

УДК 630*5: 630*17 + 582.795

А. К. Габделхаков, А. А. Арсланов, М. Р. Ситдииков

БИОПРОДУКТИВНОСТЬ ИСКУССТВЕННЫХ ДРЕВОСТОЕВ ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Изучены запасы надземной фитомассы и годичной продукции по фракциям лесных культур липы мелколистной III–VII классов возраста. Приведены регрессионные уравнения зависимостей биопродукционных показателей деревьев от произведения квадрата диаметра на высоту.

Ключевые слова: фитомасса, продуктивность лесов, липа мелколистная, лесные культуры.

Введение. Фитомасса лесов – интегральный показатель, определяющий экологическую продуктивность лесных экосистем, используемый в целях экологического мониторинга, оценки углерододепонирующей способности лесов, моделирования продуктивности, устойчивого ведения лесного хозяйства и др. [1–5]. Лесные культуры отличаются большей продуктивностью по сравнению с естественными насаждениями, однако их биологическая продуктивность изучена крайне слабо [6]. Наиболее широко в литературе освещены в отношении биологической продуктивности культуры хвойных [6–9 и др.]. Исследования по определению фитомассы и годичной продукции деревьев и древостоев липы мелколистной малочисленны и посвящены изучению естественных липняков [8, 10–16 и др.]. Публикаций о биологической продуктивности искусственных древостоев липы мелколистной мало [17].

Цель работы – выявить особенности накопления фитомассы и продуцирования органического вещества культурами липы мелколистной в условиях Башкирского Предуралья.

Методика и объекты исследований. Закладка пробных площадей (ПП), описание лесных культур, вычисление таксационных показателей, рубка модельных деревьев, статистическая обработка материалов исследований проведены общепринятыми методами [18–20]. Методика определения надземной фитомассы и годичной продукции приведены в предыдущей работе [10]. Запас фитомассы древостоя рассчитан по данным 7–8 модельных деревьев на пробную площадь, отобранных в средних рядах культур методом направленной выборки (по одному дереву на ступень толщины) и случайно в пределах ступени. Надземная фитомасса по фракциям определена непосредственным взвешиванием, а годичная продукция – расчетным путем, все показатели приведены к абсолютно сухой массе.

Изучены лесные культуры липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), произрастающие в Юматовском (ПП 1–3), Бик-Карамалинском (ПП4), Карабашском (ПП5) и Бирском (ПП6) участковых лесничествах, относящиеся к зоне широколиственных лесов лесной и лесостепной подзон в пределах Русской равнины. Рельеф расположения ПП ровный (на ПП6 с небольшим, до 10°, уклоном на запад), почвы определены как темно-серые лесные по механическому составу тяжелосуглинистые. Лесные культуры созданы 2-летними сеянцами на вырубках. Культуры рядовые, на ПП1 и 3 ширина междурядий 3,0 м, шаг – 0,7 м, смешение в рядах случайное: на ПП1 в качестве сопутствующих видов посажены ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.); на ПП3 – береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.). На ПП2 схема посадки 2,5x0,8 м, смешение пород сложное: первый и третий ряд – липа мелколистная, четвертый ряд из березы пушистой, в пятом ряду в случайном порядке чередуются береза пушистая и липа мелколистная, во втором и шестом ряду был посажен бархат амурский (*Phellodendron amurense* Rupr.). В настоящее время на ПП2 остались единичные экземпляры бархата амурского, на месте которого появился и разросся самосев ясеня

обыкновенного и вяза гладкого. Лесные культуры на ПП4 создавались посевом ряда желудей дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и через 2,5 м посадкой ряда 2-летних сеянцев липы, которые в ряду через 0,7 м чередовались с акацией желтой (*Caragana arborescens* L.). Дуб выпал после морозов 1979 г., появился самосев березы пушистой. Лесные культуры на ПП5 рядовые по бороздам через 2,5 м, шаг посадки 0,7 м, липа чередуется с акацией желтой, есть естественная примесь березы, черемухи обыкновенной (*Padus racemosa* G.), дуба порослевого и вяза. На ПП6 схема посадки 1,5×0,7 м, культуры рядовые, имеется примесь березы и вяза естественного происхождения.

