

УДК 630*5

З.Я.Нагимов, И.В.Шевелина, Г.В.Анчугова, И.С.Сальникова
(Уральский государственный лесотехнический университет)

РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ ПЕРЕВОДНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ДРЕВОСТОЕВ

Разработаны трехфакторные модели переводных коэффициентов для различных фракций фитомассы древостоев в зависимости от возраста, суммы площадей сечений и класса бонитета. Переводные коэффициенты позволят поднять на более высокий уровень таксационные описания выделов.

Закономерное изменение соотношений фракций фитомассы в процессе роста и развития древостоев дает возможность к переходу на относительные показатели при оценке их запасов. Многие исследователи отмечают, что связь относительных показателей массы фракций деревьев и древостоев, выраженных в долях от общей массы или от объема стволовой древесины, с традиционными таксационными показателями носит более закономерный характер, чем абсолютных показателей (Семечкина, 1978; Онучин, 1985; Нурпеисов, 1986; Алексеев, Бердси, 1994; Усольцев, 1988; 1998).

Из относительных показателей наибольший интерес представляют соотношения между массой различных фракций P_i и запасом стволовой древесины M , именуемые переводными (конверсионными) коэффициентами K_i :

$$K_i = \frac{P_i}{M} \quad (1)$$

Данные коэффициенты позволяют перейти от объемных запасов древесины, приведенных в традиционных таксационных нормативах (например, в таблицах хода роста) и лесоустроительных сводках, к запасам всей фитомассы древостоев.

На наш взгляд, наибольший эффект от использования переводных коэффициентов следует ожидать при дополнении характеристики выде-

лов запасами по фитомассе и получении на этой основе повыдельных банков данных. Такая работа чрезвычайно важна для кадастровой оценки лесов и расчета запасов органического углерода на лесопокрытых площадях.

Переводные коэффициенты при составлении нормативов стали применяться еще в начале столетия. Тем не менее до настоящего времени нет единого подхода к их применению при оценке фитомассы. При составлении банков данных о фитомассе лесов, как правило, рассчитывают среднестатистические переводные коэффициенты, дифференцированные только по породам или по породам и возрастным группам (Макаревский, 1991; Исаев и др., 1993; Алексеев, Бердси, 1994). Это связано с необходимостью их привязки к данным государственного учета лесного фонда по специальным формам. В некоторых случаях рассматриваемые коэффициенты дифференцируются дополнительно по классам бонитета (Усольцев, 1998).

Оценка переводных коэффициентов только по породам, группам возраста и классам бонитета из статистических соображений явно недостаточна при составлении нормативов и повыдельных банков данных. Соотношения фракций надземной фитомассы существенным образом определяются лесорастительными условиями, возрастом и густотой древостоев. В таксационной характеристике выделов присутствуют только первые два показателя. Лесоустроительной инструкцией определение густоты не предусмотрено. В этой связи А.А. Сальников (1997) и В.А. Усольцев (1998) при структурировании повыдельных банков лесоустроительных данных предлагают густоту определять расчетным путем: по относительной полноте и средней высоте яруса на основе стандартной таблицы ЦНИИЛХ определяется сумма площадей сечений, затем через средний диаметр известным в таксации способом – густота.

Такой алгоритм расчета, безусловно, дает положительные результаты в чистых насаждениях, причем при условии определения их относительной полноты по сумме площадей сечений. В противном случае, когда полнота определяется визуально, она слабо сопряжена со средним диаметром, а также в смешанных насаждениях этот подход может дать существенные отклонения.

В связи с вышеизложенным мы склонны считать, что при подборе структуры регрессионных моделей по оценке переводных коэффициентов в качестве определяющих факторов необходимо использовать показатели, содержащиеся в таксационной характеристике выделов. Такими показателями наряду с возрастом A и классом бонитета H_{100} могут служить относительная полнота B и средний диаметр древостоев D , которые, как известно, тесно связаны с густотой.

Экспериментальным материалом при выполнении данной работы послужили материалы 107 пробных площадей, на которых определены общепринятые таксационные показатели и надземная фитомасса в свежем и абсолютно сухом состоянии по отдельным фракциям: древесина и кора ствола, древесина и кора ветвей, хвоя, генеративные органы и древесная зелень. Пробными площадями охвачены насаждения I - V классов бонитета в возрасте от 13 до 140 лет с относительной полнотой 0,5 и выше.

На основе множественного регрессионного анализа были исследованы регрессионные модели общего вида:

$$K_i = f(A, H_{100}, D), \quad (2)$$

$$K_i = f(A, H_{100}, B). \quad (3)$$

Переводные коэффициенты рассчитывались как отношение абсолютно сухой массы к запасу древостоев для четырех фракций: стволов в коре, стволов без коры, кроны и хвои.

