

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 630\*519+630\*524+630\*526.5(517)

### МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ФИТОМАССА ДЕРЕВЬЕВ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ *Larix sibirica* Ledeb. В ВОСТОЧНОМ ХЭНТЭЕ (СЕВЕРНАЯ МОНГОЛИЯ)

© 2015 г. И. М. Данилин<sup>1</sup>, З. Цогт<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН  
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

<sup>2</sup> Институт общей и экспериментальной биологии Академии наук Монголии  
Монголия, 210351, Улан-Батор, просп. Жукова, 77

E-mail: danilin@ksc.krasn.ru, ztsogt@yahoo.com

Поступила в редакцию 05.09.2015 г.

Для решения различных исследовательских задач представляют интерес исходные фактические данные оценки фитомассы лесных насаждений с характеристикой морфометрических параметров деревьев, однако очень часто самая важная исходная информация хранится в архивах исследователей или организаций, не публикуется, поэтому недоступна. В настоящем сообщении приводятся фактические данные о морфометрических параметрах и надземной фитомассе деревьев лиственницы сибирской *Larix sibirica* Ledeb., полученные на координатных пробных площадях, заложенных в Восточном Хэнтэе (Северная Монголия). Морфометрические параметры и фитомасса деревьев рассматриваются как основные характеристики, определяющие ход процессов в лесных экосистемах и используемые в целях экологического мониторинга, устойчивого ведения лесного хозяйства, моделирования продуктивности с учетом глобальных изменений, структуры и биоразнообразия лесного покрова, оценки углерододепонирующей емкости лесов. Изучение морфоструктуры и фитомассы деревьев представляется необходимым потому, что различные структурные параметры и фракции имеют разное содержание элементов питания и вклад в годовую продукцию лесных насаждений. На основании полученных биометрических характеристик рассчитаны аллометрические уравнения связи морфометрических и продукционных показателей деревьев лиственницы, которые могут найти применение при экологическом моделировании, проведении лесоинвентаризационных работ и лесотаксационном дешифрировании аэрокосмических снимков в Северной Монголии.

**Ключевые слова:** деревья лиственницы сибирской *Larix sibirica* Ledeb., морфометрические параметры, надземная фитомасса, аллометрические уравнения, Восточный Хэнтэй, Северная Монголия.

DOI: 10.15372/SJFS20150508

Количественная оценка углеродного обмена в лесных экосистемах основывается на определении изменений запасов фитомассы и органического углерода насаждений в течение времени (Уткин и др., 1988; Wirth et al., 2004; Усольцев, 2010). Прогресс в изучении биологической продуктивности лесов определяется главным образом обеспеченностью фактическими данными об их фитомассе по видовому и экологическому спектрам, однако очень часто самая важная исходная информация

хранится в архивах исследователей или организаций, не публикуется, т. е. недоступна.

В лесоведении и экологии растений общепринятым является аллометрический метод оценки фитомассы лесных насаждений по результатам обмеров модельных деревьев, представленных во всем диапазоне распределения стволов по диаметру (Marklund, 1983; Уткин и др., 1988; West et al., 1999; Enquist, 2002; Pilli et al., 2006; Усольцев, 2007, 2010; Данилин, 2009). Публикуются обычно аллометрические

Таблица 1. Морфометрические параметры и фитомасса модельных деревьев лиственницы (ПП 1–5)

