

## Динамика структуры и биологической продуктивности послепожарных лиственничных лесов в Северной Монголии

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  
E-mail: danilin@ksc.krasn.ru

<sup>2</sup> Институт ботаники Академии наук Монголии  
Монголия, Улан-Батор – 51, ул. Жукова, 77

Статья поступила 28.03.2013

### АННОТАЦИЯ

Рассматриваются особенности формирования и роста послепожарных лиственничных лесов (*Larix sibirica* Ledeb.) на южном пределе их распространения – в Северной Монголии. Анализируются закономерности структуры древостоев и динамика их биологической продуктивности. Установлено, что строение надземной органической массы в послепожарных лиственничных насаждениях разнотравно-осочкового типа на южной границе ареала распространения лесной растительности тесно связано с таксационными показателями – возрастом, густотой и продуктивностью. В сравнении с насаждениями других районов произрастания общие запасы фитомассы лиственничных фитоценозов закономерно возрастают по зональному градиенту от границы лесотундры до забайкальской южной тайги и северных районов Монголии.

Экологическая обстановка района исследования после восстановления лесного покрова эдификатором меняется незначительно, так как лиственница сибирская в молодняках и средневозрастных древостоях обладает достаточно высокой для данного района энергией роста и темпами продуцирования фитомассы, более чем в два раза превышая спелые насаждения по количеству закрепленного углерода атмосферы, и имеет положительные значения баланса углерода и суммарной деструкции органического вещества по параметрам “вход – выход”.

**Ключевые слова:** послепожарные лиственничные леса, динамика, структура, биологическая продуктивность, Северная Монголия.

Процессы формирования послепожарных лиственничных лесов Северной Монголии, как и во всей Северной Евразии [Фуряев, Злобина, 2001], обусловлены своеобразием географических, климатических и лесорастительных условий произрастания, отличающихся экстраконтинентальностью, широким распространением средне- и высокогорных ландшафтов на контакте с переходной зоной леса и степи, повсеместным

усилением аридизации климата [Леса..., 1983, 1988; Савин, 1985; Дугаржав, 1996; Данилин, 2009а, б; Доржсурэн, 2009; Данилин и др., 2010; Данилин, Цогт, 2012; Цогт и др., 2012].

В Монголии преобладают насаждения, представленные лиственницей сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.). В северных районах Монголии лиственничные насаждения занимают более половины покрытой лесом площади.

Лиственничники произрастают здесь в нижней и средней частях горных склонов, и в Восточном Хэнтэе занимают площадь более 36 тыс. га. Это, как правило, высокопродуктивные насаждения, доступные для лесопромышленного освоения и пройденные рубками за последние 50 лет. И коренные лиственничники, и вырубки неоднократно подвергались воздействию пожаров различной интенсивности, которые влияют на возрастную структуру древостоев, вызывают минерализацию почв и тем самым способствуют ускорению процессов естественного возобновления леса [Савин, 1985; Данилин, 2009а; Краснощеков и др., 2010].

На небольших по площади вырубках (до 5 га) возобновление лиственницы обильное, хорошее по качеству, семена прорастают ежегодно и устойчивы к воздействию факторов внешней среды. В течение 5–6 лет после вырубки основного яруса древостоя количество семян достигает 50 тыс./га, что в дальнейшем обеспечивает благоприятные условия для восстановления лесных насаждений естественным образом. Смыкание крон лиственничных молодняков происходит в возрасте 15 лет, и к этому сроку также восстанавливаются травяной покров и подстилка [Дугаржав, 1996; Доржсурэн, 2009; Данилин, Цогт, 2012].

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в Восточно-Хэнтэйской лесной провинции Северной Монголии, в бассейнах рек Онон и Керулен, и их верхнем течении. Примерные географические координаты района исследований – 49°10' с. ш. и 110° в. д. Согласно существующему лесорастительному районированию, территория районов исследований относится к Восточно-Хэнтэйскому ботанико-географическому району [Карта..., 1983; Леса..., 1988; Ecosystems..., 2005] (рис. 1).

В работе использован метод закладки координатных пробных площадей со сплошным обмером, картированием всех элементов древесного и кустарникового ярусов, живого напочвенного покрова и взятием модельных образцов (деревьев, подростов, кустарников и напочвенного покрова) по принципу ступен-

чатого представительства – средних в ступени по каждому морфоструктурному признаку (диаметру ствола, высоте, диаметру и высоте кроны) [Данилин, 2009а, б; Данилин и др., 2010].

Для определения параметров фитомассы древесного яруса срубались и детально обмерялись модельные деревья – средние от каждой ступени толщины стволов, ступеней высоты деревьев, диаметров и протяженности крон (средние диаметры и средние высоты модельных деревьев соответствовали средним диаметрам и протяженности их крон), которые в последующем полностью разделялись на фракции и взвешивались в сыром состоянии на рычажных площадных весах, с точностью  $\pm 1$  г при массе до 10 кг, с точностью  $\pm 100$  г при массе более 10 кг.

Образцы от каждой фракции фитомассы упаковывались в полиэтиленовые пакеты, маркировались и доставлялись в лабораторию, где для определения содержания влаги доводились до абсолютно сухого состояния в сушильном шкафу ( $+105$  °С в течение трех суток) и взвешивались на электронных весах с точностью  $\pm 0,1$  г. Масса фракций в абсолютно сухом состоянии выравнивалась аналитически, суммировалась по ступеням толщины стволов и приводилась к 1 га. Соотношение коры и древесины находили по кружкам, выпиленным из ствола на различной высоте (по секциям). Длина секций определялась в зависимости от высоты ствола дерева. Число секций на каждом дереве было не менее 10. Расчет объема ствола производился по сложной формуле Губера [Данилин, 2009а]. Масса травяного яруса и лесной подстилки определялась на 50 учетных площадках размером 50 × 50 см, равномерно размещенным по каждой пробной площади, с учетом наиболее полного охвата и представленности горизонтальной неоднородности напочвенного покрова. Травянистые растения разделялись по видам по определителю В. И. Грубова [1982], а подстилка – по фракциям. Корни и минеральные примеси удалялись. Образцы фитомассы трав и подстилки также высушивались и взвешивались с точностью  $\pm 0,1$  г для определения содержания влаги. Учеты растительной массы на пробной пло-

