

да. В таких насаждениях сама природа отбирает лучшие деревья и создает более устойчивые природные биогеоценозы. В насаждениях естественного происхождения наблюдается плановое увеличение прироста до 40 — 50-летнего возраста, затем происходит постепенное его уменьшение.

В искусственных древостоях кульминация прироста наступает значительно раньше. До 20 — 30 лет происходит быстрый рост, затем темп роста уменьшается и в возрасте 60 — 80 лет продуктивность естественных и искусственных сосновых насаждений выравнивается и дальше с возрастом прирост естественных насаждений часто превосходит прирост искусственных [4].

Таким образом, в сосновых насаждениях I<sup>a</sup> — III классов бонитета оптимальные условия для прироста независимо от происхождения создаются при сумме площадей сечений древостоя 35 — 43 м<sup>2</sup>/га в возрасте 70 — 90 лет. Эти древостои по нормативным таблицам для инвентаризации лесного фонда БССР принято считать нормальными с полнотой единица.

В целях унификации методов определения полноты назрела необходимость принять таблицы в качестве единого эталона для установления этого важнейшего таксационного показателя. Только при таких условиях можно будет производить сопоставления результатов исследований и устанавливать степень эффективности проводимых лесохозяйственных мероприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А н у ч и н Н.П. Лесная таксация. — М.: Лесн. пром-сть, 1977, с. 512.
2. За г р е в В.В. Влияние полноты на текущий прирост сосновых насаждений. — Лесн. хоз-во, 1962, №9, с. 36—39.
3. М о и с е е н к о Ф.П. О закономерностях в росте, строении и товарности насаждений. — Киев, 1965, с. 72.
4. М и р о ш н и к о в В.С. Исследование абсолютного текущего прироста сосновых и еловых насаждений БССР. — В сб.: Вопр. древесного прироста в лесоустройстве. Каунас, 1967, с. 48 — 57.

УДК 630<sup>x</sup> 524.11

Д.В.МИХНЮК, канд. с.-х. наук (БТИ)

### РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ СВЯЗИ ВИДОВЫХ ЧИСЕЛ СТВОЛОВ В СПЕЛЫХ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ

В лесной таксации для вычисления объемов стволов в течение длительного времени используются старые видовые числа. Однако непосредственное определение их — это очень трудоемкая работа. Поэтому многочисленными исследователями изучались модели связи видовых чисел с основными таксационными показателями деревьев. В результате исследований разработаны регрессионные уравнения связи видовых чисел с коэффициентами формы  $Q_2$ , высотой, диаметрами и другими таксационными показателями.

Для оценки регрессионных моделей видовых чисел использованы материалы четырех пробных площадей (п. п.) со сплошной рубкой деревьев. Пробные площади заложены в чистых спелых среднеполнотных древостоях II, III, IV, V<sup>a</sup> классов бонитета в лишайниковом, брусничном и сфагновом типах леса. На п. п. обмерено 792 дерева. Данные таксации деревьев исполь-

зованы для оценки уравнений параболы, сложной переменной, австралийской, Г.Мейера, М.Неслунда, Г.С.Воинова, А.В.Богачева, А.М.Межибовского, Ф.Летча, А.А.Кулешиса и И.И.Кенставичуса, В.В.Успенского, Б.А.Шустова, А.Шиффеля, М.Продана, Ф.Циорера — всего 24 уравнения, приведенных к множественной регрессии вида

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n,$$

где  $y$  — зависимая переменная (видовые числа);  $b_0, b_1, \dots, b_n$  — коэффициенты регрессии;  $x_1, x_2, \dots, x_n$  — независимые переменные.

В качестве независимых переменных в уравнениях связи использовались высоты, диаметры на высоте груди, коэффициенты формы  $q_2$ , протяжение кроны, логарифмы их — всего 28 сочетаний. Количество независимых переменных в уравнениях изменяется от одной до шести.

Для решения уравнений методом наименьших квадратов проводилась линеаризация [1] переменных. Оценка коэффициентов регрессий проводилась на ЕС ЭВМ по стандартной программе регрессионного анализа [2]. При оценке уравнений принято, что: 1) уравнение связи должно объяснять не менее 90% вариации видовых чисел ( $R^2 \geq 0,90$ ); 2) стандартная оценка ошибки видовых чисел по уравнению — менее 5% среднего значения; 3) оценка коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента проводилась на 5%-ном уровне значимости.

