

УДК 630\*450:630\*453.787

## СООТНОШЕНИЕ ПРИРОСТА РАННЕЙ И ПОЗДНЕЙ ДРЕВЕСИНЫ В ОЧАГАХ МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ НАСЕКОМЫХ-ФИТОФАГОВ

А. Н. БЕЛОВ

(Кафедра энтомологии)

В порослевых средневозрастных дубравах Саратовской области проанализирован ход роста ранней и поздней древесины за 20-летний период в связи с высотой местопроизрастания дубрав, экспозицией склонов, метеорологическими условиями вегетационного периода, степенью повреждения листьев насекомыми-фитофагами. Выявлены математические закономерности, характеризующие влияние листогрызущих насекомых на прирост древесины.

Для разработки новых эффективных систем прогноза в защите растений от вредных насекомых необходимы количественные данные о их влиянии на рост древостоев. Сбор таких данных может быть существенно ускорен при использовании дендрохронологических приемов исследований. Однако обычные способы определения потерь прироста (сравнение толщины годичных слоев древесины в поврежденных и неповрежденных древостоях или в одном и том же древостое в годы с повреждением и без повреждения листьев насекомыми и др.) не всегда применимы из-за отсутствия достоверных данных о плотности популяций вредных насекомых и степени повреждения листьев за достаточно большой ряд лет [5].

Одним из возможных путей решения этой проблемы является разработка методик, в основу которых положен двухстадийный процесс формирования годичных слоев древесины в течение сезона. Годичные слои (кольца) состоят из двух частей — ранней и поздней древесины. Первая содержит больше водопроводящих элементов и откладывается весной, в начале роста листьев, вторая состоит в основном из механических элементов и нарастает летом при полностью раскрытой листовой пластинке.

Разные сроки и разные биологические механизмы формирования ранней и поздней древесины обуславливают неодинаковые изменения их размеров под влиянием внешних факторов, в т. ч. листогрызущих насекомых. Анализу изменения соотношения прироста ранней и поздней древесины деревьев дуба в очагах массового размножения насекомых-фитофагов и возможности использования этих данных для защиты леса и посвящена данная работа.

### Методика

Исследование проведено в типичных очагах массового размножения листогрызущих насекомых — порослевых средневозрастных дубравах Саратовской об-

ласти. Леса в районе исследований занимают, как правило, самые высокие элементы рельефа, т. е. являются нагорными дубравами. По классификации А. С. Ба-

рабанщикова [1], они относятся к водо-раздельным дубравам в отличие от бай-рачных (балочных). Видовой состав и динамика численности насекомых-фитофагов в последние десятилетия подробно рассмотрены ранее [3, 8, 10 и др.].

Для измерения радиального прироста древесины, в 1977, 1979 и 1982 гг. с помощью бурава Пресслера были отобраны приростные керны в 15 древостоях. Пробы брали с южной стороны ствола на высоте 1,3 м у 20—25 деревьев. У каждого дерева отмечали толщину ствола и категорию состояния по обычной методике [12]. Для всех изучаемых древостоев проводили лесоводственно-таксационное описание (местоположение, рельеф, экспозиция на местности, породный состав, сред-

ние высота деревьев, диаметр ствола, состояние подроста и подлеска). Измерение раннего и позднего прироста вели начиная с 1960 г. в лаборатории с помощью бинокулярного микроскопа МБС-1 с точностью до 0,05 мм.

В 1976 и 1977 гг. (годы массового размножения непарного шелкопряда) в каждом древостое была проведена глазомерная оценка степени повреждения листьев.

При обработке результатов исследований применяли обычные приемы математической статистики [7] и специальные методы: расчет индексов агрегированности [6] и факторный анализ [11]. В работе использованы данные гидрометеостанции поселка Свободный Базарно-Карабулакского района Саратовской области.

## Результаты

В течение периода исследований (1960—1980 гг.) общий прирост деревьев дуба по радиусу ствола составил 23,4 мм, в т. ч. прирост ранней древесины — 7,9, поздней — 15,5 мм. Из табл. 1 видно, что колебания среднего многолетнего прироста как ранней, так и поздней древесины в разных древостоях были сравнительно невелики: первой — от 0,308 до 0,547 мм, второй — от 0,613 до 1,266 мм. Размах варьирования в обоих случаях (коэффициент вариации  $v$ ) равнялся соответственно 20 и 22 %, т. е. оказался почти одинаковым. Соотношение средних многолетних приростов двух типов древесины в разных древостоях также существенно не различалось. Как следует из табл. 1, это соотношение в большинстве участков исследования находилось в диапазоне 30/70—36/64.

