

В. А. УСОЛЬЦЕВ

ФИТОМАССА МОДЕЛЬНЫХ ДЕРЕВЬЕВ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД ЕВРАЗИИ:

база данных, климатически обусловленная
география, таксационные нормативы



Caring for the Forest:
Research in a Changing World

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF RUSSIAN FEDERATION
URAL STATE FOREST ENGINEERING UNIVERSITY

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
URAL BRANCH
BOTANICAL GARDEN

V. A. USOLTSEV

**SINGLE-TREE BIOMASS OF FOREST-FORMING
SPECIES IN EURASIA: DATABASE, CLIMATE-
RELATED GEOGRAPHY, WEIGHT TABLES**

YEKATERINBURG 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
БОТАНИЧЕСКИЙ САД

В. А. УСОЛЬЦЕВ

**ФИТОМАССА МОДЕЛЬНЫХ ДЕРЕВЬЕВ
ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД ЕВРАЗИИ:
БАЗА ДАННЫХ, КЛИМАТИЧЕСКИ
ОБУСЛОВЛЕННАЯ ГЕОГРАФИЯ,
ТАКСАЦИОННЫЕ НОРМАТИВЫ**

ЕКАТЕРИНБУРГ 2016

УДК 630*52:630*174.754+630*16:582.475.4+630*587+630*425
ББК 43.62(051)+43.426(051)
У 76

Рецензент
доктор сельскохозяйственных наук, профессор С. В. Залесов

У76 **Усольцев В.А. Фитомасса модельных деревьев лесообразующих пород Евразии: база данных, климатически обусловленная география, таксационные нормативы: научное издание / В.А. Усольцев. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. – 336 с. ISBN 978-5-94984-568-4**

Впервые сформирована сводка данных о фитомассе (кг) более 7300 модельных деревьев (из них более 70 % приходится на Россию) 30 лесообразующих древесных и кустарниковых пород Евразии, измеренной на пробных площадях. Она охватывает территорию 22 стран Евразии. Полученные закономерности изменения надземной и общей фитомассы деревьев по зональным поясам северного полушария различаются для древесных пород и по некоторым породам не соответствуют известным обезличенным по породному составу трендам синхронного снижения биологической продуктивности лесного покрова в направлении от тропиков к обоим полюсам. В связи с повышением континентальности климата в пределах одного зонального пояса фитомасса деревьев сосен, лиственниц, елей и пихт снижается, но увеличивается у деревьев берёз. Впервые разработаны регрессионные уравнения и таксационные таблицы для оценки фитомассы деревьев и кустарников по высоте и диаметру на высоте груди для наземной таксации и по высоте и диаметру кроны – для лазерно-локационного зондирования лесного покрова. Полученные результаты могут быть полезны при оценке приходной части углеродного цикла в лесных экосистемах и при осуществлении мероприятий по стабилизации климата.

Usoltsev V.A. Single-tree biomass of forest-forming species in Eurasia: database, climate-related geography, mensuration standards. Yekaterinburg: Ural State Forest – Engineering University. 2016. – 336 pp.

A biomass database of above 7300 single-trees (more 70 % for Russia) measured on sample plots for 30 basic Eurasian wood and bush species is compiled. It covers the territory of 22 countries of Eurasia. The regularities obtained for aboveground and total biomass of trees are different for some tree species along to zonal belts of the northern hemisphere and for some species do not correspond to known anonymous species composition trends of reducing the biological productivity of forest cover in the direction from the tropics to both poles. Biomass of pine, larch, spruce and fir trees is reduced, but increased in birch trees, with increasing of climate continentality within a single zonal belt. Regression equations and taxation tables for assessment of biomass of trees and shrubs are developed for the first time using tree height and diameter at breast height as independent variables when estimating it with terrestrial methods and using height and crown diameter when technologies of tree laser sensing are involved. The results can be useful in assessing the income part of the carbon cycle in forest ecosystems and in the implementation of activities on climate stabilization.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

Научный редактор - д-р биол. наук, проф. С. Г. Шиятов

УДК 630*52:630*174.754+630*16:582.475.4+630*587+630*425
ББК 43.62(051)+43.426(051)

