

Научная статья
УДК 630*181(581.4)
DOI: 10.37482/0536-1036-2024-1-91-100

Морфологическая изменчивость ассимиляционного аппарата *Pinus sylvestris* L. в пределах Тебердинского национального парка

М.З. Моллаева[✉], науч. соавт.; ResearcherID: [AAA-9762-2021](https://orcid.org/0000-0002-9089-3417),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9089-3417>

Ф.А. Темботова, чл.-корр. РАН, д-р биол. наук, гл. науч. соавт.;
ResearcherID: [AAO-1493-2020](https://orcid.org/0000-0001-8068-7647), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8068-7647>

Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН, ул. И. Арманд, д. 37 а,
г. Нальчик, Россия, 360051; monika.011@yandex.ru[✉], iemt@mail.ru

Поступила в редакцию 22.12.21 / Одобрена после рецензирования 19.03.22 / Принята к печати 23.03.22

Аннотация. Сосновые леса распространены в Карачаево-Черкесской республике, в Тебердинском национальном парке, в основном в его северной части. Вариабельность морфологических параметров сосны связана с эколого-географическими особенностями мест произрастания вида, что особенно актуально для гор Кавказа. Цель работы – изучение морфологической изменчивости сосны в горных условиях Карачаево-Черкесской республики на материале морфометрических показателей хвои и побега. Сбор хвои и побегов проводили стандартными методами. Согласно полученным данным, наиболее длинная хвоя сосны отмечается в ущелье р. Гоначхир (1671 м над ур. м.), наиболее короткая – в ущелье р. Даут (1900 м над ур. м.). Зафиксировано уменьшение длины хвои с высотой, изменения ширины не наблюдается, индекс охвоенности, напротив, с высотой увеличивается. Длина побега в выборках *Pinus sylvestris* колеблется в пределах от 22,00 (выборки Архыз и Даут-2) до 28,94 (Теберда, Даут-1) мм и коррелирует с высотой мест произрастания. Масса свежесобранной хвои сосны на исследуемой территории варьирует от 4,43 (Теберда) до 6,06 (Даут-1) г, при высушивании масса 100 пар хвои уменьшается во всех выборках в 2 раза и колеблется от 2,23 (Теберда) до 2,99 (Гоначхир) г, корреляции массы с высотой местности не обнаружено. Продолжительность жизни хвои сосны, произрастающей на разных высотах в Карачаево-Черкессии, в среднем составляет 2–3 года, в небольших количествах встречается хвоя 4 лет – выборки Теберда (1 %) и Джамагат (4 %). Результаты настоящей работы – первые для Западного Кавказа, в частности для Карачаево-Черкесской республики, данные о морфологической изменчивости хвои и побега *Pinus sylvestris* L., произрастающих на разной высоте. Полученные сведения об изменчивости ассимиляционного аппарата сосны на Западном Кавказе дополняют и подтверждают выводы других ученых об увеличении размеров и массы хвои, уменьшении продолжительности ее жизни при продвижении с севера на юг, они будут полезны при оценке фенотипической изменчивости хвойных лесов.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., длина хвои, масса хвои, длина и охвоенность побега, возраст хвои, разновысотные популяции, Западный Кавказ

Благодарности: Работа выполнена в рамках госзадания № 075-00347-19-00 НИР ИЭГТ РАН.

Для цитирования: Моллаева М.З., Темботова Ф.А. Морфологическая изменчивость ассимиляционного аппарата *Pinus sylvestris* L. в пределах Тебердинского национального парка // Изв. вузов. Лесн. журн. 2024. № 1. С. 91–100. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-1-91-100>

Original article

Morphological Variability of the Assimilation Apparatus of *Pinus sylvestris* L. within the Teberda National Biosphere Reserve

Malika Z. Mollaeva[✉], Research Scientist; ResearcherID: [AAA-9762-2021](https://orcid.org/0000-0002-9089-3417),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9089-3417>

Fatimat A. Tembotova, Corresponding Member of the RAS, Doctor of Biology,

Chief Research Scientist; ResearcherID: [AAO-1493-2020](https://orcid.org/0000-0001-8068-7647),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8068-7647>

Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories of Russian Academy of Sciences, ul. I. Armand, 37A, Nalchik, 360051, Russian Federation; monika.011@yandex.ru[✉], icmt@mail.ru

Received on December 22, 2021 / Approved after reviewing on March 19, 2022 / Accepted on March 23, 2022