С другой стороны, значения коэффициентов вариации изменения раннего и позднего прироста по годам в целом по всему району исследований существенно различались и составляли соответственно 16 и 42 %, в отдельных древостоях эти различия были еще больше (табл. 1). Приведенные данные свидетельствуют о том, что факторы внешней среды, сила воздействия которых менялась в пространстве, примерно одинаково и сравнительно незначительно влияли на изменения прироста ранней и поздней древесины. Факторы, варьирующие во времени, на прирост ранней древесины оказывали практически такое же действие, как и

Таблица 1

Статистические характеристики прироста ранней и поздней древесины деревьев дуба в 1960—1979 гг.

Индекс древостоя	Ранняя древесина				Поздняя древесина			
	max, мм	средний, мм	min, мм	0, %	max, мм	средний, мм	min, мм	%
67-А	0,425	0,308	0,239	16,6	1,325	0,613	0,282	41,7
82-В	0,437	0,318	0,233	20,4	1,442	0,573	0,190	60,8
71-В	0,400	0,319	0,231	13,2	1,269	0,597	0,218	50,0
82-А	0,444	0,328	0,239	19,8	1,612	0,782	0,246	53,5
56-В	0,468	0,329	0,233	23,4	1,575	0,793	0,242	51,7
56-Б	0,500	0,362	0,239	22,4	1,448	0,683	0,246	57,8
56-А	0,457	0,365	0,240	21,4	1,248	0,649	0,247	50,0
93-А	0,510	0,387	0,247	23,2	1,656	0,872	0,222	52,7
69-А	0,566	0,394	0,262	21,3	1,717	0,725	0,262	59,0
71-Б	0,493	0,395	0,269	15,7	1,441	0,759	0,235	46,5
82-В	0,579	0,424	0,307	18,9	1,614	0,875	0,399	42,3
71-А	0,557	0,444	0,284	18,7	1,771	0,867	0,296	43,6
91-А	0,692	0,509	0,369	17,0	1,631	0,892	0,515	37,2
91-Б	0,625	0,513	0,388	15,6	1,088	0,686	0,350	34,3
92-А	0,724	0,547	0,408	18,8	2,243	1,266	0,670	36,0
В среднем	0,724	0,396	0,231	16,0	2,243	0,775	0,190	41,7

пространственные факторы, и существенно большее — на прирост поздней древесины.

К числу основных пространственных факторов в условиях нагорных дубрав юго-востока европейской части РСФСР относятся высота местопрорастания и экспозиция склонов. Ранее было отмечено [2], что между высотой расположения древостоев на местности и долей внешне здоровых деревьев связь тесная обратная ( $r = -0,818 + 0,173$ ), а с долей ослабленных — прямая ( $r = 0,635 + 0,233$ ). Как показал дальнейший анализ, менее благоприятные местообитания, помимо худшего санитарного состояния, отличались и меньшим радиальным приростом древесины. Так, в 1963, 1971 и 1979 гг. (годы, когда плотность популяции насекомых-фитофагов была низкой) средний прирост ранней древесины составил соответственно 0,457; 0,437 и 0,520 мм в пониженных (9 участков) и 0,352; 0,365 и 0,397 мм в повышенных (6 участков) местообитаниях. Оценки критерия Фишера  $F$ , рассчитанные при дисперсионном анализе и равные соответственно 7,73; 4,64 и 15,0, свидетельствуют о большой вероятности достоверного влияния условий местообитания на размеры годичных слоев ранней древесины. Аналогичное соотношение характерно и для поздней древесины: в пониженных местах прирост по годам равнялся 1,222; 1,033 и 1,236 мм, а в повышенных — 0,967; 0,924 и 0,952 мм. Однако в этом случае значения  $F$  оказались значительно меньше, чем при анализе раннего прироста (соответственно 1,43; 1,08 и 3,28) и не достигали 5 % уровня значимости ( $F_{05} = 4,64$ ).

Экспозиция склонов практически не отражалась на раннем приросте древесины и оказывала значительное влияние на поздний прирост. Средний радиальный прирост ранней древесины в 1963, 1971 и 1979 гг. в древостоях на северных и северо-восточных склонах был равен соответственно 0,401; 0,402 и 0,474 мм; на южных и юго-западных — 0,410, 0,390 и 0,437 мм (вычисленные значения  $F$  равны 0,15, 0,30 и 0,91, т. е. значительно меньше табличных). Поздний прирост в те же годы составлял 1,307; 1,047 и 1,203 на северных склонах и 0,793; 0,851 и 0,887 мм на южных склонах (значения  $F$  были равны 9,07; 4,18 и 8,72, что свидетельствует о большой вероятности достоверных различий).

