

Рубки обновления и переформирования в лесах Урала: монография. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007. – 264 с.

4. Азаренок В.А., Безгина Ю.Н., Залесов С.В. Эффективность равномерно-постепенных рубок спелых и перестойных лесонасаждений // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 8 (100). – С. 51-55.

5. Колесников Б.П. Лесорастительные условия и лесорастительное районирование Челябинской области // Вопросы восстановления и повышения продуктивности лесов

Челябинской области: тр. Ин-та биол. УФАН СССР. – Свердловск, 1961. – Вып. 26. – С. 3-44.

6. Бунькова Н.П., Залесов С.В., Зотеева Е.А., Магасумова А.Г. Основы фитомониторинга. – Екатеринбург: Урал гос. лесотехн. ун-т, 2011. 89 с.

7. Залесов С.В., Годовалов Г.А., Кректунов А.А., Платонов Е.Ю. Защита населенных пунктов от природных пожаров // Аграрный вестник Урала. – 2013. – № 2 (108). – С. 34-36.



УДК 630*231

**В.А. Усольцев,
Д.С. Гаврилин,
А.А. Маленко,
М.М. Семышев**

ФИТОМАССА ДЕРЕВЬЕВ ЛИСТВЕННИЦ СИБИРСКОЙ И ГМЕЛИНА: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Ключевые слова: надземная фитомасса, фракции фитомассы, модельные деревья, региональные различия, географические закономерности, таблицы фитомассы деревьев, блоковые фиктивные переменные.

Введение

Широко распространенные бореальные и горные леса северного полушария сформированы в основном вечнозелеными видами, что объясняется более эффективным использованием элементов питания и других ресурсов среды вечнозелеными видами в сравнении с листопадными [1]. Тем не менее лиственница как листопадное хвойное древесное растение является обычным видом-лесообразователем в большей части горных и бореальных лесов северного полушария. По этому поводу С. Гоуэр и Дж. Ричардс пишут: «Повсеместное распространение лиственниц в горных и бореальных лесах является интригующей загадкой, если иметь в виду, что в жестких лесо-

растительных условиях вечнозеленый статус вида более предпочтителен [2]. Поэтому лиственница должна обладать такими специфическими характеристиками, которые позволяли бы ей выживать, расти и воспроизводиться в условиях, где обычно доминируют вечнозеленые» (с. 818). По свидетельству Д.Ф. Ефремова, почвенная мерзлота сокращает период жизнедеятельности тонких корней у лиственницы до двух недель в году [3]. Из упомянутых «специфических характеристик» важнейшей является специфика углеродного баланса, связанная со структурой фитомассы дерева. Статья посвящена анализу структуры фитомассы деревьев лиственницы в разных природных зонах.

Объекты и методы исследования

В последние годы в разных странах, в частности, в Канаде, оценка биологической продуктивности лесов совмещается с лесоинвентаризацией [4]. При этом исходными

данными для совмещения с материалами лесоинвентаризации служат регрессионные модели продуктивности фитомассы, полученные не на уровне древостоев (т/га), а на уровне деревьев (кг), составляющих эти древостои. Таксационные нормативы, как традиционные таблицы хода роста древостоев, так и таблицы хода роста фитомассы, ориентированы на оценку фитомассы на уровне древостоев в целом, причем чистых (одновидовых). В действительности доля чистых древостоев в лесном фонде не так велика, и смешанные древостои занимают значительные площади. Для оценки фитомассы таких древостоев необходимы таксационные нормативы для подервного определения фитомассы в древостоях.

