

УДК 630*532

Г.Г. Терехов, В. А. Усольцев
(Ботанический сад УрО РАН)**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР ЕЛИ НА
СРЕДНЕМ УРАЛЕ**

Изложены результаты 33-летних опытов по созданию и формированию лесных культур ели разными способами и оценке их надземной и подземной фитомассы в возрасте 9, 20 и 30 лет.

В реализации концепции устойчивого развития значительное внимание уделяется снижению антропогенных выбросов наиболее обильного биогена – углерода и связыванию атмосферной углекислоты лесным покровом. Предполагают, что путем интенсивного лесоразведения можно компенсировать 11-15% антропогенных выбросов CO₂ (Brown, 1996). Лесные культуры, особенно молодые, связывают атмосферный углерод более интенсивно в сравнении с естественными насаждениями. Около 80 % атмосферного углерода, депонируемого в тропиках лесными культурами, приходится на первые два класса возраста (Brown et al., 1986). После ратификации Россией Протокола Киото осенью 2004 г., начиная с 2005 г. объемы бюджетного финансирования по созданию лесных культур в некоторых областях УрФО возросли втрое. Однако сведения об углерододепонирующей способности лесных культур в регионе практически отсутствуют.

В работе излагаются результаты изучения углерододепонирующей способности молодых культур ели (*Picea obovata* Ledeb.), созданных в 1972 и 1985 гг. Тереховым Г. Г. на Среднем Урале разными способами из семян местного происхождения в подзонах южной тайги и хвойно-широколиственных лесов. Было заложено три серии опытов. По истечении некоторого периода, характеризваемого обычно интенсивным отпадом, в каждой серии опытов были заложены пробные площади для определения структуры фитомассы и депонируемого в ней углерода.

Описание объектов исследования

Серия опытов 1. Заложена в Починковском лесничестве Билимбаевского лесхоза Свердловской области в разнотравно-зеленомошном типе леса (подзона южной тайги) на вырубках 5-летней давности в нижней части макросклона восточной экспозиции с уклоном 5-6° на дерново-подзолистых суглинистых почвах с залеганием глинистых водоупоров на глубине 0,5-0,6 м.

Подготовка почвы начата в 1984 г. на вырубке 4-летней давности с количеством пней 230-310 шт. на 1 га, большая часть которых находилась в полуразложившемся состоянии с отмершей корневой системой. Количество порубочных остатков и древесины (старый и свежий валеж, тонкомерный сухой ели и пихты) не превышало 10 м^3 на 1 га. Возобновившиеся лиственные породы численностью 7,1-17,8 тыс. экз. на 1 га высотой 0,7-2,8 м достигли сомкнутости крон 40-60%.

Площадь на участке расширялась технологическими полосами шириной 2,7 м через 3,5-4,3 м. Для этого использовался плуг ПЛП-135, оборудованный на каждом отвале ушпирителем по 0,65 м, что исключало сильное заглубление его в почву (не более 6-10 см). Направление полос - поперек склона. По технологическим полосам нарезались пласты плугом ПЛП-135 на базе трактора Т-130 и гряды плугом ПЛМ-1,3 на базе трактора ТДТ-55. Толщина обычных пластов 20-25 см, сдвоенных - 35-40 см, ширина 0,55-0,65 м, при этом образовывались борозды шириной 135 см и глубиной до 35 см при одном проходе и до 40 см - при двойном проходе. Гряды сформированы двойным встречным проходом плуга, высота их превышала поверхность целины на 30-40 см, ширина по гребню - 60 см, у основания - 80-90 см.

Вдоль гряды с каждой стороны нарезалась дренажирующая канава глубиной до 30 см и шириной 18-20 см. Химическая обработка почвы проводилась 5 июля 1984 г. полосами с помощью тракторного опрыскивателя на гусеничном ходу без механического воздействия на почву. Ширина обработанных полос составила 1,5 м, размещение их через 3,5 м (полоса шириной 2 м оставлена в качестве защитной зоны). В качестве гербицида использован нитосорг в дозе 10 кг/га по действующему веществу в расчете на сплошную обработку площади. Контрольным вариантом принята часть вырубки без обработки почвы, непосредственно примыкающая к опытным вариантам.