Деревья липы на ПП1, 3, 4 и 6 имеют прямой, малосбежистый, высоко очищенный от сучьев ствол (6–9 м) с высоко поднятой кроной. На ПП6 кроны деревьев небольшие вследствие узких междурядий. На ПП2 и 5 у большинства лип высота штамба составляет 3–4 м. Часть деревьев на пробных площадях образовали порослевые гнезда с 2–5 стволами разного возраста.

Подрост отсутствует, подлесок на ПП1 – густой из лещины обыкновенной (*Corylus avellana* L.), на ПП2 и 3 – редкий, представлен рябиной обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.), черемухой обыкновенной и бересклетом бородавчатым (*Euonymus verrucosa* Scop.), на ПП6 – редкий, представлен малиной обыкновенной (*Rubus idaeus* L.). Тип условий местопрорастания насаждений соответствует С₂ (ПП2, 4–6) и Д₂ (ПП1, 3). Живой напочвенный покров исследованных культур беден, (на ПП6 – практически отсутствует) встречаются крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), вороний глаз (*Paris quadrifolia* L.), будра плющевидная (*Glechoma hederacea* L.), гравилат городской (*Geum urbanum* L.) и другие виды. Лесная подстилка плотная, маломощная.

Таксационная характеристика древостоев приведена в таблице 1. Культуры развиваются по I–III классам бонитета по шкале М. М. Орлова, высоко- и среднеполнотные по вспомогательной таблице Предуральского лесостепного района [21]. Изучаемые древостои существенно отличаются по продуктивности даже при близком возрасте и относительной полноте (ПП1–3).

Таблица 1

Таксационные показатели культур липы мелколистной на пробных площадях

№ пробной площади	Состав древостоя	Возраст, лет	Средние		Класс бонитета	Число стволов, экз.га ⁻¹	Полнота		Запас, м ³ га ⁻¹
			h, м	D _{1.3} , см			абсолютная м ² га ⁻¹	относительная	
1	7Лп2В+Б ед Яс, Кл	69	19	24	II	649	27,92	0,7	248
2	5Лп5Б+БХ, Яс ед В	70	18	20	III	567	21,62	0,6	203
3	7Лп3Б ед В	67	23	22	I	586	27,37	0,6	280
4	8Лп2Б + Д	57	18	22	II	946	37,42	1,0	342
5	6Лп2Б2Чр + Дн, В	25	11	13	I	1503	18,35	0,7	100
6	9Лп1Б ед В	42	16	15	I	1366	25,90	0,8	206

Интерпретация результатов исследований. Участие деревьев различной толщины в образовании фитомассы древесного яруса не одинаково: масса древесины стволов, относящихся к ступени 20 см в 3–4 раза больше, чем у деревьев диаметром 12 см, а ветвей и листьев – в 2–8 раз. Масса ветвей и листвы обладает значительной изменчивостью, обусловленной степенью развития кроны в связи с их разным ценотическим положением в древостое. Показатели фитомассы и годичной продукции модельных деревьев в относительных величинах от общей массы варьируют мало (8–45%). Достоверные корреляционные зависимости не обнаружены. Имеются лишь незначительные тенденции снижения доли фитомассы стволов, годичной продукции стволов и ветвей при одновременном повышении фитомассы кроны и годичной продукции листвы с увеличением естественной ступени толщины. Здесь сказывается теневыносливость вида. В среднем доленое участие фракций надземной фитомассы (годичной продукции) модельных деревьев имеет следующее соотношение: древесина – 63 (42), кора – 22 (15), ветви – 14 (17) и листва 2 (27) %.

В качестве аргумента функций для выравнивания биопродукционных показателей принят «видовой цилиндр» – произведение квадрата диаметра ствола на его высоту (d^2h). Данный по-

казатель для всех модельных деревьев высоко коррелирует со всеми фракциями фитомассы (от 0,868 – для ветвей до 0,983 – для древесины стволов) и годичной продукции (от 0,830 – для коры стволов до 0,911 – для листвы). Результаты регрессионного анализа зависимости величин фитомассы и годичной продукции модельных деревьев (Y) от d^2h (m^3) в исследованных культурах представлены в таблице 2, по данным которой можно судить о высокой значимости полученных уравнений ($\alpha < 0,05$), кроме фракций годичной продукции коры стволов ПП5 и 6.