Среди временных факторов для открытых биологических систем, к числу которых относится лес, первостепенное значение имеют метеорологические условия. В районе исследований важнейшим фактором из них является количество осадков. Было установлено, что прирост поздней древесины находился в прямой зависимости от количества атмосферных осадков непосредственно в период ее роста: в июне ( $r = 0,520 \pm 0,201$ ), июле ( $r = 0,202 + 0,231$ ) и августе ( $r = 0,065 + 0,235$ ). Численные значения коэффициентов корреляции хорошо отражают динамику нарастания поздней древесины: в июне формируется ее более половины, в июле прирост замедляется и во второй половине августа фактически прекращается. Зависимость прироста от осадков в мае отрицательная, но слабая ( $r = -0,020 + 0,236$ ). Связь суммарного количества осадков в мае — августе  $P_{V-VIII}$  с поздним приростом выражается коэффициентом корреляции  $m = 0,332 + 0,222$ .

В отличие от поздней прирост ранней древесины не был связан с количеством осадков непосредственно в период ее роста (в апреле — мае), а также в предшествующий осенне-зимний сезон (в сентябре — марте): связь недостоверная. Однако выявлена положительная связь прироста ранней древесины данного года с количеством осадков в течение вегетационного периода предшествующего года: в мае ( $r = 0,278 + 0,226$ ), июне (0,471 + 0,208), июле (0,254 + 0,228) и августе (0,221 + 0,230). Связь раннего прироста с суммой осадков в эти месяцы характеризуется  $r = 0,535 + 0,199$ .

Особое место среди факторов, влияющих на рост древостоев, занимают листогрызущие насекомые, поскольку плотность их популяций и соответственно сила воздействия существенно колеблется как в пространстве, так и во времени. Влияние насекомых-фитофагов на поздний прирост в дубравах района исследований прослежено за достаточно

длительный период — с 1950 по 1981 г. [3]. В эти годы здесь трижды возникали вспышки их массового размножения, вызывавшие в отдельные годы снижение прироста поздней древесины на 55—60 %. Однако имели место периоды, когда их влияние было несущественным. В целом за 20 лет (с 1960 по 1979 г.) потери позднего прироста составили 27,5 %. Особенностью вспышек массового размножения фитофагов является асинхронность подъема и спада численности и соответственно неодинаковое их влияние на прирост древесины в разных древостоях. В рамках данного исследования интерес представляла количественная оценка соотношения пространственной и временной неравномерности влияния насекомых на прирост древесины. В качестве меры неравномерности использован известный индекс агрегированности  $k = \bar{x}^2 / (s^2 - \bar{x})$ , где  $\bar{x}$  — в нашем случае средние оценки потерь прироста, %;  $s^2$  — дисперсия. Арифметическое значение  $k$  тем меньше, чем больше агрегированность распределения. Как показали расчеты, колебания оценок потерь позднего прироста во времени характеризуются значением  $k = 2,15$ , а в пространстве  $k = 8,84$ . Последнее значение является усредненным, поскольку в разные годы оценка пространственного  $k$  колебалась от 0,3 до 38,9 и была тесно связана со средними потерями позднего прироста в эти годы: коэффициент корреляции между  $\bar{x}$  и  $\lg k$  равен  $0,924 \pm 0,101$ .

Т а б л и ц а 2

Средние размеры прироста древесины, потери прироста в 15 древостоях в 1960—1979 гг.

Год	GE факт., мм	GL, мм	$r_{GL(n-1)GE_n}$	WL, %	GE, теор., мм	WE, %
1960	0,447	0,815		39	—	—
1961	0,401	0,520	0,850±0,146	63	0,458	12,5
1962	0,401	0,545	0,792±0,168	60	0,466	13,9
1963	0,415	1,120	0,631±0,215	11	0,461	10,0
1964	0,428	0,588	0,400±0,254	41	0,450	4,8
1965	0,353	0,397	0,306±0,264	27	0,421	16,2
1966	0,317	0,391	0,893±0,124	39	0,370	14,4
1967	0,287	0,321	0,914±0,112	55	0,381	24,6
1968	0,335	0,583	0,807±0,164	20	0,389	13,9
1969	0,314	0,635	0,536±0,234	12	0,391	19,7
1970	0,356	1,062	0,212±0,271	5	0,390	8,7
1971	0,409	0,989	0,708±0,196	0	0,434	5,8
1972	0,363	0,601	0,476±0,244	21	0,420	13,5
1973	0,317	0,580	0,710±0,195	25	0,394	19,6
1974	0,496	1,518	0,743±0,185	10	0,396	—25,3
1975	0,455	0,729	0,504±0,239	19	0,497	8,5
1976	0,475	1,064	0,390±0,256	50	0,410	—15,9
1977	0,457	0,725	0,825±0,157	37	0,546	16,3
1978	0,426	1,202	0,875±0,134	6	0,438	2,7
1979	0,471	1,123	0,595±0,223	9	0,452	—4,2

