

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 2. С. 42–50.  
Forests of Russia and economy in them. 2023. № 2. P. 42–50.

Научная статья

УДК 630\*52:630\*174.754

DOI: 10.51318/FRET.2023.36.20.005

## БИОМАССА ДЕРЕВЬЕВ ОЛЬХИ СЕРОЙ И ЕЕ АЛЛОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В УСЛОВИЯХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Алексей Александрович Карабан<sup>1</sup>, Владимир Андреевич Усольцев<sup>2</sup>,  
Сергей Васильевич Третьяков<sup>3</sup>, Сергей Викторович Коптев<sup>4</sup>,  
Андрей Алексеевич Парамонов<sup>5</sup>, Илья Васильевич Цветков<sup>6</sup>,  
Александр Владимирович Давыдов<sup>7</sup>, Иван Степанович Цепордей<sup>8</sup>

<sup>1, 3, 4, 5, 6, 7</sup> Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельск, Россия

<sup>1, 3, 4, 6, 7</sup> Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, Архангельск, Россия

<sup>2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1, 8</sup> Ботанический сад Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Владимир Андреевич Усольцев,  
Usoltsev50@mail.ru

**Аннотация.** Научное сообщество проявляет повышенное внимание к текущим климатическим изменениям и в этой связи к возможным изменениям как продуктивности лесов, так и к способности лесов депонировать атмосферный углерод и тем самым смягчать климатические сдвиги. Однако в имеющихся базах данных о биомассе деревьев имеются обширные регионы, для которых отсутствуют эмпирические данные о биомассе лесообразующих пород. Поэтому обеспечение таких регионов фактологическим материалом по биомассе деревьев имеет первостепенное значение. К одному из таких регионов относится Архангельская область, для которой ранее отсутствовали данные о биомассе ольхи серой. Целью наших исследований было получение фактических данных о структуре надземной биомассы ольхи серой, произрастающей в условиях северной тайги Архангельской области, и разработка аллометрических моделей для ее фракций. Предложенные аллометрические модели для фракций надземной биомассы деревьев ольхи серой, произрастающей в подзоне северной тайги Архангельской области, характеризуются высокими показателями адекватности исходным данным и могут быть полезны при оценке углероддепонирующей способности ольховых насаждений.

**Ключевые слова:** биомасса деревьев, фракции биомассы, региональная и обобщенная модели, аллометрические модели биомассы

**Благодарности:** публикация подготовлена по результатам НИР, выполненного в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства. Регистрационный номер темы: 123022800113-9.

Scientific article

## BIOMASS OF GRAY ALDER TREES AND ITS ALLOMETRIC MODELS IN THE CONDITIONS OF THE ARKHANGELSK REGION

Alexey A. Karaban<sup>1</sup>, Vladimir A. Usoltsev<sup>2</sup>, Sergey V. Tretyakov<sup>3</sup>,  
Sergey V. Koptev<sup>4</sup>, Andrey A. Paramonov<sup>5</sup>, Ilya V. Tsvetkov<sup>6</sup>,  
Alexander V. Davydov<sup>7</sup>, Ivan S. Tsepordey<sup>8</sup>

<sup>1, 3, 4, 5, 6, 7</sup> Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russia

<sup>1, 3, 4, 6, 7</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

<sup>2</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1, 8</sup> Botanical Garden, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Vladimir A. Usoltsev,

Usoltsev50@mail.ru

**Abstract.** The scientific community is paying increased attention to current climate changes and, in this regard, to possible changes in both forest productivity and the ability of forests to deposit atmospheric carbon and thereby mitigate climate shifts. However, there are vast regions in the available tree biomass databases for which there is no empirical data on the biomass of forest-forming species. Therefore, providing such regions with empirical material on tree biomass is of paramount importance. One of these regions is the Arkhangelsk oblast', for which there was previously no data on the biomass of gray alder. The purpose of our research was to obtain empirical data on the structure of the aboveground biomass of gray alder growing in the conditions of the northern taiga of the Arkhangelsk region, and to develop allometric models for its fractions. The proposed allometric models for fractions of aboveground biomass of gray alder trees growing in the northern taiga subzone of the Arkhangelsk region are characterized by high indicators of adequacy to the initial data and can be useful in assessing the carbon depositing capacity of alder forests.

