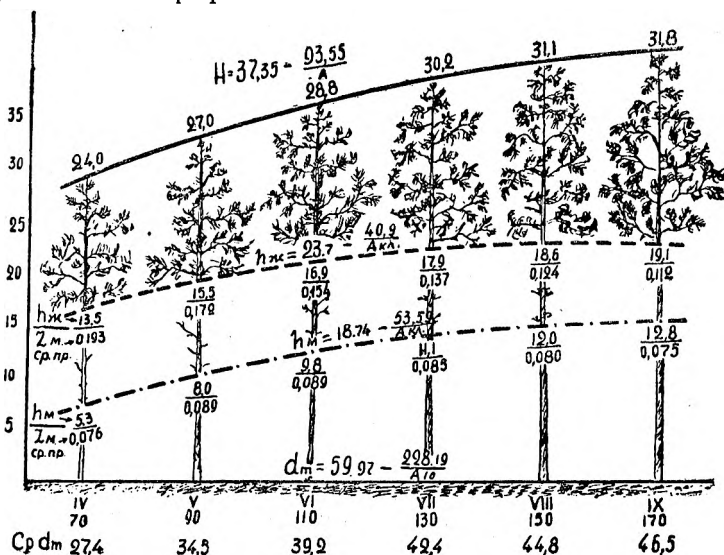
$$h_{ж} = 23,7 - \frac{40,9}{A} \quad (4)$$

Степень сглаживания измеренных средних значений $h_{ж}$ по материалу с данными, вычисленными по уравнению (4), приводим в таблице 4.

Таблица 4

Данные	Классы возраста					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
По измерениям $h_{ж}$	13,2	15,4	15,4	18,0	18,9	19,0
По уравнению (4)	13,5	15,5	16,9	17,9	18,6	19,1

Данные таблицы 4 свидетельствуют, что уравнение гиперболы (4) хорошо передает наблюдаемые в натуре соотношения между $h_{ж}$ и возрастом древостоев А. Соотношения между $h_{м}$ и $h_{ж}$ наглядно показаны на прилагаемом графике.



Очищаемость стволов сосны II бонитета Беловежской пущи от сучьев.

Степень варьирования высоты прикрепления первого живого сучка ($h_{ж}$) в зависимости от возраста приводим в таблице 5.

Таблица 5

Классы возраста	Число наблю- дений	Статистические пока- затели				Потребно наблю- дений при точности			
		$M \pm m$	σ	w	p	0,5 м	1 м	5 %	10 %
$\frac{IV}{70}$	18	13,2 \pm 0,55	2,29	17,3	4,08	21	5	12	3
$\frac{V}{90}$	37	15,44 \pm 0,55	3,33	21,6	3,54	44	11	19	5
$\frac{VI}{110}$	84	15,42 \pm 0,36	3,30	21,4	2,33	44	11	18	5
$\frac{VII}{130}$	101	18,02 \pm 0,38	3,81	21,1	2,10	58	14	18	4
$\frac{VIII}{150}$	105	18,90 \pm 0,39	3,96	20,9	2,07	63	16	17	4
$\frac{IX}{170}$	24	18,96 \pm 0,81	3,96	20,6	4,20	63	16	17	4
В среднем			3,44	20,5	3,05	47	12	17	4

Из таблицы 5 видно, что коэффициент варьирования (w) почти одинаков во всех возрастах древостоев и в среднем составил 20,5 проц. и по сравнению с аналогичным показателем в отношении высоты прикрепления мертвых сучьев, составившим 30,2 проц., значительно ниже; в силу этого число потребных наблюдений при точности в 5 и 10 проц. значительно снижено и составляет соответственно 17 и 4 против аналогичных показателей в отношении h_m , равным 36 и 9.

Располагая абсолютными средними значениями высот прикрепления первых сучьев—мертвого (h_m) и живого ($h_{ж}$), проанализируем соотношения между ними в зависимости от возрастов древостоев, а также динамику очищаемости стволов от сучьев через величины средних приростов по h_m и $h_{ж}$. Результаты такого анализа приводим в таблице 6.

