

УДК 630\*532

В. А. Усольцев, А. И. Антропов  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

## ХОД РОСТА ФИТОМАССЫ ПИХТАРНИКОВ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ ПРОВИНЦИИ

*По материалам Е. А. Ефимовича, К. Е. Никитина (1934) и В. С. Золотухина (1963), включающим в себя соответственно 43 и 33 пробных площади по оценке массы кроны пихтарников горного Алтая, и данным И. Е. Кузикова (1979) и др. по оценке надземной и подземной фитомассы пихтарников Саян на 20 пробных площадях впервые составлены таблицы биологической продуктивности пихты сибирской для Алтае-Саянской горной провинции.*

В связи со всевозрастающей актуальностью проблемы глобального потепления для расчета углерододепонирующей функции лесов необходимы таблицы хода роста фитомассы или таблицы биологической продуктивности насаждений. Подобные таблицы на сегодня составлены лишь в отдельных регионах для некоторых пород, тогда как ими должны быть охвачены все регионы страны и все лесообразующие породы по аналогии с традиционными таблицами хода роста (ТХР) древостоев. Для составления упомянутых нормативов ввиду их чрезвычайно высокой трудоемкости должны быть задействованы все накопленные на сегодня фактические данные о фитомассе лесов, для чего необходимы авторские публикации их в исходном виде, без какой-либо обработки (Усольцев, 1998а). К сожалению, если не большая, то весьма существенная часть фактических данных или публикуется в модифицированном виде, или хранится в личных архивах, со временем уходит безвозвратно вместе с их обладателями и теряется для науки. Тем не менее некоторая часть таких материалов, в свое время не доведенных исследователями до требуемого нормативного уровня, может быть сегодня соответствующим образом обработана и приведена в известность. Изложению опыта подобной работы посвящена настоящая статья.

В 1931-1932 гг. Е. А. Ефимовичем и К. Е. Никитиным (1934) в Зырянском и Катон-Карагайском леспромхозах горного Алтая был собран

обширный экспериментальный материал по выходу хвойной лапки или древесной зелени (ДЗ), представляющей собой охвоенные ветви длиной 15-20 см. В чистых пихтарниках черневой тайги в пределах всего высотного-поясного диапазона было заложено 43 пробных площади, на которых взято по ступеням толщины 537 модельных деревьев. Древостои представлены в возрастном диапазоне 60-200 лет с полнотой 0,3-0,8, классы бонитета с I по V. Их более подробная характеристика была дана ранее (Усольцев и др., 1994).

Е. А. Ефимович и К. Е. Никитин (1934) привели для каждой пробной площади ведомости перечета деревьев с указанием возраста, густоты, полноты и класса бонитета, по которым они рассчитали запасы ДЗ, т, свежесрубленной массы на 1 га. Используя эти данные, мы рассчитали для каждой пробной площади недостающие показатели среднего диаметра, высоты и суммы площадей сечений (табл. 1). Соотнеся последний показатель с его стандартным значением по таблице ЦНИИЛХ, получили запасы стволовой древесины, которые по известной для пихты условной (базисной) плотности можно перевести на сухую массу. Таким образом, из надземной фитомассы в упомянутых данных остается неизвестной часть скелета кроны, неучтенная при взвешивании ДЗ.

Тридцатью годами позже в тех же лесхозах горного Алтая было исследовано накопление массы крон, древесины и коры стволов в аналогичных пихтарниках, где было заложено 33 пробных площади и взято по ступеням толщины 157 модельных деревьев (Золотухин, 1962, 1963). Древостои представлены в возрастном диапазоне 44 – 150 лет с полнотой 0,5 - 0,8, классы бонитета – со II по IV. Полученные значения массы кроны и ДЗ на 1 га в свежесрубленном состоянии были приведены В. С. Золотухиным к полноте 1,0 и описаны уравнениями парной связи с возрастом древоствоев для II, III и IV классов бонитета раздельно с показателями точности выравнивания соответственно 0,99; 0,95 и 0,92.

