

УДК 674.032.475.243(581.44;275.21)+527.623.1+502.4

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПОБЕГА ПИХТЫ СИБИРСКОЙ ПО ГРАДИЕНТУ АБСОЛЮТНОЙ ВЫСОТЫ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «КРАСНОЯРСКИЕ СТОЛБЫ»

А. В. Гирева<sup>1</sup>, О. М. Шабалина<sup>2</sup>, Д. Ю. Павлова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальный парк «Красноярские Столбы»  
660006, Красноярск, ул. Карьерная, 26а,

<sup>2</sup> Сибирский федеральный университет  
660041, Красноярск, пр. Свободный, 79

E-mail: annamadworld@gmail.com, shabalina11@bk.ru, donation333@yandex.ru

Поступила в редакцию 07.11.2023 г.

Изучены особенности индивидуальной изменчивости морфометрических признаков побега пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), произрастающей на различной высоте на северном макросклоне Восточного Саяна на территории национального парка «Красноярские Столбы» – от низкогорья до среднегорья. При этом она обнаружена в составе древостоя в различных типах леса и не демонстрирует строгой фитоценотической приуроченности. По-видимому, на данной территории пихта сибирская находится в условиях своего эколого-фитоценотического оптимума. Годичный прирост и охвоенность побега варьируют на среднем уровне, длина хвои – преимущественно на низком, ширина хвои – на очень низком. Длину и ширину хвои, отличающиеся низкой вариабельностью, можно рекомендовать в диагностических целях. Сравнительный анализ средних значений изученных признаков показал, что по мере увеличения абсолютной высоты происходит статистически достоверное уменьшение годичного прироста, длины и ширины хвои пихты сибирской, а также увеличение охвоенности побега. Побеги пихты из национального парка «Красноярские Столбы» (Восточный Саян) отличаются более высокими значениями годичного прироста, охвоенности побегов и длины хвои, тогда как ширина хвои больше у пихты с Западного Саяна. Наблюдаемые различия могут быть связаны не только с климатическими особенностями районов, но и с фитоценотической приуроченностью изученных ценопопуляций. Годичный прирост побегов и их охвоенность существенно зависят от метеорологических условий года. Показана тесная корреляция данных признаков с температурой июля и влажностью воздуха мая и июля. Не выявлено существенного влияния погодных условий года на морфометрические признаки хвои пихты.

**Ключевые слова:** *Abies sibirica* Ledeb., годичный побег, длина и ширина хвои, метеорологические условия, Восточный и Западный Саян.

DOI: 10.15372/SJFS20240206

### ВВЕДЕНИЕ

В современном мире огромное внимание уделяется исследованию реакции наземных экосистем на изменяющиеся климатические условия как на глобальном, так и на региональном уровнях.

Растительность горных районов, формировавшаяся в течение многих лет в экстремальных условиях, может быть важным показателем кли-

матических изменений. Ее особая уникальность как объекта исследований обусловлена высокой чувствительностью к климатическим изменениям (Шиятов и др., 2005; Shiyatov et al., 2005).

Во многих областях наблюдаются смещение верхней границы распространения древесной растительности, изменение структуры и состава древостоев вследствие потепления климата. Особый интерес представляют регионы, где растительность не подвергалась значительному

антропогенному воздействию, поскольку это позволяет более точно оценить естественную динамику древостоев (Дэви и др., 2018).

Около 28,5 % покрытой лесом площади во влажных районах Алтае-Саянской лесорастительной области занимают пихтовые леса. В эту зону входят черневые пихтово-осиновые леса и черневая тайга низко- и среднегорья Восточного Саяна (200–800 м н. у. м.) (Поликапов и др., 1986).

Известно, что хвойные растения – одни из наиболее чувствительных к изменениям экологических условий. В неблагоприятных условиях у них меняются архитектура кроны и характер ветвления, уменьшаются размеры некоторых органов (хвои, побегов, шишек), снижаются охвоенность побегов, продолжительность жизни хвои, появляются разного рода хлорозы и некрозы и т. д. В числе первых на изменение экологических условий реагируют морфометрические признаки побега (Кокорин, 2003; Кокорин, Милютин, 2003; Бажина, 2007).

Пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) – один из самых распространенных видов хвойных в лесных экосистемах гор Южной Сибири. Ареал ее распространения охватывает территорию от бассейна Северной Двины на западе до верховий Алдана на востоке. Северная граница распространения этого вида достигает полярного круга, а южная проходит по хр. Хэнтей. Большая часть популяции пихты сибирской произрастает на равнинных участках (южнее распространения многолетней мерзлоты), однако она также встречается в горных районах, простираясь там до верхней границы леса (Маценко, 1964; Бобров, 1978). Обширный ареал и разнообразие экологических условий местообитания пихты сибирской может обуславливать высокий уровень изменчивости морфометрических признаков побега, однако имеющиеся в научной литературе сведения крайне фрагментарны.