Выяснилось, что регрессионные модели (2) дают хотя и не существенно, но большую точность при оценке этих фракций. Учитывая характер зависимостей переводных коэффициентов от возраста, показателя условий местопроизрастания и среднего диаметра, в качестве базовой принято следующее уравнение множественной регрессии:

$$\ln \cdot K_i = a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln^2 A + a_3 \ln^3 A + a_4 \ln H_{100} + a_5 \ln^2 H_{100} + a_6 \ln D + a_7 \ln^2 D + a_8 \ln DA + a_9 \ln D \ln H_{100} . \quad (4)$$

Константы уравнения (4) для каждого переводного коэффициента рассчитывались методом шагового регрессионного анализа (табл. 1). Все они значимы на 5%-ном уровне, кроме константы $a_6(\ln D)$ для ствола в коре. В последнем случае влияние диаметра древостоев достоверно лишь на 10%-ном уровне значимости. Точность уравнений для массы стволов сравнительно ниже, чем для массы кроны и хвои. Это объясняется тем, что изменчивость показателя, представляющего собой отношение тесно коррелирующих признаков, в меньшей степени объясняется экзо- и эндогенными факторами (Усольцев, 1988). В целом разработанные трехфакторные уравнения обеспечивают достаточно высокую точность при оценке переводных коэффициентов. Их детерминированность и точность во многих случаях выше, чем уравнений, полученных другими исследователями. Так, разработанные В.А. Усольцевым (1988) для сосняков Казахстана уравнения, содержащие в качестве независимых переменных четыре показателя (возраст, показатель условий местопроизрастания H_{100} , густоту

Таблица 1

Характеристики уравнения (4)

Константы, факторы и показатели точности	Фракция фитомассы			
	Ствол в коре	Ствол без коры	Крона	Хвоя
a0	-2,9662	-6,6098	5,0971	-0,9476
a1(ln A)	3,2330	5,0483	4,6832	9,0660
a2(ln 2 A)	-0,7438	-1,1392	-1,5261	-2,6719
a3(ln 3A)	0,0497	0,0793	0,0845	0,1675
a4(ln H100)	-1,6928	-1,7046	-5,3482	-5,5314
a5(ln 2H100)	0,3161	0,4107	0,8025	0,8859
a6(ln D)	-0,0211	0,4113	0,3721	0,5931
a7(ln 2D)			0,3991	0,3185
a8 (ln D ln A)	0,1282	0,1262	0,6044	0,7360
a9 (ln D ln H100)	-0,1487	-0,3031	-1,0523	-1,2037
R2	0,815	0,800	0,925	0,905
δ	15,1	17,0	12,9	13,7
N уравнения	(5)	(6)	(7)	(8)

Примечание. δ - среднеквадратическая ошибка, R2 - коэффициент детерминации.

и средний диаметр), характеризовались коэффициентами детерминации от 0,349 (для ствола) до 0,939 (для хвои). Уравнения С.В. Тепикина (1994) для ельников Урала с тем же набором факторов имели коэффициенты детерминации от 0,886 до 0,956, а А.А. Сальникова (1997) для березняков – от 0,68 до 0,91.

На основе полученных уравнений повыдельные таксационные описания насаждений можно дополнить данными по фитомассе. Для этого табулированием уравнений по значениям возраста, класса бонитета и среднего диаметра, приведенных в таксационной характеристике выделов, определяют переводные коэффициенты для тех или иных фракций фитомассы. Затем эти коэффициенты перемножаются на общий запас породы на выделе.

В настоящее время наблюдается бурная компьютеризация лесохозяйственных предприятий. Многие из них повыдельные таксационные описания хранят на магнитных носителях и имеют специальное программное обеспечение для внесения изменений в таксационную характеристику. В этом случае описанная выше процедура совмещения данных о фитомассе с характеристикой насаждений выделов может быть полностью автоматизирована.

Для частных расчетов при помощи уравнений (5) – (8) получены трехвходовые таблицы переводных коэффициентов. Анализируя табличные данные, можно отметить, что в сосняках одного класса бонитета условная плотность древесины до 70-80 лет возрастает, а затем остается практически на одном уровне. Чем меньше возраст древостоев, тем сильнее сказывается влияние среднего диаметра на плотность древесины. Причем с увеличением среднего диаметра (уменьшением густоты) древостоев плотность уменьшается. После 60-летнего возраста влияние густоты на рассматриваемый показатель практически не выявляется. При прочих равных условиях условная плотность древесины повышается с ухудшением условий местопроизрастания.

Значения переводных коэффициентов массы крон (массы хвои) с возрастом, наоборот, уменьшаются. Причем наиболее существенное уменьшение их наблюдается до 40-50-летнего возраста. С уменьшением густоты древостоев отношение массы крон к запасу заметно возрастает, особенно в древостоях более высокого возраста. С улучшением условий местопроизрастания значения переводных коэффициентов заметно уменьшаются.