Таблица 1  
Корреляция видовых чисел с таксационными показателями деревьев

№ п. п.	Таксационные показатели					
	д	д <sup>2</sup>	1/д	1/д <sup>2</sup>	н/д	н/д <sup>2</sup>
Коэффициенты корреляции						
1	0,729	0,758	0,756	0,821	0,758	0,727
2	0,827	0,824	0,931	0,821	0,824	0,964
3	0,985	0,927	0,978	0,917	0,927	0,980
4	0,973	0,960	0,938	0,900	0,960	0,827
Таксационные показатели						
	lg д	lg <sup>2</sup> д	д/н	д/(д+н)	q <sub>2</sub>	q <sub>2</sub> <sup>2</sup>
Коэффициенты корреляции						
1	0,674	0,671	0,728	0,746	0,998	0,998
2	0,837	0,801	0,887	0,703	0,988	0,988
3	0,976	0,978	0,873	0,924	0,988	0,988
4	0,909	0,937	0,972	0,973	0,987	0,989

Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) показывает, какая часть дисперсии видовых чисел объясняется вариацией линейной комбинации выбранных факторов. В спелых сосновых древостоях (табл. 1) наиболее тесная корреляционная связь [3] наблюдается с диаметрами, их сочетаниями с высотой, логарифмами диаметров, коэффициентами формы  $q_2$ . Коэффициенты корреляции уменьшаются с увеличением высот. На всех пробных площадях коэффициенты корреляции видовых чисел с диаметрами больше, чем с высотами.

Теснота корреляционной связи значительно влияет на величину коэффициента детерминации. Однако даже при наличии тесной связи видовых чисел с  $1/D$  и  $1/DH$  коэффициенты детерминации уравнений парной связи на п.п. 1 меньше принятого уровня. С увеличением числа независимых переменных коэффициент детерминации увеличивается и становится больше 0,9.

В результате уменьшения коэффициентов корреляции с увеличением высот на п.п. №3 коэффициенты детерминации становятся меньше 0,9 уравнений не только парной связи, но и с двумя независимыми переменными. На п. п. 1 только уравнения Г.Мейера и М.Неслунда (С.Спурр, 1952) с 5 и 6 независимыми переменными показали хорошую адекватность ( $R^2 > 0,9$ ). Особо следует рассмотреть уравнения связи видовых чисел с коэффициентами формы  $q_2$  и высотами. На всех пробных площадях, независимо от высот, наблюдается очень тесная близкая к функциональной связь видовых чисел с коэффициентами формы ( $r \geq 0,987$ ). Введение дополнительных переменных в модели не оказывает заметного влияния на величину коэффициента детерминации. Поэтому предпочтение должно отдаваться простым моделям, так как более сложные не имеют особых преимуществ.

Стандартные ошибки видовых чисел по уравнениям с коэффициентами детерминации более 0,9 находятся в пределах 1 – 5% и только на п.п. 1 достигают 6,5%.

Проверка общей значимости моделей в целом проводилась по F-критерию Фишера, показывающему достоверность и надежность регрессии с соответствующей вероятностью. Для всех уравнений с коэффициентами детерминации более 0,9 опытные F-критерии Фишера значительно превышают критические значения. При 5%-ном уровне значимости уравнения статистически значимо описывают результаты экспериментов, снижая общую вариацию видовых чисел, предсказываемых по уравнению. Только на п. п. 1 для уравнения М. Неслунда стандартная величина F-критерия больше опытного. При больших высотах необходима проверка статистической достоверности уравнения.

Статистическая оценка значимости коэффициентов уравнений проводилась по t-критерию Стьюдента. В уравнениях парной и множественной связи статистически значимы оценки коэффициентов при независимых переменных  $1/D$ ,  $H/D$ ,  $H/D^2$ ,  $D/H$ ,  $q_2$  и  $q_2^2$ .

В большинстве уравнений при наличии средней или тесной корреляционной связи видовых чисел с  $1/H$ ,  $K/H$ ,  $K$ ,  $1/DH$ ,  $1/D^2H$  и  $1/D + H$  коэффициенты регрессий статистически значимы. Поэтому их целесообразно использовать в уравнениях для определения видовых чисел.

Максимальная величина f-критерия наблюдается в уравнениях связи видовых чисел с  $q_2$  и  $q_2^2$ . Однако на всех пробных площадях в уравнении параболы

лы второго порядка оценки коэффициентов статистически недостоверны и его нельзя использовать для определения видовых чисел.

Исследования показали, что в спелых сосновых древостоях для определения видовых чисел необходимо использовать уравнения связи с двумя и более независимыми переменными. При небольших высотах связь статистически достоверно отражается уравнениями с 2 — 3 переменными. Для получения достоверных данных в древостоях любых высот рекомендуется использовать уравнение Г.Мейера

$$f = b_0 + b_1(1/H) + b_2(1/D) + b_3(1/(DH)) + b_4(1/(D^2H)).$$

При наличии возможности измерять диаметры на половине <sup>↑</sup> высоты растущих деревьев для определения видовых чисел целесообразно использовать более простые уравнения связи видовых чисел с  $q_2$  или  $q_2^2$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Львовский, Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. — М.: Высш. школа, 1982. — 224 с. 2. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. — М.: Статистика, 1977. — 388 с. 3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — М.: Колос, 1973. — 336 с.