**Keywords:** tree biomass, biomass fractions, regional and generalized models, allometric models of biomass

**Acknowledgements:** the publication was prepared based on the results of the research carried out within the framework of the state task of the FBU "SevNIIH" for conducting applied scientific research in the field of activity of the Federal Forestry Agency. Registration number of the topic: 123022800113-9.

### Введение

В последние годы научная общественность проявляет повышенное внимание к текущим климатическим изменениям и в этой связи к возможным изменениям как продуктивности лесов, так и к способности лесов депонировать атмосферный углерод и тем самым смягчать климатические сдвиги (Замолодчиков и др., 2007; Голубятников, Денисенко, 2009; Коломыц, 2020; He et al., 2022). Однако в имеющихся базах данных о биомассе деревьев (Falster et al., 2015; Усольцев, 2016; Shcherashchenko et al., 2017) имеются обширные регионы, в которых отсутствуют эмпирические

данные о биомассе лесообразующих пород. Поэтому обеспечение таких регионов фактологическим материалом по биомассе деревьев имеет первостепенное значение. К одному из таких регионов можно отнести Архангельскую область, для которой ранее отсутствовали данные о биомассе ольхи серой.

Ольха серая – одна из наиболее быстрорастущих пород, до 10–15 лет растет быстро, после чего прирост замедляется; доживает до 40–60, изредка до 100 лет (Купцов, Попов, 2015). Ольха, уступающая иве и осине в скорости роста (Биомасса..., 2022), имеет ряд существенных преимуществ.

Будучи азотфиксатором и продуцентом веществ, ингибирующих патогенные организмы, обладая устойчивостью к энтомофитовредителям, ольха является перспективным видом для плантационного выращивания (Palmgren et al., 1985; Купцов, Попов, 2015). В Западной Европе проводятся интенсивные исследования свойств древесины этой быстрорастущей породы и возможностей ее использования (Saarsalmi et al., 1985; Rytter L., Rytter R.-M., 2016).

Для оценки углероддепонирующей способности лесов активно разрабатываются аллометрические модели биомассы деревьев, особенно актуальные для смешанных лесов, и их количество во всем мире исчисляется уже тысячами (Jucker et al., 2022). В России единственные аллометрические модели для биомассы ольхи (Усольцев и др., 2022) построены по малочисленным данным В.В. Смирнова (1971) и Н.И. Казиминова с соавторами (1978), полученным в подзоне южной тайги России.

### Цель, методика и объекты исследования

Целью наших исследований было получение фактических данных о структуре надземной биомассы ольхи серой, произрастающей в условиях северной тайги Архангельской области, и разработка аллометрических моделей для ее фракций.

Сбор полевого материала проводился с июня по сентябрь в 2020 и 2021 гг. на территории лесничеств Архангельской области в Приморском, Красноборском и Каргопольском районах. Подбирались чистые древостои или с примесью других пород. Было заложено 30 пробных площадей, на которых взято от 1 до 4 модельных деревьев в возрастном диапазоне от 20 до 50 лет. Пробные площади закладывали в соответствии с ОСТ 56–69–83 «Площади пробные лесоустроительные». Обработка модельных деревьев на пробных площадях проводилась с учетом методических рекомендаций И.И. Гусева (2002). Полная характеристика полученных данных о 50 модельных деревьях ольхи серой дана в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Характеристика модельных деревьев ольхи серой, взятых на 30 пробных площадях  
Архангельской области  
Characteristics of gray alder model trees taken on 30 sample plots of the Arkhangelsk region

