

Научная статья  
УДК 630.568

## ФИТОМАССА ДРЕВОСТОЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В ЭКОТОНЕ ЛЕС-ГОРНАЯ ТУНДРА НА СКЛОНАХ ДОЛИНЫ Р. МУХУ (ОКРЕСТНОСТИ П. ТЕБЕРДА, ГЛАВНЫЙ КАВКАЗКИЙ ХРЕБЕТ)

П. А. Моисеев<sup>1</sup>, А. М. Громов<sup>2</sup>, А. А. Григорьев<sup>3</sup>, Д. С. Балакин<sup>4</sup>,  
О. А. Громова<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup> Институт экологии растений и животных УрО РАН,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1, 4, 5</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Антон Максимович Громов,  
heytonny@yandex.ru

**Аннотация.** В статье приведен анализ расчетов запаса фитомассы на верхнем пределе произрастания древостоя в экотоне лес-горная тундра на склонах горы Ачхиштарабаша (Главного Кавказского хребта). На разных склонах восточной экспозиции были заложены высотные уровни с последующим охватом пробных площадей. Рассмотрены зависимости фракций фитомассы надземной части деревьев в абсолютно сухом состоянии от их диаметров, определены запасы фитомассы древостоев.

**Ключевые слова:** горная тундра, редколесье, фитомасса, Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), зависимости фракций

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 24-14-00206.

**Для цитирования:** Фитомасса древостоев Сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в экотоне лес-горная тундра на склонах долины р. Муху (окрестности п. Теберда, Главный Кавказский хребет) / П. А. Моисеев, А. М. Громов, А. А. Григорьев [и др.] // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVI Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 114–120.

Original article

**PHYTOMASS OF STANDS OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.)  
IN THE FOREST-MOUNTAIN TUNDRA ECOTONE ON THE  
SLOPES OF THE VALLEY OF THE MUKHU RIVER (VICINITY  
OF THE VILLAGE TEBERDA, THE MAIN CAUCASIAN RIDGE)**

**Pavel A. Moiseev<sup>1</sup>, Anton M. Gromov<sup>2</sup>, Andrey A. Grigoriev<sup>3</sup>,  
Dmitry S. Balakin<sup>4</sup>, Olga A. Gromova<sup>5</sup>**

<sup>1-5</sup> Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

<sup>1, 4, 5</sup> Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

Corresponding author: Anton M. Gromov, heytonny@yandex.ru

**Abstract.** The article provides an analysis of calculations of the phytomass reserve at the upper limit of the growth of the stand in the forest-mountain tundra ecotone on the slopes of Mount Achkhishtarabashi (Main Caucasian ridge). High-altitude levels were laid on different slopes of the eastern exposure, followed by coverage of the trial areas. The dependences of the fractions of phytomass of the aboveground part of trees in an absolutely dry state on their diameters are considered, the reserves of phytomass of stands are determined.

**Keywords:** mountain tundra, woodlands, phytomass, Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), fraction dependencies

**Acknowledgements:** the work was carried out with the support of the RNF grant 24-14-00206.

**For citation:** Fitomassa drevostoev sosny obyknovennoj (*Pinus sylvestris* L.) v ekotone les-gornaya tundra na sklonah doliny r. muhu (okrestnosti p. teberda, glavnyj kavkazkij hrebet) [Phytomass of stands of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in the forest-mountain tundra ecotone on the slopes of the valley of the Mukhu river (vicinity of the village Teberda, the Main Caucasian Ridge)] (2025) P. A. Moiseev, A. M. Gromov, A. A. Grigoriev [et al.]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : proceedings of the XVI International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 114–120. (In Russ).

Район проведения исследования располагается на склоне горы Ачхиштарабаша (43°30'56"N 41°42'23"E), высота над уровнем моря составляет 2829 м. Отличительной особенностью является расположение горы в пределах Главного кавказского хребта (рис. 1).

