

В.А. Усольцев

**Вертикально-фракционная
структура фитомассы деревьев.
Исследование закономерностей**



*Caring for the Forest:
Research in a Changing World*

Ответственный редактор
доктор биологических наук, профессор С. Г. Шиятов
Рецензенты

доктор сельскохозяйственных наук, профессор С.В. Залесов;
доктор сельскохозяйственных наук, с.н.с. Г.Г. Терехов.

Усольцев В.А. **Вертикально-фракционная структура фитомассы деревьев.** Исследование закономерностей. Екатеринбург: УГЛТУ, 2013.

В связи с возрастающей биосферной ролью лесов изучение вертикально-фракционного распределения фитомассы и продукции разных органов древесных растений в толще лесного полога приобретает все большую актуальность. Дистанционное зондирование Земли сегодня эффективно используется при оценке различных параметров лесных насаждений, в том числе структуры их фитомассы. Для калибровки результатов современной аэрокосмической съемки и разработки цифровых 3-D моделей лесного полога необходимы наземные данные о вертикально-фракционной структуре деревьев и древостоев, стратифицированные по ярусам и фракциям фитомассы. Однако сегодня при активном зондировании растительного покрова его структура не учитывается и описывается физиками с позиций теории «мутных сред» либо как случайная дисперсионная среда. В настоящем исследовании на примере сосняков естественного и искусственного происхождения предложен альтернативный подход, показана многофакторная природа вертикально-фракционной структуры фитомассы деревьев и результаты ее аналитического описания. С учетом опубликованных результатов по горизонтальной структуре древостоев на тех же пробных площадях, изложенных в монографии автора «Производственные показатели и конкурентные отношения деревьев: исследование зависимостей» (2013) можно перейти к описанию пространственной структуры надземной и подземной фитомассы древостоев на уровне 3-D моделей. Автор пошел на существенное увеличение объема предлагаемой и предыдущей книг за счет включения приложений со всеми исходными материалами в надежде на то, что эта база данных послужит основой для разработки имитационных моделей пространственной структуры фитомассы лесных сообществ и что при этом не возникнет обычная в таких случаях проблема нехватки эмпирической информации.

Usoltsev V.A. **Structure of tree biomass-height profiles: studying a system of regularities.** Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2013.

In connection with increasing of biosphere role of forests study of vertical distribution of fractional biomass and primary production of different organs of woody plants in a forest canopy is of increasing importance. Remote sensing of the earth today is effectively used when evaluating different options of forests, including the structure of their biological productivity. For calibrating of modern Aerospace Survey results and developing of digital 3-D models of the forest canopy the ground data about vertical structure of trees and forests stratified according to biomass-height profiles and phytomass fractions are required. Today, however, with the active remote sensing of vegetation canopy its structure is ignored and it is described by physicists from the perspective of the theory of “muddy mediums” or as random dispersed ones. In this study, on the example of the pine forests of natural and artificial origins an alternative approach is offered, showing the multifactorial nature of vertical fractional structure of tree biomass, as well as the possibilities and results of its quantitative analytical description. Keeping in mind the results related to the same sample plots and published in the monograph by the author “Production and competitive relations of trees: studying a system of regularities” one can design a spatial structure of aboveground and underground forest biomass on the level of 3-D models. The author has substantially exceeded the volumes of both previous and proposed books when including the chapter “Appendix” with all the experimental measurements and he hopes this database will be some basis for designing simulation models of spatial structure of forest communities biomass.

На первой обложке: Композиция «Деревья как «универсальные солдаты» ландшафтного дизайна» (<http://ландшафт72.рф/hvojnye-derevyu.html>).

На последней обложке: Рисунки Леонардо да Винчи (1452–1519) к его заметкам по архитектуре деревьев (The notebooks of Leonardo da Vinci..., 1970).

