

УДК 630*181.351(581.4)

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АССИМИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГОРАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

© 2021 г. М. З. Моллаева*

Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН, ул. И. Арманд, 37а, Нальчик, 360051 Россия

*E-mail: monika.011@yandex.ru

Поступила в редакцию 09.06.2020 г.

После доработки 04.09.2020 г.

Принята к публикации 06.04.2021 г.

В настоящей работе впервые для Кавказа, Центрального в частности, приведены данные о морфологической изменчивости ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. (длина, ширина, продолжительность жизни и масса хвои, длина годовичного прироста и охвоенность побега) в разновысотных ценопопуляциях. По результатам исследования, наиболее длинная хвоя отмечается в Баксанском ущелье, где в условиях высокогорий (с 1900 м) наблюдается тренд уменьшения длины хвои с поднятием в горы; наиболее короткая – в ущелье р. Малка. Масса хвои в исследуемых разновысотных выборках сосны обыкновенной варьирует значительно, связи данного параметра с высотой мест произрастания нет. Длина годовичного побега в изученных ценопопуляциях *Pinus sylvestris* колеблется в пределах от 59 мм на высоте 1200 м и до 30 мм на высоте 2500 м, т.е. с увеличением высоты над уровнем моря уменьшается почти в 2 раза. С увеличением высотного градиента на исследуемой территории наблюдается уменьшение длины хвои сосны ($r = -0.50$ при $p = 0.005$) и побега ($r = -0.54$ при $p = 0.005$), что согласуется с литературными данными. Индекс охвоенности побега в исследованных выборках сосны варьирует в пределах от 0.65 ± 0.04 (Верхний Баксан) до 0.91 ± 0.04 (Хабаз), корреляции густоты охвоения в градиенте высоты не выявлено ($r = 0.21$). Продолжительность жизни хвои в разновысотных популяциях сосны на Центральном Кавказе в среднем составляет 3–4 года, за исключением выборки “Чегет”, где отмечается хвоя возрастом до 6 лет.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., длина и ширина хвои, продолжительность жизни и масса хвои, длина и охвоенность побега, разновысотные популяции, Центральный Кавказ.

DOI: 10.31857/S0024114821040082

Pinus sylvestris L. — основная лесообразующая порода на Центральном Кавказе, массивы сосновых лесов Кабардино-Балкарии расположены в ущельях рр. Баксан, Чегем, Черек, фрагментарно представлены в ущелье р. Малка. Сосна обыкновенная образует чистые древостои, реже с примесью *Betula pendula* Roth., *B. litvinowii* Doluch., *Populus tremula* L., произрастает в пределах высот от 1100–2800 м над ур. моря (Нечаев, 1960; Темботова и др., 2012), отдельные деревья встречаются на высоте 3000 м. над ур. моря (Саблирова и др., 2015). Горные популяции сосны обыкновенной представляют особый интерес, являясь идеальным объектом для изучения воздействия экологических условий местообитания на степень их дифференциации.

Морфологическая изменчивость хвои *Pinus sylvestris*, согласно литературным данным, имеет широкую амплитуду изменчивости в пределах своего ареала. Исследование изменчивости ассимиляционного аппарата сосны сопряжено с таки-

ми наиболее информативными параметрами, как длина и ширина хвои, продолжительность жизни и масса хвои, длина и степень охвоенности побега (Ефремова и др., 2001; Абрамова, Залесов, 2002). Вариабельность морфологических параметров вида тесно связана с эколого-географическими особенностями мест его произрастания (Steven, Carlisle, 1959; Правдин, 1964; Мамаев, 1973; Шульгин, 1975; Чернодубов, 1994; Наквасина, 2009; Бендер и др., 2013). Согласно данным Н.М. Steven, A. Carlisle (1959), длина хвои *Pinus sylvestris* L. в Шотландии уменьшалась в зависимости от высоты мест произрастания (цит. по Т. В. Филиппова и др., 2006: с. 71). Горные популяции сосны в Германии и Франции имели более короткую хвою, чем на низменностях, аналогичные результаты были получены П. Чернявским с соавт. (1959) для *Pinus hamata* Sosn., произрастающей в Болгарии (цит. по Л.Ф. Правдин, 1964: с. 33).

Продолжительность жизни листового аппарата, также как и его морфология, обусловлена

адаптацией деревьев к эколого-географическим условиям мест произрастания. Продолжительность жизни хвои увеличивается по мере продвижения ареала на север, так возраст хвои сосны Восточно-Европейской равнины составляет 4–5 лет, тогда как хвоя сосны произрастающей на юге Сибири, имеет продолжительность жизни до 8 лет, что, вероятно, связано суровостью климата (Правдин, 1964; Милютин, 2013). У видов рода *Pinus*, произрастающих в горах Северной Америки, с увеличением абсолютной высоты местности и соответствующего снижения температуры воздуха также выявлено увеличение продолжительности жизни хвои (Evers, Schmid, 1981). По данным ряда авторов (Костин и др., 1986; Ефремова и др., 2001; Демина, Наквасина, 2016) длина хвои и ее масса отражают степень благоприятности мест произрастания, густота охвоения побегов — адаптацию хвойных видов деревьев к изменяющимся условиям среды. В горах Новой Зеландии, согласно данным А.Н. Nordmeyer (1980 г.), в культурах сосны, где выборки расположены с перепадом высот до 445 м, обнаружено снижение массы хвои и надземной фитомассы деревьев при продвижении вверх по высотному градиенту. Исследования изменчивости массы хвои, годовичного прироста и степени охвоения побега в разновысотных популяциях сосны не только на Кавказе, но и в других горных системах России нам не известны, что говорит об актуальности наших данных.