Следует заметить, что процедуру коррекции массы крон древоствоев на полноту по аналогии с редуцированием запаса стволовой древесины, принятым в лесной таксации, нельзя признать правомерной, хотя ее используют и другие авторы (Смирнова, 1951; Palumets, 1991). По мере снижения полноты древоствоев данного возраста происходит перераспределение прироста от ствола в крону. Если для стволов такое смещение в относительном выражении невелико и зависимость массы стволов от полноты линейная (что и позволяет вводить коррекцию их запаса пропорционально относительной полноте), то для кроны при ее значительно меньшей по сравнению со стволом массой – довольно существенно. Вследствие этого масса крон на 1 га приводится к полноте 1,0 при низких полнотах,

Таблица 1

Фактические данные фитомассы пихтарников Алтае-Саянской горной провинции  
(Ефимович, Никитин, 1934; Золотухин, 1962, 1963). Горный Алтай: Зыряновск, Катон-Карагай.  
49°00' -49°50 с.ш., 84°25' -86°00 в.д.

№ п. п.	Класс бонитета	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, т/га				
							Стволы		Ветви	Хвоя	Итого
							всего	кора			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	II	90	0,165	32,1	24,0	151	52,4	6,2	10,8	5,61	
2	II	75	0,188	29,4	21,0	128	44,5	5,4	9,2	5,03	
3	II	104	0,325	28,4	25,6	246	85,5	10,4	16,6	8,27	
4	II	60	0,338	23,9	18,0	133	46,2	5,8	10,0	5,88	
5	II	86	0,333	27,3	23,2	213	74,0	9,0	13,9	7,35	
6	II	85	0,340	28,2	23,0	231	80,3	9,8	13,4	7,07	
7	II	108	0,188	37,1	26,2	247	85,8	9,9	12,8	6,32	
8	II	110	0,220	37,9	26,4	305	106	12,2	12,9	6,32	
9	II	79	0,356	29,1	21,8	246	85,4	10,3	10,8	5,85	
10	II	80	0,366	31,2	22,0	291	101,1	12,1	13,9	7,51	
11	III	98	0,131	30,4	21,3	96	33,4	4,0	7,5	3,8	
12	III	136	0,133	32,7	24,0	126	43,8	5,2	8,5	3,92	
13	III	113	0,245	27,8	22,8	161	55,9	6,8	11,5	5,59	
14	III	100	0,267	26,3	21,5	149	51,8	6,4	10,7	5,38	
15	III	100	0,242	28,8	21,5	162	56,3	6,8	10,4	5,25	
16	III	110	0,309	28,3	22,6	208	72,3	8,8	13,1	6,43	
17	III	91	0,221	28,4	20,6	138	47,9	5,8	8,0	4,13	
18	III	93	0,328	27,4	20,8	192	66,7	8,2	10,5	5,41	

Окончание табл. 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	III	118	0,326	28,8	23,3	234	81,3	9,9	12,9	6,18
20	III	160	0,455	25,0	24,6	258	89,6	11,1	11,5	5,05
21	III	95	0,357	28,4	21,0	226	78,5	9,5	10,4	5,31
22	III	110	0,410	27,1	22,5	252	87,5	10,7	14,3	7,03
23	III	133	0,535	24,5	23,8	281	97,6	12,2	12,4	5,74
24	III	75	0,538	24,4	17,6	217	75,4	9,4	11,6	6,37
25	III	103	0,335	31,2	21,8	265	88,9	11,0	11,9	5,97
26	III	93	0,389	28,3	20,8	244	84,8	10,3	11,6	5,97
27	III	90	0,530	26,3	20,5	283	98,3	12,1	14,0	7,28
28	III	98	0,608	25,8	21,4	324	112,5	13,9	15,8	8,00
29	III	70	0,856	22,0	17,0	271	94,1	12,0	14,5	8,13
30	IV	101	0,259	24,7	17,5	106	36,8	4,6	7,7	3,88
31	IV	85	0,302	22,7	15,7	95,2	33,1	4,2	7,4	3,91
32	IV	124	0,165	27,8	19,4	93,4	32,5	4,0	5,4	2,58
33	IV	150	0,310	21,8	20,5	113	39,3	5,0	6,0	2,69
34	IV	200	0,141	31,3	21,0	109	37,9	4,5	5,3	2,19
35	IV	154	0,186	30,4	20,5	133	46,2	5,5	5,4	2,41
36	IV	108	0,254	26,5	18,3	125	43,4	5,3	7,1	3,50
37	IV	106	0,297	26,4	18,1	143	49,7	6,1	7,4	3,67
38	IV	127	0,260	28,3	19,4	153	53,2	6,5	6,9	3,23
39	IV	110	0,407	25,9	18,5	192	66,8	8,3	8,0	3,90
40	IV	85	0,562	21,8	15,7	164	57,0	7,3	8,2	4,35
41	IV	130	0,565	21,7	19,5	197	68,4	8,7	7,8	3,62
42	IV	117	0,351	27,1	19,1	187	65,0	8,0	7,0	3,37
43	IV	120	0,602	26,9	19,4	321	111,5	13,7	11,4	5,43

