

ИДК 630*52:630*174.754

В.А.Усольцев ***, **Г.Г.Терехов ***, **А.М.Бирюкова ***,
Е.В.Бараковских **, **Н.В.Накай ****, **О.В. Канунникова****
(V.A. Usoltsev, G.G. Terekhov, A.M. Biryukova,
E.V. Barakovskikh, N.V. Nakai, O.V. Kanunnikova)
(*Уральский государственный лесотехнический университет,
*Ботанический сад УрО РАН)



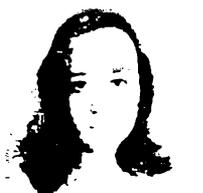
Терехов Геннадий Григорьевич родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Уральский государственный лесотехнический университет, кандидат сельскохозяйственных наук, заслуженный лесовод России, заведующий лабораторией искусственного лесовосстановления Ботанического сада УрО РАН. Имеет 90 печатных работ по вопросам создания, формирования и оценки биопродуктивности лесных культур.



Бирюкова Александра Михайловна родилась в 1938 г., окончила Уральский лесотехнический институт в 1968 г. Имеет 50 печатных работ по вопросам лесовосстановления и лесоразведения в лесостепном Зауралье и на Урале.



Бараковских Евгений Владимирович родился в 1985 г., окончил в 2007 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант. Имеет 4 печатные работы по оценке биологической продуктивности лесов.



Накай Надежда Валерьевна родилась в 1985 г., окончила в 2007 г. Уральский государственный лесотехнический университет, аспирант. Имеет 2 печатные работы по оценке биологической продуктивности лесов.



Канунникова Ольга Владимировна родилась в 1982 г., окончила в 2005 г. Уральский государственный лесотехнический университет, кандидат сельскохозяйственных наук. Имеет 15 печатных работ по оценке биологической продуктивности лесов.

ФИТОМАССА 35-ЛЕТНИХ КУЛЬТУР ЕЛИ НА УРАЛЕ В СВЯЗИ СО СПОСОБАМИ ИХ СОЗДАНИЯ И УХОДА (BIOMASS OF 35-YEAR-OLD SPRUCE PLANTATIONS IN RELATION TO THEIR ESTABLISHMENT AND FORMING ON THE URAL REGION)

*Впервые на Среднем Урале получены и проанализированы данные фитомассы 35-летних культур *Picea obovata* на уровнях дерева и древостоя. Составлены таблицы возрастной динамики фитомассы культур.*

*For the first time the indices of biomass in 35-year-old man-made forests of *Picea obovata* in the Middle Ural are obtained and analyzed.*

С целью изучить влияние различных способов создания и формирования культур ели сибирской на их продуктивность в Билимбаевском лесхозе Свердловской области заложена серия пробных площадей в 35-летних культурах, посаженных в 1977 г. Г.Г. Тереховым в кв. 78 Починковского лесничества (50 км к северо-западу от Екатеринбурга), в подзоне южно-таежных горных лесов Среднеуральской низкогорной провинции Уральской горно-лесной области (Колесников и др., 1973). Почва участка дерново-слабоподзолистая суглинистая на элювии осадочных пород.

Обработка почвы проведена химическим и механическим способами. Химическая обработка выполнена с помощью тракторного опрыскивателя смесью далапона и 2,4-Д аминной соли. Механическая обработка почвы осуществлена плугом ПКЛ-70, с помощью которого нарезалась борозда и одновременно формировались пласты. В качестве контрольного варианта оставлена целинная часть вырубki. Посадка ели проведена в мае 3-летними сеянцами и 5-летними саженцами, выращенными в питомнике из местных семян. Варианты продублированы на открытых местах и под пологом вторичного мелколиственного древостоя. Исследования углерододепонирующей способности культур ели проведены спустя 30 лет после посадки. Таксационная характеристика древостоев по вариантам подготовки почвы приведена в табл. 1. Методика определений изложена ранее (Терехов, Усольцев, 2006).

В нашем исследовании для выявления различий фитомассы деревьев при разных вариантах выращивания использованы уравнения связи с массообразующими показателями, поскольку непосредственное сопоставление совокупностей (массивов) фактических данных по вариантам некорректно: варьирование фитомассы деревьев (вследствие их дифференциации по размерам и ценотическому положению) в пределах одного варианта перекрывает таковое между вариантами.

