

Таблица 8
Фитомасса (т/га) и годовичная продукция (т/га/год) насаждения

Фракция	Фитомасса		Годичная продукция	
	абс.	%	абс.	%
1. Древостой	172,59	99,87	15,44	99,23
1.1 Стволы	147,57	85,39	10,33	66,39
1.1.1 Древесина	109,31	63,25	7,61	48,01
1.1.2 Кора	38,26	22,14	2,72	17,48
1.2 Крона	25,02	14,48	5,11	32,84
1.2.1 Ветви	22,27	12,89	2,36	15,17
1.2.2 Листья	2,75	1,59	2,75	17,67
2. Подлесок	0,21	0,12	0,09	0,58
2.1 Одревесневшая часть	0,18	0,10	0,06	0,39
2.2 Листья	0,03	0,02	0,03	0,19
3. Живой напочвенный покров	0,02	0,01	0,03	0,19
ВСЕГО	172,82	100	15,56	100

Таким образом, общая фитомасса липняка составила 172,82 т/га (табл. 8). В том числе фитомасса древостоя составила 172,59 т/га (99,87%), из них на долю стволов приходится 85,39%, древесина 63,25%, кора 22,14%, веток 12,89%, листьев 1,59%, фитомасса подлеска равна 0,21 т/га (0,12%), а живого напочвенного покрова 0,02 т/га (0,01%).

Годичная продукция имеет прирост 15,56 т/га/год. На древостой приходится 15,44 т/га/год это – 99,23%, в том числе на долю древесины приходится 48,01%, коры 17,48%, ветвей 15,17%, листьев 17,67%, подлесок, в свою очередь, 0,58%, живой напочвенный покров 0,19%.

Суммарная односторонняя площадь листовой поверхности древостоя определена в 5,453 га/га, а подлеска – в 0,064 га/га.

УДК 630*52

А.И. Старцев
(Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Нижний Новгород)

ФИТОМАССА ДРЕВОСТОЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

На территории Нижегородской области в южной позоне смешанных лесов и зоне широколиственных лесов в течение 5 лет в древостоях сосны заложено 20 пробных площадей, на которых для определения надземной фитомассы насаждений срублено и обмерено 185 модельных деревьев.

Возраст древостоев составлял 40–110 лет, диаметры модельных деревьев – 6–48 см, высоты – 12–29 м. На основании полученных данных установлено распределение по фракциям надземной фитомассы чистых и смешанных древостоев сосны обыкновенной.

Вопросы количественной оценки фитомассы древостоев и отдельных ее компонентов активно прорабатываются с середины прошлого столетия. Первоначально эти работы ставили целью определение биомассы насаждений как потенциально возможного для использования ресурса. Однако глобальное потепление климата и связанные с ним проблемы заставили по-новому взглянуть на леса и выполняемые ими функции, в том числе и на роль их в глобальном цикле углерода. Такая постановка вопроса обусловила повышение интереса исследователей к проблемам определения общей фитомассы древостоев, являющихся главными компонентами насаждений, в которых сосредоточены основные запасы углерода лесных экосистем.

В СССР и в России большой вклад в изучение продуктивности и структуры фитомассы насаждений основных лесобразующих пород внесли А.А. Молчанов (1971), А.И. Уткин (Анализ ..., 1988; Уткин, 1982; Уткин и др., 1984, 1994, 2001), В.Н. Габеев (1976, 1990), С.Г. Рождественский, Я.И. Гульбе и др. (Рождественский и др., 1988, 1991), А.З. Швиденко (Швиденко, Нильссон, 1997; Швиденко и др., 1999, 2000), В.А. Усольцев (Усольцев, 1988, 2001, 2002; Усольцев и др., 1997), А.С. Аткин (1984), З.Я. Нагимов (1988), М.Г. Семечкина (1978), В.В. Голиков, И.М. Данилин (1998) и многие другие.

Одним из наиболее часто используемых методов является определение фитомассы на ключевых участках, где закладываются временные или постоянные пробные площади, определяется общая продуктивность насаждений и распределение фитомассы древостоев по компонентам (хвоя, листья, скелет кроны, древесина, кора, толстые и тонкие корни) (Замолотчиков, Уткин, 2000; Усольцев, 1988, 2001, 2002; Уткин и др., 2001). При этом часто вычисляют конверсионные коэффициенты для расчетов общей (или надземной) фитомассы по запасу древостоя (Замолотчиков, Уткин, 2000 и др.).