На территории национального парка «Красноярские Столбы» пихта сибирская встречается на разных высотах, однако ранее не проводились исследования, касающиеся изменчивости морфометрических характеристик побега пихты сибирской в зависимости от градиента высоты. Это обстоятельство является ключевым фактором, определяющим значимость данного исследования.

Целью работы было изучение изменчивости морфометрических признаков побега пихты сибирской, произрастающей на разной высоте на северном макросклоне Восточного Саяна в национальном парке «Красноярские Столбы».

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами для выявления морфологической изменчивости побега пихты сибирской послужили образцы, отобранные на различной высоте на северном макросклоне Восточного Саяна на территории национального парка «Красноярские Столбы» в июле 2020 г. после окончания роста побегов. Работа проводилась в Столбинском и Базайском участковых лесничествах. На территории Столбинского лесничества вдоль Лалетинской дороги было заложено четыре точки для отбора побегов, на высотах 288, 400, 517 и 602 м н. у. м. В Базайском лесничестве точка для отбора побегов находилась рядом с г. Абатас по пути постоянного учетного маршрута, на высоте 730 м н. у. м. Названия точек отбора образцов для удобства включают значения абсолютной высоты. Точки Т 288 и Т 400 находятся в низкогорном поясе, остальные – в среднегорном (табл. 1).

Для оценки изменчивости признаков побега было отобрано по одному побегу у 75 деревьев пихты сибирской II и III классов возраста (15 деревьев в каждой точке). При отборе побегов учитывались освещенность, экспозиция в кроне, высота расположения. Все отобранные побеги пихты располагались преимущественно на высоте груди в южной или юго-восточной части кроны в условиях хорошего освещения.

В каждой точке отбора образцов проводилось полное геоботаническое описание растительности по традиционным методикам (Андреева и др., 2002).

В камеральных условиях измеряли длину годового прироста лидирующего побега за последние 3 года (приросты 2018, 2019 и 2020 гг.), длину и ширину хвои, рассчитывали охвоенность побега (число хвоинок на 1 см побега).

Длина годового прироста и хвои измерялась с помощью миллиметровой линейки, ширина хвои – с помощью окуляр-линейки под бинокулярным микроскопом Микромед МС-2-ZOOM при увеличении  $\times 30$  на каждом годовом приросте в 10-кратной повторности. Всего проанализировано 2250 хвоинок.

Статистическая обработка результатов исследования проведена с помощью функций пакета анализа Microsoft Office Excel.

При анализе материала использовались статистические методы, включая вычисление среднего арифметического ( $X_{cp}$ ) и ошибки среднего ( $m_x$ ) для каждого из признаков. Для оценки сте-

**Таблица 1.** Характеристика точек отбора образцов

Показатель	Т 288	Т 400	Т 517	Т 602	Т 730
Тип леса	Березняк с сосной осочково-крупнотравно-злаковый	Сосново-мелколиственный осочково-разнотравно-злаковый лес	Осинник крупнотравно-папоротниковый	Сосняк осочково-разнотравный	Осинник с лиственницей разнотравно-осочково-злаковый
Экспозиция склона, крутизна	Восточная, 5°	Восточная, 15–20°	Северо-восточная, 10°	Северо-западная, 30°	Плато
Формула древостоя	1-й ярус: 6БЗС1Ос + П 2-й ярус: 5П5Ос	4БЗОс3С + П	8Ос2Б + П	7С3Л + П, Б	1-й ярус: 5Ос3Л1С1Б 2-й ярус: 8П2Б
Сомкнутость крон	0.5	0.6	0.8	0.7	0.5
Подлесок: проективное покрытие, состав доминантов	20 %, спирея дубравколистная ( <i>Spiraea chamaedryfolia</i> L.)	10 %, спирея дубравколистная	15 %, черемуха обыкновенная ( <i>Prunus padus</i> L. syn. <i>Padus avium</i> ), спирея дубравколистная	40 %, спирея дубравколистная, рябина сибирская ( <i>Sorbus sibirica</i> Hedl.)	5–10 %, рябина сибирская, черемуха обыкновенная
Живой напочвенный покров: общее проективное покрытие, состав доминантов	100 %, бор развесистый ( <i>Milium effusum</i> L.), осока большехвостая ( <i>Carex macroura</i> Meinsh.), борец северный ( <i>Aconitum septentrionale</i> Koelle)	85 %, коротконожка перистая ( <i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) Beauv.), вейник тупочешуйный ( <i>Calamagrostis obtusata</i> Trin.), осока большехвостая, ясколка малоцветковая ( <i>Cerastium pauciflorum</i> Steven ex Ser.)	90 %, страусник обыкновенный ( <i>Matteuccia struthiopteris</i> , (L.) Tod.), борщевик рассеченный ( <i>Heracleum dissectum</i> , Ledeb.), борец северный	90 %, осока большехвостая, вейник тупочешуйный	90–95 %, коротконожка перистая, осока большехвостая

Примечание. Б – береза (*Betula* L.), С – сосна (*Pinus* L.), Ос – осина (*Populus tremula* L.), П – пихта сибирская, Л – лиственница (*Larix* Mill.).