№ дерева	А, лет	D <sub>1.3</sub> , см	H, м	D <sub>кр</sub> , м	L <sub>кр</sub> , м	S <sub>кр</sub> , м <sup>2</sup>	V <sub>ствола в коре</sub> , м <sup>3</sup>	V <sub>ствола без коры</sub> , м <sup>3</sup>	V <sub>короы</sub> , м <sup>3</sup>	Фитомасса деревьев по фракциям, кг абсолютно сухого вещества									
										Дерево	Итого ствола	Древесина	Кора	Итого живая часть кроны	Скелетные ветви Ø < 1 см	Охвоенные ветви Ø > 1 см	Побеги текущего года	Хвоя	Отмершие ветви
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>ПП1 (густота 56.2 тыс. деревьев/га)</b>																			
65	18	8.9	6.5	3.0	6.2	7.1	0.0226	0.0155	0.0071	18.4	9.6	7.3	2.3	8.8	3.1	2.9	0.2	2.6	0.43
15	18	7.5	5.9	2.7	5.6	5.7	0.0169	0.0116	0.0053	13.9	7.4	5.6	1.8	6.5	2.3	2.1	0.15	1.9	0.30
18	18	6.3	5.2	2.3	5.0	4.2	0.0112	0.0077	0.0035	8.9	5.1	3.8	1.3	3.8	1.4	1.2	0.09	1.1	0.09
172	17	4.9	4.9	2.1	4.8	3.5	0.0064	0.0044	0.0020	5.0	3.1	2.3	0.8	1.9	0.7	0.4	0.06	0.7	0.07
183	18	4.0	4.3	1.8	4.1	2.5	0.0043	0.0029	0.0014	2.9	2.0	1.4	0.6	0.9	0.5	0.3	0.04	0.5	0.06
272	17	2.9	3.6	1.5	3.4	1.8	0.0022	0.0013	0.0009	1.72	1.0	0.7	0.3	0.72	0.2	0.2	0.02	0.3	0.04
322	15	1.9	3.3	1.4	3.0	1.5	0.0011	0.0006	0.0005	0.71	0.4	0.3	0.1	0.31	0.1	0.1	0.01	0.1	0.003
248	14	1.0	2.4	0.8	1.9	0.5	0.0002	0.00015	0.00005	0.182	0.12	0.07	0.05	0.062	0.02	0.01	0.002	0.03	0.002
110	15	0.5	1.5	0.6	1.14	0.3	0.0001	0.00005	0.00005	0.081	0.05	0.03	0.02	0.031	0.02	0.00	0.001	0.01	0.002
17 (Б)	16	1.1	2.6	0.8	1.5	0.5	0.0002	0.00015	0.00005	0.19	0.13	0.09	0.04	0.06	0.02	0.01	0.00	0.03	0.006
349 (Б)	11	0.2	1.5	0.4	0.7	0.13	0.00002	0.00001	0.00001	0.027	0.02	0.01	0.01	0.007	0.003	0.00	0.00	0.004	0.00
176 сух.	11	0.4	1.6	–	–	–	0.00007	0.00004	0.00003	0.04	0.03	0.02	0.01	–	–	–	–	–	0.01
<b>ПП2 (густота 5.7 тыс. деревьев/га)</b>																			
259	32	17.6	11.3	4.7	10.3	17.3	0.1254	0.0875	0.0379	78.7	51.4	40.2	11.2	27.3	13.0	6.1	0.7	7.5	7.6
7	35	15.4	11.1	3.9	9.1	12.1	0.1006	0.0725	0.0281	59.2	40.2	31.4	8.8	19.0	8.9	4.5	0.4	5.2	5.7
227	36	13.2	10.7	3.0	7.8	7.1	0.0758	0.0574	0.0184	39.9	29.0	22.6	6.4	10.9	5.0	2.8	0.2	2.9	3.8
28	27	9.8	8.3	2.7	6.5	5.7	0.0399	0.0304	0.0095	29.2	18.4	13.6	4.8	10.8	4.7	3.2	0.15	2.7	1.9
232	27	7.3	7.3	2.6	5.5	5.3	0.0183	0.0129	0.0054	13.1	8.5	6.2	2.3	4.6	2.1	1.1	0.10	1.3	0.9
92	25	3.9	5.8	2.1	4.5	3.5	0.0043	0.0031	0.0012	2.6	1.9	1.3	0.6	0.7	0.3	0.2	0.01	0.2	0.08
260	21	1.8	3.0	1.2	2.7	1.1	0.0008	0.0005	0.0003	0.65	0.4	0.3	0.1	0.25	0.1	0.1	0.01	0.04	0.03
84	15	0.8	2.3	0.9	2.0	0.6	0.0002	0.0001	0.0001	0.2	0.15	0.1	0.05	0.05	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01
93 сух.	14	0.8	2.1	–	–	–	0.0003	0.0002	0.0001	0.17	0.14	0.09	0.05	–	–	–	–	–	0.03