На склонах северной и южной экспозиции горы Ачхиштарабаша в переходной зоне лес-горная тундра летом 2023 г. заложены высотные профили.

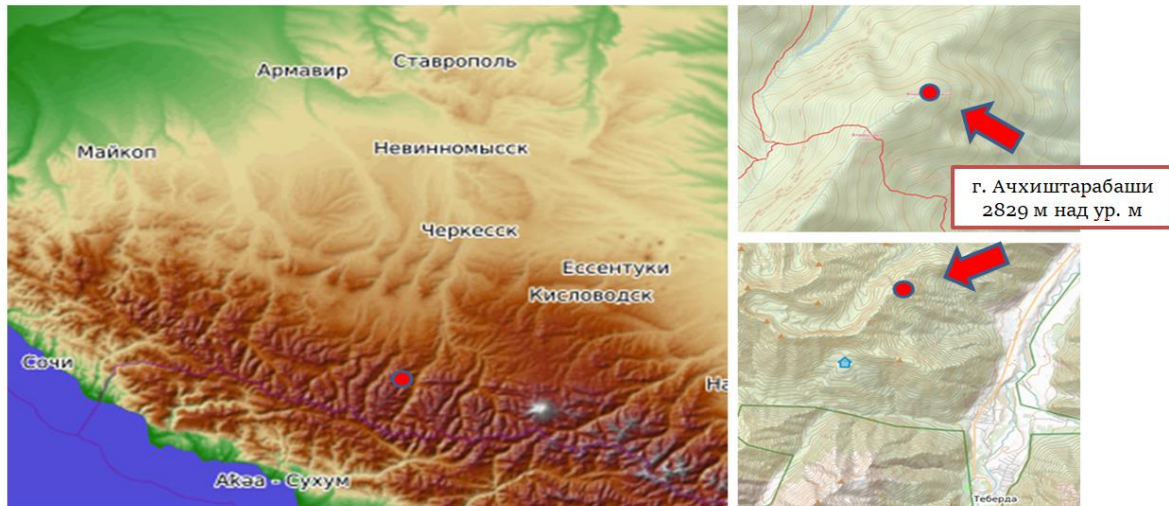


Рис. 1. Район заложения высотных профилей, гора Ачхиштарабаша

В пределах каждого профиля зафиксированы четыре высотных уровня (ВУ) (рис. 2). Верхний уровень (1 уровень) представлен на границе групп деревьев, 2 уровень заложен у верхней границы редколесий, 3 высотный уровень представляет из себя границу сомкнутого леса, 4 уровень заложен в сомкнутом лесу. На протяжении всех высотных уровней (ВУ) были заложены от 4 до 6 пробных круговых площадей. Средняя площадь пробных площадей составила около 200 м<sup>2</sup>.