Полученные оценки фитомассы с использованием данных государственного учета лесного фонда, инвентаризации лесов, выполняемой лесоустройством, с применением ГИС-технологий распространяются на всю площадь исследуемого объекта. В результате получают расчетные значения фитомассы на определенной территории, что дает возможность оценивать величину пула углерода в древостоях различных пород. Такие оценки необходимы для уточнения роли лесов тех или иных территорий в глобальном цикле углерода, что позволит разрабатывать более обоснованную политику ведения лесного хозяйства.

Первым этапом такой работы являются накопление экспериментальных данных по структуре фитомассы и биологической продуктивности древостоев, формирование баз данных пробных площадей с результатами выполненных исследований.

В настоящее время созданы базы данных, в которых приведены сведения о фитомассе и первичной продукции древостоев основных лесообразующих пород, полученные при проведении таких работ (Усольцев, 2001; Уткин и др., 1994). Однако для территории Нижегородской области таких данных нет. Кроме того, предварительные исследования показали наличие региональных отличий в структуре фитомассы сосновых древостоев в сравнении с опубликованными данными по ближайшим регионам. Все это обусловило необходимость проведения исследований по определению надземной фитомассы в чистых и смешанных насаждениях Нижегородской области.

Одной из целей выполненной работы являлось формирование базы данных по структуре надземной фитомассы сосны на территории области. Наличие такой базы создает возможность разработки региональных имитационных и статистических моделей для расчетов общей фитомассы деревьев и древостоев, отдельных ее фракций в статике и динамике. Это позволит создать региональные нормативы, с использованием которых можно будет получать оценки фитомассы сосновых лесов для отдельных таксационных выделов, а также на уровне лесорастительных районов и региона. Такие оценки дадут возможность более точно рассчитать пул углерода в насаждениях сосны региона, оценить роль этих лесов с точки зрения накопления или выделения углерода. Кроме того, подобные нормативы могут быть использованы лесоустройством для оценки и планирования заготовки и переработки компонентов фитомассы крон при составлении проектов организации и ведения лесного хозяйства.

Объекты и методика

По лесорастительному районированию С. Ф. Курнаева (1973) район исследований (56°-57,5° с. ш.; 44,5°-45,5° в. д.) относится к южной подзоне смешанных лесов Скандинавско-Русской провинции и зоне широколиственных лесов, граница между которыми здесь проходит по рекам Волге и Оке.

Объектами исследований явились чистые и смешанные насаждения сосны, произрастающие в Затонском, Богородском, Дальнеконстантиновском, Мухомоловском, Сосновском и Шеманихинском лесхозах области.

Возраст древостоев составлял 40–100 лет, классы бонитета – с Ia по III. Пробные площади были заложены преимущественно в брусничной и черничной группах типов леса, которые занимают доминирующее положение в районе исследований. Средняя высота древостоев составляла 13,4–27,0 м, средний диаметр – 11,5–36 см, полнота находилась в пределах 0,6–1,0.

Программой исследований предусматривалось определение общей надземной фитомассы и отдельных ее компонентов (хвои, скелета крон, стволов) сосновых древостоев, а в смешанных насаждениях – для элемента леса сосна.

Для решения программного вопроса закладывались пробные площади в соответствии с ОСТ 56-69-83. Площади имели форму квадрата или прямоугольника. На них проводился сплошной пересчет по элементам леса. При пересчете деревья разделялись на деловые, полуделовые и дровяные. Для построения графика высот у каждого 5-го дерева в ступени измерялась высота. Общее число таких учетных деревьев составляло 20–25 шт. У сопутствующих пород для определения разряда высот измерялись 5 деревьев в центральной ступени толщины, и средняя высота определялась как среднearифметическое из этих замеров.

Учет подроста и подлеска проводился на учетных площадках, общая площадь которых составляла 2% площади каждой пробы. Для описания почвы закладывался почвенный разрез до глубины залегания материнской породы.

По завершению пересчета, вычисления среднего диаметра, построения графика высот и установления средней высоты подбирались модельные деревья по способу ступенчатого представительства. Число модельных деревьев на пробных площадях варьировало от 5 до 15 штук. Из ступеней, близких к среднему диаметру, выбирались по 2-3 модели. Деревья подбирались из числа деловых со средними для ступеней формой и размерами крон.