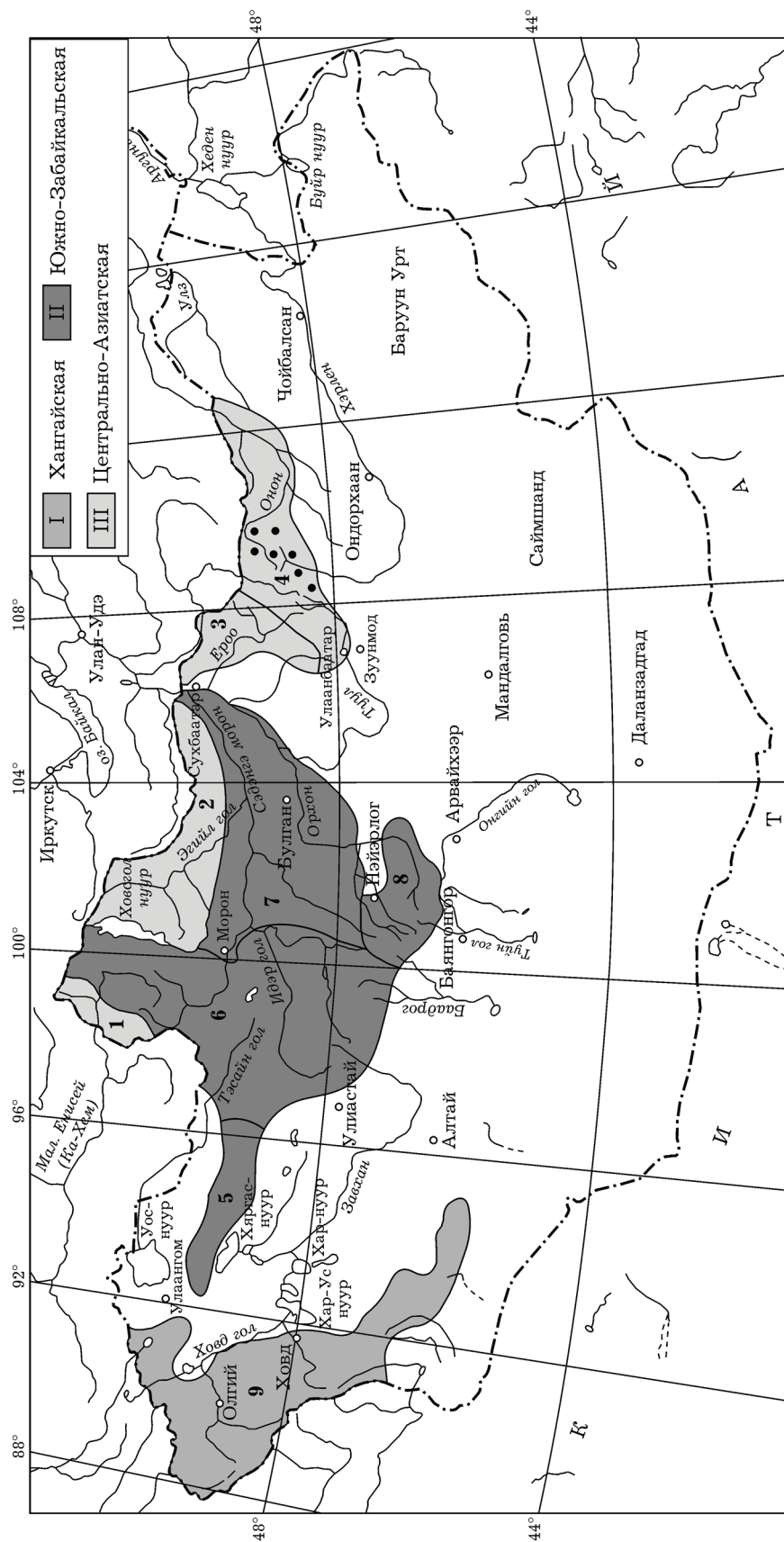


Рис. 1. Схема лесорастительного районирования Монголии [Карта..., 1983]. Черными кружками обозначены районы исследований. Провинции: 1 – Шинхидская, 2 – Джидинская, 3 – Западно-Хэнгайская, 4 – Восточно-Хэнгайская, 5 – Западно-Хангайская, 6 – Центрально-Хангайская, 7 – Северо-Восточно-Хангайская, 8 – Юго-Восточно-Хангайская, 9 – Монгольско-Алтайская

Таксационная характеристика лиственных породных площадей (Восточный Хэнгэй, Северная Монголия)

Пробная площадь	Состав	Возраст, лет	Средние					Класс бонитета	Сумма площадей поперечных сечений стволов, м <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га	Густота древостоя, тыс. деревьев/га			Местоположение
			диаметр ствола, см	высота дерева, м	диаметр кроны, м	длина кроны, м	площадь кроны, м <sup>2</sup>				растущие	угнетенные	отмершие	
1	10Л ед.Б	16	1,6 (0,5)	3,8 (1,3)	0,9	1,6	0,6	7,5 (0,02)	38,5 (0,05)	54,5	0,2	1,5	16	СВ
2	10Л	28	5,9 (1,2)	7,9 (2,1)	1,6	4,0	2,0	14,6 (0,08)	73,7 (0,11)	5,2	0,3	0,2	13	СВ
3	10Л	30	7,5 (2,6)	9,5 (4,6)	1,0	2,7	1,0	41,4 (5,2)	211,9 (13,3)	9,1	1,1	9,6	13	З
4	10Л	37	18,4 (4,9)	15,4 (4,9)	3,1	6,9	8,4	33,9 (0,5)	304,8 (0,9)	1,2	0,8	0,9	5	В
5	10Л	70	18,9 (7,9)	18,1 (9,7)	2,7	6,1	5,7	43,7 (2,9)	396,6 (19,4)	1,5	0,03	0,6	21	В
6	10Л ед.Б	76	17,8 (10,0)	22,1 (15,6)	2,9	6,4	7,1	34,2 (4,0)	379,9 (28,8)	1,4	—	0,5	9	В
7	10Л	42	7,2 (2,7)	8,3 (4,4)	1,8	4,5	2,5	17,6 (2,3)	83,2 (7,4)	4,3	—	4,0	7	С

П р и м е ч а н и е. Приведены значения для живой части древостоя, значения в скобках — для сухостоя. Прочерк — отсутствие компоненты.

щади проводились в период завершения активной вегетации растений – в первой декаде августа. Пробные площади (семь последовательностей) закладывали в лиственничных насаждениях разнотравно-осочкового типа, естественных рядов формирования на гарях и вырубках, пройденных огнем (табл. 1).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Состав древостоев – 10Л, возраст – от 16 до 76 лет, густота – различных рядов естественного формирования. Почвы пробных площадей дерновотаежные (лесные), длительно-сезонно-мерзлотные, суглинистые, средней мощности. Подлесок отсутствует. Проективное покрытие травяного покрова составляет 70–80 %, на некоторых пробных площадях (например ПП 3) он практически отсутствует (мертвопокровный тип) (см. табл. 1).

