

УДК 551.588.6:581.132(470.22)

В. А. Усольцев, В. И. Марковский, О. А. Ефименко, В.В. Кириллова
(Уральский государственный лесотехнический университет)**ТАБЛИЦЫ БИОПРОДУКТИВНОСТИ ЕЛЬНИКОВ СЕВЕРНОЙ
ЕВРАЗИИ И ИХ ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**

Впервые составлен комплект из 47 таблиц биологической продуктивности ельников для Северной Евразии на основе базы данных о фитомассе ели и многофакторных моделей фитомассы, совмещенных с традиционными таблицами хода роста (ТХР) древостоев. Таблицы подразделены на два уровня условий произрастания (относительно лучшие и относительно худшие), и фитомасса каждого проанализирована в связи с индексом континентальности. Установлено снижение фитомассы в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в районе Якутска.

Для расчетов приходной части глобального углеродного баланса и оценки роли лесов в его поддержании необходимо разработать для каждой древесной породы в пределах ее ареала систему нормативов для оценки фитомассы и ее текущего изменения во времени, аналогичных традиционным ТХР. Сегодня уже можно считать общепризнанным метод стыковки фактических данных фитомассы с ТХР и банками данных государственного учета лесного фонда (ГУЛФ) с помощью регрессионных моделей переводных коэффициентов *фитомасса : запас стволовой древесины*. При этом расчеты ведутся по трем вариантам (уровням приближения), а именно, устанавливаются зависимости переводных коэффициентов от только возраста (Замолодчиков и др., 1998), возраста и класса бонитета (Lakida et al., 1997), возраста, класса бонитета и полноты древостоя (Швиденко и др., 1997).

Предложенная одним из авторов структурная форма регрессионной модели для переводных коэффициентов фитомассы

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

оправдала себя при построении региональных моделей фитомассы лиственницы (Усольцев, Колтунова, 2001), осины и тополей (Усольцев, Грибеников, 2001) для территории Северной Евразии.

В уравнении (1): 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, m^3 /га; A - возраст древостоя, лет; H - средняя высота

деревьев, m ; в качестве характеристики плотности ценоза вместо показателя относительной полноты включена совокупность двух таксационных признаков – среднего диаметра D , см, и числа стволов N , тыс.экз/га. От использования интегрального показателя полноты, обычно применяемого при оценке запасов стволовой древесины, в нашем исследовании пришлось отказаться, поскольку при одной и той же полноте, но диаметрально противоположных сочетаниях густоты и среднего диаметра ствола, фитомасса полого древостоя может различаться в два-три раза (Усольцев, 1998). Главное достоинство уравнений вида (1) – многофункциональная применимость в комплексе исследований по созданию банка данных о фитомассе лесных экосистем.

Уравнение (1), как и другие подобные ему эмпирические выражения, не может быть использовано непосредственно, оно работает по принципу “Что будет, если...?”, и для получения запасов фитомассы в том или ином регионе необходимо задать характерный для него набор массоопределяющих показателей A , H , D , N и M .

Цель предлагаемой работы – сформировать банк данных о фитомассе еловых экосистем Евразии, построить по ним систему региональных регрессионных моделей фитомассы и ее переводных коэффициентов, состыковать упомянутые модели с региональными ТХР и проанализировать географию полученных таблиц биопродуктивности.

В экологии многие явления и признаки характеризуются лишь на описательном уровне, их нельзя пока выразить числом и мерой, а одно из ограничений математического моделирования заключается в степени формализуемости исследуемых признаков. Описание признаков, которые можно закодировать, но нельзя упорядочить, получило в эконометрии распространение под названием блоковых фиктивных переменных (Дрейпер, Смит, 1973). В нашей работе подобная методология впервые применена для оценки степени “дистанцирования” показателей фитомассы лесных экосистем по зональному и провинциальному градиентам.

База данных о фитомассе лесов дает уникальные возможности для анализа географии продуктивности лесных экосистем. Если первые попытки географического анализа продуктивности растительного покрова были ограничены по своим возможностям из-за малого числа количественных определений – всего 150 пробных площадей, заложенных в разных экосистемах (не только лесных) (Родин, Базилевич, 1965), то собранная авторами база данных только для ели Северной Евразии включает в себя 583 определения (включая собственные) фракционного состава фитомассы, сопровождаемые их полной таксационной и частично лесотипологической характеристикой. Это наиболее представленная на сегодня база данных о фитомассе еловых лесов. Обширный объем фактической информации в силу действия закона больших чисел позволяет получить на основе приме-

нения математико-статистических методов достоверные результаты по биопродуктивности лесных экосистем и ее географии.

Исходный массив данных для рода *Picea* взят из 182 литературных источников и состоит из 440 определений для *P. abies* (провинции Средне-Европейская, Скандинавско-Русская и Восток Русской равнины), 5 – для культур *P. sitchensis* (Великобритания), при географическом анализе не рассматриваемые отдельно от основного массива для *P. abies*, 73 - для *P. obovata* (провинции Уральская, Западно-Сибирская, Средне-Сибирская, Восточно-Сибирская, Забайкальская горная и Алтае-Саянская горная), 34 - для *P. ajanensis* (Дальний Восток), 20 - для *P. schrenkiana* (Памиро-Тяньшаньская провинция), 7 – для культур *P. koraiensis* (Япония) и 4 - для *P. orientalis* (Причерноморская провинция, Кавказ).

Для территории России разработано несколько схем районирования: ландшафтного, геоботанического, лесохозяйственного, лесотаксационного, лесоэкономического, лесосеменного, лесопирологического. С целью выявления в пределах каждой лесорастительной зоны (подзоны) провинциальных закономерностей биопродуктивности лесов на зональную схему Н. И. Базилевич (Базилевич, Родин, 1967) нами наложены схемы лесорастительного районирования (Курнаев, 1973; Смагин и др., 1978; Коротков, 1978). При этом провинции, выделенные С. Ф. Курнаевым (1973) на территории Восточной Европы, укрупнены в широтном направлении: в Скандинавско-Русскую провинцию включен также юг Русской равнины; в Восток Русской равнины включена Западно-Казахстанская провинция, а в Западно-Сибирскую вошла Восточно-Казахстанская провинция. Экспериментальные данные после нанесения на схему зонально-провинциального деления территории распределились по 27 регионам (рис. 1), схема кодировки которых блоковыми фиктивными переменными дана в табл. 1.

Поскольку совокупность показателей биопродуктивности в пределах региона сильно варьирует в связи с различиями возраста, добротности произрастания и морфологии полога, для обеспечения корректности сопоставлений анализируются не обезличенные совокупности наблюдений, а многофакторные уравнения вида (1), объясняющие изменчивость переводных коэффициентов фитомассы в пределах региона посредством включенных в них переменных и дополненные блоками фиктивных переменных (X_0, \dots, X_{26}) (см. табл. 1).

За исходный (нулевой) принят уровень продуктивности ели Средне-Европейской провинции, соответствующий естественным насаждениям *P. abies* подзоны хвойно-широколиственных лесов юга Швеции. Каждый из остальных 26 регионов имеет в блоке одну единицу. В силу локальности ареалов некоторых видов (*P. schrenkiana*, *P. koraiensis*, *P. orientalis*) проанализировать географию фитомассы каждого из них в отдельности невозможно, и наш региональный анализ выполнен для рода *Picea* в целом, при этом некоторые регионы представлены лишь одним видом (см. рис. 1).

Таким образом, уравнение (1) приведено к форме

$$\ln(P_i/M) \text{ или } \ln P_i = f(X_0, \dots, X_{26}, \ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln M) \quad (2)$$

и рассчитано по стандартной программе. Результаты расчета (табл. 2) подтверждают их высокую адекватность фактическим данным ($R^2 = 61-98\%$), а графики остатков (рис. 2) свидетельствуют об отсутствии корреляции последних.

В табл. 2 из констант при показателях A , D , H , N и P_g/M приведены лишь значимые на уровне не ниже t_{05} . И напротив, при блоковых фиктивных переменных показаны все константы независимо от уровня их значимости, поскольку цель расчета последних состоит не столько в выявлении достоверности отличия данного региона от исходного, сколько в упорядочении и ранжировании всех регионов по исследуемому показателю. В этом случае статистическая значимость названных переменных, как и свободного члена уравнения, не играет роли, а отсев малозначимых блоковых переменных означал бы игнорирование принципа непрерывности при моделировании экологических явлений (Нильсон, 1978).

В основе таблиц биопродуктивности использованы ТХР ельников Северной Евразии, которые их составителями подразделялись на четыре категории: нормальных, сомкнутых, модалных древостоев и древостоев разной начальной густоты. Для составления таблиц биопродуктивности привлечены ТХР 77 авторов, в том числе по провинциям: Средне-Европейской – 10; Скандинавско-Русской (от среднетаежной подзоны до подзоны широколиственных лесов) – 34; Востока Русской равнины (от северной до южной тайги) – 11; Уральской (от северной до южной тайги) – 10; Средне-Сибирской – 4; Дальнего Востока (для ели аянской, от северной тайги до хвойно-широколиственных лесов) – 4; Алтае-Саянской – 2 и Памиро-Тяньшанской, для ели Шренка – 2.

Регрессионные модели (2) при соответствующих значениях блоковых фиктивных переменных (см. табл. 1 и 2) протабулированы по значениям A , N , H , D и M упомянутых ТХР и в результате получен набор из 77 таблиц биопродуктивности ельников. Некоторые из них для трех подзон Уральской провинции приведены в табл. 3.