Таблица 1
Таксационные показатели 33-35-летних культур ели с разными вариантами их создания и ухода

Варианты подготовки и обработки почвы	№ пробы	А, лет	Средние		N, экз/га	G, м ² /га	M, м ³ /га	Класс бонитета
			H, м	D, см				
Борозда	7*	35	8,0	7,9	1197	5,88	24,8	IV
	7**	35	4,8	4,8	1281	2,29	7,8	V
Борозда	9*	33	7,6	7,3	2138	9,00	34,9	IV
	9**	33	4,1	4,2	1765	2,40	10,6	V
Борозда	18*	35	9,4	9,2	1868	12,4	42,6	III
	18**	35	5,8	6,0	1972	5,52	15,9	V
Пласт	2*	33	12,8	10,8	2003	18,4	62,7	I
Хим. обработка	2а*	33	9,4	8,5	1010	5,78	22,6	III
Хим. обработка	3*	35	11,4	10,6	1258	11,2	38,9	II
	3**	35	5,1	5,5	873	2,05	6,8	V
Хим. обработка	1*	35	10,5	10,8	1313	12,0	52,1	III
	1**	35	6,9	6,7	1175	4,18	14,8	IV
Контроль	6**	35	4,9	4,7	1481	2,57	10,0	V
Контроль	19*	35	7,0	7,4	1302	5,63	21,0	IV
	19**	35	4,6	4,9	1008	1,89	6,9	V

* Открытое место. ** В коридорах, под пологом мелколиственного древостоя. А, Н, D, N, G и M – соответственно возраст, средние высота и диаметр, густота, сумма площадей сечений и запас древостоя.

При анализе и моделировании фракционной структуры фитомассы 35-летних культур ели по данным 90 модельных деревьев использована двухфакторная зависимость, которая в форме линеаризованного уравнения множественной статической аллометрии имеет вид

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln h + a_2 \ln d + a_3 \ln h \ln d, \quad (1)$$

где P_i – фитомасса фракции дерева (стволы в коре, кора ствола, ветви, хвоя и надземная часть, соответственно P_{st} , P_b , P_{br} , P_f и P_{abo}), кг; h и d – соответственно высота (м) и диаметр ствола (см). Выделены два варианта попарного сравнения уравнений (1), характеризующих способы выращивания культур ели соответственно на открытых местах и под пологом мелколиственного древостоя, возникшего после рубки. В пределах каждого выделены пары подвариантов (табл. 1), и каждая пара закодирована бинарной переменной X_j , где $j = 1, 2, 3, 4$ и 5 . Для первой составляющей названной пары бинарная переменная X_j принята равной 1, а для второй равна нулю. Установлено, что по большинству сравниваемых вариантов достоверных различий по фитомассе равновеликих деревьев нет. По этой причине составлены обобщенные нормативы с привлечением данных 181 модельного дерева в возрасте от 3 до 31 года, полученных на тех же объектах ранее (Терехов, Усольцев, 2006).

В молодняках составление обобщенных моделей и таблиц для возрастного диапазона от 3 до 35 лет невозможно, поскольку одним из входов в таблицы служит диаметр на высоте груди, а ель достигает высоты 1,3 м лишь к возрасту 10-15 лет, а иногда и позднее. Поэтому нами рассчитаны модели и составлены соответствующие таблицы двух типов: в одном случае по данным модельных деревьев 20-35-летнего возраста рассчитаны уравнения вида (1) с независимыми переменными d и h , а в другом – уравнения (2) с независимыми переменными A и h :

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln h + a_2 \ln A + a_3 \ln h \ln A, \quad (2)$$

где A – возраст дерева, лет. Уравнения (1) объясняют изменчивость запаса углерода в фитомассе деревьев на 82-97 и (2) – на 96-97%. Путем табулирования (1) и (2) составлены двухвходовые нормативы (табл. 2 и 3).

Согласно табл. 2, составленной по (1), в различных диапазонах d влияние h на запас фитомассы меняет знак вследствие изменения соотношения массы ствола и кроны. Это означает, что создание унифицированных моделей надземной фитомассы деревьев, основанных на теориях фракталов и пайп-модели (West et al., 1999; Chave et al. 2001; Wirth et al., 2004; Zianis, Mencuccini, 2004), в принципе невозможно, что было показано в нашем специальном исследовании (Усольцев и др., 2006).