№	<i>A</i> , лет <i>A</i> , yrs	<i>D</i> , см <i>D</i> , cm	<i>D</i> <sub>0</sub> , см <i>D</i> <sub>0</sub> , cm	<i>H</i> , м <i>H</i> , m	<i>Lcr</i> , м <i>Lcr</i> , m	<i>V</i> <sub><i>t</i></sub>	<i>V</i> <sub><i>bk</i></sub>	<i>P</i> <sub><i>s</i></sub>	<i>P</i> <sub><i>bk</i></sub>	<i>P</i> <sub><i>b</i></sub>	<i>P</i> <sub><i>f</i></sub>	<i>P</i> <sub><i>a</i></sub>	<i>N</i> , тыс. экз./га <i>N</i> /1000, trees per ha
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	28	10,1	12,30	11,00	5,50	0,046	0,005	24,736	0,629	2,189	0,988	27,913	5,200
2	26	8,6	10,50	12,65	3,80	0,037	0,006	18,730	0,479	1,065	0,205	20,000	4,225
3	24	10,3	10,50	12,22	4,90	0,052	0,003	24,858	1,084	2,501	0,338	27,697	4,300
4	35	13,6	16,90	14,15	7,08	0,102	0,012	44,594	2,230	5,820	1,047	51,461	2,300
5	26	6,7	8,75	10,50	5,25	0,019	0,001	13,934	0,681	1,724	0,375	16,033	4,800
6	36	10,0	12,90	12,10	4,84	0,048	0,004	19,555	1,462	3,960	0,405	23,920	4,775
7	34	7,1	10,00	9,00	8,10	0,019	0,002	5,783	0,352	1,201	0,653	7,636	4,675
8	39	12,9	15,10	14,00	7,00	0,091	0,007	43,540	0,875	2,805	0,892	47,237	7,175
9	21	6,0	7,25	9,00	3,60	0,014	0,001	4,998	0,49	1,122	0,244	6,363	2,900
10	24	10,6	10,65	11,50	4,60	0,052	0,005	15,714	0,732	2,938	0,561	19,213	3,350
11	42	12,5	14,10	15,10	7,55	0,09	0,003	43,721	2,702	5,563	1,257	50,541	5,025
12	32	9,5	11,35	11,20	5,60	0,041	0,003	19,663	0,956	3,09	0,418	23,172	3,750
13	23	5,9	7,50	9,40	5,64	0,014	0,002	5,750	0,253	0,618	0,124	6,492	4,075

Окончание табл. 1  
The end of table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
14	46	10,0	12,80	12,00	7,20	0,048	0,005	33,409	3,105	8,988	0,552	42,949	3,725
15	50	16,9	18,00	13,20	13,20	0,148	0,002	40,892	4,774	7,596	0,997	49,484	6,250
16	31	9,5	11,35	9,80	5,88	0,037	0,002	14,900	0,789	2,735	0,610	18,245	4,225
17	20	5,7	7,65	10,00	5,00	0,014	0,001	8,044	0,249	0,721	0,220	8,985	4,050
18	25	6,3	8,95	8,80	3,52	0,015	0,003	4,530	0,353	0,801	0,157	5,488	2,550
19	22	7,8	10,45	9,00	4,50	0,023	0,002	5,137	0,201	0,551	0,192	5,882	3,925
20	23	8,9	11,25	10,40	5,20	0,034	0,003	15,373	0,681	1,380	0,214	16,967	2,875
21	20	6,7	8,70	10,50	6,30	0,019	0,001	8,882	0,473	1,199	0,182	10,263	2,675
22	34	9,8	12,35	11,15	6,69	0,044	0,004	16,283	1,440	3,612	0,386	20,282	7,500
23	23	6,5	8,50	11,00	7,21	0,018	0,002	6,365	0,365	0,735	0,101	7,201	4,300
24	22	5,2	6,20	12,65	3,32	0,010	0,001	3,665	0,124	0,347	0,200	4,212	4,075
25	20	3,6	5,10	12,22	6,48	0,004	0,001	2,596	0,121	0,230	0,049	2,875	4,250
26	28	7,2	9,65	14,15	6,30	0,020	0,003	3,150	0,471	1,619	0,217	4,987	2,450
27	30	8,2	10,20	10,50	4,00	0,028	0,003	12,324	0,348	1,369	0,291	13,984	4,075
28	29	8,5	10,35	12,10	6,00	0,030	0,002	11,107	1,186	2,817	0,573	14,497	2,250
29	37	9,4	12,15	9,00	4,56	0,041	0,003	14,078	0,934	1,903	0,221	16,201	2,300
30	23	5,2	7,50	14,00	7,56	0,010	0,001	3,260	0,462	2,045	0,166	3,769	4,300
31	26	5,8	7,80	9,00	7,04	0,013	0,001	5,021	0,876	0,351	0,221	5,593	2,450
32	27	7,1	8,45	11,50	3,60	0,019	0,001	6,929	0,837	1,252	0,372	8,553	1,075
33	20	5,5	6,95	15,10	4,80	0,012	0,002	5,394	0,855	0,322	0,292	6,007	2,675
34	30	7,4	9,85	11,20	2,20	0,025	0,003	10,984	2,557	0,564	0,174	11,721	4,525
35	30	5,4	8,60	9,40	3,35	0,009	0,001	4,072	0,485	0,633	0,223	4,928	5,900
36	33	5,7	8,40	12,00	3,80	0,011	0,001	4,610	0,584	1,015	0,084	5,709	4,575
37	20	4,3	5,80	13,20	4,14	0,005	0,001	1,377	0,247	0,443	0,163	1,984	4,000
38	24	6,4	7,55	9,80	2,88	0,013	0,001	5,326	0,575	0,540	0,154	6,020	5,900
39	26	5,6	7,20	10,00	2,60	0,010	0,001	3,556	0,519	0,504	0,160	4,220	4,575
40	32	8,2	10,25	8,80	3,25	0,021	0,002	4,962	0,397	0,846	0,421	6,230	4,000
41	25	5,8	7,60	9,00	4,20	0,011	0,001	3,892	0,327	0,595	0,155	4,643	5,900
42	30	7,9	10,40	10,40	4,00	0,022	0,001	5,573	0,540	3,270	0,252	9,096	4,575
43	21	5,1	7,05	10,50	6,66	0,009	0,001	1,675	0,318	0,413	0,111	2,200	4,000
44	20	4,7	6,85	11,15	3,12	0,006	0,001	2,663	0,752	0,408	0,050	2,714	4,000
45	22	6,4	10,90	11,00	3,24	0,015	0,001	6,603	0,752	0,656	0,183	7,443	4,300
46	26	5,5	7,55	12,65	3,60	0,012	0,001	4,794	0,458	0,903	0,094	5,792	5,025
47	21	5,9	7,90	12,22	5,04	0,011	0,001	3,679	0,567	1,275	0,240	5,195	4,075
48	23	4,8	6,65	14,15	4,00	0,008	0,001	2,789	0,460	0,387	0,055	3,232	4,250
49	34	10,1	11,60	10,50	5,50	0,046	0,004	18,697	2,200	3,184	0,287	22,168	4,675
50	32	6,8	9,15	12,10	7,20	0,018	0,002	7,190	0,888	0,779	0,053	8,022	4,250