Посадка растений ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) выполнена весной следующего после обработки почвы года 3- и 4-летними сеянцами (СН) и 4-летними 2+2 саженцами (СЖ) по опытным и контрольному вариантам вручную, не менее 300 экз. на вариант. Общая площадь участка 5,6 га.

Расчистка площади клиновидным орудием позволила сохранить верхний почвенный покров на большей части (не менее 50 % по протяженности) технологических полос, неглубоких и прямолинейных. После обработки почвы количество лиственных пород, сохранившихся в междурядьях, насчитывало 2,9-7,1 тыс. экз. на 1 га, сомкнутость крон была лишь в биогруппах и куртинах, занимавших 30-60% площади.

На влажных и сырых почвах целью механической обработки почвы являлось создание благоприятных водно-физических и термических условий, улучшение режима питания и уменьшение конкуренции со стороны нежела-

тельной растительности в зоне корневых систем и надземной части посаженных растений.

Изучение динамики и видового разнообразия травянистой растительности на вырубке ельника разнотравно-зеленомошникового показало, что спустя 4 года после рубки, т.е. перед началом работ, на большей части участка сформировался покров с устойчивым доминированием в составе злаковой растительности (щучка дернистая, мятлик луговой, вейник тростниковидный, ежа сборная, пырей ползучий, тимофеевка луговая), сохранившей свое господство на контроле до появления сомкнутого полога молодняков лиственных пород. Механическое воздействие на почвенный покров в начальный момент существенно изменило видовой состав, фитомассу, характер развития травостоя. В опытных вариантах по сравнению с контролем увеличилось количество двудольных видов (кипрей болотный, иван-чай, сныть обыкновенная, малина, таволга вязолистная, кровохлебка лекарственная, дудник лесной, осот розовый, вероника дубравная, манжетка обыкновенная, подмаренник цепкий).

Приживаемость и сохранность лесных культур – важнейшие показатели, характеризующие их успешность и на начальном этапе формирования зависящие от многих факторов: типа посадочного места и его агрофона, вида и возраста посадочного материала и его морфологических характеристик – линейных и весовых размеров органов, а также погодно-климатических условий, складывающихся на протяжении первой половины вегетационного периода в год посадки, и конкурентных отношений со стороны естественных лесных фитоценозов.

Изучение причин отпада растений ели через 2 месяца после посадки на контроле и по пластам выявило, что произошло усыхание корневой системы из-за плохого зажатия, отсутствия заливания посадочных щелей, слабого соприкосновения корней с почвой и сильного развития корневой системы травянистой растительности. Значительная часть растений ели по пластам погибла в результате того, что при посадке основная часть их корневой системы оказалась в неразложившейся прослойке из травостоя или в рыхлой части пластов, где плотность почвы не превышала $0,63 \text{ г/см}^3$. На контроле и при химической обработке почвы отмечалось единичное выжимание 1-3-летних растений ели.

Наибольший отпад растений ели в культурах произошел в первые три года после посадки, в небольших объемах он продолжался вплоть до возраста перевода лесных культур в покрытые лесом площади (10-летний возраст), а в целом на контроле и по пластам его уровень достиг 58 и 32-46 % от количества посаженных растений, в то время как при химической обработке почвы и по грядкам отпад был в 1,5-5,0 раз меньше.

Серия имеет 9 вариантов подготовки почвы и ухода, а также контроль. В качестве контроля принят вариант без подготовки почвы.

Спустя 5 лет после посадки, т.е. по достижении насаждениями биологического возраста 9 лет, определена фитомасса культур по каждому варианту, а также объем надземной и подземной части деревьев методом ксилотрирования (табл. 1).

