



УДК 630\*231

**А.А. Маленко, В.А. Усольцев, К.С. Субботин**  
**A.A. Malenko, V.A. Usoltsev, K.S. Subbotin**

**НАДЗЕМНАЯ ФИТОМАССА ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ  
 В КУЛЬТУРАХ ЛЕНТОЧНЫХ БОРОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

**ABOVEGROUND BIOMASS OF SCOTS PINE TREES OF PLANTATIONS  
 ON BELT-LIKE FORESTS OF WEST SIBERIA**

**Ключевые слова:** фитомасса деревьев, фракции фитомассы, пробные площади, начальная густота посадки, возрастные закономерности, система лесоустройства, биосферная роль лесов.

Определение фактической фитомассы лесных насаждений связано с необходимостью выполнения 3-ступенчатого выборочного учета: 1) подбор пробной площади как типичного (репрезентативного) участка в некой совокупности однородных лесных выделов с последующей измерительной таксацией; 2) подбор модельных деревьев на пробной площади как составных элементов насаждения, и определение структуры их фитомассы с последующим пересчетом результатов на единицу площади; 3) отбор проб (навесок) из разных частей дерева, с которыми осуществляются названные операции, и результаты пересчитываются на всё дерево. На первых этапах изучения биологической продуктивности насаждений почвоведомы и ботаниками применяли метод среднего дерева, который дает недопустимые смещения в пределах от 74 до 110%. В настоящее время общепринятым является регрессионный (аллометрический) метод оценки фитомассы насаждений по результатам взятия модельных деревьев, представленных во всем диапазоне диаметров стволов. Дана сводка фактических данных о структуре фитомассы деревьев сосны, полученной в культурах разного возраста и густоты в ленточных борах Западной Сибири. Наличие подобных сводок для разных регионов России дает возможность вы-

явить географические особенности распределения фитомассы равновеликих деревьев сосны.

**Keywords:** forest biomass, biomass components, sample plots, initial density of planting, age tree dynamics, system of forest inventory, biosphere role of forests.

The estimation of harvest biomass data of forest plantations is associated with the 3-step sampling: 1) selection of sample plots as typical (representative) from a set of homogeneous forest sites with the subsequent stand mensuration, 2) selection of sample trees on a sample plot as components of forest stand, and estimation the structure of its biological productivity with a subsequent calculating of results per area unit, and 3) sampling different parts of the tree, and the results are recalculated for the whole tree. In the early stages of studying the forest biological productivity fulfilled by soil scientists and botanists, the "mean tree" method was used that gave biases ranging from 74 to 110%. The regression (allometric) method is accepted currently for estimating forest biomass based on harvesting sample trees, presented throughout the range of stem diameters. The paper summarizes the harvest data on the structure of biomass of pine trees, obtained in plantations of different ages and initial density of belt-like forests of West Siberia. The presence of these sets for different regions of Russia makes it possible to reveal the geographical regularities of distribution of tree biomass.

**Маленко Александр Анатольевич**, д.с.-х.н., зав. каф. лесного хозяйства, Алтайский государственный аграрный университет. Тел. (3852) 62-63-52. E-mail: malenko51@mail.ru.

**Усольцев Владимир Андреевич**, д.с.-х.н., проф., каф. менеджмента, Уральский государственный лесотехнический университет; гл. н.с., Ботанический сад УрО РАН; г. Екатеринбург. Тел.: (343) 354-61-59. E-mail: Usoltsev50@mail.ru.

**Malenko Aleksandr Anatolyevich**, Dr. Agr. Sci., Head, Chair of Forestry, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-63-52. E-mail: malenko51@mail.ru.

**Usoltsev Vladimir Andreyevich**, Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of Management, Ural State Forestry Engineering University; Chief Staff Scientist, Botanical Garden, Ural Branch, Rus. Acad. of Sci., Yekaterinburg. Ph.: (343) 354-61-59. E-mail: Usoltsev50@mail.ru.

**Субботин Константин Сергеевич**, соискатель степени к.с.-х.н., Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург. E-mail: kos96@bk.ru.

**Subbotin Konstantin Sergeyevich**, Cand. Degree Applicant, Ural State Forestry Engineering University, Yekaterinburg. E-mail: kos96@bk.ru.