Abstract. Pine forests are widespread in the Karachay-Cherkess Republic, in particular, in the Teberdinsky National Biosphere Reserve, mainly in its northern part. The variability of pine morphological parameters is associated with the ecological and geographical features of the species' habitat, which is especially important for the Caucasus Mountains. The purpose of this research has been to study the morphological variability of pine in the mountainous conditions of the Karachay-Cherkess Republic based on the morphometric parameters of needles and shoots. The collection of needles and shoots has been carried out using the standard methods. According to the data obtained, the longest pine needles are found in the gorge of the Gonachkhir River (1671 m above sea level), and the shortest – in the gorge of the Daut River (1900 m above sea level). A decrease in the length of the needles with altitude has been recorded. No change in the width has been observed. The needle packing index, on the contrary, increases with altitude. The length of the shoot in the samples of *Pinus sylvestris* ranges from 22.00 mm (Arkhyz and Daut-2 samples) to 28.94 mm (Teberda and Daut-1 samples) and correlates with the altitude of the habitats. The weight of the freshly collected pine needles in the study area has varied from 4.43 g (Teberda) to 6.06 g (Daut-1); when dried, the weight of 100 pairs of needles has decreased in all the samples by 2 times and has ranged from 2.23 g (Teberda) to 2.00 g (Gonachkhir). No correlation of the weight with the terrain altitude has been found. The lifespan of pine needles growing at different altitudes in the Karachay-Cherkess Republic is on average 2–3 years; 4-year-old needles have been found in small quantities in Teberda (1 %) and Dzhmagat (4 %). The results of this research are the first data on the morphological variability of the needles and shoots of *Pinus sylvestris* L., growing at different altitudes for the Western Caucasus, in particular for the Karachay-Cherkess Republic. The obtained data on the variability of the pine assimilation apparatus in the Western Caucasus complements and confirms the conclusions of other scientists about the increase in the size and weight of needles, as well as a decrease in their life expectancy when moving from north to south. They will be useful in assessing the phenotypic variability of coniferous forests.

Keywords: *Pinus sylvestris* L., needle length, needle weight, length and needle packing of the shoot, needle age, populations from different altitude, the Western Caucasus

Acknowledgements: This work was carried out within the framework of the state assignment no. 075-00347-19-00 Research Institute IEMT RAS.

For citation: Mollaeva M.Z., Tembotova F.A. Morphological Variability of the Assimilation Apparatus of *Pinus sylvestris* L. within the Teberda National Biosphere Reserve. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2024, no. 1, pp. 91–100. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-1-91-100>



Введение

Сосновые леса широко распространены в Карачаево-Черкесской республике на территории Тебердинского национального парка и в основном сосредоточены в его северной части, отличающейся сухостью и континентальностью климата. В составе сосновых лесов встречается *Acer trautvetteri* Medw., *Betula litwinowii* Doluch., *B. pendula* Roth., *Populus tremula* L., реже *Quercus robur* L., в подлеске к верхней границе леса часто отмечают *Juniperus communis* L., *J. sabina* L., *J. communis* var. *hemisphaerica* (J.Presl & C.Presl) Parl., ниже по склону – *Rhododendron luteum* Sweet., *R. caucasicum* Pall. [4, 5].

Вариация морфометрических показателей хвои *Pinus sylvestris*, согласно литературным источникам, имеет широкий размах в пределах ареала вида, что связано с экологическими, географическими и климатическими особенностями мест произрастания вида [1, 2, 6–8, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 20].

Возраст хвои увеличивается по мере продвижения ареала на север. Так, продолжительность жизни хвои сосны Восточно-Европейской равнины составляет 4–5 лет, что уступает долговечности южносибирской сосновой хвои, которая сохраняется до 8 лет, что, по всей видимости, обусловлено суровыми климатическими условиями изучаемого региона [9, 12]. У видов рода *Pinus* в горах Северной Америки выявлено увеличение возраста хвои с повышением высотного градиента мест произрастания деревьев [17]. В горах Новой Зеландии, согласно данным А. Nordmeyer [19], обнаружено уменьшение массы хвои и надземной фитомассы деревьев при повышении высотного градиента местности. Исследований изменчивости линейных параметров и массы хвои, годичного прироста и густоты охвоения побега в разновысотных популяциях сосны на Западном Кавказе, в частности на территории Карачаево-Черкесии, практически нет, что свидетельствует об актуальности нашей работы.

Цель исследования – изучение изменчивости морфометрических параметров хвои и побега сосны на Западном Кавказе в пределах Тебердинского национального парка.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются естественные насаждения сосны обыкновенной, произрастающие на территории Карачаево-Черкесской республики в условиях Тебердинского национального парка (рис. 1). Пробные площади (ПП) заложены в обособленных ущельях: Архыз (1820 м над ур. м.), Теберда (1330 м над ур. м.), Гончакхир (1671 м над ур. м.), Джамагат (1820 м над ур. м.), Даут (ПП Даут-1 – 1876 м над ур. м.; Даут-2 – 1900 м над ур. м., на левом берегу реки; Даут-3 – 1923 м над ур. м., на правом берегу реки).