По достижении биологического возраста 20 лет фитомасса культур определена вторично, но по более широкому спектру вариантов, заложенных в серии опытов 1. Кроме того, все варианты имеют в этом случае дубли – на открытом месте и под пологом 25-летнего мелколиственного древостоя, возобновившегося сразу после рубки материнского ельника (табл. 2).

Серия опытов 2. Заложена в чистых 20-летних культурах *Picea obovata* и *P. abies* с различными условиями произрастания в подзоне южной тайги на территории Починковского лесничества Билимбаевского лесхоза. По общепринятой методике заложены 9 пробных площадей, по три на каждом из трех участков с разными вариантами посадки (табл. 3).

Участок № 1 заложен спустя 5 лет после рубки елово-соснового древостоя (ягодниковый тип) по неподготовленной почве с химобработкой; механизированная посадка МЛУ-1 с размещением 0,75 × 3,3 м. Повышенный элемент рельефа, без верховодки; почва подзолистая, суглинистая. Участок № 2 заложен на свежей вырубке елово-соснового древостоя (разнотравно-зеленомошный тип) по грядам, сформированным плугом ПЛМ-1,3; посадка под меч Колесова. Пониженный элемент рельефа со средним уровнем верховодки около 1 м; почва дерново-сильноподзолистая, тяжелый суглинок. Участок № 3 заложен на вырубке 3-летней давности в ягодниково-разнотравном типе леса. Посадка по минерализованным полосам сажалкой СКЛ-1. На трех участках взято 54 модельных дерева и определена их фитомасса.

Серия опытов 3. Заложена в 1972 г. в Шамарском лесхозе Свердловской области в подзоне хвойно-широколиственных лесов на вырубке 3-летней давности. Почвы подстилаются пермскими глинами, по режиму увлажнения они относятся к свежим, периодически влажным. Было заложено два опытно-производственных участка (ОПУ 1-72 и ОПУ 2-72). ОПУ 1-72 расположен в кислично-разнотравном типе леса на плакоре с серыми лесными оподзоленными слабооглеенными суглинистыми почвами. ОПУ 2-72 заложен в травяно-зеленомошном типе леса в нижней трети макросклона юго-западной экспозиции с дерново-подзолистыми суглинистыми почвами. На обоих участках выполнены три варианта подготовки почвы: 1) пласты, сформированные плугом ПЛП-135; 2) минерализованные полосы, нарезанные передним отвалом бульдозера Д-494А, и 3) валы, сформированные плугом ПКЛ-70 встречным проходом по центру минерализованных полос.

Названные варианты выполнены в двух повторностях – без уходов (контроль) и с уходами на обоих участках. Агротехнические уходы проведены на 2-м, 3-м и 4-м годах после посадки в варианте «по пластикам» и на 3-й год в вариантах «по минполосам» и «по валам». Лесоводственные уходы выполнены на 8-й и 13-й годы после посадки (осветление, т.е. удаление листовых пород коридорным методом) и на 17-й год (прочистки путем удаления и окольцовывания крупных деревьев листовых пород в междурядьях и изреживания ели в рядах). Фитомасса культур по каждому варианту и на контроле определена по достижении биологического возраста 31 год (табл. 4).

Методика определения фитомассы культур

Модельные деревья взяты в августе после полного формирования хвои в количестве 6 шт. на каждой пробе, по 2 модели от каждой из трех градаций толщины стволов в пределах ее варьирования. Крону делили на три равных секции вдоль по стволу и каждую секцию взвешивали с точностью 50 г на весах грузоподъемностью 10–20 кг. Для определения массы хвои и скелета кроны модельная часть кроны, образованная из средних по размеру ветвей, взятых из середины каждой секции, взвешивалась с точностью до 5 г. Затем опшипывали всю хвою, в том числе отдельно хвою последнего года, и повторно взвешивали оставшийся скелет ветви. По соотношениям хвои и скелета кроны в каждой секции рассчитывали названные показатели для всего дерева. От каждой секции брали навески для определения содержания сухого вещества в хвое и скелете кроны.