Цель настоящей работы — изучение изменчивости морфологических признаков ассимиляционного аппарата (длины и ширины, массы и продолжительности жизни хвои, годовичного прироста и охвоенности побега) в разновысотных популяциях сосны обыкновенной на Центральном Кавказе (в пределах Кабардино-Балкарской республики).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Объектами исследований послужили 14 разновысотных ценопопуляций сосны обыкновенной (возраст древостоев составляет 70–90 лет), произрастающих на северном макросклоне Центрального Кавказа. Исследуемые выборки расположены в ущельях рек: Малка — Хабаз (1200 м над ур. моря), Харбас (1800 м над ур. моря), Джилы-Су (2300 м над ур. моря); вдоль ущелья р. Баксан — Верхний Баксан (1500 м над ур. моря), Юсеньги (1800 м над ур. моря), Чегет (2400 м над ур. моря), Терскол (2500 м над ур. моря), так и по боковым отрогам Баксанского ущелья — Сылтран (1900 м), Адыр-Су-1 (2000 м над ур. моря), Адыр-Су-2 (2350 м над ур. моря), Джантуган (2350 м над ур. моря), Кыртык (2400 м над ур. моря); в ущелье р. Черек-Балкарский — Черек (2000 м над ур. моря); р. Чегем — Чегем (2000 м над ур. моря) (рис. 1).

Для изучения морфологической изменчивости ассимиляционного аппарата сосны на исследуемой территории проводили сбор побегов (по 10 вегетативных и генеративных побегов с каждого дерева) с 36–50 деревьев в каждой популяции соответственно. Сбор хвои сосны проводили согласно методическим рекомендациям Л.Ф. Правдина (1964), и С.А. Мамаева (1973). Хвою (5–10 пар с каждого побега) отбирали в средней части кроны дерева. Длину, ширину хвои, длину годовичного прироста измеряли электронным штангенциркулем с точностью до ± 0.01 мм. Площадь поверхности хвои определяли по формуле: $S = 2l\sqrt{a^2 + b^2}$ (Попов и др., 1976), где S — площадь поверхности, l — длина хвои, a и b — ширина и толщина хвои.

Продолжительность жизни хвои на осевых и боковых побегах деревьев, оценивали по максимальному возрасту охвоенного побега. Густоту охвоения или охвоенность измеряли методом подсчета хвоинок на 1 см длины годовичного побега. Для определения абсолютно сухой массы хвои, собранный материал выдерживали в термостате при температуре 38°C в течение 3–5 сут, затем месяц — в режиме свободного высушивания (до стабильных значений массы). Массу сухой хвои (100 пар) определяли взвешиванием образцов в трехкратной повторности на электронных весах с погрешностью ± 1 мг. Учитывая высокую изменчивость данных морфологических параметров сосны в пределах кроны одного дерева (Правдин, 1964), для каждого дерева считали среднюю величину показателя. Уровень индивидуальной изменчивости хвои определяли по шкале, предложенной С.А. Мамаевым (1973). Статистический анализ полученных данных проведен посредством программы STATISTICA–10.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследования изменчивости длины и ширины хвои в 14 ценопопуляциях сосны наиболее длинная хвоя отмечается в Баксанском ущелье (табл. 1), где данный параметр изменяется от 59.99 ± 1.93 (Терскол, Верхний Баксан) до 80.43 ± 1.57 мм (Сылтран). Причем в условиях высокогорий (с 1900 м) наблюдается тренд уменьшения длины хвои с поднятием в горы (рис. 2.); минимальная длина — в ущелье р. Малка, где она меняется от 41.00 ± 1.21 мм (Джилы-Су) до 65.24 ± 1.79 мм (Хабаз). Как видно из табл. 1., максимальные значения ширины хвои отмечены нами в Джантугане (3.41 ± 0.01 мм), минимальные — в ущелье Харбас (1.24 ± 0.02 мм).

Коэффициент индивидуальной изменчивости средней длины хвои в популяциях сосны обыкновенной на исследуемой территории варьирует в пределах от 7.4% в выборке Адыр-Су 2 до 19.4% в выборке Терскол, что соответствует низкому и