Примечание. *A, D, D<sub>0</sub>, H, Lcr, N* – соответственно возраст, диаметр ствола на высоте груди, диаметр ствола у его основания, высота дерева, длина кроны, густота древостоя; *Vt* и *Vbk* – соответственно объем ствола в коре и коры ствола, м<sup>3</sup>; *Ps, Pbk, Pb, Pf, Pa, Pr* – соответственно биомасса ствола в коре, коры ствола, ветвей, листвы, надземная и корней в абсолютно сухом состоянии, кг.

Note. *A, D, D<sub>0</sub>, H, Lcr, N* – respectively age, trunk diameter at chest height, trunk diameter at its base, tree height, crown length, stand density; *Vt* and *Vbk* – respectively trunk volume in the bark and trunk bark, m<sup>3</sup>; *Ps, Pbk, Pb, Pf, Pa, Pr* – respectively, the biomass of the trunk in the bark, trunk bark, branches, foliage, aboveground and roots in an absolutely dry state, kg.

Поскольку мы не определяли биомассу корней, для построения моделей их биомассы использованы данные Н. И. Казиминова с соавторами (1978) и латвийских коллег (Miezīte et al., 2011) для ольхи серой подзон южной тайги и хвойно-широколиственных лесов в количестве 17 определений.

### Результаты и их обсуждение

По исходным данным табл. 1 рассчитаны аллометрические модели, структура которых обсуждалась ранее (Биомасса..., 2022). В данном случае рассмотрены модели трех видов:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D, \quad (1)$$

$$\ln P_{bk} = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln (P_s), \quad (2)$$

$$\ln P_r = a_0 + a_1 \ln D + a_3 \ln P_a, \quad (3)$$

где  $P_i$  – биомасса дерева  $i$ -й фракции, в данном случае  $P_s$ ,  $P_b$ ,  $P_f$ ,  $P_a$ . Характеристика полученных моделей приведена в табл. 2.