Стволы после спиливания расчленили на 50–сантиметровые отрезки, которые взвешивали в сыром состоянии с точностью 50 г. С торцов отрезков выпиливали диски для определения содержания коры в них и абсолютно сухого вещества в древесине и коре. Диски взвешивали с точностью до 0,1 г.

Масса корней отмыта и взвешена по комплексному методу А.Ф. Чмыра (1984). Первый этап заключался в обнажении корневой системы у ствола радиусом от 30 до 100 см на глубину 10–15 см с целью определения количества крупных скелетных корней, их диаметра и характера распространения в горизонтальной проекции. Затем выбирались 2 – 3 корня, разделяющих своим направлением окружность проекции кроны на примерно равновеликие сектора, и локальным вскрытием почвы по ходу этих корней через 15–20 см устанавливалась их протяженность. Средняя протяженность корней, формирующих скелет, принималась за радиус зоны распространения корневой системы модели, по которому вычислялась площадь поверхности почвы, занятой корнями.

Таблица 1
 Таксационные показатели, фитомасса и общий (ксилометрический) объем 9-летних культур ели по вариантам обработки почвы в сравнении с контролем (серия опытов 1)

Посадочный материал	Вид*	Возраст, лет	Биологический возраст	насаждения, лет	Средний диаметр корневой шейки растения, мм	Средняя высота стволика, см	Текущая густота, экз./га	Средний объем стволиков, дм ³ /га	Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, кг/га						Объем, дм ³ /га		
									Стволики	Ветви	Хвоя	Корни	Итого	Наземная часть	Корни	Итого	
Гряды																	
СН	3	8	6,8	57,3	5836	410	123,1	21,6	123,7	98,0	366,4	787	396	1183			
СН	4	9	10,1	68,8	3618	280	83,9	16,6	84,7	66,9	252,1	687	278	965			
СЖ	2+2	9	11,9	70,2	3082	290	86,9	20,6	91,8	71,2	270,5	613	266	879			
Пласты																	
СН	3	8	4,6	45,2	2665	123	36,8	7,73	41,6	32,8	118,9	270	129	399			
СН	4	9	8,4	67,3	3375	233	69,9	13,2	64,8	49,6	197,5	558	241	799			
СЖ	2+2	9	10,2	68,0	2426	185	55,5	9,95	57,0	41,7	164,2	420	169	589			
Химобработка																	
СН	4	9	10,0	59,4	2456	154	46,2	7,12	46,7	44,5	144,5	341	160	501			
СЖ	2+2	9	10,2	64,3	2081	136	40,8	7,07	42,2	39,3	129,4	301	169	470			
Контроль																	
СН	4	9	5,3	43,3	2395	68	20,4	6,23	17,0	20,4	64,1	140	86	226			
СЖ	2+2	9	8,6	50,1	1927	127	38,0	7,13	36,2	28,7	110,0	276	105	381			

* СН – сеянцы, СЖ – саженцы.

Таблица 2
Таксационные показатели и фитомасса 20-летних культур ели по вариантам обработки почвы в сравнении с контролем (серия опытов 1)