Эти данные говорят о том, что влияние насекомых-фитофагов, по-видимому, является одним из основных факторов, обуславливающих отмеченную ранее большую вариабельность прироста поздней древесины во времени, чем в пространстве.

Влияние насекомых на ранний прирост изучено сравнительно слабо. Результаты исследований [4] показывают, что прирост ранней древесины данного года находится в обратной зависимости от степени повреждения листы насекомыми в предыдущем вегетационном периоде. Следовательно, должна существовать прямая связь между приростом поздней древесины предыдущего ( $GL_{(n-1)}$ ) и приростом ранней древесины последующего ( $GL_n$ ) года. И действительно, эта связь нами выявлена, хотя, как видно из табл. 2, коэффициент корреляции в разные годы колеблется от 0,914 до 0,212. Статистический анализ показал, что эти колебания на 23,4 % определяются динамикой потерь позднего прироста  $WL$  (коэффициент детерминации  $D = 0,234$ ) и на 26,8 % ( $D=0,268$ ) — изменениями агрегированности пространственного распределения насекомых-фитофагов по годам: чем больше средняя оценка  $WL$  и соответственно чем более равномерным было пространственное распределение насекомых, тем сильнее оказывалась связь между показателями  $GL_{(n-1)}$  и  $GL_n$ .

В целом за период исследований коэффициент корреляции между этими показателями равняется  $0,597 \pm 0,198$  при уровне вероятности 99 %; уравнение связи имеет вид

$$GE_n = 0,111GL_{(n-1)} + 0,310. \quad (1)$$

Из уравнения (1) следует, что увеличение (уменьшение) позднего прироста на определенное значение вызвало в 9 раз меньшее увеличение (уменьшение) раннего прироста. Кроме того, даже при полном отсутствии прироста поздней древесины прирост ранней древесины составил 0,31 мм.

С другой стороны, прирост ранней древесины  $GE_n$  положительно коррелирует с поздним приростом этого же года  $GL_n$  ( $r=0,692 \pm 0,170$ ). Таким образом, формируется причинно-следственная связь: интенсивный рост поздней древесины и соответственно накопление большего запаса органических веществ улучшают условия для формирования ранней древесины следующего года, а более мощная система водопроводящих элементов ранней древесины — рост поздней древесины и т. д. Наличие этих взаимосвязей определяет долговременность воздействия неблагоприятных условий на рост деревьев: как неоднократно отмечалось [13, 14 и др.], повреждение листы насекомыми снижает прирост древесины не только в данный, но и во 2—3-й последующие годы.

Рассмотренные выше особенности прироста ранней древесины (сравнительно малая временная и пространственная изменчивость, фактическое отсутствие зависимости от погодных условий в период роста, связь с метеорологическими условиями при формировании поздней древесины предыдущего года и прямая зависимость от ее размера, но в то же время достаточно интенсивный рост при полном отсутствии позднего прироста в предыдущий год и т. п.) свидетельствуют о том, что в средневозрастных дубравах он зависит в основном от физиологического состояния деревьев и происходит за счет органических веществ, накопленных за ряд предыдущих вегетаций, т. е. в данном случае включается компенсаторный механизм, который смягчает воздействие неблагоприятных факторов, и в том числе насекомых-фитофагов.

Потери раннего прироста древесины  $WE$ , рассчитанные путем сопоставления его фактических значений с вычисленными по уравнению (1), оказались значительно меньше потерь позднего прироста (табл. 2). Среднее значение  $WE$  за весь период исследований равно 8,4 %, тогда как среднее значение  $WL$  — 27,5 %. Отрицательные значения  $WE$  для 1974, 1976 и 1979 гг. означают, что фактический прирост оказался больше теоретического. Возможной причиной является неточность расчетов из-за недостаточной тесноты корреляции между параметрами уравне-

ния (1). Однако следует обратить внимание на то, что предшествующие годы отличались сравнительно небольшими потерями позднего прироста, а в 1974 и 1976 гг. был более холодный, чем обычно, май (13,6 и 12,4 °С при средней многолетней, равной 14,5 °С) и соответственно более длительный период роста ранней древесины.