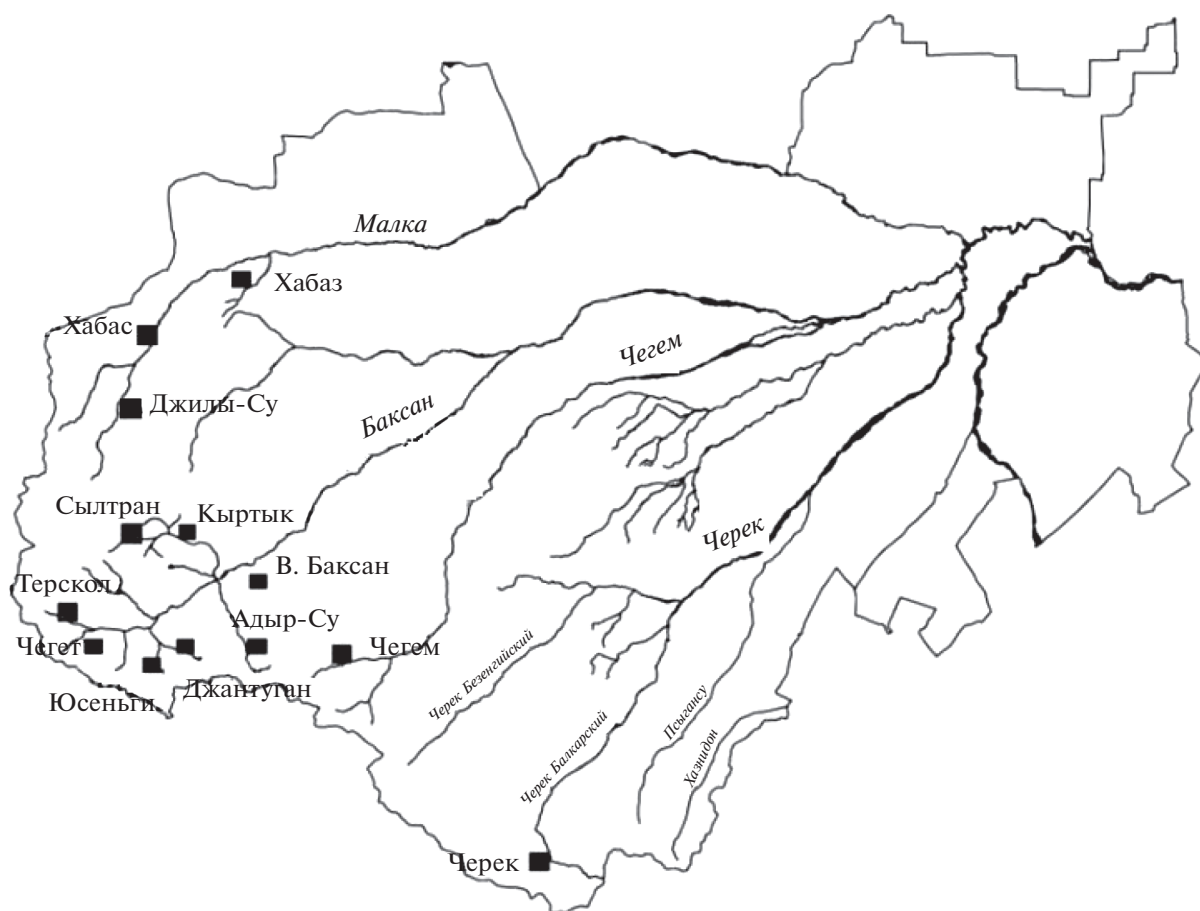


Рис. 1. Расположение выборок сосны обыкновенной на Центральном Кавказе (Кабардино-Балкарская республика).

Таблица 1. Статистические показатели хвои в разновысотных популяциях *Pinus sylvestris* на Центральном Кавказе

Пробная площадь	Высота над ур. моря м	Длина хвои, мм		Ширина хвои, мм		Масса 100 пар хвои, г
		$M \pm m$	C.V., %	$M \pm m$	C.V., %	$M \pm m$
Баксанское ущелье						
Терско́л	2500	59.99 ± 1.93	19.4	2.79 ± 0.09	20.8	5.1 ± 0.09
Че́гет	2400	63.96 ± 1.00	8.2	1.54 ± 0.02	9.0	3.93 ± 0.06
Кы́ртык	2400	70.02 ± 1.44	9.2	1.94 ± 0.14	11.3	4.29 ± 0.25
Джа́нтуган	2350	63.28 ± 1.31	11.4	3.41 ± 0.01	20.3	5.35 ± 0.42
Ады́р-Су-2	2350	73.77 ± 1.03	7.4	3.11 ± 0.06	8.9	4.88 ± 0.05
Ады́р-Су-1	2000	75.43 ± 2.11	14.0	2.39 ± 0.12	25.0	5.68 ± 0.28
Юсе́ньги	1900	73.99 ± 2.07	11.6	1.42 ± 0.01	5.6	3.86 ± 0.08
Сы́лтран	1900	80.43 ± 1.57	11.4	3.2 ± 0.07	22.7	5.89 ± 0.05
В. Ба́ксан	1500	54.69 ± 1.83	18.4	2.79 ± 0.09	22.7	4.06 ± 0.17
Черекское ущелье						
Че́рек	2000	49.71 ± 1.42	14.9	1.35 ± 0.02	9.6	3.56 ± 0.17
Чегемское ущелье						
Че́гем	2000	55.00 ± 1.55	13.6	1.5 ± 0.03	10.1	4.14 ± 0.05
Малкинское ущелье						
Джи́лы-Су	2300	41.00 ± 1.21	14.5	1.68 ± 0.04	12.1	3.33 ± 0.08
Ха́рбас	1800	45.76 ± 1.20	11.5	1.24 ± 0.02	9.2	2.85 ± 0.35
Ха́баз	1200	65.24 ± 1.79	12.9	1.48 ± 0.02	8.1	4.00 ± 0.03

Примечание: М – среднее значение признака; m – ошибка средней; C.V. – коэффициент вариации.

