

УДК 630*231

А. А. Маленко, В. А. Усольцев

ВОЗРАСТНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОМАССЫ В РАЗНОГУСТОТНЫХ ГНЕЗДОВЫХ КУЛЬТУРАХ СОСНЫ АЛТАЙСКОГО КРАЯ И ОШИБКИ ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Выполнены определения фракционной структуры фитомассы в гнездово-образных культурах сосны обыкновенной в возрасте 21 и 59 лет с начальной густотой посадки 4, 10, 20 и 40 тыс. экз./га. Приведены показатели фитомассы стволов, ветвей и хвои на уровне дерева и древостоя, которые проанализированы в связи с густотой культур. Показана точность обобщенных уравнений фитомассы.

Ключевые слова: лесные культуры, надземная фитомасса, абсолютно сухое состояние, фракционный состав, густота посадки, текущая густота.

Введение. В нашей предыдущей работе [1] дан анализ структуры фитомассы 70-летних разногустотных рядовых культур сосны обыкновенной, заложенных в 1935 году В. Е. Смирновым в Лебяжинском лесхозе (в 40 км от г. Рубцовска) с целью оптимизации густоты посадки.

Цель настоящей работы – проанализировать возрастные изменения структуры фитомассы и точность «обобщенных» двухфакторных моделей фитомассы в сравнении с «локальными» однофакторными моделями на другом объекте – разногустотном эксперименте с гнездовыми культурами сосны.

Объекты и методы исследований. Исследования проведены в разногустотных культурах сосны обыкновенной «местами» (гнездами, группами), заложенных в 1948 году Л. Н. Грибановым в Ключевском лесхозе Алтайского края на площади 7 га. Эксперимент необычен тем, что, во-первых, культуры были заложены местами в сопоставлении с посадкой их рядами и, во-вторых, количество площадок в каждом из четырех вариантов начальной густоты было достаточно большим, что дает возможность в будущем проследить их рост до возраста спелости (табл. 1). Вся лесокультурная площадь расположена на обширном пологом всхолмлении и представлена сплошной гарью после пожара 1939 года, заросшей характерными представителями степной флоры (тонко-

Т а б л и ц а 1

**Характеристика густотного эксперимента, заложенного в 1948 году
Л. Н. Грибановым в Ключевском лесхозе (по материалам К. Ж. Аскарова [3])**

№ варианта	Размер площадок	Число площадок		Число деревьев		
		на участке	на 1 га	на 1 м ² площадки	на 1 га суммарной поверхности площадок	на 1 га площади участка
I	1×2 м	100	200	100	40000	1600
II	1×2 м	90	200	50	20000	800
III	1×2 м	96	200	25	10000	400
IV	1×2 м	126	200	10	4000	160

ног, типчак, ковыль и др.). Рельеф местности слабоволнистый с отклонениями от среднего уровня поверхности почвы $\pm 2-3$ м. Тип леса – сухой бор пологих дюнных всхолмлений [2]. Подготовка почвы проведена полосной вспашкой на глубину 25–30 см, посадка выполнена двухлетними сеянцами, выращенными в питомнике Ключевского лесхоза из местных семян [3].

В возрасте 21 года эти культуры были протаксированы К. Ж. Аскарковым [3] и в возрасте 59 лет их повторную инструментальную таксацию выполнил А. А. Маленко. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Таксационная характеристика культур сосны в возрасте 21 и 59 лет по вариантам посадки в Ключевском лесхозе

Таксационные показатели	Посадка местами по вариантам				Посадка рядами
	I	II	III	IV	
Начальная густота, экз/га	40000	20000	10000	4000	4000
Данные перече́та в возрасте 21 года [3]					
Густота, экз/га	8440	6560	4080	1188	1464
Сохранность, %	21,2	32,8	40,8	29,7	36,6
Средняя высота, м	5,1	5,1	5,9	6,4	5,5
Средний диаметр, см	5,4	6,0	7,4	10,9	12,3
Класс бонитета	III	III	III	III	III
Площадь сечений, м ² /га	19,1	18,4	17,5	11,1	17,3
Полнота	0,93	0,90	0,81	0,50	0,80
Запас, м ³ /га	69,4	69,3	65,3	40,1	61,3
Данные перече́та в возрасте 59 лет					
Густота, экз/га	4270	3733	2883	1445	1370
Сохранность, %	10,7	18,7	28,8	36,1	34,2
Средняя высота, м	11,4	12,4	13,4	17,0	19,7
Средний диаметр, см	9,1	9,8	11,2	16,7	22,0
Класс бонитета	IV	IV	III	II	I
Площадь сечений, м ² /га	27,85	27,94	28,40	31,50	54,04
Полнота	0,96	0,94	0,91	0,89	1,41
Запас, м ³ /га	194	199	210	256	469