Действующая в настоящее время лесоустроительная инструкция при таксации лесного фонда глазомерно-измерительным, измерительно-перечислительным методами предусматривает определение суммы площадей сечений древостоев. Этот показатель в соответствии с новой формой таксационных описаний должен присутствовать и в таксационной характеристике насаждений выделов. В этой связи для совмещения данных по фитомассе с таксационной характеристикой выделов нами разработаны модели переводных коэффициентов, в которых в качестве определяющих факторов использованы возраст, класс бонитета и сумма площадей $\sum G$ сечений древостоев:

$$K_i = f(A, H_{100}, \sum G) \quad (9)$$

Эта работа выполнялась аналогично предыдущей. В качестве базового принято следующее уравнение:

$$\ln K_i = a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln^2 A + a_3 \ln^3 A + a_4 \ln H_{100} + a_5 \ln^2 H_{100} + a_6 \ln \sum G + a_7 \ln^2 \sum G + a_8 \ln \sum GA + a_9 \ln \sum G \ln H_{100} \quad (10)$$

Полученные по отдельным переводным коэффициентам показатели уравнений приведены в табл.2.

Таблица 2

Характеристика уравнений множественной регрессии (10)

Константы, факторы и показатели точности	Фракция фитомассы			
	Ствол в коре	Ствол без коры	Крона	Хвоя
a1(h A)	1,9196	3,2945	-2,5883	-2,0017
a2(h 2 A)	-0,4101	-0,6791	0,1391	0,0931
a3(h 3A)	0,0327	0,0545	-	-
a4(h H100)	-0,8285	-0,5662	-3,7435	-2,2374
a5(h 2H100)	0,0560	0,1040	-0,4151	-0,5343
a6(h)	-0,1805	0,6564	-0,2876	-0,1397
a7(h 2)	-	-	-1,1794	-0,8792
a8(h h A)	-0,0487	-0,1284	1,7328	1,3966
a9(h h H100)	0,1184	-0,0373	0,4400	0,2041
R2	0,849	0,821	0,917	0,925
δ	13,5	15,0	13,1	13,0
N уравнения	(11)	(12)	(13)	(14)

Анализируя результаты исследований можно отметить, что точность и детерминированность уравнений (11) – (14) находятся примерно на одном уровне, что и уравнений (5)– (8). Небольшое преимущество первых уравнений над вторыми наблюдается лишь при оценке переводных коэффициентов стволовой древесины.

В целом разработанные трехфакторные уравнения по обоим вариантам обеспечивают вполне приемлемую точность при оценке переводных коэффициентов. На их основе таксационные описания выделов можно поднять на более высокий уровень.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеев В.А., Бердси Р.А. Углерод в экосистемах лесов и болот России. Красноярск: Изд-во СО РАН, 1994. 224 с.

Исаев А.С. и др. Оценка запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России // Лесоведение. 1993. N 5. С. 3-10.

Макаревский М.Ф. Запасы и баланс органического углерода в лесных и болотных биогеоценозах Карелии // Экология. 1991. N 3.

Нурпеисов Х.Н. Закономерности накопления фитомассы в сосновых насаждениях Прииртышья и методы ее учета по элементам: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Алма-Ата, 1986. 21 с.

Онучин А.А. Фитомасса крон и хвои кедровых и пихтовых древостоев Хамар-Дабана // Строение, рост и инвентаризация лесонасаждений. Красноярск: ИЛИД, 1985. С. 78-85.

Сальников С.С. Продуктивность и структура надземной фитомассы березняков на Урале. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 1997. 24 с.

Семечкина М.Г. Структура фитомассы сосняков. Новосибирск: Наука, 1978. 165 с.

Тепикин С.В. Элементы биологической продуктивности ельников Среднего Урала: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 1994. 20 с.

Усольцев В.А. Рост и структура фитомассы древостоев. Новосибирск: Наука, 1988. 153 с.

Усольцев В.А. Формирование баз данных о фитомассе лесов. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 543 с.

УДК 630*5

З. Я. Нагимов, Г. В. Анчугова, И. В. Шевелина, И. С. Сальникова
(Уральский государственный лесотехнический университет)

ВЛАЖНОСТЬ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ СООТНОШЕНИЙ ФРАКЦИЙ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

Рассмотрено влияние на влажность и соотношение фракций фитомассы различных лесорастительных условий, возраста и густоты древостоев. Данные расчетов сведены в таблицы, рекомендованные к использованию в различных исследованиях. Выявленные закономерности расширяют знания о биопродукционном процессе.

Для эколого-физиологических исследований и разработке нормативно-справочных материалов необходимы данные о влажности и по процентному соотношению фракций фитомассы. Исследования проведены для сосновых насаждений Среднего Урала.

Данные о влажности фитомассы необходимы как в эколого-физиологических исследованиях в лесу, так и при разработке нормативно-спра-