Наши исследования проведены в Тургайском прогибе в чистых 40-41-летних культурах лиственницы сибирской на территории Боровского лесхоза Кустанайской области (Северный Казахстан), где заложено 10 пробных площадей и взято по ступеням толщины 28 модельных деревьев (53⁰ с.ш., 64 в.д.). Для географического анализа фитомассы деревьев из литературных источников привлечены материалы по лесотундре (низовья р. Пур) – 28 модельных деревьев, взятых в 4 естественных лиственничниках в возрасте от 45 до 102 лет на плакорах на вечной мерзлоте, и 80 модельных деревьев, взятых в 13 естественных лиственничниках в возрасте от 25 до 350 лет на пойменных террасах (67⁰ с.ш. 78⁰ в.д.), и по среднетаежной подзоне в Алданском нагорье – 180 модельных деревьев, взятых в 6 естественных лиственничниках в возрасте от 49 до 380 лет (60⁰ 51' с.ш., 128⁰ 16' в.д.) [5-6].

Лиственница имеет специфические биологические особенности по сравнению с другими породами, что потребовало внесения некоторых поправок в ранее применявшуюся методику фракционирования фитомассы кроны [7]. У лиственницы хвоей покрыта вся ветвь, причем периферия ветви и ее остальная (приствольная) часть охвоены в разной степени, поэтому хвоя у них определялась отдельно. Более детально методика определения фитомассы разных фракций модельных деревьев лиственницы представлена ранее [5].

Результаты и обсуждение

В лесной экологии многие явления характеризуются лишь на описательном уровне, что создает проблему при оценке географических закономерностей распределения полученных на пробных площадях данных о биологической продуктивности лесных деревьев и насаждений. Чтобы «гармонизировать», или согласовать между собой, регрессионные модели биологической продук-

тивности насаждений разных экорегионов, их объединяют в некую систему, например, с помощью блоковых фиктивных [8]. Эта система дает возможность оценить степень «дистанцирования» показателей фитомассы деревьев по различным экорегионам.

Для оценки региональных смещений в величине фитомассы равновеликих деревьев лиственницы применена регрессионная модель, структура которой получила обоснование в нашей предыдущей работе [9]:

$$\ln Pi = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln H + a_3 (\ln D \ln H) + a_4 X_1 + a_5 X_2 + a_6 X_3, \quad (1)$$

где Pi – масса фракции дерева (Pf, Pb, Ps и Pa – хвои, ветвей, ствола и вся надземная соответственно), кг;

D – диаметр ствола на высоте груди, см;

H – высота дерева, м;

X_1, X_2 и X_3 – блоковые фиктивные переменные [8]. Посредством их выполнена кодировка принадлежности локальных массивов данных о фитомассе деревьев лиственницы по схеме, представленной в таблице 1. Характеристика уравнений (1) дана в таблице 2. Там же для сравнения показателей адекватности приведена характеристика уравнений (1) без блоковых фиктивных переменных, т.е. рассчитанных по всему массиву фактических данных фитомассы деревьев.

Анализ критериев адекватности уравнений (1) в таблице 2 показывает, что исключение из них блоковых фиктивных переменных снижает коэффициент детерминации (R^2) и увеличивает стандартную ошибку (SE) определения фитомассы хвои на 19%, ветвей – на 30, стволов – на 35 и всей надземной – на 46%, что свидетельствует о региональных различиях в структуре фитомассы деревьев лиственницы. Количественную характеристику этих различий дает таблица 3, полученная путем табулирования уравнений (1) по задаваемым значениям диаметра ствола, высоты дерева и блоковых фиктивных переменных (1 или 0).

Из данных таблицы 3 следует, что по сравнению с культурами Тургая надземная фитомасса равновеликих деревьев лиственницы сибирской в лесотундре на мерзлоте меньше на 23%, но там же, на надпойменных террасах – больше на 18 и на Алданском нагорье в Якутии – на 13%. В разных экорегионах наблюдается перераспределение долей фитомассы различных фракций в общей надземной фитомассе деревьев. Так, у деревьев диаметром ствола 20 см и высотой 12 м, примерно средних по размерам, доля массы стволов в культурах Тургая и на плакорах лесотундры примерно одинаковая – 87-88%, а на пойменных террасах лесотундры и на Алданском нагорье –

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

92-94%. Доля хвои в надземной фитомассе равновеликих деревьев в культурах Тургая и на плакорах лесотундры одинаковая – 2,4%, на надпойменных террасах лесотундры составляет 1,8 и на Алданском нагорье –

2,2%. Доля ветвей в надземной фитомассе в культурах Тургая и на плакорах лесотундры составляет 9,2-9,6%, а на надпойменных террасах лесотундры и на Алданском нагорье – 6,6-6,9%.