Обращает на себя внимание парадоксальный факт: если в вариантах I–III за период между двумя учетами число деревьев уменьшилось в результате естественного изреживания, то в IV варианте посадки возросло с 1188 до 1445 экз/га (отмечены в табл. 2 жирным шрифтом). Этот феномен требует комментария. К. Ж. Аскарков [3] характеризует вариант посадки IV (с наименьшей густотой) как наименее устойчивый к экстремальным условиям сухой степи и находящийся на грани гибели с большим количеством суховершинных деревьев. При перече́те такие деревья с одной-двумя живыми нижними мутовками были протаксированы как неблагонадежные и отмирающие. Но к возрасту 59 лет произошло «воскрешение из полумертвых» какой-то части таких деревьев из нижних боковых ветвей. Подобное явление неоднократно наблюдалось ранее в Бузулукском бору Н. П. Чардымовым [4], В. Г. Нестеровым [5] и Е. Д. Годневым [6], а также в Аман-Карагайском бору в Кустанайской области (Казахстан) [7].

Фитомасса культур определена по модельным деревьям, взятым в диапазоне ступеней толщины, с использованием методики А. А. Молчанова и В. В. Смирнова [8]. 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 и 4). Обработка материала выполнена по

стандартным программам статистического и регрессионного анализа. Имели место некоторые методические расхождения между учетами фитомассы в возрасте 21 и 59 лет: в первом случае масса ствола определена вместе с корой, без выделения последней в качестве отдельной фракции, но зато учтена масса корней, чего не сделано во втором случае.

Т а б л и ц а 3

**Фитомасса модельных деревьев в абсолютно сухом состоянии
в возрасте культур 21 года [3]**

Ступени толщины	Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, кг					
	Стволы в коре	Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	Итого
Посадка местами, начальная густота 40 тыс. экз/га (вариант I)						
2	0,235	0,047	0,052	0,334	0,046	0,38
4	0,861	0,251	0,217	1,33	0,168	1,50
6	1,83	0,425	0,374	2,63	0,438	3,07
8	3,49	1,19	0,897	5,58	0,823	6,40
10	6,85	2,20	1,72	10,8	1,91	12,7
12	12,4	3,61	2,79	18,8	2,42	21,2
14	15,5	4,90	3,74	24,1	3,32	27,5
16	19,6	4,45	3,58	27,6	3,64	31,3
Посадка местами, начальная густота 20 тыс. экз/га (вариант II)						
2	0,196	0,056	0,071	0,323	0,048	0,371
4	0,716	0,191	0,188	1,095	0,165	1,26
6	2,65	0,801	0,757	4,21	0,870	5,08
8	5,05	0,883	0,924	6,86	1,05	7,91
10	6,14	2,03	1,33	9,50	1,56	11,1
12	10,9	2,34	1,74	15,0	2,17	17,2
14	14,1	3,64	2,50	20,2	2,75	23,0
16	17,7	5,26	3,64	26,6	3,83	30,4
Посадка местами, начальная густота 10 тыс. экз/га (вариант III)						
2	0,256	0,072	0,075	0,403	0,050	0,453
4	0,727	0,172	0,196	1,095	0,158	1,25
6	1,75	0,484	0,436	2,67	0,349	3,02
8	4,50	1,08	0,804	6,38	0,974	7,36
10	5,91	2,07	1,56	9,54	1,55	11,1
12	12,2	2,44	2,29	16,9	2,20	19,1
14	14,9	4,24	3,08	22,2	3,46	25,7
16	19,1	5,50	4,19	28,8	3,96	32,7
Посадка местами, начальная густота 4 тыс. экз/га (вариант IV)						
2	0,478	0,191	0,144	0,813	0,074	0,887
4	1,95	0,365	0,287	2,60	0,405	3,01
6	2,01	0,618	0,664	3,29	0,754	4,05
8	4,01	0,905	0,789	5,70	1,05	6,75
10	5,77	2,04	1,68	9,49	1,75	11,2
12	12,3	3,49	2,53	18,3	2,68	21,0
14	14,2	4,97	3,98	23,2	4,20	27,4
16	16,5	6,33	3,59	26,4	4,93	31,3

