

УДК 634.056:632.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ПРИРОСТА ДЕРЕВЬЕВ В ОЧАГАХ РАЗМНОЖЕНИЯ ЛИСТОГРЫЗУЩИХ НАСЕКОМЫХ

А. Н. БЕЛОВ

(Лаборатория экономики и планирования с.-х. производства и других отраслей АПК)

Совершенствование методов количественной оценки вредоносности для лесных массивов насекомых-фитофагов относится к числу наиболее важных проблем современного этапа развития науки о лесе. Актуальность проблемы обусловлена, во-первых, необходимостью сохранения лесных формаций как фактора поддержания экологического равновесия в биосфере, во-вторых, возрастающими потребностями страны в древесине и, в-третьих, участвующими в последние десятилетия вспышками массового размножения лесных насекомых.

Настоящая работа посвящена вопросам определения потерь прироста деревьев, поврежденных насекомыми-фитофагами. Экспериментальный материал собран в порослевых средневозрастных среднеполнотных дубравах III—IV бонитета Саратовской области в 1976—1979 гг., в период вспышки массового размножения непарного шелкопряда (*Lymantria dispar*; Lepidoptera; Lymantriidae).

В 1976 и 1977 гг. на нескольких пробных площадях в конце личиночной фазы развития насекомого было проведено глазное определение степени объедания листьев; в конце вегетационного периода 1979 г. проведен отбор проб на прирост по радиусу ствола с помощью бурава Пресслера из деревьев всех категорий состояния на высоте 1,3 м. Непосредственно после изъятия приростные цилиндры помещали в 70 % раствор этилового спирта, где они хранились до лабораторной обработки. Измерения проводили под бинокулярным микроскопом МБС-1 с точностью до 0,05 мм.

В конце августа — начале сентября определяли состояние деревьев по 5-балльной шкале: I — внешне здоровые, II — ослабленные: крона изрежена, в верхней части кроны имеются сухие ветви; III — сильно ослабленные и усыхающие: крона сильно изрежена, усохла половина и более ветвей; IV — свежий сухостой; V — старый сухостой.

Повреждение листвы
и поздний радиальный прирост
деревьев дуба в локальных участках
лесного массива

Участки дре- востоя	Повреждение листвы, %		Прирост, мм	
	1976 г.	1977 г.	1976 г.	1977 г.
А	70	20	0,419	0,690
Б	60	35	0,474	0,419
В	30	95	0,870	0,293
Г	30	90	0,837	0,287
Д	65	20	0,425	0,540
В среднем	51	52	0,605	0,446

Основная трудность, возникающая при количественной оценке потерь прироста от повреждения деревьев насекомыми связана с тем, что последние являются лишь одним из многих факторов внешней среды, определяющих данный показатель. В практике дендрометрических исследований широкое распространение получили 3 способа такой оценки, основанные на принципе исключения влияния других факторов: сопоставление прироста поврежденного насаждения с приростом похожего, но не поврежденного (контрольного) насаждения [1, 9, 10, 13]; сопоставление прироста в одном и том же насаждении в годы с повреждением и без повреждения листвы [2, 8, 11, 12]; сопоставление фактического прироста насаждения с теоретически ожидаемым по уравнению регрессии, где в качестве независимой переменной используются метеоданные [3, 7] или данные о возрасте древостоя [4].

К сожалению, все 3 способа имеют существенные недостатки.

1. В первом случае при вспышках массового размножения многих видов листогрызущих насекомых, как правило, заселенными оказываются все пригодные и даже малопригодные для жизни данного вида станции, что обуславливает исключительные трудности при подборе насаждения, которое могло бы считаться контрольным. По существу, в полной мере этой цели может служить лишь участок древостоя в очаге размножения, искусственно огражденный от повреждения с помощью, скажем, истребительных мер борьбы, которые из-за миграций насекомых пришлось бы проводить многократно.

2. Второй способ требует идентичных условий (в первую очередь погодных) роста деревьев, причем не только в сравниваемые годы, но и в несколько ближайших лет; кроме того, сравниваемые годы должны быть разделены небольшим временным промежутком, чтобы минимизировать изменения в возрастной кривой роста дерева. Выполнить эти условия удается далеко не всегда.

3. Выявленные к настоящему времени корреляционные зависимости размеров прироста от погодных условий и возраста дерева недостаточно тесны, чтобы на их основании строить точные регрессионные модели.

Повысить точность расчета потерь прироста в очагах листогрызущих насекомых позволяет способ регрессионной оценки размеров потенциального прироста [6] с помощью уравнения общего вида

$$\lg G = a + bD, \quad (1)$$

где G — радиальный прирост древесины, мм; D — степень обеднения листвы, %; a и b — коэффициенты уравнения.