Таблица 1

Схема кодирования массивов данных блоковыми фиктивными переменными

№	Регион, в котором получены данные о фитомассе лиственницы	X1	X2	X3
1	Тургайский прогиб. Культуры лиственницы сибирской	0	0	0
2	Западная Сибирь, лесотундра, плакоры на мерзлоте. Естественные древостои лиственницы сибирской	1	0	0
3	Западная Сибирь, лесотундра, пойменные террасы. Естественные древостои лиственницы сибирской	0	1	0
4	Восточная Сибирь, Алданское нагорье. Естественные древостои лиственницы Гмелина	0	0	1

Таблица 2

Характеристика уравнений (1)

lnPi	Константы и независимые переменные							R ²	SE
	a ₀	a ₁ lnD	a ₂ lnH	a ₃ (lnD ² lnH)	a ₄ X1	a ₅ X2	a ₆ X3		
Уравнения фитомассы деревьев с кодированием их блоковыми фиктивными переменными									
ln(Pf)	-3,8113	1,9494	-0,3238	-	-0,1907	-0,3308	-0,1321	0,937	0,27
ln(Pb)	-2,9528	2,0693	-0,2992	-	-0,1518	-0,3616	-0,2584	0,946	0,27
ln(Ps)	-4,7600	3,0208	1,0230	-0,2827	-0,2111	0,0828	0,0218	0,989	0,17
ln(Pa)	-3,6612	2,7410	0,6647	-0,1788	-0,2035	0,0150	-0,0069	0,992	0,13
Уравнения фитомассы деревьев без кодирования их блоковыми фиктивными переменными									
ln(Pf)	-4,0361	2,0963	-0,4505	-	-	-	-	0,921	0,32
ln(Pb)	-3,2621	2,2952	-0,5036	-	-	-	-	0,922	0,35
ln(Ps)	-4,2036	2,5637	0,9293	-0,1554	-	-	-	0,980	0,23
ln(Pa)	-3,2100	2,3602	0,5718	-0,0699	-	-	-	0,984	0,19

Таблица 3

Зависимость фитомассы деревьев лиственницы от диаметра ствола и высоты дерева в разных экорегионах

Высота дерева, м	Диаметр ствола на высоте груди, см							
	4	8	12	16	20	24	28	32
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Культуры лиственницы сибирской в Тургайском прогибе								
12	0,15	0,57	1,26	2,2	3,4	4,85	-	-
	0,44	1,83	4,24	7,7	12,22	17,81	-	-
	2,71	13,5	34,56	67,33	112,95	172,36	-	-
Итого	3,3	15,9	40,06	77,23	128,57	195,02	-	-
20	-	-	1,06	1,87	2,88	4,11	5,55	7,21
	-	-	3,64	6,61	10,48	15,29	21,03	27,73
	-	-	40,71	76,08	123,57	183,68	256,79	343,28
Итого	-	-	45,41	84,56	136,93	203,08	283,37	378,22
28	-	-	-	-	2,59	3,69	4,98	6,46
	-	-	-	-	9,48	13,83	19,02	25,07
	-	-	-	-	131,11	191,53	263,88	348,29
Итого	-	-	-	-	143,18	209,05	287,88	379,82
Естественные лиственничники лесотундры, плакоры, многолетняя мерзлота								
12	0,12	0,47	1,04	1,82	2,81	4,01	-	-
	0,38	6,22	9,61	13,76	18,46	23,63	-	-
	2,19	1,48	9,92	30,37	65,61	116,49	-	-
Итого	2,69	8,17	20,57	45,95	86,88	144,13	-	-
20	-	-	0,88	1,54	2,38	3,4	4,59	5,95
	-	-	10,1	14,45	19,39	24,83	30,71	37
	-	-	9,4	29,19	63,73	114,12	180,15	260,85