пени варьирования количественных признаков рассчитывался коэффициент вариации ( $C_v$ , %), предоставляющий объективную информацию о разбросе значений признаков и позволяющий сравнивать их независимо от различий в размерности. Степень изменчивости, определяемая на его основе, классифицировалась согласно шкале, разработанной С. А. Мамаевым (1972) применительно к древесным растениям: очень низкая – менее 7, низкая – 8–12, средняя – 13–20, повышенная – 21–30, высокая – 31–40, очень высокая – более 40. Для оценки среднего уровня корреляционных связей использовали коэффициент детерминации (квадрат коэффициента корреляции), усредненный по соответствующим признакам (Ростова, 1999).

Для оценки статистической достоверности различий средних значений использовали однофакторный дисперсионный анализ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ табл. 1 показывает, что пихта сибирская на территории национального парка «Красноярские Столбы» по всему градиенту абсолютной высоты встречается на склонах разных экспозиций и в сообществах разных типов леса. Ее участие в древостое, как правило, незначительно, за исключением точки Т 730, где она доминирует в составе второго яруса древостоя. Изученные фитоценозы с участием пихты характеризуются различной долей мелколиственных и светлохвойных пород в составе древостоя, различаются по ярусности, имеют различную сомкнутость крон и разный видовой состав подлеска и живого напочвенного покрова. Таким образом, пихта сибирская на северном макросклоне Восточного Саяна на территории

**Таблица 2.** Морфометрические параметры побега пихты сибирской на различной высоте северного макросклона Восточного Саяна на территории национального парка «Красноярские Столбы» (средние показатели за 2018–2020 гг.)

Точка, абсолютная высота, м	Годичный прирост, см		Охвоенность, шт./см		Длина хвои, см		Ширина хвои, мм	
	$X_{cp} \pm m_x$	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m_x$	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m_x$	$C_v, \%$	$X_{cp} \pm m_x$	$C_v, \%$
T 288	$11.32 \pm 0.24^a$	14.5	$17.51 \pm 0.40^a$	15.6	$3.17 \pm 0.05^a$	12.1	$1.11 \pm 0.007^a$	4.3
T 400	$9.96 \pm 0.24^b$	16.7	$18.60 \pm 0.38^{ab}$	13.9	$2.76 \pm 0.03^b$	9.0	$1.07 \pm 0.006^b$	4.3
T 517	$9.94 \pm 0.24^b$	16.6	$18.71 \pm 0.47^{abc}$	16.9	$2.54 \pm 0.03^c$	9.0	$1.01 \pm 0.003^c$	2.2
T 602	$6.38 \pm 0.15^c$	16.4	$19.88 \pm 0.38^c$	12.9	$2.17 \pm 0.03^d$	9.6	$0.95 \pm 0.003^d$	2.8
T 730	$5.33 \pm 0.15^d$	19.6	$22.44 \pm 0.49^d$	14.7	$1.96 \pm 0.02^e$	7.9	$0.90 \pm 0.005^e$	4.0

*Примечание.* Латинские буквы обозначают статистическую достоверность различий между средними значениями признака: совпадение букв – отсутствие статистической достоверности различий у соответствующей пары значений признака.

национального парка встречается в различных экологических условиях и демонстрирует отсутствие строгой фитоценотической приуроченности. Это свидетельствует о том, что здесь она находится в условиях своего эколого-фитоценотического оптимума.

Изученные морфометрические признаки побега пихты сибирской существенно отличаются по уровню индивидуальной изменчивости (табл. 2).

Годичный прирост и охвоенность побега варьируют на среднем уровне, длина хвои – преимущественно на низком, ширина – на очень низком. Соответственно последние два признака обладают высокой диагностической ценностью.

При этом сравнение средних показателей демонстрирует явные тенденции изменения морфометрических параметров побега с увеличением абсолютной высоты – происходит статистически достоверное уменьшение годичного прироста, длины и ширины хвои пихты сибирской, а также увеличение охвоенности побега (табл. 2).