Большая стабильность прироста ранней древесины и его зависимость от почвенных и гидрологических условий местопроизрастания определяют принципиальную возможность использования этого показателя в качестве своеобразной контрольной величины для получения количественных данных о деятельности насекомых-фитофагов, в частности о степени повреждения ими листы и потерях позднего прироста. Как показал корреляционный анализ, зависимость показателя  $GE/(GE+GL)$  от степени повреждения листы насекомыми  $D$  очень тесная: для 1976 г.  $r = 0,964 \pm 0,100$ , для 1977 г.  $r = 0,951 \pm 0,098$ . Соответствующие уравнения связи

$$D_{76} = 255,2GE/ET - 41,5, \quad (2)$$

$$D_{77} = 297,6GE/GT - 66,6, \quad (3)$$

где  $GT = GE + GL$ , мм;  $D$  — степень повреждения листы, %. Поскольку между этими уравнениями нет статистически достоверных различий, лучше использовать выражение

$$D = 264,3GE/GT - 49,4 \text{ при } GE/GT > 0,2. \quad (4)$$

Из уравнений (2) — (4), в частности, следует, что даже при отсутствии насекомых доля ранней древесины в годичном слое составит около 20 % и вместе с тем даже при полном уничтожении листьев эта доля не превысит 60%. Это хорошо согласуется с опубликованными ранее данными [9].

Выявлена также тесная связь между долей ранней древесины в годичном приросте и потерями позднего прироста в отдельные годы: для 1976 г.  $r = 0,990 \pm 0,053$ , для 1977 г.  $r = 0,872 \pm 0,185$ . Однако уравнения связи

$$WL_{76} = 218,4GE/GT - 20,4, \quad (5)$$

$$WL_{77} = 161,2GE/GT - 25,5, \quad (6)$$

дают существенно разные оценки результативного признака: при одних и тех же значениях  $GE/GT$  оценки  $WL$  для дождливого 1976 г. значительно больше, чем для засушливого 1977 г.

Влияние метеорологических условий на соотношение  $GE/GT$  и  $WL$  обуславливает менее тесную (хотя и достоверную) связь между этими переменными при объединении данных разных лет: для периода 1960—1979 гг.  $r = 0,750 \pm 0,156$ , уравнение связи

$$WL = 187,7GE/GT - 41,4. \quad (7)$$

Разность между фактическими оценками  $WL$  и рассчитанными по уравнению (7) достаточно тесно коррелирует с суммой осадков в мае — августе ( $r = 0,619 \pm 0,185$ ), что позволяет использовать этот показатель при расчетах

$$WL = 187,7GE/GT + 0,116P_{V-VIII} - 65,4. \quad (8)$$

Ошибка последнего уравнения равна  $\pm 9,8\%$ .

У ряда древесных пород крайне трудно по морфологическим признакам определить точные границы между ранней и поздней древесиной и соответственно их соотношение. Поэтому важно установить принципиальную возможность использования данных только по одному типу древесины (ранней, поздней или общей) для количественной оценки влияния насекомых-фитофагов на его размер. С этой целью нами проведен факторный анализ роста деревьев в исследуемых древостоях за 20 лет. При использовании его как метода математической статистики можно брать данные не контролируемого эксперимента, а наблюдений над естественными изменениями природных экосистем.