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>ППЗ (густота 19,8 тыс. деревьев/га)</i>																			
59	33	12.5	10.9	2.1	5.2	3.5	0.0738	0.0530	0.0208	34.8	29.7	23.0	6.7	5.1	2.2	1.3	0.2	1.4	2.3
97	34	11.2	10.4	1.9	4.4	2.8	0.0544	0.0376	0.0168	27.8	23.5	19.8	3.7	4.3	2.1	1.2	0.1	0.9	2.1
36	32	10.1	10.0	1.7	4.3	2.3	0.0439	0.0305	0.0134	22.5	19.0	15.4	3.6	3.5	1.8	0.9	0.1	0.7	2.0
200	30	8.8	9.5	1.6	4.2	2.0	0.0333	0.0233	0.0100	16.8	14.2	10.9	3.3	2.6	1.5	0.5	0.1	0.5	1.9
44	31	8.0	9.2	1.5	3.9	1.8	0.0271	0.0188	0.0083	13.6	11.5	8.6	2.9	2.1	1.1	0.45	0.08	0.44	1.6
236	35	7.1	8.8	1.4	3.5	1.5	0.0208	0.0142	0.0066	10.1	8.7	6.3	2.4	1.35	0.6	0.3	0.05	0.4	1.4
183	29	5.6	7.9	0.7	2.8	0.4	0.0105	0.0083	0.0022	5.1	4.8	3.6	1.2	0.29	0.14	0.08	0.01	0.06	0.8
124	24	4.1	7.1	0.6	2.7	0.3	0.0053	0.0044	0.0009	2.81	2.7	2.0	0.7	0.11	0.05	0.03	0.002	0.03	0.3
82	27	3.2	6.2	0.6	1.9	0.3	0.0029	0.0020	0.0009	1.5	1.4	1.0	0.4	0.1	0.04	0.03	0.00	0.03	0.3
17	18	3.9	5.2	-	-	-	0.0040	0.0027	0.0013	2.4	1.6	1.2	0.4	-	-	-	-	-	0.8
сух.																			
163	26	3.0	4.5	-	-	-	0.0018	0.0012	0.0006	0.9	0.7	0.5	0.2	-	-	-	-	-	0.2
сух.																			
145	17	2.1	3.8	-	-	-	0.0010	0.0007	0.0003	0.6	0.4	0.3	0.1	-	-	-	-	-	0.2
сух.																			
70	16	1.0	2.1	-	-	-	0.0003	0.0002	0.0001	0.15	0.1	0.08	0.02	-	-	-	-	-	0.05
сух.																			
<i>ПП4 (густота 2,9 тыс. деревьев/га)</i>																			
114	44	31.0	17.8	5.8	13.8	26.4	0.6187	0.4747	0.1440	333.0	272.0	233.3	38.7	61.0	41.7	10.9	0.57	7.8	41.1
1	43	27.4	17.6	4.7	11.5	17.3	0.5084	0.3941	0.1143	271.5	228.9	195.7	33.2	42.6	28.1	7.7	0.56	6.2	24.5
318	39	23.5	17.3	3.6	9.1	10.2	0.3980	0.3135	0.0845	209.8	185.7	158.0	27.7	24.1	14.5	4.4	0.55	4.6	7.5
107	42	19.8	16.8	3.1	8.2	7.5	0.2884	0.2279	0.0605	145.7	128.5	107.8	20.7	17.2	9.6	3.8	0.35	3.4	6.4
87	43	15.9	16.2	2.4	7.2	4.5	0.1788	0.1423	0.0365	81.3	71.2	57.6	13.6	10.1	4.7	3.1	0.14	2.2	5.3
169	41	12.0	12.6	2.3	5.8	4.2	0.1024	0.0808	0.0216	46.8	40.8	32.7	8.1	6.0	2.8	1.8	0.09	1.3	3.3
103	40	8.1	9.0	2.0	4.3	3.1	0.0259	0.0192	0.0067	12.3	10.3	7.8	2.5	2.0	0.9	0.5	0.04	0.6	1.2
118	33	4.5	6.6	0.9	3.7	0.6	0.0158	0.0117	0.0041	4.6	3.1	2.4	0.7	1.5	0.7	0.3	0.03	0.5	0.1
246	24	4.7	4.2	-	-	-	0.0056	0.0042	0.0014	2.4	2.0	1.6	0.4	-	-	-	-	-	0.4
сух.																			

№	ПП5 (густота 2.1 тыс. деревьев/га)																			
	163	75	32.3	20.4	4.1	10.0	13.2	0.6624	0.5437	0.1187	311.4	273.2	217.0	56.2	38.2	19.5	11.2	0.5	7.0	15.2
4	4	73	29.7	19.9	3.9	9.4	11.9	0.5870	0.4754	0.1116	279.2	247.5	198.2	49.3	31.7	15.9	9.5	0.4	5.9	14.3
5	5	74	27.2	19.3	3.6	8.6	10.2	0.5115	0.4071	0.1044	246.7	221.6	179.3	42.3	25.1	12.3	7.7	0.33	4.8	13.6
83	83	73	24.5	18.8	3.4	7.9	9.1	0.4360	0.3388	0.0972	214.3	195.6	160.4	35.2	18.7	8.9	5.9	0.2	3.7	12.9
12	12	72	22.0	18.2	3.1	7.1	7.5	0.3605	0.2705	0.0900	181.9	169.8	141.5	28.3	12.1	5.5	4.0	0.12	2.5	12.0
53	53	70	18.7	17.5	2.8	6.5	6.2	0.2562	0.1901	0.0661	120.2	112.6	94.0	18.6	7.6	3.1	2.7	0.07	1.7	6.5
89	89	70	15.4	16.8	2.4	5.8	4.5	0.1519	0.1097	0.0422	58.1	55.3	46.4	8.9	2.8	0.6	1.3	0.05	0.8	0.6
66	66	67	12.2	13.7	1.9	5.6	2.8	0.0928	0.0666	0.0262	36.7	34.4	29.0	5.4	2.3	0.5	1.1	0.03	0.7	0.4
21	21	60	8.8	10.5	1.4	5.4	1.5	0.0337	0.0234	0.0103	15.4	13.5	11.6	1.9	1.9	0.4	0.9	0.03	0.6	0.2
18	18	57	12.1	10.0	-	-	-	0.0638	0.0528	0.0110	27.0	25.9	21.9	4.0	-	-	-	-	-	1.1
сух.	сух.	сух.	7.7	7.8	-	-	-	0.0203	0.0153	0.0050	9.7	9.4	8.1	1.3	-	-	-	-	-	0.3
104	104	45	4.2	5.4	-	-	-	0.0055	0.0044	0.0011	2.6	2.5	2.2	0.3	-	-	-	-	-	0.1
сух.	сух.	сух.																		