После рубки у каждого дерева измерялись протяженность кроны и возраст. Для определения объема в коре и без коры стволы размечались на одно- или двухметровые секции в зависимости от их высоты. При длине ствола 14 м и менее длина секций принималась равной одному метру.

Для определения массы кроны и отдельных ее компонентов применялась методика, основанная на общепринятых методах (Нагимов, 1988; Уткин, 1982 и др.). По протяженности крона разделялась на три неравные части. Сначала отделялась охвоенная вершина с 3-4 мутовками. Оставшаяся часть делилась на верхнюю и нижнюю в месте максимальной ширины кроны дерева, после чего ветви обрубались. Верхняя и нижняя части крон взвешивались отдельно с точностью до 50 г. После этого от каждой части кроны отбирались навески ветвей в размере $1/5$ – $1/3$ от общей массы. Отобранные навески взвешивались, и от них отделялась хвоя, масса которой определялась с точностью до 10 г при общей массе хвои более 1 кг. По результатам взвешивания устанавливалась доля хвои в общей массе, по которой рассчитывалась фитомасса скелета крон (в дальнейшем ветвей) и хвои. Хвоя с вершинной части учитывалась отдельно и прибавлялась к полученной оценке общей массы хвои дерева.

Для определения доли сухого вещества (или влажности) брались навески хвои массой 15–50 г, а также образцы древесины, ветвей и коры, которые взвешивались с точностью 0,05 г. Все образцы (кроме хвои) измерялись. После этого рассчитывался их объем для определения удельного веса в свежесрубленном состоянии, а впоследствии и для установления доли сухого вещества в единице объема (для древесины и коры) или единице веса в свежесрубленном состоянии (для ветвей).

Сушка образцов проводилась в сушильном шкафу при температуре 105°C до постоянного веса. Полученные коэффициенты использовались для определения абсолютно сухой фитомассы хвои, ветвей и стволов.

Необходимо отметить, что значения переводных коэффициентов получились примерно на 10 – 15% меньше, чем это следует из таблиц массы фракций деревьев сосны (Семечкина, 1978; Алексеев, Уткин, 1982).

Для каждой пробной площади строились графики высот с выравниванием данных обмеров модельных деревьев степенной функцией

$$H = ad^m + 1,3, \quad (1)$$

где H – высота, м; d – диаметр, см; a , m – эмпирические коэффициенты. Запас на пробной площади устанавливался с использованием объемных таблиц и по модельным деревьям. Второй способ при числе модельных деревьев более 5 штук точнее, и запас, определенный с его использованием, принят за истинный.

Для каждой пробной площади на основании данных объемов и диаметров модельных деревьев определялись коэффициенты уравнения

$$\ln V = b \ln d + c, \quad (2)$$

где V – объем ствола; b , c – коэффициенты.

С использованием такого уравнения рассчитывались объемы в коре и без коры деревьев в каждой ступени толщины. Умножением числа деревьев в каждой ступени на соответствующие им объемы определялся запас на 1 га в коре и без коры.

На пробных площадях определялся среднепериодический текущий прирост за последние 10 лет по модельным деревьям при их количестве более 7 штук. При меньшем числе учетных деревьев величина прироста устанавливалась с использованием разработанного упрощенного метода, дающего достаточно точные результаты (Старцев, Корепанов, 1998).

Для расчетов фитомассы древесины стволов без коры использовалась эмпирически установленная масса сухого вещества в единице объема свежесрубленной древесины (с учетом уменьшения объема при сушке), которая была определена в 0,364 г·см⁻³. Для коры удельный вес составил 0,284 г·см⁻³. Для каждой ступени толщины также рассчитывалась протяженность крон выравниванием данных обмеров модельных деревьев функцией

$$\ln L_k = a_1 \ln d + b_1, \quad (3)$$

где L_k – протяженность кроны, м; d – диаметр, см; a_1 , b_1 – коэффициенты.

Результаты и обсуждение

Наиболее часто для выравнивания массы ветвей и хвои используют экспоненциальную или степенную функции. Степенная зависимость имеет вид:

$$y = ax^b, \quad (4)$$

где y – масса ветвей или хвои, x – диаметр на высоте 1,3 м, a , b – коэффициенты.

