

УДК 630\*181:630\*41

О.В. Толкач, С.Л. Соколов  
(Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург)**РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ КАК КРИТЕРИЙ УСТОЙЧИВОСТИ БЕРЕЗОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ К ЛЕТНЕ-ОСЕННЕМУ КОМПЛЕКСУ ЛИСТОГРЫЗУЩИХ НАСЕКОМЫХ**

*Рассмотрена связь толерантности и резистентности березовых древостоев к дефолиации летне-осенним комплексом листогрызущих насекомых в зависимости от динамики годичного радиального прироста деревьев.*

Оценка потенциальной устойчивости насаждений к насекомым-вредителям является в настоящее время одной из основных задач, стоящих перед службами защиты леса. В частности, большое практическое значение имеет проблема оценки и прогнозирования устойчивости березовых насаждений к насекомым – филлофагам летне-осенней фенологической группы в районах с периодически повторяющимися вспышками этих насекомых. В 1999-2000 гг. в Свердловской, Челябинской и Курганской областях была реализована широкомасштабная вспышка летне-осеннего комплекса листогрызущих насекомых (ЛЮК). По данным станций защиты леса ГУПР по Свердловской, Челябинской и Курганской областям, сплошная (100%) и высокая (более 75%) дефолиация деревьев отмечались в 1999 г. на площади 106264 га, в 2000 г. на – 170480 га. По литературным данным известно, что после дефолиации деревьев ЛЮК в обычные сроки, а это последняя декада августа - начало сентября, усыхания древостоев не наблюдается (Гниненко, 2003). В тех случаях, когда деревья дефолированы в более ранние сроки вегетации (1-2-я декада августа), отмечается их частичное и диффузное усыхание (Ильинский, 1965). В период вспышки в 2000 г. участки сплошной дефолиации появились в конце июля. Такая ранняя дефолиация ЛЮК в литературе не отмечалась. К середине августа 2000 г. большая часть березовых древостоев, охваченных вспышкой, уже была дефолирована. Наряду с этим среди березняков, подвергшихся дефолиации, имелись участки березовых насаждений с высокой степенью резистентности древостоев к энтомофактору, которая определяется низким уровнем или полным отсутствием дефолиации.

Как правило, на следующий год в древостоях, подвергшихся дефолиации, наблюдались ее последствия, выражающиеся в диффузном усыхании, суховершинности и частичном усыхании крон деревьев, а на небольших площадях - в сплошном усыхании древостоев. Причины различной реакции древостоев на дефолиацию ЛЮК в настоящее время до конца не установлены. В последние годы был проведен ряд исследований (Суховольский, Артемьева, 1992; Федоренко, 2001), указывающих на связь радиаль-

ного прироста с толерантностью древостоев после дефолиации вследствие вспышки численности насекомых-филлофагов ЛОК. Под толерантностью древостоев понимается отсутствие реакции деревьев на дефолиацию, выражающуюся в сколько-нибудь значительной степени усыхания кроны. Динамика годичного радиального прироста является интегральным показателем влияния на древостой метеоусловий и гидрологического режима условий произрастания (Крамер, Козловский, 1963). Кроме того, этот показатель обусловлен генетически, так как в однородных и оптимальных условиях произрастания отмечается его большая вариабельность.