Для оценки влияния экологических условий на морфометрические признаки побегов пихты сибирской проведен сравнительный анализ полученных результатов с данными Е. В. Бажиной (2016), согласно которым на северном макросклоне Западного Саяна наблюдается максимальный прирост побегов деревьев, произрастающих в низкогорных районах. Это, вероятно, связано с более продолжительным вегетационным периодом, который на 1–2 нед длиннее, чем у растений в высокогорье. С увеличением абсолютной высоты местности наблюдается уменьшение годичного прироста побегов, однако охвоенность побегов увеличивается. Этот же тренд замечен в нашем исследовании на северном макросклоне Восточного Саяна в на-

циональном парке «Красноярские Столбы». По морфометрическим характеристикам хвои деревьев Е. В. Бажиной (2016) также были замечены систематические изменения в зависимости от высотного пояса, однако эти различия оказались менее выраженными, чем по показателям побегов.

В сравнении с морфометрическими показателями побегов пихты с Красноярских Столбов, побеги с Западного Саяна имеют значения годичного прироста практически в 2 раза меньше. Так, в низкогорном поясе годичный прирост составляет  $4.7 \pm 0.20$  см, что на 47 % ниже, чем на Красноярских Столбах на высоте 400 м н. у. м., где прирост достигает  $9.96 \pm 0.24$  см. Степень варьирования признака на этой высоте имеет средний уровень. В условиях среднегорья приросты побегов пихты сибирской изменяются похожим образом. На высоте около 700–800 м н. у. м. прирост побега на северном макросклоне Западного Саяна составил  $4.2 \pm 0.10$  см, что на 20 % ниже, чем на аналогичной высоте на территории национального парка «Красноярские Столбы». Столь значительная разница в приросте побегов может быть обусловлена рядом причин, одна из которых – флуктуации погодных условий по годам. Другая возможная причина связана с фитоценотической приуроченностью ценопопуляций пихты. Пробные площади в национальном парке «Красноярские Столбы» располагались преимущественно в светлохвойных древостоях, тогда как в Западном Саяне побеги были отобраны в темнохвойных биоценозах. Под пологом материнского древостоя прирост побегов происходит менее интенсивно.

Средние значения охвоенности побега в низкогорье Западного Саяна на 20 % ниже, а в среднегорье – на 9 % выше, чем на соответствующих высотах на Красноярских Столбах. Уровень из-

менчивости признака в низкогорном поясе Западного Саяна – очень высокий ( $C_v = 42\%$ ), а в среднегорном, напротив, очень низкий, в то время как в Восточном Саяне он стабильно держится на среднем уровне. Морфометрические признаки хвои пихты сибирской на Западном Саяне также меняются с высотой – при ее увеличении происходит уменьшение длины хвои. На высоте 450 м н. у. м длина хвои составляет  $2.33 \pm 0.41$  см, что на 16 % ниже, чем на территории национального парка (табл. 2). Уровень изменчивости признака на Западном Саяне существенно варьирует, тогда как на территории парка он низкий независимо от высоты.

Ширина хвои на северном макросклоне Западного Саяна на всех высотах имеет одинаковое значение. Так на высоте 450 м н. у. м. она составляет  $1.5 \pm 0.08$  мм, что существенно выше, чем на территории Красноярских Столбов, где значение этого признака составило  $1.07 \pm 0.006$  мм. Следует отметить чрезвычайно большую разницу в уровнях изменчивости признака – на территории национального парка зафиксирован очень низкий уровень изменчивости, тогда как в Западном Саяне – от среднего до высокого.

В горах Южной Сибири в последние годы наблюдается усыхание темнохвойных лесов (Бажина, Третьякова, 2001), затрагивающая различные типы леса, однако практически во всех повреждаются деревья пихты сибирской преимущественно V класса возраста и старше. В связи с этим исследователями обсуждается ряд гипотез, которые могли бы объяснить причины усыхания пихтовых лесов в горных экосистемах (Oyun et al., 2011; Бажина и др., 2013; Харук и др., 2019; Kharuk et al., 2019). Рассматриваются как естественные факторы – вековые смены растительности, неблагоприятные почвенные