Показатели фитомассы 35-летних культур ели, рассчитанные на 1 га, приведены в сравнении с показателями контроля в табл. 4. Кодировка вариантов сохранена. Сравнительный анализ запаса фитомассы ели на уровне древостоя по вариантам и подвариантам выполнен по той же схеме, что и на уровне дерева, с той лишь разницей, что в данном случае сопоставляются не уравнения, а непосредственно совокупности значений фитомассы по фракционному составу на 1 га древостоя. Анализ выполнен с применением бинарной переменной X_j в качестве независимой переменной:

$$P_i = a_0 + a_1 X_j, \quad (3)$$

где P_i – фитомасса фракции древостоя (древесина ствола в коре, кора ствола, ветви, хвоя и надземная часть, соответственно P_{st} , P_b , P_{br} , P_f и P_{abo}), т/га. Бинарная переменная X_j кодирует один из вариантов единицей, а второй – нулем.

Если при сопоставлении фитомассы культур на уровне дерева массообразующие показатели в разных вариантах предполагались одинаковыми, т.е. сравнивались лишь равновеликие деревья, то при сопоставлении культур на уровне древостоя различия по вариантам учитывали не только разницу в фитомассе при условии равенства массообразующих показателей, но и разницу в самих массообразующих показателях древостоев, которые, естественно, существенно различаются по вариантам.

Таблица 2

Нормативная таблица для определения фитомассы деревьев в абсолютно сухом состоянии в культурах ели I-II классов возраста по высоте и диаметру ствола на высоте груди, кг

Диа-метр, см	Фракция фито-массы*	Высота дерева, м															
		1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	
0,5	<i>Pst</i>	0,144	0,131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pbr</i>	0,070	0,044	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pf</i>	0,069	0,030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pr</i>	0,065	0,060	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Итого	0,349	0,265	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	<i>Pst</i>	0,253	0,253	0,254	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pbr</i>	0,195	0,137	0,104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pf</i>	0,292	0,140	0,080	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pr</i>	0,129	0,129	0,128	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Итого	0,868	0,659	0,566	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	<i>Pst</i>	0,352	0,372	0,390	0,404	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pbr</i>	0,354	0,264	0,210	0,176	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pf</i>	0,676	0,348	0,208	0,136	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pr</i>	0,192	0,201	0,208	0,214	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Итого	1,573	1,185	1,016	0,930	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	<i>Pst</i>	0,444	0,490	0,528	0,562	0,618	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pbr</i>	0,541	0,422	0,348	0,298	0,232	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pf</i>	1,226	0,664	0,412	0,280	0,152	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pr</i>	0,254	0,275	0,292	0,306	0,332	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Итого	2,465	1,851	1,582	1,446	1,334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 2

Диа-метр, см	Фракция фито-массы*	Высота дерева, м															
		1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	
3	<i>Pst</i>	0,617	0,720	0,812	0,894	1,044	1,176	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pbr</i>	0,984	0,818	0,708	0,63	0,524	0,454	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pf</i>	2,840	1,650	1,084	0,768	0,446	0,292	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pr</i>	0,378	0,428	0,472	0,51	0,578	0,636	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Итого	4,819	3,616	3,074	2,802	2,590	2,558	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	<i>Pst</i>	0,779	0,947	1,100	1,246	1,512	1,758	1,988	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pbr</i>	1,504	1,306	1,170	1,070	0,930	0,832	0,762	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pf</i>	5,154	3,148	2,148	1,572	0,960	0,656	0,480	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pr</i>	0,501	0,586	0,662	0,732	0,856	0,966	1,066	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Итого	7,939	5,987	5,082	4,618	4,256	4,212	4,296	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	<i>Pst</i>	-	-	1,692	1,984	2,550	3,100	3,634	4,158	4,68	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pbr</i>	-	-	2,376	2,26	2,088	1,964	1,868	1,790	1,72	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pf</i>	-	-	5,638	4,314	2,828	2,038	1,558	1,242	1,02	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pr</i>	-	-	1,068	1,216	1,488	1,740	1,980	2,206	2,42	-	-	-	-	-	-	-
	Итого	-	-	10,78	9,772	8,954	8,840	9,040	9,396	9,84	-	-	-	-	-	-	-
8	<i>Pst</i>	-	-	-	-	3,696	4,634	5,574	6,516	7,46	8,40	9,36	-	-	-	-	-
	<i>Pbr</i>	-	-	-	-	3,708	3,608	3,530	3,464	3,40	3,36	3,32	-	-	-	-	-
	<i>Pf</i>	-	-	-	-	6,082	4,556	3,598	2,946	2,48	2,12	1,86	-	-	-	-	-
	<i>Pr</i>	-	-	-	-	2,204	2,644	3,070	3,480	3,88	4,28	4,66	-	-	-	-	-
	Итого	-	-	-	-	15,69	15,442	15,77	16,408	17,22	18,16	19,18	-	-	-	-	-