При изложенном способе составления таблиц биопродуктивности региональные различия запасов фитомассы раскладываются на две составляющие: с помощью уравнений (2) оценивается степень региональных различий в структуре фитомассы при условии равенства таксационных показателей, а ТХР, в свою очередь, характеризуют региональные особенности возрастной динамики последних.

Полученные таблицы биопродуктивности (как и базовые ТХР) по провинциям и подзонам представлены неравномерно: в некоторых регионах их совсем нет, а, например, для хвойно-широколиственных лесов

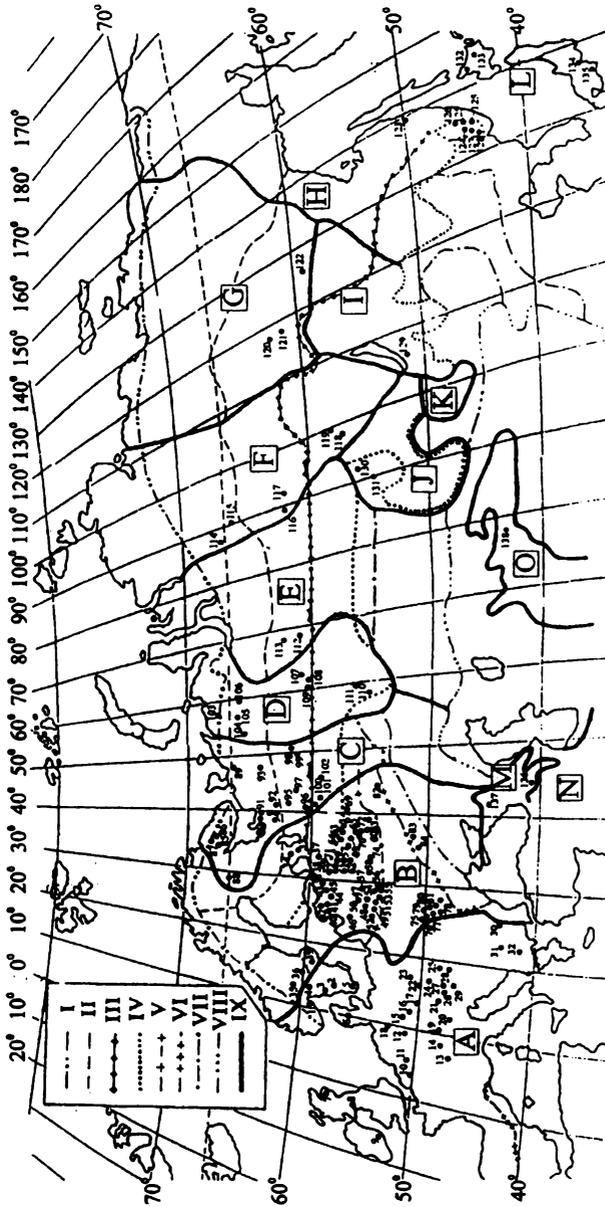


Рис. 1. География экспериментальных данных о фитомассе slopes насаждений: I – южная граница подзоны северной тайги; II – южная граница подзоны средней тайги; III – южная граница подзоны южной тайги; IV – южная граница хвойно-широколиственных лесов; V – южная граница широколиственных лесов; VI – южная граница лесостепи; VII – южная граница степи (Базилевич, Родин, 1967); VIII – южная граница лесостепи; IX – южная граница степи (Смагин и др., 1978; Коротков, 1978); А – Среднеаральская; В – Скандинаво-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 – Алтай-Саянская горная; K – Центрально-Хангайская; L – Японские острова; M – Приморская; O – Памиро-Тяньшанская. Каждая точка на схеме соответствует одной или нескольким территориально-оближенным пробным площадям, а ее номер – позиции в базе данных

Таблица 1
 Схема кодирования блоковыми переменными региональных массивов данных о фитомассе ельников

Регион*	Блоковые 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		
СБеш	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	
СЕш	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	
СРер	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	
СРюж	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	
СРш	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	
СРс	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	
ВРев	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	
ВРер	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	
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	
УРлт	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	
УРев	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	
УРер	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	
УРюж	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	
ЭСр	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	
ССев	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	
ССр	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	
ССюж	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	
ВСр	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	
ДВр	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	
ДВш	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	
ЗБюж	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	
АСлс	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	
ПТ	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	
ЯПер	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	
ЯПш	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	
ПЧ	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

* СЕхш – Средне-Европейская провинция, хвойно-широколиственные леса, СЕш – Средне-Европейская провинция, широколиственные леса; СРер – Скандинавско-Русская провинция, средняя тайга; СРюж – Скандинавско-Русская провинция, южная тайга; СРхш – Скандинавско-Русская провинция, хвойно-широколиственные леса; СРш – Скандинавско-Русская провинция, широколиственные леса; СРле – Скандинавско-Русская провинция, лесостепь; ВРсеv – Восток Русской равнины, северная тайга; ВРср – Восток Русской равнины, средняя тайга; ВРюж – Восток Русской равнины, южная тайга; УРлт – Уральская провинция, лесотундра; УРсеv – Уральская провинция, северная тайга; УРср – Уральская провинция, средняя тайга; УРюж – Уральская провинция, южная тайга; ЗСср – Западно-Сибирская равнинная провинция, средняя тайга; ССсеv – Средне-Сибирская плоскогорная провинция, северная тайга; ССср – Средне-Сибирская плоскогорная провинция, средняя тайга; ССсюж – Средне-Сибирская плоскогорная провинция, южная тайга; ВСср – Восточно-Сибирская горноравнинная провинция, средняя тайга; ДВср – Дальний Восток, средняя тайга; ДВхш – дальневосточное Приморье, хвойно-широколиственные леса; ЗБюж – Забайкальская горная провинция, южная тайга; АСле – Алтае-Саянская горная провинция, лесостепь; ЯПср – Япония, Хоккайдо, средняя тайга; ЯПш – Япония, Хонсю, широколиственные леса и субтропики; ПЧ – Причерноморская провинция; ПТ- Памиро-Тяньшаньская провинция.

Таблица 2

Характеристика уравнений (2)

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (2)										
	a_0	$a_1 X_1$	$a_2 X_2$	$a_3 X_3$	$a_4 X_4$	$a_5 X_5$	$a_6 X_6$	$a_7 X_7$	$a_8 X_8$		
$\ln(P_S)$, т/га	-0,9644	0,0051	0,0731	0,0246	0,0906	-0,0669	0,1232	-0,0477	0,1481		
$\ln(P_{sp})$, т/га	-1,2744	-0,1510	-0,1163	-0,2759	-0,1761	-0,0999	-0,0999	-0,3036	0,1198		
$\ln(P_M)$, т/м ³	2,4871	-0,2348	-0,3686	-0,2113	-0,1467	-0,4622	-2,4533	-0,6267	-0,0204		
$\ln(P_M)$, т/м ³	-0,6922	0,0879	0,0913	-0,0503	0,1671	-0,0973	0,0880	0,1741	0,1573		
$\ln(P_M)$, т/м ³	-1,4639	0,4903	0,1778	0,1026	0,5688	0,3459	0,7953	0,1227	0,7345		
$\ln(P_M)$, т/м ³	0,6158	-0,7118	1,2764	2,3716	0,3224	0,6111	0,6111	2,1262	0,8402		

Продолжение табл. 2

Константы и независимые переменные уравнений (2)													
$a_9 X_9$	$a_{10} X_{10}$	$a_{11} X_{11}$	$a_{12} X_{12}$	$a_{13} X_{13}$	$a_{14} X_{14}$	$a_{15} X_{15}$	$a_{16} X_{16}$	$a_{17} X_{17}$					
0,1049	0,0851	-0,0666	0,1523	0,0344	-0,0190	0,0368	-0,0544	0,0915					
0,2588	0,3237	0,2273	-0,1173	0,2273	0,3598	-0,3716							
-0,1336	-1,2983	-0,2326	-0,0706	-0,1352	0,0012	-0,3128	-0,2715	-1,0858					
0,0569	0,5402	0,1470	-0,1191	-0,1011	0,0838	0,1799	0,1307	0,2652					
0,4751	1,5203	1,0912	0,7345	0,4751	0,7345	1,0912	0,7345	0,6836					
0,0164	2,7914	2,4151	0,4689	0,4689	1,0505	1,5509	0,4897	1,2350					

Продолжение табл. 2

Константы и независимые переменные уравнений (2)													
$a_{18} X_{18}$	$a_{19} X_{19}$	$a_{20} X_{20}$	$a_{21} X_{21}$	$a_{22} X_{22}$	$a_{23} X_{23}$	$a_{24} X_{24}$	$a_{25} X_{25}$	$a_{26} X_{26}$					
0,0266	-0,0593	0,0650	-0,0475	-0,0783	0,1892	0,2492	0,4653	-0,1789					
0,3328	0,1273	0,2136	-0,3716	-0,1849	0	0	0,0524	0,0524					
-0,1819	-0,2949	-0,5340	0,0086	-2,1212	-0,0318	0,0531	-0,0081	-0,5801					
-0,1283	0,1841	0,3288	0,3281	1,5514	-0,2838	-0,1673	0,1960	-0,1074					
0,7345	0,1120	0,2178	0,6836	-0,0073	0	0	-0,9299	-0,9299					
1,2334	1,1116	1,5508	1,2350	1,2350	0	0	0,0884	0,0884					