уравнения и их сводки для оценки той или иной фракции фитомассы дерева, существенно различные по структуре и количеству независимых переменных (Молчанов, 1971; Смирнов, 1971; Поздняков, 1975; Габеев, 1976; Казимиров и др., 1978; Hagihara et al., 1993; Базилевич, 1993; Zhou et al., 2002; Fuchen et al., 2002; Zianis et al., 2005; Цогт и др., 2012), что значительно затрудняет их анализ по причине несопоставимости. Сказанное относится и к таксационно-нормативным подеревным таблицам фитомассы (Young et al., 1964; Ribe, 1973; Усольцев, 1988, 2003, 2007, 2010), составленным на основе многофакторных аллометрических уравнений.

Для решения различных исследовательских задач представляют интерес исходные фактические данные оценки фитомассы в лесных насаждениях с характеристикой морфометрических параметров деревьев, предназначенные для многоцелевого применения – экологического моделирования, проведения лесоинвентаризационных работ и лесотаксационного дешифрирования аэрокосмических снимков (Maltamo et al., 2003; Remote Sensing, 2003; Сухих, 2005; Медведев и др., 2007; Wulder et al., 2007; Hollaus et al., 2009; Straub et al., 2009; Gatzolis et al., 2010; Suvanto, Maltamo, 2010; Favorskaya et al., 2010, 2015; Данилин, Фаворская, 2013). С этой целью приводим фактические данные морфометрических параметров и структуры надземной фитомассы деревьев лиственницы сибирской *Larix sibirica* Ledeb., полученные авторами в лиственничных лесах Восточного Хэнтэя в Северной Монголии. Примерные координаты районов исследований 49°10' с. ш., 110°0' в. д. Высота 700–1500 м над ур. м. Для оценки применен метод закладки координатных пробных площадей (ПП) со сплошным обмером деревьев и взятием модельных деревьев – средних в каждой ступени толщины по диаметру и высоте стволов, вертикальной и горизонтальной протяженности крон. Детальное описание объектов и методов исследования опубликовано ранее (Данилин, Цогт, 2014).

Основными морфометрическими и таксационными показателями, определяющими фитомассу дерева, являются его возраст, диаметр и высота ствола и густота древостоя, которую принято считать «базовой, или фундаментальной, структурно-функциональной характе-

**Таблица 2.** Аллометрические уравнения связи морфометрических показателей и фитомассы деревьев в лиственничниках ПП1–5

$$F = \exp(a + a_1 D_{1.3} + a_2 H); F = \exp(a + a_1 H + a_2 D_{кр}) \quad (P = 95\%, a < 0.05),$$

где  $F$  –  $V_{ств}$  (объем ствола в коре) и  $P_n$  (фитомасса фракции дерева)