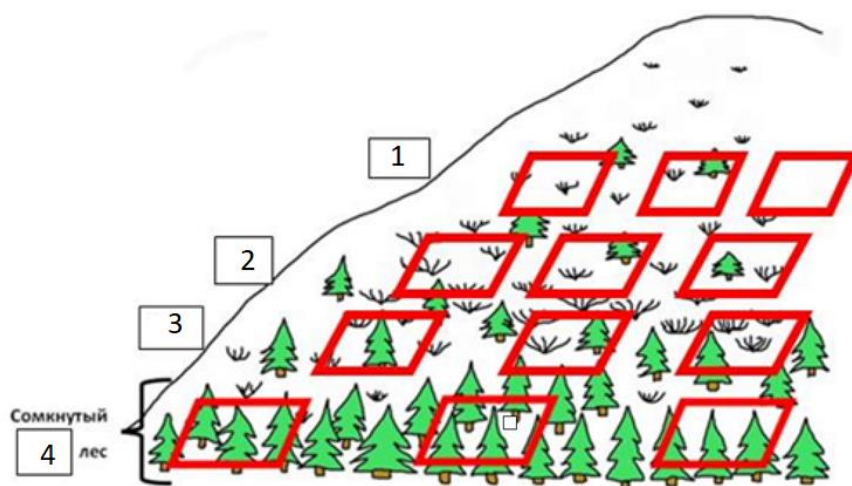


Рис. 2. Схема склона

Для выполнения поставленных задач проводился отбор модельных деревьев по всей амплитуде варьирования диаметров в количестве 10 шт. Шаг отбора диаметров составлял 4 см. У Каждого модельного дерева были изучены морфометрические показатели, такие как диаметр на высоте груди, диаметр основания, протяжение крон по двум направлениям, высота, расстояние от основания до первой живой ветви [1].

Фитомасса деревьев по фракциям устанавливалась в соответствии с требованиями известных методических указаний [2].

Перевод фракций фитомассы в абсолютно сухое состояние проводился по пробным образцам. Образцы помещались в сушильный шкаф (ШСП-0,25–100) и высушивались при температуре 105 °С до постоянного веса [2].

Исследование показало, что изменение массы всех фракций, полученных с модельных деревьев (хвоя, ствол, корни, кроны), с увеличением их толщины имеет четкий и закономерный характер. Графическое представление этих зависимостей выглядит как вогнутая кривая, которая лучше всего описывается степенной или же аллометрической функцией [3]. Эта функция при исследовании подобных связей используется многими авторами (рис. 3).