Т а б л и ц а 2

Статистические характеристики уравнений регрессии вида $Y=a(d^2h)^b$ для выравнивания биопродукционных показателей деревьев (Y)

Показатели	Фитомасса, кг				Годичная продукция, кг			lai, м ²
	стволы		крона		стволы		ветви	
	древесина	кора	ветви	листья	древесина	кора		
Пробная площадь №1								
a	123,8900	35,2566	20,8059	3,6445	4,6790	1,3315	2,2163	200,868
b	1,1396	0,7409	1,2098	1,3603	1,1045	0,7059	0,8408	1,3603
F	160	9	40	96	44	7	28	97
R ²	96	58	86	94	88	51	82	94
Se	0,165	0,441	0,348	0,252	0,305	0,487	0,291	0,252
Em	0,107	0,252	0,228	0,194	0,228	0,341	0,207	0,194
Пробная площадь №2								
a	115,3880	42,2572	22,1879	3,7897	3,6584	1,3398	1,6940	203,608
b	1,0226	1,1674	1,2972	1,0104	0,7360	0,8809	0,7196	1,0104
F	572	113	75	86	76	53	50	86
R ²	99	95	92	93	93	80	89	93
Se	0,104	0,266	0,362	0,265	0,204	0,292	0,248	0,265
Em	0,064	0,209	0,283	0,198	0,116	0,185	0,172	0,198
Пробная площадь №3								
a	107,5510	46,2665	11,6243	2,3770	4,3566	1,8741	0,9745	121,005
b	1,0384	1,0862	1,7923	1,6812	0,9557	1,0036	1,2192	1,6812
F	88	126	36	15	58	72	21	15
R ²	94	95	86	70	91	92	77	70
Se	0,204	0,179	0,549	0,809	0,231	0,217	0,488	0,809
Em	0,152	0,120	0,351	0,581	0,174	0,157	0,356	0,581
Пробная площадь №4								
a	113,6640	31,3319	30,0465	4,0323	5,6047	1,5449	2,1406	80,8379
b	1,0632	0,8706	1,3147	1,3422	1,2115	1,0191	0,9089	1,2665
F	196	103	68	96	134	60	31	107
R ²	96	94	91	93	95	89	81	95
Se	0,197	0,223	0,414	0,356	0,272	0,343	0,421	0,318
Em	0,116	0,157	0,286	0,237	0,210	0,247	0,283	0,195
Пробная площадь №5								
a	112,7390	37,6950	50,3174	4,4042	10,6492	3,5602	4,5525	497,6060
b	1,0467	1,0018	1,0863	0,8077	0,9334	0,8884	0,7737	0,8077
F	213	62	32	38	8	5	43	38
R ²	97	91	84	86	52	38	87	86
Se	0,103	0,182	0,275	0,189	0,484	0,588	0,169	0,189
Em	0,074	0,125	0,226	0,125	0,338	0,395	0,114	0,125
Пробная площадь №6								
a	128,4530	24,1144	13,7035	2,3287	5,4886	1,0304	1,5786	55,6438
b	0,9790	0,6384	0,7317	0,938	0,7731	0,4325	0,7039	0,9380
F	387	82	52	14	8	2	29	14
R ²	98	93	89	68	54	20	82	68
Se	0,114	0,161	0,233	0,584	0,629	0,631	0,299	0,584
Em	0,091	0,106	0,166	0,425	0,415	0,364	0,203	0,425

*/ a и b – коэффициенты регрессионного уравнения; F – значимость уравнения по критерию Фишера; R² – коэффициент детерминации, %; Se – стандартная ошибка уравнения; Em – средняя абсолютная ошибка, lai – площадь листовой поверхности.