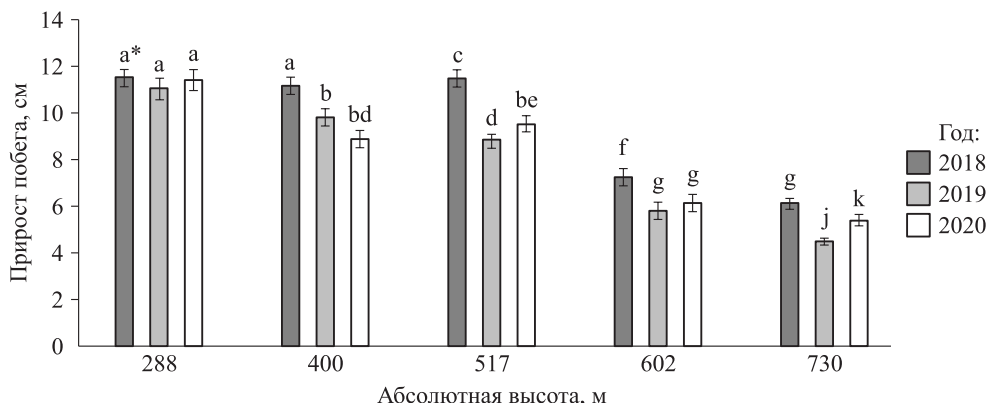
условия, повреждения энтомо вредителями и фитопатогенами, засухи, так и антропогенные. По данным В. И. Харука с соавт. (2019; Kharuk et al., 2019), на территории национального парка «Красноярские Столбы» усыхание пихты оказалось спровоцировано водным стрессом, обусловленным возрастанием температуры воздуха в совокупности с воздействием уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus* Blandford). Однако по результатам проведенных исследований, можно сказать, что пихта II–III классов возраста на обследованной территории национального парка чувствует себя достаточно хорошо и, вероятно, не испытывает существенного водного стресса.

Особенности развития хвойных растений во многом определяются состоянием среды. Изменения температуры и влажности воздуха, а также количества осадков могут заметно повлиять на процессы сезонного развития растения, что, в свою очередь, отразится на морфометрических показателях побега.

Проведенные исследования морфометрических признаков побега пихты за 3-летний период (2018, 2019 и 2020 гг.) показали, что по всему градиенту высоты (за исключением 288 м н. у. м.) максимальный годичный прирост побега наблюдался в 2018 г. (рис. 1).

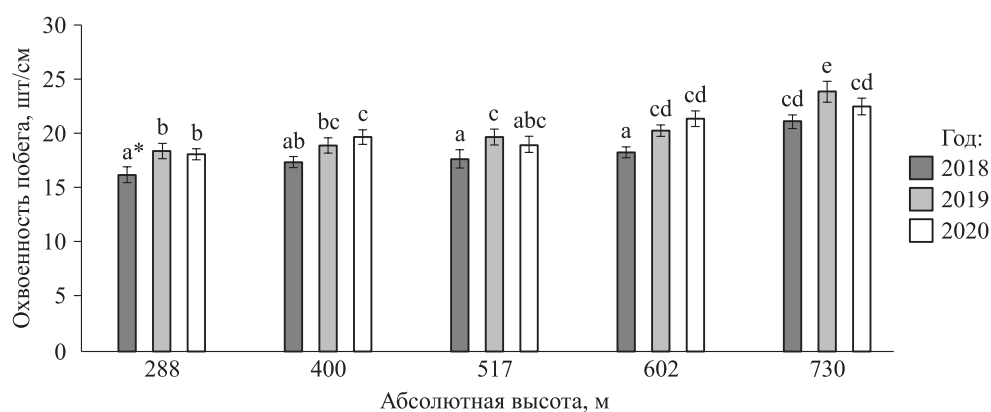
Охвоенность побега за 2018 г. по всему градиенту высоты, напротив, имеет самые минимальные значения (рис. 2).

Отмеченные закономерности разногодичной изменчивости морфометрических характеристик побега пихты в исследуемом районе можно связать с различием метеорологических условий, воздействующих на растения в период роста побега (для пихты сибирской это преимущественно май–июль).



**Рис. 1.** Прирост побега пихты сибирской на разной абсолютной высоте за 3-летний период в национальном парке «Красноярские Столбы».

\* См. примечание табл. 2.



**Рис. 2.** Охвоенность побега пихты сибирской на разной абсолютной высоте за 3-летний период в национальном парке «Красноярские Столбы».

\* См. примечание в табл. 2.

По данным метеостанции «Столбы» (Летопись..., 2018–2020), на территории национального парка в 2018 г. майские температуры воздуха были существенно ниже среднееголетних показателей (табл. 3).

Относительная влажность воздуха выше, а количество осадков ниже нормы. Лето в целом можно охарактеризовать как жаркое и засушливое. Весна 2019 г. выдалась очень сухой. Летом осадков также выпало гораздо ниже нормы, однако влажность воздуха в основном соответствовала среднееголетним значениям.