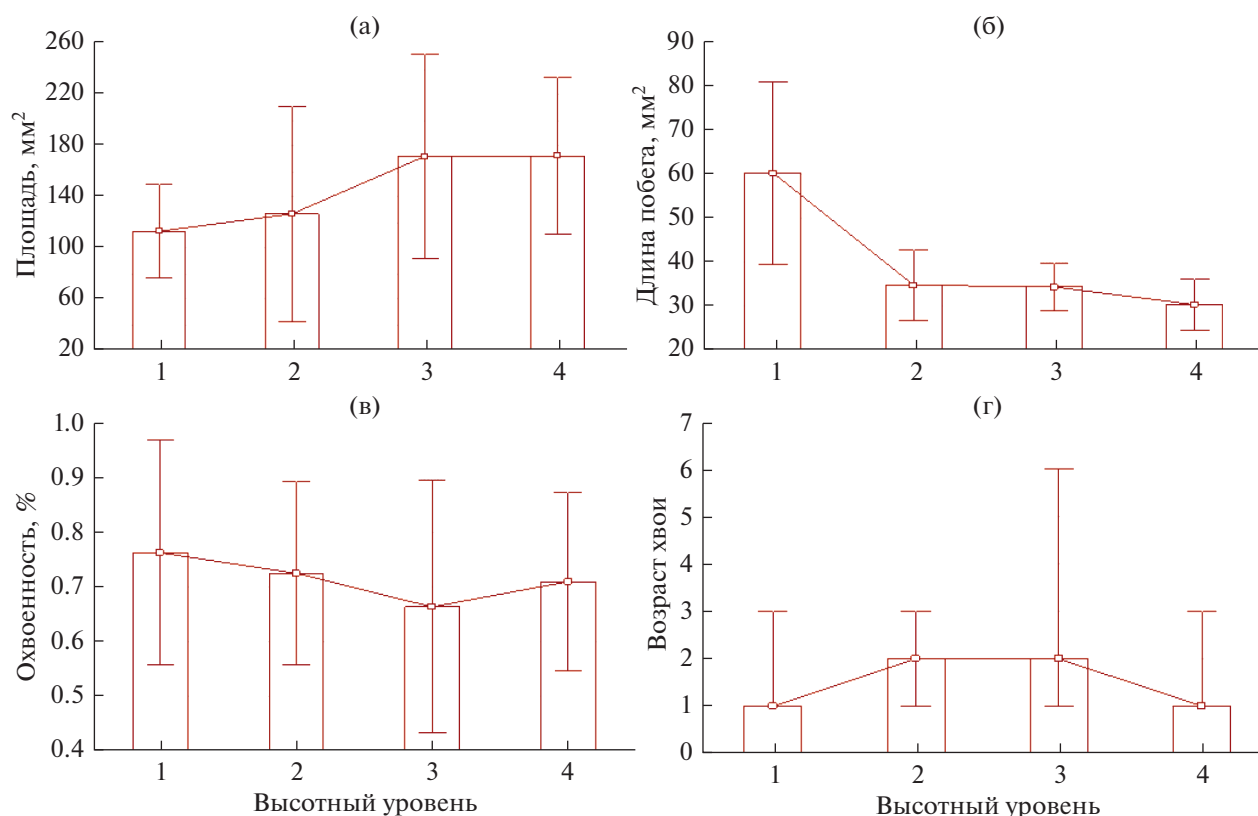


Рис. 2. Изменчивость площади поверхности (а) и возраста хвои (г), длины (б) и охвоенности (в) побегов *Pinus sylvestris* L. в высотном градиенте Центрального Кавказа. Высотный уровень: 1 – 1200–1500 м; 2 – 1800–2000 м; 3 – 2100–2400 м; 4 – 2500 м.

среднему уровням изменчивости. Более вариативным признаком является ширина хвои, которая отличается повышенным уровнем изменчивости до 25.0%.

Дисперсионный анализ средних показателей длины и ширины хвои между разновысотными ценопопуляциями сосны обыкновенной выявил статистически значимые различия (при $p = 0.005$) у большинства сравниваемых выборок сосны по длине, в меньшей степени отмечены отличия по ширине хвои. С целью изучения влияния градиента высоты над уровнем моря как комплекса факторов среды на изменчивость параметров хвои, исследуемые пробные площадки были сгруппированы в следующие высотные уровни: 1) 1200–1500 м (Хабаз, Верхний Баксан); 2) 1800 м–2000 м (Юсеньги, Сылтран, Харбас, Черек, Адыр-Су-1, Чегем); 3) 2100 м–2400 м (Адыр-Су-2, Джантуган, Джилы-Су, Чегет, Кыртык); 4) 2500 м (Терскол). Несмотря на выявленные различия по ширине хвои между разновысотными выборками, связи данного показателя с высотой местности не выявлено ($r = 0.11$ при $p = 0.005$). Длина хвои в исследуемых разновысотных выборках уменьшается с подъемом в горы ($r = -0.50$ при $p = 0.005$).

Масса 100 пар воздушно-сухой хвои в исследуемых разновысотных выборках сосны обыкновенной варьирует от 2.85 ± 0.35 г. (Харбас, 1800 м) до 5.89 ± 0.05 г (Сылтран, 1900 м). Как видно из табл. 1, наибольшей массой обладает сосна в выборке Сылтран, где также отмечается самая длинная хвоя. Масса хвои в исследуемых выборках ожидаемо коррелирует с длиной хвои ($r = 0.51$ при $p = 0.005$) и шириной ($r = 0.34$ при $p = 0.005$), с высотным градиентом корреляции не обнаружено ($r = 0.09$ при $p = 0.005$).

В целях установления отличий средних показателей массы хвои, между исследуемыми выборками, провели однофакторный дисперсионный анализ (табл. 2). Достоверные различия (при $p = 0.005$) по массе сухой хвои выявлены у большинства сравниваемых разновысотных выборок. Так, самая высокогорная выборка “Терскол” достоверно отличается от всех выборок, за исключением выборок “Джантуган”, “Адыр-Су-1” и “Адыр-Су-2”, “Сылтран”. Выборки “Чегет” и “Кыртык” между собой по массе различаются незначительно, однако, достоверно отличаются от одних и тех же выборок: “Джантуган”, “Адыр-Су-1”, “Сылтран” и “Харбас”. “Джантуган” отличается от выборок – “Юсеньги”, “Верхний Баксан”, “Чегем”,

Таблица 2. Полярный уровень значимости массы хвой между популяциями сосны обыкновенной на Центральном Кавказе