Коэффициент уравнения	Величина коэффициента	Стандартная ошибка коэффициента	$t$ -критерий	$p$ -уровень	Нижний доверительный порог	Верхний доверительный порог
1	2	3	4	5	6	7
$V_{ств}$ (объем ствола в коре) $f(D_{1.3}, H)$ ( $R^2 = 0.962$ )						
$a$	–3.8370	0.147	–26.136	0.00	–4.133	–3.541
$a_1$	0.1016	0.005	21.845	0.00	0.092	0.111
$a_2$	0.0239	0.005	4.489	0.00	0.013	0.035
$V_{ств}$ (объем ствола в коре) $f(H, D_{кр})$ ( $R^2 = 0.917$ )						
$a$	–5.3264	0.369	–14.433	0.00	–6.071	–4.582
$a_1$	0.2453	0.020	12.324	0.00	0.205	0.286
$a_2$	–0.0153	0.021	–0.719	0.48	–0.058	0.028
$P_{общ}$ (общая надземная фитомасса дерева) $f(D_{1.3}, H)$ ( $R^2 = 0.954$ )						
$a$	2.4268	0.158	15.378	0.00	2.108	2.745
$a_1$	0.1010	0.005	20.152	0.00	0.091	0.111
$a_2$	0.0209	0.006	3.591	0.00	0.009	0.033
$P_{общ}$ (общая надземная фитомасса дерева) $f(H, D_{кр})$ ( $R^2 = 0.873$ )						
$a$	1.0807	0.437	2.473	0.02	0.199	1.962
$a_1$	0.2344	0.024	9.893	0.00	0.187	0.282
$a_2$	–0.0177	0.027	–0.654	0.52	–0.072	0.037
$P_{древ. ств}$ (фитомасса древесины ствола) $f(D_{1.3}, H)$ ( $R^2 = 0.940$ )						
$a$	2.0532	0.185	11.117	0.00	1.681	2.426
$a_1$	0.1001	0.006	17.041	0.00	0.088	0.112
$a_2$	0.0261	0.007	3.858	0.00	0.013	0.040
$P_{древ. ств}$ (фитомасса древесины ствола) $f(H, D_{кр})$ ( $R^2 = 0.886$ )						
$a$	0.693	0.423	1.638	0.11	–0.161	1.547
$a_1$	0.237	0.023	10.346	0.00	0.191	0.284
$a_2$	–0.014	0.026	–0.538	0.59	–0.065	0.038
$P_{кора ств}$ (фитомасса коры ствола) $f(D_{1.3}, H)$ ( $R^2 = 0.959$ )						
$a$	0.4554	0.155	2.944	0.01	0.143	0.768
$a_1$	0.1015	0.005	20.753	0.00	0.092	0.111
$a_2$	0.0277	0.006	4.994	0.00	0.017	0.039
$P_{кора ств}$ (фитомасса коры ствола) $f(H, D_{кр})$ ( $R^2 = 0.947$ )						
$a$	–1.5044	0.3310	–4.5455	0.00	–2.172	–0.837
$a_1$	0.2718	0.0177	15.3824	0.00	0.236	0.307
$a_2$	–0.0037	0.0161	–0.2267	0.82	–0.036	0.029
$P_{крона}$ (фитомасса кроны) $f(D_{1.3}, H)$ ( $R^2 = 0.836$ )						
$a$	0.7984	0.264	3.023	0.00	0.266	1.331
$a_1$	0.1011	0.009	11.832	0.00	0.084	0.118
$a_2$	–0.0124	0.012	–1.082	0.29	–0.036	0.011