Ряды распределения деревьев по основным морфологическим показателям значительно растянуты, с высокой крутизной и правосторонней асимметрией. Адекватная и эффективная аппроксимация эмпирических кривых распределения деревьев по основным морфологическим признакам достигается функцией вероятности плотности распределения Вейбулла с тремя параметрами: масштаба ( $b$ ), формы ( $c$ ) и сдвига ( $\theta$ ):  $f(x) = c/b \times [(x - \theta)/b]^{c-1} \cdot e^{-[(x - \theta)/b]^c}$ ,  $0 \leq x < \infty$ ,  $b > 0$ ,  $c > 0$ ,  $\theta > 0$ , где  $b$  – параметр масштаба,  $c$  – параметр формы,  $\theta$  – параметр сдвига (местоположения),  $e$  – основание натурального логарифма Эйлера [Данилин, 2009б] (рис. 2).

Коэффициенты варьирования основных морфологических показателей находятся в пределах 43–74 %. Столь высокие показатели варьирования признаков объясняются зна-

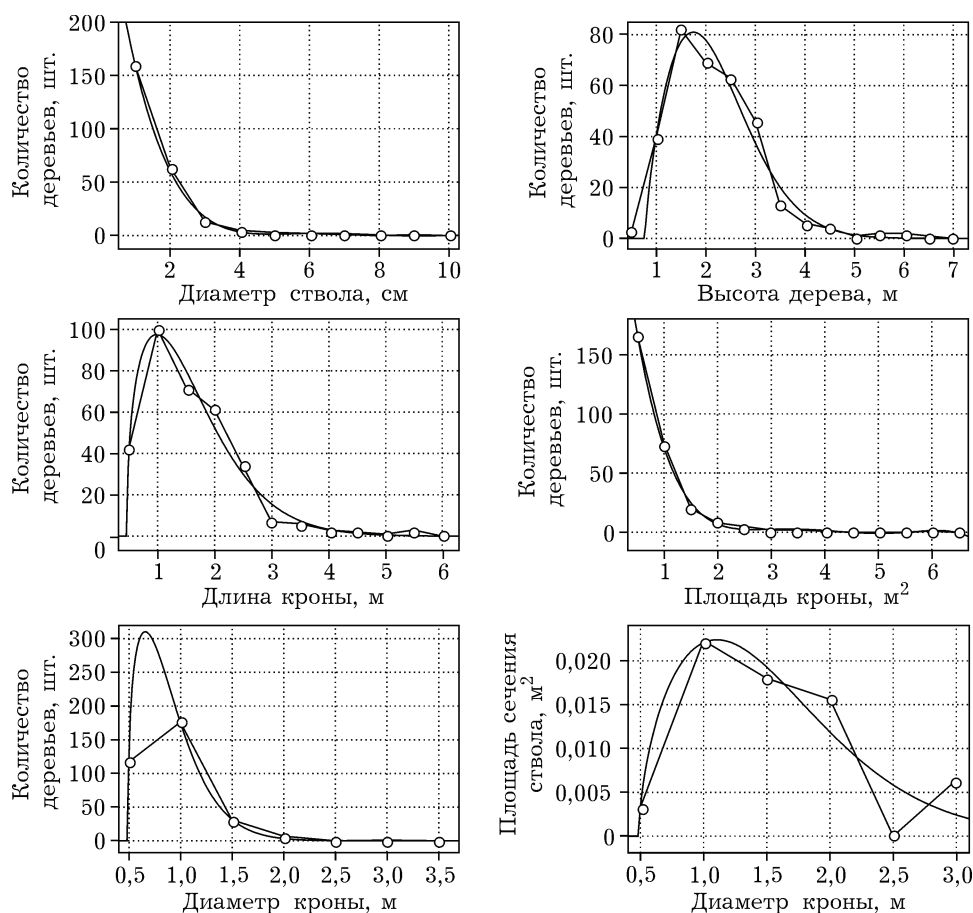


Рис. 2. Распределение деревьев лиственницы по морфологическим показателям стволов и крон на ПП 1, аппроксимированное функцией Вейбулла (сглаживающие кривые)

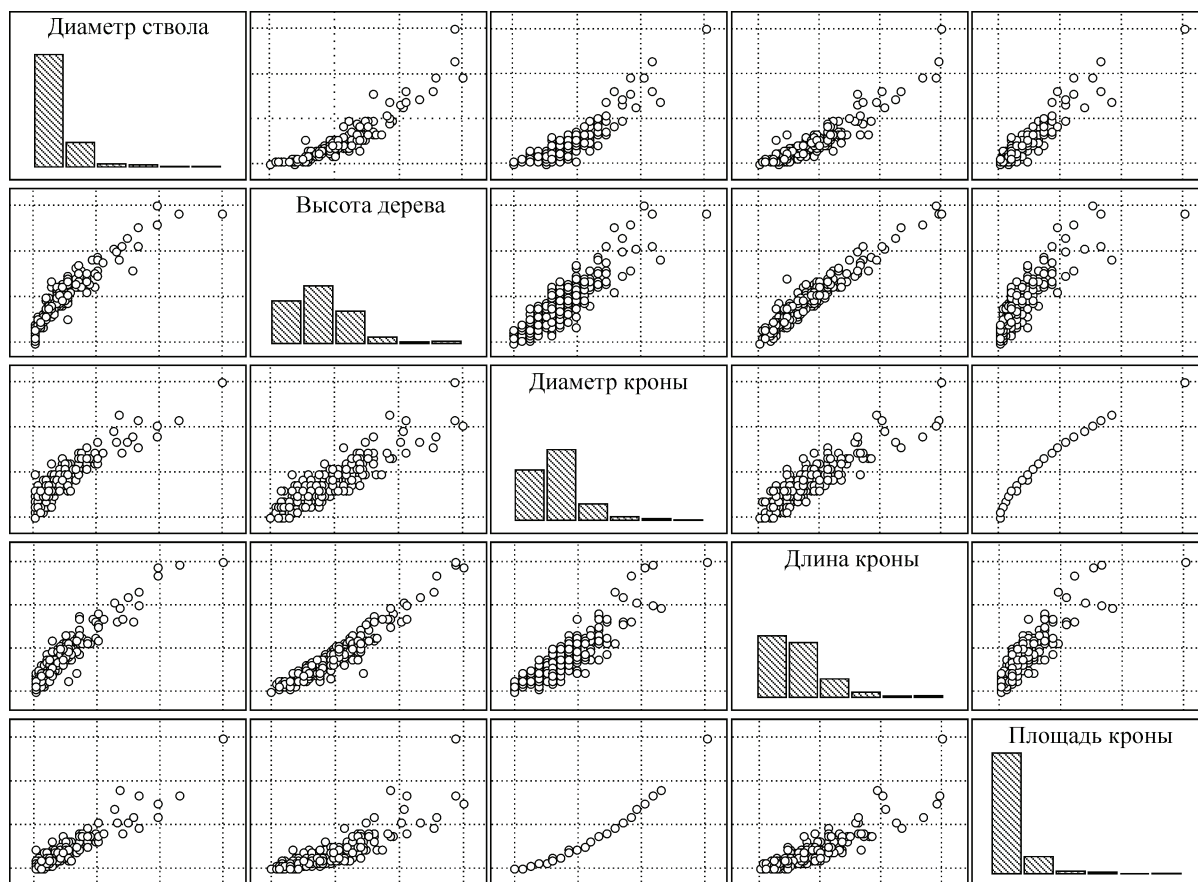


Рис. 3. Совмещенная матрица гистограмм распределения и коррелированных полей рассеяния морфологических показателей лиственничного древостоя на ПП 1