### Введение

Принятие Киотского протокола явилось важным стимулом для изучения структуры фитомассы лесных деревьев. Согласно его статьям 3.3 и 3.4 требуются измерения углеродного баланса как составной части при оценке компенсации парниковых газов лесами с целью снижения эмиссий CO<sub>2</sub>. Одним из способов количественной оценки углеродного обмена в лесу является определение изменений в запасах его фитомассы и углерода со временем [1]. Изучение структуры фитомассы деревьев необходимо потому, что различные ее фракции имеют разное содержание элементов питания и разный вклад в ее годовую продукцию. Например, хвоя и ветви содержат около 50% азота в общей фитомассе [2], дают 40% годичной продукции [3], но составляют лишь около 15% общей фитомассы.

Определение фактической фитомассы лесных насаждений связано с необходимостью выполнения 3-ступенчатого выборочного учета: 1) подбор пробной площади как типичного (репрезентативного) участка в некоей совокупности однородных лесных выделов с последующей измерительной таксацией; 2) подбор модельных деревьев на пробной площади как составных элементов насаждения и определение структуры их фитомассы с последующим пересчетом результатов на единицу площади и 3) поскольку непосредственное фракционирование, взвешивание и доведение до абсолютно сухого состояния целых деревьев технически невозможны, выполняется отбор проб (навесок) из разных частей дерева, с которыми осуществляются названные операции, и результаты пересчитываются на всё дерево.

На первых этапах изучения биологической продуктивности насаждений почвоведомы и ботаниками применяли метод среднего дерева: у него определяли структуру фитомассы и умножением результатов на число деревьев рассчитывали фитомассу на единицу площади. Позднее было показано, что этот метод дает недопустимые ошибки,

особенно при оценке массы хвои и ветвей [4-6]. Например, в 130-летнем лиственничнике методом сплошной рубки была определена фитомасса крон всех деревьев. Затем были отобраны четыре средних модельных дерева, определена их фитомасса и в каждом случае рассчитана фитомасса на единицу площади по методу среднего дерева. Результаты составили от фактической фитомассы – соответственно, 76, 74, 110 и 83%. В настоящее время общепринятым является регрессионный (аллометрический) метод оценки фитомассы насаждений по результатам взятия модельных деревьев, представленных во всем диапазоне диаметров стволов [7]. Публикуются обычно аллометрические уравнения и их сводки для оценки той или иной фракции фитомассы дерева, разные по структуре и количеству независимых переменных [8], что затрудняет их анализ по причине несопоставимости. Более предпочтительны фактические данные полевой оценки фитомассы насаждений.

Дана сводка фактических данных о структуре фитомассы деревьев сосны, полученной в культурах разного возраста и густоты в ленточных борах Западной Сибири.

### Объекты и методы исследования

Наши исследования фитомассы в гнездовых и рядовых культурах сосны выполнены в Лебяжинском и Ключевском лесхозах Алтайского края на объектах, заложенных В.Е. Смирновым и Л.Н. Грибановым. Инструментальная таксация пробных площадей проведена в 1971 г. К.Ж. Аскарковым [9] и в 2006 г. А.А. Маленко (табл. 1, 2).

Фитомасса культур определена по модельным деревьям, взятым в диапазоне ступеней толщины, с использованием методики А.А. Молчанова и В.В. Смирнова [10]. От каждой фракции взяты навески для определения содержания сухого вещества, по значениям которого фитомасса в свежем состоянии, полученная взвешиванием, пересчитана на абсолютно сухое состояние (табл. 3-5).

Таблица 1

*Таксационная характеристика рядовых культур сосны различной густоты в возрасте 69 и 73 лет, заложенных В.Е. Смирновым (Лебяжинский лесхоз, 52° с.ш., 77° 52' в.д.)*

№ п/п	Возраст, лет	Густота, экз/га		Средние		Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Полнота	Класс бонитета	Запас, м <sup>3</sup> /га
		начальная	текущая	диаметр, см	высота, м				
33	73	20000	5343	11,8	15,3	58,5	1,7	IV	424
34	73	10000	3452	12,1	15,4	39,9	1,2	IV	309
32	69	3600	1371	17,2	16,8	31,9	0,9	III	259

Таблица 2

*Таксационная характеристика культур сосны, заложенных Л.Н. Грибановым, в возрасте 21 (числитель) и 56 лет (знаменатель) по вариантам посадки (Ключевской лесхоз, 52° с.ш., 79° 00' в.д.)*