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Итого	-	-	20,38	45,18	85,5	142,35	215,45	303,8
28	-	-	-	-	2,14	3,05	4,12	5,34
	-	-	-	-	8,14	11,88	16,34	21,54
	-	-	-	-	106,16	155,08	213,66	282,01
Итого	-	-	-	-	116,44	170,01	234,12	308,89
Естественные лиственничники лесотундры, надпойменные террасы								
12	0,11	0,41	0,9	1,58	2,44	3,49	-	-
	0,3	1,28	2,96	5,36	8,51	12,41	-	-
	2,94	14,67	37,54	73,14	122,7	187,24	-	-
Итого	3,35	16,36	41,4	80,08	133,65	203,14	-	-
20	-	-	0,76	1,34	2,07	2,95	3,99	5,18
	-	-	2,54	4,6	7,3	10,65	14,65	19,32
	-	-	44,22	82,65	134,24	199,53	278,95	372,9
Итого	-	-	47,52	88,59	143,61	213,13	297,59	397,4
28	-	-	-	-	1,86	2,65	3,58	4,64
	-	-	-	-	6,6	9,63	13,25	17,47
	-	-	-	-	142,43	208,06	286,65	378,35
Итого	-	-	-	-	150,89	220,34	303,48	400,46
Естественные лиственничники Алданского нагорья, Якутия								
12	0,13	0,5	1,1	1,93	2,98	4,25	-	-
	0,34	1,42	3,28	5,95	9,43	13,76	-	-
	2,77	13,8	35,32	68,82	115,44	176,16	-	-
Итого	3,24	15,72	39,7	76,7	127,85	194,17	-	-
20	-	-	0,93	1,63	2,53	3,6	4,87	6,31
	-	-	2,81	5,1	8,1	11,81	16,25	21,42
	-	-	41,6	77,76	126,3	187,72	262,45	350,84
Итого	-	-	45,34	84,49	136,93	203,13	283,57	378,57
28	-	-	-	-	2,27	3,23	4,36	5,66
	-	-	-	-	7,32	10,68	14,69	19,36
	-	-	-	-	134	195,75	269,69	355,97
Итого	-	-	-	-	143,59	209,66	288,74	380,99

Выводы

1. Обобщенная (усредненная) оценка фракционной структуры фитомассы деревьев лиственницы по диаметру ствола и высоте дерева по сравнению с аналогичной локальной (региональной) оценкой увеличивает стандартную ошибку определения массы хвои на 19%, ветвей – на 30, стволов – на 35 и всей надземной – на 46%, что свидетельствует о необходимости составления местных нормативно-справочных таблиц по древесной фитомассе лиственницы.

2. В разных экорегионах фракционная структура фитомассы равновеликих деревьев лиственницы различается, и долевое участие массы хвои, ветвей и стволов в общей надземной фитомассе равновеликих деревьев имеет региональную специфику.

3. Предложенные региональные таблицы для оценки фитомассы деревьев могут служить основой для определения фитомассы лиственничных древостоев в разных экорегионах Сибири и Северного Казахстана.

Библиографический список

1. Mooney H.A., Gulmon S.L. Constraints on leaf structure and function in reference to

herbivory // *BioScience*. – 1982. – Vol. 32. – P. 198-206.

2. Gower S.T., Richards J.H. Larches: Deciduous conifers in an evergreen world // *BioScience*. – 1990. – Vol. 40. – No 11. – P. 818-826.

3. Усольцев В.А. Этюды о наших лесных деревьях. – Екатеринбург: Банк культурной информации, 2008. – 188 с.

4. Penner M., Power K., Muhairwe C. et al. Canada's forest biomass resources: deriving estimates from Canada forest inventory // Information report BC-X-370. – Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. – 1997. – 33 p.