Выравненные значения биопродукционных показателей с использованием уравнений и частотное распределение деревьев по ступеням толщины позволили рассчитать фитомассу и годовую продукцию древостоев (таблица 3). Фитомасса стволов изученных липняков изменяется от 39 до 132 т.га⁻¹, в том числе коры – от 10 до 41 т.га⁻¹. Фитомасса кроны составляет 10–32 т.га⁻¹, в том числе листьев 1,3–3,9 т.га⁻¹. Годичная продукция варьирует от 5,1 до 12,3 т.га⁻¹. Абсолютные значения фитомассы и годичной продукции по фракциям исследованных культур липы зависят от их полноты. Соотношения отдельных фракций в общей доле имеют близкие значения и также зависят от полноты.

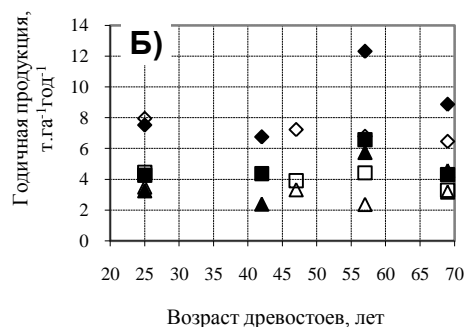
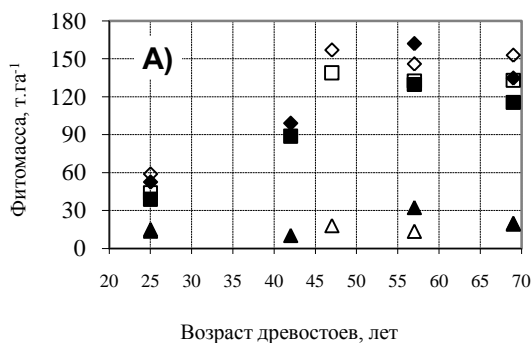
Таблица 3

**Биопродукционные показатели древостоев пробных площадей
(в числителе – масса, в знаменателе - процент)**

№ пробной площади	Ствол			Крона			Итого
	древесина	кора	всего	ветви	листва	всего	
Фитомасса, т.га ⁻¹							
1	<u>92,87</u> 68,92	<u>22,62</u> 16,79	<u>115,49</u> 85,70	<u>16,18</u> 12,01	<u>3,09</u> 2,29	<u>19,27</u> 14,30	<u>134,76</u> 100,00
2	<u>59,24</u> 60,81	<u>23,17</u> 23,78	<u>82,41</u> 84,59	<u>13,07</u> 13,42	<u>1,94</u> 1,99	<u>15,01</u> 15,41	<u>97,42</u> 100,00
3	<u>91,48</u> 59,26	<u>40,64</u> 26,32	<u>132,12</u> 85,58	<u>18,82</u> 12,19	<u>3,44</u> 2,23	<u>22,26</u> 14,42	<u>154,38</u> 100,00
4	<u>102,19</u> 63,07	<u>27,46</u> 16,95	<u>129,65</u> 80,02	<u>28,52</u> 17,60	<u>3,86</u> 2,38	<u>32,38</u> 19,98	<u>162,03</u> 100,00
5	<u>28,68</u> 54,53	<u>10,16</u> 19,33	<u>38,84</u> 73,86	<u>12,18</u> 23,16	<u>1,56</u> 2,98	<u>13,73</u> 26,14	<u>52,57</u> 100,00
6	<u>71,74</u> 72,42	<u>17,00</u> 17,16	<u>88,74</u> 89,58	<u>8,99</u> 9,08	<u>1,33</u> 1,34	<u>10,33</u> 10,42	<u>99,07</u> 100,00
Годичная продукция, т.га ⁻¹ год ⁻¹							
1	<u>3,45</u> 38,90	<u>0,86</u> 9,70	<u>4,31</u> 48,59	<u>1,47</u> 16,57	<u>3,09</u> 34,84	<u>4,56</u> 51,41	<u>8,87</u> 100,00
2	<u>1,73</u> 33,72	<u>0,66</u> 12,87	<u>2,39</u> 46,59	<u>0,80</u> 15,59	<u>1,94</u> 37,82	<u>2,74</u> 53,41	<u>5,13</u> 100,00
3	<u>3,52</u> 37,21	<u>1,56</u> 16,49	<u>5,08</u> 53,70	<u>0,94</u> 9,94	<u>3,44</u> 36,36	<u>4,38</u> 46,30	<u>9,46</u> 100,00
4	<u>5,19</u> 42,16	<u>1,38</u> 11,21	<u>6,57</u> 53,37	<u>1,88</u> 15,27	<u>3,86</u> 31,36	<u>5,74</u> 46,63	<u>12,31</u> 100,00
5	<u>3,15</u> 41,81	<u>1,12</u> 14,82	<u>4,27</u> 56,64	<u>1,70</u> 22,57	<u>1,56</u> 20,80	<u>3,25</u> 43,36	<u>7,52</u> 100,00
6	<u>3,50</u> 51,78	<u>0,87</u> 12,88	<u>4,37</u> 64,65	<u>1,06</u> 15,63	<u>1,33</u> 19,72	<u>2,39</u> 35,35	<u>6,75</u> 100,00