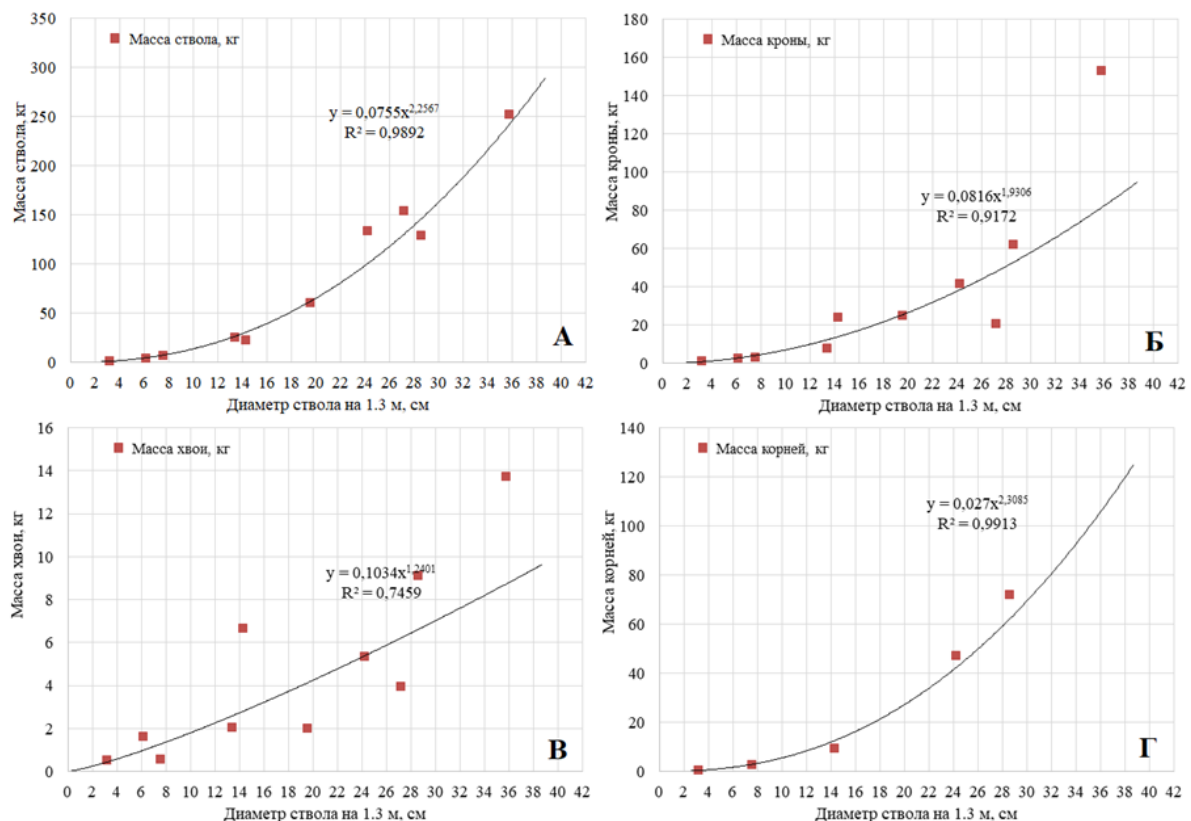


Рис. 3. Зависимости фракций фитомассы деревьев от их диаметра:  
*a* – массы стволов; *б* – общей массы крон; *в* – массы хвои; *г* – массы корней

Расположение экспериментальных точек на графике и значения коэффициентов детерминации разработанных уравнений демонстрируют, что информативность диаметра для оценки массы различных фракций различна.

Благодаря разработанным уравнениям зависимости и материалам распределения деревьев на пробных площадках можно рассчитать запасы фитомассы на единицу площади [4]. Общая фитомасса древостоев в абсолютно сухом состоянии по мере увеличения высоты над уровнем моря стремительно сокращается (таблица).

### Общие запасы фитомассы Сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на различных высотных уровнях исследуемых профилей, т/га

Площадка	Уровень	Ствол	Ветви	Хвоя	Корни
N-1	1	5,2	2,4	0,7	2,1
N-3	3	38,4	14,1	2,3	16,4
N-5	5	125,1	105,4	7,5	140,3
N-7	7	229,4	73,8	7,5	99,6
S-1	1	4,3	1,7	0,3	1,8
S-3	3	66,2	20,9	2	28,8
S-5	5	179,7	53,7	4,6	78,9
S-7	7	197,4	56,3	4,6	87,4

*Примечание.* N – северная экспозиция; S – южная экспозиция.

На южном склоне происходит снижение с 399 т/га на нижнем уровне до 10,6 т/га на верхнем уровне. Такая же закономерность и на северном склоне. С 491 т/га на нижнем уровне происходит уменьшение до 13,7 т/га на верхнем уровне. Это объясняется ухудшением условий произрастания древостоев по мере увеличения высоты над уровнем моря. В общей фитомассе древостоев доля корневых систем в среднем составляет 31,2 % (рис. 4).

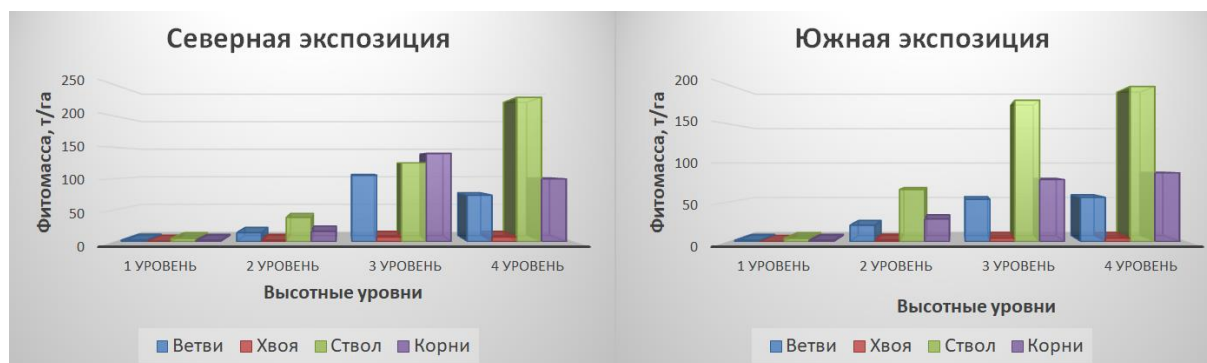


Рис. 4. Запас фитомассы структурных частей по высотным уровням т/га

На основании проведенных исследований можно сделать следующие общие выводы:

**1. Закономерности распределения фракций фитомассы:**

в древостоях с низкой сомкнутостью крон, растущих в жестких условиях высокогорья, сохраняются те же закономерные связи между фракциями фитомассы и диаметром деревьев, что и в сомкнутых лесах;

**2. Характер связей:**

связи имеют криволинейный характер и наиболее точно описываются степенной (аллометрической) функцией;

**3. Корректность полученных уравнений:**

разработанные уравнения соответствуют экспериментальным данным и могут быть использованы для определения запасов фитомассы в исследованных древостоях;

**4. Применение результатов:**

результаты могут быть полезными для изучения углеродного бюджета лесов и оценки роли фитомассы в этом процессе.

На склонах гор для сосновых древостоев характерна значительная амплитуда варьирования таксационных показателей и общей фитомассы. Эти показатели изменяются в зависимости от расположения над уровнем моря, вызывая закономерные изменения как абсолютных значений фракций фитомассы, так и их соотношений между собой.

### *Список источников*

1. Нагимов З. Я. Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев : дис. ... д-ра с.-х. наук / Зуфар Ягфарович Нагимов. Екатеринбург : Уральская государственная лесотехническая академия, 2000. С. 151–155.

2. Усольцев В. А. Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии = Eurasian forest biomass and primary production data : монография / отв. ред. С. Г. Шиятов. Екатеринбург : УрО РАН, 2010. С. 149–150.

3. Нагимов З. Я., Коростелев И. В., Шевелина И. Ф. Таксация леса : учебное пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. С. 83–85.

4. Динамика древесной растительности на участках остепненных склонов Южного Крака в последние 80 лет / П. А. Моисеев, И. К. Гайсин, М. О. Бубнов, О. О. Моисеева // Экология. 2018. № 2. С. 157–162.

### *References*

1. Nagimov Z. Ya. Patterns of growth and formation of aboveground phytomass of pine stands : dis. ... Doctor of Agricultural Sciences / Zufar Yagfarovich Nagimov. Yekaterinburg : Ural State Forest Academy, 2000. P. 151–155.

2. Usoltsev V. A. Phytomass and primary forest products of Eurasia = Eurasian forest biomass and primary production data : monograph / ed. by S. G. Shiyatov. Yekaterinburg : Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2010. P. 149–150.

3. Nagimov Z. Ya., Korostelev I. V., Shevelina I. F. Forest taxation : textbook. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering. University, 2006. P. 83–85.

4. Dynamics of woody vegetation on the sites of the settled slopes of the Southern Krak in the last 80 years / P. A. Moiseev, I. K. Gaisin, M. O. Bubnov, O. O. Moiseeva // Ecology. 2018. № 2. P. 157–162.

## *Сведения об авторах*

*Антон Максимович Громов* – магистрант, heytonny@yandex.ru;

*Павел Александрович Моисеев* – доктор биологических наук, moiseev@ipae.uran.ru;

*Андрей Андреевич Григорьев* – кандидат сельскохозяйственных наук, grigoriev.a.a@ipae.uran.ru;

*Дмитрий Сергеевич Балакин* – аспирант, dmitrijbalakin047@gmail.com;

*Ольга Алексеевна Громова* – магистрант, gromovaoa@ipae.uran.ru.

## *Information about the authors*

*Anton M. Gromov* – undergraduate student, heytonny@yandex.ru;

*Pavel A. Moiseev* – Doctor of Biological Sciences, moiseev@ipae.uran.ru;

*Andrey A. Grigoriev* – Candidate of Agricultural Sciences, grigoriev.a.a@ipae.uran.ru;

*Dmitry S. Balakin* – graduate student, dmitrijbalakin047@gmail.com;

*Olga A. Gromova* – undergraduate student, gromovaoa@ipae.uran.ru.