ISBN 978-5-94984-568-4

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный
лесотехнический университет», 2016
© Усольцев В.А., 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ. Для чего нужны фактические данные о фитомассе деревьев?.....	5
ГЛАВА 1. БАЗА ДАННЫХ О ФИТОМАССЕ ДЕРЕВЬЕВ В ЛЕСАХ ЕВРАЗИИ.....	9
1.1. Хвойные древесные виды.....	12
1.1.1. Сосна (двухвойный подвид <i>Pinus</i> L.), естественные насаждения.....	12
1.1.2. Сосна (двухвойный подвид <i>Pinus</i> L.), культуры.....	46
1.1.3. Лиственница (<i>Larix</i> Mill.).....	59
1.1.4. Ель (<i>Picea</i> L.).....	69
1.1.5. Пихта (<i>Abies</i> Mill.).....	91
1.1.6. Пятихвойные кедры (подрод <i>Haploxyylon</i> , или <i>Strobus</i>).....	95
1.1.7. Криптомерия японская (<i>Cryptomeria japonica</i> D.Don).....	100
1.1.8. Кипарисовик (<i>Chamaecyparis</i> Spach).....	101
1.1.9. Пихта дугласова (дугласия), культуры (<i>Pseudotsuga menziensis</i> (Mirb.) Franco).....	101
1.2. Лиственные древесные и кустарниковые виды.....	102
1.2.1. Берёза (<i>Betula</i> L.).....	102
1.2.2. Осина и тополи (<i>Populus</i> L.).....	126
1.2.3. Липа (<i>Tilia</i> L.).....	135
1.2.4. Дуб (<i>Quercus</i> L.).....	144
1.2.5. Ольха (<i>Alnus</i> Gaertn.).....	148
1.2.6. Бук (<i>Fagus sylvatica</i> L.).....	149
1.2.7. Ясень (<i>Fraxinus</i> L.).....	150
1.2.8. Граб (<i>Carpinus betulus</i> L.).....	151
1.2.9. Акация белая (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.).....	152
1.2.10. Ива (<i>Salix</i> L.).....	153
1.2.11. Клён (<i>Acer</i> L.).....	154
1.2.12. Вяз, ильм (<i>Ulmus</i> L.).....	155
1.2.13. Чозения толокнянколистная (<i>Chosenia arbutifolia</i> (Pall.) A. Sevorts.).....	155
1.2.14. Лещина (<i>Corylus avellana</i> L.).....	156
1.2.15. Рябина (<i>Sorbus aucuparia</i> L.).....	157
1.2.16. Боярышник (<i>Crataegus oxyacantha</i> L.).....	157
1.2.17. Черёмуха (<i>Prunus padus</i> L.).....	158
1.2.18. Орех маньчжурский (<i>Juglans mandshurica</i> Maxim.).....	158
1.2.19. Маакция амурская (<i>Maackia amurensis</i> Rupr.).....	158
1.2.20. Бархат амурский (<i>Phellodendron amurense</i> Rupr.).....	159
ГЛАВА 2. ФИТОМАССА ДЕРЕВЬЕВ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ В КЛИМАТИЧЕСКИХ ГРАДИЕНТАХ ЕВРАЗИИ.....	160
2.1. Структура фитомассы деревьев двухвойных сосен в трансконтинентальных градиентах Евразии.....	167
2.1.1. Характеристика базы данных о фитомассе деревьев в сосняках Евразии.....	167
2.1.2. Изменение структуры фитомассы двухвойных сосен в трансконтинентальных градиентах Евразии.....	168
2.2. Структура фитомассы деревьев лиственниц в трансконтинентальных градиентах Евразии.....	171
2.2.1. Характеристика базы данных о фитомассе деревьев в лиственничных древостоях Евразии.....	171