Варианты	№ пробы	Возраст, лет	Средние		Густота, экз/га	Площадь, сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га	Класс бонитетов	Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, т/га						
			Высота, м	Диаметр, см					Древесина	Кора ствола	Скелет кроны	Хвоя	Наземная	Корни	Итого
Гряды	2*	20	4,45	5,2	3884	6,97	25,7	IV	6,87	1,00	4,61	6,65	19,1	5,85	24,95
	2**	20	4,05	4,0	2248	2,58	6,2	IV	2,66	0,34	1,57	1,98	6,55	1,17	7,72
	3*	20	4,3	5,0	4351	8,27	23,3	IV	8,83	1,40	8,88	13,14	32,2	6,80	39,0
Гряды	3**	20	3,55	3,9	3277	3,65	10,2	IV	2,72	0,51	1,92	2,63	7,78	1,57	9,35
	4*	19	3,70	4,5	4266	6,40	19,1	IV	8,29	1,54	7,91	9,49	27,2	5,65	32,85
Гряды	4**	19	4,05	4,0	3776	4,46	14,3	IV	4,63	0,60	2,80	5,32	13,3	2,70	16,0
	8*	20	4,1	5,1	4885	10,2	29,2	IV	12,9	1,76	9,58	11,81	36,0	6,17	42,17
Пласт	8**	20	3,5	3,7	2082	4,09	15,7	IV	3,34	0,54	3,09	4,57	11,5	1,84	13,34
	17*	19	4,0	4,5	4786	7,01	16,2	IV	8,19	2,48	5,93	11,36	28,0	5,74	33,74
Пласт	17**	19	3,9	4,4	3044	3,92	12,4	IV	4,65	0,67	3,33	5,47	14,1	2,46	16,56
	10*	20	4,4	5,2	2915	7,70	18,5	IV	8,59	0,99	4,90	6,65	21,1	2,93	24,03
Химоб-работка	7*	20	4,8	4,7	2667	4,35	19,5	III	4,58	0,63	3,47	4,32	13,0	2,59	15,59
	7**	20	3,0	3,2	2253	1,46	3,3	IV	0,83	0,13	0,87	0,96	2,79	0,48	3,22
Химоб-работка	14*	20	4,04	4,5	2662	4,31	11,4	IV	4,32	0,64	3,63	5,00	13,6	3,48	17,08
	14**	20	2,2	2,9	2378	1,15	2,1	V	0,64	0,10	0,41	0,67	1,82	0,39	2,21
Кон-троль	24*	20	3,5	3,6	2060	2,63	3,6	IV	1,32	0,19	1,19	1,42	4,12	1,01	5,13
	24**	20	2,5	2,5	2149	0,94	1,2	V	0,62	0,12	0,67	0,71	2,12	0,44	2,56

* - открытое место; ** - в коридорах мягколистных насаждений.

Таблица 3
Таксационная характеристика культуры ели и запасы фитомассы на пробных площадях (серия опытов 2)

№ III	Биологиче-ский возраст, лет	Класс бони-тета	Густота, экз/га	Площадь сечений, м ² /га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, т/га						P _F : P _{abo}	P _F : P _{abo}	
							Стволы в коре	Кора стволов	Хвоя (P _F)	Ветви	Назем-ная (P _{abo})	Подзем-ная (P _F)			Общая
Участок № 1															
1	20	II	2525	8,44	6,52	6,2	11,8	1,12	7,23	5,06	24,1	5,80	29,9	0,24	0,30
2	20	II	3771	14,0	6,87	6,4	17,0	1,52	10,86	6,74	34,6	19,6	54,2	0,57	0,31
3	21	III	2395	6,45	5,85	5,6	8,49	0,85	4,12	2,95	15,6	3,56	19,1	0,23	0,26
Участок № 2															
4	19	IV	2731	2,90	3,67	3,2	3,57	0,89	5,17	3,34	12,1	3,11	15,2	0,26	0,43
5	19	IV	2386	2,64	3,75	3,0	2,93	0,71	3,95	2,94	9,82	2,66	12,5	0,27	0,40
6	20	IV	2697	3,68	4,17	3,4	4,10	0,93	3,54	2,55	10,2	4,06	14,3	0,40	0,35
Участок № 3															
7	20	III,5	2320	3,29	4,25	4,2	3,68	0,64	3,49	1,70	8,87	1,86	10,7	0,21	0,39
8	20	III,5	1829	2,91	4,50	4,4	3,72	0,66	3,08	2,28	9,08	2,33	11,4	0,26	0,34
9	21	III,5	2941	7,58	5,73	4,4	9,79	1,66	8,45	5,17	23,4	6,43	29,8	0,27	0,36

Примечание. III 1, 2 и 3 на участке № 1; 4, 5 и 6 – на участке № 2 и 7, 8 и 9 – на участке № 3 заложены соот-ветственно по вариантам: 4-летние семена *Picea abies*; то же, *Picea obovata* и 5-летние саженцы *Picea obovata*.