как и ствол, со знаком плюс, а при высоких - со знаком минус, т.е. зависимость массы кроны от полноты нелинейная и упомянутая пропорциональность не соблюдается (Усольцев, 1985, 1988,б).

Однако для нашей цели упомянутый факт приведения массы полога пихтарников к полноте 1,0 не является компрометирующим эти данные, поскольку нам для дополнения материалов Е. А. Ефимовича и К. Е. Никитина (1934) необходим относительный показатель – доля ДЗ в кроне, а при использованном В. С. Золотухиным (1962, 1963) методе коррекции пропорции между ДЗ и скелетом кроны в их возрастной динамике не искажаются. Поэтому при составлении нашей таблицы возрастной динамики фитомассы за основу приняты абсолютные значения массы ДЗ и запаса стволовой древесины, полученные Е. А. Ефимовичем и К. Е. Никитиным (1934), а значения массы скелета кроны нами рассчитаны с использованием относительного показателя – доли ДЗ в массе кроны по данным В. С. Золотухина (1962, 1963).

Если масса как кроны в целом, так и ДЗ, на 1 га, по В. С. Золотухину (1962, 1963), имеет существенные различия по классам бонитета при одном и том же возрасте, увеличиваясь от худших к лучшим условиям местообитания, то при взятии относительного показателя – доли ДЗ в кроне, эти различия исчезают ( $t < 2$ ). В итоге мы получили однофакторную зависимость

$$\%ДЗ = \exp(4,8616 - 0,1880 \ln A); R^2 = 0,866, \quad (1)$$

где %ДЗ – доля массы ДЗ в кроне в свежесрубленном состоянии, %; А – возраст древостоя, лет. Уравнение (1) действительно при  $A > 10$  лет, доля ДЗ в кроне в среднем составляет 50 %. Протабулировав уравнение (1) по значениям возраста древостоев и используя известные показатели ДЗ на 1 га, рассчитали для каждой из 43 пробных площадей массу скелета кроны, не учтенную при взвешивании ДЗ.

В таблицах биопродуктивности приводится обычно масса фотосинтезирующих (хвоя) и нефотосинтезирующих (ствол, ветви, корни) органов раздельно. Поэтому необходимо вычленить массу хвои из массы ДЗ и перевести ее в абсолютно сухое состояние. Понятие ДЗ со временем изменялось. Вначале была уже упомянутая придержка по длине охвоенного побега, затем – по диаметру (0,8 или 1,0 см) и, наконец, был введен на ДЗ отраслевой стандарт. Тем не менее доля хвои в ДЗ – один из наименее изменчивых показателей в морфоструктуре кроны. Установлено, например, что для сосны естественного и искусственного происхождения варьирование этого показателя на уровне отдельной ветки находится в преде-

лах лишь 2-5% (Усольцев, 1988,а), а на уровне кроны дерева в целом вследствие усреднения оно и того меньше. Среднее содержание массы листвы в массе ДЗ в свежем состоянии составляет у сосны обыкновенной - 0,67 (Усольцев, Макаренко, 1978), у ели сибирской - 0,67 (Поздняков, 1985), у пихты сибирской - 0,67 (Поздняков, 1985), у березы – 0,64 (Усольцев, 1971) и у осины – 0,70 (Усольцев, 1972). Небольшие видовые различия определяются, по-видимому, биологическими особенностями пород. Для вычленения массы хвои из массы ДЗ пихты сибирской горного Алтая мы использовали выведенный Л. К. Поздняковым (1985) для пихтарников Западного Саяна коэффициент доли хвои, равный 0,67.