Таксационные показатели	Посадка местами по вариантам				Посадка рядами
	I (ПП-47)	II (ПП-48)	III (ПП-49)	IV (ПП-50)	V (ПП-51)
Начальная густота, экз/га	40000	20000	10000	4000	4000
Текущая густота, экз/га	8440 4270	6560 3733	4080 2883	1188 э445	1464 1370
Сохранность, %	21,2	32,8	40,8	29,7	36,6
	10,7	18,7	28,8	36,1	34,2
Средняя высота, м	5,1	5,1	5,9	6,4	5,5
	11,4	12,4	13,4	17,0	19,7
Средний диаметр, см	5,4	6,0	7,4	10,9	12,3
	9,1	9,8	11,2	16,7	22,0
Класс бонитета	III	III	III	III	III
	IV	IV	III	II	I
Площадь сечений, м <sup>2</sup> /га	19,1	18,4	17,5	11,1	17,3
	27,85	27,94	28,40	31,50	54,04
Полнота	0,93	0,90	0,81	0,50	0,80
	0,96	0,94	0,91	0,89	1,41
Запас, м <sup>3</sup> /га	69,4	69,3	65,3	40,1	61,3
	194,2	199,1	209,8	256,1	469,4

**Результаты и обсуждение**

Судя по данным таблиц 3-5, в культурах одной и той же начальной густоты фитомасса деревьев одного и того же диаметра при увеличении возраста с 21 до 59 лет увеличивается в 2-4 раза. При начальной густоте 4,0 тыс. экз/га равновеликие деревья при рядовой посадке имеют фитомассу, существенно большую, чем при гнездовой, вследствие их перегущения в последнем случае. При гнездовой посадке разной начальной густоты в Ключевском лесхозе какой-либо закономерной связи фитомассы равновеликих деревьев с густотой не наблюдается. Однако в Лебяжинском лесхозе наибольшая фитомасса установлена у деревьев при начальной густоте 10 тыс. экз/га по отношению к густотам 20 и 3,6 тыс. экз/га.

**Заключение**

Полученные фактические данные фитомассы модельных деревьев используются для определения ее запасов на 1 га разнотравных насаждений. Путем расчета уравнений связи фитомассы с диаметром ствола и табулирования их по количеству деревьев в ступенях толщины, полученному при перечете, оценивается фитомасса всего насаждения. Имея региональные данные фитомассы деревьев в некоторых диапазонах диаметров ствола лесообразующих пород, можно оценивать фитомассу насаждений без трудоемкой процедуры определения фитомассы деревьев в лесу, ограничиваясь лишь перечислительной таксацией того или иного насаждения.

Таблица 3

**Фитомасса модельных деревьев сосны рядовой посадки, Лебяжинский лесхоз\***

№ модели	А, лет	D, см	H, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, кг					№ п/п /густота
				всего	кора	ствол		ветви	хвоя	итого	
						всего	в т.ч. кора				
Начальная густота 20,0 тыс. экз/га											
1	73	4	7,3	6,3	0,50	2,38	0,358	0,407	0,342	3,13	33/ 5343
2	73	8	12,5	35,5	4,0	15,54	1,34	0,494	0,489	16,52	
3	73	10	13,9	56,1	9,8	23,36	1,36	1,046	1,14	25,5	
4	73	12	15,0	81,4	14,2	29,68	1,88	1,45	1,65	32,8	
5	73	16	16,4	155,0	18,0	63,36	5,26	4,28	4,89	72,5	
6	73	18	17,8	218,0	32,7	95,69	6,29	5,98	6,18	107,8	
7	73	23	18,8	358,0	50,2	142,5	9,16	10,8	9,38	162,6	
Начальная густота 10,0 тыс. экз/га											
8	73	5	8,0	9,0	2,4	2,716	0,416	0,375	0,342	3,43	34/ 3452
9	73	8	14,2	37,5	4,8	16,93	1,93	0,62	0,501	18,1	
10	73	12	15,6	74,4	9,4	35,22	2,62	1,91	1,99	39,1	
11	73	14	16,3	124,9	19,8	48,48	3,48	3,4	3,27	55,1	
12	73	18	17,7	229,9	30,5	99,1	5,81	5,74	7,22	112,1	
13	73	22	18,3	321,1	46,0	128,3	9,45	9,51	9,28	147,1	
14	73	28	19,8	539,6	72,8	205,0	13,7	17,6	13,0	235,6	
Начальная густота 3,6 тыс. экз/га											
15	69	5	6,16	7,3	1,5	3,09	0,607	0,268	0,199	3,56	32/ 1371
16	69	8	10,2	28,0	4,1	11,67	1,21	0,836	1,003	13,5	
17	69	14	16,6	130,4	17,5	54,95	4,11	3,34	3,11	61,4	
18	69	19	17,2	214,3	33,2	91,58	7,28	6,85	6,82	105,2	
19	69	22	18,2	319,0	47,5	134,11	9,81	11,79	11,00	156,9	
20	69	25	18,6	413,0	59,0	171,0	12,5	18,04	13,78	202,8	
21	69	28	18,6	531,3	63,1	213,3	15,9	24,70	16,66	254,7	