Окончание табл. 2

Константы и независимые переменные уравнений (2)										R^2	SE
$a_{27}(\ln A)$	$a_{28}(\ln A)^2$	$a_{29}(\ln M)$	$a_{30}(\ln D)$	$a_{31}(\ln N)$	$a_{32}(\ln H)$	$a_{33}(\ln P_S)$	$a_{34}(\ln P/M)$	R^2	SE		
0,0859	-	0,9434	-	-	-	-	-	0,986	0,134		
-1,3243	0,1268	-	-0,2952	-	-	0,9765	-	0,962	0,196		
-	-	-	-	-	-0,7266	-	-	0,792	0,383		
0,1922	-	-	0,4019	-	-0,5357	-	0,5552	0,800	0,264		
-	-	-	-0,0942	-0,6019	-1,0458	-	-	0,611	0,265		
-	-	-	-1,0994	-0,8098	-	-	-	0,804	0,702		

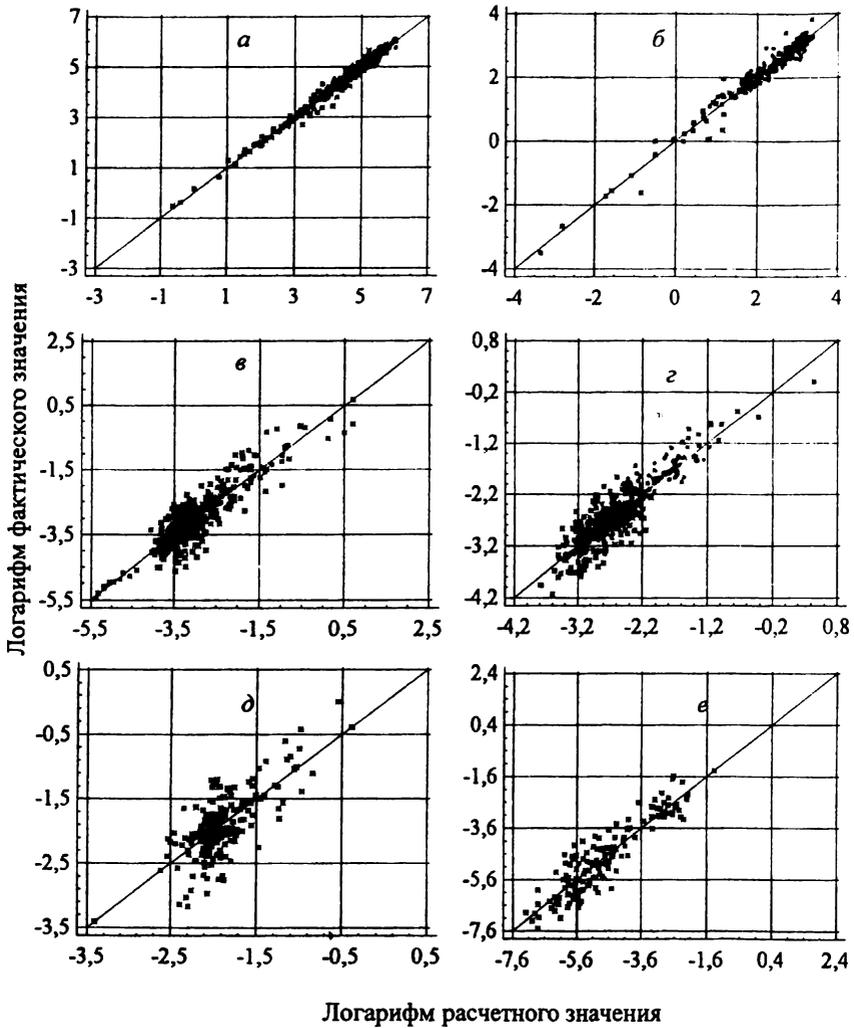


Рис. 2: Соотношение фактических и расчетных значений P_S , $P_{Sв}$, P_F/M , P_B/M , $P_F/M P_B/M$, соответственно *a*, *б*, *в*, *г*, *е*, полученных по уравнениям (2). Обозначения см. в тексте

Таблица 3

Таблицы биологической продуктивности ельников Уральской провинции, совмещенные с традиционными ТХР

Северная тайга

1. Разновозрастные ельники Печорского лесхоза Коми, багульниковый тип леса (ТХР: П.В. Горский; цит. по: Лесотаксационный справочник..., 1986)

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Сумма площадей сечений, м ² /га	Число стволов, 1000/га	Запас, м ³ /га	Фитомасса абсолютно сухая, т/га						Всего	
						Ствол в коре	Кора ствола	Хвоя	Ветви	Надземная	Корни		Нижние ярусы
Бонитет V													
110	11,5	36,9	13,5	1,267	79	32,9	3,7	4,16	10,3	47,4	30,2	1,99	79,6
130	12,5	43,2	13,6	0,927	84	35,4	3,8	4,09	10,7	50,2	32,5	2,10	84,8
150	13,3	47,7	13,2	0,737	88	37,5	3,9	4,05	10,9	52,5	34,4	2,22	89,1
170	13,3	51,1	13,3	0,652	91	39,1	4,0	4,17	11,6	54,9	36,9	2,36	94,1
190	13,9	53,5	13,3	0,590	92	39,9	4,0	4,08	11,4	55,4	37,4	2,34	95,1
210	13,9	55,2	13,3	0,556	92	40,2	4,0	4,09	11,6	55,9	38,4	2,38	96,7
Бонитет Va													
110	8,6	25,8	8,9	1,699	41	17,7	2,2	2,67	6,1	26,5	18,2	1,63	46,3
130	9,4	31,9	9,5	1,186	46	20,1	2,4	2,75	6,8	29,7	20,6	1,77	52,0
150	9,7	36,5	9,9	0,943	51	22,4	2,5	2,95	7,6	33,0	23,6	1,97	58,5
170	10,1	39,0	10,1	0,848	54	23,9	2,7	3,02	8,0	34,9	25,2	2,03	62,2
190	10,4	41,1	10,1	0,760	55	24,5	2,7	3,01	8,1	35,6	26,0	2,07	63,7
210	10,5	42,6	9,9	0,698	55	24,8	2,7	3,00	8,1	35,9	26,6	2,11	64,6

Бонитет Vб

110	5,7	19,0	6,0	2,104	20	9,0	1,3	1,75	3,9	14,7	11,1	1,44	27,2
130	6,1	22,6	7,5	1,884	27	12,1	1,6	2,21	5,2	19,5	15,0	1,64	36,2
150	6,7	24,6	8,6	1,808	33	14,9	1,9	2,50	6,0	23,4	17,9	1,71	43,0
170	7,2	25,1	8,6	1,748	35	15,9	2,0	2,51	6,0	24,4	18,7	1,69	44,8
190	7,4	24,8	8,4	1,731	35	16,0	2,1	2,45	5,8	24,3	18,8	1,68	44,7
210	7,4	24,7	8,1	1,688	34	15,7	2,0	2,39	5,6	23,7	18,7	1,67	44,1

Средняя тайга

1. Смешанные ельники с пихтой и березой Северо-Востока Европейской России (Коми) (ТХР: Н.В. Огородов; цит. по: Козловский, Павлов, 1967). Фитомасса рассчитана для состава 10Е

Кисличный тип, бонитет I-II													
30	12,2	12,8	24,2	1,881	151	67,6	10,1	13,18	12,6	93,4	29,3	1,19	123,9
40	15,3	15,9	27,7	1,395	205	92,4	12,9	13,43	14,1	119,9	37,7	1,28	158,9
50	18,2	18,5	31,2	1,161	263	119,2	15,8	14,02	15,7	148,9	46,2	1,34	196,5
60	20,7	21,0	34,3	0,990	319	145,3	18,5	14,64	17,2	177,1	54,6	1,41	233,2
70	22,5	23,0	36,9	0,888	366	167,6	20,7	15,17	18,5	201,3	62,0	1,46	264,7
80	23,9	24,7	38,5	0,803	401	184,8	22,3	15,43	19,3	219,5	67,8	1,51	288,8
90	25,0	26,1	39,2	0,733	425	197,2	23,3	15,46	19,8	232,5	72,2	1,55	306,2
100	25,9	27,3	39,3	0,671	438	204,7	23,9	15,25	19,9	239,9	74,9	1,57	316,3
110	26,6	28,5	38,3	0,600	442	208,1	24,0	14,89	19,8	242,8	76,6	1,61	321,0
120	27,2	29,6	37,0	0,538	439	208,4	23,7	14,40	19,5	242,3	77,1	1,64	321,0
130	27,6	30,7	36,0	0,486	436	208,4	23,5	14,04	19,3	241,7	77,8	1,67	321,2