Цель наших исследований - установить связь степени толерантности и резистентности березовых древостоев к дефолиации ЛОК с динамикой годичного радиального прироста. Для ее выполнения непосредственно после вспышки в 2001-2002 гг. было заложено 6 постоянных пробных площадей (ППП). Район исследования представлен сосново-березовым предлесостепным округом (ППП 1-2) Зауральской холмисто-предгорной провинции и северолесостепным (колочным) округом (ППП 3-6) Зауральской равнинной провинции по лесорастительному районированию Б.П. Колесникова и др. (1973), или по зональному делению: лесной зоной (сосново-березовые леса) (ППП 1-2) и зоной северной лесостепи (ППП 3-6). По степени толерантности и резистентности к дефолиации ЛОК ППП распределены следующим образом: ППП 6 была заложена в древостое, не подвергшемся дефолиации, т. е. в резистентном; на ППП 5 после дефолиации усыхания не отмечалось, т. е. древостой был полностью толерантен к дефолиации; на ППП 2 и 4 была однократная дефолиация; ППП 1 и 3 были подвергнуты двукратной дефолиации в 1999–2000 гг. ППП 1-5 были дефолированы приблизительно в одни сроки - конец июля – начало августа. Частичное усыхание крон составило на ППП 1-4 в среднем 37-54%, диффузное усыхание древостоев - 4-19%. ППП закладывались по общепринятой в таксации методике, их лесоводственная характеристика приведена в табл. 1.

Таблица 1

## Лесоводственная характеристика ППП

№ ППП	Состав древостоя	Класс бонитета	Возраст, лет	Полнота	Тип леса	Тип почвы	Запас, м <sup>3</sup> /га
1	9Б1Ос	2	50	0,9	С. травянист.	Дерново-подзолистая слабоподзоленная	170
2	9Б1С	2	60	0,7	С. травянист.	Дерново-подзолистая слабоподзоленная	210
3	10Б + С	2	0	0,9	Б. разнотравно-злаковый	Темно-серая	170

Окончание табл. 1

№ ППП	Состав древостоя	Класс бонитета	Возраст, лет	Полнота	Тип леса	Тип почвы	Запас, м <sup>3</sup> /га
4	10Б+Ос	3	60	0,8	С. злаково-разнотравный	Темно-серая	170
5	10Б	2	55	0,9	С. травянист.	Светло-серая	190
6	9Б1Ос	3	65	0,8	С. злаково-разнотравный	Светло-серая	180

Пробные площади, имея близкие таксационные характеристики, различаются по условиям произрастания и типам почвы. В лесостепной зоне пробные площади приурочены к двум вариантам серых почв – темно-серым (ППП 3 и 4) и светло-серым (ППП 5 и 6). Более высокая полевая влажность наблюдалась на ППП 2 и 4.

При закладке ППП каждому дереву присваивался номер, и в конце вегетационного сезона велось наблюдение за состоянием кроны. Учитывались суховершинность, наличие водяных побегов, степень дефолиации крон по международной шкале «Courtonnes d'arbres...» (1986). Для анализа радиального прироста отбирались керны с деревьев, в разной степени восстановившихся после дефолиации. Для нивелирования условий произрастания древостоя на снимаемые показатели при отборе кернов подбирались деревья одной ступени толщины ствола (20-24 см). Обработка кернов производилась с помощью МБС-10, точность измерений 0,05 мм, при двукратном увеличении, данные приводятся в условных единицах измерения (у.е.). Полученные данные анализировались статистическими методами (программа Statistica), проведен кластерный анализ среднеарифметических значений по ППП ширины годичного прироста усыхающих и неусыхающих деревьев за период 1984-2002 гг., проводился корреляционный анализ динамики радиального прироста с метеоусловиями.

Поскольку пробные площади были размещены в различных условиях произрастания, то в первую очередь представляло интерес выявить степень сходства между ППП по показателям годичного радиального прироста. Для этого был проведен кластерный анализ среди толерантных, резистентных к дефолиации деревьев и усыхающих после дефолиации (рис. 1-2).

На рис. 1 представлено распределение по кластерам значений годичного радиального прироста на ППП всех проанализированных деревьев *в зависимости от их состояния*. Наиболее тесная связь по радиальным приростам отмечается между ППП 1 и 2, относящимися к лесной зоне. Наиболее близка к ним по динамике радиального прироста ППП 3, расположен-

ная в лесостепной зоне и объедавшаяся дважды. Все остальные ППП из лесостепной зоны существенно отличаются от ППП лесной зоны, а толерантный древостой обособляется в отдельный кластер.

