

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛИНЕЙНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ БИОТОПОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Е.А. Позднякова<sup>1</sup>, Г.Л. Волкова<sup>2</sup>, А.Е. Кухта<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля», 107258, Москва, ул. Глебовская, д. 206

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

<sup>3</sup>ФГБУН «Институт географии РАН», 119017, Москва, Старомонетный переулок, д. 29

anna\_koukhata@mail.ru

Оценена изменчивость линейных приростов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в сухих, свежих и влажных биотопах в Кандалакшском государственном природном биосферном заповеднике, Государственном природном заповеднике «Кивач», Комплексном заказнике «Полярный круг», а также в Волжско-Камском государственном природном заповеднике. Показателем изменчивости являлись коэффициенты вариации рядов индексов прироста. При оценке использовались методы корреляционного и дисперсионного анализа, а также сравнение распределений по критериям Левена и Вальда-Вольфовица. Выявлена высокая степень изменчивости размеров междоузлий подроста сосны Волжско-Камского заповедника в сравнении с сосняками трех северных ООПТ. Для древостоев Татарстана обнаружены высокие показатели зависимостей параметров приростов от месячных сумм осадков. Сделан вывод о лимитирующей функции осадков для сосняков Волжско-Камского заповедника и значительной роли влагообеспеченности древостоев в формировании изменчивости показателей приростов.

**Ключевые слова:** прирост, изменчивость, древостои, сосна обыкновенная, биотопы

**Ссылка для цитирования:** Позднякова Е.А., Волкова Г.Л., Кухта А.Е. Изменчивость линейного прироста сосны обыкновенной в различных типах биотопов Европейской территории России // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2019. Т. 23. № 2. С. 61–69. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-2-61-69

Изучение внутривидовой изменчивости древесных пород является одной из актуальных тем экологии леса. Модификационная изменчивость проявляется при реакциях организма на разнообразие факторов среды (например, в несхожих биотопах) и имеет адаптивное значение [1–3]. В лесных экосистемах данный вид изменчивости складывается из откликов на сигналы регионального (климатического) и локального масштабов. Локальные факторы изменчивости подразделяются на биотические (ценотические), эдафические, микроклиматические и т. д. Их суммарное воздействие формирует биотопическую изменчивость.

### Цель работы

Целью данной работы является выявление биотопических аспектов изменчивости сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в сухих, свежих и влажных биотопах Европейской территории России, а также определение наиболее значимых для характера индивидуальной изменчивости факторов среды.

### Материалы и методы

Распространенной практикой является использование отклонений измеренных значений линейных годовых приростов от ожидаемых прогностических усредненных значений в качестве показателей, характеризующих степень

изменчивости выбранной для анализа породы [1, 4–6]. Зависимость параметров роста деревьев от биотопических факторов обуславливает внутривидовую дифференциацию и позволяет выделять экорегионы в пределах ареалов видов деревьев. Так, например, феногеографические обобщения лежат в основе региональных таблиц хода роста, отражающих динамику таксационных показателей древостоев в процессе их развития [7]. При этом амплитуда и направленность годовых отклонений от хода роста обуславливаются в значительной степени абиотическими факторами [8].

Сосна обыкновенная, являясь одной из основных лесообразующих пород территории России, представляет собой информативный объект для исследований откликов древостоев на флуктуации параметров среды обитания. Ареал ее на территории России практически совпадает с границами лесной зоны [9]. Этот эврибионтный вид занимает территории с различными условиями увлажнения, температурными режимами, почвенным покровом. Вследствие фенотипических, а иногда и некоторых генотипических различий для подвидов сосны обыкновенной выделяются ее климатипы и эдафотипы с характерными для них параметрами хода роста и его изменчивости [2].

Исследования проводились с 2002 по 2013 год на трех особо охраняемых природных территориях севера Европейской территории России — в Кандалакшском государственном природном

биосферном заповеднике (остров Великий, 66°34' N, 33°20' E), Государственном природном заповеднике «Кивач» (62°16' N, 33°58' E), Комплексном заказнике «Полярный круг» (мыс Киндо, 66°34' N, 33°08' E), а также в Волжско-Камском государственном природном заповеднике (55°18' 10" N, 49°17'10" E), расположенном в республике Татарстан.