2.2.2. Изменение структуры фитомассы деревьев лиственниц в трансконтинентальных градиентах Евразии.....	172
2.3. Структура фитомассы деревьев елей и пихт в трансконтинентальных градиентах Евразии.....	176
2.3.1. Характеристика базы данных о фитомассе деревьев в елово-пихтовых древостоях Евразии.....	176
2.3.2. Изменение структуры фитомассы деревьев елей и пихт в трансконтинентальных градиентах Евразии.....	176
2.4. Структура фитомассы деревьев берёз в трансконтинентальных градиентах Евразии.....	181
2.4.1. Характеристика базы данных о фитомассе деревьев в берёзовых древостоях Евразии.....	181
2.4.2. Изменение структуры фитомассы деревьев берёз в трансконтинентальных градиентах Евразии.....	182
ГЛАВА 3. РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ И ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФИТОМАССЫ ДЕРЕВЬЕВ ДРЕВЕСНЫХ И КУСТАРНИКОВЫХ ВИДОВ В ЭКОРЕГИОНАХ ЕВРАЗИИ.....	187
3.1. Проблема применения аллометрической модели и возможности ее унификации.....	187
3.2. Построение регрессионных моделей для оценки структуры фитомассы деревьев в экорегионах Евразии.....	190
3.2.1. География пробных площадей с фактическими данными фитомассы деревьев.....	191
3.2.2. Кодирование региональных массивов данных о фитомассе деревьев блоковыми фиктивными переменными.....	195
3.2.3. Регрессионные модели фитомассы деревьев древесных и кустарниковых видов.....	198
3.3. Разработка системы таксационных таблиц для оценки структуры фитомассы деревьев по регионам России.....	202
3.3.1 Двухвойные сосны, естественные насаждения.....	202
3.3.2. Двухвойные сосны, культуры.....	205
3.3.3. Лиственницы.....	207
3.3.4. Ели.....	214
3.3.5. Пихты.....	216
3.3.6. Кедры.....	219
3.3.7. Берёзы.....	220
3.3.8. Осины.....	226
3.3.9. Липы.....	229
3.3.10. Дубы.....	231
3.3.11. Ясени.....	232
3.3.12. Клёны.....	234
3.4. Локальные регрессионные модели и таксационные таблицы для оценки структуры фитомассы деревьев древесных и кустарниковых видов.....	236
3.4.1. Криволинейная японская.....	238
3.4.2. Кипарисовик.....	238
3.4.3. Ольха.....	239
3.4.4. Бук.....	239
3.4.5. Акация белая (робиния псевдоакация).....	240
3.4.6. Ива.....	241
3.4.7. Ильм, вяз.....	241
3.4.8. Граб.....	242
3.4.9. Чозения.....	242

3.4.10. Боярышник	243
3.4.11. Черемуха	243
3.4.12. Орех	244
3.4.13. Маакия	244
3.4.14. Бархат	245
3.4.15. Рябина и лещина.....	245
ГЛАВА 4. АЛЛОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФИТОМАССЫ ДЕРЕВЬЕВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ УГЛЕРОДНОГО ПУЛА В ЛЕСАХ ЕВРАЗИИ.....	248
4.1. Общие положения.....	248
4.2. Сравнительный анализ регрессионных моделей для оценки структуры фитомассы деревьев наземными и дистанционными методами.....	259
4.3. Регрессионные модели и таксационные таблицы для оценки структуры фитомассы деревьев древесных и кустарниковых видов с использованием дистанционных методов.....	265
4.3.1. Двухвойные сосны	270
4.3.2. Ели и пихты	271
4.3.3. Лиственницы	272
4.3.4. Кедр (пятихвойные сосны).....	273
4.3.5. Криптомерия японская	273
4.3.6. Кипарисовик	274
4.3.7. Дугласия	275
4.3.8. Берёзы	275
4.3.9. Осина и тополи	276
4.3.10. Липы	277
4.3.11. Ольха серая	278
4.3.12. Дубы	278
4.3.13. Бук европейский	279
4.3.14. Ясени	280
4.3.15. Акация белая	281
4.3.16. Ивы	281
4.3.17. Клёны	282
4.3.18. Ильмовые	283
4.3.19. Граб	283
4.3.20. Чозения	284
4.3.21. Боярышник	285
4.3.22. Черёмуха	285
4.3.23. Орех маньчжурский	285
4.3.24. Маакия амурская	286
4.3.25. Бархат амурский	287
ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ	288
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	290
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	313
Приложение 1.....	313
Приложение 2.....	317
Приложение 3.....	322
Приложение 4.....	326
ОГЛАВЛЕНИЕ.....	330
CONTENTS.....	333