Соотношение расчетных и фактических данных модели (1) в логарифмических координатах с обозначением ошибки модели (рисунок) показывает достаточно высокую адекватность модели и наличие равномерной остаточной дисперсии.

Существует проблема применимости локальных аллометрических моделей в регионах, для ко-

торых пока не разработаны аналогичные модели. Для сравнения с нашими результатами мы сформировали пакет фактических данных для ольхи серой, полученных в подзонах южной тайги и хвойно-широколиственных лесов (Смирнов, 1971; Казимиров и др., 1978; Miezīte et al., 2011), и включили его в совместный анализ с нашими данными согласно модели смешанного типа (Fu et al., 2012):

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D + a_2 X, \quad (4)$$

где  $X$  – бинарная переменная, равная 0 для данных подзон южной тайги и хвойно-широколиственных лесов и равная 1 для данных для северной тайги. Оказалось, что регрессионный коэффициент  $a_2$  при бинарной переменной значим на уровне вероятности  $p < 0,01$  ( $t = 2,9 > t_{99} = 2,58$ ) только для биомассы листвы. При этом масса листвы в северной тайге меньше, чем в южных подзонах, на 25 %. По массе ствола, ветвей и надземной регрессионный коэффициент  $a_2$  оказался незначимым ( $t = 1,0 \dots 1,3 < t_{95} = 1,96$ ). Для оценки надземной биомассы ольхи серой на территории европейской части России мы рассчитали обобщенную модель:

$$\begin{aligned} \ln P_a &= -2,5395 + 2,4527 \ln D; \\ adjR_2 &= 0,939, SE = 0,26. \end{aligned} \quad (5)$$

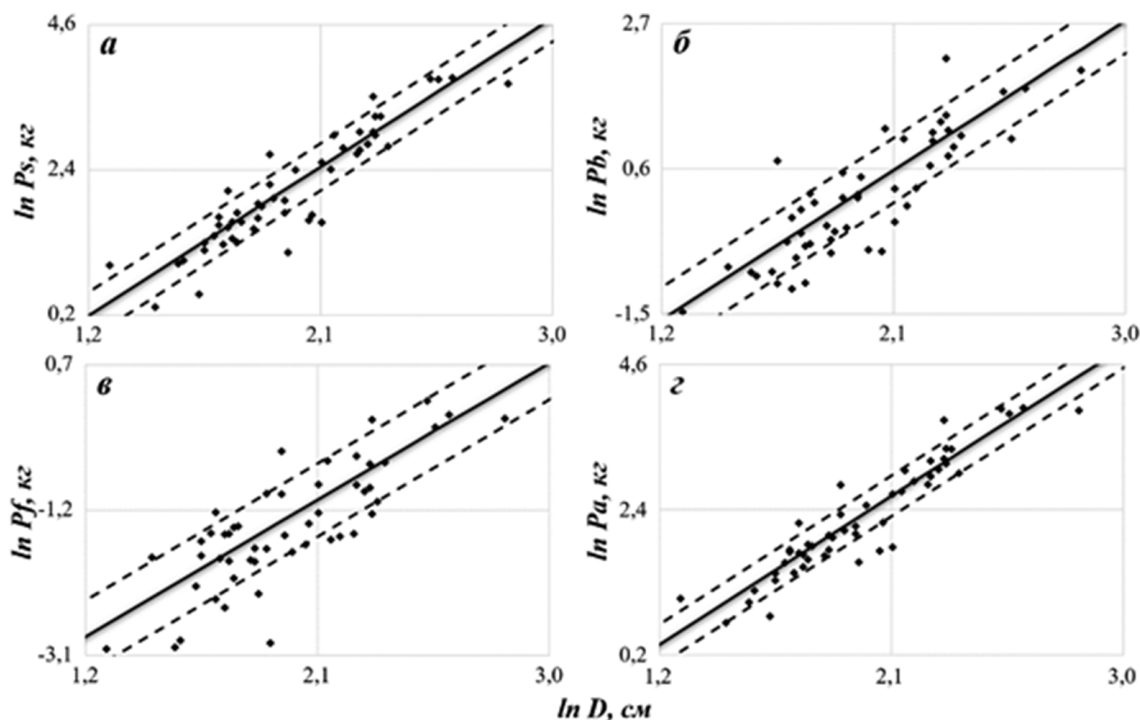
Таблица 2  
Table 2

Характеристика моделей (1–3)  
Characteristics of models (1–3)