Результаты и их обсуждение. Полученные фактические данные фитомассы модельных деревьев используются для определения ее запасов на 1 га разногустотных насаждений. Расчет показателей фитомассы на 1 га древостоев пробных площадей выполнен регрессионным методом с использованием аллометрического уравнения:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D, \quad (1)$$

где P_i – фитомасса i -й фракции (соответственно $P_F, P_{BR}, P_R, P_{ST}, P_B, P_{STB}$ и $P_{ТОТ}$ для хвои, ветвей, корней, древесины ствола, коры ствола, ствола в коре и общей надземной) в абсолютно сухом состоянии, кг; D – диаметр на высоте груди, см. Полученные уравнения (табл. 5 и 6) объясняют от 96 до 99% изменчивости той или иной фракции фитомассы.

Т а б л и ц а 4

Фитомасса модельных деревьев в абсолютно сухом состоянии в возрасте культур 59 лет

Диаметр на высоте груди, см	Высота дерева, м	Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, кг				
		Древесина ствола	Кора ствола	Ветви	Хвоя	Итого надземная
Посадка местами, начальная густота 40 тыс. экз/га (вариант I)						
3	5,2	0,80	0,16	0,135	0,148	1,24
6	9,3	3,75	0,73	0,404	0,363	5,25
10	12,5	21,0	2,07	1,53	1,705	26,3
14	15,1	45,4	2,77	3,19	3,27	54,6
20	17,6	92,15	7,52	7,82	5,55	113,0
24	18,2	145,5	12,2	9,81	9,01	176,5
27	18,5	200,7	17,8	14,1	12,8	245,4
Посадка местами, начальная густота 10 тыс. экз/га (вариант III)						
3	5,3	0,72	0,15	0,164	0,177	1,21
6	9,2	4,56	0,99	0,394	0,559	6,50
10	12,7	17,7	2,30	2,48	2,12	24,6
14	15,4	45,1	3,71	3,48	3,38	55,7
18	17,3	87,6	6,87	6,76	5,88	107,1
22	18,9	113,9	8,38	12,6	8,27	143,1
27	19,5	204,8	16,3	17,8	13,1	252,0
Посадка местами, начальная густота 4 тыс. экз/га (вариант IV)						
4	6,8	1,80	0,42	0,287	0,401	2,91
8	10,8	15,0	1,68	1,68	1,21	19,6
12	14,4	33,5	3,31	3,19	2,67	42,7
16	16,6	54,2	4,6	6,24	5,77	70,81
20	19,0	105,1	8,67	12,7	9,71	136,2
24	19,4	164,7	12,7	15,8	11,7	204,9
28	20,2	237,1	18,7	23,6	16,5	295,9
Рядовая посадка, начальная густота 4 тыс. экз/га (вариант V)						
9	12,8	13,4	1,89	1,98	2,65	19,9
14	17,0	40,7	4,26	5,24	4,01	54,2
18	18,6	82,0	6,92	11,2	7,84	108,0
22	20,5	143,0	13,4	19,4	12,2	188,0
25	21,0	200,3	15,2	28,6	15,0	259,1
29	21,3	259,1	16,3	40,2	20,7	336,3
36	21,6	390,1	26,8	58,0	28,4	503,3

Нетрудно заметить, что между данными табл. 3 и 4, а затем 5 и 6 имеется некоторое несоответствие, вызванное тем, что работы на пробных площадях в первом и втором случаях проводились разными исследователями. Поэтому прежде, чем анализировать возрастное изменение фитомассы культур на единице площади, приведем их результаты в сопоставимое состояние. К. Ж. Аскарров [3] в таблице приводит фитомассу стволов без деления ее на древесину и кору, но в отдельной таблице дает соотношения этих двух фракций. По этим соотношениям мы модифицировали данные табл. 3.