Кандалакшский государственный природный биосферный заповедник (остров Великий) и Комплексный заказник «Полярный круг» (мыс Киндо) расположены на побережье Кандалакшского залива Белого моря. Эти ООПТ разделены проливом Великая Салма. В системе геоботанического районирования данные территории относятся к Кольско-Карельской подпровинции Североевропейской таежной провинции. Основная лесообразующая порода этого района — сосна, и сосняки занимают 80 % площади. На болотных торфяных грядах отмечены древостои сосны болотной, заболоченные плоские участки заняты сосняком багульниковым с напочвенным покровом из сфагновых мхов. На более дренированных, полого-наклонных местах располагаются сосняки черничные с зелеными мхами в нижнем ярусе. Верхние части склонов с каменистыми или песчаными почвами, ощущающими недостаток влаги, заняты сосняками брусничными. Вершины «китовых спин» обычно заняты разреженными лишайниковыми сосняками. Болота, занимающие значительную часть территории, занимают ложбины стока, приозерные понижения, плоские террасы и нижние части склонов гряд. Торфяные гряды покрыты сфагновыми мхами, а возвышенные места — растениями, свойственными верховым болотам [10, 11].

Флора Государственного природного заповедника «Кивач» имеет таежный облик с элементами бореального, гипоарктического, неморального и арктоальпийского флорогенетических комплексов. Наибольшие высоты (до 200 м) занимают урочища сельгового комплекса, для которого характерно преобладание сосны на выходах коренных пород. Вниз по склону, по мере увеличения мощности почвенного слоя сосняки лишайниковые сменяются зеленомошными брусничными, затем разнотравно-черничными зеленомошными, а у подножия склонов — сложными сосняками с развитым пологом ели, с кислицей, папоротниками, сибирскими и неморальными элементами. В лощинах, где осины, березы и ели проникают под полог сосны, формируются сложные сосняки. Болота занимают около 7 % заповедной территории, большинство из них — олиготрофные и эвтрофно-мезотрофные. На верховых болотах преобладают багульниковые и багульниково-касандровые сосняки с карликовой березой [12, 13].

В Волжско-Камском заповеднике сочетаются формации трех лесных зон Европейской части России — южной тайги, смешанных и широколиственных лесов. В лесах преобладает сосна (68 % лесной площади). На песчаных и супесчаных оподзоленных почвах растут сосняки лишайниковые, брусничные, черничные, кисличные, липовые, костянично-снытевые и пролесниковые. Наиболее возвышенная южная часть Раифского массива занята смешанными елово-широколиственными лесами на суглинках и супесях. Болота Раифского участка довольно разнообразны: от низинных с ассоциациями камышей и осок до сфагновых в понижениях микрорельефа, для которых характерны багульник болотный, вереск, подбел, клюква [14].

Для всех указанных территорий характерно наличие сухих, свежих и влажных биотопов, в которых произрастает сосна — объект измерения. При этом фитокомплексы первых трех ООПТ обладают очевидным сходством, что объясняется их географической близостью и сходством климатических условий — Кандалакшский заповедник, заказник «Полярный круг» и заповедник «Кивач» расположены в области атлантического и арктического влияния [15], характеризуемой избыточной влажностью и таежным характером растительности. В отличие от указанных выше ООПТ, Волжско-Камский заповедник находится в области атлантического и континентального влияния, для которой типична растительность от южнотаежной до лесостепной [15]. Здесь условия произрастания даже в типологически сходных с такими на севере биотопах отличаются в силу эдафических и климатических особенностей местности.