Таблица 4
 Таксационные показатели и надземная фитомасса 31-летних культур ели по вариантам подготовки почвы
 в сравнении с контролем (серия опытов 3)

№ III	Вариант	Подвариант*	Средние		Густота, экз/га	Запас, м ³ /га	Класс бонитета	Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, т/га					Итого
			высота, м	диаметр, см				Древесина	Кора	Живые	Отмершие	Хвоя	
1-72	Пласт	1	7,0	6,6	1801	19,5	IV	9,54	0,72	3,78	0,36	3,24	17,6
		2	7,3	6,8	1075	12,7	IV	6,23	0,43	2,37	0,21	2,15	11,4
	Мин-полоса	1	8,6	8,5	1712	25,8	III	12,2	1,37	5,48	0,51	5,82	25,4
		2	8,9	7,4	1317	21,0	III	9,88	1,18	4,61	0,40	4,87	20,9
	Вал по минполосе	1	7,8	7,3	1277	17,0	III	8,30	0,64	3,19	0,13	2,81	15,1
		2	8,9	8,7	924	13,9	III	6,75	0,55	3,51	0,28	2,59	13,7
2-72	Пласт	1	4,8	4,5	2351	16,5	V	7,99	0,71	5,64	0,23	5,17	19,7
		2	5,4	5,3	1861	29,0	V	14,3	0,93	5,58	0,37	4,28	25,5
	Мин-полоса	1	6,4	4,7	2068	19,3	IV	9,31	0,83	3,52	0,21	2,90	16,8
		2	7,0	5,9	1694	25,1	IV	12,0	1,02	4,40	0,34	3,90	21,7
	Вал по минполосе	1	4,8	4,2	1533	10,5	V	5,21	0,31	1,69	0,15	1,69	9,05
		2	5,1	4,8	1169	8,9	V	4,44	0,23	2,69	0,12	2,10	9,58

* 1 – без ухода (контроль); 2 – с уходом

На следующем этапе закладывали почвенные монолиты (не менее 10 шт.) объемом 5 дм^3 ($25 \times 20 \times 10 \text{ см}$) по ходу выбранных скелетных корней. Первый монолит закладывался на окружности седлающего (пневого) монолита, а последующие (2-й, 3-й..., 10-й) - в радиальном направлении в сторону внешней границы зоны распространения корневой системы. Почва просеивалась через три сита с диаметром ячеек 2,0; 1,0 и 0,3 мм, после чего выбирались все мелкие корешки, пропущенные при первоначальной выборке.

При высокой влажности почвы процесс выборки корней из почвенных монолитов приходилось производить в водяной ванне. Выбрав крупные корневые мочки и отдельные корни руками, почву накладывали в верхнее сито диаметром 2 мм. Блок сит из трех секций опускали в ванну с водой, где встряхиванием и помешиванием почвы производили отмывку корней.

Взяв верхний 10-сантиметровый слой почвы по ходу корней, закладывали монолиты в тех же местах с 10 см до глубины распространения корней исследуемой модели. После закладки профильных монолитов по ходу скелетных корней приступали к закладке в том же количестве так называемых «вольных» монолитов по концентричным кругам в зоне распространения корневой системы на равном расстоянии между собой. Глубина их закладки по концентрическим кругам производилась до горизонта проникновения корней модельного дерева. На завершающем этапе выкапывали комлевую часть («седлающий» монолит) на площади круга первоначально обнаженной корневой системы вокруг ствола.

В лаборатории корни помещались на 30 мин в водяную ванну, затем осторожно отмывались от почвенных частиц. При этом повторно уточнялся породный состав корней, описывалось морфологическое строение, а также определялся балл микоризности. Для пересчета фитомассы на абсолютно сухое состояние все взятые образцы сушили в термостатах при температуре $100-105 \text{ }^\circ\text{C}$ до постоянного веса. По результатам взвешивания древесины и коры дисков до и после сушки определялось содержание абсолютно сухой массы этих компонентов в сырой навеске и в целом в стволе.