Продолжение табл. 3													
Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Сумма площадей сечений, м ² /га	Число стволов, 1000/га	Запас, м ³ /га	Фитомасса абсолютно сухая, т/га						Всего	
						Ствол в коре	Кора ствола	Хвоя	Ветви	Надземная	Корни		Нижние ярусы
140	28,1	31,7	35,4	0,449	435	209,3	23,4	13,74	19,1	242,1	78,5	1,68	322,3
150	28,5	32,6	34,3	0,411	428	207,4	23,0	13,32	18,7	239,4	78,2	1,70	319,3
160	28,8	33,7	33,0	0,370	417	203,5	22,3	12,85	18,2	234,6	77,5	1,72	313,8
Зеленомошный тип, бонитет III													
20	6,4	2,9	14,6	22,104	64	29,0	6,9	10,99	6,1	46,1	13,4	0,69	60,2
30	9,1	6,5	20,7	6,238	110	50,1	9,2	11,88	9,2	71,2	22,7	0,94	94,8
40	11,8	9,8	26,2	3,473	165	75,3	12,2	13,06	12,0	100,4	32,5	1,10	134,0
50	14,4	12,9	30,9	2,364	223	102,0	15,1	14,09	14,3	130,4	42,2	1,21	173,8
60	16,6	15,5	34,3	1,818	274	125,8	17,5	14,76	16,1	156,7	50,6	1,30	208,6
70	18,6	18,0	36,7	1,442	319	147,2	19,6	15,18	17,4	179,8	57,9	1,38	239,1
80	20,2	20,0	38,0	1,210	352	163,4	21,0	15,30	18,3	197,0	63,4	1,43	261,8
90	21,5	21,9	38,7	1,027	378	176,5	22,1	15,34	18,9	210,7	68,1	1,49	280,3
100	22,5	23,6	38,8	0,887	395	185,7	22,7	15,24	19,4	220,3	71,6	1,54	293,5
110	23,4	25,2	38,7	0,776	406	192,1	23,0	15,01	19,5	226,6	74,2	1,57	302,4
120	24,1	26,5	38,0	0,689	413	196,7	23,2	14,79	19,6	231,1	76,2	1,61	308,9
130	24,7	27,6	37,1	0,620	414	198,5	23,1	14,45	19,4	232,4	77,2	1,64	311,2
140	25,1	28,5	36,0	0,564	416	200,7	23,1	14,26	19,4	234,4	78,6	1,69	314,7
150	25,4	29,3	36,0	0,534	417	202,3	23,1	14,11	19,4	235,8	79,7	1,70	317,2
160	25,6	30,0	35,7	0,505	421	205,3	23,3	14,13	19,6	239,0	81,5	1,73	322,3

Черный тип, Бонитет III-IV													
60	15,2	12,1	33,1	2,879	250	115,4	17,4	14,36	14,4	144,2	46,6	1,18	191,9
70	16,6	14,5	35,4	2,144	287	133,2	18,9	14,84	16,0	164,0	53,7	1,28	219,0
80	17,9	16,9	36,9	1,645	317	148,0	20,0	15,05	17,2	180,3	59,6	1,37	241,2
90	19,2	19,0	37,4	1,319	340	159,7	20,9	14,98	17,9	192,6	64,0	1,44	258,0
100	20,3	20,8	37,6	1,107	357	168,8	21,4	14,84	18,3	201,9	67,4	1,48	270,8
110	21,2	22,2	37,6	0,971	371	176,4	22,0	14,74	18,6	209,7	70,4	1,53	281,7
120	22,0	23,3	37,2	0,872	379	181,4	22,2	14,50	18,6	214,5	72,3	1,55	288,4
130	22,6	24,0	36,4	0,805	381	183,5	22,3	14,18	18,4	216,1	73,1	1,57	290,8
140	23,1	24,5	35,3	0,749	378	183,3	22,1	13,77	18,0	215,1	73,1	1,57	289,7
150	23,3	24,8	35,2	0,729	382	186,3	22,4	13,77	18,0	218,1	74,7	1,59	294,4
160	23,5	25,0	35,4	0,721	387	189,6	22,7	13,82	18,2	221,6	76,3	1,60	299,5
170	23,6	25,2	35,5	0,712	388	191,1	22,9	13,79	18,2	223,1	77,3	1,60	302,0
Долгомошный тип, Бонитет IV													
60	10,7	10,8	23,4	2,554	142	67,7	10,7	10,52	10,9	89,1	33,0	1,20	123,3
70	13,0	13,0	25,9	1,951	175	83,5	12,4	10,81	11,8	106,1	38,3	1,23	145,6
80	14,8	15,0	27,1	1,534	200	95,8	13,6	10,90	12,4	119,1	42,5	1,27	162,9
90	16,2	16,6	28,0	1,294	220	105,9	14,5	10,97	12,9	129,8	46,0	1,31	177,1
100	17,3	18,0	28,8	1,132	237	114,7	15,3	11,07	13,3	139,1	49,2	1,34	189,6
110	18,1	19,1	29,5	1,030	250	121,6	16,0	11,14	13,7	146,4	51,9	1,36	199,7
120	18,6	19,9	30,1	0,968	261	127,6	16,5	11,28	14,1	153,0	54,5	1,39	208,9
130	19,0	20,6	30,7	0,921	271	133,1	17,0	11,44	14,5	159,0	57,0	1,42	217,5
140	19,3	21,1	31,1	0,889	278	137,2	17,4	11,54	14,7	163,4	59,0	1,43	223,9
150	19,5	21,6	31,6	0,862	285	141,3	17,8	11,69	15,1	168,1	61,0	1,45	230,5

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Сумма сечений, м ² /га	Число стволов, 1000/га	Запас, м ³ /га	Фитомасса абсолютно сухая, т/га							
						Ствол в коре	Кора ствола	Хвоя	Ветви	Надземная	Корни	Нижние ярусы	Всего
160	19,7	21,8	31,6	0,847	289	144,0	18,1	11,73	15,2	170,9	62,4	1,46	234,8
170	19,8	22,0	31,8	0,837	290	145,2	18,2	11,71	15,2	172,1	63,2	1,46	236,8
180	19,9	21,1	31,6	0,904	290	145,9	18,5	11,66	14,8	172,4	63,3	1,43	237,1
190	19,9	21,1	30,9	0,884	284	143,7	18,2	11,41	14,5	169,6	62,7	1,42	233,7
200	19,9	21,2	30,1	0,853	276	140,5	17,8	11,10	14,2	165,8	61,8	1,42	229,0
Травяно-сфагновый тип, бонитет V													
90	14,8	16,2	24,3	1,179	180	87,7	12,2	9,58	11,3	108,6	40,1	1,30	150,0
100	15,3	16,5	24,6	1,150	185	90,8	12,5	9,44	11,3	111,5	41,3	1,29	154,1
110	15,6	16,8	24,9	1,123	190	93,9	12,9	9,43	11,4	114,7	42,8	1,30	158,8
120	15,9	17,1	25,1	1,093	193	96,0	13,1	9,35	11,4	116,8	43,8	1,30	161,9
130	16,2	17,4	25,3	1,064	196	98,0	13,3	9,29	11,4	118,7	44,8	1,30	164,8
140	16,4	17,6	25,4	1,044	198	99,6	13,5	9,25	11,4	120,3	45,6	1,30	167,2
150	16,6	17,8	25,4	1,021	199	100,7	13,6	9,18	11,3	121,2	46,2	1,29	168,7
160	16,7	18,0	25,4	0,998	200	101,7	13,6	9,15	11,3	122,2	47,0	1,30	170,5
170	16,7	18,2	25,4	0,976	200	102,3	13,7	9,14	11,4	122,8	47,6	1,31	171,8
180	16,7	18,4	25,3	0,951	199	102,3	13,6	9,08	11,4	122,8	48,0	1,31	172,1
190	16,7	18,5	24,8	0,923	195	100,8	13,4	8,90	11,2	120,9	47,7	1,31	169,9
200	16,7	18,6	24,1	0,887	190	98,8	13,1	8,68	10,9	118,4	47,1	1,31	166,8
210	16,7	18,7	23,1	0,841	182	95,3	12,7	8,32	10,5	114,1	45,8	1,30	161,2

220	16,7	18,7	21,4	0,779	169	89,2	11,9	7,74	9,7	106,6	43,2	1,29	151,1
230	16,7	18,7	19,0	0,692	150	80,0	10,7	6,89	8,7	95,6	39,1	1,26	136,0

2. Разновозрастные ельники Среднего Урала с пихтой (ТХР: А.Г. Шавнин; цит. по: Козловский, Павлов, 1967).
Фитомасса рассчитана для состава 10Е

Папоротниковый тип, бонитет IV													
40	9,4	8,5	0,8	0,142	6	3,3	0,6	0,56	0,5	4,4	1,8	0,79	7,0
50	11,2	10,4	1,9	0,263	15	8,0	1,3	1,14	1,1	10,2	4,1	0,80	15,1
60	12,8	12,3	3,1	0,367	25	13,1	2,1	1,63	1,7	16,4	6,3	0,73	23,5
70	14,3	14,3	4,5	0,456	37	19,3	2,9	2,13	2,4	23,8	8,8	0,69	33,3
80	15,6	16,3	6,1	0,532	51	26,4	3,8	2,68	3,1	32,2	11,6	0,66	44,4
90	16,8	18,2	7,9	0,597	67	34,5	4,7	3,25	3,9	41,7	14,7	0,65	57,0
100	17,9	20,1	9,7	0,653	83	42,6	5,6	3,78	4,7	51,1	17,8	0,63	69,5
110	18,9	21,9	11,4	0,700	100	51,2	6,6	4,32	5,6	61,1	21,0	0,61	82,7
120	19,8	23,7	13,2	0,740	117	59,8	7,5	4,83	6,4	71,0	24,1	0,60	95,7
130	20,5	25,4	14,9	0,773	134	68,5	8,4	5,35	7,2	81,1	27,4	0,59	109,0
140	21,2	27,1	16,5	0,801	151	77,1	9,2	5,85	8,1	91,1	30,6	0,58	122,2
150	21,9	28,7	18,1	0,824	168	85,8	10,1	6,33	8,9	101,0	33,7	0,58	135,3
160	22,5	30,3	19,4	0,842	182	93,1	10,7	6,71	9,6	109,4	36,3	0,56	146,3
170	23,0	31,6	20,7	0,857	196	100,3	11,4	7,10	10,3	117,7	39,0	0,56	157,3
180	23,5	33,1	21,7	0,869	207	106,2	11,9	7,37	10,9	124,5	41,0	0,54	166,0
190	23,9	34,5	22,7	0,878	218	112,0	12,4	7,67	11,4	131,1	43,2	0,53	174,8