Географическая близость трех расположенных на севере ООПТ и отличие их месторасположения от местонахождения Волжско-Камского заповедника дает возможность оценить параметры изменчивости в разных биотопах в пределах одной географической и климатической (по Алисову [15]) зоны, а также в типологически сходных биотопах, расположенных в разных географических и климатических зонах. Таким образом, индивидуальная изменчивость сосны изучаемых экосистем рассматривается в ее биотопическом и климатическом аспектах.

## Методика исследования

Объектом измерений служил подрост сосны, изучалась годовая изменчивость индексированных рядов линейных приростов стволиков. Показателем изменчивости в данном исследовании являлись коэффициенты вариации рядов индексов прироста. Ряды индексов приростов были получены путем деления абсолютных значений

приростов каждого года на скользящее среднее по 5 годам. Полученные с помощью указанной процедуры значения осреднялись по пробным площадям.

Предметом измерений являлась сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L. Линейный прирост измерялся у подроста высотой не ниже 1 м и не выше 2,5 м [16, 17]. В рассматриваемых рядах удален возрастной тренд, исследовались только годовичные отклонения от хода роста.

Анализ зависимостей рядов индексов линейных и кольцевых приростов от многолетних рядов метеорологических аномалий проводился путем корреляционного анализа; изменчивость параметров приростов оценивалась путем вариационного анализа [18]. Массивы метеорологических данных (месячные суммы осадков вегетационных сезонов) были любезно предоставлены профессором Г.В. Груза, заведующим отделом мониторинга и вероятностного прогноза климата ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН». Для статистического анализа использовались пакеты Excel и SPSS.

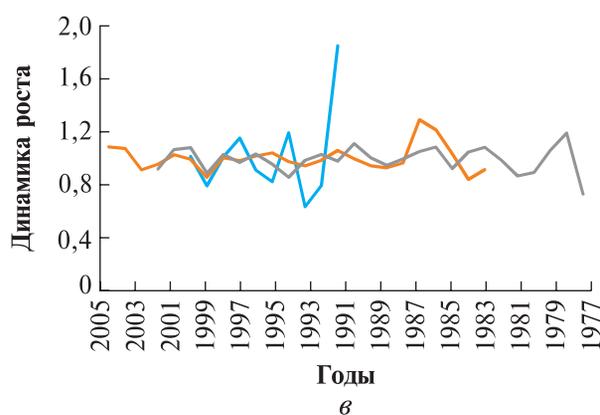
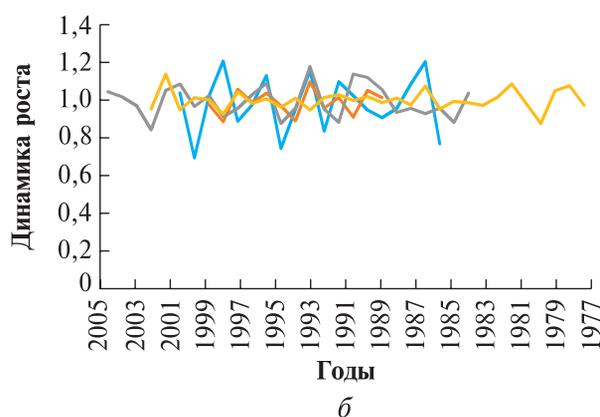
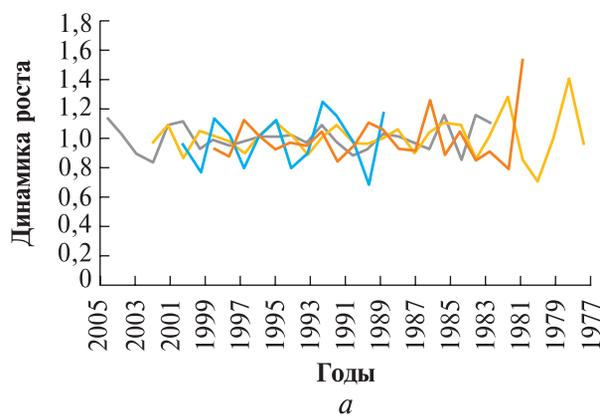
## Результаты и обсуждение

Предварительный анализ данных заключался в вычислении среднего значения и среднеквадратического отклонения рядов коэффициентов вариации для каждой ООПТ. В табл. 1 представлены результаты вычисления этих величин для массивов данных по всем ООПТ за все годы измерений.