Зависимая переменная Dependent variable	Номер модели Model number	Коэффициенты Coefficients				$adjR^2$	$SE$	$n$
		$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$			
$\ln P_s$	(1)	-2,8211	2,5081	–	–	0,835	0,357	50
$\ln P_{bk}$	(2)	-0,9069	-0,6817	–	1,1675	0,821	0,386	
$\ln P_b$	(1)	-4,4668	2,4038	–	–	0,729	0,469	
$\ln P_f$	(1)	-5,2476	1,9910	–	–	0,639	0,478	
$\ln P_a$	(1)	-2,5641	2,4652	–	–	0,867	0,310	
$\ln P_r$	(3)	2,1294	-3,5935	2,4672	–	0,945	0,265	17

Примечание.  $adjR^2$  – коэффициент детерминации, скорректированный на число переменных;  $SE$  – стандартная ошибка уравнения;  $n$  – число наблюдений. В свободный член введена поправка на логарифмирование (Baskerville, 1972).

Note  $adjR^2$  – coefficient of determination adjusted for the number of variables;  $SE$  – standard error of the equation;  $n$  – observation number. The free term is corrected for logarithm (Baskerville, 1972).



Соотношение расчетных и фактических данных биомассы согласно модели (1) в логарифмических координатах;  
*a, б, в, г* – биомасса соответственно ствола, ветвей, листвы, надземная.

Пунктирной линией показана стандартная ошибка модели

The ratio of calculated and actual biomass data according to the model (1) in logarithmic coordinates;

*a, б, в, г* – biomass of the trunk, branches, foliage, aboveground, respectively.

The dotted line shows the standard error of the model

Предлагаемая обобщенная модель (5) надземной биомассы ольхи серой, построенная по данным 80 наблюдений, более адекватна по отношению к исходным данным, чем модель (1), построенная по данным только для северной тайги ( $0,939 > 0,867$ ). Как следует из данных табл. 1, диапазон варьирования надземной биомассы ольхи в северной тайге составил от 2 до 81 кг и диаметра ствола – от 4 до 17 см, тогда как в объединенном массиве данных – соответственно от 2 до 274 кг и от 3 до 28 см. Более высокая общая дисперсия биомассы и диаметра ствола объединенного массива данных по отношению к соответствующим

значениям для северной тайги на фоне примерно той же остаточной дисперсии обеспечила повышенную адекватность обобщенной модели для надземной биомассы ольхи серой.

### Заключение

Предложенные аллометрические модели для фракций надземной биомассы деревьев ольхи серой, произрастающей в подзоне северной тайги Архангельской области, характеризуются высокими показателями адекватности исходным данным и могут быть полезны при оценке углероддепонирующей способности ольховых насаждений.

### Список источников

- Биомасса деревьев ивы и ее аллометрические модели в условиях Архангельской области / *А. А. Парамонов, В. А. Усольцев, С. В. Третьяков* [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 4. С. 10–19.
- Голубятников Л. Л., Денисенко Е. А.* Влияние климатических изменений на растительный покров Европейской России // Известия РАН. Сер. географ. 2009. № 2. С. 57–68.
- Гусев И. И.* Моделирование экосистем : учебное пособие. Архангельск : Изд-во АГТУ, 2002. 112 с.
- Замолотчиков Д. Г., Коровин Г. Н., Гитарский М. Л.* Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации // Лесоведение. 2007. № 6. С. 23–34.