Т а б л и ц а 5

Характеристика уравнений (1) и (2) для 21-летних культур

Текущая густота древостоя, экз./га	Константы и R^2	Обозначения фракций фитомассы				
		P_F	P_{BR}	P_{STB}	P_R	P_{TOT}
Уравнение (1)						
Посадка местами, начальная густота 40 тыс. экз/га (вариант I)						
8440	a_0	-4,551	-4,690	-3,138	-4,718	-2,629
	a_1	2,167	2,326	2,199	2,222	2,217
	R^2	0,987	0,986	0,991	0,992	0,992
Посадка местами, начальная густота 20 тыс. экз/га (вариант II)						
6560	a_0	-3,993	-4,449	-3,185	-4,436	-2,503
	a_1	1,877	2,181	2,219	2,114	2,152
	R^2	0,982	0,986	0,991	0,976	0,991
Посадка местами, начальная густота 10 тыс. экз/га (вариант III)						
4080	a_0	-4,219	-4,442	-3,107	-4,726	-2,530
	a_1	2,001	2,184	2,178	2,213	2,159
	R^2	0,987	0,982	0,986	0,989	0,988
Посадка местами, начальная густота 4 тыс. экз/га (вариант IV)						
1188	a_0	-3,368	-3,288	-1,977	-3,865	-1,444
	a_1	1,685	1,763	1,706	1,966	1,737
	R^2	0,964	0,940	0,964	0,991	0,976
Обобщенное уравнение (2)						
-	a_0	0,265	1,621	2,423	-1,116	2,800
	a_1	0,293	-0,145	-0,165	1,173	0,037
	a_2	-0,517	-0,703	-0,635	-0,340	-0,611
	a_3	0,197	0,272	0,270	0,115	0,244
	R^2	0,979	0,975	0,984	0,984	0,986

Т а б л и ц а 6

Характеристика уравнений (1) и (2) для 59-летних культур

Густота древостоя, экз./га	Константы и R^2	Обозначения фракций фитомассы				
		P_F	P_{BR}	P_{ST}	P_B	P_{TOT}
Уравнение (1)						
Посадка местами, начальная густота 40 тыс. экз/га (вариант I)						
4270	a_0	-4,357	-4,548	-3,021	-4,095	-2,488
	a_1	2,0667	2,167	2,538	2,062	2,426
	R^2	0,987	0,994	0,995	0,990	0,996
Посадка местами, начальная густота 10 тыс. экз/га (вариант III)						
2883	a_0	-3,958	-4,478	-3,099	-3,888	-2,454
	a_1	1,977	2,226	2,577	2,005	2,433
	R^2	0,996	0,981	0,998	0,988	0,999
Посадка местами, начальная густота 4 тыс. экз/га (вариант IV)						
1445	a_0	-3,758	-4,297	-2,624	-3,523	-2,051
	a_1	1,967	2,238	2,435	1,916	2,330
	R^2	0,993	0,995	0,993	0,999	0,997

О к о н ч а н и е т а б л . 6

Густота древостоя, экз./га	Константы и R ²	Обозначения фракций фитомассы				
		P_F	P_{BR}	P_{ST}	P_B	$P_{ТОГ}$
Уравнение (1)						
Рядовая посадка, начальная густота 4 тыс. экз/га (вариант V)						
1370	a ₀	-3,185	-4,935	-2,830	-3,613	-2,267
	a ₁	1,825	2,543	2,492	1,940	2,400
	R ²	0,980	0,995	0,995	0,984	0,991
Обобщенное уравнение (2)						
-	a ₀	0,278	-2,565	0,0564	0,309	0,882
	a ₁	1,281	2,670	1,742	0,940	1,695
	a ₂	-0,546	-0,238	-0,379	-0,527	-0,409
	a ₃	0,091	-0,059	0,0988	0,134	0,089
	R ²	0,992	0,990	0,995	0,992	0,997

Значения фитомассы на 1 га, рассчитанные с использованием уравнений (1) и данных пересчетов деревьев по ступеням толщины, приведены в табл. 7.

