

УДК 551.588.6:581.132 (470.22)

В. А. Усольцев, С. В. Залесов, Ю. В. Усольцева, И.В. Платонов,
Е.В. Белоусов, В.В. Терентьев, В.В. Кириллова
(Уральский государственный лесотехнический университет)

ТАБЛИЦЫ БИОПРОДУКТИВНОСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ БЕРЕЗНЯКОВ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ И ИХ ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Сформирована база данных о фитомассе березы из 476 определений на территории от Англии до Японии, по которым рассчитаны системы многофакторных уравнений, дифференцированные по 29 регионам Северной Евразии. Впервые создан комплект из 64 ТБП, совмещенных с традиционными ТХР, и установлено снижение нормативных показателей фитомассы в ТБП в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в районе Якутска.

Цель настоящей работы – сформировать базу данных о фитомассе березы, широко представленной в Северной Евразии, построить по ним систему регрессионных моделей, состыковать их с имеющимися таблицами хода роста березняков (ТХР) и выявить зонально-провинциальные закономерности распределения нормативных (табличных) значений фитомассы на территории Северной Евразии.

Сформированная нами база данных о фитомассе рода *Betula* (рис. 1) состоит из 476 (включая собственные) определений ее фракционного состава, взятых из 128 литературных источников, в том числе: 452 – для *B. pendula* и *B. pubescens* (провинции Средне-Европейская, Скандинавско-Русская, Восток Русской равнины, Уральская, Западно-Сибирская, Средне-Сибирская, Восточно-Сибирская, Дальний Восток (Приморье), Забайкальская, Алтае-Саянская, Кавказско-Малоазиатская); 6 – для *B. tortuosa* (лестундра Востока Русской равнины и средняя тайга Восточно-Сибирской провинции), а также по 1-3 определениям для *B. kusmisscheffii* (северная тайга Востока Русской равнины), *B. ermani* (северная тайга Дальнего Востока, южная тайга Забайкалья и Япония), *B. platyphylla* (средняя тайга Дальнего Востока и Япония), *B. costata* (Дальний Восток, Приморье), *B. maximowicziana* и *B. grossa* (Япония), *B. gmelini* и *B. lanata* (южная тайга Забайкалья). Подавляющая часть экспериментальных данных (95%) приходится на долю *B. pendula* и *B. pubescens*, анализируемых далее совмест-

но. Аналогичным образом совместно проанализированы *B. ermani*, *B. platyphylla*, *B. maximowicziana* и *B. grossa* в Японии, а остальные малочисленные данные (*B. tortuosa*, *B. kusmisscheffii*, *B. japonica*, *B. ermani*, *B. costata*, *B. platyphylla*, *B. gmelini*, *B. lanata*) включены в анализ по регионам вместе с *B. pendula* и *B. pubescens*.

Экспериментальные данные после нанесения на схему зонально-провинциального деления территории распределились по 29 регионам (см. рис. 1), схема кодировки которых блоковыми фиктивными переменными дана в табл. 1. В качестве исходной принята подзона широколиственных лесов Средне-Европейской провинции (см. рис. 1). Все регионы закодированы блоковыми фиктивными переменными X_0, \dots, X_{28} [1], которые включены в структуру регрессионной модели фитомассы, имеющей общий вид [2]:

$$\ln(P_i/M) \text{ или } \ln P_i = f(X_0, \dots, X_{28}, \ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln M), \quad (1)$$

где P_i - фитомасса в абсолютно сухом состоянии стволов с корой, коры стволов, скелета ветвей, хвои, корней и нижних ярусов растительности (соответственно $P_S, P_{SB}, P_B, P_F, P_R$ и P_U), т/га;

M - запас стволовой древесины, м³/га;

A - возраст древостоя, лет;

H - средняя высота деревьев, м;

D - средний диаметр, см, и N - число стволов, тыс. экз./га.

Характеристика уравнений (1) приведена в табл. 2. Уравнения (1) в табл. 2 работают по принципу «Что будет, если...?», и для получения нормативных показателей запасов фитомассы в возрастной динамике в том или ином регионе мы совместили их с набором имеющихся ТХР путем табулирования моделей по массоопределяющим показателям A, H, D, N и запасам M в упомянутых ТХР. В результате получен набор из 64 ТБП березняков. Некоторые из них для трех подзон Уральской провинции приведены в табл. 3.

Поскольку диапазон локальных флуктуаций производительности насаждений, опосредованный в региональных наборах ТБП классами бонитета или типами леса, превышает таковой, обусловленный индексом континентальности климата, все таблицы (как и ТБП естественных сосняков в одной из статей настоящего сборника) подразделяются на две категории. В первую категорию вошли ТБП нормальных (сомкнутых), а во вторую – ТБП модальных древостоев.