- Казимиров Н. И., Морозова Р. М., Куликова В. К. Органическая масса и потоки веществ в березняках средней тайги. Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1978. 216 с.
- Коломыц Э. Г. Углеродный баланс и устойчивость лесных экосистем при глобальных изменениях климата. Экологические ресурсы бореальных лесов. М. : Наука, 2020. 423 с.
- Купцов Н. С., Попов Е. Г. Энергоплантации : справочное пособие по использованию энергетических растений. Минск : Конфидо, 2015. 128 с.
- Смирнов В. В. Органическая масса в некоторых лесных фитоценозах европейской части СССР. М. : Наука, 1971. 362 с.
- Усольцев В. А. Фитомасса модельных деревьев лесообразующих пород Евразии: база данных, климатически обусловленная география, таксационные нормативы. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 336 с. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5696> (дата обращения: 18.03.2023).
- Усольцев В. А., Цепордей И. С., Норицин Д. В. Аллометрические модели биомассы деревьев лесообразующих пород Урала // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 1. С. 4–14.
- Baskerville G. L. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass // Canadian Journal of Forest Research. 1972. Vol. 2. P. 49–53.
- Falster D. S., Duursma R. A., Ishihara M. I. et al. BAAD: a Biomass And Allometry Database for woody plants // Ecology. 2015. Vol. 96. Article 1445.
- Fu L. Y., Zeng W. S., Tang S. Z. et al. Using linear mixed model and dummy variable model approaches to construct compatible single-tree biomass equations at different scales – A case study for Masson pine in Southern China // Journal of Forest Science. 2012. Vol. 58. Iss. 3. P. 101–115.
- He X., Lei X., Zeng W. et al. Quantifying the effects of stand and climate variables on biomass of larch plantations using random forests and National Forest Inventory data in North and Northeast China // Sustainability. 2022. Vol. 14. Article 5580.
- Jucker T., Fischer F. J., Chave J. et al. Tallo – a global tree allometry and crown architecture database // Global Change Biology. 2022. Vol. 28. P. 5254–5268. <https://doi.org/10.1111/gcb.16302>
- Miezite O., Liepa I., Lazdins A. Carbon accumulation in overground and root biomass of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) in *Aegopodiosa* // Annual 17th International Scientific Conference Proceedings «Research for Rural Development» 2011, Vol. 2. Jelgava: Latvia University of Agriculture. P. 46–51.
- Palmgren K., Saarsalmi A., Weber A. Nitrogen fixation and biomass production in some alder clones // Silva Fennica. 1985. Vol. 19 (4). Article id 5254. <https://doi.org/10.14214/sf.a15433>
- Rytter L., Rytter R. M. Growth and carbon capture of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) under north European conditions – Estimates based on reported research // Forest Ecology and Management. 2016. Vol. 373. P. 56–65.
- Saarsalmi A., Palmgren K., Levula T. Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation // Folia Forestalia. 1985. Vol. 628. P. 1–24.
- Schepaschenko D., Shvidenko A., Usoltsev V. A. et al. A dataset of forest biomass structure for Eurasia // Scientific Data. 2017. Vol. 4. Article No 170070. P. 1–11. DOI: 10.1038/sdata.2017.70

## References

- Baskerville G. L. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass // Canadian Journal of Forest Research. 1972. Vol. 2. P. 49–53.
- Falster D. S., Duursma R. A., Ishihara M. I. et al. BAAD: a Biomass And Allometry Database for woody plants // Ecology. 2015. Vol. 96. Article 1445.
- Using linear mixed model and dummy variable model approaches to construct compatible single-tree biomass equations at different scales – A case study for Masson pine in Southern China / L. Y. Fu, W. S. Zeng, S. Z. Tang [et al.] // Journal of Forest Science. 2012. Vol. 58. Iss. 3. P. 101–115.