Суммированием массы обесхвоенной части ДЗ и массы скелета кроны, неучтенной при оценке массы ДЗ, получена масса ветвей кроны. По значениям содержания сухого вещества в хвое - 0,44 и в ветвях – 0,50 для Саян (Поздняков и др., 1969; Поздняков, 1985) для каждой из 43 пробных площадей получены показатели массы хвои и ветвей в абсолютно сухом состоянии (см. табл. 1).

Материалы В. С. Золотухина (1963) были использованы далее для выявления доли коры в массе стволов. Протабулировав уравнение В. С. Золотухина (1963)

$$\%K = 16,497 - 0,1785D + 0,00169D^2, \quad (2)$$

где %K – доля коры в объеме ствола или в запасе стволовой древесины, %; D – диаметр ствола на высоте груди или средний диаметр стволов в древостое, см, по значениям среднего диаметра стволов на пробных площадях (см. табл. 1), рассчитали для каждой запас древесины и коры стволов, м<sup>3</sup>/га. По значениям базисной (условной) плотности – 0,350 для древесины и 0,330 для коры (Поздняков, 1985) - получена масса древесины и коры стволов в абсолютно сухом состоянии (см. табл. 1).

Поскольку для горного Алтая нет данных о фитомассе корней и нижних ярусов пихтарников, были привлечены данные 20 пробных площадей Л. К. Позднякова (1975), И. Е. Кузикова (1979), П. М. Ермоленко и Л. Г. Ермоленко (1982), П. М. Ермоленко (1983), полученные в Саянах, которые вместе с Алтаем образуют Алтае-Саянскую горную провинцию.

По итоговому массиву данных фитомассы 63 пробных площадей рассчитаны многофакторные регрессии общего вида (табл. 2)

$$P_i/M \text{ или } P_i = f(A, D, H, N, M), \quad (3)$$

где P<sub>i</sub> - фитомасса i-й фракции (P<sub>S</sub>, P<sub>SB</sub>, P<sub>F</sub>, P<sub>B</sub>, P<sub>R</sub> и P<sub>U</sub> – соответствен-

но стволов с корой, коры стволов, хвои, ветвей, корней и нижних ярусов растительности) в абсолютно сухом состоянии, т/га; Н – средняя высота древостоя, м; N – число стволов на 1 га, тыс. экз/га.

Для лучшего согласования между собой фракций фитомассы лесного ценоза применена рекурсивная “цепочка” некоторых уравнений вида (3), в которой зависимая переменная предыдущего выступает в качестве независимой переменной последующего уравнения (Усольцев, 1998,б).

В нашем примере в качестве таких совместно зависимых переменных использованы  $P_S$  и  $P_F$  (см. табл. 2).

Таблица 2

## Характеристика уравнений (3)

Обозначения констант и показателей адекватности	Значения констант при независимых переменных и показателей адекватности					
	$\ln(P_S)$	$\ln(P_{SB})$	$\ln(P_F/M)$	$\ln(P_B/M)$	$\ln(P_R/M)$	$P_U$
$a_0$	-1,0533	-2,1900	-12,327	0,8375	2,0429	0,7921
$a_1 A$	-	-	-	-	-	0,0151
$a_2(\ln A)$	-	-	6,1017	-	-	-
$a_3(\ln A)^2$	-	-	-0,7720	0,0251	-	-
$a_4(\ln D)$	0,1146	0,5278	-2,1102	-1,5307	-2,6869	-
$a_5(\ln H)$	-	0,2246	1,1343	-0,4305	1,1120	-
$a_6(\ln N)$	0,0408	0,4290	-0,5237	-0,8830	-0,9948	-
$a_7(\ln M)$	0,9344	-	-	-	-	-
$a_8(\ln P_S)$	-	0,5568	-	-	-	-
$a_9(\ln P_F)$	-	-	-	0,6441	-	-
<b>Стандартная ошибка</b>	<b>0,021</b>	<b>0,048</b>	<b>0,106</b>	<b>0,076</b>	<b>0,129</b>	<b>0,705</b>
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,997</b>	<b>0,982</b>	<b>0,886</b>	<b>0,896</b>	<b>0,716</b>	<b>0,335</b>