Сравнение полученных данных биопродуктивности культур липы мелколистной с показателями порослевых липняков [10] при близких возрастах и полнотах показывает, что накопление фитомассы в изученных культурах несколько ниже, однако продуцирование органического вещества после 50-ти лет выше (см. рис. на с. 81). Следовательно, культуры липы имеют больший продукционный потенциал, возраст количественной спелости у них наступает позже, чем в порослевых липняках.

Масса листьев и их площадь позволяют оценить продукционную способность листового аппарата как деревьев различного ранга, так и всего древостоя. Продукционная эффективность листовой поверхности деревьев (отношение годичной продукции к листовой поверхности) имеет тенденцию к снижению с увеличением рангового их положения в древостоях. Данная зависимость слабая (коэффициент корреляции –0,38), но достоверная, что также является следствием теневыносливости липы мелколистной. Продукционная эффективность листовой поверхности древостоев (у, т.га⁻¹), при их суммарной односторонней площади листовой поверхности в 17,05; 10,04; 17,51; 7,58; 17,61 и 3,18 га.га⁻¹ соответственно для ПП 1–6, зависит от их возраста (х, лет): $y = -0,0033x^2 + 0,3073x - 5,1654$ ($R^2 = 0,95$). «Работоспособность» листы древостоев наиболее эффективна в возрастной период от 40 до 55 лет.



Биопродукционные показатели естественных (светлые знаки) и искусственных древостоев (затемненные знаки) липы мелколистной: А) – фитомасса; Б) – годовая продукция; \diamond – всего; \square – стволы; Δ – крона

Выводы. Таким образом, на биопродукционные показатели и их структуру существенное влияние оказывает густота создаваемых лесных культур, связанная со схемой посадочных мест. Продукционная эффективность листовой поверхности древостоев существенно меняется с возрастом. Накопление фитомассы в изученных культурах ниже по сравнению с порослевыми липняками, но продуцирование органического вещества ими после 50-ти лет выше.