CONTENTS

	Pages
INTRODUCTION. What is the necessity of data on biomass of sample trees harvested by "destructive" method?.....	5
1 DATABASE OF SINGLE-TREE BIOMASS IN THE FORESTS OF EURASIA.....	9
1.1. Coniferous wood species.....	12
1.1.1. Two-needled pines (subgenus <i>Pinus</i>), natural forests.....	12
1.1.2. Two-needled pines (subgenus <i>Pinus</i>), plantations.....	46
1.1.3. <i>Larix</i> Mill.....	59
1.1.4. <i>Picea</i> L.....	69
1.1.4. <i>Abies</i> Mill.....	91
1.1.6. Five-needled pines (subgenus <i>Haploxyton</i> , or <i>Strobus</i>).....	95
1.1.7. <i>Cryptomeria japonica</i> D.Don.....	100
1.1.8. <i>Chamaecyparis</i> Spach.....	101
1.1.9. <i>Pseudotsuga menziensis</i> (Mirb.) Franco, plantations.....	101
1.2. Deciduous wood and bush species.....	102
1.2.1. <i>Betula</i> L.....	102
1.2.2. <i>Populus</i> L.....	126
1.2.3. <i>Tilia</i> L.....	135
1.2.4. <i>Quercus</i> L.....	144
1.2.5. <i>Alnus</i> Gaertn.....	148
1.2.6. <i>Fagus sylvatica</i> L.....	149
1.2.7. <i>Fraxinus</i> L.....	150
1.2.8. <i>Carpinus betulus</i> L.....	151
1.2.9. <i>Robinia pseudoacacia</i> L.....	152
1.2.10. <i>Salix</i> L.....	153
1.2.11. <i>Acer</i> L.....	154
1.2.12. <i>Ulmus</i> L.....	155
1.2.13. <i>Chosenia arbutifolia</i> (Pall.) A. Scvorts.....	155
1.2.14. <i>Corylus avellana</i> L.....	156
1.2.15. <i>Sorbus aucuparia</i> L.....	157
1.2.16. <i>Crataegus oxyacantha</i> L.....	157
1.2.17. <i>Prunus padus</i> L.....	158
1.2.18. <i>Juglans mandshurica</i> Maxim.....	158
1.2.19. <i>Maackia amurensis</i> Rupr.....	158
1.2.20. <i>Phellodendron amurense</i> Rupr.....	159
2 SINGLE-TREE BIOMASS OF FOREST-FORMING SPECIES IN THE CLIMATE GRADIENTS OF EURASIA.....	160
2.1. Biomass structure of trees of two-needled pines in transcontinental gradients of Eurasia.....	167
2.1.1. Characteristic of the database of tree biomass in pine forests of Eurasia.....	167
2.1.2. Change of the structure of pine tree biomass in transcontinental gradients of Eurasia.....	168
2.2. Biomass structure of <i>Larix</i> trees in transcontinental gradients of Eurasia.....	171
2.2.1. Characteristic of the database of tree biomass in larch forests of Eurasia.....	171
2.2.2. Change of the structure of larch tree biomass in transcontinental gradients of Eurasia.....	172
2.3. Biomass structure of <i>Picea</i> and <i>Abies</i> trees in transcontinental gradients of Eurasia.....	176