Однако применение такого уравнения оправдано только в том случае, когда имеются данные о фитомассе крон деревьев с минимальными и максимальными диаметрами в данном древостое, а использование полученного уравнения строго ограничено этим диапазоном диаметров. В противном случае при линейном возрастании диаметра масса хвои и ветвей нелинейно и неограниченно возрастает, что явно противоречит данным наблюдений и самой биологической сущности природы живых организмов. Последнее особенно характерно для массы фотосинтезирующего аппарата (хвои).

При отсутствии у отдельных индивидов верхнего предела массы, обусловленного его геномом, а также комплексом лесорастительных условий (факторов среды), размеры деревьев, прирост по высоте и объему с увеличением возраста постоянно возрастали бы, что не соответствует наблюдениям.

Как показали многочисленные исследования (Усольцев, 1988, 2001; Уткин и др., 1984, 1994), масса хвои древостоев и отдельных деревьев быстро нарастает с увеличением возраста до 25–35 лет. Далее ее величина в древостое достигает максимума и впоследствии может даже снижаться в результате процесса самоизреживания, при котором потери хвои у деревьев, идущих в отпад, не компенсируются увеличением ее массы у растущих деревьев.

У отдельных деревьев при достижении возраста 25 – 35 лет формируется до 50 – 80% максимально возможной массы хвои в зависимости от интенсивности процессов конкуренции за ресурсы (свет, элементы питания, воду). В дальнейшем с увеличением возраста масса хвои отдельных деревьев возрастает значительно медленнее, чем в молодом возрасте, а в некоторых случаях может даже и снижаться. Аналогичные результаты дают и численные эксперименты с имитационными эколого-физиологическими моделями (Старцев, 2000). При отсутствии ограничения на предельную массу хвои для отдельного дерева ее неограниченное возрастание с увеличением возраста приводит к неограниченному увеличению годичного прироста и объема ствола. Использование же уравнений, отвечающих требованию о наличии верхнего предела, предъявляемого к ростовым функциям, позволяет достаточно хорошо описывать динамику прироста по объему и высоте отдельных деревьев различного ценологического положения (Старцев, 2000, 2001).

Динамика неравномерного накопления фитомассы хвои с увеличением возраста обуславливает тот факт, что в пределах одного древостоя взаимосвязь между диаметром на высоте груди и массой хвои (а также ветвей) очень тесная. Коэффициенты корреляции этих показателей составляют 0,88–0,98. В то же время для выборки деревьев из разных насаждений различных возрастов, полноты и бонитетов такая связь значительно хуже, что приводит к ошибкам в определении фитомассы крон отдельных насаждений в $\pm 20\%$ и более.

В связи со всем вышесказанным для выравнивания значений фитомассы крон модельных деревьев была использована формула

$$M = \frac{M_{\max}}{\exp\{a[\ln(d^2 L_k / 10 + 1) \ln d] + b\} + 1}, \quad (5)$$

где M_{\max} – максимальная фитомасса хвои (или ветвей) в данном возрасте и классе бонитета, кг; d – диаметр на высоте груди в коре, см; L_k – протяженность кроны, м; a , b – коэффициенты.

Использование приведенной формулы позволяет избежать значительного завышения фитомассы компонентов крон самых толстых деревьев, которые из-за их небольшого количества часто не попадают в выборку модельных деревьев, однако вносят достаточно существенный вклад как в общую фитомассу древостоя, так и массу отдельных его компонентов.

С использованием (5) по каждой пробной площади рассчитывались значения фитомассы хвои и ветвей по ступеням толщины. Умножая полученные величины на число стволов в каждой ступени, вычисляли общую массу компонентов крон на пробе и на 1 га.

Всего исследования были выполнены на 20 пробных площадях. Для определения фитомассы крон, ветвей и хвои у деревьев сосны было срублено и обмерено 185 модельных деревьев диаметром 6–48 см, высотами 12–29 м и возрастом 38–110 лет.

В смешанных древостоях изучалась структура надземной фитомассы только у деревьев сосны. Масса сопутствующих пород (ели, березы, осины) и ее распределение по фракциям установлены по опубликованным таблицам (Алексеев, Уткин, 1982) и приведены отдельной строкой. Такой подход часто используется для расчета общей фитомассы смешанных древостоев, если исследования проводились только по одной породе.

Результаты определения надземной фитомассы чистых и смешанных насаждений сосны в возрасте 40–110 лет, а также их таксационная характеристика приведены в таблице.