- Golubyatnikov L. L., Denisenko E. A.* The influence of climatic changes on the vegetation cover of European Russia // *Izvestiya RAS. Ser. geograf.* 2009. № 2. P. 57–68. (In Russ.)
- Gusev I. I.* Ecosystem modeling : training guide. Arkhangelsk : Publishing House of AGTU, 2002. 112 p.
- He X., Lei X., Zeng W.* et al. Quantifying the effects of stand and climate variables on biomass of larch plantations using random forests and National Forest Inventory data in North and Northeast China // *Sustainability.* 2022. Vol. 14. Article 5580.
- Jucker T., Fischer F. J., Chave J.* et al. Tallo – a global tree allometry and crown architecture database // *Global Change Biology.* 2022. Vol. 28. P. 5254–5268. URL: <https://doi.org/10.1111/gcb.16302>
- Kazimirov N. I., Morozova R. M., Kulikova V. K.* Organic mass and matter flows in birch stands of the middle taiga. Leningrad : Nauka Publishing, 1978. 216 p.
- Kolomyts E. G.* Carbon balance and sustainability of forest ecosystems under global climate change. Ecological resources of boreal forests. Moscow : Nauka, 2020. 423 p.
- Kuptsov N. S., Popov E. G.* Energy plantations: a reference guide on the use of energy plants. Minsk : Confido, 2015. 128 p.
- Miezite O., Liepa I., Lazdins A.* Carbon accumulation in overground and root biomass of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) in *Aegopodiosa* // Annual 17th International Scientific Conference Proceedings «Research for Rural Development» 2011, Vol. 2. Jelgava: Latvia University of Agriculture. P. 46–51.
- Palmgren K., Saarsalmi A., Weber A.* Nitrogen fixation and biomass production in some alder clones // *Silva Fennica.* 1985. Vol. 19 (4). Article id 5254. <https://doi.org/10.14214/sf.a15433>
- Paramonov A. A., Usoltsev V. A., Tretyakov S. V.* et al. Willow tree biomass and its allometric models in the conditions of the Arkhangelsk region // *Forests of Russia and Economy in them.* 2022. № 4. P. 10–19. (In Russ.)
- Rytter L., Rytter R. M.* Growth and carbon capture of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) under north European conditions – Estimates based on reported research // *Forest Ecology and Management.* 2016. Vol. 373. P. 56–65. (In Russ.)
- Saarsalmi A., Palmgren K., Levula T.* Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation // *Folia Forestalia.* 1985. Vol. 628. P. 1–24.
- Schepaschenko D., Shvidenko A., Usoltsev V. A.* et al. A dataset of forest biomass structure for Eurasia // *Scientific Data.* 2017. Vol. 4. Article No 170070. P. 1–11. DOI: 10.1038/sdata.2017.70
- Smirnov V. V.* Organic mass in some forest phytocenoses of the European part of the USSR. Moscow : Nauka, 1971. 362 p.
- Usoltsev V. A.* Phytomass of model trees of forest-forming species of Eurasia: database, climatically determined geography, taxation standards. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2016. 336 p. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5696> (date of application: 16.03.2023).
- Usoltsev V. A., Tsepordey I. S., Noritsin D. V.* Allometric models of single-tree biomass for forest-forming species of the Urals // *Forests of Russia and Economy in them.* 2022. № 1. C. 4–14. (In Russ.)
- Zamolodchikov D. G., Korovin G. N., Guitarsky M. L.* Carbon budget of managed forests of the Russian Federation // *Lesovedenie. Forest science.* 2007. № 6. C. 23–34. (In Russ.)

#### **Информация об авторах**

- A. A. Карабан* – лаборант-исследователь, аспирант,  
[karaban@sevniilh-arh.ru](mailto:karaban@sevniilh-arh.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2934-0303>;
- B. A. Усольцев* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
[Usoltsev50@mail.ru](mailto:Usoltsev50@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>;
- C. B. Третьяков* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
[s.v.tretyakov@narfu.ru](mailto:s.v.tretyakov@narfu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5982-3114>;



- С. В. Коптев* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
s.koptev@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5402-1953>;
- А. А. Парамонов* – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник,  
a.paramonov@sevniilh-arh.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0961-221X>;
- И. В. Цветков* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник,  
i.tsvetkov@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1559-32540>;
- А. В. Давыдов* – лаборант-исследователь, магистрант,  
davydov.a@edu.narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4328-7040>;
- И. С. Цепордей* – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник,  
ivan.tsepordey@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4747-5017>.

#### ***Information about the authors***

- A. A. Karaban* – laboratory researcher, post-graduate student,  
karaban@sevniilh-arh.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2934-0303>;
- V. A. Usoltsev* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>;
- S. V. Tretyakov* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
s.v.tretyakov@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5982-3114>;
- S. V. Koptev* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
s.koptev@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5402-1953>;
- A. A. Paramonov* – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher,  
a.paramonov@sevniilh-arh.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0961-221X>;
- I. V. Tsvetkov* – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, senior researcher,  
i.tsvetkov@narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1559-32540>;
- A. V. Davydov* – laboratory Researcher, Master's student,  
davydov.a@edu.narfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4328-7040>;
- I. S. Tsepordey* – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher,  
ivan.tsepordey@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4747-5017>.

*Статья поступила в редакцию 27.02.2023; принята к публикации 27.03.2023.*

*The article was submitted 27.02.2023; accepted for publication 27.03.2023.*

---

---