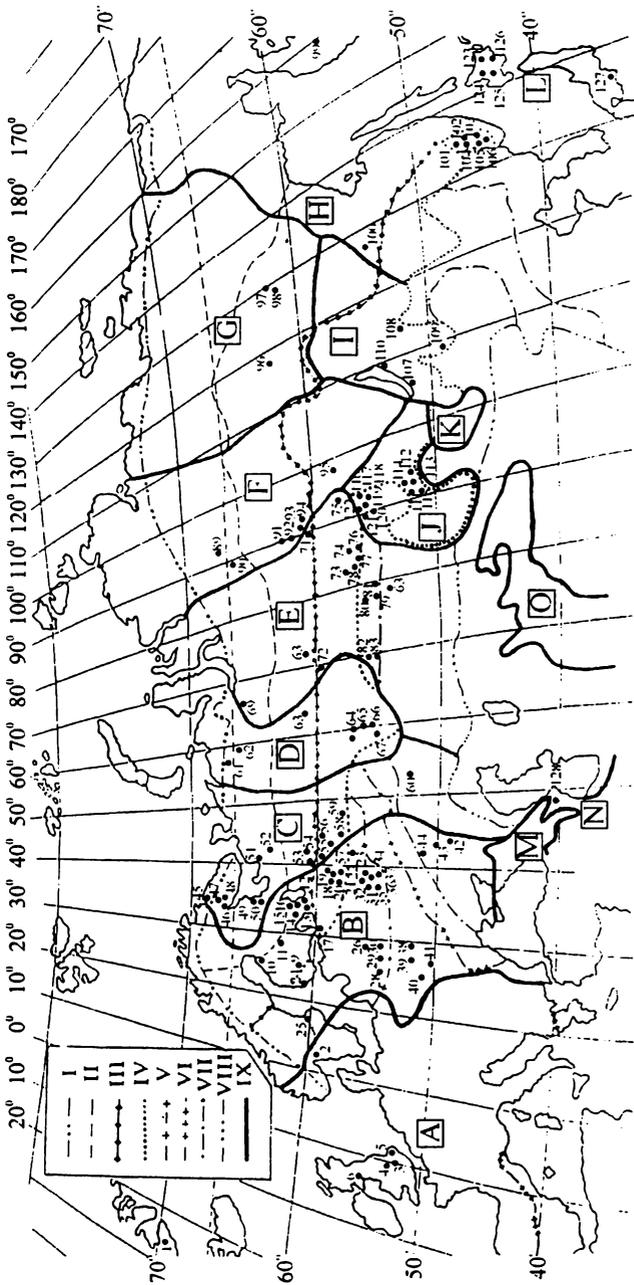


Рис. 1. География экспериментальных данных о фитомассе безземельных насаждений: I – южная граница тундры; II – южная граница подзоны северной тайги; III – южная граница подзоны средней тайги; IV – южная граница подзоны южной тайги; V – южная граница хвойно-широколиственных лесов; VI – юго-восточная граница широколиственных лесов; VII – южная граница лесостепи; VIII – южная граница степи [3]; IX – границы лесостепей провинций Сибири. Выделены провинции [4, 5]: А – Средне-Европейская; В – Скандинавско-Русская (включая юг Русской равнины); С – Восток Русской равнины (включая Западно-Казахстанскую провинцию на юге); D – Уральская; Е – Западно-Сибирская (включая Восточно-Казахстанскую провинцию на юге); F – Средне-Сибирская; G – Восточно-Сибирская; H – Дальний Восток; I – Забайкальская горная; J – Алтае-Саянская горная; K – Центрально-Хангайская; L – Японские острова; M – Причерноморская; N – Кавказско-Малоазиатская; O – Памяти-Гяньшанская. Каждая точка на схеме соответствует одной или нескольким территориально сближенным пробным площадям

Таблица 1

Схема кодирования блоковыми переменными региональных массивов данных о фитомассе березы

Регион	Блочные фиктивные переменные																													
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈		
СЕш	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
СРср	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
СРюж	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
СРхш	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
СРст	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ВРлт	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ВРсев	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ВРср	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ВРюж	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
УРсев	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
УРср	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
УРюж	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ЗСлт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ЗСср	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ЗСюж	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ЗСлс	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ЗСст	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ССт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ССсев	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ССср	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ВСср	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
ЛВср	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
ДВхш	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
ЗБюж	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
АСюж	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
АСлс	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ЯП	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
КМ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Обозначения регионов в таблице 1:

СЕш – Средне-Европейская провинция, широколиственные леса; **СРср** – Скандинавско-Русская провинция, средняя тайга; **СРюж** – Скандинавско-Русская провинция, южная тайга; **СРхш** – Скандинавско-Русская провинция, хвойно-широколиственные леса; **СРш** – Скандинавско-Русская провинция, широколиственные леса; **СРст** – Скандинавско-Русская провинция, степь; **ВРлт** – Восток Русской равнины, лесотундра; **ВРсев** – Восток Русской равнины, северная тайга; **ВРср** – Восток Русской равнины, средняя тайга; **ВРюж** – Восток Русской равнины, южная тайга; **УРсев** – Уральская провинция, северная тайга; **УРср** – Уральская провинция, средняя тайга; **УРюж** – Уральская провинция, южная тайга; **ЗСлт** – Западно-Сибирская равнинная провинция, лесотундра; **ЗСср** – Западно-Сибирская равнинная провинция, средняя тайга; **ЗСюж** – Западно-Сибирская равнинная провинция, южная тайга; **ЗСлс** – Западно-Сибирская равнинная провинция, лесостепь; **ЗСст** – Западно-Сибирская равнинная провинция, степь; **ССт** – Средне-Сибирская плоскогорная провинция, тундра; **ССсев** – то же, северная тайга; **ССср** – то же, средняя тайга; **ВСср** – Восточно-Сибирская провинция, средняя тайга; **ДВср** – Дальний Восток, средняя тайга; **ДВхш** - дальневосточное Приморье, хвойно-широколиственные леса; **ЗБюж** – Забайкальская горная провинция, южная тайга; **АСюж** – Алтае-Саянская горная провинция, южная тайга; **АСлс** – Алтае-Саянская горная провинция, лесостепь; **ЯП** – Японские острова; **КМ**- Кавказско-Малоазиатская провинция.

Таблица 2

Характеристика уравнений (1)

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (1)				
	a_0	$a_1 X_1$	$a_2 X_2$	$a_3 X_3$	$a_4 X_4$
$\ln(P_S)$, т/га	-0,6852	0,0436	0,0668	-0,0015	0,1293
$\ln(P_{SB})$, т/га	-1,1036	-0,1788	-0,1142	-0,0461	0,2705
$\ln(P_{\neq/M})$, т/м ³	-0,5701	1,1759	0,9632	0,8273	0,6578
$\ln(P_{\neq/M})$, т/м ³	0,9469	-0,6993	-0,7959	-0,5410	-0,4625
$\ln(P_{\neq/M})$, т/м ³	-3,8864	-0,2550	-0,1392	-0,2772	0,3995
$\ln(P_{\neq/M})$, т/м ³	2,2644	-0,5742	-1,3100	-0,6778	0,6833
Зависимые переменные	$a_5 X_5$	$a_6 X_6$	$a_7 X_7$	$a_8 X_8$	$a_9 X_9$
$\ln(P_S)$, т/га	0,2436	-0,0061	-0,0377	-0,0134	0,0154
$\ln(P_{SB})$, т/га	0,2705	0,0527	0,0527	0,3360	0,3360
$\ln(P_{\neq/M})$, т/м ³	0,9180	-0,2017	1,3048	1,2878	1,0699