2.3.1. Characteristic of the database of tree biomass in spruce-fir forests of Eurasia.....	176
2.3.2. Change of the structure of spruce and fir tree biomass in transcontinental gradients of Eurasia.....	176
2.4. Biomass structure of <i>Betula</i> trees in transcontinental gradients of Eurasia.....	181
2.4.1. Characteristic of the database of tree biomass in birch forests of Eurasia.....	181
2.4.2. Change of the structure of birch tree biomass in transcontinental gradients of Eurasia.....	182
3 REGRESSION MODELS AND TABLES FOR ESTIMATING SINGLE-TREE BIOMASS OF WOOD AND BUSH SPECIES IN EURASIAN ECOREGIONS	187
3.1. A problem of allometric model and possibilities of its generalizing.....	187
3.2. Designing regression models to evaluate the tree biomass structure in ecoregions of Eurasia.....	190
3.2.1. Geography of sample plots where tree biomass was harvested.....	191
3.2.2. Encoding regional tree biomass datasets with block dummy variables.....	195
3.2.3. Tree biomass regression models of wood and bush species.....	198
3.3. Development of a system of taxation tables for estimating the tree biomass structure of some wood species by regions of Russia.....	202
3.3.1. Two-needled pines (subgenus <i>Pinus</i>), natural forests.....	202
3.3.2. Two-needled pines (subgenus <i>Pinus</i>), plantations.....	205
3.3.3. <i>Larix</i> Mill.....	207
3.3.4. <i>Picea</i> L.....	214
3.3.5. <i>Abies</i> Mill.....	216
3.3.6. Five-needled pines (subgenus <i>Haploxylo</i> , or <i>Strobus</i>).....	219
3.3.7. <i>Betula</i> L.....	220
3.3.8. <i>Populus</i> L.....	226
3.3.9. <i>Tilia</i> L.....	229
3.3.10. <i>Quercus</i> L.....	231
3.3.11. <i>Fraxinus</i> L.....	232
3.3.12. <i>Acer</i> L.....	234
3.4. Common regression models and taxation tables for estimating the tree biomass structure of some wood and bush species.....	236
3.4.1. <i>Cryptomeria japonica</i> D. Don.....	238
3.4.2. <i>Chamaecyparis</i> Spach.....	238
3.4.3. <i>Alnus</i> Gaertn.....	239
3.4.4. <i>Fagus sylvatica</i> L.....	239
3.4.5. <i>Robinia pseudoacacia</i> L.....	240
3.4.6. <i>Salix</i> L.....	241
3.4.7. <i>Ulmus</i> L.....	241
3.4.8. <i>Carpinus betulus</i> L.....	242
3.4.9. <i>Cosmospondyliopsis arbutifolia</i> (Pall.) A. Scvorts.....	242
3.4.10. <i>Crataegus oxyacantha</i> L.....	243
3.4.11. <i>Prunus padus</i> L.....	243
3.4.12. <i>Juglans mandshurica</i> Maxim.....	244
3.4.13. <i>Maackia amurensis</i> Rupr.....	244
3.4.14. <i>Phellodendron amurense</i> Rupr.....	245
3.4.15. <i>Sorbus aucuparia</i> L. and <i>Corylus avellana</i> L.....	245

4	ALLOMETRIC MODELS OF SINGLE-TREE BIOMASS AND THE PROSPECTS OF THEIR USE IN REMOTE SENSING CARBON POOL IN THE FORESTS OF EURASIA.....	248
	4.1. Common part.....	248
	4.2. Comparative analysis of regression models intended to evaluate the single-tree biomass structure by means of terrestrial and remote sensing methods.....	259
	4.3. Regression models and tables for estimating single-tree biomass of wood and bush species by means of remote sensing methods.....	265
	4.3.1. Two-needled pines (subgenus <i>Pinus</i>), natural forests.....	270
	4.3.2. <i>Picea</i> and <i>Abies</i>	271
	4.3.3. <i>Larix</i>	272
	4.3.4. Five-needled pines (subgenus <i>Haploxyylon</i> , or <i>Strobus</i>)	
	4.3.5. <i>Cryptomeria japonica</i>	273
	4.3.6. <i>Chamaecyparis</i>	273
	4.3.7. <i>Pseudotsuga menziensis</i> , plantations	274
	4.3.8. <i>Betula</i>	275
	4.3.9. <i>Populus</i>	275
	4.3.10. <i>Tilia</i>	276
	4.3.11. <i>Alnus</i>	277
	4.3.12. <i>Quercus</i>	278
	4.3.13. <i>Fagus sylvatica</i>	278
	4.3.14. <i>Fraxinus</i>	279
	4.3.15. <i>Robinia pseudoacacia</i>	280
	4.3.16. <i>Salix</i>	281
	4.3.17. <i>Acer</i>	281
	4.3.18. <i>Ulmus</i>	282
	4.3.19. <i>Carpinus betulus</i>	283
	4.3.20. <i>Chosenia arbutifolia</i>	283
	4.3.21. <i>Crataegus oxyacantha</i>	284
	4.3.22. <i>Prunus padus</i>	285
	4.3.23. <i>Juglans mandshurica</i>	285
	4.3.24. <i>Maackia amurensis</i>	286
	4.3.25. <i>Phellodendron amurense</i>	287
	TOTAL CONCLUSIONS.....	288
	REFERENCES.....	290
	APPENDIX.....	313
	CONTENTS.....	333