Продолжение табл. 3

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Сумма площадей сечений, м ² /га	Число стволов, 1000/га	Запас, м ³ /га	Фитомасса абсолютно сухая, т/га							
						Ствол в коре	Кора ствола	Хвоя	Ветви	Надремная	Корни	Нижние ярусы	Всего
200	24,3	35,7	23,5	0,886	227	116,9	12,8	7,90	11,9	136,7	44,9	0,52	182,1
210	24,7	36,9	24,1	0,892	234	120,8	13,1	8,05	12,2	141,1	46,2	0,50	187,8
220	25,0	38,0	24,6	0,897	240	124,2	13,3	8,20	12,6	145,0	47,5	0,49	193,0
230	25,6	40,6	17,7	0,557	180	95,0	10,0	6,06	9,5	110,6	37,0	0,49	148,1
240	25,8	41,5	18,0	0,559	183	96,9	10,2	6,14	9,7	112,7	37,8	0,48	151,0
250	25,9	42,3	18,3	0,561	186	98,7	10,3	6,24	9,9	114,8	38,6	0,48	153,9
260	26,0	43,1	18,5	0,562	188	100,0	10,4	6,31	10,1	116,4	39,2	0,47	156,1
270	26,1	43,6	18,6	0,563	189	100,9	10,4	6,35	10,1	117,4	39,6	0,46	157,4
280	26,1	44,0	18,7	0,564	190	101,7	10,5	6,41	10,3	118,4	40,1	0,46	159,0

2. Сомкнутые ельники Среднего Урала (ГХР: Д.А. Милованович; цит. по: Козловский, Павлов, 1967)

Кисличный тип, бонитет II													
30	9,9	7,4	23,9	5,557	122	55,3	9,8	12,40	10,0	77,7	24,2	0,91	102,8
40	12,7	10,3	27,6	3,313	174	79,2	12,6	13,06	12,0	104,3	33,0	1,05	138,3
50	15,4	13,4	30,6	2,170	227	103,7	15,2	13,66	13,9	131,3	41,6	1,18	174,0
60	17,9	16,4	33,0	1,562	280	128,4	17,6	14,28	15,6	158,3	50,1	1,30	209,7
70	20,0	19,2	35,5	1,226	332	152,8	19,9	14,99	17,4	185,2	58,5	1,41	245,1
80	21,9	21,8	37,5	1,005	382	176,5	22,1	15,66	19,0	211,2	66,7	1,51	279,4
90	23,4	24,3	38,9	0,838	422	195,8	23,7	16,11	20,4	232,3	73,6	1,60	307,5

100	24,7	26,4	40,3	0,736	459	213,9	25,2	16,54	21,5	251,9	80,1	1,66	333,7
110	25,5	28,3	41,2	0,655	483	226,3	26,1	16,78	22,5	265,6	85,1	1,72	352,4
120	26,0	29,8	41,8	0,599	500	235,6	26,7	16,95	23,2	275,8	89,3	1,78	366,8
130	26,4	31,1	42,2	0,556	512	242,6	27,1	17,02	23,7	283,3	92,7	1,82	377,8
140	26,7	32,3	42,5	0,519	522	248,6	27,5	17,11	24,2	289,9	95,8	1,85	387,6
150	27,0	33,4	42,8	0,488	530	253,7	27,7	17,16	24,6	295,5	98,5	1,89	395,9
160	27,2	34,3	43,1	0,466	536	257,8	28,0	17,21	24,9	299,9	100,8	1,91	402,6
170	27,3	35,0	43,3	0,450	540	261,0	28,1	17,26	25,2	303,5	102,9	1,93	408,3
180	27,4	35,4	43,4	0,441	544	264,1	28,4	17,33	25,4	306,8	104,8	1,94	413,6
190	27,5	35,7	43,5	0,435	546	266,3	28,5	17,35	25,5	309,2	106,1	1,94	417,2
200	27,5	36,0	43,5	0,427	546	267,4	28,6	17,36	25,6	310,4	107,4	1,96	419,7
Гравяный тип, бонитет III													
30	7,9	6,6	20,0	5,846	82	38,0	7,0	9,82	7,9	55,7	18,5	0,84	75,1
40	10,6	9,1	23,1	3,552	122	56,6	9,4	10,44	9,5	76,5	25,6	0,97	103,1
50	12,9	11,5	26,2	2,522	164	76,3	11,8	11,23	11,2	98,7	33,0	1,08	132,8
60	15,0	13,9	28,6	1,885	204	95,3	13,8	11,83	12,6	119,7	39,9	1,18	160,8
70	16,8	16,5	30,8	1,441	244	114,3	15,7	12,51	14,2	141,0	47,1	1,29	189,4
80	18,4	19,0	32,5	1,146	280	131,7	17,3	13,03	15,5	160,2	53,6	1,39	215,2
90	19,9	21,5	33,7	0,928	313	147,7	18,6	13,44	16,7	177,8	59,6	1,48	238,9
100	21,3	23,7	34,8	0,789	345	163,4	20,0	13,85	17,8	195,1	65,4	1,55	262,0
110	22,4	25,4	35,8	0,707	372	176,9	21,2	14,20	18,7	209,8	70,4	1,61	281,8
120	23,2	26,9	36,6	0,644	393	187,7	22,0	14,47	19,5	221,7	74,7	1,66	298,0
130	23,8	28,0	37,2	0,604	410	196,7	22,8	14,70	20,0	231,4	78,4	1,70	311,5
140	24,3	28,9	37,7	0,575	424	204,3	23,4	14,88	20,5	239,7	81,6	1,73	323,0

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Сумма площадей сечений, м ² /га	Число стволов, 1000/га	Запас, м ³ /га	Фитомасса абсолютно сухая, т/га							Всего
						Ствол в коре	Кора ствола	Хвоя	Ветви	Надземная	Корни	Нижние ярусы	
150	24,7	29,7	38,1	0,550	436	211,0	24,0	15,06	21,0	247,1	84,5	1,76	333,3
160	25,0	30,3	38,3	0,531	442	214,9	24,3	15,09	21,1	251,1	86,4	1,77	339,3
170	25,2	30,7	38,5	0,520	448	218,8	24,6	15,18	21,4	255,4	88,4	1,79	345,6
180	25,4	31,1	38,7	0,509	454	222,7	25,0	15,28	21,6	259,6	90,3	1,80	351,7
190	25,5	31,4	38,9	0,502	458	225,6	25,2	15,37	21,8	262,8	91,9	1,81	356,5
200	25,5	31,6	39,0	0,497	460	227,5	25,4	15,45	21,9	264,9	93,3	1,82	360,0
Ровный; бонитет IV													
30	5,3	5,8	15,9	6,018	44	21,1	4,1	7,04	5,9	34,0	12,6	0,77	47,4
40	7,8	8,0	19,6	3,899	77	36,7	6,4	8,23	7,6	52,5	19,3	0,90	72,7
50	10,0	10,0	22,4	2,852	112	53,3	8,6	9,22	9,1	71,6	25,9	1,02	98,5
60	11,9	11,8	25,0	2,285	146	69,5	10,7	10,02	10,5	90,0	32,2	1,10	123,3
70	13,5	13,5	27,3	1,908	180	85,8	12,6	10,81	11,8	108,4	38,6	1,19	148,2
80	14,9	15,2	29,2	1,690	212	101,3	14,3	11,50	13,1	125,9	44,4	1,22	171,5
90	16,2	16,9	30,6	1,364	241	115,4	15,7	12,02	14,2	141,6	50,1	1,35	193,1
100	17,2	18,5	31,4	1,168	262	126,0	16,7	12,28	15,0	153,3	54,4	1,41	209,1
110	18,0	19,9	32,2	1,035	282	136,2	17,6	12,62	15,8	164,6	58,7	1,47	224,8
120	18,7	21,1	32,8	0,938	297	144,1	18,3	12,79	16,3	173,2	62,0	1,51	236,7
130	19,2	22,1	33,2	0,865	309	150,6	18,8	12,95	16,8	180,4	65,0	1,56	246,9
140	19,7	23,0	33,6	0,807	321	157,1	19,4	13,13	17,3	187,5	67,9	1,59	257,0

150	20,0	23,8	33,9	0,762	328	161,3	19,7	13,21	17,6	192,1	70,0	1,62	263,7
160	20,3	24,5	34,2	0,725	335	165,5	20,0	13,31	17,9	196,7	72,1	1,64	270,5
170	20,5	25,1	34,4	0,695	340	168,7	20,3	13,38	18,2	200,3	73,9	1,66	275,8
180	20,7	25,6	34,5	0,670	344	171,4	20,5	13,44	18,3	203,1	75,4	1,67	280,2
190	20,8	26,0	34,6	0,652	348	174,1	20,7	13,54	18,6	206,2	77,0	1,69	284,9
200	20,8	28,4	34,6	0,632	348	174,9	20,2	13,55	19,3	207,8	78,0	1,58	287,3

4. Нормальные ельники подзоны средней горной тайги Пермской области (ТХР: В.Л. Черных; цит. по: Лесогакционный справочник..., 1991)