Все константы уравнений (см. табл. 2) значимы на уровне  $t_{05}$  и выше. Изменчивость фракций надземной и подземной фитомассы объясняется выбранной структурой уравнений на 71,6 – 99,7%, за исключением фитомассы нижних ярусов (33,5%). Последовательным табулированием уравнений (3) (см. табл. 2) по значениям А, Н, D, N и М, приведенным в ТХР пихтарников горного Алтая (Хайтович, 1980), получены таблицы возрастной динамики фитомассы по классам бонитета (табл. 3).

Таблица 3  
**Возрастная динамика абсолютно сухой фитомассы пихтарников Алтае-Саянской горной провинции**

А, лет	Н, м	D, см	N, 1000/га	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га							Всего
					P <sub>S</sub>	P <sub>SB</sub>	P <sub>F</sub>	P <sub>B</sub>	P <sub>K</sub>	P <sub>C</sub>		
<b>КЛАСС БОНИТЕТА I</b>												
20	6,7	7,5	4,140	67	23,7	5,3	1,6	1,5	4,6	3,0	34,4	
30	10,6	11,3	2,300	129	44,7	8,1	4,7	4,6	8,9	3,5	66,4	
40	13,4	14,8	1,510	174	59,9	9,7	7,0	7,3	11,4	4,0	89,6	
50	17,0	19,5	1,000	246	84,0	12,0	9,6	11,2	15,1	4,7	124,6	
60	20,3	25,7	0,769	319	109,4	14,9	9,6	11,5	14,8	5,5	150,8	
70	23,2	28,2	0,579	377	127,8	15,6	12,0	17,1	21,0	6,4	184,3	
80	25,7	33,0	0,448	431	145,9	16,7	11,8	18,8	22,7	7,4	206,6	
90	27,9	36,2	0,395	485	163,8	18,0	11,7	20,2	24,8	8,6	229,1	
100	29,9	39,0	0,354	529	178,3	19,1	11,4	21,2	26,6	10,0	247,5	
110	31,6	40,9	0,333	572	192,4	20,1	11,0	22,0	28,6	11,6	265,6	
120	32,2	42,5	0,316	593	199,5	20,6	10,0	21,4	28,8	13,5	273,2	
<b>КЛАСС БОНИТЕТА II</b>												
20	5,8	5,9	6,225	54	19,1	4,8	1,4	1,2	4,0	3,0	28,7	
30	7,2	8,5	3,490	80	28,1	5,9	2,8	2,6	5,1	3,5	42,1	
40	11,1	11,8	2,156	136	47,0	8,4	5,9	5,7	9,4	4,0	72,0	
50	14,3	15,3	1,460	192	65,8	10,4	8,4	9,0	12,8	4,7	100,7	
60	17,2	18,8	1,085	248	84,6	12,2	10,0	11,8	15,7	5,5	127,6	
70	19,6	22,1	0,849	300	101,9	13,7	10,8	14,2	18,2	6,4	151,5	
80	21,6	25,3	0,688	342	116,0	14,8	10,7	15,5	19,8	7,4	169,4	
90	23,4	29,0	0,550	381	129,2	15,6	10,1	16,3	20,9	8,6	185,1	