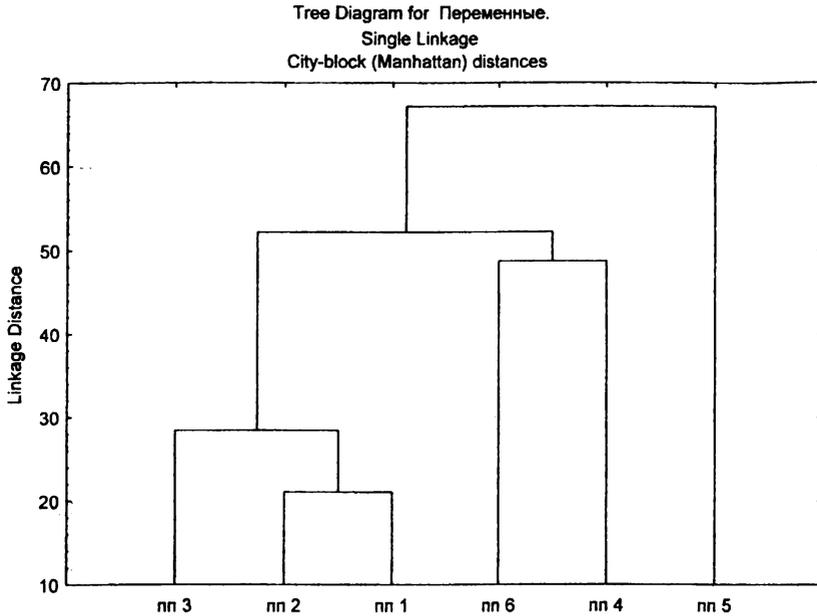


Рис. 1. Кластерный анализ средних значений годовичного радиального прироста на ППП за период 1984 – 1999 гг.

Кластерный анализ динамики годовичного радиального прироста усыхающих и неусыхающих деревьев на рис. 2 показал, что наиболее тесная связь отмечается между ППП 1 и ППП 3, перенесших двукратную дефолиацию. В этом случае усыхающие деревья одной ППП группируются с неусыхающими из другой ППП. То есть в разных лесорастительных зонах деревья имеют разнонаправленную реакцию и наблюдается несоответствие реакции годовичного радиального прироста на внешние факторы зоне произрастания, что, возможно, ведет к потере толерантности древостоя после дефолиации.

На остальных ППП усыхающие и неусыхающие деревья также группируются по разным кластерам, а наиболее существенно отличаются деревья из толерантного древостоя (ППП 5) и неусыхающие (толерантные) деревья из ППП 4.