Из данных таблицы 6 можно отметить следующее. Принимая величины h_m и $h_{ж}$ в 90 лет за исходные и

выразив исследуемые высоты последующих возрастов в процентах от исходной величины, можно проследить темпы нарастания h_m и $h_{ж}$: на протяжении от 90 до 170 лет h_m увеличилось на 59,2 проц., в то же время $h_{ж}$ — лишь на 23,5 проц.; в абсолютных мерах h_m увеличилось на 4,75 м, а $h_{ж}$ на 3,60 м. Об этом же свидетельствует и соотношение между $h_{ж}:h_m$ по возрастам; для 90 лет оно равно 1,93, а для 170 лет уменьшилось до 1,49.

Таблица 6

Показатели	Классы возраста и возрасты					
	IV 70	V 90	VI 110	VII 130	VIII 150	IX 170
Высота при- крепления h_m в м	5,3	8,02	9,81	11,08	12,04	12,77
		100%	122,5 %	138,3 %	150,0 %	159,2 %
Средний прирост $Z_m = \frac{h_m}{A}$	0,076	0,089	0,089	0,085	0,080	0,075
Высота при- крепления $h_{ж}$ в м	13,5	15,5	16,9	17,9	18,6	19,1
		100%	109,2 %	115,2 %	120,0 %	123,5 %
Средний прирост $Z_{ж} = \frac{h_{ж}}{A}$	0,193	0,172	0,154	0,137	0,124	0,112
Соотношение $h_{ж}:h_m$	2,5	1,93	1,72	1,62	1,54	1,49

Анализируя данное явление с лесоводственной точки зрения, устанавливаем, что различные темпы прироста по h_m и $h_{ж}$ в сущности характеризуют ход процесса очищаемости стволов от сучьев; во времени этот процесс постепенно замедляется с увеличением возраста, о чем свидетельствуют величины среднего прироста Z_m и $Z_{ж}$. Мертвые сучья, образовавшиеся в комлевой части ствола, очищаются быстрее, чем живые,

так как более подвержены различным механическим воздействиям и быстрее покрываются новыми годичными слоями древесины в процессе зарастания.

Замедленные темпы нарастания $h_{ж}$ нельзя не связывать также с весьма незначительным приростом в высоту насаждений рассматриваемых возрастов. По нашим исследованиям в насаждениях I бонитета за период времени с 90 до 170 лет прирост в высоту составил 4,8 м, или в среднем за год 0,06 м, а для II бонитета—соответственно 4,1 м и 0,05 м.

ОЧИЩАЕМОСТЬ ОТ СУЧЬЕВ СОСНЯКОВ СРЕДНЕГО УРАЛА

Исследования высоты прикрепления h_m и $h_{ж}$ были продолжены нами в сосняках Среднего Урала (Билимбаевский и Косулинский леспромхозы) с охватом деревьев, давших выход авиакрыжей.

Объектами исследований были пять пробных площадей типа леса чернично-липовый сосняк, VII класса возраста, бонитета II, II—III, полноты 0,7—0,9, среднего диаметра 32—38 см; одна проба в типе леса чернично-кислично-липовый сосняк, X класса возраста, бонитета II—III, полноты 0,8, среднего диаметра 50 см и одна проба в типе леса ракитниково-чернично-брусничный сосняк, VI класса возраста, бонитета III, полноты 0,8, среднего диаметра 40 см. Результаты исследований приведены в таблице 7.

Таблица 7

Число проб	Типы леса	Средняя высота прикрепления первого сучка в м			Средняя длина авиакрыжа в м
		заросшего	мертвого	живого	
5	Чернично-липовый сосняк	3,2	6,3	13,1	3,3
	Соотношение	0,51	1	2,08	
1	Чернично-кислично-липовый сосняк	3,2	7,5	14,0	3,2
	Соотношение	0,43	1	1,87	
1	Ракитниково-чернично-брусничный сосняк	2,4	6,4	11,4	2,4
	Соотношение	0,37	1	1,78	

Приведенные средние значения h_m и $h_{ж}$ значительно ниже аналогичных данных по Беловежской пушце, из чего можно заключить, что процесс очищаемости стволов сосны Беловежской пушцы происходит более энергично.

Если h_m выразить в процентах от средней высоты древостоя, то получим для уральской сосны 25,1 проц., а для сосны Беловежской пушцы 40,8 проц.

В таблице 7 заслуживают внимания еще два признака: высота прикрепления первого заросшего сучка и средняя длина авиакрыжа.

Для типа леса чернично-липовый сосняк величина первого признака (h_3) в среднем составила 3,2 м или половину высоты h_m ; длина авиакрыжа 3,3 м практически равняется этой величине. Если допустим те же соотношения $h_3:h_m=0,5$ и в отношении сосны Беловежской пушцы, то можно ожидать значительного увеличения средней длины авиакрыжа, могущего быть заготовленным в Беловежской пушце.