Матрица корреляций прироста ранней древесины в 15 древостоях за 20 лет

Индекс года	Z <sub>60</sub>	Z <sub>61</sub>	Z <sub>62</sub>	Z <sub>63</sub>	Z <sub>64</sub>	Z <sub>65</sub>	Z <sub>66</sub>	Z <sub>67</sub>	Z <sub>68</sub>	Z <sub>69</sub>	Z <sub>70</sub>	Z <sub>71</sub>	Z <sub>72</sub>	Z <sub>73</sub>	Z <sub>74</sub>	Z <sub>75</sub>	Z <sub>76</sub>	Z <sub>77</sub>	Z <sub>78</sub>	Z <sub>79</sub>	
Z <sub>60</sub>	986																				
Z <sub>61</sub>	982	939																			
Z <sub>62</sub>	965	922	951																		
Z <sub>63</sub>	905	861	919	929																	
Z <sub>64</sub>	900	861	901	948	917																
Z <sub>65</sub>	741	725	752	815	834	783															
Z <sub>66</sub>	787	714	871	886	821	736	948														
Z <sub>67</sub>	857	793	903	858	791	781	960	994													
Z <sub>68</sub>	808	768	861	886	801	759	965	997	996												
Z <sub>69</sub>	750	683	797	895	830	815	901	955	955	939											
Z <sub>70</sub>	765	731	814	882	794	669	927	929	950	929	961										
Z <sub>71</sub>	649	622	679	796	695	466	854	813	884	770	872	901									
Z <sub>72</sub>	558	509	648	815	728	556	901	839	879	832	936	942	955								
Z <sub>73</sub>	676	593	747	758	663	508	881	892	905	766	869	812	872	852							
Z <sub>74</sub>	644	604	706	778	672	582	814	794	821	777	826	800	802	751	755						
Z <sub>75</sub>	494	436	540	738	683	610	788	733	811	783	898	846	904	715	750	903					
Z <sub>76</sub>	521	454	595	697	660	562	784	784	834	782	858	770	882	821	757	880	923				
Z <sub>77</sub>	526	473	618	679	564	471	815	773	816	749	877	768	842	861	737	855	934	925			
Z <sub>78</sub>	655	621	745	849	793	763	862	844	827	788	825	753	819	740	749	791	706	658	883		
Z <sub>79</sub>	704	650	709	845	799	703	807	804	818	807	830	812	843	719	770	881	791	754	893	913	

В табл. 3 и 4 приведены коэффициенты корреляции между приростами (ранним и поздним), рассчитанные по принципу «каждый год коррелирует с каждым». Для более компактного изложения материала приведены не полные значения связей, а цифры после запятой. Каждая из корреляционных матриц включает показатели связи для 190 сочетаний разных лет. Кроме того, на главной диагонали матриц приведены оценки общностей, рассчитанные методом малого центроида [11]. В результате расчетов по стандартному центроидному методу были определены факторные нагрузки  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  (табл. 5), сравнимые с коэффициентами при независимых переменных в уравнениях множественной регрессии и количественно характеризующие влияние трех факторов на прирост древесины в каждый год рассматриваемого периода.

Матрица корреляций прироста поздней древесины в 15 древостоях за 20 лет

Индекс года	Z <sub>60</sub>	Z <sub>61</sub>	Z <sub>62</sub>	Z <sub>63</sub>	Z <sub>64</sub>	Z <sub>65</sub>	Z <sub>66</sub>	Z <sub>67</sub>	Z <sub>68</sub>	Z <sub>69</sub>	Z <sub>70</sub>	Z <sub>71</sub>	Z <sub>72</sub>	Z <sub>73</sub>	Z <sub>74</sub>	Z <sub>75</sub>	Z <sub>76</sub>	Z <sub>77</sub>	Z <sub>78</sub>	Z <sub>79</sub>	
Z <sub>60</sub>	773																				
Z <sub>61</sub>	857	875																			
Z <sub>62</sub>	477	767	814																		
Z <sub>63</sub>	471	285	128	630																	
Z <sub>64</sub>	459	369	355	582	543																
Z <sub>65</sub>	566	624	673	260	530	895															
Z <sub>66</sub>	645	753	801	303	406	900	933														
Z <sub>67</sub>	566	760	859	240	367	801	926	932													
Z <sub>68</sub>	669	687	689	628	503	607	721	717	779												
Z <sub>69</sub>	337	313	441	200	-033	065	403	307	543	485											
Z <sub>70</sub>	406	372	530	640	253	394	508	546	790	666	920										
Z <sub>71</sub>	351	211	284	759	379	388	421	405	744	494	909	896									
Z <sub>72</sub>	468	572	725	417	342	658	784	815	807	484	729	667	877								
Z <sub>73</sub>	458	676	864	307	370	787	867	912	718	378	670	547	893	914							
Z <sub>74</sub>	273	428	626	556	347	394	501	603	741	451	862	763	682	758	778						
Z <sub>75</sub>	454	369	427	727	384	515	589	574	717	387	898	919	639	654	803	942					
Z <sub>76</sub>	257	534	736	-043	-072	392	519	660	460	390	560	291	685	769	658	378	686				
Z <sub>77</sub>	341	328	392	357	553	814	714	580	361	-156	278	382	347	554	479	577	016	801			
Z <sub>78</sub>	213	348	554	472	535	638	579	552	525	028	549	568	406	654	697	726	284	796	776		
Z <sub>79</sub>	212	175	393	520	376	496	534	482	576	245	751	786	508	552	690	886	259	642	748	858	