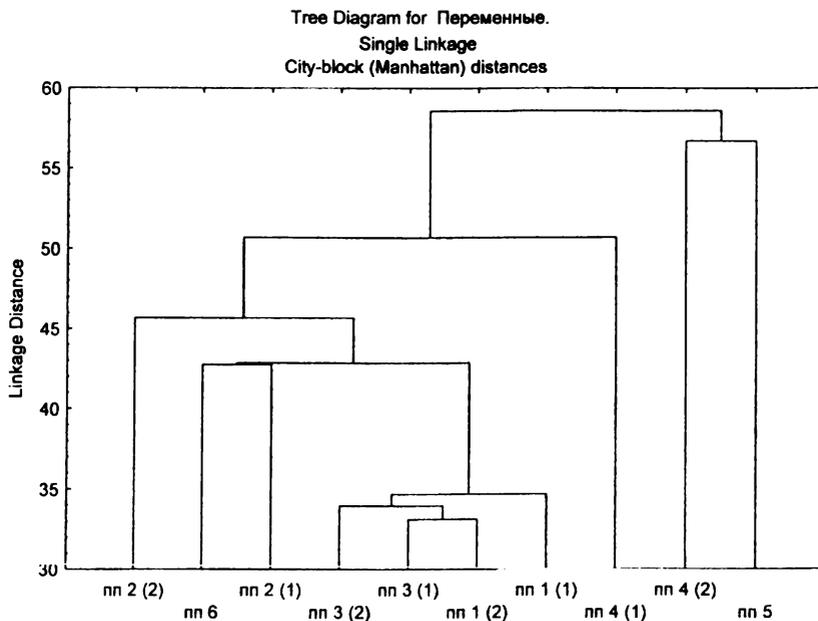


Рис. 2. Кластерный анализ средних значений годовичного радиального прироста усыхающих (1) и не усыхающих (2) после дефолиации деревьев за период 1984 - 1999 гг.

Мы предполагаем, что такая разнонаправленная реакция радиального прироста деревьев одного древостоя закреплена генетически и связана с флуктуацией границы между зонами. Кроме того, не исключаются влияния видового разнообразия и гибридных форм рассматриваемых березовых древостоев на различия по динамике годовичного радиального прироста. Однако в настоящей работе этот момент не рассматривается. Анализ средних значений радиального прироста (табл. 2) показал, что в лесостепной зоне усыхают деревья с меньшим радиальным приростом. Толерантными к дефолиации оказались как деревья, так и в целом древостои (ППП 5) с большим радиальным приростом. Резистентный древостой (ППП 6) по среднему радиальному приросту не отличался от нерезистентных древостоев. В лесной зоне ситуация оказалась противоположной. Усыхают древостои с большим радиальным приростом, не усыхают с меньшим приростом (см.табл. 2).

Таблица 2  
 Различия в среднеарифметическом значении радиального прироста  
 усыхающих и неусыхающих деревьев после дефолиации ЛОК

ППП (состояние деревьев)	N Дере- вьев	Среднее значение радиально- го прирос- та, мм	P (дос- товер- ность разли- чий)
1 (усыхающие)	28	19,2±0,54	0,0001
1 (неусыхающие)	21	16,4±0,39	
2 (усыхающие)	23	19,8±0,50	0,0000
2 (неусыхающие)	19	14,3±0,45	
3 (усыхающие)	8	16,0±0,67	0,0034
3 (неусыхающие)	13	18,8±0,60	
4 (усыхающие)	10	19,3±0,68	0,0002
4 (неусыхающие)	7	23,5±0,91	
5 (толерантное)	10	24,7±0,81	0,0002
6 (резистентное)	20	21,5±0,56	0,0002

Графический анализ средних значений усыхающих и неусыхающих деревьев в лесной и лесостепной зонах (рис. 3, 4) показал, что, если в лесной зоне усыхающие деревья давали стабильно более высокий прирост по сравнению с неусыхающими, то в лесостепной зоне динамика приростов усыхающих и неусыхающих деревьев сильно различалась. Наибольшее расхождение в динамике отмечается в периоды с высокими ГТК июня-июля (1990-1994 гг. и 1996-2000 гг.). Это указывает на то, что в лесостепной зоне гидротермические условия имели большее значение для формирования радиального прироста по сравнению с лесной зоной.

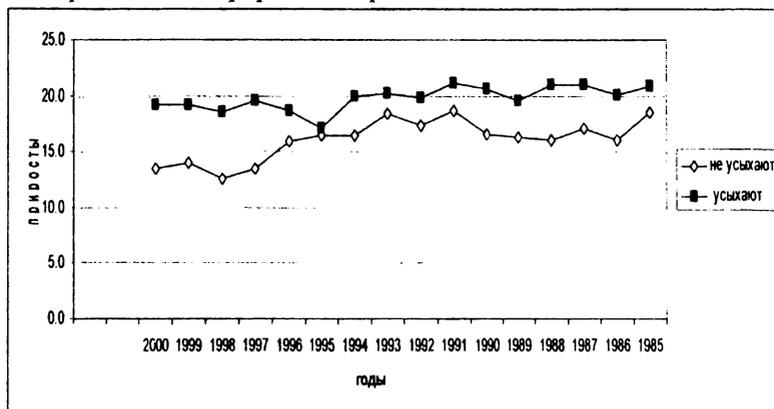


Рис. 3. Динамика значений средних радиальных приростов усыхающих и неусыхающих деревьев на ППП лесной зоны