Сбор материала (по 10 побегов с каждого дерева) осуществляли с 15 деревьев на каждой ПП. Хвою (5–10 пар с каждого побега) отбирали в средней части кроны дерева, согласно методическим рекомендациям Л.Ф. Правдина [13] и С.А. Мамаева [8]. Количественные признаки хвои и побега измеряли электронным штангенциркулем с точностью до $\pm 0,01$ мм. Продолжительность жизни хвои на осевых и боковых побегах оценивали по максимальному возрасту охвоенного побега. Густоту охвоения побега устанавливали методом подсчета хвоинок на 1 см длины годичного побега. Для определения абсолютно сухой массы хвою выдерживали в термостате при температуре 38 °С в течение 3–5 сут., затем месяц – в режиме свободного высушивания (до стабильных значений массы).

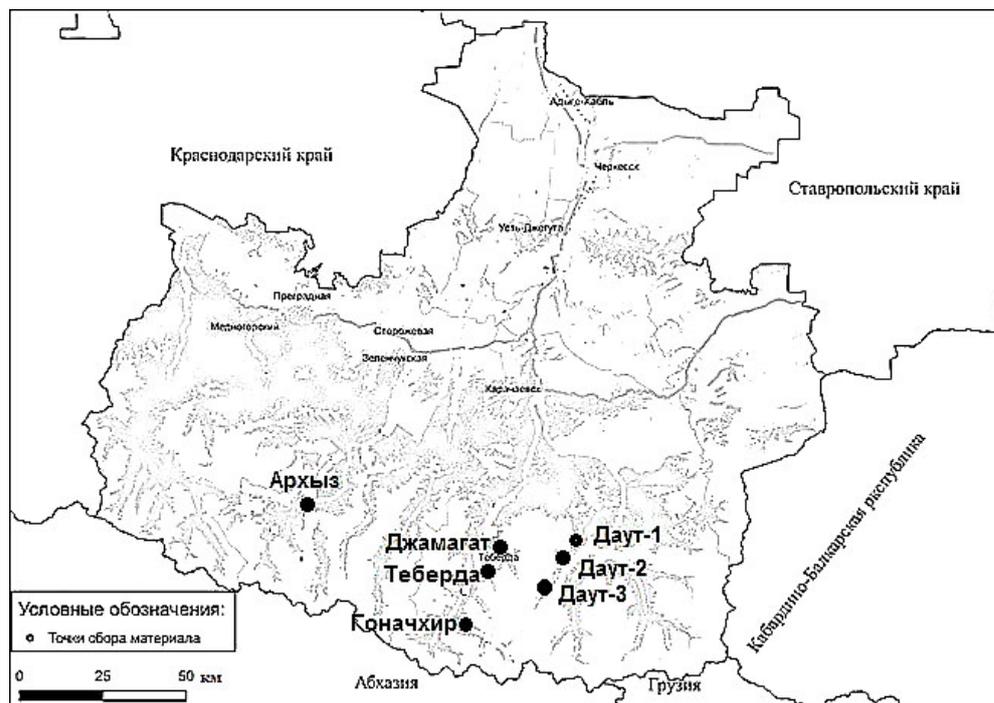


Рис. 1. Схема расположения пробных площадей на исследуемой территории

Fig.1. Layout of sample plots in the study area

Массу хвои (100 пар) устанавливали взвешиванием образцов в 3-кратной повторности на электронных весах с погрешностью ± 1 мг. Учитывая высокую изменчивость исследуемых морфологических параметров сосны в пределах кроны [13], для каждого дерева считали среднее значение. Индивидуальную изменчивость хвои оценивали по шкале С.А. Мамаева [8]. Анализ полученных данных проводили методами математической статистики в программе Statistica 10.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам изучения морфометрических параметров хвои *P. sylvestris* на территории Карачаево-Черкесской республики (табл. 1) выявлена вариация длины хвои от 40,04 (Даут-2) до 56,05 (Гоначхир) мм. Максимальная средняя ширина хвои сосны отмечается в Архызе (1,56 мм), минимальная – в Теберде (1,21 мм) [11]. Коэффициент индивидуальной изменчивости средней длины хвои в выборках сосны обыкновенной на исследуемой территории варьирует от 9 (Джамагат) до 20 (Даут-2) %, что, согласно классификации С.А. Мамаева [8], соответствует низкому и среднему уровням изменчивости; ширины хвои – от 4 (Архыз) до 10 (Даут-2) % – низкий уровень изменчивости.