ПРОТЯЖЕННОСТЬ ЖИВОЙ КРОНЫ СОСНЫ

Располагая абсолютными величинами $h_{ж}$, указывающими начало живой кроны, с одной стороны, и среднюю высоту ствола по возрастам—с другой, нетрудно установить протяжение живой кроны как в абсолютных мерах, так и в процентах от общей высоты ствола.

В наших таблицах хода роста сосновых насаждений Беловежской пушцы I и II бонитетов для возрастов от 90 до 240 лет имеются средние высоты (Н) насаждений по возрастам. Разность $H-h_{ж}$ дает протяжение кроны в метрах; ее нетрудно выразить и в процентах. Результаты вычислений приведены в таблице 8.

Из таблицы 8 видно, что протяженность кроны возрастает с повышением возраста насаждений. Относительная же величина кроны уменьшается, хотя и незначительно. Абсолютная и относительная протяженности кроны в насаждениях I бонитета несколько выше, чем II бонитета. Аналогичные результаты получены и по материалам обработки 328 модельных деревьев.

По материалам модельных деревьев исследована степень варьирования протяженности кроны в процентах от высоты ствола для трех классов возраста, представленных наибольшим числом моделей. Результаты исследований приведены в таблице 9.

Таблица 8

Показатели	Возрасты Бонитеты	V	VI	VII	VIII	IX
		90	110	130	150	170
Средняя высота насаждений в м	I	27,0	28,8	30,2	31,1	31,8
	II	24,5	26,1	27,2	28,0	28,6
Протяжение кроны в м	I	10,9	11,4	11,8	12,0	12,2
		40,3	39,6	39,1	38,6	38,4
Протяжение кроны в м	II	9,6	9,7	9,8	9,9	9,9
		39,2	37,2	36,0	35,4	34,6

Таблица 9

Класс возраста	Класс бонитета	Число мочел	Статистические показатели протяженности кроны в проц.				Потребно наблюдений при точности		
			$M \pm m$	σ	w	p	3%	5%	10%

Беловежская пуца

$\frac{VIII}{150}$	I	84	$37,2 \pm 1,19$	10,9	29,3	3,20	95	34	9
$\frac{VII}{130}$	II	92	$36,2 \pm 1,07$	10,3	28,3	2,95	89	32	8

Средний Урал, Косулинский лесхоз

$\frac{VI}{110}$	II-III	100	$51,0 \pm 0,94$	9,3	18,1	1,81	36	13	3
------------------	--------	-----	-----------------	-----	------	------	----	----	---

Таким образом, наблюдается высокая однородность статистических показателей по Беловежской пуце для исследованных объектов разных бонитетов и возрастов. Материалы Среднего Урала указывают на меньшее варьирование протяженности кроны в процентах.

В специальной литературе¹ находим указания о степени варьирования процента протяженности кроны ($P_{кр}$),

¹ А. Кондратьев. К вопросу о методике исследования сырьевых баз для лесной и бумажной промышленности.

а именно: для пяти сосновых проб, заложенных одна в БССР и четыре в Московской области. При этом получены следующие показатели:

Таблица 10

Показатели	Пробы	
	БССР	Московской области
Протяженность крои в проц.	38,8	35,42
Среднее квадратическое отклонение σ	9,8	8,5—15,7
Коэффициент варьирования w	25,2	27

Приведенные цифры свидетельствуют о значительном совпадении данных обоих объектов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЫСОТЫ ПРИКРЕПЛЕНИЯ СУЧКОВ (h_m и $h_{ж}$)

По техническим условиям ГОСТ в авиакрыжах мертвые незаросшие сучья вообще не допускаются, а заросшие допускаются лишь на глубине за пределами авиазоны по радиусу. Вследствие этого высота прикрепления первого мертвого сучка, как уже отмечалось, предопределяет предельную длину авиакрыжа, так как глубина залегания заросшего сучка трудно определима.

При минимальном верхнем диаметре авиакрыжа от 25 см нетрудно установить, что такие крыжи могут быть заготовлены с деревьев, имеющих на высоте 1,3 м диаметр 28 см и выше. Располагая данными по Беловежской пушце о строении древостоев по ступеням толщины—по числу стволов и по массе, а также о высоте прикрепления h_m по возрастам и бонитетам, нетрудно вычислить объем части древостоя, представляющей потенциальный лесосырьевой резерв авиадревесины и характеризующийся диаметрами деревьев от 28 см на высоте груди и выше и средней высотой прикрепления первого мертвого сучка в данном возрасте¹.