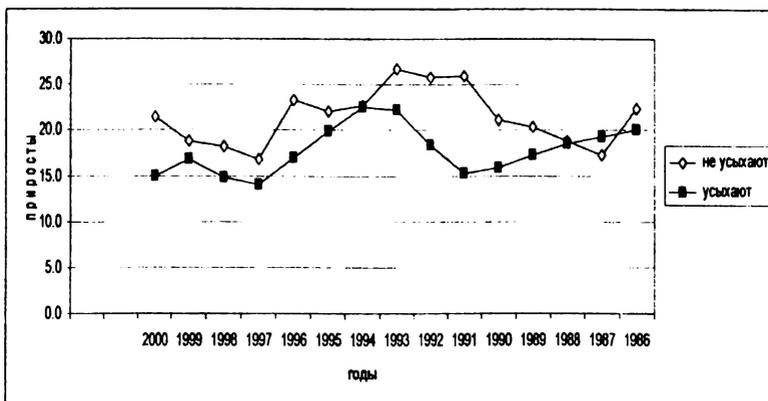


Рис. 4. Динамика значений средних радиальных приростов усыхающих и неусыхающих деревьев на ППП лесостепной зоны

В связи с этим нами был проведен анализ корреляции ширины радиального прироста и климатических условий. Уровень корреляции ширины годичного радиального прироста с климатическими условиями определялся в зависимости от степени толерантности деревьев березы к дефолиации ЛОК. То есть на всех ППП, где было усыхание, анализировалось, каким образом годичный радиальный прирост по группам толерантных и нетолерантных деревьев коррелирует со среднемесячными показателями осадков, температуры и ГТК Селянинова вегетационных периодов текущего и предшествовавшего сезона в течение 14 лет до года дефолиации деревьев (табл. 3).

На ППП 1 у неусыхающих деревьев отмечена корреляция с ГТК июля текущего года за счет осадков и полное отсутствие корреляции с гидро-термическими условиями предыдущего года. У усыхающих деревьев наблюдается полное отсутствие корреляции с ГТК текущего года и высокая корреляция с ГТК июля прошлого года за счет температуры. На ППП 2 у усыхающих и неусыхающих деревьев нет корреляции с ГТК текущего года и отмечается высокая, но не достоверная корреляция у усыхающих деревьев с ГТК мая прошлого года за счет осадков и температуры.

Таким образом, в лесной зоне радиальный прирост усыхающих деревьев коррелирует с условиями прошлого года. У неусыхающих деревьев никакой корреляции с ГТК и текущего, и предыдущего года не отмечается. На ППП 3 у неусыхающих деревьев отмечается корреляция с ГТК июля недостоверная, но значительно выше, чем у усыхающих текущего года за счет осадков, и высокая корреляция с  $t^{\circ}\text{C}$  августа прошлого года. У усыхающих – отрицательная корреляция с ГТК августа прошлого года за счет осадков и температуры. На ППП 4 для радиального прироста неусыхающих деревьев отмечается достоверная корреляция с ГТК июля за счет осадков и недостоверная корреляция с ГТК июля прошлого года. У усы-

хающих корреляция с гидротермическими условиями текущего года не отмечается, отмечается высокая достоверная корреляция с ГТК июля прошлого года за счет осадков и отрицательная корреляция с t°C июня и июля.