Продолжение табл. 2

$\ln(P_B/M), \text{т/м}^3$	-0,1453	-0,0098	-0,5165	-0,5536	-0,4458
$\ln(P_R/M), \text{т/м}^3$	-0,2275	0,1549	0,0433	0,1505	-0,2706
$\ln(P_U/M), \text{т/м}^3$	-1,6786	0,3367	-0,2077	-1,5503	-0,9581
Зависимые переменные	$a_{10} X_{10}$	$a_{11} X_{11}$	$a_{12} X_{12}$	$a_{13} X_{13}$	$a_{14} X_{14}$
$\ln(P_S), \text{т/га}$	0,1170	0,2079	0,0470	-0,0633	0,0521
$\ln(P_{SB}), \text{т/га}$	0,1951	-0,0522	0,1634	0,0527	-0,0616
$\ln(P_F/M), \text{т/м}^3$	1,1162	1,1116	0,9144	0,7170	1,2650
$\ln(P_B/M), \text{т/м}^3$	-0,7433	-1,1402	-0,5551	-0,4757	-0,5923
$\ln(P_R/M), \text{т/м}^3$	0,7185	0,1505	0,1505	1,1061	0,1505
$\ln(P_U/M), \text{т/м}^3$	0,3615	-0,8256	-0,8256	-0,8527	-1,1837
Зависимые переменные	$a_{15} X_{15}$	$a_{16} X_{16}$	$a_{17} X_{17}$	$a_{18} X_{18}$	$a_{19} X_{19}$
$\ln(P_S), \text{т/га}$	0,0550	0,0315	0,0294	0,1806	0,1340
$\ln(P_{SB}), \text{т/га}$	-0,0616	0,3798	0,3847	0,0527	-0,1339
$\ln(P_F/M), \text{т/м}^3$	1,1715	0,9468	0,8333	0,8985	0,2513
$\ln(P_B/M), \text{т/м}^3$	-0,4179	-0,3324	-0,2061	-0,1236	-0,6931
$\ln(P_R/M), \text{т/м}^3$	0,2610	-0,0790	0,5379	2,6402	0,1505
$\ln(P_U/M), \text{т/м}^3$	-0,0584	-0,9681	0,0635	1,0844	-0,9439
Зависимые переменные	$a_{20} X_{20}$	$a_{21} X_{21}$	$a_{22} X_{22}$	$a_{23} X_{23}$	$a_{24} X_{24}$
$\ln(P_S), \text{т/га}$	0,2214	0,1991	-0,0293	-0,0393	0,0106
$\ln(P_{SB}), \text{т/га}$	-0,0314	-0,4677	-0,0616	0,1299	0,0973
$\ln(P_F/M), \text{т/м}^3$	0,4226	0,6826	0,4391	0,6296	-0,3585
$\ln(P_B/M), \text{т/м}^3$	-0,4860	-0,2408	-0,6288	-0,3456	0,4192
$\ln(P_R/M), \text{т/м}^3$	0,2610	0,1505	0,6222	0,0249	-0,3607
$\ln(P_U/M), \text{т/м}^3$	-1,3958	-1,4764	-0,3887	-1,1582	-1,5099
Зависимые переменные	$a_{25} X_{25}$	$a_{26} X_{26}$	$a_{27} X_{27}$	$a_{28} X_{28}$	$a_{29} (\ln A)$
$\ln(P_S), \text{т/га}$	0,0804	0,0878	0,1079	0,0053	-
$\ln(P_{SB}), \text{т/га}$	-0,0592	0,4085	0,0973	0,2705	-
$\ln(P_F/M), \text{т/м}^3$	0,5381	0,6241	0,6882	0,8651	-0,9632
$\ln(P_B/M), \text{т/м}^3$	-0,3966	-0,2315	-0,3818	-0,1216	-0,6730
$\ln(P_R/M), \text{т/м}^3$	-0,3607	-0,7901	0	-0,2275	1,9379
$\ln(P_U/M), \text{т/м}^3$	-1,2562	-0,8368	-1,1582	-2,9230	-
Зависимые переменные	$a_{30} (\ln A)^2$	$a_{31} (\ln M)$	$a_{32} (\ln D)$	$a_{33} (\ln N)$	$a_{34} (\ln H)$
$\ln(P_S), \text{т/га}$	-	0,9764	0,0401	-	-
$\ln(P_{SB}), \text{т/га}$	-	-	-	-	-
$\ln(P_F/M), \text{т/м}^3$	0,1155	-	0,2490	-	-1,0763

Окончание табл. 2

$\ln(P_B/M), \text{т/м}^3$	0,0817	-	-	-0,1531	-
$\ln(P_R/M), \text{т/м}^3$	-0,2549	-	-	-	-0,5734
$\ln(P_U/M), \text{т/м}^3$	-	-	-	-0,4151	-2,0482
Зависимые переменные	$a_{35} (\ln P_S)$	$a_{36} \ln(P_F/M)$		R^2	SE
$\ln(P_S), \text{т/га}$	-	-	-	0,983	0,128
$\ln(P_{SB}), \text{т/га}$	0,7913	-	-	0,959	0,183
$\ln(P_F/M), \text{т/м}^3$	-	-	-	0,792	0,325
$\ln(P_B/M), \text{т/м}^3$	-	0,4170	-	0,711	0,212
$\ln(P_R/M), \text{т/м}^3$	-	-	-	0,835	0,263
$\ln(P_U/M), \text{т/м}^3$	-	-	-	0,646	0,963

Таблица 3

Таблицы биологической продуктивности березняков Уральской провинции, совмещенные с традиционными ТХР