¹ Реальный выход авиадревесины будет зависеть не только от объема, но и от качества этих отрезков.

Результаты наших расчетов по этому вопросу приводятся в таблице 11.

Таблица 11

Возраст древостоя в годах	Запас древостоев $\left\{ \begin{array}{l} \text{I бон.} \\ \text{II бон.} \end{array} \right.$		Объем комлевых отрезков длиной h_m $\left\{ \begin{array}{l} \text{I бон.} \\ \text{II бон.} \end{array} \right.$	
	общий запас в $m^3/га$	части древостоя диаметром от 28 см и выше в проц. от всего запаса	m^3	в проц. от общего запаса древостоя
90	382	88,0	149	39,0
	305	84,0	121	39,8
110	433	97,5	217	50,2
	343	90,0	172	50,3
130	466	98,0	242	52,0
	364	97,5	218	60,0
150	478	99,0	270	56,3
	372	98,0	234	63,0
170	472	99,5	285	60,3
	"	"	"	"

По данным таблицы 11 можно отметить, что участие комлевых отрезков длиной h_m от общего запаса древостоев изменяется в пределах от 39 до 63 проц., причем наблюдается повышение этого процента с увеличением возраста древостоя.

Эти цифры с коррективами на качество древесины, проведенными на основе анализа всего комплекса внешних признаков древесного ствола, характеризуют потенциальные лесосырьевые ресурсы авиадревесины в составе исследованных древостоев.

Профессор С. И. Ванин в своем отчете по научной экспедиции УЛТИ в разделе „Влияние фаутов на выход и качество сортиментов“ отмечает, что из внешних признаков, указывающих на внутреннюю сучковатость, наиболее надежным является высота прикрепления первого мертвого сучка. Произведенная им обработка результатов разделки на сортименты 645 стволов сосны показала, что между выходом спецсортимента

ментов (авиакрыж, понтонник) и высотой прикрепления первого мертвого сучка имеется зависимость, характер которой иллюстрируется цифрами таблицы 12.

Таблица 12

Высота прикрепления первого мертвого сучка в м	Общее число исследованных стволов	Число стволов, давших выход спецсортиментов, в проц. от общего числа
0—2	17	0
2—4	109	26
4—6	178	40
6—8	177	37
8—10	100	31
10—12	44	35
12—14	20	23
Итого . . .	645	

Из данных таблицы 12 видно, что с увеличением h_m до 6 м процент выхода спецсортиментов увеличивается, а затем падает.

Таким образом, по заключению проф. С. И. Ванина, высота прикрепления первого мертвого сучка может служить внешним признаком для выбора авиадревесины.

Проведенное нами выделение специфической части древесины, доля которой в общем запасе составляет округленно 40—60 проц., концентрирует внимание лесозаготовителя и таксатора на определенной группе деревьев, являющейся объектом специального обследования, что будет содействовать рационализации учета спецдревесины и повышению качества проводимой работы.

Если условно перенести выводы проф. С. И. Ванина на наш объект, то при средней высоте $h_m=8-10$ м нужно ожидать, что примерно 31 проц. стволов с диаметром свыше 28 см может дать выход спецсортиментов.

ВЫВОДЫ

1. Средние величины h_m и $h_{ж}$ находятся в прямой зависимости от возраста древостоев, причем эта зависимость может быть выражена уравнением гиперболы.

2. Вычисленные коэффициенты варьирования w в отношении h_m и $h_{ж}$, а также проценты протяженности кроны носят стабильный характер и могут быть рекомендованы для установления числа наблюдений при заданных погрешностях в процессе соответствующих исследований.

3. Динамика прироста h_m и $h_{ж}$ с возрастом характеризует энергию очищаемости стволов от сучьев, причем относительный прирост h_m выше $h_{ж}$ (за период времени 90—170 лет соответствующие величины составили 59,2 и 21,8 проц.).

4. Абсолютная высота прикрепления первого мертвого сучка стволов сосны является важнейшим внешним признаком для качественной оценки стволов с целью получения выходов спецсортиментов и длины последних и установления потенциальных лесосырьевых запасов спецдревесины.