Т а б л и ц а 7

Результаты расчета фитомассы на 1 га древостоя по уравнениям (1) в возрасте 21 и 59 лет

№ варианта	Густота древостоя, экз./га	Фитомасса, т/га					
		P_F	P_{BR}	P_{ST}	P_B	$P_{ТОГ}^*$	$P_{ТОГ}^{**}$
Возраст 21 год							
1	8440	3,65	4,46	16,0	3,47	27,6	27,7
2	6560	3,33	4,07	15,6	3,55	26,6	26,7
3	4080	3,29	3,98	14,9	3,20	25,4	25,4
4	1188	2,23	2,92	9,42	2,72	17,3	17,3
Возраст 59 лет							
1	4270	5,40	5,79	71,3	6,93	89,4	89,9
2	3733	5,90	6,51	72,4	7,18	92,0	92,7
3	2883	6,57	7,66	80,1	7,60	101,9	102,4
4	1445	8,48	11,03	105,7	9,23	134,4	136,9

Примечание: Здесь и далее $P_{ТОГ}^*$ и $P_{ТОГ}^{**}$ – значения надземной фитомассы, полученные соответственно суммированием масс фракций и расчетом уравнений (1) и (2).

Кроме закономерности возрастного изменения фитомассы в исследованном возрастном диапазоне, представляет интерес процесс перегруппировки густотных вариантов по их биопродуктивности. В нашей работе [7] на основе анализа нескольких густотных экспериментов, заложенных в культурах сосны обыкновенной на территории бывшего СССР, было установлено, что в течение первых 15–29 лет после посадки, т.е. до смыкания крон и корней и соответственно до вступления древостоев в фазу интенсивных конкурентных отношений, стволовый запас культур одного и того же возраста (в статике) пропорционален густоте посадки. С возраста 17–39 лет начинается перегруппировка густотных вариантов по продуктивности.

Путем нанесения данных табл. 7 на графики мы получили возможность наглядно представить особенности возрастного изменения фитомассы в разных густотных вариантах и конкретизировать возраст культур, при котором начинается конкуренция за ресурсы среды (см. рис. на с. 45). Мы видим, что в возрасте 22–30 лет прямо пропорциональная зависимость биопродуктивности от начальной густоты посадки меняется на противоположную, причем равенство разнугустотных вариантов по стволовой массе наступает раньше (около 22 лет), а по массе крон – позднее (около 30 лет). Это несколько неожиданно, поскольку известно, что на разреживание древостоя при рубках ухода масса крон реагирует в первую очередь вследствие их экспансии в освободившееся пространство. В данном случае динамика крон как бы «отстает» от стволовой массы.

Наряду с однофакторной зависимостью (1) для составления таблиц фитомассы для разнугустотных культур необходимо оценить «продвинутое» модели с числом независимых переменных, соответствующим числу входов в таблицы. В предыдущей статье [1] было показано, что наиболее соответствующей названной цели является следующая структура уравнения:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln N + a_3 \ln D \ln N, \quad (2)$$

где N – текущая густота древостоев культур, экз/га.

Характеристика уравнения (2) приведена в табл. 5 и 6. Результаты расчета фитомассы на 1 га по уравнению (2) сведены в табл. 8.

Для суждения о возможности или невозможности использования модели фитомассы деревьев (2) в качестве «всеобщей» наличия высокого коэффициента детерминации недостаточно [1], и модель должна быть верифицирована на уровне не только деревьев, но и конкретных древостоев.