В практике таксации леса для оценки объемов ветвей и сучьев, массы древесной зелени используются нормативы, в которых приведены эти показатели на 1 м³ объема стволовой древесины (Загреев и др., 1992). Для расчета фитомассы крон предлагается использовать и систему конверсионных коэффициентов, представляющих собой отношение массы крон к массе стволов или их объему (Замолодчиков, Уткин, 2000).

Таксационная характеристика и фитомасса крон древостоев сосны в Нижегородской области

№№ п.п.	Ярус	Состав	Возраст, лет	Средняя высота, м	Диаметр, см	Сумма площадей секций, м ²	Класс бонитета	Тип леса	Число деревьев	Запас, м ³	Абсолютно сухая масса, т/га										КОНВЕРСИОН-К. КОЭФ.	
											Общая		в т.ч. коры		в т.ч. древе-сны		Крон		в т.ч. хвои, листьев			ветвей
											Стволов	14	15	16	17	18	19	20				
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
29		8,8 С	43	20,2	20,2	31,0	1а	Смч.	972	329	129,6	115,4	5,5	109,9	14,2	4,4	9,8	0,043				
	1	0,7 Ос				2,4		В ₃	112	25	12,2	9,7		2,5	0,4	2,1						
		0,5 Б				0,6	0,02		28	18	4,1	3,2		0,9	0,1	0,8						
	Итого:					34,0	0,88		1112	372	145,9	128,3		17,6	4,9	12,7	0,047					
12К	1	10 С	43	14,2	11,5	30,3	1,00	II	2920	244	103,0	83,3	6,6	76,7	19,7	5,9	13,8	0,081				
		9,8 С	44	23,4	22,1	36,4	0,86	1б	945	400	151,5	138,3	8,6	129,7	13,2	5,0	8,2	0,033				
1Кл	1	0,1 Е				0,6	0,02		43	5	3,0	2,2		0,8	0,3	0,5						
		0,1 Б				0,4	0,01		27	4	2,5	1,9		0,6	0,1	0,5						
	Итого:					37,3	0,89		1015	409	157,0	142,4		14,6	5,4	9,2	0,036					
2Дк	1	6,6 С	46	20,2	19,0	16,7	0,42	1а	591	175	66,4	60,9	3,3	57,6	5,5	2,0	3,5	0,031				
		3,4 Б				10,6	0,40		598	90	68,2	51,9		16,3	2,0	14,3						
	Итого:					27,3	0,82		1189	265	130,6	112,8		21,8	4,0	17,8	0,082					
16Кл	1	6,5 С	46	20,1	19,1	17,2	0,43	1а	600	181	72,4	63,2	3,1	60,1	9,2	2,8	6,4	0,051				
		3,5 Б	43	19,5	15,0	11,1	0,44		622	97	71,9	54,0		16,9	2,1	14,8						
	Итого:					28,3	0,87		1222	278	144,3	107,2		26,1	4,9	21,2	0,094					
2А	1	10 С	50	18,9	15,8	17,6	0,46	1	900	169	66,5	58,8	3,2	55,6	7,7	3,1	4,6	0,046				
		+Е				1,5	0,06		196	10	4,0	2,1		1,9	0,8	1,1						
		ед. Б				0,3	0,01		19	2	1,5	1,1		0,4	0,1	0,3						
	Итого:					19,4	0,53		1115	181	72,0	62,0		10,0	4,0	5,9	0,055					
1А	1	10 С	51	20,0	18,3	30,5	0,77	1	1160	308	123,2	107,5	5,4	102,1	15,7	6,2	9,5	0,051				
		ед. Б				0,5	0,02		25	4	3,5	2,6		0,9	0,1	0,8						
	Итого:					31,0	0,79		1185	312	126,7	110,1		16,6	6,3	10,3	0,053					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
2М	1	9,2 С	51	21,7	22,4	26,1	0,63	1а	662	263	103,7	92,8	3,7	89,1	10,9	3,8	7,1	0,041				
		0,8 Б				2,5	0,09		81	24	18,9	13,8		5,1	0,5	4,6						
	Итого:					28,6	0,72		743	287	122,6	106,6		16,0	4,3	11,7	0,056					
1Ш	1	10 С	52	20,3	20,7	23,2	0,58	1	690	211	82,0	74,2	3,2	71,0	7,8	3,2	4,6	0,037				
		+Б				0,5	0,02		23	15	3,4	2,6		0,8	0,1	0,7						