чительной ростовой дифференциацией деревьев в процессе их роста, корневой и кроновой конкуренцией за питательные вещества, свет и влагу. Характерно значительное варьирование размеров деревьев по длине и диаметрам кроны и относительно низкая корреляционная сопряженность этих параметров с высотами стволов и между собой, что также объясняется интенсивной конкуренцией деревьев за свет на ранних этапах послепожарного формирования древостоев. Распределению деревьев по основным морфологическим признакам характерна автокорреляция (рис. 3).

На накопление фитомассы в лиственничниках оказывают влияние размеры деревьев и густота древостоя. Масса всех фракций возрастает прямо пропорционально увеличению морфологических показателей стволов и кроны. Связь тесная, коэффициент корреляции ( $R$ ) для диаметра стволов составляет

0,81–0,95, для высоты ствола – 0,64–0,95, для длины кроны – 0,59–0,98, для диаметра кроны – 0,51–0,98, для возраста – 0,36–0,89. Связь между массой отдельных фракций существенно выше, чем с размерами деревьев ( $R^2 = 0,73–0,99$ ). Коэффициенты корреляции во всех случаях значимы при уровне доверительной вероятности  $P = 95\%$  ( $p < 0,05$ ) (табл. 2).

Морфологические показатели стволов и кроны лиственничников и их фитомасса закономерно связаны между собой, а зависимости между ними достаточно точно и адекватно описываются полиномиальными, логарифмическими и степенными аллометрическими функциями –  $V; P = \exp(a + a_1 D + a_2 H); \exp(a + a_1 H + a_2 D_{кр.})$  (табл. 3).

С уменьшением густоты древостоя независимо от возраста и размера деревьев существенно возрастает масса хвои и живых ветвей, а масса отмерших ветвей увеличи-

## Корреляционная структура связи (R) размеров и массы фракций модельных деревьев лиственницы (ПП 1-7)

Показатель	Возраст	Диаметр ствола	Высота дерева	Диаметр кроны	Длина кроны	Площадь кроны	Объем ствола в коре	Дерево	Ствол	Древесина	Кора	Крона	Ветви $\varnothing > 1$ см	Ветви $\varnothing < 1$ см	Побеги текущего года	Ветви отмершие	
																	Р
Возраст	1,00	0,79	0,89	0,51	0,59	0,43	0,73	0,70	0,72	0,71	0,75	0,47	0,40	0,61	0,36	0,49	0,49
Диаметр ствола	0,79	1,00	0,95	0,87	0,91	0,84	0,95	0,95	0,94	0,94	0,94	0,87	0,82	0,93	0,81	0,87	0,82
Высота дерева	0,89	0,95	1,00	0,74	0,81	0,67	0,86	0,85	0,86	0,85	0,85	0,71	0,64	0,78	0,65	0,71	0,68
Диаметр кроны	0,51	0,87	0,74	1,00	0,98	0,96	0,78	0,81	0,78	0,78	0,76	0,90	0,85	0,89	0,89	0,94	0,80
Длина кроны	0,59	0,91	0,81	0,98	1,00	0,94	0,81	0,83	0,81	0,81	0,78	0,91	0,86	0,90	0,89	0,94	0,81
Площадь кроны	0,43	0,84	0,67	0,96	0,94	1,00	0,79	0,83	0,79	0,80	0,75	0,96	0,94	0,91	0,91	0,96	0,89
Объем ствола в коре	0,73	0,95	0,86	0,78	0,81	0,79	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,88	0,85	0,93	0,74	0,83	0,87
Фитомасса:																	
Дерево	0,70	0,95	0,85	0,81	0,83	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,91	0,88	0,94	0,78	0,85	0,89
Ствол	0,72	0,94	0,86	0,78	0,81	0,79	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,88	0,85	0,92	0,74	0,82	0,87
Древесина	0,71	0,94	0,85	0,78	0,81	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,89	0,86	0,92	0,74	0,82	0,88
Кора	0,75	0,94	0,85	0,76	0,78	0,75	0,99	0,98	0,98	0,98	1,00	0,85	0,79	0,93	0,73	0,82	0,81
Крона	0,47	0,87	0,71	0,90	0,91	0,96	0,88	0,91	0,88	0,89	0,85	1,00	0,99	0,96	0,90	0,95	0,94
Ветви $\varnothing > 1$ см	0,40	0,82	0,64	0,85	0,86	0,94	0,85	0,88	0,85	0,86	0,79	0,99	1,00	0,90	0,86	0,89	0,96
Ветви $\varnothing < 1$ см	0,61	0,93	0,78	0,89	0,90	0,91	0,93	0,94	0,92	0,92	0,93	0,96	0,90	1,00	0,87	0,95	0,87
Побеги текущего года	0,36	0,81	0,65	0,89	0,89	0,91	0,74	0,78	0,74	0,74	0,73	0,90	0,86	0,87	1,00	0,96	0,74
Хвоя	0,49	0,87	0,71	0,94	0,94	0,96	0,83	0,85	0,82	0,82	0,82	0,95	0,89	0,95	0,96	1,00	0,81
Ветви отмершие	0,49	0,82	0,68	0,80	0,81	0,89	0,87	0,89	0,87	0,88	0,81	0,94	0,96	0,87	0,74	0,81	1,00