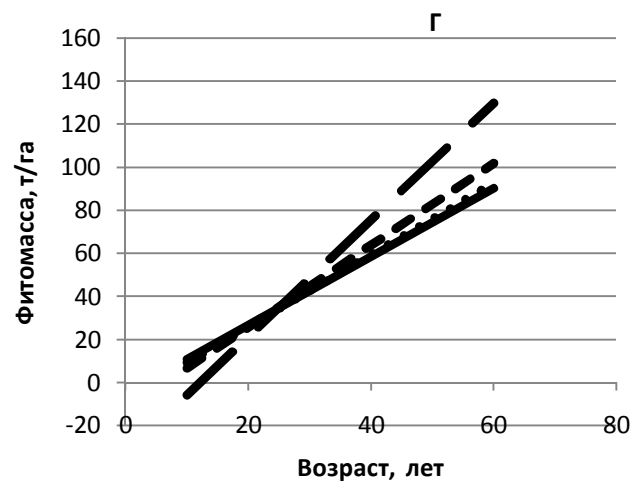
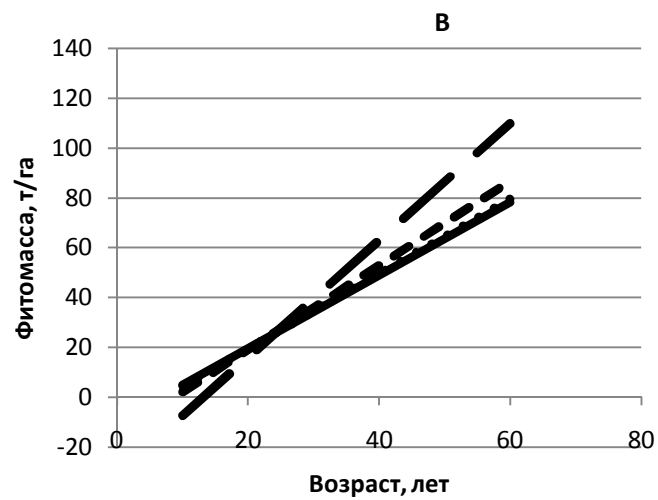
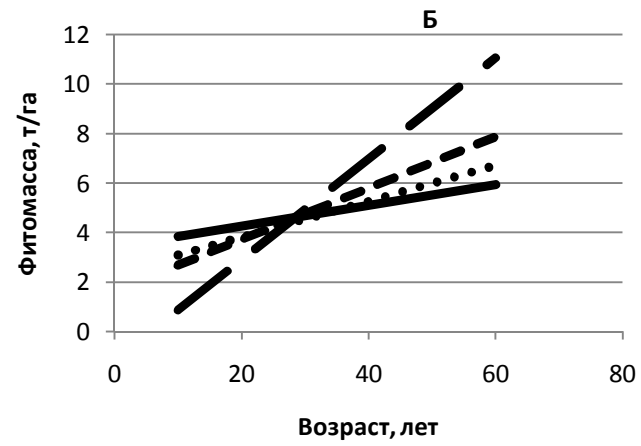
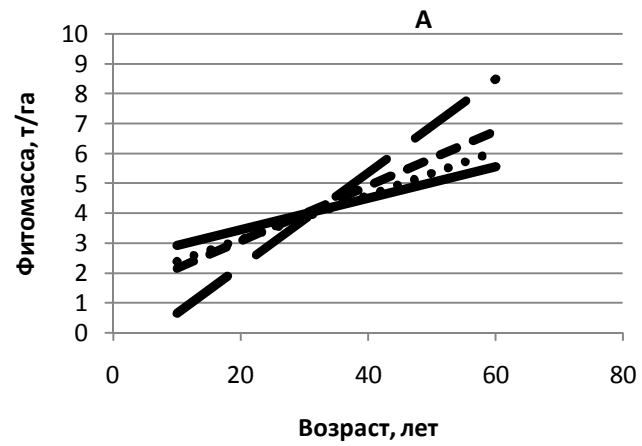
Т а б л и ц а 8

Результаты расчета фитомассы на 1 га древостоя по уравнению (2) в возрасте 21 и 59 лет

№ варианта	Густота древостоя, экз./га	Фитомасса, т/га					
		P_F	P_{BR}	P_{ST}	P_B	P_{TOT}^*	P_{TOT}^{**}
Возраст 21 год							
1	8440	3,47	4,15	15,7	3,36	26,7	26,8
2	6560	3,44	4,20	15,6	3,42	26,7	26,8
3	4080	3,40	4,24	15,3	3,53	26,4	26,5
4	1188	2,19	2,85	9,42	2,65	17,1	17,1
Возраст 59 лет							
1	4270	5,50	5,95	70,8	6,90	89,1	89,4
2	3733	5,87	6,46	72,5	7,19	92,0	92,8
3	2883	6,41	7,32	80,5	7,66	101,8	102,9
4	1445	8,52	11,2	105,9	9,20	134,9	137,3

Примечание: Здесь и далее P_{TOT}^* и P_{TOT}^{**} – значения надземной фитомассы, полученные соответственно суммированием масс фракций и расчетом уравнений (1) и (2).

Расчет ошибок определения запасов фитомассы на 1 га (табл. 9) показал, что систематические ошибки значений фитомассы на 1 га, рассчитанные по обобщенному уравнению (2) относительно таковых, рассчитанных по уравнению (1), «исчезающе малы», а величина случайной ошибки существенно ниже по сравнению с ошибками экспериментального определения фитомассы на пробных площадях.