III	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}
	M = 4.0033	M = 4.0667	M = 3.8633	M = 2.8533	M = 5.8967	M = 5.6833	M = 3.5600	M = 4.1433	M = 4.8867	M = 5.3500	M = 3.3300	M = 3.9667	M = 4.2933	M = 5.1667
{1}		1.000000	0.999999	0.015217	0.000159	0.000238	0.929987	0.999999	0.133769	0.002583	0.479281	1.000000	0.997942	0.013525
{2}	1.000000		0.999951	0.008644	0.000167	0.000316	0.842036	1.000000	0.207471	0.004594	0.345517	1.000000	0.999838	0.023557
{3}	0.999999	0.999951		0.050211	0.000152	0.000169	0.996826	0.998551	0.045003	0.000766	0.793083	1.000000	0.943124	0.003832
{4}	0.015217	0.008644	0.050211		0.000151	0.000151	0.406229	0.004326	0.000152	0.000151	0.888944	0.020992	0.001132	0.000151
{5}	0.000159	0.000167	0.000152	0.000151		0.999917	0.000151	0.000188	0.050211	0.766376	0.000151	0.000156	0.000340	0.358545
{6}	0.000238	0.000316	0.000169	0.000151	0.999917		0.000152	0.000511	0.241281	0.992450	0.000151	0.000206	0.001752	0.824428
{7}	0.929987	0.842036	0.996826	0.406229	0.000151	0.000152		0.687102	0.003106	0.000176	0.999811	0.961865	0.351997	0.000334
{8}	0.999999	1.000000	0.998551	0.004326	0.000188	0.000511	0.687102		0.332768	0.009177	0.216746	0.999990	0.999999	0.045003
{9}	0.133769	0.207471	0.045003	0.000152	0.050211	0.241281	0.003106	0.332768		0.906790	0.000455	0.102036	0.664383	0.998551
{10}	0.002583	0.004594	0.000766	0.000151	0.766376	0.992450	0.000176	0.009177	0.906790		0.000153	0.001858	0.034082	0.999985
{11}	0.479281	0.345517	0.793083	0.888944	0.000151	0.000151	0.999811	0.216746	0.000455	0.000153		0.563653	0.073023	0.000166
{12}	1.000000	1.000000	1.000000	0.020992	0.000156	0.000206	0.961865	0.999990	0.102036	0.001858	0.563653		0.993706	0.009764
{13}	0.997942	0.999838	0.943124	0.001132	0.000340	0.001752	0.351997	0.999999	0.664383	0.034082	0.073023	0.993706		0.143729
{14}	0.013525	0.023557	0.003832	0.000151	0.358545	0.824428	0.000334	0.045003	0.998551	0.999985	0.000166	0.009764	0.143729	

Примечание: 1 – Терскол; 2 – Чегет, 3 – Кыргык, 4 – Джантуган, 5 – Адыр-Су-2, 6 – Адыр-Су-1, 7 – Сылтран, 8 – Юсеньги, 9 – В. Баксан, 10 – Чегем, 11 – Черек, 12 – Хабаз, 13 – Харбае, 14 – Джилы-Су.

Таблица 3. Длина побега и его охвоенность в разновысотных выборках *Pinus sylvestris* на Центральном Кавказе

Выборка, м над ур. моря	Длина побега, мм	Индекс охвоенности, шт/мм	Выборка, м над ур. моря	Длина побега, мм	Индекс охвоенности, шт/мм
Хабаз, 1200 м	58.9 ± 3.01	0.91 ± 0.04	Сылтран, 1900 м	32.47 ± 1.40	0.84 ± 0.02
Верхний Баксан, 1500 м	57.90 ± 5.10	0.65 ± 0.04	Черек, 2000 м	33.91 ± 1.40	0.67 ± 0.02
Харбас, 1800 м	30.88 ± 1.80	0.76 ± 0.05	Джантуган, 2350 м	31.78 ± 1.10	0.81 ± 0.07
Юсеньги, 1900 м	37.01 ± 1.41	0.83 ± 0.03	Адыр-Су 2, 2350 м	36.64 ± 1.02	0.66 ± 0.02
Адыр-Су1, 2000 м	37.99 ± 1.41	0.61 ± 0.02	Чегет, 2400 м	34.15 ± 1.10	0.51 ± 0.04
Терскол, 2500 м	30.49 ± 1.10	0.74 ± 0.02			

Таблица 4. Количество хвои сосны разного возраста (%) *Pinus sylvestris* L. на Центральном Кавказе

Выборка, м над ур. моря	Продолжительность жизни (возраст) хвои, лет					
	1	2	3	4	5	6
Хабаз, 1200 м	54.38	25.40	20.28	—	—	—
В.Баксан, 1500 м	40.38	40.38	19.25	—	—	—
Юсеньги, 1800 м	44.5	37.5	18.45	—	—	—
Сылтран, 1900 м	32.4	30.98	26.05	10.56	—	—
Харбас, 1800 м	69.1	25	5.9	—	—	—
Черек, 2000 м	43.43	35.36	20.73	0.48	—	—
Адыр-Су-1, 2000 м	31.1	31.1	31.1	6.6	—	—
Адыр-Су-2, 2350 м	31.8	31.8	30.9	5.08	—	—
Джантуган, 2350 м	48.14	44.72	7.41	—	—	—
Чегет, 2400 м	25.6	25.6	24.03	17.05	5.5	2.4
Терскол, 2500 м	41.66	39.07	19.27	—	—	—

“Черек”, “Харбас”, “Хабаз” и “Джилы-Су”. “Адыр-Су-2” достоверно отличается от выборок “Юсеньги”, “Верхний Баксан”, “Черек”, “Харбас” и “Джилы-Су”. “Адыр-Су-1” и “Сылтран” также достоверно отличаются от выборок “Юсеньги”, “Верхний Баксан”, “Чегет”, “Черек”, “Харбас”, “Хабаз” и “Джилы-Су”. Различия по массе хвои между выборками “Верхний Баксан” — “Харбас”, “Чегет” — “Харбас”, “Хабаз” — “Джилы-Су” также достоверны.

Изменчивость длины или годовичного прироста и густоту охвоения побегов сосны изучали в одиннадцати популяциях в пределах высот от 1200 м до 2500 м над ур. моря.

Анализ годовичного прироста побегов показал высокую вариабельность данного признака (табл. 3). Длина годовичного побега в изученных ценопопуляциях сосны с высотным градиентом уменьшается от 59 мм (Хабаз, 1200 м) до 30.49 мм (Терскол, 2500 м). По предварительным результатам, с увеличением высоты мест произрастания сосны наблюдается уменьшение длины побега ($r = -0.54$ при $p = 0.005$), что согласуется с литературными данными (рис. 2).