При камеральной обработке данных определялась насыщенность 1 дм^3 почвы корнями изучаемой древесной породы и пород-конкурентов по каждой из зон взятия монолитов: 1) зона скелетных корней; 2) зона между скелетными корнями; 3) зона седлающего монолита.

Определив насыщенность почвы корнями по каждой из зон, устанавливали процентное соотношение каждой зоны в общей площади корнеобитания данной модели. Зная общее количество скелетных корней, среднюю площадь профиля по ходу исследуемых 2-3 корней умножали на их число и получали площадь преимущественного обитания скелетной части корневой системы. Определив корненасыщенность по зонам и зная их площадь,

определяли средневзвешенную массу корней в зоне корнеобитания модельного дерева.

Расчет фитомассы (P_i , т/га) на единице площади (см. табл. 1-4) выполнен по соотношению площадей сечений: $P_i = (\Sigma p_i / \Sigma g_i) G$, где G – сумма площадей сечений древостоя, $m^2/га$; Σp_i и Σg_i – соответственно суммарная масса i -й фракции и суммарная площадь сечений всех моделей на пробе. Метод по точности не уступает регрессионному (Madgwick, 1982).

Результаты исследования

Серия опытов 1. Установлено (см. табл. 1), что в возрасте 9 лет наибольшую массу и объем ель сформировала на грядах вследствие лучшего дренажа, питания и устранения конкуренции трав, тогда как при химобработке действует лишь последний фактор. Тем не менее сравнение фитомассы ели, выращенной с подготовкой почвы по каждому из трех вариантов, с контролем показало, что фитомасса культур на подготовленной почве достоверно выше, чем на контроле ($t_{\text{факт.}} = (2,3 \dots 11,6) > t_{05} = 2,0$). Отношение массы корней к надземной ($P_R:P_{abo}$) варьирует в пределах 0,35-0,47, причем на контроле названное отношение достоверно не отличается от вариантов с подготовкой почвы.

Спустя 11 лет названная закономерность сохранилась: подготовка и обработка почвы увеличивают запас фитомассы в 5-8 раз по сравнению с контролем (см. табл. 2). Запас надземной и подземной фитомассы на открытом месте в 2-8 раз выше, чем в коридорах под пологом листового древостоя. Отношение $P_R:P_{abo}$ варьирует от 0,16 до 0,31, т.е. существенно снизилось по отношению к возрасту 9 лет. Однако на контроле, как и ранее, оно достоверно не отличается от вариантов с подготовкой почвы. В коридорах, т.е. под пологом мелколиственных насаждений $P_R:P_{abo}$ во всех вариантах на 5-40 % ниже, чем на открытых местах.

Хотя средние высоты по большинству вариантов под пологом несколько ниже, чем на открытом месте, все они находятся в пределах одного (IV) класса бонитета, что согласуется с ростом ели под пологом березы на вырубках в условиях Вологодской области (Дружинин, 2003).

При посадке по грядам и пластам обеспечиваются два фактора лучшего роста (дренаж и лучшее питание, во-первых, и устранение конкуренции травянистой растительности, во-вторых), а при химобработке лишь устраняется конкуренция трав. Столь существенная разница в соотношениях показателей продуктивности по вариантам означает, что при формировании культур ели в их успешном росте и продуцировании лучшие условия дренажа и питания играют первоочередную роль, а устранение конкуренции напочвенного покрова – лишь вторичную.

Серия опытов 2. Хотя по своим морфологическим и биологическим свойствам *Picea abies* и *P. obovata* очень близки, различия все же есть: по сравнению с первой из них вторая более зимо- и морозоустойчива, к поч-

вам менее требовательна, может расти как в условиях избыточного увлажнения, так и в горах на относительно сухих, бедных, часто каменистых почвах. Значительная часть ареала *P. obovata* лежит в области вечной мерзлоты. Поэтому в нашей работе предполагается установить различие названных двух видов по структуре фитомассы и биопродуктивности.