\*Здесь и далее: А – возраст дерева; D – диаметр ствола на высоте груди; H – высота дерева.

Таблица 4

**Фитомасса модельных деревьев сосны в возрасте 21 года, посадка местами, Ключевской лесхоз (по К.Ж. Аскарару [9])**

№ модели	А, лет	D, см	H, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, кг					№ п/п /густота
				всего	кора	ствол		ветви	хвоя	итого	
						всего	в т.ч. кора				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Густота посадки 40,0 тыс. экз/га											
1	21	2	2,43	0,9	–	0,235	–	0,047	0,052	0,334	47/ 8440
2	21	4	4,18	4,2	–	0,861	–	0,251	0,217	1,33	
3	21	6	5,42	9,8	2,6	1,83	–	0,425	0,374	2,63	
4	21	8	6,28	18,3	4,5	3,49	–	1,19	0,897	5,58	
5	21	10	7,15	32,0	7,7	6,85	–	2,2	1,72	10,8	
6	21	12	7,50	47,1	11,8	12,4	–	3,61	2,79	18,8	
7	21	14	7,62	59,7	14,0	15,5	–	4,9	3,74	24,1	
8	21	16	7,41	70,0	17,6	19,6	–	4,45	3,58	27,6	
Густота посадки 20,0 тыс. экз/га											
9	21	2	2,45	0,9	–	0,196	–	0,056	0,071	0,32	48/ 6560
10	21	4	4,05	4,1	–	0,714	–	0,191	0,188	1,09	
11	21	6	5,02	9,4	2,5	2,65	–	0,801	0,757	4,21	
12	21	8	6,09	17,9	4,5	5,05	–	0,883	0,924	6,86	
13	21	10	6,97	31,4	7,7	6,14	–	2,03	1,33	9,50	
14	21	12	7,56	47,6	11,8	10,9	–	2,34	1,74	15,0	
15	21	14	8,13	63,4	14,3	14,1	–	3,64	2,50	20,2	
16	21	16	8,20	78,4	18,5	17,7	–	5,26	3,64	26,6	
Густота посадки 10,0 тыс. экз/га											
17	21	2	2,65	0,9	–	0,256	–	0,072	0,075	0,40	49/ 4080
18	21	4	4,02	4,1	–	0,727	–	0,172	0,196	1,09	
19	21	6	5,23	9,6	2,6	1,75	–	0,484	0,436	2,67	
20	21	8	6,10	17,9	4,5	4,50	–	1,08	0,804	6,38	
21	21	10	6,93	31,0	7,5	5,91	–	2,07	1,56	9,54	
22	21	12	7,52	47,1	11,8	12,2	–	2,44	2,29	16,9	
23	21	14	8,13	63,4	14,3	14,9	–	4,24	3,08	22,2	
24	21	16	8,27	79,4	18,4	19,1	–	5,50	4,19	28,8	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Густота посадки 4,0 тыс. экз/га											
25	21	2	2,37	0,89	–	0,478	–	0,191	0,144	0,813	50/ 1188
26	21	4	3,74	4,0	–	1,95	–	0,365	0,287	2,60	
27	21	6	4,40	8,69	–	2,01	–	0,618	0,664	3,29	
28	21	8	5,03	15,64	–	4,01	–	0,905	0,789	5,70	
29	21	10	6,04	28,2	7,1	5,77	–	2,04	1,68	9,49	
30	21	12	6,66	43,45	11,5	12,3	–	3,49	2,53	18,3	
31	21	14	7,23	56,7	13,8	14,2	–	4,97	3,98	23,2	
32	21	16	7,34	69,0	17,5	16,5	–	6,33	3,59	26,4	