Разнотравный тип													
10	2,5	2,7	7,9	13,167	21	9,6	2,4	11,23	6,0	26,8	7,1	0,99	34,9
20	4,5	5,2	14,0	6,667	47	21,7	4,4	10,43	7,8	39,9	13,6	1,01	54,5
30	7,3	8,1	21,1	4,058	94	43,2	7,5	11,92	10,6	65,7	23,1	1,12	89,9
40	9,7	10,8	26,0	2,826	142	65,4	10,3	12,96	12,9	91,3	32,1	1,23	124,6
50	12,4	13,3	30,7	2,209	198	91,2	13,4	13,95	14,8	120,0	41,3	1,29	162,5
60	14,4	15,7	33,8	1,742	243	112,4	15,7	14,51	16,4	143,3	49,0	1,37	193,7
70	16,1	17,9	35,9	1,419	263	122,7	16,4	103,90	16,4	153,0	52,1	1,34	206,4
80	17,7	19,9	37,9	1,219	322	150,2	19,4	15,41	18,9	184,5	62,7	1,50	248,7
90	19,0	21,7	39,6	1,070	356	166,8	20,9	15,81	20,0	202,6	68,8	1,56	273,0
100	20,2	23,4	41,1	0,956	386	181,7	22,2	16,10	20,9	218,7	74,2	1,60	294,5
110	21,2	24,8	42,4	0,878	417	197,0	23,7	16,57	21,9	235,5	79,9	1,65	317,0
120	22,0	26,1	43,4	0,811	436	207,0	24,5	16,68	22,4	246,1	83,7	1,67	331,5
130	22,6	27,1	44,2	0,766	458	218,4	25,5	17,05	23,2	258,7	88,3	1,71	348,7

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Сумма площадей сечений, м ² /га	Число стволов, 1000/га	Запас, м ³ /га	Фитомасса абсолютно сухая, т/га						Всего	
						Ствол в коре	Кора ствола	Хвоя	Ветви	Наземная	Корни		Нижние ярусы
140	23,1	27,9	44,9	0,735	475	227,4	26,3	17,30	23,8	268,5	92,1	1,74	362,3
150	23,3	28,6	45,2	0,704	481	231,5	26,6	17,33	24,1	272,9	94,4	1,76	369,1
160	23,4	29,2	45,3	0,676	484	234,2	26,7	17,34	24,3	275,8	96,2	1,78	373,8

Южная тайга

1. Ельники Свердловской области, полнота 0,7-0,9 (ТХР: В/О Леспроект; цит. по: Основные положения..., 1976)

Бонитет II													
30	11,0	10,2	20,4	2,497	114	46,1	5,3	10,06	9,4	65,6	17,7	1,02	84,3
40	14,0	12,2	23,3	1,993	163	66,2	7,1	10,68	10,8	87,7	23,6	1,12	112,4
50	16,5	13,8	25,6	1,712	209	85,3	8,8	11,21	11,9	108,4	29,0	1,19	138,6
60	18,8	19,2	27,4	0,946	248	101,8	9,5	11,44	13,8	127,0	34,8	1,39	163,2
70	20,7	23,0	28,3	0,681	278	114,9	10,1	11,48	14,9	141,3	39,1	1,50	181,9
80	22,4	25,6	28,9	0,561	302	125,7	10,7	11,42	15,4	152,5	42,4	1,56	196,5
90	23,3	27,7	29,1	0,483	316	132,5	11,0	11,34	15,9	159,7	44,9	1,63	206,3
100	24,1	29,5	29,3	0,429	327	138,1	11,3	11,25	16,1	165,5	47,0	1,67	214,1
110	24,8	30,8	29,4	0,395	337	143,2	11,5	11,20	16,4	170,8	48,9	1,70	221,4
120	25,1	32,1	29,5	0,365	342	146,3	11,6	11,15	16,6	174,1	50,4	1,74	226,2
130	25,5	33,1	29,5	0,343	346	149,0	11,7	11,06	16,7	176,8	51,6	1,76	230,1
140	25,8	33,9	29,5	0,327	349	151,1	11,8	11,00	16,7	178,8	52,7	1,77	233,3

Бонитет III													
30	8,0	9,2	16,8	2,527	69	28,7	3,4	7,67	7,4	43,8	12,9	0,95	57,6
40	10,2	10,4	19,5	2,295	101	42,1	4,8	8,33	8,4	58,8	17,4	1,02	77,3
50	12,3	11,7	21,6	2,009	137	57,3	6,3	9,10	9,6	76,0	22,3	1,12	99,4
60	14,2	13,2	23,6	1,725	169	70,9	7,4	9,56	10,6	91,1	26,6	1,18	118,8
70	16,1	15,0	25,0	1,415	197	83,0	8,4	9,76	11,3	104,1	30,1	1,23	135,4
80	17,6	17,4	26,0	1,093	223	94,4	9,1	10,04	12,2	116,6	34,0	1,32	152,0
90	19,1	20,6	26,6	0,798	244	103,8	9,5	10,12	13,1	127,0	37,3	1,42	165,7
100	20,5	23,4	26,8	0,623	261	111,6	9,8	10,10	13,7	135,4	39,9	1,50	176,8
110	21,7	25,6	27,0	0,525	275	118,2	10,1	10,07	14,0	142,3	42,1	1,55	185,9
120	22,4	27,5	27,4	0,461	288	124,4	10,4	10,20	14,6	149,2	44,5	1,61	195,3
130	23,2	29,0	27,4	0,415	292	126,9	10,4	10,00	14,6	151,5	45,3	1,62	198,4
140	23,5	30,3	27,4	0,380	295	129,0	10,5	9,95	14,8	153,8	46,5	1,65	201,9

2. Нормальные ельники Уфимского плато (Башкирия) (ТХР: В/О Леспроект; цит. по: Лесотаксационный справочник..., 1991)

Бонитет II													
60	17,9	19,7	39,1	1,282	342	137,9	12,7	16,35	20,2	174,5	48,1	1,53	224,1
70	20,0	22,6	42,1	1,047	402	162,7	14,3	17,01	22,1	201,8	55,5	1,62	258,9
80	22,0	25,4	44,6	0,879	469	190,4	16,1	17,96	24,3	232,7	63,8	1,73	298,2
90	23,7	28,0	46,8	0,760	520	212,0	17,4	18,43	25,8	256,2	70,1	1,80	328,1
100	24,5	30,5	48,8	0,668	568	232,5	18,5	19,30	28,0	279,8	77,5	1,92	359,2
110	26,4	32,7	50,1	0,596	600	246,8	19,3	19,05	28,1	294,0	80,6	1,90	376,5
120	27,2	34,6	51,0	0,548	617	255,3	19,6	18,97	28,6	302,9	83,4	1,91	388,2

Продолжение табл. 3

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Сумма площадей сечений, м ² /га	Число стволов, 1000/га	Запас, м ³ /га	Фитомасса абсолютно сухая, т/га						Всего	
						Ствол в коре	Кора ствола	Хвоя	Ветви	Надземная	Корни		Нижние ярусы
130	27,4	36,3	51,3	0,496	624	259,8	19,6	18,93	29,1	307,8	86,1	1,97	395,9
Бонитет III													
50	13,8	14,8	33,0	1,920	225	91,4	9,2	13,75	15,6	120,8	34,4	1,30	156,5
60	15,6	17,5	35,8	1,490	273	111,5	10,7	14,42	17,5	143,4	41,1	1,42	185,9
70	17,4	20,1	38,4	1,210	319	130,8	12,0	14,94	19,1	164,8	47,2	1,51	213,6
80	19,0	22,6	40,6	1,020	361	148,7	13,1	15,38	20,5	184,6	52,9	1,57	239,1
90	20,4	25,0	42,5	0,870	403	166,7	14,2	15,93	22,0	204,6	58,7	1,66	265,0
100	21,7	27,3	44,2	0,760	440	182,7	15,1	16,33	23,2	222,2	63,8	1,72	287,8
110	22,8	29,2	45,6	0,680	472	196,8	16,0	16,67	24,3	237,8	68,4	1,78	308,0
120	23,6	31,0	46,7	0,620	490	205,4	16,4	16,70	24,8	246,9	71,3	1,79	320,0
130	24,0	32,6	47,2	0,570	503	212,0	16,6	16,80	25,5	254,3	74,2	1,83	330,3
Бонитет IV													
70	13,7	15,0	32,8	1,853	225	94,1	9,5	12,54	15,0	121,6	37,0	1,33	160,0
80	15,3	17,2	35,4	1,526	271	113,5	10,9	13,51	16,9	143,9	43,5	1,44	188,9
90	16,6	19,3	37,2	1,274	303	127,3	11,8	13,91	18,1	159,3	48,2	1,51	209,0
100	17,8	21,4	38,9	1,080	334	140,9	12,6	14,32	19,3	174,5	52,8	1,58	228,9
110	18,9	23,3	40,3	0,946	361	152,8	13,3	14,61	20,2	187,6	56,8	1,62	246,0
120	19,7	25,1	41,6	0,840	383	162,8	13,9	14,89	21,1	198,8	60,4	1,67	260,9
130	20,2	26,7	42,3	0,755	398	170,0	14,2	15,07	21,9	207,0	63,4	1,72	272,1

3. Модальные ельники Билимбаевского лесхоза Свердловской области (ТХР: Смолоногов, Шихов, 1987). Фитомасса
расчитана для состава 10Е