**Параметры уравнений множественной регрессии морфологических показателей  
и фитомассы деревьев в лиственныхниках**

Функция	Параметр	Расчетные значения параметров	Стандартная ошибка	t-Критерий	p-Уровень	Доверительный порог	
						нижний	верхний
1	2	3	4	5	6	7	8
$V f D; H (R^2 = 0,96)$	$a$	-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
$V f H; D_{кр.} (R^2 = 0,92)$	$a$	-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
$P_{общ.} f D; H (R^2 = 0,95)$	$a$	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
$P_{общ.} f H; D_{кр.} (R^2 = 0,87)$	$a$	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
$P_{древ.} f D; H (R^2 = 0,94)$	$a$	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
$P_{древ.} f H; D_{кр.} (R^2 = 0,89)$	$a$	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
$P_{кор.} f D; H (R^2 = 0,96)$	$a$	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
$P_{кор.} f H; D_{кр.} (R^2 = 0,95)$	$a$	-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
$P_{кр.} f D; H (R^2 = 0,84)$	$a$	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
$P_{кр.} f H; D_{кр.} (R^2 = 0,56)$	$a$	0,0152	0,6463	0,023	0,98	-1,289	1,320
	$a_1$	0,1846	0,0360	5,128	0,00	0,112	0,257
	$a_2$	-0,0658	0,0626	-1,051	0,30	-0,192	0,061
$P_{в.кр.} f D; H (R^2 = 0,77)$	$a$	-0,0399	0,3992	-0,100	0,92	-0,845	0,766
	$a_1$	0,1109	0,0125	8,892	0,00	0,086	0,136
	$a_2$	-0,0123	0,0152	-0,814	0,42	-0,043	0,018
$P_{в.кр.} f H; D_{кр.} (R^2 = 0,47)$	$a$	-0,6685	0,829	-0,807	0,42	-2,341	1,004
	$a_1$	0,1919	0,046	4,213	0,00	0,100	0,284
	$a_2$	-0,0860	0,078	-1,100	0,28	-0,244	0,072
$P_{в.м.} f D; H (R^2 = 0,91)$	$a$	-0,6022	0,175	-3,452	0,00	-0,954	-0,250
	$a_1$	0,0963	0,006	16,857	0,00	0,085	0,108
	$a_2$	-0,0019	0,008	-0,246	0,81	-0,017	0,014
$P_{в.м.} f H; D_{кр.} (R^2 = 0,72)$	$a$	-1,7901	0,534	-3,350	0,00	-2,868	-0,712
	$a_1$	0,2033	0,030	6,878	0,00	0,144	0,263
	$a_2$	-0,0255	0,042	-0,613	0,54	-0,110	0,059
$P_{п.т.г.} f D; H (R^2 = 0,65)$	$a$	-2,6951	0,250	-10,763	0,00	-3,200	-2,190
	$a_1$	0,0797	0,010	8,314	0,00	0,060	0,100
	$a_2$	-0,0344	0,017	-1,979	0,05	-0,070	0,001



1	2	3	4	5	6	7	8
$P_{\text{п.т.г.}}$ $f$ $H$ ; $D_{\text{кр.}}$ ( $R^2 = 0,42$ )	$a$	-3,2903	0,486	-6,774	0,00	-4,271	-2,310
	$a_1$	0,1327	0,029	4,546	0,00	0,074	0,192
	$a_2$	-0,0873	0,079	-1,105	0,28	-0,247	0,072
$P_{\text{хв.}}$ $f$ $D$ ; $H$ ( $R^2 = 0,76$ )	$a$	-0,3471	0,220	-1,576	0,12	-0,792	0,097
	$a_1$	0,0827	0,008	10,320	0,00	0,067	0,099
	$a_2$	-0,0213	0,013	-1,602	0,12	-0,048	0,006
$P_{\text{хв.}}$ $f$ $H$ ; $D_{\text{кр.}}$ ( $R^2 = 0,53$ )	$a$	-1,0482	0,470	-2,229	0,03	-1,997	-0,099
	$a_1$	0,1464	0,028	5,288	0,00	0,091	0,202
	$a_2$	-0,0493	0,062	-0,790	0,43	-0,175	0,077
$P_{\text{отм.}}$ $f$ $D$ ; $H$ ( $R^2 = 0,76$ )	$a$	-0,4631	0,468	-0,989	0,33	-1,408	0,482
	$a_1$	0,1138	0,014	7,893	0,00	0,085	0,143
	$a_2$	0,0107	0,015	0,699	0,49	0,020	0,042
$P_{\text{отм.}}$ $f$ $H$ ; $D_{\text{кр.}}$ ( $R^2 = 0,52$ )	$a$	-1,0287	0,870	-1,183	0,24	-2,784	0,727
	$a_1$	0,2012	0,048	4,178	0,00	0,104	0,298
	$a_2$	-0,0301	0,070	0,433	-0,67	0,170	-0,110

Примечание.  $V$  – объем ствола в коре;  $P_{\text{общ.}}$  – общая надземная фитомасса дерева;  $P_{\text{древ.}}$  – фитомасса древесины ствола;  $P_{\text{кор.}}$  – фитомасса коры ствола;  $P_{\text{кр.}}$  – фитомасса кроны ствола;  $P_{\text{в.кр.}}$  – фитомасса ветвей  $\varnothing > 1$  см;  $P_{\text{в.м.}}$  – фитомасса ветвей  $\varnothing < 1$  см;  $P_{\text{п.т.г.}}$  – фитомасса побегов текущего года;  $P_{\text{хв.}}$  – фитомасса хвои;  $P_{\text{отм.}}$  – фитомасса отмерших ветвей;  $D$  – диаметр ствола на высоте 1,3 м от уровня земли;  $H$  – высота дерева;  $D_{\text{кр.}}$  – диаметр кроны дерева;  $R^2$  – индекс детерминации.

ваются незначительно. Масса древесины и коры стволов практически не изменяется. С увеличением среднего возраста древостоя изменяется соотношение фракций фитомассы. Так, в 16-летних лиственничниках масса крон превышает массу древесины стволов, а в 30–40-летних насаждениях она значительно меньше массы ствола. В 70-летних насаждениях доля древесины ствола составляет 70–80 % от общей массы дерева. Во всех насаждениях масса живых ветвей превышает массу хвои. Имеет место некоторое повышение доли отмерших ветвей в древостоях низких ступеней толщины стволов. С увеличением возраста деревьев и их размеров увеличивается доля стволовой древесины и уменьшается доля коры. С увеличением среднего возраста древостоя закономерно увеличиваются его общая надземная фитомасса, масса древесины стволов и коры (табл. 4).

Не прослеживается такой тенденции для массы живых и отмерших ветвей, а масса хвои остается примерно на том же уровне (изменяется незначительно). Относительно высокая масса отмерших деревьев отмечена на ПП 3, где из-за высокой густоты древостоя идет интенсивный отпад деревьев из низких ступеней толщины стволов.

Относительно высокий показатель отпада на ПП 5 и 6 является следствием наземного пожара средней интенсивности, который прошел здесь в 2009 г.