В 2020 г. весенние среднемесячные температуры были существенно выше среднееголетних показателей (табл. 3). Осадков выпало чуть больше нормы, влажность воздуха примерно соответствовала норме. В первые летние месяцы выпало рекордное количество осадков, температура воздуха – на уровне среднееголетней, однако июнь – более холодный. Относительная влажность в целом за лето и по месяцам также несколько выше средних значений. Таким образом, май 2018 г. отличался самой низкой среднемесячной температурой и повышенной влажностью воздуха. В. И. Харук с соавт. (2019; Kharuk et al., 2019) отмечают негативное воздействие повышенной температуры воздуха в мае на при-

рост пихты сибирской. Аномальное повышение температуры воздуха ранней весной активизирует фотосинтез и усиливает эвапотранспирацию, что происходит на фоне отсутствия подпитки влагой из почвы. Следовательно, более низкие значения прироста побегов пихты в 2019 и 2020 гг. могут быть связаны с более высокими температурами в мае.

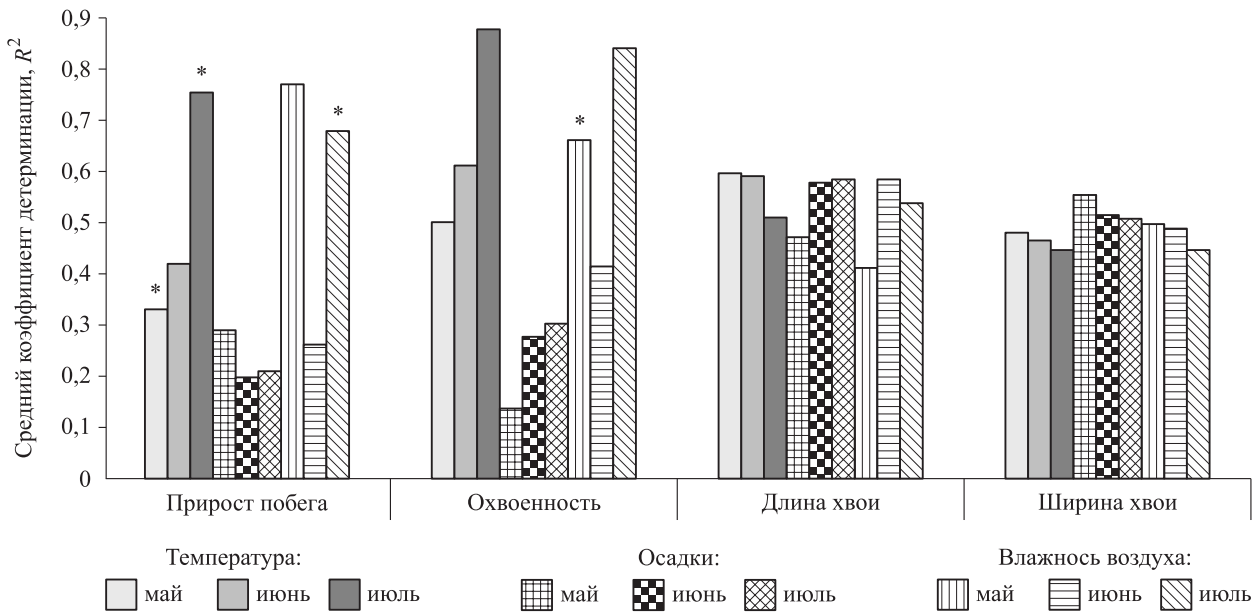
Проведенный корреляционный анализ показал, что годичный прирост побега на всем градиенте абсолютной высоты действительно отрицательно связан с температурой мая и июля, причем значимость июльской температуры существенно выше (средний коэффициент детерминации для июля 0.75, тогда как для мая – только 0.33) (рис. 3).

Большое влияние на данный признак оказывают также влажность воздуха мая и июля, что легко объяснимо, учитывая высокую требовательность пихты к этому экологическому фактору (Крылов и др., 1986). Однако следует отметить разнонаправленность влияния влажности воздуха на годичный прирост в разные месяцы: отмечена положительная корреляция для мая и отрицательная для июля, что объяснить сложно.

Необходимы наблюдения на более значительных промежутках времени. Кроме того, сле-

**Таблица 3.** Метеорологические характеристики 2018–2020 гг. (по данным метеостанции «Столбы»)

Год	Среднемесячная температура, °С			Осадки, мм			Влажность воздуха, %		
	Май	Июнь	Июль	Май	Июнь	Июль	Май	Июнь	Июль
2018	5.9	18.7	16.3	42.2	56.2	43	74	67	77
2019	8.0	16.3	17.2	22.8	57.4	49.8	59	71	82
2020	12.2	13.5	17.2	56.2	112	147	68	84	83
Средние многолетние	8.4	15.8	17.2	54.2	73.7	83.7	63	70	78



**Рис. 3.** Зависимость морфометрических признаков побега пихты сибирской в национальном парке «Красноярские Столбы» от метеорологических условий года (2018–2020 гг.).

\* Значения среднего коэффициента детерминации признаков, которые на всем градиенте высоты демонстрировали отрицательную корреляцию с соответствующим метеорологическим параметром.