1	2	3	4	5	6	7
$P_{\text{крона}}$ (фитомасса кроны) $f(H, D_{\text{кр.}})$ ( $R^2=0.563$ )						
a	0.0152	0.6463	0.023	0.98	-1.289	1.320
a <sub>1</sub>	0.1846	0.0360	5.128	0.00	0.112	0.257
a <sub>2</sub>	-0.0658	0.0626	-1.051	0.30	-0.192	0.061
$P_{\text{ветви } \geq 1 \text{ см}}$ (фитомасса ветвей диаметром более 1 см) $f(D_{1.3}, H)$ ( $R^2=0.765$ )						
a	-0.0399	0.3992	-0.100	0.92	-0.845	0.766
a <sub>1</sub>	0.1109	0.0125	8.892	0.00	0.086	0.136
a <sub>2</sub>	-0.0123	0.0152	-0.814	0.42	-0.043	0.018
$P_{\text{ветви } \geq 1 \text{ см}}$ (фитомасса ветвей диаметром более 1 см) $f(H, D_{\text{кр.}})$ ( $R^2=0.474$ )						
a	-0.6685	0.829	-0.807	0.42	-2.341	1.004
a <sub>1</sub>	0.1919	0.046	4.213	0.00	0.100	0.284
a <sub>2</sub>	-0.0860	0.078	-1.100	0.28	-0.244	0.072
$P_{\text{ветви } < 1 \text{ см}}$ (фитомасса ветвей диаметром менее 1 см) $f(D_{1.3}, H)$ ( $R^2=0.914$ )						
a	-0.6022	0.175	-3.452	0.00	-0.954	-0.250
a <sub>1</sub>	0.0963	0.006	16.857	0.00	0.085	0.108
a <sub>2</sub>	-0.0019	0.008	-0.246	0.81	-0.017	0.014
$P_{\text{ветви } < 1 \text{ см}}$ (фитомасса ветвей диаметром менее 1 см) $f(H, D_{\text{кр.}})$ ( $R^2=0.723$ )						
a	-1.7901	0.534	-3.350	0.00	-2.868	-0.712
a <sub>1</sub>	0.2033	0.030	6.878	0.00	0.144	0.263
a <sub>2</sub>	-0.0255	0.042	-0.613	0.54	-0.110	0.059
$P_{\text{побеги текущ. года}}$ (фитомасса побегов текущего года) $f(D_{1.3}, H)$ ( $R^2=0.649$ )						
a	-2.6951	0.250	-10.763	0.00	-3.200	-2.190
a <sub>1</sub>	0.0797	0.010	8.314	0.00	0.060	0.100
a <sub>2</sub>	-0.0344	0.017	-1.979	0.05	-0.070	0.001
$P_{\text{побеги текущ. года}}$ (фитомасса побегов текущего года) $f(H, D_{\text{кр.}})$ ( $R^2=0.422$ )						
a	-3.2903	0.486	-6.774	0.00	-4.271	-2.310
a <sub>1</sub>	0.1327	0.029	4.546	0.00	0.074	0.192
a <sub>2</sub>	-0.0873	0.079	-1.105	0.28	-0.247	0.072
$P_{\text{хвоя}}$ (фитомасса хвои) $f(D_{1.3}, H)$ ( $R^2=0.758$ )						
a	-0.3471	0.220	-1.576	0.12	-0.792	0.097
a <sub>1</sub>	0.0827	0.008	10.320	0.00	0.067	0.099
a <sub>2</sub>	-0.0213	0.013	-1.602	0.12	-0.048	0.006
$P_{\text{хвоя}}$ (фитомасса хвои) $f(H, D_{\text{кр.}})$ ( $R^2=0.532$ )						
a	-1.0482	0.470	-2.229	0.03	-1.997	-0.099
a <sub>1</sub>	0.1464	0.028	5.288	0.00	0.091	0.202
a <sub>2</sub>	-0.0493	0.062	-0.790	0.43	-0.175	0.077
$P_{\text{отм. ветви}}$ (фитомасса отмерших ветвей) $f(D_{1.3}, H)$ ( $R^2=0.762$ )						
a	-0.4631	0.468	-0.989	0.33	-1.408	0.482
a <sub>1</sub>	0.1138	0.014	7.893	0.00	0.085	0.143
a <sub>2</sub>	0.0107	0.015	0.699	0.49	-0.020	0.042
$P_{\text{отм. ветви}}$ (фитомасса отмерших ветвей) $f(H, D_{\text{кр.}})$ ( $R^2=0.520$ )						
a	-1.0287	0.870	-1.183	0.24	-2.784	0.727
a <sub>1</sub>	0.2012	0.048	4.178	0.00	0.104	0.298
a <sub>2</sub>	-0.0301	0.070	-0.433	0.67	-0.170	0.110

ристикой жизни древостоя» (Бузыкин и др., 2002, с. 15; Niklas et al., 2003; Усольцев, 2007).

Результаты оценки морфометрических параметров и фитомассы деревьев на пяти ПП приведены в табл. 1.

На основании полученных биометрических признаков на ПП рассчитаны аллометрические уравнения связи морфометрических и продукционных показателей деревьев лиственницы (табл. 2).

Региональные данные о морфометрических показателях и фитомассе деревьев в некоторых диапазонах диаметра и высоты стволов основных лесообразующих пород позволяют оценить фитомассу древостоев без трудоемкой процедуры наземных определений характеристик деревьев, ограничиваясь лишь перечислительной таксацией или камеральным дешифрированием аэрокосмических снимков. В этой связи может быть использован успешный опыт Канады, Норвегии и Швеции, где с 80-х гг. XX в. лесоустройство нацелено на оценку не только запасов древесины, но и всей фитомассы насаждений на основе аллометрических уравнений для подеревных данных о фитомассе и результатов пересчета деревьев по ступеням толщины на лесных выделах (Bonner, 1985; Ranney et al., 1987; Næsset, 2007).

База подеревных данных о фитомассе деревьев и рассчитанные аллометрические уравнения могут найти применение при проведении лесоинвентаризационных работ и лесотаксационном дешифрировании аэрокосмических снимков Северной Монголии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Базилевич Н. И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 293 с.

Бузыкин А. И., Пшеничникова Л. С., Суховольский В. Г. Густота и продуктивность древесных ценозов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2002. 152 с.

Габеев В. Н. Биологическая продуктивность лесов Приобья. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976. 171 с.

Данилин И. М. Структура послепожарных березняков на южном пределе распространения // Лесоведение. 2009. № 3. С. 20–31.

Данилин И. М., Фаворская М. Н. Трехмерное моделирование лесных ландшафтных сцен на основе данных дистанционного зондирования // География и природ. ресурсы. 2013. № 2. С. 151–159.