Оценка центроидных факторов динамики прироста древесины деревьев дуба

Год	Ранний прирост			Поздний прирост		
	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$
1960	0,840	-0,497	-0,184	0,626	0,272	0,120
1961	0,787	-0,511	-0,186	0,701	0,513	0,187
1962	0,883	-0,384	-0,180	0,785	0,438	0,077
1963	0,945	-0,216	0,101	0,574	-0,494	-0,071
1964	0,884	-0,323	0,217	0,514	-0,216	0,382
1965	0,770	-0,361	0,333	0,775	0,170	0,478
1966	0,961	0,024	-0,089	0,871	0,332	0,247
1967	0,971	-0,079	-0,160	0,857	0,360	0,150
1968	0,979	0,015	-0,121	0,883	0,064	-0,187
1969	0,932	-0,055	0,080	0,437	0,186	-0,548
1970	0,968	0,118	-0,052	0,832	-0,232	-0,513
1971	0,875	0,280	-0,126	0,760	-0,464	-0,386
1972	0,907	0,363	0,060	0,851	0,228	-0,229
1973	0,870	0,210	-0,263	0,905	0,245	0,030
1974	0,841	0,137	-0,031	0,823	-0,241	-0,280
1975	0,849	0,389	0,243	0,855	-0,430	-0,165
1976	0,847	0,361	0,055	0,573	0,433	-0,314
1977	0,830	0,383	-0,118	0,623	-0,277	0,634
1978	0,879	0,043	0,218	0,724	-0,388	0,333
1979	0,895	0,102	0,241	0,727	-0,485	-0,021

Методика факторного анализа, как известно, не дает возможности однозначно определить природу этих факторов. Однако имеющиеся данные, изложенные ранее, позволяют выдвинуть определенные гипотезы о их сущности. При анализе табл. 5 видно, что во всех случаях факторные нагрузки  $C_1$  положительны и высоки (от 0,514 до 0,979); их численные значения для раннего прироста, как правило, выше, чем для позднего. И, наконец, для обоих типов древесины значения  $C_1$  имеют тенденцию к уменьшению в направлении от середины рассматриваемого периода к его началу и концу. Совокупность этих признаков указывает на то, что первым фактором, по всей вероятности, является хронологическая, временная взаимосвязь приростов разных лет, причем у раннего прироста эта зависимость закономерно более сильная, чем у позднего, поскольку первый в гораздо меньшей мере зависит от временных факторов, чем второй. И действительно, из табл. 3 и 4 видно, что чем дальше отстоят сравниваемые годы, тем ниже показатели связи. Так, нетрудно подсчитать, что для раннего прироста средняя оценка коэффициента корреляции для 19 пар смежных лет ( $n$ ) и ( $n+1$ ) равна +0,881, для 18 пар лет ( $n$ ) и ( $n+2$ ) +0,840, для 17 пар лет ( $n$ ) и ( $n+3$ ) +0,836 и т.д. Для позднего прироста соответствующие показатели равны +0,662, +0,537, +0,545 и т.д., т. е. значительно ниже.

Нагрузки  $C_2$  и  $C_3$ , по-видимому, отражают действие пространственных факторов. Как показал корреляционный анализ, связь факторных нагрузок  $C_2$  позднего прироста с индексом агрегированности  $k$  пространственного распределения насекомых-фитофагов обратная ( $r = -0,755 \pm 0,217$ ). Но как было указано выше, степень агрегированности обратно зависит от средней плотности популяции, т. е. силы воздействия насекомых на прирост древесины. Это обуславливает прямую корреляционную зависимость между нагрузками второго фактора и потерями позднего прироста в соответствующие годы ( $r = 0,756 \pm 0,154$ ), практически равную определенной ранее связи между величинами  $GE/GT$  и  $WL$ . Таким образом, нагрузки второго фактора позднего прироста могут использоваться для расчетов его потерь в очагах массового размножения листогрызущих насекомых по уравнению регрессии

$$WL = 41,326C_2 + 27,4. \quad (9)$$

Связь нагрузок второго фактора ранней древесины с потерями ее прироста также отрицательная, но менее тесная ( $r = -0,262 \pm 0,234$ ),



что, видимо, обусловлено меньшей точностью определения второго показателя и сравнительно небольшим влиянием повреждения листьев.

Третий из выделенных при анализе табл. 3 и 4 факторов, очевидно, связан с остаточным действием (последствием) повреждения листьев в данном году на прирост древесины следующего года: выявлена достоверная корреляционная связь между потерями позднего прироста в год ( $n$ ) и факторными нагрузками  $C_3$  в год ( $n+1$ ):  $r=0,429+0,219$  при вероятности более 90%; для раннего прироста такой связи не выявлено.