Графически динамика изменчивости приростов для рассматриваемых ООПТ за период измерений с 1977 по 2005 год представлена на рисунке.

Из табл. 1 и рисунка видно, что средние значения годового прироста практически одинаковы для всех ООПТ, а данные, представленные графически, колеблются около одних и тех же значений. Однако размах вариации данных различается, что подтверждается значимой разницей среднеквадратических отклонений между отдельными заповедниками. При этом больший разброс показателей характерен для Волжско-Камского заповедника, в то время как по северным заповедникам среднеквадратические отклонения годового прироста сходны.

Для более глубокого анализа данных использовались статистические критерии. Так как разница между параметрами изменчивости древостоев сосны разных ООПТ предположительно может быть заключена не в средних значениях, а в вариации показателей, в дальнейшем будем использовать тест Левена на равенство дисперсий и непараметрический критерий серий Вальда-Вольфовица. Тест Левена проверяет гипотезу о равенстве дисперсий в двух независимых выборках. Непараметрический критерий серий



- Волжско-Камский заповедник
- Кандалакшский заповедник
- Заказник «Полярный круг»
- Заповедник «Кивач»

Динамика коэффициентов вариации линейного прироста сосны в сухих (а), свежих (б) и влажных (в) биотопах исследуемых ООПТ  
Variation dynamics coefficients of linear growth of pine in dry (a), fresh (b) and wet (v) biotopes in the protected areas

Вальда–Вольфовица проверяет гипотезу о том, что две независимые выборки извлечены из двух генеральных совокупностей, которые существенно различаются между собой, иными словами, различаются не только средними значениями, но также формой распределения [18].

Т а б л и ц а 1

**Средние значения и среднеквадратические отклонения рядов коэффициентов вариации для древостоев изучаемых ООПТ за весь период измерений**  
**Average values and mean-square deviations of variation coefficients of forest stands instudied protected areas for the entire measurement period**

ООПТ	Сухие биотопы		Свежие биотопы		Влажные биотопы	
	Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение	Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение	Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение
Волжско-Камский заповедник	0,978	0,174	0,979	0,151	1,014	0,341
Кандалакшский заповедник	0,992	0,163	0,986	0,066	X	X
Заказник «Полярный круг»	0,999	0,090	0,992	0,087	0,999	0,100
Заповедник «Кивач»	1,004	0,132	0,999	0,052	0,988	0,096

*Примечание.* X означает, что в Кандалакшском заповеднике не были обследованы влажные биотопы, так как местность в данном районе гористая, с преобладанием сухих и свежих местообитаний.

Результаты попарных сравнений древостоев сосны разных ООПТ с помощью данных тестов представлены в табл. 2 и 3. Значение, меньшее 0,05, говорит о том, что нулевая гипотеза о равенстве дисперсий или об идентичности выборок отвергается на уровне значимости  $\alpha = 0,05$ , и, соответственно, различия между выборками статистически значимы. Подобные значения в таблицах выделены.

Как видно из табл. 2 и 3, наибольшее количество статистически значимых различий в дисперсиях и особенностях выборки было выявлено при сравнении древостоев сосны Волжско-Камского заповедника с аналогичными популяциями трех северных ООПТ. В то же время показатели изменчивости заповедника «Кивач», заказника «Полярный круг» и Кандалакшского заповедника по особенностям вариации данных практически не различаются. Исключение составляют древостои, произрастающие в свежих биотопах заказника «Полярный круг» и заповедника «Кивач».