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Итого:					23,7	0,60			713	226	85,4	76,8			8,6	3,3	5,3	0,038
	8,0 С	57	27,0	24,5	30,5	0,68	1а	С мбр.		647	401	153,6	140,8	6,2	134,6	12,8	4,4	8,4	0,032
	1,9 Б		25	23,5	8,2	0,24		Б ₂		159	94	87,8	62,6			25,2	1,9	23,3	
	0,1 Е				0,5	0,02				32	4	2,1	1,6			0,5	0,2	0,3	
	Итого:				39,2	0,94				838	499	243,5	205,0			38,5	6,5	32,0	0,077
	7Кл	1	64	22,9	23,7	41,3	0,98	I	Сбр А ₂	940	452	179,2	157,4	8,5	148,9	21,8	5,2	16,6	0,048
	9,3 С	65	22,7	23,0	31,0	0,74	I	С мбр.		743	330	122,4	115,2	5,8	109,4	7,2	2,9	4,3	0,022
	0,7 Б		19,5	17,8	2,6	0,10		Б ₂		103	25	21,3	15,6			5,7	0,5	5,2	
	Итого:				33,6	0,84				846	355	143,7	130,8			12,9	3,4	9,5	0,036
	31Кл	1	72	21,0	18,8	33,8	0,92	II	Сбр А ₂	1220	364	144,3	126,9	6,9	120,0	17,4	4,9	12,5	0,048
	31з	1	72	21,3	22,1	33,5	0,91	II	Сбр А ₂	871	309	125,5	108,0	5,4	102,6	17,5	4,8	12,7	0,057
	1 С	1	80	27,1	35,3	36,5	0,81	I	Смг В ₃	374	440	162,1	153,9	7,4	146,5	8,2	1,4	6,8	0,019
	+Е		20,0	21,0	1,8	0,05				50	21	10,3	7,7			2,6	1,0	1,6	
	Итого:				38,3	0,86				424	461	172,4	161,6			10,8	2,4	8,4	0,023
	9,1 С	80	27,3	36,2	28,63	0,63	I	Смг В ₃		278	353	130,7	123,4	6,2	117,2	7,3	1,2	6,1	0,021
	0,9 Б		20,5	22,5	4,75	0,18				117	42	35,6	25,6			10,0	0,9	9,1	
	Итого:				33,38	0,81				395	395	166,3	149,0			17,3	2,1	15,2	0,044
	9 С	80	26,7	33,5	30,9	0,69	I	Смг В ₃		351	384	149,8	134,4	6,5	127,9	15,4	3,2	12,2	0,040
	1 Е		22,0	23,0	3,1	0,1				74	34	17,9	13,3			4,6	1,7	2,9	
	Итого:				34,0	0,79				425	418	167,7	147,7			20,0	4,9	15,1	0,048
	13з	1	80	21,0	18,4	23,43	0,64	II	Сбр А ₂	884	208	83,6	72,7	3,8	68,9	10,9	3,3	7,6	0,052
	14з	1	10 С	22,5	23,5	30,88	0,82	II	Смг В ₃	710	328	122,7	114,7	5,5	109,2	8,0	1,9	6,1	0,024
	21ш	1	10 С	103	23,0	26,0	0,54	III	Сбр А ₂	362	209	80,6	72,7	3,8	68,9	7,9	2,7	5,2	0,038

Для исследованных древостоев значения таких коэффициентов, представляющих отношение абсолютно сухой массы крон к запасу древостоя, составили для сосны 0,019–0,082 (см. таблицу). Максимальные значения наблюдаются в древостоях в возрасте 40–50 лет. Величина коэффициентов с возрастом закономерно снижается.

Однако, как видно из рис. 1, по выделенной нами совокупности насаждений разброс значений массы хвои в древостоях по элементу леса сосна настолько значителен, что в данном случае можно говорить об отсутствии существенной связи между массой и запасом стволовой древесины.