Дисперсионный анализ средних длины и ширины хвои, длины и степени охвоенности побега разновысотных выборок сосны обыкновенной выявил статистически значимые различия по длине хвои (при $p \leq 0,005$) между следующими выборками (табл. 2.): Теберда отличается только от 2 выборок – Архыза и Даута-2; Гоначхир достоверно отличается от всех выборок, за исключением Даута-1; Архыз отличается только от Гоначхира и Даута-2; Джамагат – от Гоначхира, Даута-1 и Даута-2; Даут-1 – от Даута-2, Архыза и Джамагата; Даут-2 и Даут-3 отличаются от Гоначхира и Даута-2. По ширине хвои различий практически не выявлено.

Таблица 1

Средние длина и ширина хвои *Pinus sylvestris*, произрастающей на разной высоте в Карачаево-Черкесии

Average length and width of needles of *Pinus sylvestris* samples growing at different altitudes in the Karachay-Cherkess Republic

Выборка	Высота над уровнем моря, м	Длина хвои		Ширина хвои	
		M±m, мм	CV, %	M±m, мм	CV, %
Теберда	1330	46,76±1,3	11,05	1,21±0,01	5,80
Гоначхир	1670	56,05±1,7	10,87	1,45±0,02	6,89
Архыз	1820	44,82±1,7	13,15	1,56±0,01	4,18
Джамагат	1820	45,62±1,7	9,31	1,30±0,03	9,31
Даут-1	1876	51,24±1,6	11,39	1,38±0,02	6,54
Даут-2	1900	40,04±2,1	20,34	1,39±0,03	9,58
Даут-3	1923	49,92±1,7	12,21	1,35±0,03	8,66

По длине побега достоверно различны между собой выборки Теберда – Архыз, Теберда – Даут-2, Архыз – Даут-1, Даут-1 – Даут-2. По индексу охвоенности достоверных различий почти нет, за исключением выборки Теберда, которая отлична от всех выборок, полученных на ПП в Даутском ущелье, также различны между собой выборки Джамагат и Даут-2.

Таблица 2

Попарный уровень значимости средних длины хвои и длины побега (LSD-тест, при $p < 0,005$, ANOVA) *Pinus sylvestris*, произрастающей на разной высоте в Карачаево-Черкесии

Pairwise significance level of the average needle length and shoot length (LSD-test, at $p < 0.005$, ANOVA) of *Pinus sylvestris* samples growing at different altitudes in the Karachay-Cherkess Republic

Выборка	Теберда	Гоначхир	Архыз	Джамагат	Даут-1	Даут-2	Даут-3
Теберда		0,0023	0,4587	0,6759	0,0632	0,0052	0,1836
Гоначхир	0,3227		0	0,0001	0,0653	0	0,0195
Архыз	0,0194	0,1911		0,7586	0,0146	0,0538	0,0512
Джамагат	0,1799	0,7352	0,3306		0,0317	0,0251	0,0987
Даут-1	0,8670	0,2732	0,0176	0,1530		0	0,6083
Даут-2	0,0170	0,1969	0,9296	0,3484	0,0158		0,0001
Даут-3	0,4960	0,7687	0,1105	0,5276	0,4214	0,1108	

Примечание: В верхнем правом углу таблицы приведены значения для длины хвои, в левом нижнем – для длины побега. Полужирным шрифтом отмечены достоверные различия между сравниваемыми выборками.

В целях исследования влияния высотного градиента как комплекса факторов среды на вариативность параметров хвои и побега выборки сосны были сгруппированы в следующие высотные уровни, м над ур. м.: 1 – 1300 (Теберда); 2 – 1600 (Гоначхир); 3 – 1800 (Архыз, Джамагат, Даут-1); 4 – 1900 и более (Даут-2 и Даут-3). На рис. 2 представлена изменчивость густоты охвоения и морфометрических показателей хвои и побега в зависимости от высотного градиента.