С увеличением среднего возраста древостоя изменяется и структура их органической массы. В 16-летних лиственничниках на долю массы фракций крон приходится 40 %, а на долю фракций стволов 51 %, причем доля фракции живых ветвей равна доле древесины стволов и составляет 35 %. В 30-летних древостоях на фракцию кроны приходится 23 %, а на фракцию стволов – 77 %. В 70-летнем лиственничнике доля фракции стволов возрастает до 89 %, а доля фракции кроны имеет минимальный показатель – 11 %. Доля фракции хвои уменьшается с 13 до 1 %, живых ветвей – с 35 до 6 %. Максимальный показатель доли фракций отмерших ветвей (11 %) на ПП 3 объясняется высокой степенью сомкнутости крон деревьев, вследствие чего ветви в средней и нижней частях древесного полога интенсивно отмирают. Доля фракции коры стволов с увеличением возраста древостоя изменяется незначительно: в 16-летних молодняках она составляет 16 %, в 30-летних древостоях – 17 и в 70-летних – 15 %.

Т а б л и ц а 4  
Фитомасса лиственных деревьев в абсолютном сухом состоянии пробных площадей

Пробная площадь	Состав	Возраст, лет	Запас, м <sup>3</sup> /га	Масса фракций, т/га в абсолютном сухом состоянии						Наземная часть в целом, т/га
				хвоя	ветви живые	ветви отмершие	стволы		шишки	
							древесина	кора		
1	10Л	16	38,5 (0,04)	4,472	11,816	0,346 (0,012)	11,774 (0,030)	5,447 (0,012)	-	33,855 (0,054)
2	10Л	28	73,7 (0,1)	5,205	14,311	2,994 (0,005)	23,667 (0,018)	8,377 (0,011)	0,643	55,197 (0,034)
3	10Л	30	211,9 (13,3)	3,231	10,186	12,575 (2,477)	71,251 (3,843)	20,689 (1,238)	-	117,932 (7,558)
4	10Л	37	304,8 (0,9)	3,628	16,543	9,446 (0,032)	112,367 (0,258)	21,738 (0,058)	-	163,722 (0,348)
5	10Л	70	396,6 (19,4)	2,723	10,337	7,714 (0,234)	139,885 (5,218)	28,433 (0,873)	-	189,092 (6,325)
6	10Л	76	379,9 (28,8)	2,714	9,95	7,236 (0,348)	133,871 (7,755)	27,136 (0,886)	-	180,907 (8,989)
7	10Л	42	83,2 (7,4)	5,857	16,201	3,365 (1,179)	26,732 (1,822)	9,471 (0,572)	0,686	62,312 (3,573)

Примечание. Приведены значения для живой части древостоя, значения в скобках – для сухостоя. Прочерк – компонента фитомассы отсутствует.

Показатели среднего годовичного прироста надземной фитомассы для ПП 1–7 составили: 2,1; 2,0; 4,0; 4,4; 2,7; 2,4; 1,5 т/га в год; таковые стволовой древесины: 2,4; 2,6; 7,0; 8,2; 5,7; 5,0; 2,0 м<sup>3</sup>/га в год соответственно. Максимальные величины годичной продукции отмечены на ПП 3 (7,0 м<sup>3</sup>/га в год древесины и 4 т/га в год фитомассы) и 4 (8,2 м<sup>3</sup>/га в год древесины и 4,4 т/га в год фитомассы).

Сопоставление полученных данных с результатами исследований для лиственничников сопредельных регионов Сибири [Усольцев, 2003, 2010; Ведрова, Климченко, 2007; Данилин, 2009 б; Цогт и др., 2012] показало, что исследованные нами древостои превосходят последние по темпам продукционного процесса в интервале от 16 до 70 лет, но примерно в два раза уступают по продукционной динамике лиственничникам географически близких северо-восточных районов Китая [Zhou et al., 2002; Усольцев, 2010].

Данное сравнение позволяет предположить, что лиственничные фитоценозы на южной границе их ареала имеют повышенную энергию роста и накапливают большую надземную фитомассу (продукцию) за одинаковый промежуток времени, чем близкие по типу и возрасту лиственничники в сопредельных регионах Сибири.

**Фитомасса живого напочвенного покрова лиственничников.** Существенную роль в накоплении органики в послепожарных лиственничных насаждениях играет травяной покров и его развитие. Наибольшая фитомасса травяного покрова отмечена на ПП 4, где для роста и развития травянистых растений условия питания, увлажнения и светового режима наиболее благоприятные. Минимальный показатель фитомассы определен на ПП 3, где из-за высокой густоты древостоя и сомкнутости полога встречаются лишь отдельные экземпляры травянистых растений (табл. 5).

Основываясь на полученных данных можно утверждать, что в лиственничниках разнотравно-осочковых на величину фитомассы, структуру и мозаичность напочвенного покрова наибольшее влияние оказывает густота древостоя. С уменьшением количества дере-

вьев на единицу площади фитомасса травяного покрова закономерно возрастает.

Максимальное развитие травяного покрова отмечено на прогалинах и в “окнах” древостоя, а наименее развит он в биогруппах деревьев, в зоне перекрытия их крон. Наиболее обильно в травяном покрове лиственничников представлены следующие виды: *Elymus sibiricus* L., *Geranium pratense* L., *Vicia unijuga* A. Br., *Carex amgunensis* Fr. Schmidt., *Carex lanceolata* Boott., *Galium verum* L., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Chrysanthemum zavadskii* Herb., *Artemisia laciniata* Willd., *Poa sibirica* Roshev., *Potentilla tanacetifolia* Willd.

#### **Органическая масса лесной подстилки.**

Доля отмершего органического вещества (мортмассы) за время жизни одного поколения леса может в несколько раз превышать запасы живой фитомассы. Однако роль его в лесном фитоценозе так же значительна и разнообразна, как и роль фитомассы [Ведрова, Климченко, 2007; Данилин, 2009а, б; Danilin, 2009; Краснощечков и др., 2010; Krasnoshchekov et al., 2010].

Масса отмершей органики, накопленной в лесной подстилке, закономерно увеличивается с возрастом насаждения. Максимальная ее величина была определена на ПП 4 в 37-летнем насаждении. Некоторое снижение массы подстилки в 76-летнем лиственничнике (ПП 5) связано с низовым пожаром 2009 г., при котором часть лесной подстилки (преимущественно верхний слой) сгорела.

Наибольшая масса среди фракций подстилки приходится на хвою, меньшая – на отмершие ветви и траву, наименьшая – на шишки и чешуйки коры (табл. 6).