Индекс охвоенности побега в исследованных выборках сосны изменчив в пределах от 0.51 ± 0.04

(Чегет) до 0.91 ± 0.04 (Хабаз) (табл. 3), корреляция густоты охвоения с высотным градиентом в условиях гор Центрального Кавказа не наблюдается ($r = 0.21$ при $p = 0.005$).

Изменчивость морфометрических параметров ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной с высотным градиентом гор Центрального Кавказа представлена на рис. 2. Как видно, минимальные показатели площади поверхности хвои и высокие значения индекса охвоенности побегов отмечаются на первом и втором высотном уровнях произрастания сосны, однако, хвоя здесь недолговечна. Популяции сосны третьего и четвертого высотного уровней характеризуются высокими значениями площади поверхности хвои и возраста, однако здесь уменьшается длина и охвоенность побегов. Уменьшение густоты охвоения побегов сосны на исследуемой территории, вероятно, компенсируется увеличением площади фотосинтезирующей поверхности хвои как результат адаптации к эколого-географическим условиям района исследования.

В изучаемых выборках сосны обыкновенной наблюдается дефолиация с возрастом побега (табл. 4). Долевое участие хвои того или иного возраста между популяциями различно. В процент-

ном соотношении превалирует однолетняя хвоя. Большая часть хвои в исследуемых разновысотных популяциях сохраняется до трех лет (рис. 2.). Так, продолжительность жизни хвои в выборках “Хабаз” (1200 м), “Баксан” (1500 м), “Юсеньги” (1800 м), “Харбас” (1800 м), “Джантуган” (2350 м), “Терскол” (2500 м) составляет всего 3 года, а в выборках “Сылтран” (1900 м) “Черек” (2000 м) “Адыр-Су-1” (2000 м) “Адыр-Су-2” (2350 м) — 4 года. Лидирует по долговечности хвои “Чегет” (2400 м), где отмечается, хоть и в незначительных количествах, хвоя возраста 5–6 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые для Центрального Кавказа получены оригинальные данные по изменчивости ассимиляционного аппарата *Pinus sylvestris* L. с высотным градиентом.

Коэффициенты индивидуальной изменчивости длины хвои сосны обыкновенной в условиях гор Центрального Кавказа соответствуют низкому и среднему, а ширины — среднему и повышенному уровням изменчивости. Увеличение индивидуальной изменчивости хвои сосны, вероятно, обусловлено экстремальными высокогорными условиями мест произрастания, как у *Abies sibirica* Ledeb. в горных лесах Сибири (Кокорин, Милютин, 2003).

С увеличением высоты мест произрастания сосны на исследуемой территории наблюдается уменьшение длины хвои ($r = -0.50$ при $p = 0.005$) и побега ($r = -0.54$ при $p = 0.005$), что согласуется с литературными данными (Steven, Carlisle, 1953; Правдин, 1964; Бендер и др., 2013). Тенденции увеличения или уменьшения ширины хвои сосны обыкновенной, произрастающей в ущельях Центрального Кавказа с высотным градиентом не наблюдается. Корреляция ширины хвои с высотой местности практически отсутствует ($r = 0.11$ при $p = 0.005$).

Масса воздушно-сухой хвои в исследуемых разновысотных выборках сосны обыкновенной варьирует значительно, статистически значимые различия выявлены между несколькими выборками. Данный параметр ожидаемо коррелирует с длиной ($r = 0.51$ при $p = 0.005$) и с шириной ($r = 0.34$ при $p = 0.005$). Однако связи массы хвои с высотой мест произрастания сосны обыкновенной на исследуемой территории не выявлено ($r = 0.09$ при $p = 0.005$), что не согласуется с данными, полученными для сосны в горах Новой Зеландии (Nordmeyer, 1980).

Продолжительность жизни хвои сосны обыкновенной на Центральном Кавказе в среднем составляет 3–4 года, как и на Восточно-Европейской равнине, за исключением выборки Чегет, тогда как хвоя сосны произрастающей в Сибири

сохраняется до 8 лет (Правдин, 1964; Милютин, 2013). Вероятно, такая высокая продолжительность жизни хвои сосны обыкновенной в выборке “Чегет” обусловлена суровыми микроклиматическими условиями на склонах горы Донгуз-Орунбаши.

Предварительные результаты исследования показывают зависимость морфометрических показателей ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной от высотного градиента в условиях Центрального Кавказа. Однако, необходимы дальнейшие исследования с целью выявления факторов внутривидовой фенотипической изменчивости сосны в условиях высокогорий Центрального Кавказа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамова, Л.П., Залесов С.В. Характеристика ассимиляционного аппарата предварительных культур сосны обыкновенной в зависимости от полноты березового древостоя // Леса Урала и хозяйство в них: Сб. науч. тр., Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. Вып. 22. С. 149–151.
- Бендер О.Г., Зотикова А.П., Бендер А.Г. Морфоанатомические и ультраструктурные характеристики хвои кедра сибирского на разных высотах произрастания в горах Алтая // Труды междунар. науч.-практич. конф. “Интеграция ботанических исследований и образования: традиции и перспективы”, Томск, 12–15 ноября, Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет. 2013. с. 11–13.
- Демина Н.А., Наквасина Е.Н. Изменчивость показателей ассимиляционного аппарата климатипов ели в географических культурах республики Коми // Вестник Северного Арктического федерального университета. Серия: Естеств. науки. 2016. № 2. С. 42–50.
- 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 // Сибирский ботанический журн. 2001. Т. 3. № 2. С. 106–113.
- Кокорин Д.В., Милютин Л.И. Формовое разнообразие пихты сибирской в южных районах Средней Сибири // Лесоведение. 2003. № 4. С. 32–35.
- Костин Н.В., Преснухин Ю.В., Туманович Т.Я. Размеры и масса хвои сосны обыкновенной в связи с продолжительностью насаждений // Моделирование лесных биогеоценозов. Петрозаводск: КФ АН СССР. 1986 г. С. 99–105.
- Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука, 1973. 284 с.
- Милютин Л.И. Новикова Т.Н., Тараканов В.В., Тихонова И.В. Сосна степных и лесостепных боров Сибири. Новосибирск: Гео, 2013. 127 с.
- Наквасина Е.Н. Ассимиляционный аппарат как показатель адаптации сосны обыкновенной к изменению климатических условий произрастания // Лесной журн. 2009. № 3. С. 12–20.
- Нечаев Ю.А. Лесные богатства Кабардино-Балкарии. Нальчик: Кабардино-Балкарское кн. изд-во, 1960. 144 с.