Анализ полученных данных фитомассы показал, что в общей массе хвои от 0,2 до 0,8 % в вариантах с посадкой сеянцами и 0,2-0,6 % в вариантах с саженцами составляет хвоя, растущая на стволах. Масса отмерших ветвей в вариантах с сеянцами составляет 0,5-0,8 % и в варианте с саженцами – около 3 % от сухой массы живых ветвей. Надземная фитомасса варьирует от 16 до 35 т/га на участке № 1, от 10 до 12 т/га – на участке № 2 и от 9 до 23 т/га – на участке № 3; общая соответственно от 19 до 54, от 13 до 15 и от 11 до 30 т/га (см. табл. 2). Между двумя видами различий по структуре и продуктивности фитомассы не выявлено.

Продуктивность еловых культур на Урале существенно ниже, чем в Беларуси (Майснер, 1970). На участке № 1 она составляет 15-32 % по надземной и 16-45 % по общей фитомассе от соответствующих показателей в условиях Беларуси. Особенно контрастируют участки № 2 и № 3 как по общей фитомассе, так и по доле хвои в надземной части, где осевой и боковые побеги ежегодно побиваются морозом. В результате крона кустится и плотность заполнения ее хвоей растет при незначительном приросте стволовой древесины. Видимо, весенние повреждения побегов морозом, как и ожоги хвои, в условиях Урала являются своеобразной «платой» молодого искусственного фитоценоза за выход из экологической ниши, каковой в естественных условиях является, как известно, подпоговое пространство, где подрост ели долгое время «сидит» под защитой материнского древостоя.

Серия опытов 3. Установлено (см. табл. 4), что бонитет на ОПУ 2-72 на 1-2 класса ниже, чем на ОПУ 1-72, по-видимому, вследствие худших лесорастительных условий и периодических повреждений молодых побегов ели заморозками в пониженном местообитании, где скапливаются холодные массы воздуха. Текущая густота в первом случае оказалась ниже, чем во втором, на 17-23 % в вариантах без ухода и на 21-42 % в вариантах с уходом. Возможно, вследствие более густых культур на ОПУ 2-72 лесоводственные уходы (разреживания) повысили здесь запасы фитомассы на 6-29 %, а на ОПУ 1-72, напротив, они снизили запасы фитомассы на 10-50 %.

Таким образом, формирование культур ели под пологом лиственных насаждений повышает их устойчивость к заморозкам, но при этом существенно снижает биологическую продуктивность. При прочих равных условиях культуры, посаженные по подготовленной почве, имеют запасы фитомассы более высокие, нежели на участках без подготовки почвы. Влияние разреживаний на биологическую продуктивность может быть как по-

ложительным, так и отрицательным, в зависимости от типа леса и текущей густоты.

Библиографический список

Дружинин Ф.Н. Особенности формирования и роста подпологовой ели в лиственных насаждениях // Эколого-экономические аспекты гидролесомелиорации: Тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Вып. 58. Гомель, 2003. С.115-116.

Майснер А.Д. Характер формирования корневой системы ели и растений напочвенного покрова в разных стадиях возраста // Флористические и геоботанические исследования в Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1970. С. 109-119.

Чмыр А.Ф. Лесные культуры. Методические указания по исследованию корневых систем древесных пород. Л.: ЛЛТА, 1984. 40 с.

Brown S. Present and potential role of forests in the global climate change debate // Unasylva 185. 1996. Vol. 47. P. 3-10.

Brown S., Lugo A., Chapman J. Biomass of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget // Can. J. For. Res. 1986. Vol. 16. No. 2. P. 390-394.

Madgwick H.A.I. Estimating the above-ground weight of forest plots using the basal area ratio method // N. Z. J. Forest Sci. 1982. Vol. 11. No. 3. P. 278-286.

Работа поддержана РФФИ, грант № 04-05-96083.