Коэффициенты уравнения рассчитываются на основе фактических данных о степени обеднения и размерах прироста в нескольких локальных участках поврежденного насаждения. Решая уравнение (1) при условии $D=0$, вычисляем теоретический (потенциальный) прирост:

$$G_t = \text{antilog } a.$$

Потери прироста определяются по обычной формуле:

$$W = (1 - G_D/G_t) \cdot 100, \quad (2)$$

где W — потери прироста, %; G_D и G_t — оценки фактического и ожидаемого прироста, мм.

Этот способ исключает влияние на результаты анализа как фактора пространства (пробы отбираются в одном насаждении), так и фактора времени (анализу подвергаются данные за один и тот же год), и, таким образом, устраняются недостатки первых двух способов расчета. Кроме того, связь между степенью обеднения и приростом деревьев в одном и том же древостое обычно очень тесна. Анализ, проведенный по данным табл. 1, показал, что эта связь (первая переменная в натуральных величинах, вторая — в логарифмических) характеризуется следующими значениями коэффициента корреляции. Для 1976 г. r было равно $-0,996 \pm 0,040$ при вероятности $P > 9,99\%$; для 1977 г. $-0,939 \pm 0,153$ при $P > 99,9\%$.

Уравнения регрессии имеют вид

$$\lg G_{76} = 0,1739 - 0,00816 D, \quad (3)$$

$$\lg G_{77} = -0,1604 - 0,00415 D, \quad (4)$$

где G_{76} и G_{77} — прирост поздней древесины соответственно 1976 и 1977 гг.

Легко подсчитать, что теоретически ожидаемые размеры прироста этих лет равны соответственно 1,493 и 0,691 мм, а потери — 59,5 и 35,5 %.

Из табл. 2, где приведены результаты измерения радиального прироста, стратифицированные в соответствии с категорией состояния деревьев, видно, что прирост уменьшается с ухудшением состояния. Различия в степени обеднения листвы деревьев разных категорий были несущественными, видимо, в связи с тем, что гусеницам непарного шелкопряда свойственно сравнительно равномерное, пропорциональное массе листвы деревьев распределение на локальных участках древостоя [5]. Анализ табл. 2 показывает также, что теснота связи между степенью обеднения листвы и приростом древесины заметно варьирует в зависимости от категории состояния деревьев. Так, по данным 1976 г. коэффициент корреляции в случае зависимости «степень обеднения — прирост» колебался от $-0,962 \pm 0,122$ (очень тесная связь) для деревьев I категории состояния до $-0,177 \pm 0,440$ (отсутствие достоверной связи) для

Поздний прирост (мм) деревьев дуба разных категорий состояния

Участок древостоя	1976 г.				1977 г.			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
А	0,636	0,475	0,275	0,150	1,029	0,825	0,406	0,100
Б	0,783	0,450	0,210	0,100	0,817	0,343	0,120	0,500
В	1,850	0,611	0,425	0,113	0,470	0,289	0,145	0,050
Г	1,550	0,686	0,275	0,200	0,475	0,250	0,150	0,075
Д	0,500	0,450	0,300	0,150	0,720	0,500	0,150	0,075
В среднем	1,064	0,534	0,297	0,143	0,702	0,441	0,194	0,070

деревьев IV категории; сходная картина наблюдалась в 1977 г. (табл. 3).

Различия в оценках потерь позднего прироста тоже оказались весьма существенными: если в 1976 г. радиальный прирост деревьев I категории был на 72,8 % ниже ожидаемого, то для деревьев IV категории разница оценена всего лишь в 8,9 %, в 1977 г. — соответственно 42,6 и 13,6 % (табл. 3).

Данные табл. 3 означают, что одинаковая сила воздействия факторов внешней среды вызывает тем более ощутимые последствия (и, судя по значению коэффициента корреляции, тем более легко выявляемые), чем интенсивнее физиологические процессы (в данном случае, процессы роста) в растении. В качестве простейшего количественного показателя при сравнении интенсивности процессов роста можно взять отношение значения ожидаемого радиального прироста деревьев *i*-й категории к этому же параметру деревьев I категории. Тогда мерой реакции деревьев на воздействие отрицательного фактора (объединение листьев) может служить отношение оценок потерь прироста для деревьев этих категорий.

