

УДК 630\* 450

***А.Н. Белов***

Белов Анатолий Николаевич родился в 1949 г., окончил в 1972 г. Московский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией арборицидов Всероссийского научно-исследовательского института химизации лесного хозяйства. Имеет более 80 печатных трудов в области лесоведения, лесозащиты и экологии.



### **ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛИСТВЫ НАСЕКОМЫМИ**

На основе математического анализа определены отдельные профессионально-психологические качества специалистов по экспертной оценке состояния деревьев в очагах насекомых-фитофагов. Указаны необходимые условия получения объективных данных при проведении учетных работ.

листогрызущие насекомые, дуб, береза, осина, эксперты, согласованность оценок.

Степень повреждения листьев и хвои – один из главных критериев, на основе которых делается вывод о вреде, причиняемом лесными насекомыми-фитофагами. К настоящему времени разработан ряд методик количественного определения этого показателя, наиболее оперативные и практичные из которых основаны на визуальной (экспертной) оценке [3, 4 и др.]

Несмотря на внешнюю простоту, визуальная оценка повреждений листьев и хвои относится к числу наиболее сложных экспертных работ, и для ее правильного выполнения требуются определенные профессиональные качества и навыки. В общем случае эксперт должен быть компетентен, объективен и заинтересован в проведении своей работы [5]. Конкретное содержание этих качеств в каждом виде экспертизы и их наличие у конкретных экспертов может быть установлено на основе сравнительного математического анализа материалов визуальной оценки состояния одних и тех же участков леса.

Наше исследование основано на данных, полученных в дубовых, березовых и осиновых древостоях Пензенской, Саратовской и Костромской областей, повреждавшихся листогрызущими насекомыми в разные годы, начиная с 1976 г. Методика работ включала визуальную оценку степени повреждения листьев в кронах 50 ... 200 деревьев в каждом учетном пункте (лесопатологическом выделе) и прямое ее измерение в пробах листьев из трех вертикальных слоев крон 5 ... 10 средних деревьев с помощью палетки [1].

Визуальную оценку выполняли способом подервного учета с использованием неравномерной оценочной шкалы. При малом и большом по-

вреждении крон (менее 5 и более 95 %) оценочный шаг равен 1 %, т. е. возможны оценки 2, 96 % и т. п. В интервале экспертных оценок от 5 до 95 % оценочный шаг 5 %. Как правило, бригада экспертов, одновременно учитывающих состояние деревьев на одних и тех же пробных площадях, включала трех человек (максимум пятерых, минимум двоих). Периодически практиковали повторные учеты состояния одних и тех же участков леса с интервалом 0,5 ... 1,0 ч между окончанием предыдущего и началом последующего учетов. Это позволяло работать при практически неизменном состоянии деревьев и обеспечивало достаточный отдых экспертам. Большое количество учетных деревьев исключало возможность запоминания экспертами ранее сделанных оценок, что делало последние независимыми одна от другой.

Обработка полученных данных выполнялась стандартными методами вариационной статистики и заключалась в решении вопроса, в какой мере согласуются оценки степени повреждения крон деревьев на одних и тех же пробных площадях, сделанные: 1) разными экспертами; 2) одним и тем же экспертом в ходе двух и более повторных учетов.

В качестве показателя согласованности экспертных данных использовали коэффициент корреляции между оценками степени повреждения одних и тех же выборочных совокупностей деревьев  $r_{ij}$ . При  $r_{ij} = 1,0$  имеет место полная согласованность; при  $1,0 > r_{ij} \geq 0,9$  очень хорошая; при  $0,9 > r_{ij} > 0,8$  хорошая; при  $0,8 > r_{ij} > 0,6$  удовлетворительная и при  $r_{ij} < 0,6$  слабая.