С взрослением насаждений доля фракций отмерших ветвей в общей фитомассе подстилки увеличивается, а доля хвои несколько снижается. Это обстоятельство можно объяснить интенсивным очищением стволов деревьев от отмерших ветвей в процессе их роста и некоторым уменьшением опада хвои. Средняя мощность подстилки на всех пробных площадях примерно одинакова и составляет 2 см. В приствольных кругах ее толщина достигает 5–7 см и состоит в основном из опада хвои. Увеличение массы всех фракций подстилки в лиственничниках составляет в сред-

**Фитомасса травянистых растений напочвенного покрова лиственничных насаждений  
(кг/га абсолютно сухого вещества)**

Наименование вида растения*	Пробная площадь						
	1	2	3	4	5	6	7
	Возраст древостоя, лет						
	16	28	30	37	70	76	42
	Густота древостоя, тыс. деревьев/га						
56,2	5,7	19,8	2,9	2,1	1,9	8,3	
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Adenophora lamarckii</i> Fisch.	–	15	–	35	–	1	11
<i>Alium lineare</i> L.	–	1	–	–	–	–	–
<i>Anemone crinita</i> Juz.	–	–	–	–	–	–	2
<i>Artemisia laciniata</i> Willd.	–	16	–	–	165	184	11
<i>A. sericea</i> Web. ex Stechm.	3	–	–	15	–	–	–
<i>A. tanacetifolia</i> L.	–	–	–	–	–	–	1
<i>Astragalus membranaceus</i> (Fisch.) Bung	–	16	–	–	–	–	14
<i>Calamagrostis obtusata</i> Trin.	61	–	–	–	–	–	–
<i>Campanula glomerata</i> L.	–	7	–	–	–	–	3
<i>C. rotundifolia</i> L.	–	11	1	8	–	–	9
<i>Carex amgunensis</i> Fr. Schmidt.	99	2	1	146	219	204	5
<i>C. caespitosa</i> L.	–	–	–	–	–	–	1
<i>C. lanceolata</i> Boot.	–	25	–	310	–	–	17
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	38	1	–	–	131	128	4
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> Herb.	16	14	2	55	121	133	12
<i>Dasiphora fruticosa</i> (L.) Rydl.	–	9	–	4	–	–	6
<i>Draba sibirica</i> (Pall.) Thell.	–	–	–	–	9	7	–
<i>Elymus sibiricus</i> L.	–	3	–	161	1000	973	8
<i>Festuca ovina</i> L.	1	–	–	–	33	27	–
<i>Fragaria orientalis</i> Losinsk.	61	–	–	6	–	3	–
<i>G. verum</i> L.	–	2	–	225	–	2	3
<i>Geranium pratense</i> L.	–	–	–	515	–	–	–
<i>G. pseudosibiricum</i> I. Meyer	10	7	–	–	–	–	5
<i>Heteropappus altaicus</i> (Willd.) Novopokr.	–	2	–	–	–	–	–
<i>Lathyrus humilis</i> (Ser.) Spreng.	43	2	–	–	–	–	1
<i>Myosotis suaveolens</i> Waldst. et Kit	–	5	–	21	–	–	5
<i>Poa sibirica</i> Roshev.	–	18	–	7	146	167	14
<i>P. alpinum</i> All.	–	4	–	–	–	–	3
<i>P. viviporum</i> L.	1	18	–	–	–	–	13
<i>Potentilla tanacetifolia</i> Willd. ex Schlecht	–	118	–	–	–	–	95
<i>Pulsatilla turczaninowii</i> Kryl. et Serg.	–	–	–	48	–	–	–

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Pyrola incarnata</i> (DC.) Freyn.	–	1	–	–	–	–	–
<i>Rosa acicularis</i> Lindl.	48	–	–	–	–	3	–
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	2	38	–	57	21	25	27
<i>Saussurea elongata</i> DC.	–	–	–	–	–	–	1
<i>Sedum purpureum</i> (L.) Schult.	–	–	–	18	–	–	–
<i>Serratula centauroides</i> L.	–	35	–	38	–	–	24
<i>Stellera chamaejasme</i> L.	–	4	–	–	–	–	2
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	–	7	–	–	–	–	5
<i>Thalictrum minus</i> L.	–	–	1	–	60	64	–
<i>T. simplex</i> L.	–	37	–	45	11	13	33
<i>Trisetum sibiricum</i> Rupr.	–	–	–	–	–	–	7
<i>Valeriana officinalis</i> L.	–	–	–	5	–	–	–
<i>Vicia cracca</i> L.	–	–	–	–	–	–	3
<i>Vicia unijuga</i> A. Br.	–	–	–	410	–	–	5
<i>Vicia uniflora</i> L.	–	1	–	–	–	–	2
Итого	383	419	5	2129	1916	1934	352

\* Видовой состав травянистых растений определен по В. И. Грубову [1982]. Прочерк – отсутствие вида.

Т а б л и ц а 6

## Органическая масса лесной подстилки в лиственничниках

Пробная площадь	Возраст древос- тая, лет	Густота дре- востоя, тыс. деревьев/га	Масса фракции, т/га (%)				Общая масса лесной подстилки, т/га (%)
			хвоя	ветви	травы	шишки и чешуйки коры	
1	16	56,2	8,923 (81,5)	0,953 (8,7)	0,712 (6,5)	0,360 (3,3)	10,948 (100)
2	28	5,7	11,566 (82,4)	1,071 (7,6)	1,071 (7,6)	0,330 (2,4)	14,038 (100)
3	30	19,8	15,754 (86,3)	2,486 (13,6)	–	0,005 (0,1)	18,245 (100)
4	37	2,9	17,262 (71,2)	3,653 (15,1)	1,974 (8,1)	1,346 (5,6)	24,235 (100)
5	70	2,1	8,354 (55,8)	5,344 (35,7)	1,171 (7,8)	0,108 (0,7)	14,977 (100)
6	76	1,9	8,343 (57,1)	4,980 (34,1)	1,189 (8,2)	0,094 (0,6)	14,606 (100)
7	42	8,3	12,218 (75,5)	2,545 (15,7)	0,997 (6,2)	0,417 (2,6)	16,177 (100)

Примечание. Масса фракции приведена в абсолютно сухом состоянии в т/га; в скобках показана доля фракции от общей массы подстилки в %. Прочерк – отсутствие компоненты подстилки.

нем 0,6 т/га в год органического вещества в абсолютно сухом состоянии, без учета процессов лигнификации и разложения органики.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Структура надземной органической массы в послепожарных лиственничных насаждениях разнотравно-осочкового типа, на южной границе ареала распространения лесной растительности тесно связана с их таксационными показателями – возрастом, густотой и продуктивностью.

Запасы органической массы в 70-летних лиственничниках достигают 212 т/га. С увеличением возраста насаждений доля надземной фитомассы закономерно увеличивается, а некромассы – уменьшается. Главным компонентом является древесный ярус, на который приходится от 75 до 92 % всей массы органического вещества лиственничных насаждений послепожарного формирования.

Основная часть отмершей растительной массы концентрируется в подстилке, доля ее изменяется с возрастом древостоя от 24 до 7 %.