На форзацах – ландшафтные фотоснимки С.Г. Шиятова (2009), иллюстрирующие наступление леса на тундру в экотонах Полярного Урала за последние десятилетия вследствие глобального потепления.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ.....	8
1.1. Фотосинтетически активная радиация (ФАР) и ее трансформация лесным пологом ..	8
1.2. Вертикально-фракционное распределение фитомассы древостоя как характеристика его структурно-функциональной организации. Два метода определения.....	18
1.2.1. Деструктивные методы	20
1.2.2. Недеструктивные методы	26
1.3. Закономерности изменения фитонасыщенности (объемной фитомассы) древесного полога	32
1.4. Моделирование вертикально-фракционного распределения фитомассы.....	38
1.4.1. Общие положения.....	38
1.4.2. Распределение фитомассы по возрастным слоям кроны в сосняках	45
1.4.3. Распределение фитомассы по возрастным слоям кроны в березняках	53
1.5. Дистанционное зондирование лесов, геоинформационные системы и 3-D модели архитектуры деревьев и морфологии древостоя полога	54
1.6. Оценка квалитетических показателей фитомассы деревьев как необходимая составляющая при ее исследовании	63
Глава 2. РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ, ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ	67
2.1. Район исследования	67
2.2. Объекты исследования	70
2.3. Выбор и обоснование методов исследований	72
2.4. Методика полевого опыта. Закладка пробных площадей	76
2.5. Обработка модельных деревьев на пробной площади	78
2.6. Объем выполненных экспериментальных работ	91
Глава 3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОМАССЫ МУТОВОК В КРОНЕ ДЕРЕВА	92
3.1. Возрастное распределение фитомассы мутовок	92
3.2. Распределение фитомассы мутовок по вертикальному профилю кроны.....	99
3.3. Анализ вертикально-фракционного распределения фитомассы кроны на основе метода кумулят	106
Глава 4. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОНАСЫЩЕННОСТИ (ОБЪЕМНОЙ МАССЫ) КРОН ДЕРЕВЬЕВ В ЕСТЕСТВЕННЫХ СОСНЯКАХ И КУЛЬТУРАХ	111
4.1. Изменение фитонасыщенности (объемной массы) кроны деревьев по их вертикальному градиенту.....	111
4.2. Закономерности изменения средней фитонасыщенности кроны деревьев	116
Глава 5. ВЕРТИКАЛЬНО-ФРАКЦИОННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ КОРНЕЙ В СОСНЯКАХ АМАН-КАРАГАЙСКОГО БОРА	120
5.1. Подготовка исходных данных для моделирования вертикально-фракционного распределения массы корней деревьев	120
5.2. Регрессионный анализ вертикально-фракционного распределения массы корней деревьев	124
5.2.1. Версия 1	125
5.2.2. Версия 2	133
Глава 6. ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛИТЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИТОМАССЫ ДЕРЕВЬЕВ В ЕСТЕСТВЕННЫХ СОСНЯКАХ И КУЛЬТУРАХ	141
6.1. Количественный анализ содержания сухого вещества в хвое и скелетной части кроны и составление справочно-нормативных таблиц	141
6.2. Количественный анализ плотности и содержания сухого вещества в древесине и коре ствола и составление справочно-нормативных таблиц	146
6.2.1. Определение интегральных квалитетических показателей стволов по их связи с легко измеряемыми дендрометрическими показателями.....	152

6.2.2. Определение интегральных квалитетических показателей стволов по выявленной связи с квалитетическими показателями, определенными по одному выпилу на высоте груди модельного дерева.....	157
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	160
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	164
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	177
Приложение 1. Фактические данные фитомассы корней в абсолютно сухом состоянии (г) по градациям их толщины и глубине слоя почвогрунта в сосняках Аман-Карагайского бора (получены совместно с И.С. Крепким).....	179
Приложение 2. Характеристика модельных деревьев, распределение массы корней которых приведено в приложении 1. Номера пробных площадей те же, что в табл. 2.1 и 2.2 (данные получены совместно с И.С. Крепким).....	186
Приложение 3. Характеристика почвенно-грунтовых условий по результатам раскопки корневых систем модельных деревьев, фитомасса которых приведена в приложениях 1 и 2 (данные получены совместно с И.С. Крепким).....	188
Приложение 4. Фактические данные о фитомассе модельных деревьев сосны в абсолютно сухом состоянии.....	189
Приложение 5. Результаты измерений мутовок модельных деревьев на пробных площадях в естественных сосняках (см. табл. 2.1).....	199
Приложение 6. Результаты измерений мутовок модельных деревьев на пробных площадях в культурах сосны (см. табл. 2.2).....	272
Приложение 7. Показатели содержания сухого вещества (%) в фракциях фитомассы кроны при взятии модельных деревьев в естественных сосняках и культурах.....	373
Приложение 8. Квалитетические показатели древесины и коры, полученные по выпилам ствола при взятии модельных деревьев в естественных сосняках.....	381
Приложение 9. Квалитетические показатели древесины и коры, полученные по выпилам ствола при взятии модельных деревьев в культурах сосны.....	427
Приложение 10. Распределение фитомассы мутовок (кг) в естественных сосняках и культурах по их возрасту в зависимости от возраста дерева и класса бонитета древостоя.....	511
Приложение 11. Фитомасса мутовки (кг) в кроне дерева естественных сосняков и культур сосны в зависимости от ее расстояния от пня, возраста дерева и класса бонитета древостоя.....	532
Приложение 12. Распределение кумулятивной фитомассы кроны дерева (кг) по 1-метровым секциям вертикального профиля в естественных сосняках и культурах.....	552
Приложение 13. Изменение фитонасыщенности хвои и ветвей (кг/м ³) по 1-метровым слоям кроны деревьев в естественных сосняках и культурах.....	570
Приложение 14. Ведомости перечета деревьев на заложенных 36 пробных площадях.....	583
Приложение 15. Фактические квалитетические показатели деревьев в естественных сосняках и культурах.....	587
ОГЛАВЛЕНИЕ.....	600