Таблица 1

Условное обозначение эксперта	Номер учета	Номер экспертизы	Показатель согласованности $r_{ij}$ по номерам экспертиз							
			1	2	3	4	5	6	7	8
$\mathcal{E}_a$	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–
	2	2	0,863	–	–	–	–	–	–	–
$\mathcal{E}_b$	1	3	0,771	0,866	–	–	–	–	–	–
	2	4	0,796	0,892	0,906	–	–	–	–	–
$\mathcal{E}_b$	1	5	0,676	0,834	0,800	0,809	–	–	–	–
	2	6	0,701	0,839	0,840	0,855	0,939	–	–	–
	3	7	0,705	0,834	0,868	0,849	0,931	0,968	–	–
	4	8	0,712	0,839	0,883	0,858	0,924	0,960	0,960	–

В табл. 1 приведена типичная матрица корреляций визуальных оценок степени повреждения деревьев по данным восьми экспертиз, сделанных тремя экспертами: два эксперта проводили учет дважды, один – четыре раза. В таблице заключены 28 коэффициентов корреляции – показателей согласованности экспертов. Из них 8 показателей характеризуют степень согласованности повторных измерений одними и теми же экспертами, 20 – оценки состояния одних и тех же деревьев разными экспертами.

Как видно из таблицы, для всех сравниваемых пар учетов показатель согласованности достаточно высок: в 22 случаях  $r_{ij} > 0,8$ , в 5 случаях  $0,7 < r_{ij} < 0,8$  и лишь в одном случае  $r_{ij} < 0,7$ . Это означает, что у разных экспертов складываются в значительной мере сходные впечатления об отно-

сительной степени повреждения разных деревьев. Однако повторные учеты одних и тех же экспертов коррелируют более тесно, чем данные разных экспертов. Так, в первом случае среднее значение из 8 показателей  $r_{ij} = 0,931$ , а во втором среднее из 20 показателей 0,811.

Следовательно, выводы каждого эксперта весьма постоянны и мало меняются при повторных учетах, в то время как разброс оценок разных экспертов заметно больше. Если эксперт  $\mathcal{A}_a$  при первом учете оценивал степень повреждения двух деревьев соответственно в 20 и 75 %, то при втором обычно давал те же оценки либо отличающиеся на 5, реже 10 % и более. Второй эксперт при осмотре тех же деревьев мог оценить степень поврежденности в 30 и 60 %, т. е. также считал, что первое дерево повреждено меньше, а второе больше, но пользовался несколько иной количественной шкалой в силу специфического субъективного восприятия оцениваемого объекта.

При анализе табл. 1 видно, что оценки при повторных учетах коррелируют между собой более тесно, чем при первых учетах. Так, для первого учета  $r_{ij}$  экспертов  $\mathcal{A}_a$  и  $\mathcal{A}_б$  равен 0,771, а для второго 0,892; для экспертов  $\mathcal{A}_a$  и  $\mathcal{A}_в$  соответственно 0,676 и 0,839;  $\mathcal{A}_б$  и  $\mathcal{A}_в$  – 0,800 и 0,855. Это означает, что по мере проведения учетов эксперты постепенно повышают уровень объективности и независимо один от другого вырабатывают сходные относительные оценочные шкалы.

Таблица 2

Условное обозначение эксперта	Номер учета	Факторные нагрузки		
		$C_1$	$C_2$	$C_3$
$\mathcal{A}_a$	1	0,823	-0,320	0,138
	2	0,927	-0,231	0,155
$\mathcal{A}_б$	1	0,924	-0,135	-0,205
	2	0,929	-0,177	-0,097
$\mathcal{A}_в$	1	0,926	0,245	0,123
	2	0,955	0,247	0,019
	3	0,957	0,232	-0,055
	4	0,959	0,203	-0,092

Эта особенность чрезвычайно важна с практической точки зрения, так как указывает на необходимость «разминки» экспертов. В каждом учетном пункте непосредственно перед началом экспертизы они должны тщательно осмотреть 20 ... 30 деревьев разной степени поврежденности, чтобы выработался стереотип оценки.

Матрица показателей степени согласованности была использована для проведения факторного анализа по методике, описанной в работе [2]. В результате расчетов получена система нагрузок трех ортогональных факторов, характеризующих восемь рядов оценок степени повреждения деревьев по данным трех экспертов (табл. 2). Факторные нагрузки являются количественными показателями, аналогичными коэффициентам при независимых переменных в уравнениях множественной регрессии. Сопоставляя эти ве-

личины с дополнительными сведениями об экспертах, можно следующим образом дифференцировать отдельные профессиональные и психологические качества экспертов по их значимости.