А. лет	Н. м	D. см	G. м ² /га	N. тыс. экз./га	M. м ³ /га	Фитомасса, т/га							
						P_S	P_{SB}	P_F	P_B	P_{abo}	P_R	P_U	P_{tot}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Северная тайга													
1. Сомкнутые березняки с елью, Коми (ТХР: Н В. Огородов; цит. по: [6]. Фитомасса рассчитана для состава 10Б по объединенному ярусу													
Кисличный тип; бонитет I													
30	14,8	10,5	20,2	1,439	141	78,1	12,7	3,46	9,1	90,6	48,4	6,72	145,8
40	17,3	13,1	28,1	1,283	222	122,7	18,1	4,66	13,3	140,7	72,3	8,04	221,0
50	19,5	15,7	32,1	1,020	285	157,8	22,1	5,39	16,7	179,9	86,6	8,87	275,4
60	21,1	17,9	35,3	0,870	340	188,4	25,5	6,06	19,9	214,3	96,9	9,61	320,8
70	22,5	19,8	37,6	0,757	387	214,7	28,2	6,62	22,7	244,0	103,4	10,23	357,7
80	23,5	21,5	39,0	0,664	420	233,3	30,1	7,04	25,1	265,4	105,7	10,74	381,9
90	24,4	23,1	39,3	0,580	442	245,9	31,4	7,27	26,9	280,1	104,6	10,99	395,7
Зеленомошный тип; бонитет II													
20	11,1	5,2	11,8	3,427	59	32,4	6,3	1,81	3,9	38,1	21,1	3,53	62,8
30	12,2	7,2	21,9	3,348	116	63,6	10,8	3,18	6,9	73,6	44,4	5,77	123,8
40	14,3	9,8	26,6	2,154	169	93,0	14,6	4,07	9,9	106,9	61,5	7,34	175,8
50	16,1	12,3	30,8	1,591	224	123,5	18,2	4,91	13,1	141,5	76,0	8,62	226,1
60	17,8	14,5	34,2	1,275	276	152,4	21,5	5,63	16,1	174,2	86,9	9,52	270,6
70	19,2	16,3	36,5	1,076	321	177,5	24,3	6,21	18,8	202,5	94,0	10,16	306,7
80	20,4	17,9	37,9	0,928	355	196,6	26,3	6,62	21,0	224,2	96,9	10,55	331,7

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
90	21,4	19,2	38,3	0,815	378	209,6	27,7	6,83	22,7	239,1	96,4	10,66	346,2
100	22,3	20,2	37,6	0,722	387	214,9	28,2	6,86	23,7	245,4	92,7	10,61	348,7
Черничный тип: бонитет III													
20	12,0	8,2	19,1	2,231	112	61,8	10,5	3,54	8,0	73,3	38,2	6,83	118,3
30	14,4	12,2	21,6	1,140	146	81,3	13,1	3,83	10,0	95,1	50,9	8,10	154,1
40	15,1	14,1	31,5	1,238	224	124,2	18,3	5,55	14,4	144,2	78,9	10,91	234,0
50	16,8	15,7	34,9	1,106	272	150,8	21,3	6,07	16,9	173,7	90,2	11,20	275,1
60	18,2	17,2	37,0	0,980	312	173,0	23,8	6,47	19,1	198,5	96,9	11,42	306,9
70	19,2	18,4	37,6	0,874	333	184,8	25,1	6,63	20,4	211,8	97,4	11,44	320,7
80	20,0	19,3	37,0	0,780	341	189,5	25,6	6,60	21,1	217,2	94,1	11,30	322,6
90	20,6	19,9	35,3	0,701	334	186,0	25,2	6,37	21,0	213,3	87,2	10,91	311,4
100	20,9	20,3	33,0	0,627	317	176,9	24,2	6,02	20,4	203,3	78,7	10,47	292,5
Средняя тайга													
1. Модальные березняки Среднего Урала (ТХР: [7])													
20	9,6	6,5	15,6	2,900	95	57,1	7,7	3,59	4,7	65,4	20,9	2,50	88,7
30	13,4	7,3	19,4	2,859	152	90,7	11,1	3,77	6,0	100,4	31,3	2,04	133,7
40	17,3	10,2	23,4	1,766	220	131,9	15,0	4,32	8,2	144,4	40,6	2,13	187,1
50	20,4	14,6	26,0	0,958	277	167,6	18,1	4,89	10,7	183,2	46,5	2,47	232,1
60	21,8	17,6	27,4	0,695	310	188,4	19,9	5,30	12,4	206,1	49,2	2,76	258,1
70	22,5	19,6	27,9	0,570	325	198,2	20,7	5,52	13,4	217,1	49,2	2,94	269,2
80	23,3	21,2	28,6	0,500	340	207,8	21,5	5,69	14,2	227,7	48,7	3,03	279,4
90	23,8	22,3	29,0	0,458	354	216,6	22,2	5,91	15,1	237,6	48,2	3,13	288,9
100	24,2	23,2	29,4	0,429	365	223,5	22,8	6,10	15,9	245,4	47,3	3,20	295,9
Южная тайга													
1. Сомкнутые березняки Среднего Урала (ТХР: Д. А. Милованович; цит. по: [6])													
Травяной тип; бонитет III													
20	7,5	6,0	15,1	5,341	57	29,4	5,7	2,26	4,7	36,4	14,4	1,93	52,8
30	11,0	9,0	17,5	2,751	91	47,2	8,2	2,41	6,6	56,2	21,0	1,86	79,0
40	14,0	11,7	19,5	1,814	126	65,5	10,7	2,64	8,6	76,8	26,2	1,86	104,9
50	16,4	14,0	21,6	1,404	160	83,3	12,9	2,90	10,6	96,8	30,4	1,90	129,2
60	18,1	16,3	23,7	1,136	193	100,7	15,0	3,25	12,8	116,7	34,1	2,05	152,8
70	19,5	18,2	25,8	0,992	226	118,0	17,0	3,61	14,9	136,5	37,1	2,18	175,8
80	20,5	19,8	27,2	0,883	249	130,1	18,4	3,86	16,6	150,6	38,4	2,27	191,3
90	21,2	21,2	28,2	0,799	266	139,2	19,4	4,08	18,1	161,3	38,7	2,36	202,4
100	21,8	22,2	28,9	0,747	280	146,6	20,2	4,25	19,3	170,1	38,5	2,42	211,1