В литературе неоднократно отмечалось, что изменчивость прироста растений содержит сильный климатический отклик, при этом ведущую роль в формировании древостоев целый ряд авторов отдавал количеству осадков [9, 19, 20]. Обнаружено, что лимитирующим фактором для прироста сосны может являться количество выпавших осадков за вегетационный период, а также за вегетационный период предыдущего года, что особенно характерно для болотных, переувлажненных фитоценозов [1, 20–22]. Например, для территорий от Полярного Урала до Чукотки до 30 % изменчивости хвойных пород объясняется воздействием осадков осенне-зимнего, зимне-весеннего и летнего периодов [23]. Данный вывод совпадает с результатами предыдущих исследований [16].

Значимое отличие характера изменчивости древостоев сосны Волжско-Камского заповедника от изменчивости аналогичных популяций трех северных ООПТ, по мнению авторов, во многом

объясняется различными климатическими условиями местообитаний. Если заповедник «Кивач», заказник «Полярный круг», Кандалакшский заповедник расположены в области атлантического и арктического влияния с избыточной влажностью и таежной растительностью, то Волжско-Камский заповедник относится к области атлантического и континентального влияния с растительностью от южнотаежной до лесостепной [15]. Очевидно, условия произрастания сосны в Татарстане отличаются от таких на севере Европейской территории РФ по степени увлажнения, которая зависит как от эдафических факторов, так и от количества осадков. Следовательно, вариабельность приростов сосны этих ООПТ обусловлена различием количества осадков.

Проверить данное утверждение можно, проведя корреляционный анализ рядов индексов приростов сосны четырех исследуемых ООПТ и рядов аномалий месячных сумм осадков текущего и предыдущего вегетационных сезонов. Вовлечение в анализ сумм осадков предшествующего года необходимо, поскольку для прироста текущего года важны размер и качество почки, заложенной в предыдущем году, а также количество хвои прошлых лет, осуществляющей донорские функции по отношению к рассматриваемому побегу [16, 24–26]. Результаты корреляционного анализа рядов индексов приростов сосны исследуемых территорий для уровня достоверности 90 % представлены в табл. 4.

Как следует из табл. 4, в отличие от северных популяций сосны древостои Татарстана во всех биотопах показывают значимые отклики на аномалии количества осадков практически на протяжении всего вегетационного периода как текущего, так и предыдущего годов. При этом значения коэффициентов корреляций в Волжско-Камском заповеднике выше, чем на северных ООПТ, достигая высокого для биологических объектов уровня 0,82.

Т а б л и ц а 2

**Сравнение показателей изменчивости древостоев  
исследуемых ООПТ по тесту Левена**

**Comparison of variability parameters for studied forest stands at protected areas by Levene test**

ООПТ	Прирост			
	Волжско-Камский заповедник	Кандалакшский заповедник	Заказник «Полярный круг»	Заповедник «Кивач»
<i>Сухие биотопы</i>				
Волжско-Камский заповедник	–	0,402	<b>0,002</b>	0,074
Кандалакшский заповедник	0,402	–	0,097	0,413
Заказник «Полярный круг»	<b>0,002</b>	0,097	–	0,394
Заповедник «Кивач»	0,074	0,413	0,394	–
<i>Свежие биотопы</i>				
Волжско-Камский заповедник	–	<b>0,013</b>	<b>0,021</b>	0,000
Кандалакшский заповедник	<b>0,013</b>	–	0,178	0,210
Заказник «Полярный круг»	<b>0,021</b>	0,178	–	<b>0,002</b>
Заповедник «Кивач»	0,000	0,210	<b>0,002</b>	–
<i>Влажные биотопы</i>				
Волжско-Камский заповедник	–	X	0,005	0,003
Кандалакшский заповедник	X	–	X	X
Заказник «Полярный круг»	<b>0,005</b>	X	–	0,829
Заповедник «Кивач»	<b>0,003</b>	X	0,829	–