Таблица 5

**Фитомасса модельных деревьев сосны в возрасте 59 лет, посадка гнездовая и рядовая, Ключевской лесхоз**

№ модели	А, лет	D, см	H, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, кг					№ п/п/густота
				всего	кора	ствол		ветви	хвоя	итого	
						всего	в т.ч. кора				
Гнездовая посадка. Начальная густота 40,0 тыс. экз/га											
1	59	3	5,2	2,6	0,4	0,96	0,16	0,135	0,148	1,24	47/ 4270
2	59	6	9,3	14,3	3,9	4,48	0,73	0,404	0,363	5,25	
3	59	10	12,5	55,1	7,0	23,07	2,07	1,53	1,705	26,3	
4	59	14	15,1	118,7	10,4	48,17	2,77	3,19	3,27	54,6	
5	59	20	17,6	239,8	39,6	99,67	7,52	7,82	5,55	113,0	
6	59	24	18,2	374,9	53,9	157,7	12,2	9,81	9,01	176,5	
7	59	27	18,5	426,5	64,4	218,5	17,8	14,1	12,8	245,4	
Гнездовая посадка. Начальная густота 10,0 тыс. экз/га											
8	59	3	5,3	2,8	0,5	0,87	0,15	0,164	0,177	1,21	49/ 2883
9	59	6	9,2	13,3	2,7	5,55	0,99	0,394	0,559	6,50	
10	59	10	12,7	49,2	9,0	20,0	2,30	2,48	2,12	24,6	
11	59	14	15,4	111,5	14,8	48,8	3,71	3,48	3,38	55,7	
12	59	18	17,3	212,1	22,8	94,5	6,87	6,76	5,88	107,1	
13	59	22	18,9	330,2	43,7	122,3	8,38	12,6	8,27	143,1	
14	59	27	19,5	498,4	66,8	221,1	16,3	17,8	13,1	252,0	
Гнездовая посадка. Начальная густота 4,0 тыс. экз/га											
15	59	4	6,8	5,2	0,9	2,22	0,42	0,287	0,401	2,91	50/ 1445
16	59	8	10,8	36,4	4,8	16,68	1,68	1,68	1,21	19,6	
17	59	12	14,4	86,5	12,8	36,81	3,31	3,19	2,67	42,7	
18	59	16	16,6	137,8	19,6	58,8	4,60	6,24	5,77	70,8	
19	59	20	19,0	254,1	26,9	113,8	8,67	12,7	9,71	136,2	
20	59	24	19,4	398,2	57,3	177,4	12,7	15,8	11,7	204,9	
21	59	28	20,2	550,2	79,2	255,8	18,7	23,6	16,5	295,9	
Рядовая посадка. Начальная густота 4,0 тыс. экз/га											
22	59	9	12,8	45,3	10,5	15,3	1,89	1,98	2,65	19,9	51/ 1370
23	59	14	17,0	119,0	19,0	45,0	4,26	5,24	4,01	54,2	
24	59	18	18,6	228,2	34,9	88,902	6,92	11,2	7,84	108,0	
25	59	22	20,5	365,7	35,0	156,4	13,4	19,4	12,2	188,0	
26	59	25	21,0	512,9	66,9	215,5	15,2	28,6	15,0	259,1	
27	59	29	21,3	632,3	66,8	275,4	16,3	40,2	20,7	336,3	
28	59	36	21,6	936,0	124,5	416,9	26,8	58,0	28,4	503,3	

В последнее время ставится вопрос о восстановлении разрушенной в результате введения Лесного кодекса 2006 г. системы русского лесоустройства [11]. В связи этим может быть использован опыт Канады, где уже в 1980-х годах лесоустройство было нацелено на оценку не только запаса древесины, но и всей фитомассы насаждений, на основе аллометрических уравнений для подеревных данных фитомассы и результатов перечета деревьев по ступеням толщины на лесных выделах [12]. Создаваемая нами база подеревных данных о фитомассе

деревьев России может быть востребована в нашей будущей системе лесоустройства.

**Библиографический список**

1. Wirth C., Schumacher J., Schulze E.-D. Generic biomass functions for Norway spruce in Central Europe – a meta-analysis approach toward prediction and uncertainty estimation // Tree Physiology. – 2004. – Vol. 24. – P. 121-139.
2. Scarascia-Mugnozza G., Bauer G.A., Persson H. et al. Tree biomass, growth and nutrient pools // E.-D. Schulze (ed.). Carbon and nutrient cycling in European forest



ecosystems. – Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 2000. – P. 49-62 (Ecological Studies. Vol. 142).