Зависимость фитомассы хвои (А); ветвей (Б); стволовой древесины (В); общей надземной (Г) от возраста, по вариантам начальной густоты (обозначены цифрами): 1, 2, 3 и 4 – соответственно 40, 20, 10 и 4 тыс. экз./га

Т а б л и ц а 9

Ошибки значений фитомассы на 1 га, рассчитанных по уравнению (2) относительно таковых, рассчитанных по уравнению (1)

Ошибка определения, %	P_F	P_{BR}	P_{ST}	P_B	P_{TOT}
Возраст 21 год					
Систематическая	-0,01	0,17	-0,01	0,17	-0,004
Случайная	4,03	5,99	1,86	6,70	3,15
Возраст 59 лет					
Систематическая	-0,14	-0,95	0,04	0,04	0,002
Случайная	1,78	3,16	0,50	0,53	0,25

Заключение. При посадке сосны в диапазоне начальных густот от 4 до 40 тыс. экз./га наиболее густые посадки имеют наибольшую фитомассу на единице площади лишь до возраста 22–30 лет, после чего наступает перегруппировка древостоев по продуктивности в данном диапазоне начальных густот и зависимость биопродуктивности от начальной густоты меняется на противоположную. Обобщенные уравнения (2) могут быть использованы для составления таблиц фитомассы гнездовых культур в Алтайском крае для деревьев – по двум входам (диаметр ствола и густота древостоя), а для древостоев – по одному (текущая густота, изменяющаяся с возрастом).

Список литературы

1. Маленко, А. А. Разногустотные культуры сосны в ленточных борах Алтайского края: фитомасса и ошибки ее определения / А. А. Маленко, В. А. Усольцев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 8 (58). – С. 48–54.
2. Грибанов, Л. Н. Степные боры Алтайского края и Казахстана / Л. Н. Грибанов. – М. –Л.: Гослесбумиздат, 1960. – 156 с.
3. Аскарлов, К. Ж. Рост и продуктивность культур сосны разной густоты местами в ленточных борах Прииртышья: Автореф. дис....канд. с.-х. наук / К. Ж. Аскарлов. – Алма-Ата: КазСХИ, 1974. – 23 с.
4. Чардымов, Н. П. Чистые сосновые культуры на донных песках Бузулукского бора / Н. П. Чардымов // Бузулукский бор. Т. 1.: Общий очерк и лесные культуры – М. –Л.: Гослесбумиздат, 1949. – С. 143–212.
5. Нестеров, В. Г. Основные черты процесса усыхания сосны // Бузулукский бор. Т. 1: Общий очерк и лесные культуры / В. Г. Нестеров. – М. –Л.: Гослесбумиздат, 1949. – С. 65–78.
6. Годнев, Е. Д. Густота культур сосны как фактор их устойчивости / Е. Д. Годнев // Лесное хозяйство. – 1957. – № 4. –С. 30–35.
7. Усольцев, В. А. Культуры сосны разной густоты посадки и проблема ее оптимизации / В. А. Усольцев, А. А. Маленко // Ботанические исследования в Сибири. – 2008. – Вып. 16. – С. 136–164.
8. Молчанов, А. А. Методика изучения прироста древесных растений / А. А. Молчанов, В. В. Смирнов. – М.: Наука, 1967. – 100 с.

Статья поступила в редакцию 19.06.10.

A. A. Malenko, V. A. Usoltsev

**BIOMASS AGE CHANGE IN PINE PLANTATIONS
OF DIFFERENT DENSITY NEST-SHAPES PINES
IN ALTAI REGION AND SOME ERRORS IN ITS DEFINITION**

Tree biomass fraction structure detection in the nest-shaped cultures of the scotch-pine in the age of 21 and 59 years with initial planting density 4, 10, 20 and 40 thousands seedlings per ha was estimated. Stems, branches and fir-needles biomass indices of trees and stands are analyzed in connection with tree density. The tree biomass unified equations accuracy is shown.

Key words: forest plantation, tree biomass, bon-dry condition, fractional structure, planting density, current density.

МАЛЕНКО Александр Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесного хозяйства Алтайского государственного аграрного университета. Область научных интересов – рост, продуктивность искусственных насаждений. Автор 50 публикаций.

E-mail: malenko51@mail.ru

УСОЛЬЦЕВ Владимир Андреевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры менеджмента Уральского государственного лесотехнического университета, Заслуженный лесовод России. Область научных интересов – лесная экология. Автор более 400 публикаций.

E-mail: Usoltsev50@mail.ru