### Выводы

1. Динамика роста древесины деревьев по толщине ствола определяется сложным комплексом пространственных и временных факторов. В нагорных дубравах Саратовской области размах варьирования прироста ранней и поздней древесины под влиянием первой группы факторов примерно одинаковый (коэффициенты вариации равны соответственно 20 и 22%), однако колебания раннего прироста в большей мере зависят от высоты местопроизрастания, а позднего — от экспозиции склона.

По годам колебания прироста поздней древесины существенно выше, чем прироста ранней древесины (коэффициенты вариации 16 и 42%), чему в значительной мере способствовала существенно большая временная (в сравнении с пространственной) вариабельность плотности популяций насекомых-фитофагов и силы их влияния на рост древостоев.

2. Радиальный прирост поздней древесины прямо зависит от количества осадков в течение вегетационного периода данного года, ранней древесины — от количества осадков в течение вегетационного периода предыдущего года. Большее значение имеет количество осадков в июне, существенно меньшее — в июле и августе.

3. Совместное воздействие пространственных и временных факторов реализуется в существовании непрерывной причинно-следственной связи: условия роста ранней древесины обуславливают условия роста поздней, что, в свою очередь, определяет интенсивность ростовых процессов в следующей вегетации. Следствием этого является долговременность воздействия благоприятных и неблагоприятных факторов на рост древесины.

4. Воздействие основных пространственно-временных переменных факторов на рост нагорных дубрав описано системой простых регрессионных уравнений, на основе которых разработаны алгоритмы расчетов, включающие как натуральные показатели (размер разных типов прироста), так и индексные величины, вычисляемые в ходе вариационно-статистической обработки исходных данных. Методика расчетов основана на статистически достоверных зависимостях, позволяющих определять потери прироста древесины в очагах массового размножения насекомых-фитофагов с необходимым для практических целей точностью.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Барабаншиков А. С. Дубовые типы леса Саратовской области. — Тр. Саратов. с.-х. ин-та, 1968, т. 18, с. 12—106.
2. Белов Д. Н. Санитарное состояние нагорных дубрав Саратовской области в связи с высотой места их произрастания. — М.: ТСХА, 1985/Деп. в ЦБНТИлесхоз 23 декабря 1985 г. № 443-лх.
3. Белов А. Н. Влияние листогрызущих насекомых на рост дубовых древостоев. — Лесное хоз-во, 1986, № 4, с. 67—69.
4. Белов А. Н. Радиальный прирост деревьев дуба после вспышки массового размножения непарного шелкопряда. — Изв. ТСХА, 1987, вып. 2, с. 194—199.
5. Воронцов А. И. Патология леса. — М.: Лесная промышленность, 1978.
6. Грейг-Смит П. Количественная экология растений. — М.: Мир, 1967.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта/С основами статистической обработки результатов. — М.: Колос, 1979.
8. Знаменский В. С. О формировании и развитии комплексных очагов листогрызущих насекомых в дубравах. — Науч. докл. высш. школы/Биол. науки, 1972, № 11, с. 19—23.
9. Знаменский В. С., Белов А. Н. Прогноз целесообразности борьбы с вредными лесными насекомыми. — Экспресс-информ.: Охрана и защита леса. М.: Изд-во ЦБНТИлесхоз, 1981, вып. 1, с. 1—20.
10. Зубов П. А. Вредоносность листогрызущих насекомых и влияние борьбы с

ними на прирост дубрав. — В кн.: Защита леса от вредителей и болезней. М.: Лесная промышленность, 1968, с. 121—130. — **11.** Окунь Я. Факторный анализ. — М.: Статистика, 1974. — **12.** Санитарные правила в лесах СССР. — М.: Лесная промышленность, 1970. — **13.** Седашева Г. Я. Жизнестойкость молодых дубовых насажде-

ний в зависимости от объедания листьев с них дубовым шелкопрядом. — В кн.: Культура дубового шелкопряда в СССР. М.: ОГИЗ — Сельхозгиз, 1948, с. 182—198. — **14.** Семевский Ф. Н. Прогноз в защите леса. — М.: Лесная промышленность, 1971.

Статья поступила 16 февраля 1987 г.

## SUMMARY

Spatial and temporal variability of radial wood increment in shoot oak-groves of middle age in Saratov region is analyzed. The growth of early and late wood during 20 years has been observed in connection with location of the oak-groves, slope exposure, weather, the extent of leaf injury caused by insects-phytophages. Mathematical regularities which characterize the effect of leaf-chewing insects on wood increment are found.