5. Усольцев В.А., Нагимов З.Я., Фимущин А.Б., Логинов М.В., Азаренок М.В., Колтунова А.И., Галако В.А. Структура надземной фитомассы лиственничников в низовьях р. Пур // Лесная таксация и лесоустройство: межвуз. сб. научн. тр. – Красноярск: СибГТУ, 1999. – С. 24-28.

6. Schulze E.-D., Schulze W., Kelliher F.M., Vygodskaya N.N. et al. Aboveground biomass and nitrogen nutrition in a chronosequence of pristine *Dahurian Larix* stands in eastern Siberia // *Can. J. For. Res.* – 1995. – Vol. 25. – P. 943-960.

7. Усольцев В.А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев. – Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 1985. – 191 с.

8. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Статистика, 1973. – 392 с.

9. Усольцев В.А., Мезенцев А.Т., Кох Е.В., Крудышев В.В., Лазарев И.С. О возможности использования унифицированных аллометрических уравнений фитомассы деревьев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 3(89). – С. 37-40.



УДК 630*181:630*52

А.А. Вайс

ФОРМА НИЖНЕЙ ЧАСТИ СТВОЛОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS L.*) И ВОЗРАСТ ДЕРЕВЬЕВ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО ПОДТАЕЖНО-ЛЕСОСТЕПНОГО РАЙОНА

Ключевые слова: форма ствола, возраст, нулевой коэффициент формы, стадии развития, диаметр на высоте рубки, диаметр на высоте груди, норматив.

Введение

Проблема незаконных рубок, необходимость восстановления срубленного запаса, вычисление запаса крупного детрита приобретают в последние годы особую актуальность. В связи с этим соотношение диаметров комлевой части стволов и диаметра на высоте груди имеют особую важность.

Переход от диаметров на высоте груди к диаметрам на высоте пня используется для установления запаса соснового пневого осмолы [1]. В вопросе соотношения диаметров комлевой части деревьев большое значение имеет высота пня, поскольку существующие нормативы используют разные методические подходы: в одних таблицах диаметры измеряют у шейки корня, в других – на высоте 20-25 см от основания почвы, в третьих высота пня принималась равной одной трети величины диаметра на высоте груди [2-4].

Указания по освидетельствованию мест рубок предусматривают штрафные санкции за завышение пней. Высота пней измеряется от поверхности почвы, а при обнаружении корней – от корневой шейки. Нарушением считается оставление пней высотой более одной трети диаметра среза, а при рубке деревьев тоньше 30 см – высотой более 10 см [5]. В.Ф. Кишенков, А.А. Соломников, А.А. Касацкий установили, что для деревьев ели Брянской области высота пня практически не влияла на определяемый восстановленный запас – расхождение составило не более 1,5%. При этом ель

обыкновенная формирует поверхностную корневую систему [6].

Основой всех разработанных нормативов является линейная регрессия, что позволяет не только прогнозировать выходную переменную, но и получить оценку уравнения.

Объекты и методы

Целью данной работы является изучение возрастных изменений в показателях формы нижней части ствола и разработка нормативов по установлению соотношения диаметров. Для реализации данной цели были поставлены следующие задачи:

- определить средние параметры характеристик нижней части ствола;
- выявить возрастные стадии в изменении нулевого коэффициента формы деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*);
- установить роль экологического фактора – возраста растущего дерева в соотношении диаметров ствола;
- получить итоговое уравнение по определению диаметров с учетом возраста деревьев;
- разработать норматив для определения диаметра на высоте груди.

Объектом изучения являлись сосновые древостои Ларичихинского лесничества Тальменского муниципального района Западно-Сибирского подтаежно-лесостепного района Алтайского края [7]. Измерению подвергались учетные деревья в количестве 924 шт. У каждого ствола замерялись диаметры на высоте пня (d_n) и на высоте груди ($d_{1,3}$). Для установления возрастной группы (0-20; 21-40; 41-60; 61-80; 81-100; 101-120; 121-140; 141-160; 161-180; 181-200 лет) на лесосечных пнях измерялся средний прирост за один год жизни дерева с учетом