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
110	22,3	23,2	29,4	0,696	291	152,5	20,9	4,41	20,4	177,3	37,9	2,47	217,7
120	22,7	24,0	29,9	0,661	301	157,8	21,4	4,56	21,5	183,9	37,2	2,52	223,6
Злаковый тип; бонитет II													
20	8,8	6,7	17,5	4,963	74	38,1	7,0	2,54	5,8	46,5	17,1	1,87	65,4
30	12,7	10,0	20,0	2,546	119	61,6	10,2	2,78	8,3	72,7	25,2	1,87	99,8
40	16,1	13,2	22,6	1,652	168	87,2	13,4	3,12	11,1	101,4	32,3	1,94	135,7
50	19,2	16,4	25,2	1,193	219	114,0	16,6	3,49	14,1	131,5	38,1	2,02	171,6
60	21,5	19,1	27,8	0,970	267	139,1	19,4	3,88	17,0	160,0	42,7	2,13	204,8
70	23,1	21,3	29,6	0,831	304	158,6	21,5	4,20	19,4	182,3	45,3	2,23	229,8
80	24,1	23,2	30,7	0,726	328	171,4	22,9	4,45	21,3	197,2	46,1	2,33	245,6
90	25,0	25,0	31,6	0,644	349	182,7	24,1	4,67	23,1	210,5	46,2	2,42	259,1
100	25,6	26,4	32,2	0,588	364	190,7	24,9	4,86	24,6	220,2	45,6	2,50	268,4
110	26,2	27,8	32,7	0,539	378	198,3	25,7	5,04	26,1	229,5	44,9	2,56	276,9
120	26,7	29,0	33,1	0,501	390	204,8	26,3	5,20	27,5	237,5	43,9	2,62	284,1
2. Сомкнутые березняки Среднего Урала (ТХР: Л. А. Лысов; цит. по: [8])													
Липняковый тип													
10	6,8	4,7	12,3	7,110	62	31,6	6,0	3,28	6,5	41,4	11,1	2,28	54,8
20	12,3	9,0	18,8	3,123	134	68,9	11,1	3,45	10,0	82,4	25,6	2,06	110,0
30	16,5	12,7	23,2	1,827	195	100,7	15,0	3,64	13,1	117,4	35,6	2,05	155,1
40	19,6	16,0	25,7	1,279	245	127,0	18,0	3,86	15,7	146,6	42,1	2,10	190,8
50	21,7	18,5	27,6	1,026	286	148,6	20,4	4,11	18,0	170,7	46,3	2,18	219,3
60	23,4	20,6	29,0	0,871	320	166,5	22,4	4,33	20,1	191,0	48,7	2,24	241,9
70	24,8	22,7	30,3	0,748	348	181,5	23,9	4,53	22,1	208,0	49,8	2,30	260,1
80	25,8	24,7	31,3	0,653	370	193,3	25,2	4,74	23,9	221,9	50,0	2,39	274,3
90	26,6	26,5	32,0	0,580	388	203,0	26,2	4,93	25,6	233,5	49,6	2,47	285,6
100	27,2	28,1	32,5	0,524	402	210,7	26,9	5,10	27,1	242,9	48,7	2,55	294,1
110	27,7	28,6	32,9	0,478	412	216,0	27,5	5,21	28,4	249,5	47,4	2,62	299,5
120	28,0	31,0	33,2	0,440	420	220,8	28,0	5,41	29,8	256,0	46,0	2,70	304,7
Разнотравный и ягодниковый типы													
10	5,2	3,7	9,1	8,465	37	18,9	4,0	2,46	4,2	25,6	7,7	2,20	35,4
20	9,9	7,3	15,1	3,786	93	47,8	8,3	2,87	7,3	58,0	20,1	2,06	80,1
30	13,7	10,6	19,7	2,239	145	74,9	11,9	3,16	10,0	88,1	29,5	2,05	119,6
40	16,9	13,8	23,1	1,540	189	98,0	14,7	3,37	12,4	113,8	35,3	2,03	151,1
50	19,4	16,7	25,2	1,151	227	118,1	17,0	3,59	14,6	136,3	39,2	2,08	177,6
60	21,2	19,1	26,7	0,934	258	134,5	18,9	3,81	16,6	155,0	41,6	2,15	198,7

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
70	22,4	20,8	27,8	0,818	283	147,8	20,3	4,02	18,4	170,1	42,9	2,22	215,3
80	23,4	22,3	28,6	0,731	302	157,9	21,4	4,19	19,8	181,9	43,1	2,27	227,3
90	24,2	24,0	29,3	0,648	317	166,0	22,3	4,35	21,2	191,6	42,7	2,34	236,7
100	24,8	25,5	29,9	0,583	329	172,6	23,0	4,50	22,5	199,6	42,0	2,42	244,0
110	25,2	26,8	30,2	0,535	338	177,5	23,5	4,65	23,7	205,9	41,0	2,49	249,4
120	25,4	27,7	30,5	0,506	344	180,9	23,9	4,79	24,7	210,3	39,9	2,55	252,7
Травяно-зеленомошный тип													
10	4,0	2,9	6,8	10,303	22	11,3	2,7	1,83	2,6	15,7	5,3	2,06	23,1
20	7,9	6,0	12,9	4,607	62	31,9	6,1	2,33	5,1	39,4	15,2	2,01	56,6
30	11,5	9,0	16,6	2,594	103	53,3	9,1	2,61	7,4	63,3	23,1	1,96	88,4
40	14,2	11,5	19,7	1,894	142	73,6	11,7	2,92	9,6	86,1	29,3	2,00	117,4
50	16,5	14,0	22,0	1,428	176	91,5	13,9	3,17	11,6	106,2	33,4	2,05	141,7
60	18,3	16,3	23,9	1,144	204	106,3	15,7	3,39	13,4	123,1	35,8	2,11	161,0
70	19,6	18,2	25,0	0,962	226	118,0	17,0	3,59	15,0	136,6	37,0	2,18	175,7
80	20,6	19,7	26,0	0,852	244	127,6	18,1	3,76	16,3	147,7	37,5	2,24	187,4
90	21,5	21,2	26,7	0,756	257	134,6	18,9	3,88	17,5	156,0	37,1	2,27	195,3
100	22,3	22,4	27,2	0,690	267	140,0	19,5	3,97	18,4	162,4	36,2	2,27	200,9
110	22,7	23,3	27,6	0,648	274	143,8	19,9	4,08	19,3	167,2	35,3	2,31	204,8
120	23,0	24,0	27,8	0,615	279	146,6	20,2	4,17	20,0	170,7	34,2	2,34	207,3
Крупнотравно-приручьевый тип													
10	3,1	2,3	5,0	12,012	13	6,7	1,8	1,34	1,7	9,7	3,6	1,92	15,3
20	6,8	5,1	10,9	5,190	45	23,2	4,7	1,91	3,8	28,9	12,1	1,89	42,9
30	10,1	8,1	15,2	3,040	82	42,4	7,6	2,32	6,0	50,8	19,8	1,91	72,6
40	12,5	10,3	17,7	2,133	116	60,1	10,0	2,66	8,0	70,8	25,8	2,02	98,6
50	14,8	12,8	20,0	1,550	144	74,9	11,9	2,85	9,7	87,5	29,1	2,03	118,6
60	16,5	14,9	21,5	1,235	167	87,1	13,4	3,03	11,2	101,4	31,1	2,07	134,5
70	17,8	16,6	22,8	1,056	186	97,2	14,6	3,20	12,6	113,0	32,2	2,11	147,3
80	18,8	18,1	23,7	0,922	201	105,2	15,6	3,35	13,7	122,3	32,6	2,15	157,0
90	19,6	19,3	24,4	0,836	213	111,6	16,3	3,47	14,7	129,8	32,4	2,18	164,4
100	20,3	20,5	25,0	0,758	222	116,5	16,9	3,57	15,6	135,7	31,8	2,20	169,7
110	20,8	21,4	25,4	0,706	228	119,8	17,2	3,65	16,3	139,8	30,9	2,22	172,9
120	21,1	22,0	25,6	0,674	232	122,0	17,5	3,72	16,9	142,6	29,9	2,23	174,7
Мшисто-хвощевый тип													
10	2,4	1,8	3,1	12,205	8	4,1	1,2	1,02	1,1	6,3	2,6	1,99	10,8
20	5,0	3,8	7,7	6,790	25	12,9	3,0	1,37	2,3	16,6	8,0	1,76	26,3