Первый фактор – нагрузки  $C_1$ , характеризующие способность человека достаточно точно соотносить фактическую массу листьев (хвои) в кроне дерева, наблюдаемую в момент проведения экспертизы, с ее потенциальным количеством (в отсутствие насекомых) в зависимости от конкретных параметров деревьев (высота, протяженность крон, развитие ветвей) и густоты их стояния. Эта способность хорошо развита у большинства специалистов-практиков лесного хозяйства, поэтому закономерно, что в рассмотренном примере (табл. 2) все оценки  $C_1$  положительны и близки между собой: от 0,823 до 0,959. Характерно, что у каждого эксперта последующая оценка  $C_1$  больше предыдущей. Это согласуется с отмеченным ранее значением предварительной «разминки» экспертов.

Вторым фактором является продолжительность практической работы в качестве эксперта. В табл. 2 максимальные значения  $C_2$  у наиболее опытного эксперта  $\mathcal{E}_в$ , минимальные у эксперта  $\mathcal{E}_а$ , имеющего наименьший стаж практической работы.

Третий фактор характеризует способность эксперта к эффективному выполнению монотонной и однообразной работы, которой является последовательная оценка состояния крон нескольких десятков деревьев. В рассмотренном примере в наибольшей мере этой способностью обладал эксперт  $\mathcal{E}_а$ , в наименьшей – эксперт  $\mathcal{E}_б$ .

Судя по численным значениям факторных нагрузок, в комплексе перечисленных факторов наибольшее значение имеет первый: оценки  $C_1$  заметно больше по абсолютной величине, чем  $C_2$  и  $C_3$ . Рассматривая совокупность этих факторов в целом, на основе данных табл. 2 можно предположить, что наиболее объективным был эксперт  $\mathcal{E}_в$ , наименее – эксперт  $\mathcal{E}_б$ . Фактические данные подтверждают это предположение: при действительной степени повреждения листьев 85,5 % средние оценки эксперта  $\mathcal{E}_в$  в разных учетах колебались от 82,4 до 86,0 %, эксперта  $\mathcal{E}_а$  от 79,5 до 81,4 %, эксперта  $\mathcal{E}_б$  от 67,6 до 68,3 %.

Результаты проведенного исследования показывают, что соблюдение рассмотренных условий обеспечивает необходимую точность визуально-экспертных оценок в очагах массовых размножений хвоелистогрызущих насекомых, позволяет включать экспертные данные в комплекс количественных критериев для прогнозирования развития очагов и принятия решений по регулированию численности вредителей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов А.Н. Некоторые особенности повреждения листьев гусеницами непарного шелкопряда // Роль науки в создании лесов будущего: Тез. докл. Всесоюз. конф. – Л., 1981. – С. 154-155.
2. Белов А.Н. Применение факторного анализа в лесозащите // Лесн. хоз-во. – 1990. – № 6. – С. 49-52.

3. *Богачева И.А.* Упрощенный метод для определения степени повреждения поверхности листа листогрызущими насекомыми // Тр. Ин-та экологии растений и животных. – 1979. – № 119. – С. 110-116.

4. *Иерусалимов Е.Н.* Определение интенсивности повреждения листвы деревьев насекомыми в окрестностях стационара Буон-Лой // Фауна и экология животных Вьетнама. – М.: Наука, 1983. – С. 170-178.

5. Построение экспертных систем / Ред. Ф. Хейес-Рот, Д. Уотерман, Д. Ленат. – М.: Мир, 1987. – 443 с.

Всероссийский НИИ химизации  
лесного хозяйства

Поступила 15.06.98

*A.N. Belov*

### **Factor Analysis of Expert Evaluation of the Damage Degree of Foliage by Insects**

Based on the mathematical analysis certain professional-and-psychological characteristics of experts on evaluation of the tree state in the focus of insects-phytophages have been identified. The necessary conditions of obtaining the objective data when carrying out the inventory work have been pointed out.

---