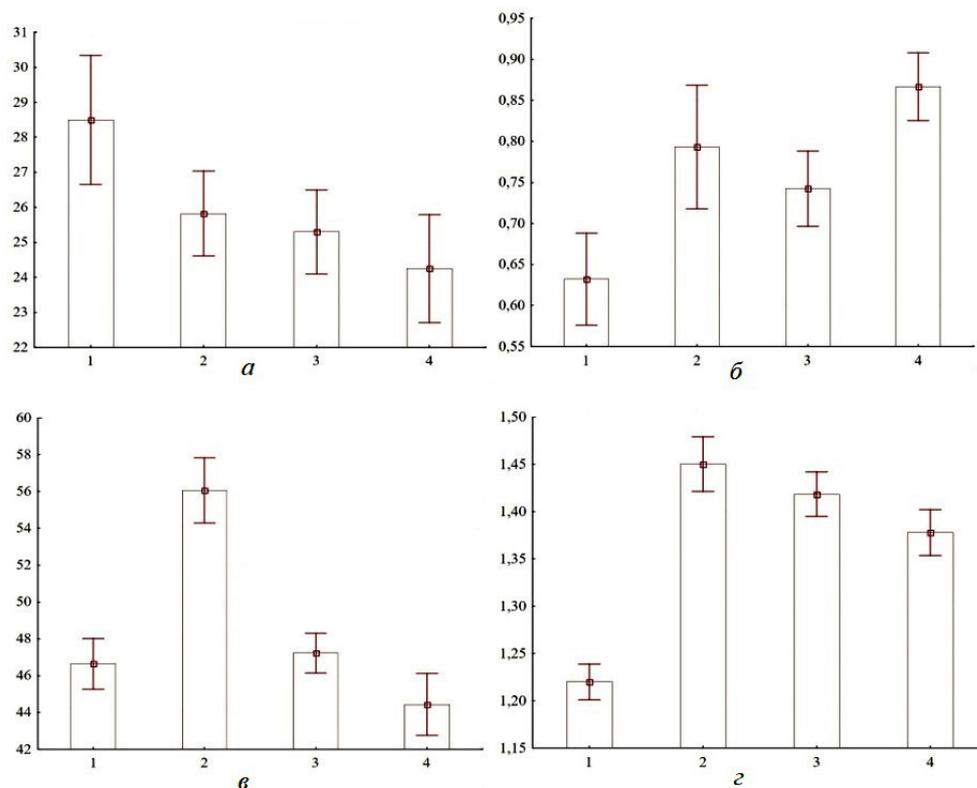


Рис. 2. Изменчивость морфометрических параметров (мм) сосны обыкновенной для высотных уровней 1–4 в Карачаево-Черкессии: *a* – длина; *б* – густота охвоения побега; *в* – длина хвои; *г* – ширина хвои

Fig. 2. Variability of morphometric parameters (mm) of *Pinus sylvestris* samples for altitudes 1–4 in the Karachay-Cherkess Republic: *a* – the shoot length; *б* – needle packing density of the shoot; *в* – needle length; *г* – needle width

Максимальная средняя длина побега наблюдается на высотном уровне 1, показатель постепенно уменьшается с увеличением высотного градиента. Отмечается вариация признака от 22,00 (Архыз и Даут-2) до 28,94 (Теберда, Даут-1) мм (табл. 3). Однако корреляционный анализ не выявил связи длины побега и высоты мест произрастания ($r = -0,18$ при $p \leq 0,005$). Густота охвоения, или индекс охвоенности побега (табл. 3), напротив, увеличивается с высотой местности ($r = 0,27$ при $p \leq 0,005$), варьируя от 0,63 шт./мм на высотном уровне 1 до 0,88 шт./мм на уровне 4 (Даут-2). Длина хвои на уровне 2 значительно превышает средние показатели других уровней, наблюдается слабая тенденция уменьшения длины хвои. На высотном уровне 1 отмечается наименьшая ширина хвои, на уровне 2 показатель достигает максимума, затем постепенно снижается, однако связи с высотой практически не выявлено ($r = 0,14$ при $p \leq 0,005$). Возможно, уменьшение длины хвои в условиях высокогорий компенсируется увеличением ее ширины и густоты охвоения с высотой, тем самым сохраняется площадь фотосинтезирующей поверхности. Средняя длина хвои сосны обыкновенной, произрастающей на Западном Кавказе, составляет 47,6 мм, что ниже на 14,6 мм в сравнении с данными для сосны Центрального Кавказа. Ширина хвои

сосны Западного Кавказа также в 1,5 раза меньше ширины хвои Центрального Кавказа [11]. При этом сохраняется общая закономерность уменьшения длины хвои и побега с увеличением высоты мест произрастания, хотя на Центральном Кавказе связь более тесно выражена [10]. Уменьшение длины и увеличение ширины хвои в горах Кавказа является адаптацией растения к экстремальным условиям, что согласуется с литературными данными [2, 6, 7, 12, 13, 20].

Таблица 3

Длина и охвоенность побега *Pinus sylvestris*, произрастающей на разной высоте в Карачаево-Черкесии
Length and needle packing of the shoots of *Pinus sylvestris* samples growing at different altitudes in the Karachay-Cherkess Republic

Выборка	Длина побега, мм	Индекс охвоенности, шт./мм	Масса 100 пар хвои, г	
			свежей	сухой
Теберда	28,49±1,80	0,63±0,05	4,43±0,06	2,23±0,02
Гоначхир	25,82±1,21	0,79±0,07	5,91±0,08	2,99±0,02
Архыз	22,08±1,09	0,72±0,08	5,84±0,08	2,46±0,01
Джамагат	24,86±1,64	0,66±0,08	5,22±0,05	2,57±0,03
Даут-1	28,94±2,07	0,83±0,05	6,06±0,06	2,75±0,02
Даут-2	22,32±2,07	0,88±0,06	5,22±0,08	2,41±0,02
Даут-3	26,65±2,20	0,84±0,05	5,45±0,09	2,75±0,02