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
30	8,3	6,7	12,5	3,571	54	28,0	5,5	1,80	4,2	34,0	14,6	1,76	50,4
40	10,7	8,8	15,4	2,525	84	43,6	7,7	2,19	6,0	51,8	20,4	1,88	74,1
50	12,6	10,8	17,5	1,902	110	57,2	9,6	2,48	7,6	67,3	24,3	1,98	93,6
60	14,2	12,5	19,0	1,545	131	68,2	11,0	2,68	9,0	79,9	26,6	2,01	108,5
70	15,5	14,4	20,2	1,239	148	77,3	12,2	2,85	10,2	90,4	27,7	2,08	120,2
80	16,5	16,0	21,2	1,055	161	84,3	13,0	2,99	11,3	98,6	28,1	2,13	128,8
90	17,2	17,0	22,0	0,969	171	89,6	13,7	3,11	12,1	104,8	28,0	2,15	135,0
100	17,7	17,9	22,7	0,901	178	93,4	14,2	3,21	12,8	109,4	27,6	2,18	139,1
110	18,1	18,6	23,2	0,852	182	95,6	14,4	3,27	13,3	112,1	26,7	2,18	141,0
120	18,3	18,9	23,4	0,836	185	97,2	14,6	3,33	13,7	114,2	25,9	2,18	142,3
Сфагновый и травяно-болотный типы													
10	1,6	1,3	2,2	16,541	4	2,1	0,7	0,73	0,6	3,4	1,6	2,01	7,1
20	3,6	2,8	5,1	8,279	12	6,2	1,7	0,87	1,2	8,3	4,6	1,53	14,4
30	5,6	4,4	8,2	5,395	28	14,5	3,2	1,29	2,3	18,1	9,5	1,72	29,3
40	7,8	6,3	11,3	3,645	44	22,9	4,7	1,48	3,3	27,7	12,8	1,61	42,1
50	10,0	8,4	14,0	2,545	71	36,9	6,8	1,93	5,1	43,9	17,9	1,82	63,7
60	11,6	10,3	15,9	1,916	89	46,4	8,1	2,16	6,3	54,9	20,3	1,89	77,1
70	12,9	12,1	17,2	1,496	103	53,9	9,2	2,32	7,4	63,6	21,4	1,95	87,0
80	13,8	13,3	18,0	1,285	114	59,7	9,9	2,45	8,2	70,4	22,0	2,00	94,5
90	14,4	14,3	18,6	1,155	122	64,0	10,5	2,57	8,9	75,5	22,2	2,05	99,7
100	14,8	15,1	19,0	1,061	127	66,7	10,8	2,66	9,5	78,8	21,8	2,09	102,7
110	15,2	15,8	19,3	0,985	130	68,4	11,1	2,70	9,9	80,9	21,1	2,09	104,1
120	15,3	16,3	19,5	0,933	142	74,6	11,8	2,99	11,0	88,6	22,0	2,31	112,9
3. Модальные березняки Уфимского плато, Башкирия													
(ТХР: А. А. Болдовский, 1981; цит. по: [9])													
Снытевый тип; бонитет I													
10	5,4	5,2	5,3	2,486	17	9,1	2,2	1,20	2,4	12,7	3,5	1,57	17,7
20	11,2	10,8	12,1	1,316	67	35,0	6,5	1,98	6,0	43,0	13,4	1,77	58,2
30	15,8	15,7	15,3	0,788	113	59,7	9,9	2,33	9,0	71,0	21,2	1,85	94,0
40	19,4	19,8	16,3	0,529	145	76,8	12,1	2,44	10,9	90,1	25,1	1,83	117,0
50	22,1	23,1	16,3	0,389	164	86,8	13,4	2,44	12,1	101,4	26,2	1,80	129,4
60	24,1	25,7	16,0	0,309	173	92,1	14,0	2,39	12,9	107,4	25,9	1,75	135,0
70	25,6	27,9	15,6	0,255	177	94,3	14,3	2,34	13,3	109,9	24,8	1,71	136,4
80	26,5	29,6	15,1	0,219	176	94,5	14,3	2,29	13,5	110,3	23,5	1,70	135,5
90	27,2	30,9	14,7	0,196	175	93,8	14,2	2,25	13,7	109,8	22,1	1,67	133,5