Доля фитомассы травяного покрова стабильна и не превышает 1%. Максимальная продуктивность всей надземной части лиственничных фитоценозов превышает 7 т/га в год органического вещества. Максимальный годичный прирост фитомассы древесного яруса за 70-летний жизненный цикл составляет 4,4 т/га, подстилки – 0,6 и травяного покрова – 2,1 т/га.

В сравнении с насаждениями других районов произрастания общие запасы фитомассы лиственничных фитоценозов закономерно возрастают по зональному градиенту от границы лесотундры до забайкальской южной тайги и северных районов Монголии, что подтверждается исследованиями других авторов.

Восстановление лесного покрова эдификатором и формирование исходной лиственничной ценопопуляции является позитивным с экологической точки зрения процессом, так как лиственница сибирская в возрастной группе молодняков и средневозрастных древостоев обладает достаточно высокой для данного района энергией роста и темпами продуцирования фитомассы, более чем в два раза превышая спелые насаждения по количеству

закрепленного углерода атмосферы и имеет положительные значения баланса углерода и суммарной деструкции органического вещества по параметрам входа выхода.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ведрова Э. Ф., Климченко А. В. Динамика экологических функций лиственничников северной тайги под воздействием пожаров // Сиб. экол. журн. 2007. Т. 14, № 2. С. 263–273.
- Грубов В. И. Определитель сосудистых растений Монголии (с атласом). Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1982. 442 с.
- Данилин И. М. Структура послепожарных березняков на южном пределе распространения // Лесоведение. 2009а. № 3. С. 20–31.
- Данилин И. М. Структурно-функциональная организация лиственничного фитоценоза после восстановительной сукцессии на севере Средней Сибири // Сиб. экол. журн. 2009б. Т. 16, № 1. С. 77–90 [Danilin I. M. Structural and functional organization of a larch phytocenosis in a postfire progressive succession in the north of Central Siberia // Contemporary Problems of Ecology. 2009. Vol. 2, N 1. P. 55–65].
- Данилин И. М., Наурызбаев М. М., Цогт З. Ход роста древостоев псевдотаежных лиственничников в Центральном Хангае (Монголия) // Хвойные бореальной зоны. 2010. Т. 27, № 3–4. С. 306–311.
- Данилин И. М., Цогт З. Восстановление лесов на вырубках и гарях в Монголии // Проблемы региональной экологии. 2012. № 1. С. 7–13.
- Доржсүрэн Ч. Антропогенные сукцессии в лиственничных лесах Монголии // Биологические ресурсы и природные условия Монголии: тр. совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции. М.: Ин-т проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, 2009. Т. 50. 260 с.
- Дугаржав Ч. Лиственничные леса Монголии (современное состояние и воспроизводство): автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 1996. 59 с.
- Карта лесов Монгольской Народной Республики (М 1 : 1 500 000). М.: ГУГК МНР и ГУГК СССР, 1983.
- Краснощечков Ю. Н., Евдокименко М. Д., Чередникова Ю. С., Болонева М. В. Послепожарное функционирование лесных экосистем в Восточном Прибайкалье // Сиб. экол. журн. 2010. Т. 17, № 2. С. 221–230 [Krasnoshchekov Y. N., Evdokimenko M. D., Cherednikova Yu. S., Boloneva M. V. Post-fire functioning of Eastern Cisbaikalian forest ecosystems // Contemporary Problems of Ecology. 2010. Vol. 3, N 2. P. 161–166].
- Леса Монгольской Народной Республики (лиственничные леса Центрального Хангаля) / Е. Н. Савин, И. А. Коротков, Ю. Н. Краснощечков, А. В. Огородников, В. М. Яновский, Ч. Дугаржав, Ч. Доржсүрэн. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. 150 с.
- Леса Монгольской Народной Республики: Лиственничные леса Восточного Хэнтэя / Е. Н. Савин, Л. И. Милютин, Ю. Н. Краснощечков, И. А. Коротков, А. В. Сунцов, Ч. Дугаржав, Ц. Дашзэвэг, З. Цогоо, Ч. Дорж-

- сурэн, С. Жамьянсурэн, Н. Гомбосурэн. М.: Наука, 1988. 176 с.
- Савин Е. Н. Лесовосстановление светлохвойных лесов МНР (природа лесовозобновления, лесоводственные мероприятия): дис. в форме науч. докл. ... д-ра с.-х. наук. Красноярск: Ин-т леса и древесины СО АН СССР, 1985. 50 с.
- Усольцев В. А. Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 573 с.
- Усольцев В. А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных, таблицы биопроductивности, география // Сиб. экол. журн. 2003. Т. 10, № 6. С. 659–667.
- Фураев В. В., Злобина Л. П. Глобальные изменения экологических функций бореальных лесов Евразии вследствие нарушения их пожарами // Там же. 2001. Т. 8, № 6. С. 661–665.
- Цогт З., Доржсурэн Ч., Слемнев Н. Н., Ярмишко В. Т. Опыт оценки биологической продуктивности псевдо-таежных лиственничников Центрального Хангая (Монголия) // Раст. ресурсы. 2012. Т. 48, вып. 2. С. 303–310.
- Ecosystems of Mongolia. Atlas. Moscow: Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, 2005. 48 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 // Forest Ecology and Management. 2002. Vol. 169, N 1–2. P. 149–157.

## Dynamics of Structure and Biological Productivity of Post-Fire Larch Forests in Northern Mongolia

I. M. DANILIN<sup>1</sup>, Z. TSOGT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS  
660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50/28  
E-mail: danilin@ksc.krasn.ru

<sup>2</sup> Institute of Botany Mongolian Academy of Sciences  
Mongolia, Ulaanbaatar – 51, Zukov str., 77  
E-mail: ztsogt@yahoo.com

Peculiarities of forming and growth of post-fire larch (*Larix sibirica* Ledeb.) forests at the southern range of their distribution in Northern Mongolia were studied. Regularities of the stand structure and dynamics of biological productivity were analyzed and discussed in the paper. It was proved that the structure of the organic mass of the post-fire herb-carex type larch forests at the southern border of forest vegetation distribution is closely related to their biometric indices: age, density and productivity. In comparison to tree stands from other areas of forest vegetation the total phytomass stock of larch phytocenoses increases by zonal gradient from forest-tundra border to Transbaikalian southern taiga and northern regions of Mongolia. Regeneration of forest cover by the edificator and formation of the original larch coenopopulation are positive trends from the ecological point of view, because Siberian larch forests in the area have sufficiently high growth energy and rate of phytomass production during young and middle-age periods, absorbing twice more carbon from the atmosphere than mature forests. It also has positive values of carbon balance and total decomposition of organic matter (“in-out” parameters).

**Key words:** post-fire larch forests, dynamics, structure, biological productivity, Northern Mongolia.