Диаметр, см	Фракция фито-массы*	Высота дерева, м														
		1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
10	<i>Pst</i>	-	-	-	-	-	-	7,768	9,234	10,72	12,24	13,78	15,34	16,92	-	-
	<i>Pbr</i>	-	-	-	-	-	-	5,782	5,780	5,78	5,78	5,78	5,76	5,76	-	-
	<i>Pf</i>	-	-	-	-	-	-	6,884	5,756	4,92	4,30	3,80	3,40	3,08	-	-
	<i>Pr</i>	-	-	-	-	-	-	4,314	4,958	5,60	6,22	6,84	7,46	8,08	-	-
	Итого	-	-	-	-	-	-	24,74	25,72	27,02	28,54	30,20	31,98	33,82	-	-
12	<i>Pst</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	14,44	16,64	18,92	21,22	23,58	25,98	28,42
	<i>Pbr</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	8,90	8,98	9,08	9,16	9,24	9,30	9,36
	<i>Pf</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	8,64	7,64	6,84	6,18	5,64	5,20	4,80
	<i>Pr</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	7,54	8,46	9,38	10,30	11,20	12,12	13,02
	Итого	-	-	-	-	-	-	-	-	39,52	41,74	44,2	46,86	49,66	52,60	55,62
14	<i>Pst</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,72	27,94	31,24	34,64	38,10
	<i>Pbr</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,32	13,54	13,74	13,94	14,12
	<i>Pf</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,22	10,24	9,42	8,74	8,14
	<i>Pr</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,22	10,24	9,42	8,74	8,14
	Итого	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60,48	61,98	63,86	66,04	68,50
16	<i>Pst</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39,86	44,42	49,10
	<i>Pbr</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,40	19,80	20,16
	<i>Pf</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,70	13,70	12,84
	<i>Pr</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,78	20,50	22,22
	Итого	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92,76	98,42	104,3

* Обозначения см. по тексту.

Таблица 3

Нормативная таблица для определения фитомассы деревьев в абсолютно сухом состоянии в культурах ели I-II классов возраста по высоте и возрасту дерева, кг

Воз- раст, лет	Фракция фито- массы*	Высота дерева, м													
		0,2	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	
2	<i>Pst</i>	0,0021	0,0225	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pbr</i>	0,0002	0,0034	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pf</i>	0,0026	0,0948	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pr</i>	0,0036	0,0392	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Итого	0,0085	0,1599	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	<i>Pst</i>	0,0018	0,0187	0,044	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pbr</i>	0,00036	0,0047	0,012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pf</i>	0,00202	0,0484	0,156	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pr</i>	0,0022	0,0229	0,054	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Итого	0,0064	0,0947	0,266	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	<i>Pst</i>	0,0017	0,0168	0,040	0,096	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pbr</i>	0,0005	0,0057	0,014	0,036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pf</i>	0,0017	0,0326	0,096	0,302	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pr</i>	0,0016	0,0167	0,040	0,096	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Итого	0,0055	0,0718	0,188	0,530	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	<i>Pst</i>	0,0016	0,0156	0,036	0,088	0,242	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pbr</i>	0,00062	0,0066	0,016	0,040	0,110	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pf</i>	0,00154	0,0247	0,068	0,200	0,682	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Pr</i>	0,00134	0,0133	0,030	0,076	0,210	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Итого	0,00510	0,0602	0,150	0,402	1,244	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 3