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

Попов П.П., Жук Л.Т., Жук М.И. Морфологические признаки хвои ели сибирской на Урале // Леса Урала и хозяйство в них: Сб. науч. трудов. Свердловск: Урал. лесн. опыт. станции ВНИИЛМ, 1976. Вып. 9. С. 179–186.

Саблирова Ю.М., Темботова Ф.А., Пшегусов Р.Х. Типологическое разнообразие, состояние и распространение сосновых лесов Баксанского ущелья (Центральный Кавказ) // Известия Самарского НЦ РАН. 2015. Т. 17. № 4(2). С. 389–394.

Темботова Ф.А., Пшегусов Р.Х., Тлупова Ю.М. Леса северного макросклона Центрального Кавказа (эльбрусский и терский варианты поясности) // Разнообразие и динамика лесных экосистем России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. Т. 1. С. 249–259.

Филиппова Т.В., Санников С.Н., Петрова И.В., Санникова Н.С. Феногенеогеография популяций сосны обыкновенной на Урале. Екатеринбург: УрО РАН Ботанический сад. 2006. 121 с.

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

Шульгин В.А. Географическая изменчивость некоторых признаков и свойств сосны обыкновенной в условиях Коми АССР // Генетика, селекция, семеноводство и интродукция лесных пород. Москва: Гос. ком. лесного хозяйства Совета Министров СССР. 1975. С. 163–176

Ewers F.W., Schmid R. Longevity of needle fascicles of *Pinus longaeva* (Bristlecone Pine) and other North American pines (англ.) // Oecologia J. 1981. Vol. 51. P. 107–115.

Steven H.M., Carlisle A. The native pine woods of Scotland. Edinburgh–London, 1959. P. 368

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. № 70. P. 111–124.

Morphometric Parameters of the Scots Pine Assimilation Apparatus in the Mountains of the Central Caucasus

M. Z. Mollaeva*

Institute of Ecology of Mountain Territories, I. Armand st. 37-a, Kabardino-Balkaria republic, Nal'chik, 360051 Russia

*E-mail: monika.011@yandex.ru

In this work, for the first time for the Caucasus, Central in particular, the data on the Scots pine *Pinus sylvestris* L. assimilation apparatus morphological variability (length, width, lifespan, and weight of needles, length of annual growth and needle packing) are presented in cenopopulations growing on different altitudes. According to the results of the study, the longest needles were observed in the Baksan Gorge, where, in the high altitude conditions (> 1900 m), there is a clear trend towards decreasing the length of needles with the increasing altitudes; the shortest being found in the gorge of the river Malka. The needle mass in the studied samples of Scots pines from different altitudes varies significantly; there was no connection found between this parameter and the height of the growing areas. The length of the annual shoot in the studied *Pinus sylvestris* cenopopulations ranges from 59 mm at an altitude of 1200 m and up to 30 mm at an altitude of 2500 m, i.e. with an altitude increase it decreases in length by almost 2 times. With an increase in the altitude gradient in the study area, a decrease in the length of pine needles ($r = -0.50$ with $p = 0.005$) and shoot ($r = -0.54$ with $p = 0.005$) was observed, which is consistent with the literature data. The needle packing index in the studied pine samples varied from 0.65 ± 0.04 (Verkhniy Baksan) to 0.91 ± 0.04 (Khabaz); no correlation was found between the needle packing and the height gradient ($r = 0.21$). The lifespan of needles in pine populations growing on different altitudes in the Central Caucasus is on average 3–4 years, with the exception of the Cheget sample, where needles up to 6 years old have been observed.

Keywords: *Pinus sylvestris* L., length and width of needles, lifespan and mass of needles, length of the shoot and needle packing, populations from different altitudes, Central Caucasus.

REFERENCES

Abramova L.P., Zalesov S.V., Kharakteristika assimilyatsionnogo apparata predvaritel'nykh kul'tur sosny obyknovnoy v zavisimosti ot polnoty berezovogo drevostoya (Characteristics of the assimilation apparatus of preliminary crops of Scots pine, depending on the completeness of the birch stand), In: *Lesa Urala i khozyaistvo v nikh* (Forests of Urals and the management), Ekaterinburg: Ural. gos. lesootekhn. un-t, 2002, Vol. 22, pp. 149–151.

Bender O.G., Zotikova A.P., Bender A.G., Morfoanatomicheskie i ul'trastrukturnye kharakteristiki khvoi kedra sibir-

skogo na raznykh vysotakh proizrastaniya v gorakh Altaya (Morphological, anatomical and ultra structural features of the siberian stone pine needles at different altitudes in the Altay Mountains), *Integration of botanical research and education: traditions and perspectives*, Proc. of Research and Practice Conf, Tomsk, 12–15 November, 2013, Tomsk: National'nyi issledovatel'skii Tomskii gosudarstvennyi universitet, pp. 11–13.