Масса свежесобранной хвои сосны обыкновенной на территории Карачаево-Черкесии варьирует от 4,43 (Теберда) до 6,06 (Даут-1) г, масса в большинстве выборок – более 5 г (табл. 3). При высушивании масса 100 пар хвои уменьшается во всех выборках в 2 раза. Масса сухой хвои колеблется от 2,23 (Теберда) до 2,99 (Гоначхир) г. Увеличение сухой массы хвои связывают с накоплением крахмала в хлоропластах и рассматривают как адаптивную реакцию на неблагоприятные условия мест произрастания [3, 16]. Разность между массой свежей и сухой хвои отражает содержание в ней влаги, что, в свою очередь, характеризует влажность почвы корнеобитаемого слоя. Исходя из вышеизложенного, можно сделать предварительный вывод, что наиболее влажным микроклиматом отличается ПП Даут-1, возможно, из-за близкого расположения к реке по сравнению с другими.

Дисперсионный анализ массы свежей хвои сосны в высотном градиенте показал следующие результаты: высотный уровень 1 достоверно отличается от всех исследуемых высот на принятом уровне значимости ($p \leq 0,005$). По массе сухой хвои достоверно отличны между собой все высотные уровни, кроме уровней 3 и 4, которые близки между собой, что, вероятно, связано с небольшой разницей их альтитуд. Несмотря на выявленные различия между выборками, с высотой местности масса хвои, как свежей, так и сухой, не коррелирует ($r = 0,16$ при $p \leq 0,005$), что, однако, противоречит данным А.Г. Нордмайера [19].

По полученным результатам, продолжительность жизни хвои сосны на исследуемой территории в среднем составляет 3 года, за исключением выборки Даут-2, где хвоя держится на побегах только 2 года. Доли хвои того или иного возраста в разных выборках неодинаковые (рис. 3),

однако в процентном соотношении во всех выборках преобладает хвоя 1-го года (50 % и более), хвоя 2-го года – на 2-й позиции (до 40 %), далее, около 10 %, – хвоя 3 лет, т. е. количество хвои на побегах с возрастом уменьшается. Хвоя достигает 4-летнего возраста только в 2 выборках – Теберда (1 %) и Джамагат (4 %), тогда как на Центральном Кавказе доживает до 5–6 лет.

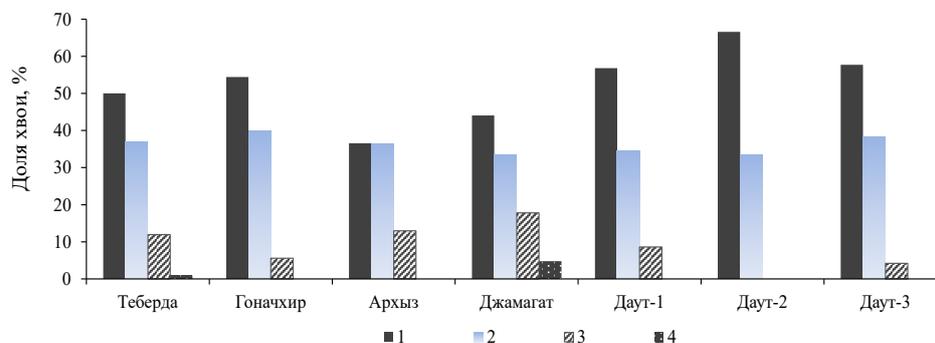


Рис. 3. Представленность (%) хвои сосны разного возраста (1, 2, 3 и 4-го годов) на территории Тебердинского национального парка

Fig. 3. Representation (%) of pine needles of different ages on the territory of the Teberda National Biosphere Reserve: 1 – first year; 2 – second year; 3 – third year; 4 – fourth year

Заключение

Впервые на территории Карачаево-Черкесской республики получены данные изменчивости ассимиляционного аппарата сосны в условиях высокогорий Тебердинского национального парка:

1. Индивидуальная изменчивость средней длины хвои в выборках сосны обыкновенной соответствуют низкому и среднему уровням, ширины хвои – низкому уровню.

2. С повышением высотного градиента наблюдается уменьшение длины хвои и побега *Pinus sylvestris*. Взаимосвязи изменчивости ширины хвои сосны обыкновенной с высотным градиентом не выявлено.

3. Густота охвоения сосны обыкновенной увеличивается от 63 % на высотном уровне 1 (1300 м над ур. м.) до 88 % на уровне 4 (1900 м над ур. м.), с высотой местности показатель коррелирует слабо.

4. Масса свежей хвои (100 пар) сосны обыкновенной варьирует значительно, в большинстве выборок составляя более 5 г. Масса воздушно-сухой хвои уменьшается во всех выборках в 2 раза по сравнению со свежесобранной, изменяясь для разных высот места произрастания. Несмотря на выявленные различия, с высотой местности массы свежей и сухой хвои не коррелируют.