Воз- раст, лет	Фракция фито- массы*	Высота дерева, м													
		0,2	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	
10	<i>Pst</i>	0,00152	0,0147	0,034	0,082	0,224	0,46	-	-	-	-	-	-	-	
	<i>Pbr</i>	0,00074	0,0073	0,016	0,042	0,112	0,24	-	-	-	-	-	-	-	
	<i>Pf</i>	0,00142	0,0199	0,052	0,146	0,470	1,08	-	-	-	-	-	-	-	
	<i>Pr</i>	0,00114	0,0112	0,026	0,062	0,172	0,36	-	-	-	-	-	-	-	
	Итого	0,00482	0,0531	0,128	0,332	0,978	2,12	-	-	-	-	-	-	-	
12	<i>Pst</i>	0,0015	0,0140	0,032	0,078	0,210	0,42	2,34	-	-	-	-	-	-	
	<i>Pbr</i>	0,0009	0,0079	0,018	0,042	0,114	0,22	1,24	-	-	-	-	-	-	
	<i>Pf</i>	0,0013	0,0166	0,042	0,114	0,346	0,76	5,20	-	-	-	-	-	-	
	<i>Pr</i>	0,0010	0,0097	0,022	0,054	0,148	0,30	1,66	-	-	-	-	-	-	
	Итого	0,0047	0,0483	0,114	0,286	0,818	1,72	10,44	-	-	-	-	-	-	
14	<i>Pst</i>	0,0014	0,0134	0,030	0,074	0,198	0,40	2,18	5,90	-	-	-	-	-	
	<i>Pbr</i>	0,0010	0,0085	0,018	0,044	0,116	0,22	1,18	3,10	-	-	-	-	-	
	<i>Pf</i>	0,0012	0,0143	0,036	0,090	0,268	0,58	3,66	10,78	-	-	-	-	-	
	<i>Pr</i>	0,0009	0,0086	0,020	0,048	0,128	0,26	1,44	3,88	-	-	-	-	-	
	Итого	0,0046	0,0449	0,104	0,256	0,710	1,46	8,46	23,66	-	-	-	-	-	
16	<i>Pst</i>	-	0,013	0,030	0,070	0,188	0,38	2,06	5,54	11,16	-	-	-	-	
	<i>Pbr</i>	-	0,009	0,020	0,046	0,118	0,22	1,14	2,94	5,74	-	-	-	-	
	<i>Pf</i>	-	0,013	0,030	0,076	0,214	0,46	2,70	7,66	16,08	-	-	-	-	
	<i>Pr</i>	-	0,0078	0,018	0,042	0,114	0,24	1,26	3,42	6,90	-	-	-	-	
	Итого	-	0,0424	0,098	0,234	0,634	1,30	7,16	19,54	39,88	-	-	-	-	

Продолжение табл. 3

Воз- раст, лет	Фракция фито- массы*	Высота дерева, м												
		0,2	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
18	<i>Pst</i>	-	-	0,028	0,068	0,182	0,36	1,96	5,24	10,54	18,10	-	-	-
	<i>Pbr</i>	-	-	0,020	0,046	0,118	0,22	1,10	2,80	5,40	8,98	-	-	-
	<i>Pf</i>	-	-	0,026	0,064	0,176	0,36	2,06	5,66	11,64	20,36	-	-	-
	<i>Pr</i>	-	-	0,016	0,038	0,104	0,20	1,14	3,04	6,12	10,56	-	-	-
	Итого	-	-	0,092	0,216	0,578	1,16	6,24	16,74	33,70	58,00	-	-	-
20	<i>Pst</i>	-	-	-	0,066	0,174	0,34	1,88	4,98	10,00	17,16	26,66	-	-
	<i>Pbr</i>	-	-	-	0,048	0,120	0,22	1,08	2,68	5,10	8,42	12,70	-	-
	<i>Pf</i>	-	-	-	0,054	0,148	0,30	1,62	4,32	8,72	15,04	23,44	-	-
	<i>Pr</i>	-	-	-	0,036	0,094	0,18	1,02	2,74	5,50	9,48	14,76	-	-
	Итого	-	-	-	0,204	0,536	1,06	5,58	14,74	29,34	50,10	77,56	-	-
22	<i>Pst</i>	-	-	-	-	0,168	0,34	1,80	4,76	9,54	16,34	25,36	36,78	-
	<i>Pbr</i>	-	-	-	-	0,120	0,22	1,04	2,58	4,86	7,96	11,92	16,74	-
	<i>Pf</i>	-	-	-	-	0,126	0,24	1,30	3,40	6,72	11,42	17,62	25,4	-
	<i>Pr</i>	-	-	-	-	0,086	0,18	0,94	2,50	5,00	8,60	13,36	19,42	-
	Итого	-	-	-	-	0,502	0,98	5,08	13,22	26,12	44,32	68,26	98,34	-
24	<i>Pst</i>	-	-	-	-	-	0,32	1,72	4,58	9,14	15,64	24,22	35,10	48,38
	<i>Pbr</i>	-	-	-	-	-	0,22	1,02	2,48	4,64	7,56	11,24	15,74	21,04
	<i>Pf</i>	-	-	-	-	-	0,22	1,06	2,72	5,30	8,88	13,56	19,40	26,46
	<i>Pr</i>	-	-	-	-	-	0,16	0,86	2,28	4,58	7,86	12,20	17,72	24,46
	Итого	-	-	-	-	-	0,92	4,68	12,06	23,66	39,94	61,24	87,94	120,3