Нетрудно убедиться, что между первым и вторым показателем имеется положительная связь, которая при небольшом преобразовании зависимой переменной может быть выражена уравнением прямой линии

$$\text{antilog } (W_k/W_I) = 1 + 9,0(G_k/G_I), \quad (5)$$

где G_k и W_k — соответственно потенциаль-

ный прирост и потери прироста деревьев данной категории состояния; G_I и W_I — то же для деревьев I категории состояния.

Связь между параметрами уравнения (5) очень тесна: равен $0,980 \pm 0,081$ при $P > 99,9\%$, несмотря на объединение данных разных лет, заметно различавшихся по условиям вегетации.

Из уравнения (5), в частности, следует, что если нарастание древесины у данного дерева происходит в 2 раза медленнее, чем у дерева без признаков ослабления ($G_k/G_I = 0,5$), то его реакция на повреждение листья гусеницами непарного шелкопряда (потери прироста) окажется в 1,35 раза слабее ($W_k/W_I = 0,740$).

В естественных древостоях условия местопроизрастания (микrokлиматические, почвогрунтовые и др.) и индивидуальные характеристики деревьев (например, возраст) неодинаковы. Поэтому наблюдается изменчивость прироста деревьев не только разных, но и одной и той же категории состояния. При дендрометрических исследованиях крайне важно знать степень этой изменчивости.

Обычной мерой размаха варьирования переменных величин является дисперсия — средний квадрат отклонений частных значений признака от средней арифметической. Как показал анализ, между дисперсией и средним значением оценок радиального прироста деревьев дуба имеется положительная криволинейная связь, удовлетворительно описываемая параболой 2-го порядка:

Таблица 3

Расчет потерь прироста поздней древесины деревьев разных категорий состояния

Категория состояния	r	m_r	P	Параметры уравнения (1)		G_t , мм	W_t , %
				a	b		
1976 г.							
I	-0,962	0,122	99,9	0,5918	-0,01218	3,906	72,8
II	-0,937	0,156	99	-0,0713	-0,00407	0,848	37,0
III	-0,524	0,380	—	-0,3879	-0,00295	0,409	27,4
IV	-0,177	0,440	—	-0,8040	-0,00107	0,157	8,9
1977 г.							
I	-0,925	0,170	99	0,0877	-0,00368	1,224	42,6
II	-0,825	0,252	95	-0,1593	-0,00459	0,693	36,3
III	-0,407	0,407	—	-0,6413	-0,00228	0,228	14,8
IV	-0,441	0,401	—	-1,0913	-0,00152	0,081	13,6

Примечание. m_r — ошибка коэффициента корреляции.

Ошибки определения радиального прироста при разных размерах выборки

Средний прирост, мм	Деревья газных категорий состояния						Деревья одной категории состояния					
	N=5		N=10		N=20		N=5		N=10		N=20	
	ε	m_x	ε	m_x	ε	m_x	ε	m_x	ε	m_x	ε	m_x
0,1	70	0,07	50	0,05	36	0,04	46	0,05	32	0,03	23	0,02
0,5	33	0,16	23	0,12	16	0,08	24	0,12	17	0,09	12	0,06
1,0	24	0,24	17	0,17	12	0,12	20	0,20	14	0,14	10	0,10
1,5	21	0,31	15	0,22	10	0,16	18	0,28	13	0,20	9	0,14
2,0	19	0,37	13	0,26	9	0,19	18	0,35	12	0,25	9	0,17
2,5	17	0,43	12	0,31	9	0,22	17	0,43	12	0,30	8	0,21

для совокупности деревьев одной категории состояния:

$$s^2 = 0,0951x + 0,1067 x^2, \quad (6)$$

для совокупности всех деревьев

$$s^2 = 0,2405x + 0,0549x^2, \quad (7)$$

где x — средний прирост деревьев в выборке, мм; s^2 — дисперсия.

Сопоставление обоих уравнений показывает, что в первом случае (совокупность деревьев одной категории состояния) при одинаковых значениях средней значения дисперсии и, следовательно, размах варьирования меньше. Эта особенность закономерна, поскольку в уравнении (6) в значительной мере исключено влияние такого сильного фактора изменчивости прироста, как разное физиологическое состояние деревьев.

На основе двух последних уравнений легко рассчитать возможные ошибки определения радиального прироста при данном числе проанализированных приростных цилиндров.

В табл. 4 приведены ожидаемые значения ошибок для трех размеров выборки — 5, 10 и 20 проб. Расчет проводился по обычным формулам:

$$m_x = (s^2/N)^{1/2}; E = m_x/x \cdot 100, \quad (8), (9)$$

где m_x — абсолютная ошибка средней, мм; ε — относительная ошибка средней, %; x и s^2 — средняя и дисперсия, N — количество проб.