ТЛУ – 332; травяной тип													
10	5,1	4,0	6,6	6,257	29	11,5	1,8	8,70	4,9	25,1	5,3	0,77	31,2
20	9,0	6,7	13,4	3,950	65	26,2	3,4	8,20	6,2	40,6	10,1	0,79	51,5
30	12,7	9,6	17,0	2,385	105	42,6	5,0	8,35	7,4	58,4	15,0	0,90	74,3
40	16,3	13,6	19,0	1,318	140	57,3	6,0	8,23	8,4	73,9	19,2	1,02	94,2
50	18,7	16,3	20,6	0,991	173	71,4	7,0	8,48	9,4	89,3	23,5	1,12	113,9
60	20,3	18,8	23,3	0,840	203	84,3	7,9	8,84	10,4	103,5	27,5	1,18	132,2
70	21,6	20,6	23,1	0,698	223	93,3	8,5	8,93	11,0	113,2	30,6	1,28	145,1
80	22,5	22,4	23,5	0,598	238	100,4	8,9	8,96	11,5	120,9	33,1	1,35	155,3
100	23,9	24,9	24,5	0,505	271	115,7	10,0	9,39	12,6	137,7	38,6	1,48	177,8
120	24,8	27,9	24,6	0,409	287	124,0	10,3	9,44	13,3	146,7	42,2	1,57	190,5
140	25,1	28,8	24,5	0,385	290	126,9	10,4	9,32	13,4	149,6	43,9	1,59	195,1
ТЛУ – 333; липняковый тип													
10	4,0	3,1	5,0	7,250	22	8,9	1,5	7,91	4,2	21,0	4,6	0,91	26,5
20	7,2	5,5	10,0	4,309	45	18,5	2,6	6,68	4,9	30,1	7,9	0,80	38,8
30	10,8	9,1	15,0	2,350	85	34,9	4,2	7,58	6,8	49,3	13,4	0,92	63,6
40	14,5	12,4	18,5	1,558	129	53,1	5,7	8,24	8,3	69,6	18,7	1,02	89,4
50	17,3	15,6	2,8	1,101	163	67,5	6,8	8,43	9,3	85,2	22,9	1,10	109,2
60	19,3	18,3	22,1	0,857	196	81,5	7,8	8,86	10,4	100,8	27,3	1,22	129,3
70	21,1	20,6	22,7	0,686	218	91,3	8,4	8,86	11,0	111,2	30,3	1,29	142,8
80	22,1	22,5	22,7	0,577	227	96,0	8,6	8,67	11,2	115,9	32,1	1,35	149,3

Продолжение табл. 3													
Воз- раст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Сумма площадей сечений, м ² /га	Число стволов, 1000/га	Запас, м ³ /га	Фитомасса абсолютно сухая, т/га						Всего	
						Ствол в коре	Кора ствола	Хвоя	Ветви	Назем- ная	Корни		Нижние ярусы
100	23,0	25,2	22,7	0,461	236	101,5	8,7	8,41	11,4	121,3	34,7	1,42	157,4
120	23,7	26,5	23,3	0,428	257	111,7	9,4	8,74	12,2	132,6	38,7	1,50	172,8
140	89,4	27,7	22,0	0,386	265	116,6	9,7	3,38	3,6	123,6	18,7	0,40	142,7
ТЛУ - 342; разнотравно-зеленошный тип													
10	4,1	3,3	5,7	6,914	21	8,5	1,4	7,33	4,0	19,8	4,3	0,79	24,9
20	7,8	6,3	10,7	3,522	44	18,1	2,4	6,14	4,6	28,8	7,5	0,73	37,1
30	10,8	9,2	14,0	2,129	72	29,9	3,6	6,44	5,8	42,1	11,5	0,84	54,5
40	13,5	11,9	17,3	1,560	106	44,1	4,8	7,12	7,2	58,4	16,0	0,94	75,4
50	16,2	14,5	19,0	1,151	143	59,6	6,1	7,78	8,5	75,9	20,8	1,08	97,8
60	18,0	16,8	21,3	0,977	176	73,7	7,2	8,39	9,7	91,8	25,3	1,17	118,3
70	19,6	19,3	23,5	0,816	207	87,0	8,1	8,90	10,9	106,8	29,6	1,24	137,6
80	20,9	21,9	24,6	0,664	236	99,6	8,9	9,37	12,1	121,1	34,0	1,36	156,4
100	22,7	25,3	24,6	0,499	256	109,6	9,4	9,19	12,5	131,3	37,6	1,46	170,4
120	23,4	27,0	24,6	0,437	267	115,8	9,7	9,16	12,9	137,9	40,4	1,52	179,8
140	23,7	28,0	24,5	0,407	272	119,5	9,9	9,11	13,1	141,7	42,3	1,56	185,6
160	23,7	28,5	24,5	0,393	275	122,1	10,1	9,16	13,3	144,6	44,1	1,59	190,3
ТЛУ - 361; приручевый тип													
10	3,6	3,0	5,0	7,294	20	8,1	1,4	7,65	4,1	19,9	4,4	0,93	25,2
20	6,9	5,8	9,7	3,704	40	16,6	2,3	6,08	4,6	27,3	7,3	0,78	35,4

30	10,3	8,6	11,9	2,041	62	25,9	3,2	5,76	5,1	36,8	10,2	0,85	47,8
40	12,7	11,7	12,7	1,212	78	33,0	3,7	5,48	5,6	44,1	12,5	0,93	57,5
50	15,1	14,7	13,5	0,818	94	40,1	4,1	5,39	6,0	51,5	14,8	1,00	67,3
60	17,1	17,9	14,3	0,599	110	47,3	4,6	5,44	6,5	59,2	17,1	1,06	77,4
70	18,8	20,3	15,0	0,491	126	54,5	5,1	5,58	7,0	67,1	19,4	1,13	87,6
80	20,0	21,5	16,0	0,463	142	61,7	5,6	5,82	7,5	75,0	21,7	1,17	97,9
100	21,6	24,8	19,5	0,423	191	83,1	7,2	7,10	9,7	99,9	29,3	1,33	130,5
120	22,6	26,3	21,2	0,402	222	97,3	8,3	7,81	11,0	116,1	34,6	1,45	152,2
140	23,2	27,1	22,1	0,389	238	105,3	8,9	8,11	11,5	124,9	37,7	1,51	164,1
160	23,5	27,4	22,3	0,384	244	109,1	9,1	8,17	11,7	129,0	39,4	1,52	169,9

Скандинавско-Русской провинции их составлено 23. Также неравномерно представлены по отдельным таблицам и диапазоны условий произрастания: от одного типа леса (класса бонитета) до 6-7.

Представление о географической природной зональности было сформулировано В. В. Докучаевым в начале XX в., он впервые выделил зоны климата и растительности в широтном направлении и провинции – в меридиональном, а также выдвинул концепцию горизонтальных и вертикальных зон природы (Докучаев, 1948). В 1940-60-е годы это представление получило дальнейшее развитие в трудах российских ученых как основополагающее обобщение физической географии. Были изучены явления горизонтальной зональности на равнинах и вертикальной зональности по склонам гор, показано, что при определенном сочетании удаления от морского побережья и рельефа местности широтная зональность растительного покрова уступает место меридиональной (Герасимов, 1945; Григорьев, Будыко 1956; Герасимов, Зими́на, 1986).

Сегодня известно, что характер растительности складывается под влиянием большого числа факторов (климатических, эдафических, биотических, исторических и т.п.). Однако главнейшим и всеобщим из них является климатический. Основные изменения климата происходят в широтном направлении в результате изменения интенсивности солнечной радиации и в меридиональном направлении – от морских побережий внутрь континента – в результате изменения степени континентальности. Соответственно в этих же направлениях происходят основные изменения в растительном покрове (Курнаев, 1973).

Известно более 20 способов количественной оценки степени континентальности климата. Предложенные индексы включают в себя величину годовой амплитуды температуры в абсолютном или относительном выражении и имеют общую тенденцию нарастания в направлении от океанических побережий внутрь евразийского континента с полюсом континентальности в районе Верхоянска и Якутска (Conrad, 1946; Полозова, 1954; Хромов, 1957 и др.). Если по зональному градиенту наличие профиля продуктивности лесного покрова подтверждено с различных позиций исследователями из разных научных отраслей (Лавренко с соавт., 1955 и др.), то в изменении продуктивности лесного покрова по провинциальному градиенту имеется пока полная неопределенность, а иногда предлагаются и взаимоисключающие закономерности (Будыко, Ефимова, 1968; Тябера, 1988).

Поскольку каждая таблица биопродуктивности и их набор в пределах региона представлены разными, иногда довольно значительными, диапазонами условий произрастания, выраженными либо классами бонитета, либо типами леса, все таблицы подразделены на два уровня: сравнительно лучших (I) и сравнительно худших (II) условий произрастания. Это подразделение носит условный характер и имеет целью проанализировать в

связи с индексом континентальности фитомассу насаждений в более узких региональных диапазонах условий произрастания по сравнению с таковыми в совокупности таблиц (рис. 3).

Из всего многообразия таблиц биопродуктивности мы исключили маргинальную северную подзону тайги с наиболее низким уровнем радиационного баланса. В остальных для возраста 100 лет взяты значения надземной P_{abo} и общей P_{tot} фитомассы, т/га, и проанализированы в связи с индексом континентальности IC , по Хромову (1957).