Данилин И. М., Цогт З. Динамика структуры и биологической продуктивности послепожарных лиственничных лесов в Северной Монголии // Сиб. экол. журн. 2014. № 2. С. 193–207.

Казимиров Н. И., Морозова Р. М., Куликова В. К. Органическая масса и потоки веществ в березняках средней тайги. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. 216 с.

Медведев Е. М., Данилин И. М., Мельников С. Р. Лазерная локация земли и леса. Учебн. пособ. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Геолитар, Геокосмос; Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2007. 229 с.

Молчанов А. А. Продуктивность органической массы в лесах различных зон. М.: Наука, 1971. 276 с.

Поздняков Л. К. Продуктивность лесов Сибири // Ресурсы биосферы: итоги советских исследований по Междунар. биол. программе. Вып. 1. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1975. С. 43–55.

Смирнов В. В. Органическая масса в некоторых лесных фитоценозах европейской части СССР. М.: Наука, 1971. 360 с.

Сухих В. И. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве. Учебник для вузов. Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 2005. 392 с.

Усольцев В. А. Рост и структура фитомассы древостоев. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. 253 с. <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3352>

Усольцев В. А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных, таблицы биопродуктивности, география // Сиб. экол. журн. 2003. Т. 10. № 6. С. 659–667. <http://www.sibran.ru/journals/issue.php?ID=120592>

Усольцев В. А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 637 с. <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3281>

Усольцев В. А. Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 573 с. <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/2606>

- Уткин А. И., Рождественский С. Г., Гульбе Я. И., Каплина Н. Ф., Арутюнян С. Г., Оськина Н. В., Ермолова Л. С., Цельникер Ю. Л. Анализ продукционной структуры древостоев. М.: Наука, 1988. 240 с.
- Цогт З., Доржсүрэн Ч., Слемнев Н. Н., Ярмишко В. Т. Опыт оценки биологической продуктивности псевдотаежных лиственничников Центрального Хангая (Монголия) // Раст. ресурсы. 2012. Т. 48. Вып. 2. С. 303–310.
- Bonnor G. M. Inventory of forest biomass in Canada. Can. For. Serv. Petawawa Nat. For. Inst. 1985. 63 p.
- Enquist B. J. Universal scaling in tree and vascular plant allometry: toward a general quantitative theory linking plant form and function from cells to ecosystems // Tree Physiol. 2002. V. 22. N. 15. P. 1045–1064.
- Favorskaya M. N., Tkacheva A. N., Danilin I. M., Medvedev E. M. Fusion of airborne LiDAR and digital photography data for tree crowns segmentation and measurement // Intelligent interactive multimedia systems and services. Smart Innovation, Systems & Technologies. V. 40. Springer Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer Int. Publ. Switzerland, 2015. 380 p. (P. 191–201).
- Favorskaya M. N., Zotin A. G., Danilin I. M., Smolentseva S. N. Realistic 3D-modeling of forest growth with natural effect // Advances in intelligent decision technologies. Smart Innovation, Systems & Technologies. V. 4. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. 730 p. (P. 191–199).
- Fuchen S., Laiye Q., Wenjie W., Yojiro M., Takayoshi K., Kaichiro S. Aboveground biomass and productivity of *Larix gmelinii* forests in Northeast China // Euras. J. For. Res. 2002. V. 5. P. 23–32.
- Gatziolis D., Fried S. J., Monleon V. S. Challenges to estimating tree height via LiDAR in closed-canopy forests: a parable from Western Oregon // For. Sci. 2010. V. 56. N. 2. P. 139–155.
- Hagihara A., Yokota T., Ogawa K. Allometric relations in hinoki (*Chamaecyparis obtusa* (Sieb. et Zucc.) Endl.) trees // Bull. Nagoya Univ. For. 1993. N. 12. P. 11–29.
- Hollaus M., Wagner W., Schadauer K., Maier B., Gabler K. Growing stock estimation for alpine forests in Austria: a robust lidar-based approach // Can. J. For. Res. 2009. V. 39. P. 1387–1400.
- Maltamo M., Tokola T., Lehtikainen M. Estimating stand characteristics by combining single tree pattern recognition of digital video imagery and a theoretical diameter distribution model // For. Sci. 2003. V. 49. N. 1. P. 98–109.
- Marklund L. G. Collecting data for biomass equation development: some methodological aspects // Mesures des Biomasses et des Accroissements Forestiers. INRA, 1983. P. 37–43 (Les Colloques de l'INRA, N. 19).
- Næsset E. Airborne laser scanning as a method in operational forest inventory: status of accuracy assessment accomplished in Scandinavia // Scand. J. For. Res. 2007. V. 19. N. 6. P. 482–499.
- Niklas K. J., Midgley J. J., Enquist B. J. A general model for mass-growth-density relations across tree-dominated communities // Evol. Ecol. Res. 2003. N. 3. P. 459–468.
- Pilli R., Anfodillo T., Carrer M. Towards a functional and simplified allometry for estimating forest biomass // For. Ecol. Manag. 2006. V. 237. N. 1–3. P. 583–593.
- Ranneby B., Cruse T., Högglund B., Jonasson H., Swärd J. Design a new national forest survey for Sweden // Stud. Forestal. Suec. 1987. V. 177. P. 1–29.
- Remote Sensing of Forest Environments. Concepts and Case Studies / M. A. Wulder and S. E. Franklin (Eds.). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Acad. Publ., 2003. 519 p.
- Ribe J. H. Puckerbrush weight tables. Misc. Rep. 152. Life Sci. and Agr. Exp. St., Univ. of Maine, Orono, MN, 1973. 92 p.
- Straub C., Dees M., Weinacker H., Koch B. Using airborne laser scanner data and CIR orthophotos to estimate the stem volume of forest stands // Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation. 2009. N. 3. P. 277–287.
- Suvanto A., Maltamo M. Using mixed estimation for combining airborne laser scanning data in two different forest areas // Silva Fennica. 2010. V. 44. N. 1. P. 91–107.
- West G. B., Brown J. H., Enquist B. J. A general model for the structure and allometry of plant vascular systems // Nature. 1999. V. 400. N. 6745. P. 664–667.