Таблица 3

Значение коэффициентов корреляции ширины годичного радиального прироста березы с климатическими показателями

Климатический показатель по месяцам		№ пробной площади					
		1	2	3	4	5	6
Текущий год							
Май	Температура	$\frac{-0,02}{0,05}$	$\frac{-0,01}{0,12}$	$\frac{-0,18}{-0,12}$	$\frac{-0,12}{-0,18}$	-0,28	-0,52*
	ГТК	$\frac{0,06}{0,12}$	$\frac{-0,08}{0,13}$	$\frac{-0,11}{0,08}$	$\frac{0,14}{0,05}$	0,18	0,50
Июль	Температура	$\frac{-0,27}{0,08}$	$\frac{-0,01}{-0,17}$	$\frac{-0,28}{0,07}$	$\frac{-0,25}{-0,19}$	-0,36	-0,34
	Осадки	$\frac{0,65*}{0,05}$	$\frac{-0,16}{0,30}$	$\frac{0,38}{-0,11}$	$\frac{0,53*}{0,32}$	0,47	0,22
	ГТК	$\frac{0,64*}{-0,02}$	$\frac{0,14}{0,30}$	$\frac{0,41}{-0,08}$	$\frac{0,52*}{0,32}$	0,46	0,26
Предыдущий год							
Июнь	Температура	$\frac{-0,27}{-0,16}$	$\frac{-0,6}{-0,19}$	$\frac{-0,23}{-0,22}$	$\frac{-0,17}{-0,63*}$	-0,32	-0,01
	Осадки	$\frac{0,19}{0,01}$	$\frac{0,23}{0,31}$	$\frac{0,01}{-0,38}$	$\frac{0,18}{-0,05}$	0,59*	0,18
	ГТК	$\frac{0,20}{0,00}$	$\frac{0,20}{0,31}$	$\frac{0,00}{-0,38}$	$\frac{0,14}{0,04}$	0,59*	0,16
Июль	Температура	$\frac{-0,02}{0,28}$	$\frac{0,09}{0,10}$	$\frac{0,08}{0,24}$	$\frac{-0,14}{-0,57*}$	-0,17	0,12
	Осадки	$\frac{0,27}{-0,48}$	$\frac{0,09}{0,13}$	$\frac{0,09}{0,13}$	$\frac{0,41}{0,71}$	0,03	0,10
	ГТК	$\frac{0,27}{-0,52}$	$\frac{0,10}{0,10}$	$\frac{0,08}{0,09}$	$\frac{0,42}{0,75*}$	0,06	0,10
Август	Температура	$\frac{0,17}{-0,48}$	$\frac{-0,01}{0,11}$	$\frac{0,61*}{0,45}$	$\frac{-0,01}{-0,13}$	-0,00	0,12
	Осадки	$\frac{-0,12}{-0,10}$	$\frac{0,01}{0,05}$	$\frac{-0,14}{-0,43}$	$\frac{0,19}{0,37}$	0,08	0,13
	ГТК	$\frac{-0,19}{0,04}$	$\frac{0,03}{-0,03}$	$\frac{-0,34}{-0,60*}$	$\frac{0,19}{0,26}$	0,06	0,07

Примечание. В числителе – коэффициенты корреляции толерантных деревьев, в знаменателе – деревья со степенью усыхания крон 70% и выше, \*- достоверные значения при  $p < 0,05$ .

На ППП 5 (толерантной) наблюдается высокая, но недостоверная корреляция с ГТК июля текущего года за счет осадков и высокая достоверная корреляция с ГТК июня предыдущего года за счет осадков.

На ППП 6 (резистентной) высокая корреляция с ГТК мая за счет  $t^{\circ}\text{C}$  мая текущего года и полное отсутствие корреляций с климатом прошлого года.

Итак, в лесостепи отмечается у дефолированных деревьев реакция на климат и текущего, и прошлого годов. При этом у неусыхающих деревьев прослеживается корреляция с гидротермическими условиями и текущего года, и прошлого, у усыхающих – только с гидротермическими условиями прошлого года. У резистентного древостоя отмечена реакция только на гидротермические условия текущего года.