Продолжение табл. 1

Возраст, лет	Фракция фито-массы*	Высота дерева, м												
		0,2	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
26	<i>Pst</i>	-	-	-	-	-	-	1,66	4,40	8,78	15,00	23,22	33,62	46,30
	<i>Pbr</i>	-	-	-	-	-	-	1,00	2,40	4,46	7,20	10,66	14,86	19,80
	<i>Pf</i>	-	-	-	-	-	-	0,88	2,22	4,26	7,06	10,68	15,14	20,50
	<i>Pr</i>	-	-	-	-	-	-	0,80	2,12	4,24	7,24	11,24	16,28	22,46
	Итого	-	-	-	-	-	-	4,36	11,14	21,72	36,50	55,80	79,88	109,0
28	<i>Pst</i>	-	-	-	-	-	-	-	4,26	8,48	14,44	22,34	32,30	44,44
	<i>Pbr</i>	-	-	-	-	-	-	-	2,32	4,28	6,88	10,14	14,08	18,70
	<i>Pf</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,84	3,48	5,70	8,54	12,04	16,20
	<i>Pr</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,96	3,92	6,72	10,40	15,06	20,76
	Итого	-	-	-	-	-	-	-	10,38	20,16	33,74	51,44	73,48	100,1
30	<i>Pst</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	8,18	13,94	21,54	31,12	42,80
	<i>Pbr</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4,14	6,60	9,70	13,40	17,74
	<i>Pf</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2,88	4,68	6,94	9,72	13,00
	<i>Pr</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3,66	6,26	9,68	14,00	19,28
	Итого	-	-	-	-	-	-	-	-	18,86	31,48	47,86	68,24	92,82
32	<i>Pst</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,50	20,82	30,06	41,30
	<i>Pbr</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,36	9,28	12,78	16,88
	<i>Pf</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,88	5,72	7,96	10,60
	<i>Pr</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,86	9,06	13,08	18,00
	Итого	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29,58	44,88	63,88	86,78

Окончание табл. 3

Возраст, лет	Фракция фито-массы*	Высота дерева, м													
		0,2	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	
34	<i>Pst</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,18	29,10	39,94
	<i>Pbr</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,92	12,24	16,10
	<i>Pf</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,78	6,60	8,74
	<i>Pr</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,50	12,28	16,88
	Итого	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,36	60,20	81,66
36	<i>Pst</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,20	38,72
	<i>Pbr</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,74	15,42
	<i>Pf</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,52	7,28
	<i>Pr</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,56	15,88
	Итого	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57,04	77,30

* Обозначения см. по тексту.

Таблица 4

Фитомасса 35-летних культур ели в абсолютно сухом состоянии при различных способах выращивания, зако-
дированных бинарными переменными

Вариант обработки почвы	№ пробной площади	Фитомасса, т/га***						Бинарные переменные***				
		<i>Pst</i>	<i>Pb</i>	<i>Pbr</i>	<i>Pf</i>	<i>Pabo</i>	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>	<i>X4</i>	<i>X5</i>	
Борозда	7*	11,36	1,54	3,84	2,44	17,6	1	1		1		
	7**	3,24	0,48	1,64	1,00	5,88	0		1		1	
Борозда	9*	16,4	1,96	6,44	3,74	26,6	1	1		1		
	9**	4,52	0,76	1,82	0,96	7,30	0		1		1	
Борозда	18*	20,4	2,48	11,7	5,10	37,2	1	1		1		
	18**	7,02	1,50	3,66	2,28	13,0	0		1		1	
Пласт	2*	31,0	5,28	18,6	7,96	57,6	1	1				
Хим. обработка по целине	2a*	10,22	1,52	5,68	2,82	18,7	1	1		0		
Хим. обработка по целине	3*	18,48	2,48	9,68	5,42	33,6	1	1		0		
	3**	2,80	0,46	1,68	0,86	5,34	0		1		0	
Хим. обработка по целине	1*	25,38	2,66	10,32	6,46	42,2	1	1		0		
	1**	6,50	1,12	3,00	1,70	11,2	0		1		0	
Контроль	6**	4,22	0,50	1,88	1,00	7,10	0		0			
	19*	9,48	1,84	4,14	2,92	16,5	1	0				
Контроль	19**	2,80	0,48	1,38	0,64	4,82	0		0			

* Открытое место. ** В коридорах, под пологом мелколиственного древостоя. *** Обозначения см. по тексту.