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
100	27,7	31,8	14,3	0,180	172	92,4	14,0	2,21	13,7	108,4	20,6	1,64	130,6
Злаковый тип; бонитет II													
10	3,9	4,3	2,8	1,921	7	3,9	1,1	0,69	1,2	5,8	1,8	1,45	9,0
20	8,6	9,0	8,2	1,289	42	22,1	4,5	1,59	4,2	27,9	9,8	1,94	39,7
30	12,6	13,2	11,8	0,861	83	43,8	7,8	2,09	7,1	52,9	17,7	2,07	72,6
40	16,0	16,8	13,5	0,610	114	60,1	10,0	2,26	9,0	71,3	21,9	2,01	95,3
50	18,8	19,7	14,2	0,465	132	70,2	11,3	2,26	10,1	82,6	23,3	1,88	107,8
60	20,9	22,1	14,3	0,372	142	75,5	12,0	2,21	10,8	88,5	23,1	1,78	113,3
70	22,6	24,0	14,1	0,312	146	77,9	12,3	2,13	11,1	91,2	22,0	1,68	114,9
80	23,9	25,5	13,9	0,272	147	78,5	12,3	2,06	11,3	91,8	20,7	1,60	114,2
90	24,8	26,7	13,6	0,243	146	78,1	12,3	2,00	11,3	91,4	19,4	1,54	112,4
100	25,6	27,5	13,3	0,224	144	77,0	12,2	1,94	11,3	90,3	18,0	1,47	109,8
4. Модальные березняки Среднего Урала (ТХР: [7])													
20	9,8	6,5	15,8	2,937	83	42,6	7,6	2,52	6,7	51,8	18,0	2,09	71,9
30	12,3	7,9	18,4	2,316	125	64,0	10,5	2,85	8,8	75,6	27,0	2,18	104,8
40	16,5	12,5	22,6	1,136	185	95,6	14,4	3,30	12,7	111,6	35,1	2,37	149,1
50	19,2	15,5	25,1	0,821	236	122,3	17,5	3,71	16,0	142,0	41,0	2,54	185,5
60	21,0	17,3	26,6	0,698	271	140,6	19,6	3,94	18,2	162,7	43,9	2,60	209,2
70	22,2	18,7	27,6	0,620	295	153,2	20,9	4,12	19,8	177,2	45,0	2,65	224,8
80	23,1	19,5	28,4	0,587	315	163,6	22,1	4,28	21,2	189,1	45,3	2,67	237,1
90	23,8	20,7	29,0	0,532	330	171,6	22,9	4,44	22,6	198,7	44,9	2,74	246,3
100	24,4	23,2	29,5	0,430	345	180,1	23,8	4,69	24,7	209,5	44,5	2,97	256,9
5. Модальные березняки подзоны южной тайги Свердловской области (ТХР: [10])													
Травяно-липняковый тип: ТЛУ-331													
20	9,0	8,0	13,0	2,569	60	31,3	6,0	1,05	3,9	36,3	13,7	1,90	51,9
40	16,9	15,2	17,5	0,962	130	68,3	11,0	0,75	5,7	74,8	24,3	1,69	100,8
60	21,5	21,2	19,5	0,555	180	95,1	14,4	0,62	6,9	102,5	28,8	1,81	133,1
80	23,6	25,5	20,5	0,400	215	113,9	16,6	0,55	7,7	122,1	30,6	2,05	154,8
100	24,0	28,0	17,7	0,287	190	101,3	15,1	0,40	6,7	108,4	24,7	2,00	135,1
120	24,1	29,3	12,7	0,188	140	75,4	11,9	0,26	5,0	80,6	16,7	1,74	99,1

В каждой из названных категорий таблиц выделяются два уровня: сравнительно лучших (I) и сравнительно худших (II) условий произрастания.

Значения надземной (P_{abo} , т/га) и общей (P_{tot} , т/га) фитомассы насаждений, взятые из ТБП в возрасте 50 лет, проанализированы в связи с индексом континентальности (IC), снятым со схемы ее изолиний – изоконт (см. рис. 1 в статье настоящего сборника, посвященной ТБП сосны), построенной А. А. Борисовым [11] по формуле Ценкера. С учетом конфигурации поля распределения анализируемых данных в координатах *фитомасса - индекс континентальности* принята следующая структура уравнения связи:

$$P_{abo} \text{ или } P_{tot} = a_0 + a_1(IC) . \quad (2)$$

Характеристика констант (2) приведена в табл. 4, а результаты табулирования – в табл. 5. Положение расчетных кривых относительно поля распределения нормативных (табличных) показателей фитомассы в возрасте 50 лет показано на рис. 2.

Таблица 4

Характеристика уравнений (2), описывающих зависимость нормативных показателей надземной и общей фитомассы спелых березняков от индекса континентальности климата

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (2)		R^2
	a_0	$a_1(IC)$	
<i>Нормальные березняки (А)</i>			
Сравнительно лучшие условия произрастания			
P_{abo} , т/га	237,194	-1,6939	0,280
P_{tot} , т/га	285,800	-1,8577	0,241
Сравнительно худшие условия произрастания			
P_{abo} , т/га	115,049	-0,7176	0,310
P_{tot} , т/га	147,831	-0,8954	0,347
<i>Модальные березняки (Б)</i>			
Сравнительно лучшие условия произрастания			
P_{abo} , т/га	156,697	-0,9994	0,532
P_{tot} , т/га	189,892	-1,2087	0,528
Сравнительно худшие условия произрастания			
P_{abo} , т/га	100,317	-0,5254	0,345
P_{tot} , т/га	127,449	-0,6991	0,382