довало бы учитывать разницу климатических условий на разной абсолютной высоте, но такие данные отсутствуют.

Охвоенность побега, тесно коррелирующая с его длиной (коэффициент корреляции варьирует на разной абсолютной высоте от  $-0.70$  до  $-0.99$ ), демонстрирует аналогичные закономерности (рис. 3). Значимость количества осадков для обоих признаков невелика.

Морфометрические характеристики хвои пихты сибирской подвержены влиянию всего комплекса метеорологических условий года и существенной разногодичной изменчивости не демонстрируют (рис. 3), что только подтверждает их диагностическую значимость.

Таким образом, метеорологические условия года могут оказывать существенное влияние на прирост побега и его охвоенность, однако делать уверенные заключения о конкретных значениях, учитывая небольшое время наблюдений – всего 3 года – безусловно, рано. Тем не менее в условиях все более явных проявлений глобальных изменений климата подобные исследования могут быть весьма актуальны с прогностической точки зрения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пихта сибирская на северном макросклоне Восточного Саяна на территории национального парка «Красноярские Столбы» встречает-

ся в составе разных типов леса, демонстрируя отсутствие строгой фитоценотической приуроченности. Это свидетельствует о том, что она находится в условиях своего эколого-фитоценологического оптимума.

Основные морфометрические признаки побега пихты сибирской в изученных ценопопуляциях на территории национального парка варьируют преимущественно на среднем и низком уровне. Низкий и очень низкий уровень изменчивости характерен для признаков хвои, что свидетельствует о их высокой диагностической ценности.

Установлено, что по мере увеличения абсолютной высоты происходит статистически достоверное уменьшение годичного прироста, длины и ширины хвои пихты сибирской, а также увеличение охвоенности побега.

В 2019 и 2020 гг. по сравнению с 2018 г. наблюдалось уменьшение годичного прироста побегов, что может быть связано с повышенной температурой и низкой влажностью воздуха в мае. Корреляционный анализ демонстрирует значимую связь между температурой июля и влажностью воздуха мая и июля, годичным приростом и охвоенностью побега. Однако недостаток климатических данных и короткий промежуток наблюдений не позволяют сделать уверенных выводов.

*Работа выполнена при поддержке проекта FSRZ-2023-0007.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреева Е. Н., Баккал И. Ю., Горшков В. В., Лянгузова И. В., Мазная Е. А., Нештаев В. Ю., Нештаева В. Ю., Ставрова Н. И., Ярмишко В. Т., Ярмишко М. А. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
- Бажина Е. В. Морфоструктура кроны деревьев пихты сибирской в лесных экосистемах гор Южной Сибири // Грант «Енисей-2007». 2007. № 7.
- Бажина Е. В. Жизненное состояние и элементный состав хвои пихты сибирской *Abies sibirica* Ledeb. в различных условиях произрастания в Западном Саяне // Сиб. лесн. журн. 2016. № 6. С. 103–112.
- Бажина Е. В., Сторожев В. П., Третьякова И. Н. Усыхание пихтово-кедровых лесов Кунецкого Алатау в условиях техногенного загрязнения // Лесоведение. 2013. № 2. С. 15–21.
- Бажина Е. В., Третьякова И. Н. К проблеме усыхания пихтовых лесов // Усп. совр. биол. 2001. Т. 121. № 6. С. 626–631.
- Бобров Е. Г. Лесообразующие хвойные СССР. М.: Наука, 1978. 187 с.
- Дэви Н. М., Кукарских В. В., Галимова А. А., Бубнов М. О., Зыков С. В. Современная динамика высокогорных лесов на Северном Урале: основные тенденции // Журн. Сиб. фед. ун-та. Биол. 2018. Т. 11. № 3. С. 249–259.
- Кокорин Д. В. Изменчивость морфологических признаков пихты сибирской в южных районах Средней Сибири: автореф. дис. ... канд с.-х. наук: 06.03.01. Красноярск: СибГТУ, 2003. 19 с.
- Кокорин Д. В., Милютин Л. И. Формовое разнообразие пихты сибирской в южных районах Средней Сибири // Лесоведение. 2003. № 4. С. 32–35.
- Крылов Г. В., Марадудин И. И., Михеев Н. И., Козакова Н. Ф. Пихта. М.: Агропромиздат, 1986. 239 с.
- Летопись природы государственного заповедника «Столбы». Красноярск, 2018–2020. Кн. 75–77.
- Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). М.: Наука, 1972. 284 с.
- Маценко А. Е. Пихты восточного полушария // Флора и систематика высших растений. М.: Наука, 1964. Сер. 1. Вып. 13. С. 3–103.
- Поликарпов Н. И., Чебакова Н. М., Назимова Д. И. Климат и горные леса Южной Сибири. М.: Наука, 1986. 226 с.
- Ростова Н. С. Изменчивость системы корреляций морфологических признаков. 1. Естественные популяции *Leucanthemum vulgare* (Asteraceae) // Бот. журн. 1999. № 11. С. 50–65.
- Харук В. И., Шушпанов А. С., Петров И. А., Демидко Д. А., Им С. Т., Кнорре А. А. Усыхание *Abies sibirica* Ledeb. в горных лесах Восточного Саяна // Сиб. экол. журн. 2019. Т. 26. № 4. С. 369–382.
- Шиятов С. Г., Терентьев М. М., Фомин В. В. Пространственно-временная динамика лесотундровых сообществ на Полярном Урале // Экология. 2005. № 2. С. 83–90.
- Kharuk V. I., Shushpanov A. S., Petrov I. A., Demidko D. A., Im S. T., Knorre A. A. Fir (*Abies sibirica* Ledeb.) mortality in mountain forests of the Eastern Sayan Ridge, Siberia // Contemp. Probl. Ecol. 2019. V. 12. N. 4. P. 299–309 (Original Rus. text © V. I. Kharuk, A. S. Shushpanov, I. A. Petrov, D. A. Demidko, S. T. Im, A. A. Knorre, 2019, publ. in Sib. ecol. zhurn. 2019. N. 4. P. 369–382).
- Oyun Ch. Climate change and forest ecosystems // Spec. Sci. Transact. Mongolia, 2011. P. 122–129.
- Shiyatov S. G., Terent'ev M. M., Fomin V. V. Spatiotemporal dynamics of forest-tundra communities in the polar Urals // Rus. J. Ecol. 2005. V. 36. N. 2. P. 69–75 (Original Rus. text © S. G. Shiyatov, M. M. Terent'ev, V. V. Fomin, 2005, publ. in Ekologiya. 2005. N. 2. P. 83–90).