Получены зависимости:

для уровня (I)

$$\ln P_{abo} = -3,0768 + 5,8980 (\ln IC) - 0,9579 (\ln IC)^2 ; R^2 = 0,610, \quad (3)$$

$$\ln P_{tot} = -3,3986 + 6,1250 (\ln IC) - 0,9797 (\ln IC)^2 ; R^2 = 0,605, \quad (4)$$

и для уровня (II)

$$\ln P_{abo} = 1,3915 + 3,0862 (\ln IC) - 0,5626 (\ln IC)^2 ; R^2 = 0,601, \quad (5)$$

$$\ln P_{tot} = -0,0829 + 3,9808 (\ln IC) - 0,6782 (\ln IC)^2 ; R^2 = 0,614, \quad (6)$$

которые действительны при $IC > 30$. Таким образом, индекс континентальности климата объясняет изменчивость надземной фитомассы ели данного возраста в таблицах биопродуктивности, подразделенной на два уровня условий произрастания, примерно на 60 %.

Результаты табулирования уравнений (3)-(6) (табл. 4) показывают, что по мере возрастания индекса континентальности от 30 до 80 % происходит последовательное снижение запасов надземной и подземной фитомассы соответственно с 366 до 79 и с 80 до 23 т/га в сравнительно лучших условиях произрастания и с 217 до 61 и с 56 до 16 т/га в сравнительно худших. Отношение подземной фитомассы к надземной в исследованном диапазоне индекса континентальности остается практически стабильным (около 0,25). Отклоняется от выведенной закономерности лишь ель Шренка, запасы фитомассы которой в Памиро-Тяньшаньской провинции при одном и том же индексе континентальности существенно выше, чем ели сибирской в других регионах.

Возможно, это обусловлено тем, что условия произрастания ели Шренка резко отличаются от условий роста остальных видов ели на территории Северной Евразии (Сочава, 1956) прежде всего вследствие сравнительно высокого уровня радиационного баланса. Поскольку годовое количество осадков (от 230 до 730 мм, из которых 75 % приходится на зимний и весенний периоды) связано с вертикальной зональностью и возрастает с увеличением высоты над уровнем моря, тяньшаньские темнохвойные леса приурочены исключительно к верхнему горному поясу (1800-3200 м).

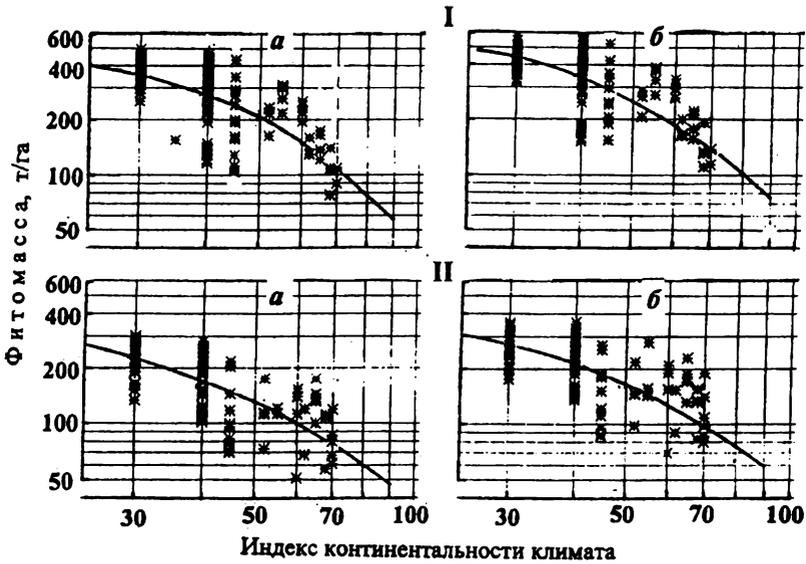


Рис. 3. Связь показателей надземной (а) и общей (б) фитомассы, взятой из таблиц биопродуктивности ельников Северной Евразии в возрасте 100 лет для сравнительно лучших (I) и сравнительно худших (II) условий произрастания, с индексом континентальности климата, по С.П. Хромову (1957)

Таблица 4

Связь запасов фитомассы, взятых из таблиц биопродуктивности ельников Северной Евразии в возрасте 100 лет, с индексом континентальности климата

Фракции фитомассы	Индекс континентальности					
	30	40	50	60	70	80
Уровень(I)						
Надземная <i>Pabo</i> , т/га	366	283	208	150	109	79
Подземная <i>Proot</i> , т/га	80	69	54	42	31	23
Отношение <i>Proot</i> : <i>Pabo</i>	0,22	0,24	0,26	0,28	0,28	0,29
Уровень(II)						
Надземная <i>Pabo</i> , т/га	217	167	128	99	77	61
Подземная <i>Proot</i> , т/га	56	48	38	28	21	16
Отношение <i>Proot</i> : <i>Pabo</i>	0,26	0,29	0,30	0,28	0,27	0,26

Таким образом, в результате создания базы данных о фитомассе ельников Северной Евразии в количестве 583 определений и применения ре-

курсивно-блочного метода моделирования ее запасов впервые создан комплект из 47 таблиц биопродуктивности ельников, совмещенных с традиционными ТХР. Установлено снижение фитомассы в таблицах в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в районе Якутска.

ЛИТЕРАТУРА

Базилевич Н. И., Родин Л. Е. Картограммы продуктивности и биологического круговорота главнейших типов растительности суши // Изв. ВГО. 1967. Т. 99. № 3. С. 190-194.

Будыко М.И., Ефимова Н.А. Использование солнечной энергии природным растительным покровом на территории СССР // Бот. журн. 1968. Т. 53. № 10. С. 1384-1389.

Герасимов И.П. Мировая почвенная карта и общие законы географии почв // Почвоведение. 1945. № 3-4. С. 152-161.

Герасимов И.П., Зимица Р.П. Теория структур вертикальной природной поясности как научная основа для эколого-географической характеристики горных систем // Чтения памяти акад. В. Н. Сукачева. III. Вопросы биогеоценологии и географии. М.: Наука, 1986. С. 5-12.

Григорьев А.А., Будыко М.И. О периодическом законе географической зональности // Докл. АН СССР. 1956. Т. 110. № 1. С. 129-132.

Докучаев В.В. Учение о зонах природы. М.: Географгиз, 1948. 64 с.

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

Замолодчиков Д. Г., Уткин А. И., Коровин Г. Н. Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам // Лесоведение. 1998. № 3. С. 84-93.

Козловский В.Б., Павлов В.М. Ход роста основных лесобразующих пород СССР: Справочник. М.: Лесная пром-сть, 1967. 327 с.

Коротков И.А. Закономерности распределения лесов в Монгольской народной республике (География и типология) // Леса Монгольской народной республики. М.: Наука, 1978. Т. 11. С. 36-46.

Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973. 203 с.

Лавренко Е.М., Андреев В.Н., Леонтьев В.Л. Профиль продуктивности надземной части природного растительного покрова СССР от тундр к пустыням // Ботан. журн. 1955. Т. 40. № 3. С. 415-419.

Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР. Архангельск: АИЛыЛХ, 1986. 358 с.

Лесотаксационный справочник для лесов Урала. М.: Госкомлес СССР, 1991. 483 с.

Нильсон А. М. Дискретные и непрерывные модели экологических явлений // Проблемы современной экологии. Тарту, 1978. С. 54-55.

Основные положения организации и развития лесного хозяйства Свердловской области. Свердловск: Свердловская аэрофотолесоустроительная экспедиция, 1976. 91 с.

Полозова Л. Г. О характеристике континентальности климата // Изв. ВГО. 1954. Т. 86. № 5. С. 412-422.

Родин Л. Е., Базилевич Н. И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.; Л.: Наука, 1965. 253 с.

Смагин В. Н. и др. Лесохозяйственное районирование Сибири // Лесные растительные ресурсы Сибири. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1978. С. 5-23.

Смолоногов Е.П., Шихов Ф.М. Восстановительно-возрастная динамика лесов Билимбаевского опытно-показательного лесхоза // Науч. тр. ИЭРиЖ УНЦ АН СССР. Вып. 167: Восстановительная и возрастная динамика таежных лесов Среднего Урала. Свердловск, 1987. С. 4-46.

Сочава В.Б. Темнохвойные леса // Растительный покров СССР. М.; Л.: АН СССР, 1956. Т. 1. С. 139-216.

Тябера А.П. Географические закономерности производительности сосновых древостоев // Лесная таксация и лесоустройство. Каунас: ЛитСХА, 1988. С. 139-147.

Усольцев В. А. Формирование банков данных о фитомассе лесов. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1998. 541 с.

Усольцев В.А., Грибенников А.Н. Биологическая продуктивность рода *Populus* в связи с континентальностью климата и природной зональностью Евразии // Леса Урала и хоз-во в них. Екатеринбург: УГЛТУ, 2001. Вып. 21. С. 171- 186.

Усольцев В. А., Колтунова А. И. Оценка запасов углерода в фитомассе листовичных экосистем Северной Евразии // Экология. 2001. № 4. С. 258-266.

Хромов С.П. К вопросу о континентальности климата // Изв. ВГО. 1957. Т. 89. № 3. С. 221-225.

Швиденко А. З., Нильссон С. Динамика лесов России в 1961-1993 годах и глобальный углеродный бюджет // Лесная таксация и лесоустройство. Красноярск: СибГТУ, 1997. С. 15-23.

Conrad V. Usual formulas of continentality and their limits of validity // Trans. Amer. Geophys. Union. 1946. Vol. 27. P. 663-664.

Lakida P., Nilsson S., Shvidenko A. Forest phytomass and carbon in European Russia // Biomass and Bioenergy. 1997. Vol. 12. No. 2. P. 91-99.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 00-05-64532 и 01-04-96424)