Продолжение табл. 3

А, лет	Н, м	D, см	N, 1000/га	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га							Всего
					P <sub>S</sub>	P <sub>SB</sub>	P <sub>F</sub>	P <sub>B</sub>	P <sub>R</sub>	P <sub>L</sub>	P <sub>U</sub>	
100	25,1	32,1	0,469	419	141,9	16,4	9,6	17,0	22,1	10,0	200,6	
110	26,4	34,2	0,425	449	151,8	17,1	9,1	17,5	23,3	11,6	213,3	
120	27,3	35,5	0,403	471	159,1	17,6	8,5	17,5	24,2	13,5	222,8	
<b>КЛАСС БОНИТЕТА III</b>												
20	4,5	4,9	8,150	43	15,3	4,1	1,1	1,0	3,1	3,0	23,5	
30	6,5	7,0	4,750	66	23,3	5,4	2,6	2,2	4,6	3,5	36,2	
40	9,0	9,5	3,050	104	36,2	7,2	4,7	4,2	7,2	4,0	56,3	
50	11,6	12,0	2,125	143	49,4	8,7	6,8	6,6	10,0	4,7	77,5	
60	13,9	15,1	1,490	185	63,6	10,1	7,9	8,7	12,2	5,5	97,9	
70	15,9	18,0	1,137	224	76,7	11,3	8,4	10,4	14,0	6,4	115,9	
80	17,6	21,0	0,888	256	87,5	12,2	8,2	11,4	15,1	7,4	129,6	
90	19,0	23,9	0,715	288	98,3	12,9	7,9	12,3	16,2	8,6	143,3	
100	20,4	26,8	0,595	317	108,1	13,6	7,4	12,7	17,0	10,0	155,2	
110	21,5	29,0	0,522	342	116,5	14,1	7,0	13,2	18,0	11,6	166,3	
120	22,2	30,4	0,485	355	120,9	14,4	6,3	12,8	18,3	13,5	171,8	
<b>КЛАСС БОНИТЕТА IV</b>												
20	3,5	4,1	10,82	32	11,5	3,4	0,8	0,7	2,1	3,0	18,1	
30	5,1	6,0	5,750	49	17,5	4,3	1,8	1,5	3,3	3,5	27,6	
40	7,1	8,0	3,745	74	26,1	5,6	3,3	2,9	5,1	4,0	41,4	
50	9,2	10,1	2,655	105	36,6	7,0	4,9	4,7	7,2	4,7	58,1	
60	11,2	12,3	1,972	137	47,4	8,3	6,1	6,4	9,3	5,5	74,7	

Окончание табл. 3

А, лет	Н, м	D, см	N, 1000/Га	M, м <sup>3</sup> /Га	Фитомасса, т/га							Всего
					P <sub>S</sub>	P <sub>SB</sub>	P <sub>F</sub>	P <sub>B</sub>	P <sub>R</sub>	P <sub>U</sub>		
70	13,4	14,9	1,493	175	60,3	9,7	7,0	8,2	11,4	6,4	93,3	
80	15,0	17,1	1,273	205	70,5	10,9	7,0	8,8	12,3	7,4	106,0	
90	16,2	19,4	0,987	229	78,5	11,3	6,9	9,9	13,7	8,6	117,6	
100	17,2	20,4	0,839	248	84,5	11,4	7,1	11,7	16,3	10,0	129,6	
110	18,0	22,7	0,767	266	91,0	12,2	6,1	10,5	15,1	11,6	134,3	
120	18,5	24,0	0,698	276	94,4	12,4	5,5	10,2	15,3	13,5	138,9	
<b>КЛАСС БОНИТЕТА V</b>												
30	3,8	5,0	7,200	35	12,6	3,4	1,2	1,0	2,2	3,5	20,5	
40	5,2	6,7	4,670	50	17,9	4,3	2,0	1,7	3,1	4,0	28,7	
50	6,7	8,4	3,310	69	24,4	5,2	2,9	2,7	4,4	4,7	39,1	
60	8,1	9,9	2,590	89	31,3	6,1	3,7	3,8	5,8	5,5	50,1	
70	9,4	11,6	2,028	106	37,1	6,8	4,1	4,6	6,7	6,4	58,9	
80	10,4	13,2	1,680	122	42,6	7,5	4,1	5,0	7,4	7,4	66,5	
90	11,2	14,7	1,432	139	48,4	8,0	4,1	5,6	8,0	8,6	74,7	
100	11,8	16,1	1,245	151	52,6	8,4	3,8	5,7	8,3	10,0	80,4	
110	12,2	17,2	1,134	161	56,0	8,7	3,5	5,7	8,5	11,6	85,3	
120	12,7	18,0	1,060	170	59,1	9,0	3,2	5,6	8,9	13,5	90,3	

## ЛИТЕРАТУРА

Ермоленко П. М. Динамика надземной массы древесного яруса в производных фитоценозах Западного Саяна // Структурно-функциональные взаимосвязи и продуктивность фитоценозов. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1983. С. 32-40.