- Wirth C., Schumacher J., Schulze E.-D. Generic biomass functions for Norway spruce in Central Europe – a meta-analysis approach toward prediction and uncertainty estimation // *Tree Physiol.* 2004. V. 24. P. 121–139.
- Wulder M. A., Han T., White C. J., Sweda T., Tsuzuki H. Integrating profiling LiDAR with Landsat data for regional boreal forest canopy attribute estimation and change characterization // *Rem. Sens. Environ.* 2007. V. 110. P. 123–137.
- Young H. E., Stand L., Allenberger R. Preliminary fresh and dry weight tables for seven tree species in Maine // *Maine Agric. Exp. St. Tech. Bull.* 1964. N. 12. 76 p.
- Zhou G., Wang Y., Jiang Y., Yang Z. Estimating biomass and net primary production from forest inventory data: a case study of China's *Larix* forests // *For. Ecol. Manag.* 2002. V. 169. N. 1–2. P. 149–157.
- Zianis D., Muukkonen P., Mäkipää R., Mencuccini M. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe // *Silva Fennica. Monogr.* 2005. V. 4. 63 p.

## Morphometric Parameters and Phytomas of the Siberian Larch *Larix sibirica* Ledeb. Trees in the Eastern Khentey (Northern Mongolia)

I. M. Danilin<sup>1</sup>, Z. Tsogt<sup>2</sup>

<sup>1</sup> V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch  
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation

<sup>2</sup> Institute of General and Experimental Biology, Mongolian Academy of Sciences  
Zhukov avenue, 77, Ulaanbaatar, 210351 Mongolia  
E-mail: danilin@ksc.krasn.ru, ztsogt@yahoo.com

In order to solve various research tasks, actual morphometric parameters of trees and forest phytomass assessment data are of great scientific interest and intended for multipurpose applications. However, often this important original information is stored in the archives of the researchers or institutions, will not be published and is not available for detailed analysis and reliable comparisons. The records of morphometric parameters and above-ground phytomass of the Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) trees, measured on coordinate sample plots established in Eastern Khentey, northern Mongolia are presented in the paper. The morphometric parameters and phytomass of the trees are considered as the main characteristics, that determines course of the processes in forest ecosystems, and might be used for environmental monitoring, sustainable forestry, forest productivity modeling, taking into account global changes, studying the structure and biodiversity of forest cover and assessment of forest carbon sequestration. The study of morphological structure and phytomass of trees seems necessary because the various structural parameters and fractions have different content of nutrient elements and different contribution to annual production of forest stands. On the basis of biometric statistics, allometric equations relating morphometric and production parameters of the larch trees have been calculated, which can be used in ecological modeling, forest inventory and thematic forest interpretation of aerial- and satellite scenes in northern Mongolia.

**Keywords:** Siberian larch *Larix sibirica* Ledeb. trees, morphometric parameters, aboveground phytomass, allometric equations, Eastern Khentey, Northern Mongolia.

**How to cite:** Danilin I. M.<sup>1</sup>, Tsogt Z.<sup>2</sup> Morphometric parameters and phytomas of the Siberian larch *Larix sibirica* Ledeb. trees in the Eastern Khentey (Northern Mongolia) // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Siberian Journal of Forest Science). 2015. N. 5: 96–104 (in Russian with English abstract).