Результаты исследования показали, что листогрызущие насекомые существенно влияют на прирост древесины по толщине ствола. При уничтожении 50 % массы листвы у дуба в порослевых средневозрастных древостоях Саратовской области он снижался в среднем на 59,5 % в 1976 и на 35,5 % в 1977 г. Реакция на повреждение листвы заметно различалась у деревьев разных категорий состояния — наибольшие потери прироста были у деревьев без внешних признаков ослабления, наименьшие — у сильно ослабленных и усыхающих.

Последняя особенность определяет необходимость тщательного планирования и проведения дендрометрических исследований в очагах распространения листогрызущих вредителей. При изучении влияния насекомых-фитофагов на прирост насаждений с целью экономической оценки их вредоносности необходим отбор проб деревьев всех категорий состояния, причем в выборку должны попасть их образцы пропорционально доле участия соответствующих категорий в составе древостоя. Если же цель исследования заключается в определении относительного влияния на прирост разных факторов (в том числе влияния разных видов насекомых), наиболее экономичен отбор проб среди деревьев одной — лучшей — категории состояния. В обоих случаях примерный объем полевых работ может быть определен с помощью табл. 4 с учетом требуемой точности оценки среднего прироста.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский П. К. Разведение дубового шелкопряда. — Лесное хоз-во, 1939, № 5, с. 44—48. — 2. Березина В. М. Влияние на рост сосны химического метода борьбы с жуками майского хруща. — Изв. высш. учебн. завед., Лесной журн., 1960, № 3, с. 41—43. — 3. Воронцов А. И., Голосова М. А., Мозолевская Е. Г. Критерии для обоснования химических мер борьбы с листогрызущими насекомыми. — В кн.: Вопр. лесозащиты, М., ЦБНТИлеспром, 1966, с. 3—10. — 4. Голосова М. А. Влияние объединения пяденицами листвы деревьев на их прирост и состояние. — В кн.: Вопр. лесозащиты. Матер. к II межвузовской конф. по защите леса. Т. I. М., 1963, с. 39—43. — 5. Знаменский В. С., Белов А. Н. Оптимизация системы учета гусениц и ку-

колок непарного шелкопряда. — Экспресс-информация, Охрана и защита леса. М., ЦБНТИлесхоз, 1979, вып. 2, с. 1—20. — 6. Знаменский В. С., Белов А. Н. Прогноз целесообразности борьбы с вредными лесными насекомыми. — Экспресс-информация, Охрана и защита леса. М., ЦБНТИлесхоз, 1981, вып. 1, с. 1—20. — 7. Ильинский А. И., Кобозев А. И. Инвазии непарного шелкопряда в Теллермановском лесхозе и их влияние на прирост дуба. — Науч. зап./Воронеж. лесхоз. ин-т, 1939, вып. 5, с. 11—28. — 8. Мозолевская Е. Г., Тудор И. П. Влияние дубовой хохлатки на состояние и прирост насаждений. — Вопр. защиты леса. Науч. тр./Моск. лесотехн. ин-т, 1967, вып. 15, с. 6—14. — 9. Покозий И. Т. Влияние повреждений крапчика на рост дуба. —

Учен. зап./Харьк. с-х. ин-та им. В. Б. Докучаева, 1957, т. 13, с. 197—198. — 10. Старк В. Н. Несколько фактов из биологии *Hyllobius abietis* L./Из работ Брянской энтомолог. лесной станции. — Защита растений от вредителей, 1925, т. I, вып. 6, с. 224—226. — 11. Турчинская И. Я. Влияние объедания листьев

непарным шелкопрядом и другими листогрызущими вредителями на рост дуба. — Зоол. журн., 1963, т. 42, вып. 2, с. 248—255. — 12. Duncan D. P., Hodson A. C. — *Forest Sci.*, 1958, vol. 4, N 1, p. 71—93. — 13. Jüttner O. — *Forstarchiv*, 1959, j. 30, N 4/5, S. 78—83.
Статья поступила 3 ноября 1983 г.

SUMMARY

Investigations in shoot oak-groves of the Saratov region in the focus of spreading phitophagous insects establish correlation between the degree of leaves injuries by insects and trees increment. On this basis a regression method of estimating losses of a increment is proposed. The highest decrease in increment (72.8 % in 1976) is observed with less injured trees, and the lowest one with extremely weakened and drying trees. Curve-like positive correlation is established between the average size of increment and range of variability of its extremes. The article suggests correlation models for totality of trees of one condition category and for totality of all the trees, as well as recomendations for planning field works.