Chernodubov A.I., Izmenchivost' morfologo-anatomicheskikh priznakov sosny obyknovnoy v ostrovnykh borakh yuga Russkoi ravniny (Variability of the morphological and

anatomical characters of Scots pine in the island forests of the south of the Russian Plain), *Lesovedenie*, 1994, No. 2, pp. 28–35.

Demina N.A., Nakvasina E.N., *Izmenchivost' pokazatelei assilyatsionnogo apparata klimatipov eli v geograficheskikh kul'turakh respubliky Komi* (Variability of assimilation apparatus indicators of spruce climatypes of the provenance trial plantations in the Komi Republic), *Vestnik Severnogo Arkticheskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Estestv. nauki*, 2016, No. 2, pp. 42–50.

Efremova T.T., Ovchinnikova T.M., Sukhovol'skii V.G., Avrova A.F., Efremov S.P., Khvoya i pobegi sosny obyknovnoi na bolotakh kak indikator tipov uslovii proizrastaniya (Needle and spruce of Scots pine on the swamp as a indicators of ecological conditions types), *Krylovia. Sibirskii botanicheskii zhurnal*, 2001, Vol. 3, No. 2, pp. 106–113.

Ewers F.W., Schmid R., Longevity of needle fascicles of *Pinus longaeva* (Bristlecone Pine) and other North American pines, *Oecologia J.*, 1981, Vol. 51, pp. 107–115.

Filippova T.V., Sannikov S.N., Petrova I.V., Sannikova N.S., *Fenogenogeografiya populyatsii sosny obyknovnoi na Urale* (Phenogenogeography of Scots pine populations in the Urals), Ekaterinburg: UrO RAN Botanicheskii sad, 2006, 121 p.

Kokorin D.V., Milyutin L.I., Formovoe raznoobrazie pikhty sibirskoi v yuzhnykh raionakh Srednei Sibiri (Diversity of Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) forms in southern regions of Central Siberia), *Lesovedenie*, 2003, No. 4, pp. 32–35.

Kostin N.V., Presnukhin Y.V., Tumanovich T.Y., Razmery i massa khvoi sosny obyknovnoi v svyazi s proizvoditel'nost'yu nasazhdenii (The size and weight of the needles of Scots pine in connection with the productivity of stands), In: *Modelirovanie lesnykh biogeotsenozov* (Modeling of the forest biogeocoenoses), Petrozavodsk: KF AN SSSR, 1986, pp. 99–105.

Mamaev S.A., *Formy vnutrividovoi izmenchivosti drevesnykh rastenii* (Forms of intraspecific variability of woody plants), Moscow: Nauka, 1973, 284 p.

Milyutin L.I., Novikova T.N., Tarakanov V.V., Tikhonova I.V., *Sosna stepnykh i lesostepnykh borov Sibiri* (Scots pine in steppe and forest-steppe pine forests of Siberia), Novosibirsk: Geo, 2013, 127 p.

Nakvasina E.N., Assimilyatsionnyi apparat kak pokazatel' adaptatsii sosny obyknovnoi k izmeneniyu klimaticheskikh uslovii proizrastaniya (Assimilation apparatus as factor of Scots pine adaptation to change of growth climatic conditions), *Lesnoi zhurnal*, 2009, No. 3, pp. 12–20.

Nechaev Y.A., *Lesnye bogatstva Kabardino-Balkarii* (Forest resources of Kabardino-Balkaria), Nalchik: Kabardino-Balkarskoe kn. izd-vo, 1960, 144 p.

Nordmeyer A.H. Phytomass in different tree stands near timberline, In: *Mountain environments and subalpine tree growth*, New Zealand Forest Service, Wellington: Forest Research Institute Technical Paper, 1980. No. 70, pp. 111–124.

Popov P.P., Zhuk L.T., Zhuk M.I., Morfologicheskie priznaki khvoi eli sibirskoi na Urale (Morphological features of Siberian spruce needles in the Urals), In: *Lesy Urala i khozyaistvo v nikh* (Forests of Urals and the management), Sverdlovsk: Ural. lesn. opyt. stantsii VNIILM, 1976, Vol. 9, pp. 179–186.

Pravdin L.F., *Sosna obyknovennaya: izmenchivost', vnutrividovaya sistematika i selektsiya* (Scots pine: variability, intra-specific systematics and selection), Moscow: Nauka, 1964, 190 p.

Sablirova Y.M., Tembotova F.A., Pshegusov R.K., Tipologicheskoe raznoobrazie, sostoyanie i rasprostranenie sosnovykh lesov Baksanskogo ushel'ya (Tsentral'nyi Kavkaz) (Typological diversity, status and distribution pine forest Baksan Gorge (Central Caucasus)), *Izvestiya Samar-skogo NTs RAN*, 2015, Vol. 17, No. 4(2), pp. 389–394.

Shul'gin V.A., Geograficheskaya izmenchivost' nekotorykh priznakov i svoistv sosny obyknovnoi v usloviyakh Komi ASSR (Geographic variability of some characters and properties of Scots pine under the conditions of the Komi ASSR), In: *Genetika, selektsiya, semenovodstvo i introduktsiya lesnykh porod* (Genetics, selection, seed production and introduction of forest species), Moscow: Gos. kom. lesnogo khoz-va Soveta Ministrov SSSR, 1975, pp. 163–176.

Steven H.M., Carlisle A., *The native pine woods of Scotland*, Edinburgh-London, 1959. 368 p.

Tembotova F.A., Pshegusov R.K., Tlupova Y.M., Lesy Severnogo Makrosklona Tsentral'nogo Kavkaza (el'bruskii i terskii varianty poynosti) (Forests of the Northern Macroslope of the Central Caucasus (Elbrus and Terek variants of zonation)), In: *Raznoobrazie i dinamika lesnykh ekosistem Rossii* (Diversity and dynamics of forest ecosystems in Russia), Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2012, Vol. 1, pp. 227–251.