5. Возраст хвои в разновысотных выборках сосны в среднем составляет 2–3 года.

Полученные результаты для сосны обыкновенной на Западном Кавказе дополняют сведения об изменчивости ее ассимиляционного аппарата с высотным градиентом местности и подтверждают данные об увеличении размеров и массы хвои, а также уменьшении продолжительности жизни последней при продвижении ареала с севера на юг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. *Абрамова Л.П., Залесов А.С.* Характеристика ассимиляционного аппарата предварительных культур сосны обыкновенной в зависимости от полноты березового древостоя // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. Вып. 22. С. 149–151.

Abramova L.P., Zalesov A.S. Characteristics of the Assimilating Apparatus of Preliminary Cultivars of Scots Pine Depending on the Completeness of the Birch Forest Stand. *Forests of the Urals and Management in them: Collection of Scientific Papers*, Ekaterinburg, Ural State Forestry Engineering University, 2002, iss. 22, pp. 149–151. (In Russ.).

2. *Бендер О.Г., Зотикова А.П., Бендер А.Г.* Морфоанатомические и ультраструктурные особенности хвои кедра сибирского на разных высотах произрастания в горах Алтая // Интеграция ботанических исследований и образования: традиции и перспективы: тр. междунар. науч.-практ. конф., Томск, 12–15 нояб. 2013 г. Томск: НИ ТГУ, 2013. С. 11–13.

Bender O.G., Zotikova A.P., Bender A.G. Morphological, Anatomical and Ultra structural Characteristics of Siberian Cedar Needles at Different Altitudes in the Altai Mountains. *Proceedings of the international scientific-practical conference «Integration of botanical research and education: traditions and prospects»*, 2013, Tomsk, 12–15 November, National Research Tomsk State University Publ., pp. 11–13. (In Russ.).

3. *Васфилов С.П.* Изменчивость сухой массы и содержание воды в хвое *Pinus sylvestris* (Pinaceae) // Ботан. журн. 2005. Т. 90, № 8. С. 1235–1247.

Vasfilov S.P. Variability in Dry Weight and Water Content of Cone of *Pinus sylvestris* (Pinaceae). *Botanicheskii Zhurnal*, 2005, vol. 90, no. 8, pp. 1235–1247. (In Russ.).

4. *Воробьева Ф.М., Малышев А.А., Ткаченко В.И.* Тебердинский заповедник. М.: Знание, 1970. 47 с. (Новое в жизни, науке, технике. Сер.: Наука о Земле; № 2).

Vorobyeva F.M., Malyshev A.A., Tkachenko V.I. *Teberda Reserve*. Moscow, Znanie Publ., 1970. 47 p. (In Russ.).

5. *Дышеков М.М., Братков В.В.* Экологические особенности лесных ландшафтов Карачаево-Черкесии // Изв. ДГПУ. Естеств. и точн. науки. 2008. № 3(4). С. 108–111.

Dyshekov M.M., Bratkov V.V. Ecological Features of Forest Landscapes of Karachay-Cherkessia. *Izvestiya Dagestanskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo universiteta = Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences, Estestvennyye i tochnyye nauki*, 2008, no. 3(4), pp. 108–111. (In Russ.).

6. *Ефремова Т.Т., Аврова А.Ф., Ефремов С.П.* Опыт построения бонитировочной шкалы местообитаний болотных сосняков южнотаежной подзоны Западной Сибири // Хвойные бореал. зоны. 2008. Т. 25, № 3–4. С. 269–276.

Efremova T.T., Avrova A.F., Efremov S.P. Experience of Constructing a Habitat Rating Scale for Bog Pine Forests in the Southern Taiga Subzone of Western Siberia. *Khvoynyye boreal'noj zony = Conifers of the Boreal Area*, 2008, vol. 25, no. 3-4, pp. 269–276. (In Russ.).

7. *Ефремова Т.Т., Овчинникова Т.М., Суховольский В.Г., Аврова А.Ф., Ефремов С.П.* Хвоя и побеги сосны обыкновенной на болотах как индикаторы типов условий произрастания // Krylovia. Сиб. ботан. журн. 2001. Т. 3, № 2. С. 106–113.

Efremova T.T., Ovchinnikova T.M., Sukhovolsky V.G., Avrova A.F., Efremov S.P. Coniferous Pine Needles and Shoots in Bogs as Indicators of Types of Growing Conditions. *Krylovia. Sibirskii Botanicheskii Zhurnal = Siberian Botanical Journal*. 2001, vol. 3, no. 2, pp. 106–113. (In Russ.).

8. *Мамаев С.А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука, 1973. 284 с.