В итоге на открытых участках по сравнению с вариантом под пологом лиственного древостоя (блоковая переменная X_1) установлено статистически достоверное 4-кратное превышение фитомассы, и дальнейший сравнительный анализ с целью составления таблиц хода роста по фитомассе (ТХРФ) выполнен раздельно.

Наличие возрастного ряда культур от 8 до 35 лет с известными запасами их фитомассы позволило впервые на Среднем Урале составить ТХРФ при различных способах выращивания ели (табл. 5 и 6). Для каждого из вариантов «на открытых местах» и «под пологом» выделены по три подварианта: 1) посадка без подготовки почвы и химухода (контроль), 2) посадка по пластам и 3) химобработка по целине. Установлено статистически достоверное различие подвариантов по величине массообразующих показателей. Поэтому ТХРФ составлены по двум вариантам с выделением в каждом трех подвариантов на основе рассчитанных цепочек рекурсивных уравнений.

Составленные ТХРФ показывают совершенно разные закономерности роста культур по вариантам их формирования. Наиболее низкой продуктивностью (V класс бонитета) характеризуется вариант «контроль, под пологом». В этом случае культуры не выходят за пределы V класса бонитета (по шкале М.М. Орлова для семенных древостоев) на протяжении всего исследованного возрастного диапазона. В отличие от контроля в вариантах «пласты и гряды, под пологом» и «хим. обработка, под пологом» культуры, начав расти в I классе возраста по V классу бонитета, с возрастом ускоряют рост и к концу II класса возраста достигают в первом случае III и во втором – IV класса бонитета.

На открытом пространстве культуры ели также начинают расти по V классу бонитета, но к концу II класса возраста, освободившись от угнетающего влияния травяного покрова, достигают на контроле II, а в вариантах с обработкой почвы – I класса бонитета.

Определенные природными условиями особенности роста культур ели сибирской на Урале (подмерзание молодых побегов в период заморозков, солнечные ожоги весной, близкий уровень верховодки на вырубках и др.) и более редкая посадка обуславливают довольно низкую их продуктивность по сравнению с культурами ели европейской, произрастающей в подзоне хвойно-широколиственных лесов (Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР, 1984).

К концу II класса возраста культуры ели сибирской на открытых пространствах имеют запасы фитомассы в 5-7 раз бóльшие, нежели в вариантах под пологом мелколиственного вторичного древостоя, а в подвариантах «пласты и гряды» и «хим. обработка» - соответственно в 4 раза и на 40-80% бóльшие, чем на контроле.

Таблица 5

Эскиз таблиц хода роста по фитомассе молодых культур ели сибирской при разных способах выращивания на открытых пространствах вырубок Среднего Урала*

Класс возраста	A, лет	H, м	N, экз./га	M, м ³ /га	Фитомасса древостоя, т/га				
					Стволы	Ветви	Хвоя	Корни	Итого
Контроль									
V	10	0,64	2240	0,16	0,050	0,012	0,058	0,042	0,16
IV	15	1,55	1950	0,90	0,34	0,16	0,40	0,25	1,15
IV	20	2,91	1770	3,12	1,30	0,80	1,18	0,88	4,16
IV	25	4,74	1650	8,18	3,74	2,38	2,34	2,32	10,8
IV	30	7,06	1550	18,0	8,84	5,28	3,74	5,18	23,0
III	35	9,88	1470	34,9	18,3	9,80	5,20	10,2	43,5
II	40	13,2	1410	62,1	34,4	16,0	6,56	18,3	75,3
Пласты и гряды									
V	10	0,88	3710	0,59	0,20	0,05	0,22	0,14	0,61
IV	15	2,13	3240	3,41	1,34	0,64	1,46	0,86	4,30
IV	20	3,99	2950	11,8	5,24	3,10	4,36	3,02	15,7
III	25	6,49	2740	30,9	15,0	9,20	8,70	8,06	41,0
II	30	9,67	2570	67,7	35,4	20,4	13,9	18,0	87,7
I	35	13,5	2440	132	73,4	38,0	19,3	35,4	166,1
I	40	18,1	2340	234	138,0	61,8	24,4	63,4	287,6
Хим. обработка									
V	10	0,79	2270	0,29	0,10	0,024	0,11	0,07	0,30
IV	15	1,92	1980	1,64	0,66	0,30	0,74	0,42	2,12
IV	20	3,59	1800	5,69	2,52	1,48	2,18	1,48	7,66
IV	25	5,85	1670	14,9	7,26	4,40	4,38	3,94	20,0
III	30	8,71	1570	32,7	17,2	9,82	6,98	8,76	42,8
II	35	12,2	1490	63,6	35,6	18,2	9,68	17,2	80,7
I	40	16,3	1430	113	66,8	29,6	12,2	31,0	139,6

* Обозначения см. по тексту.