3. Mund M., Kummetz E., Hein M., Bauer G.A., Schulze E.-D. Growth and carbon stocks of a spruce forest chronosequence in central Europe // *Forest Ecology and Management*. – 2002. – Vol. 171. – P. 275-296.

4. Поздняков Л.К., Протопопов В.В., Горбатенко В.М. Биологическая продуктивность лесов Средней Сибири и Якутии. – Красноярск: Книжное изд-во, 1969. – 120 с.

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

6. Уткин А.И. Две объемные книги о фитомассе лесов Северной Евразии // *Лесоведение*. – 2004. – № 1. – С. 68-70.

7. Marklund L.G. Collecting data for biomass equation development: some methodological aspects // *Mesures des biomasses et des accroissements forestiers*. – INRA, 1983. – P. 37-43 (Les Colloques de l'INRA, no. 19).

8. Zianis D., Muukkonen P., Мдкірдд R., Mencuccini M. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe // *Silva Fennica Monographs*. – 2005. – Vol. 4. – 63 p.

9. Аскарлов К.Ж. Рост и продуктивность культур сосны разной густоты местами в ленточных борах Прииртышья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Алма-Ата: КазСХИ, 1974. – 23 с.

10. Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. – М.: Наука, 1967. – 100 с.

11. Усольцев В.А. О вакханалии дилетантов в управлении российскими лесами и не только // *Эко-Потенциал*. – 2014. – № 2 (6). – С. 181-186 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3179>).

12. Bonnor G.M. Inventory of forest biomass in Canada. – Canadian Forestry Service. Petawawa National Forestry Institute, 1985. – 63 p.

#### References

1. Wirth C., Schumacher J., Schulze E.-D. Generic biomass functions for Norway spruce in Central Europe – a meta-analysis approach

toward prediction and uncertainty estimation // *Tree Physiology*. – 2004. – Vol. 24. – P. 121-139.

2. Scarascia-Mugnozza G., Bauer G.A., Persson H. et al. Tree biomass, growth and nutrient pools // E.-D. Schulze (ed.). *Carbon and nutrient cycling in European forest ecosystems*. – Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 2000. – P. 49-62 (Ecological Studies. Vol. 142).

3. Mund M., Kummetz E., Hein M., Bauer G.A., Schulze E.-D. Growth and carbon stocks of a spruce forest chronosequence in central Europe // *Forest Ecology and Management*. – 2002. – Vol. 171. – P. 275-296.

4. Pozdnyakov L.K., Protopopov V.V., Gorbatenko V.M. *Biologicheskaya produktivnost' lesov Srednei Sibiri i Yakutii*. – Krasnoyarsk: Knizhnoe izd-vo, 1969. – 120 s.

5. Semechkina M.G. *Struktura fitomassy sosnyakov*. – Novosibirsk: Nauka, 1978. – 165 s.

6. Utkin A.I. Dve ob'emnye knigi o fitomasse lesov Severnoi Evrazii // *Lesovedenie*. – 2004. – № 1. – S. 68-70.

7. Marklund L.G. Collecting data for biomass equation development: some methodological aspects // *Mesures des biomasses et des accroissements forestiers*. – INRA, 1983. – P. 37-43 (Les Colloques de l'INRA, no. 19).

8. Zianis D., Muukkonen P., Makipaa R., Mencuccini M. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe // *Silva Fennica Monographs*. – 2005. – Vol. 4. – 63 p.

9. Askarov K.Zh. Rost i produktivnost' kul'tur sosny raznoi gustoty mestami v lentochnykh borakh Priirtysh'ya: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Alma-Ata: KazSKhI, 1974. – 23 s.

10. Molchanov A.A., Smirnov V.V. *Metodika izucheniya prirosta drevesnykh rastenii*. – M.: Nauka, 1967. – 100 s.

11. Usol'tsev V.A. O vakkhanalii diletantov v upravlenii rossiiskimi lesami i ne tol'ko // *Эко-Потенциал*. – 2014. – № 2 (6). – С. 181-186 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3179>).

12. Bonnor G.M. Inventory of forest biomass in Canada. – Canadian Forestry Service. Petawawa National Forestry Institute. 1985. – 63 p.