Т а б л и ц а 3

**Сравнение показателей изменчивости древостоев исследуемых ООПТ  
по критерию Вальда–Вольфовица**

**Comparison of variability parameters for studied forest stands at protected areas by Wald-Wolfowitz criterion**

ООПТ	Прирост			
	Волжско-Камский заповедник	Кандалакшский заповедник	Заказник «Полярный круг»	Заповедник «Кивач»
<i>Сухие биотопы</i>				
Волжско-Камский заповедник	–	0,119	0,096	<b>0,002</b>
Кандалакшский заповедник	0,119	–	0,647	0,345
Заказник «Полярный круг»	0,096	0,647	–	0,760
Заповедник «Кивач»	<b>0,002</b>	0,345	0,760	–
<i>Свежие биотопы</i>				
Волжско-Камский заповедник	–	0,654	0,500	0,140
Кандалакшский заповедник	0,654	–	0,380	0,500
Заказник «Полярный круг»	0,500	0,380	–	0,269
Заповедник «Кивач»	0,140	0,500	0,269	–
<i>Влажные биотопы</i>				
Волжско-Камский заповедник	–	X	<b>0,009</b>	<b>0,041</b>
Кандалакшский заповедник	X	–	X	X
Заказник «Полярный круг»	<b>0,009</b>	X	–	0,997
Заповедник «Кивач»	<b>0,041</b>	X	0,997	–

Т а б л и ц а 4

**Значимые коэффициенты корреляции рядов индексов приростов и аномалий сумм осадков для текущего (Pt) и предыдущего (Ps) вегетационных сезонов**  
**Significant correlation coefficients for the series of growth indexes and precipitation anomalies for the present (Pt) and previous (Ps) growing seasons**

ООПТ	Сухие биотопы	Свежие биотопы	Влажные биотопы
Волжско-Камский заповедник	0,41 (май, Pt) 0,75 (июнь, Ps) 0,53 (сентябрь, Ps)	0,69 (май, Pt) – 0,34 (июль, Pt) – 0,36 (август, Pt) – 0,45 (май, Ps) 0,82 (июнь, Ps) 0,65 (сентябрь, Ps)	– 0,51 (июль, Pt) – 0,33 (май, Ps) 0,84 (июнь, Ps) 0,71 (сентябрь, Ps)
Кандалакшский заповедник	0,34 (май, Ps)	– 0,34 (июль, Ps)	–
Заказник «Полярный круг»	– 0,36 (июль, Ps)	– 0,37 (июнь, Pt) – 0,37 (июль, Pt)	– 0,44 (май, Ps) – 0,33 (июль, Ps)
Заповедник «Кивач»	0,31 (июль, Ps)	0,33 (июль, Ps)	– 0,47 (июль, Ps) – 0,53 (июль, Ps)

Сухие биотопы четырех ООПТ характеризуются положительными корреляциями рядов индексов приростов с аномалиями сумм осадков. Исключение составляют сосняки заказника «Полярный круг», что, по мнению авторов, объясняется вымыванием питательных веществ из почвенного субстрата поверхностным стоком по «китовым лбам» на стадии формирования почек возобновления. Очевидно, и на севере Европейской территории РФ, и в Татарстане растительность сухих биотопов испытывает недостаток влаги, восполняемый атмосферными осадками.

Для свежих биотопов характерно разнообразие откликов приростов на воздействие осадков, что объясняется, по мнению авторов, мозаичностью и пестротой этих местообитаний: в каких-то биотопах из-за локальных эдафических условий наблюдается водный стресс, в иных — дефицит воды. Обращает на себя внимание несходство реакции древостоев заповедника «Кивач» с такими двух других северных ООПТ. Вероятно, эдафические условия Кандалакшского заповедника и заказника «Полярный круг» характеризуются большим влагозапасом, доступным для сосняков. Данное предположение отчасти подтверждается результатами оценки вариабельности приростов, приведенной в табл. 2 и 3. Однако подтверждение этого довода требует дальнейших детальных исследований.

Влажные биотопы северных ООПТ характеризуются значимыми отрицательными зависимостями отклонений от тренда приростов и аномалий количества осадков. Очевидно, во всех этих переувлажненных местообитаниях осадки приводят к водному стрессу и снижению темпов роста междуузлий, а также ухудшению качества закладывающихся почек возобновления. Иная картина наблюдается в Волжско-Камском запо-

веднике, для которого получены значимые как отрицательные, так и положительные аналогичные зависимости. На юге своего ареала сосна даже в болотных биотопах испытывает дефицит влаги, что снижает качество формируемой в предыдущем сезоне почки возобновления и лимитирует рост междуузлий в текущем сезоне.