Таблица

Эскиз таблиц хода роста по фитомассе молодых культур ели сибирской при разных способах выращивания под пологом вторичных лиственных древостоев на Среднем Урале*

Класс бонитета	А, лет	Н, м	N, экз./га	M, м ³ /га	Фитомасса древостоя, т/га				
					Стволы	Ветви	Хвоя	Корни	Пни
Контроль									
V	10	0,56	2,20	0,11	0,038	0,010	0,038	0,034	1,22
V	15	1,16	1,86	0,47	0,18	0,10	0,18	0,12	1,58
V	20	1,96	1,65	1,31	0,53	0,39	0,42	0,30	1,64
V	25	2,93	1,50	2,88	1,25	0,86	0,68	0,62	3,41
V	30	4,08	1,39	5,48	2,50	1,50	0,90	1,10	6,05
V	35	5,39	1,31	9,44	4,50	2,22	1,08	1,80	9,60
V	40	6,86	1,24	15,1	7,50	2,96	1,18	2,76	14,4
Пласты и гряды									
V	10	0,91	3,38	0,56	0,176	0,044	0,20	0,124	0,54
IV	15	1,89	2,86	2,33	0,83	0,42	0,96	0,44	2,65
IV	20	3,18	2,54	6,44	2,48	1,54	2,18	1,12	7,32
IV	25	4,76	2,32	14,2	5,82	3,50	3,54	2,28	15,1
IV	30	6,61	2,15	26,9	11,7	6,14	4,72	4,08	26,6
III	35	8,74	2,01	46,4	21,0	9,10	5,62	6,66	42,4
III	40	11,1	1,91	74,4	35,2	12,1	6,18	10,2	63,7
Хим. обработка									
V	10	0,70	2,07	0,17	0,052	0,014	0,060	0,04	0,17
V	15	1,45	1,75	0,71	0,24	0,14	0,30	0,16	0,84
V	20	2,44	1,56	1,96	0,74	0,50	0,66	0,40	2,30
V	25	3,65	1,42	4,32	1,72	1,16	1,08	0,82	4,78
V	30	5,08	1,32	8,21	3,46	2,02	1,44	1,46	8,38
IV	35	6,71	1,23	14,1	6,22	3,02	1,70	2,38	13,3
IV	40	8,55	1,17	22,7	10,4	4,00	1,88	3,66	19,9

* Обозначения см. по тексту.

Библиографический список

- Колесников, Б.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области [Текст]/ Б.П. Колесников, Р.С. Зубарева, Е.П. Смолоногов // Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. - 176 с.
- Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР [Текст]. - М.: Госкомлес СССР, 1984. - 308 с.
- Терехов, Г.Г. Формирование и биопродуктивность культур ели на вырубке [Текст]/ Г.Г. Терехов, В.А. Усольцев. - Екатеринбург: Ботанический сад УрО РАН, 2006. - 141 с. (Деп. ВИНТИ 25.09.2006 № 1168-В2006).
- Усольцев, В.А. Исследование ошибок при оценке углеродного пула лесов посредством аллометрических моделей [Текст]/ В.А. Усольцев, Е.В. Канунникова, И.В. Платонов // Современные проблемы устойчивого управления лесами, инвентаризации и мониторинга лесов: матер. междунар. конф. - С.-Пб: С.-ПбГЛТА, 2006. - С. 363-370.
- Chave, J. Estimation of biomass in a neotropical forest of French Guiana: spatial and temporal variability [Text]/ J. Chave, B. Riera, M.A. Dubois // Trop. Ecol. - 2001. - Vol. 17. - P. 79-96.
- West, G.B. A general model for the structure and allometry of plant vascular systems [Text]/ G.B. West, J.H. Brown, B.J. Enquist // Nature. - 1999. - Vol. 400. - P. 664-667.
- Wirth, C. Generic biomass functions for Norway spruce in Central Europe - a meta-analysis approach toward prediction and uncertainty estimation [Text]/ C. Wirth, J. Schumacher, E.-D. Schulze // Tree Physiology. - 2004. - Vol. 24. - P. 121-139.
- Zianis, D. On simplifying allometric analyses of forest biomass [Text] / D. Zianis, M. Mencuccini // Forest Ecol. Manage. - 2004. - Vol. 187. - P. 311-332.
- Работа поддержана РФФИ, грант № 07-07-96010.*