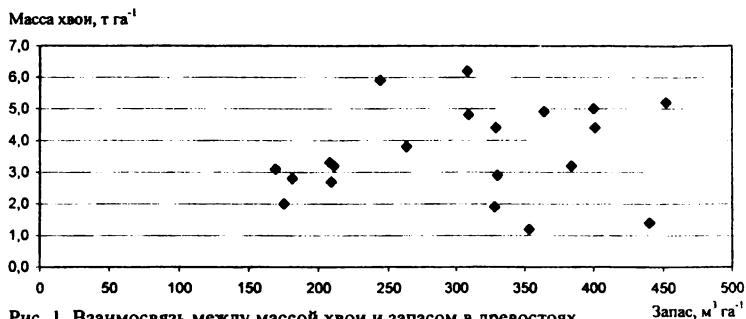


Рис. 1. Взаимосвязь между массой хвои и запасом в древостоях

сосны

Такая высокая изменчивость массы крон обуславливает необходимость привлечения дополнительных показателей для более точных оценок наземной фитомассы.

Наиболее часто в качестве таких показателей используют средние диаметр и высоту, бонитет, полноту или суммы площадей сечений на высоте груди (Усольцев, 1998, 2001, 2002), густоту. Тем не менее, сходство древостоев по этим признакам также не всегда обеспечивает близкие значения массы компонентов крон. Например, пробные площади 2Дк и 16Кл по элементу леса сосна имеют практически одинаковые средние высоту, диаметр, близкие значения сумм площадей сечений, запасы и число стволов на 1 га. Однако масса хвои у них существенно различается (на 40%), составляя 2,0 и 2,8 т·га⁻¹ соответственно. Более подробный анализ показал, что эти древостои существенно отличаются лишь по величине среднепериодического текущего прироста, который определен в 6,4 и 8,3 м³·га⁻¹ для соснового элемента леса древостоев на пробных площадях 2Дк и 16Кл соответственно. Это обусловлено, по-видимому, различиями в типах роста исследуемых древостоев (Загребев и др., 1992) и разными начальными условиями роста и развития (густота и др.). Аналогичная зависимость отмечается и в других насаждениях, когда более высокой величине текущего прироста соответствуют большие значения массы хвои.

Как видно из рис. 2, зависимость массы хвои от прироста более тесная, чем от запаса древостоя, и имеет вид S-образной функции. Такая взаимосвязь аппроксимирована уравнением

$$M_x = \frac{M_{\max}}{\exp[-2,7474 \ln Z + 5,82] + 1}, \quad (6)$$

где Z – среднепериодический текущий прирост, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$; M_{\max} и M_x – максимально возможная ($7 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$) и расчетная массы хвои, $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$. Коэффициент детерминации средний и составляет 0,72.

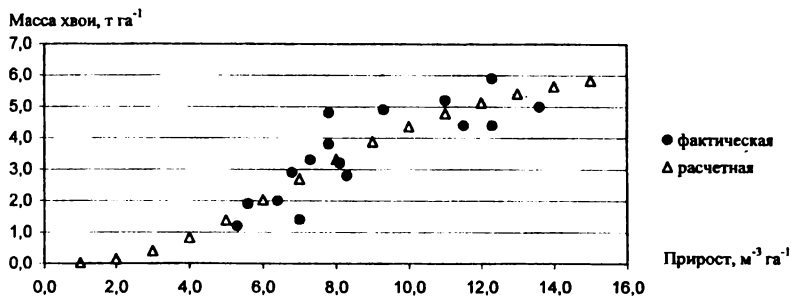


Рис. 2. Зависимость массы хвои от текущего среднепериодического прироста

Текущий прирост зависит также от полноты, класса бонитета и от возраста. Поэтому при оценке надземной фитомассы сосновой части древостоя, кроме средних диаметра и высоты, необходимо учитывать и эти показатели.

Выводы

1. Фитомасса крон в чистых и смешанных сосновых древостоях, произрастающих в Нижегородской области, изменяется в широких пределах, составляя $0,019-0,082 \text{ т} \cdot \text{м}^{-3}$ стволовой древесины. Масса крон на 1 м^3 запаса с увеличением возраста снижается, хотя зависимость между этими показателями выражена довольно слабо.

2. Масса хвои в чистых и смешанных древостоях сосны при прочих равных условиях существенно зависит от величины текущего среднепериодического прироста. В связи с этим при разработке нормативов и для получения более точной оценки массы хвои древостоев необходимо учитывать текущий прирост по запасу стволовой древесины.

Библиографический список

Алексеев В.И., Уткин А.И. Таблицы массы фракций деревьев главных лесобразующих пород: сосны, ели, березы, осины // Биологическая продуктивность лесов Поволжья. М.: Наука, 1982. С. 237 – 240.