Список литературы

1. Кавеленова, Л. М. О возможности использования липы сердцелистной в биоиндикации загрязнения окружающей среды / Л. М. Кавеленова, А. В. Нуштаева // Самарская Лука. – 1996. – №7. – С. 219 – 223.
2. Курбанов, Э. А. Углеродопонирующие насаждения Киотского протокола / Э. А. Курбанов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 184 с.
3. Романовский, М. Г. Продуктивность, устойчивость и биоразнообразие равнинных лесов европейской России / М. Г. Романовский. – М.: МГУЛ, 2002. – 92 с.
4. Усольцев, В. А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения / В. А. Усольцев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 637 с.
5. Уткин, А. И. Опыт мониторинга биологической продуктивности искусственных насаждений / А. И. Уткин, Т. А. Гульбе, Я. И. Гульбе // Лесоведение. – 1996. – №2. – С. 13-28.
6. Бабич, Н. А. Биологическая продуктивность лесных культур / Н. А. Бабич, М. Д. Мерзленко. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1998. – 89 с.
7. Габеев, В. Н. Экология и продуктивность сосновых лесов / В. Н. Габеев. – Новосибирск: Наука, 1990. – 229 с.
8. Дылис, Н. Д. Фитомасса лесных биогеоценозов Подмосковья / Н. Д. Дылис, Л. М. Носова. – М.: Наука, 1977. – 144 с.
9. Курбанов, Э. А. Бюджет углерода сосновых экосистем Волго-Вятского района / Э. А. Курбанов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 300 с.
10. Габделхаков, А. К. Первичная продуктивность липняков Башкирского Предуралья / А. К. Габделхаков // Лесоведение, – 2001. – №3. – С.38-45.
11. Карманова, И. В. Пространственная структура сложных сосняков / И. В. Карманова, Т. Н. Судницкая, Н. А. Ильина. – М.: Наука, 1987. – 201 с.
12. Ремезов, Н. П. Потребление и круговорот азота и зольных элементов в лесах Европейской части СССР / Н. П. Ремезов, Л. Н. Быкова, К. М. Смирнов. – М.: Изд-во МГУ, 1959. – 284 с.
13. Ситдиков, Р. Г. Продуктивность липовых насаждений и научные основы их воспроизводства / Р. Г. Ситдиков. – Уфа: Гилем, 1999. – 135 с.
14. Смирнов, В. В. Продуктивность древостоев подзоны широколиственно-еловых лесов. Сообщение 3. Продуктивность 77-летнего древостоя липы / В. В. Смирнов, В. Г. Семенова // Растительные ресурсы. – 1970. – Т.6. – №2. – С. 165-176.
15. Соколов, П. А. Состояние и теоретические основы формирования липняков / П. А. Соколов. – Йошкар-Ола: Марийск. кн. изд-во, 1978. – 208 с.
16. Уварова, С. С. Рост и фитомасса древостоев липы в Свердловской области: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / С. С. Уварова. – Екатеринбург, УГЛТУ, 2006. – 23 с.
17. Tokar, F. Nadzemna biomasa zmiesaneho porastu oreha cierneho (*Juglans nigra* L.) a lipy malolistej (*Tilia cordata* Mill) / F. Tokar // Lesnictvi, – 1986, – R. 32. – С. 11. – S. 1011-1020.
18. Анучин, Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин: Учебник для ВУЗов. – 5-е изд., доп. – М.: Лесн. промышленность, 1982. – 552 с.
19. Лакин, Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
20. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. – М.: ЦБНТИлесхоз, 1984. – 60 с.
21. Шестаков, А. Ф. Лесотаксационные таблицы, рекомендуемые для Башкирской АССР / А. Ф. Шестаков. – Уфа, 1966. – С 8.

Статья поступила в редакцию 04.05.09.

A. K. Gabdelkhakov, A. A. Arslanov, M. R. Sidikov

**BIOPRODUCTIVITY OF ARTIFIVIAL TILLET FOREST
IN THE BASHKIRIAN CIS-URAL REGION**

The above-ground phytomass stocks and annual production according to the III-VII age class artificial small-leaved lime forest fraction were studied. Regressive equations of bioproductive tree indicators dependences from the square of diameter on the height product are resulted.

Key words: *biomass, forests productivity, Tilia-cordata, regressive analysis.*

ГАБДЕЛХАКОВ Айдар Кавилович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства Башкирского государственного аграрного университета. Научные интересы – лесная таксация, продуктивность и фитомасса насаждений липы мелколистной. Автор более 50 публикаций. E-mail: aliya201199@mail.ru.

АРСЛАНОВ Айрат Альфитович – аспирант кафедры «Лесные культуры». Научные интересы – продуктивность и структура фитомассы древесных пород. Автор 6 публикаций. E-mail: gabdrahimov@mail.ru.

СИТДИКОВ Марат Рахмадянович – младший научный сотрудник ГУ Института рационального природопользования. Научные интересы – лесная таксация, продуктивность основных лесобразующих пород Республики Башкортостан. Автор одной публикации. E-mail: i_les@mail.ru.