Мамаев S.A. *Forms of Intraspecific Variability in Woody Plants*. Moscow, Nauka Publ., 1973. 284 p. (In Russ.).

9. *Милютин Л.И., Новикова Т.Н., Тараканов В.В., Тихонова И.В.* Сосна степных и лесостепных боров Сибири. Новосибирск: Гео, 2013. 127 с.

Milutin L.I., Novikova T.N., Tarakanov V.V., Tikhonova I.V. *Pine of Steppe and Forest-Steppe Pine Forests of Siberia*. Novosibirsk, Geo Publ., 2013. 127 p. (In Russ.).

10. Моллаева М.З. Морфометрические параметры ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной в горах Центрального Кавказа // Лесоведение. 2021. Т. 4, № 4. С. 406–414.

Mollaeva M.Z. Morphometric Parameters of the Scots Pine Assimilation Apparatus in the Mountains of the Central Caucasus. *Lesovedenie* = Russian Journal of Forest Science, 2021, vol. 4, no. 4, pp. 406–414. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0024114821040082>

11. Моллаева М.З. Оценка изменчивости хвои *Pinus sylvestris* L. в контексте высотно-поясной структуры Кавказа // Теоретические и прикладные аспекты организации, проведения и использования мониторинговых наблюдений: материалы междунар. науч. конф., Минск, 9–10 марта 2023 г. Минск: ИВЦ Минфина, 2023. С. 261–263.

Mollaeva M.Z. Assessment of Variability of *Pinus sylvestris* L. Needles in the Context of the Altitude-Belt Structure of the Caucasus. *Proceedings of the International Scientific Conference "Theoretical and Applied Aspects of the Organisation, Conduct and Use of Monitoring Observations". Minsk, 9–10 March, 2023*, Data-processing centre of the Ministry of Finance Publ., pp. 261–263. (In Russ.).

12. Наквасина Е.Н. Ассимиляционный аппарат как показатель адаптации сосны обыкновенной к изменению климатических условий произрастания // Изв. вузов. Лесн. журн. 2009. № 3. С. 12–20.

Nakvasina E.N. Assimilatory Apparatus as an Indicator of Adaptation of Scots Pine to Changing Climatic Conditions of Growth. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2009, no. 3, pp. 12–20. (In Russ.).

13. Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М.: Наука, 1964. 190 с.

Pravdin L.F. *A Scots Pine. Variability, Intraspecific Systematics and Selection*. Moscow, Nauka Publ., 1964. 190 p. (In Russ.).

14. Чернодубов А.И. Изменчивость морфолого-анатомических признаков сосны обыкновенной в островных борах юга Русской равнины // Лесоведение. 1994. № 2. С. 28–35.

Chernodubov A.I. Variability of Morphological and Anatomical Characters of *Pinus sylvestris* in Island Pine Forests of the Southern Russian Plain. *Lesovedenie* = Russian Journal of Forest Science, 1994, no. 2, pp. 28–35. (In Russ.).

15. Androsiuk P., Urbaniak L. Differentiation of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Populations in the Tatra Mountains Based on Needle Morphological Traits. *Biodiv Res Conserv*, 2006, vol. 3-4, pp. 227–231.

16. Łabiszak B., Lewandowska-Wosik A., Pawlaczyk E.M., Urbaniak L. Variability of Morphological Needle Traits of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) among Populations from Mountain and Lowland Regions of Poland. *Folia Forestalia Polonica, series A – Forestry*, 2017, vol. 59(2), pp. 134–145. <https://doi.org/10.1515/ffp-2017-0013>

17. Ewers F.W., Schmid R. Longevity of Needle Fascicles of *Pinus longaeva* (Bristlecone Pine) and other North American Pines. *Oecologia Journal*, 1981, vol. 51, pp. 107–115. <https://doi.org/10.1007/BF00344660>

18. Urbaniak L., Lesiczka P., Gąsiorowska E., Pawlaczyk E.M., Androsiuk P., Lewandowska-Wosik A., Vončina G. Genetic and Phenotypic Relationships among *Pinus sylvestris* Populations in the Pieniny National Park. *Archives of Biological Sciences*. January 2017, pp. 1–17. <https://doi.org/10.2298/ABS170525045U>

19. Nordmeyer A.H. Phytomass in Different Tree Stands near Timberline. *Mountain Environments and Subalpine Tree Growth*. New Zealand Forest Service. Wellington: Forest Research Institute Technical Paper, 1980, no. 70, pp. 111–124.

20. Poljak I., Idžojtić M., Vuković M., Vidaković A., Vukelić J. Variability of the Populations of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Northwestern Part of Mala Kapela According to the Morphological Characteristics of the Needles and Cones. *Šumarski List*, 2020, vol. 144, pp. 539–548. <https://doi.org/10.31298/sl.144.11-12.1>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article