Анализ продукционной структуры древостоев / Под ред. Вомперско-го С.Э., Уткина А.И. М.: Наука, 1988. 240 с.

Аткин А.С. Фитомасса и обмен веществ в сосновых лесах. Красноярск: Краснояр. кн. изд.-во, 1984. 133 с.

Габеев В.Н. Биологическая продуктивность лесов Приобья. Новосибирск: Наука, 1976. 171 с.

Габеев В.Н. Экология и продуктивность сосновых лесов. Новосибирск: Наука, 1990. 229 с.

Голиков В.В., Данилин И.М. Определение фитомассы крон деревьев хвойных пород Сибири в статике и динамике // Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб. науч. тр. Красноярск, 1998. С. 55 – 61.

Загреев В.В. и др. Общесоюзные нормативы для таксации лесов. М.: Колос, 1992. 495 с.

Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И. Система конверсионных отношений для расчета чистой первичной продукции лесных экосистем по запасам насаждений // Лесоведение. 2000. № 6. С. 54 – 63.

Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973. 203 с.

Молчанов А.А. Продуктивность органической массы в лесах различных зон. М.: Наука, 1971. 275 с.

Нагимов З.Я. Фитомасса крон, хвои и древесной зелени в сосняках Среднего Урала // Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб. науч. тр. Каунас, 1988. С. 101 – 108.

Рождественский С.Г., Гульбе Т.А. и др. Инвариантные продукционно-морфологические характеристики крон деревьев мелколиственных пород // Лесоведение. 1991. № 1. С. 31 – 41.

Рождественский С.Г., Уткин А.И. и др. Древостои мягколиственных пород как инвариантные продукционные системы // Анализ продукционной структуры древостоев. М.: Наука, 1988. С. 214 – 224.

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

Старцев А. И. Модель роста деревьев // Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: СибГТУ, 2000. С. 104-115.

Старцев А.И. Модель роста в высоту деревьев сосны // Лесная таксация и лесоустройство. 2001. № 1(30). С. 29-33.

Старцев А.И., Корепанов А.А. Определение текущего прироста сосновых древостоев // Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: КГТА, 1998. С. 100 – 111.

Усольцев В.А. Рост и структура фитомассы древостоев. Новосибирск: Наука, 1988. 253 с.

Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 707 с.

Усольцев В. А. Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 762 с.

Усольцев В.А., Кириллова В.В., Усольцев А.В. Оценка фитомассы по возрастным слоям кроны в естественных сосняках и культурах // Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: КГТА, 1997. С. 24 – 36.

Уткин А.И. Методика исследований первичной биологической продуктивности лесов // Биологическая продуктивность лесов Поволжья. М: Наука, 1982. С. 59 – 72.

Уткин А. И., Гульбе Т. А. и др. Биопродуктивность лесных экосистем: Компьютерная база данных. М.: Ин-т лесоведения РАН, ЦЭПЛ РАН. 1994.

Уткин А.И., Каплина Н.Ф., Молчанов А.Г. Биологическая продуктивность 40-летних высокопродуктивных древостоев сосны и березы // Лесоведение. 1984. №3. С. 28–36.

Уткин А.И., Пряжников А.А. и др. Аллометрия фитомассы и продукции деревьев лиственницы в высокопродуктивных молодняках // Лесоведение. 2001. №1 С. 54–63.

Швиденко А.З., Нильссон С. Динамика запасов России в 1961 – 1993 гг. и глобальный углеродный бюджет// Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: КГТА, 1997. С. 15 – 23.

Швиденко А.З., Нильссон С. и др. Система моделей для общей оценки фитомассы в лесах России // Методы оценки состояния и устойчивости лесных экосистем: Тез. докл. Красноярск: Ин.-т леса СО РАН, 1999. С. 152.

Швиденко А.З., Нильссон С. и др. Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета наземных экосистем России. 1. Запасы растительной органической массы // Экология. 2000. № 6. С. 403 – 410.

УДК 630.231

Л. И. Аткина, Н. И. Стародубцева
(УГЛТУ, г. Екатеринбург)

ФИТОМАССА ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ ЗЕМЕЛЬ

Для характеристики условий местопроизрастания и оценки пожароопасности местности изучены запасы фитомассы живого напочвенного покрова и динамика его накопления в течение вегетационного периода в наиболее характерных типах земель Джэбык-Карагайского бора.