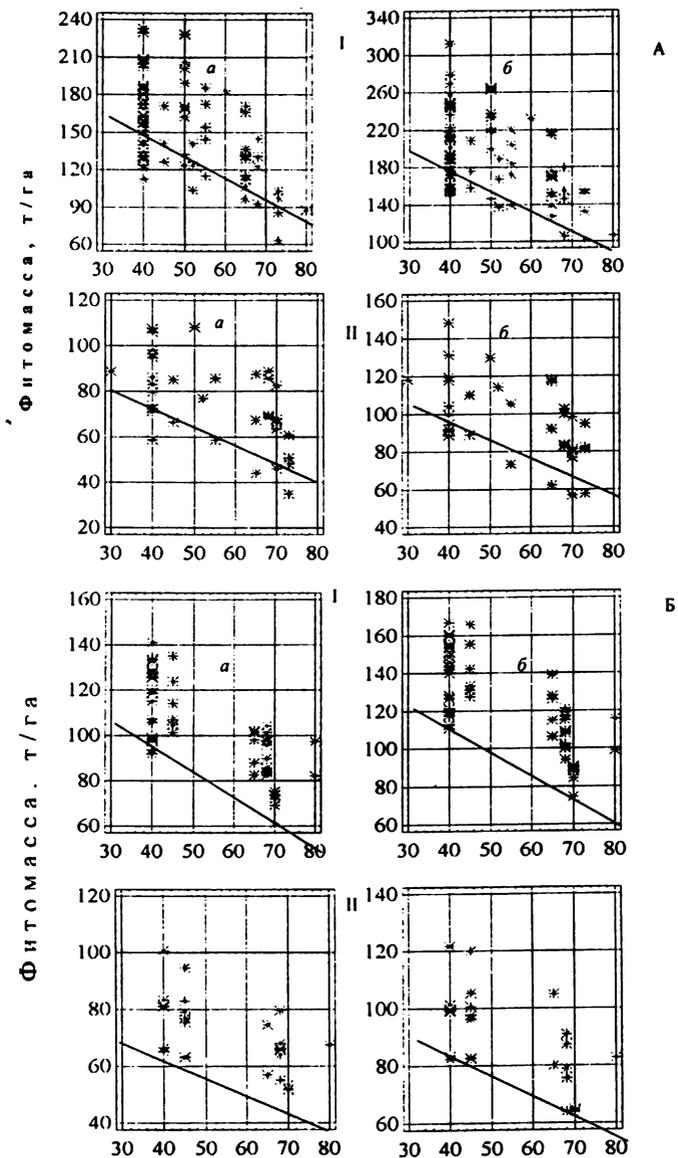


Рис.2. Связь показателей надземной (а) и общей (б) фитомассы, взятой из таблиц биопродуктивности нормальных (А) и модальных (Б) березняков в возрасте 50 лет в разных регионах Северной Евразии для сравнительно лучших (I) и сравнительно худших (II) условий произрастания с индексом континентальности

Таблица 5

Соотношение нормативных показателей подземной и надземной фитомассы спелых березняков в зависимости от индекса континентальности

Фракции фитомассы	Индекс континентальности						
	30	40	50	60	70	80	90
<i>Нормальные березняки (А)</i>							
Сравнительно лучшие условия произрастания							
Надземная P_{abo} , т/га	186	169	152	136	119	102	85
Подземная P_R , т/га	44	42	40	39	37	36	34
Отношение $P_R : P_{abo}$	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,35	0,40
Сравнительно худшие условия произрастания							
Надземная P_{abo} , т/га	94	86	79	72	65	58	50
Подземная P_R , т/га	27	26	24	22	20	19	17
Отношение $P_R : P_{abo}$	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32	0,33
<i>Модальные березняки (Б)</i>							
Сравнительно лучшие условия произрастания							
Надземная P_{abo} , т/га	127	117	107	97	87	77	67
Подземная P_R , т/га	27	25	23	21	19	16	14
Отношение $P_R : P_{abo}$	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,22
Сравнительно худшие условия произрастания							
Надземная P_{abo} , т/га	85	79	74	69	64	58	53
Подземная P_R , т/га	22	20	18	17	15	13	11
Отношение $P_R : P_{abo}$	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,22

Уравнения объясняют 24-53 % общей изменчивости нормативных значений для сравнительно лучших и 31-38 % - для сравнительно худших условий произрастания. Надземная фитомасса 50-летних березняков снижается по мере возрастания индекса континентальности в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в районе Якутска.

В нормальных сосняках это снижение составляет в первом случае соответственно со 186 до 85 т/га, а во втором – от 94 до 50 т/га, в модальных – соответственно со 127 до 67 и с 85 до 53 т/га.

Таким образом, в результате создания базы данных о фитомассе березняков Северной Евразии в количестве 476 определений и применения

рекурсивно-блочного метода моделирования ее запасов впервые создан комплект из 64 ТБП, совмещенных с традиционными ТХР. Впервые установлено снижение фитомассы в ТБП березняков в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в районе Якутска.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 00-05-64532 и 01-04-964524).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. - М.: Статистика, 1973. - 392 с.
2. Усольцев В. А. Формирование банков данных о фитомассе лесов. - Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1998. - 541 с.
3. Базилевич Н.И., Родин Л.Е. Картограммы продуктивности и биологического круговорота главнейших типов растительности суши // Изв. ВГО. 1967. Т. 99. № 3. С. 190-194.
4. Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. - М.: Наука, 1973. - 203 с.
5. Смагин В. Н. и др. Лесохозяйственное районирование Сибири // Лесные растительные ресурсы Сибири. - Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1978. - С. 5-23.
6. Козловский В.Б., Павлов В.М. Ход роста основных лесообразующих пород СССР. - М.: Лесн. пром-сть, 1967. - 327 с.
7. Основные положения организации и развития лесного хозяйства Свердловской области. - Свердловск: Свердловская аэрофотолесоустраительная экспедиция, 1976. - 91 с.
8. Луганский Н.А., Лысов Л.А. Березняки Среднего Урала. - Свердловск: Изд-во УрГУ, 1991. - 100 с.
9. Лесотаксационный справочник для лесов Урала. - М.: Госкомлес СССР, 1991. - 483 с.
10. Шихов А.М., Смолоногов Е.П. Восстановительно-возрастная динамика лесов Бисертского опытного леспромхоза // Научные основы комплексного ведения лесн. хоз-ва (на примере Бисертского опытного леспромхоза). - Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. - С. 67-112.
11. Борисов А.А. Климаты СССР. М.: Просвещение, 1967. - 296 с.