Анализ данных по среднему радиальному приросту показал, что величина радиального прироста, характеризующая скорость роста дерева, не является показателем устойчивости дерева к дефолиации насекомых в отрыве от зоны и условий произрастания. В одних зонах толерантны древостои с более низким радиальным приростом (сосново-березовые леса), в других – с более высоким (лесостепная зона).

В связи с проведенными исследованиями ранее полученные в Каменск-Уральском (лесостепном) районе результаты об усыхании после дефолиации непарным шелкопрядом (1985-1986 гг.) березовых древостоев с более высоким радиальным приростом и приуроченности этих древостоев к влажным условиям произрастания (Федоренко, 2001) свидетельствуют о том, что либо усыхание в эти годы происходило в насаждениях, близких по своим лесорастительным характеристикам к насаждениям лесной зоны, либо характеристика динамики годичного радиального прироста нетолерантных древостоев может зависеть от времени дефолиации. Однако первое заключение вернее, так как дефолиация происходила в сходные сроки: начало – середина июля в случае с непарным шелкопрядом и конец июля – начало августа в случае с ЛОК.

В целом полученные данные свидетельствуют, что радиальный прирост, как критерий устойчивости древостоев к дефолиации насекомыми-филлофагами, может использоваться только с учетом лесорастительных и зональных условий их произрастания.

#### Библиографический список

Гниненко Ю.И. Вспышки массового размножения лесных насекомых в Сибири и на Дальнем Востоке в последней четверти XX в. // Лесхоз. информ. 2003. №1. С. 46-57.

Ильинский А.И. Надзор, учет и прогноз массовых размножений хвое- и листогрызущих насекомых в лесах СССР. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 525 с.

Суховольский В.Т., Артемьева Н.В. Радиальный прирост хвойных как прогнозный показатель их устойчивости к повреждению филлофагами // Лесоведение. 1992. №3. С.33-39.

Федоренко С.И. Толерантность березовых древостоев северной лесостепи Зауралья к абиотическому и биотическому стрессу // Экология. 2001. №6. С.466-470.

Крамер П., Козловский Т. Физиология древесных растений. М.,1963. 563 с.

Колесников Б.П., Смолоногов Е.П., Зубарева Р.С. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск, 1973. 175 с.

Couronnes d'arbres avec indicaton de la perte d'aiguilles ou de feuilles en pourcents. 1986. P. 98.

УДК 674.048

Л.Ф. Хадыева, А.Ф. Яппарова, Д.А. Беленков  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург)

### **СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АНТИСЕПТИКА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДРЕВЕСИНЫ ОТ ПОВРЕЖДЕНИЯ ДЕРЕВООКРАШИВАЮЩИМИ ГРИБАМИ**

*Предложен простой и надежный способ оценки эффективности антисептиков для защиты древесины от повреждения грибами.*

В настоящее время предлагается большое количество различных антисептиков для защиты свежей древесины от повреждения деревоокрашивающими грибами. Это препараты Септустин, Гринси, Сенез, Профилактика и др. К сожалению, многие из них не проходят специальных биологических испытаний, на основании которых можно было бы сделать вывод об их эффективности и надежности как защитного средства (Горшин, 1977; ГОСТ 30028.4 – 93).

Нами предлагается простой, доступный и достаточно точный метод оценки эффективности защитного средства, которым могут воспользоваться производители пиломатериалов на своих предприятиях.

Суть этого способа состоит в следующем. В теплый период года (среднесуточная температура +5°C) из свежих подгорбыльных широких заболонных сосновых досок длиной 1,5 – 2,0 м, толщиной 25-30 мм в затемненном влажном месте укладывают небольшим штабелем 5-10 досок без прокладок и накрывают полиэтиленовой пленкой. Через 2-3 недели эти доски сильно повреждаются окрашивающими грибами, вызывая пороки: «синеву», «кофейную темнину» или иные окраски. Это инфекционный фон, на котором следует вести испытание (Мейер, 1953).