Ермоленко П. М., Ермоленко Л. Г. Фитомасса производных лесных фитоценозов в черневом подпоясе Западного Саяна // Формирование и продуктивность лесных фитоценозов. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1982. С. 32-40.

Ефимович Е. А., Никитин К. Е. Выход пихтовой лапки в лесах Алтая Казахстана и производство пихтового масла // Тр. по лесн. опыт. делу (отчет). Семипалатинск: Казахская лесная опытная станция ВАСХНИЛ-ВНИЛАМИ, 1934. 77 с.

Золотухин В. С. Производительность кроновой массы пихтовых насаждений Восточно-Казахстанской области // Научно-производственная конференция по лесному хозяйству: Реф. докл. Алма-Ата: КазСХИ, 1962. С. 123-126.

Золотухин В. С. Методы рационального использования лесосечного фонда в пихтовых древостоях Восточно-Казахстанской области: Автореф. дис.... канд. с.-х. наук. Алма-Ата: КазСХИ, 1963. 27 с.

Кузиков И. Е. Изменение фитомассы в пихтарниках зеленомошного типа леса в различных климатических условиях Средней Сибири: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. Красноярск: СибТИ, 1979. 24 с.

Поздняков Л. К. Продуктивность лесов Сибири // Ресурсы биосферы: Итоги советских исследований по Международной Биологической Программе. Л.: Наука, 1975. Вып. 1. С. 43-55.

Поздняков Л. К. (ред.). Методические рекомендации по разработке таблиц для комплексного учета лесных растительных ресурсов Сибири. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1985. 50 с.

Поздняков Л. К., Протопопов В. В., Горбатенко В. М. Биологическая продуктивность лесов Средней Сибири и Якутии. Красноярск: Книжное изд-во, 1969. 155 с.

Смирнова К. М. Круговорот азота и зольных элементов в ельниках сложных // Вестник МГУ. 1951. № 10. С. 103-122.

Усольцев В. А. Взаимосвязь некоторых таксационных элементов кроны и ствола у березы пушистой в Северном Казахстане // Вестник с.-х. науки (Алма-Ата). 1971. № 2. С. 80-84.

Усольцев В. А. Вес кроны березы и осины в насаждениях Северного Казахстана // Вестник с.-х. науки (Алма-Ата). 1972. № 4. С. 77-80.

Усольцев В. А. Принципы полифакториальной оценки биопродуктивности древостоев. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1985. 48 с.

Усольцев В. А. Принципы и методика составления таблиц биопродуктивности древостоев // Лесоведение. 1988, а. № 2. С. 24-33.

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

Усольцев В. А. О вкладе российских ученых в формирование банка данных о фитомассе лесов // Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб. научн. тр. Красноярск: СибГТУ, 1998 а. С. 50- 55.

Усольцев В. А. Формирование банков данных о фитомассе лесов. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1998 б. 541 с.

Усольцев В. А., Макаренко А. А. Возрастная динамика формирования надземной фитомассы сосны кустанайских боров в зависимости от густоты // Вестник с.-х. науки Казахстана. 1978. № 12. С. 105- 111.

Усольцев В. А., и др. Регрессионные модели и таблицы древесной зелени деревьев пихты сибирской // Леса Урала и хозяйство в них. Вып. 17. Екатеринбург: УГЛТА, 1994. С. 128- 154.

Хайтович М. Л. Ход роста насаждений пихты сибирской в Восточном Казахстане // Справочник по таксации лесов Казахстана. Алма-Ата: Кайнар, 1980. С. 120-122.

Palumets J. Analysis of phytomass partitioning in Norway spruce // Tartu: Tartu Ülikool. VIII. Scripta Botanica, 1991. 95 pp.