## **VARIABILITY OF MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF SIBERIAN FIR SHOOT BY ABSOLUTE HEIGHT GRADIENT IN THE NATIONAL PARK «KRASNOYARSKIE STOLBY»**

**A. V. Gireva<sup>1</sup>, O. M. Shabalina<sup>2</sup>, D. Yu. Pavlova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *National Park «Krasnoyarskie Stolby»*

*Karyernaya str., 26a, Krasnoyarsk, 660006 Russian Federation*

<sup>2</sup> *Siberian Federal University*

*Prospekt Svobodny, 79, Krasnoyarsk, 660041 Russian Federation*

---

E-mail: [annamadworld@gmail.com](mailto:annamadworld@gmail.com), [shabalina11@bk.ru](mailto:shabalina11@bk.ru), [donation333@yandex.ru](mailto:donation333@yandex.ru)

The features of individual variability of morphometric characteristics of the shoot of Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.), growing at different altitudes on the northern macroslope of the Eastern Sayan in the territory of the Krasnoyarskie Stolby National Park, were studied. Siberian fir on the northern macroslope of the Eastern Sayan is found over the entire range of absolute heights – from low mountains to middle mountains. However, it was found as part of a tree stand in various forest types and does not demonstrate a strict phytocenotic association. Apparently, in this area, Siberian fir is in conditions of its ecological and phytocenotic optimum. The annual growth and leaf cover of the shoot varies at an average level, the length of the needles – mainly at a low level, the width of the needles – at a very low level. The length and width of needles, characterized by low variability, can be recommended for diagnostic purposes. A comparative analysis of the average values of the studied characteristics showed that as the absolute height increases, there is a statistically significant decrease in the annual growth, length and width of Siberian fir needles, as well as an increase in the shoot cover. Fir shoots from the Krasnoyarskie Stolby National Park (Eastern Sayan) are distinguished by higher values of annual growth, shoot cover and needle length, while the width of the needles is greater in fir from the Western Sayan. The observed differences may be associated not only with climatic differences in the regions, but also with different phytocenotic confinement of the studied cenopopulations. The annual growth of shoots and their cover significantly depend on the meteorological conditions of the year. A close correlation of these characteristics with the July temperature and air humidity in May and July is shown. There was no significant influence of weather conditions of the year on the morphometric characteristics of fir needles.

**Keywords:** *Abies sibirica* Ledeb., annual growth, length and width of needles, meteorological conditions, Eastern and Western Sayan.

**How to cite:** *Gireva A. V., Shabalina O. M., Pavlova D. Yu.* Variability of morphometric characteristics of Siberian fir shoot by absolute height gradient in the national park «Krasnoyarskie Stolby» // *Sibirskij Lesnoj Zurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2024. N. 2. P. 50–58 (in Russian with English abstract and references).