## Выводы

Проведенные исследования выявили высокую степень изменчивости размеров междуузлий стволиков подроста сосны Волжско-Камского заповедника в сравнении с сосняками Кандалакшского заповедника, заказника «Полярный круг» и заповедника «Кивач». Кроме того, для древостоев Татарстана обнаружены высокие показатели зависимостей параметров приростов от месячных сумм осадков практически для всех месяцев предыдущего и текущего вегетационных сезонов. В то же время на северных ООПТ подобных корреляций не зарегистрировано. Сосняки Волжско-Камского заповедника произрастают на южной границе ареала вида на песчаных почвах при недостатке влаги. Пессимальность условий среды для *Pinus sylvestris* L. подтверждается наблюдаемым здесь затрудненным возобновлением сосны и малым относительно других территорий количеством подроста. Лимитирующим фактором для сосняков Волжско-Камского заповедника являются осадки, в то время как условия местообитаний по этому признаку на севере Европейской территории РФ являются оптимальными.

*Работа выполнена в рамках темы ГЗ № 0148-2019-0009 «Изменения климата и их последствия для окружающей среды и жизнедеятельности населения на территории России»*

## Список литературы

- [1] Радиальный прирост сосны в сфагновых сосняках лесной зоны России и глобальные факторы среды / Н.В. Ловелиус, К.Н. Дьяконов, С.Б. Пальчиков, А.Ю. Ретеюм, Д.Е. Румянцев, В.А. Липаткин, А.В. Черраков // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana), 2013. № 4 (29). С. 251–259.
- [2] Митрякина А.М. Использование показателей климата и солнечной активности при проведении дендроклиматических исследований // Вестник ВГУ. Сер. География. Геоэкология, 2005. № 2. С. 13–19.
- [3] Романовский М.Г., Коровин В.В., Румянцев Д.Е. Формирование годичного кольца древесины и дыхание ствола у сосны и дуба // Вестник МГУЛ–Лесной вестник, 2009. № 1 (64). С. 34–39.
- [4] Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Ленинград: Наука, Ленинградское отделение, 1979. 232 с.
- [5] Румянцев Д.Е. Дендрохронологические экспертизы в лесном хозяйстве // Инноватика и экспертиза: научные труды, 2017. № 2 (20). С. 111–114.
- [6] Шигапова А.И., Шигапов З.Х. Генетическое разнообразие популяций сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. // Вестник Оренбургского государственного университета, 2009. № 6. С. 445–447.
- [7] Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г., Нильссон С., Булуй Ю.И. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород северной Евразии. Федеральное агентство лесного хозяйства Международный институт прикладного системного анализа (нормативно-справочные материалы). М.: [б. и.], 2008. 886 с.
- [8] Ваганов Е.А., Шашкин А.В. Рост и структура годичных колец хвойных. Новосибирск: Наука, 2000. 232 с.
- [9] Рысин Л.П., Савельева Л.И. Сосновые леса России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 289 с.
- [10] Беломорская биологическая станция им. Н.А. Перцова. БС МГУ, 2000–2013. Загл. с экрана. URL: <http://wsbs-msu.ru> (дата обращения 02.08.2017).
- [11] ООПТ России. Загл. с экрана. URL: <http://oopt.info/index.php?oopt=574> (дата обращения 29.09.2017).
- [12] Государственный заповедник Кивач, 2012. Загл. с экрана. URL: <http://www.zapktivach.ru> (дата обращения 18.11.2017).
- [13] Особо охраняемые территории Российской Федерации. Минприроды Российской Федерации, 2011. Загл. с экрана. URL: <http://astrakhan.zapoved.ru> (дата обращения 14.06.2017).
- [14] ООПТ России. Загл. с экрана. URL: <http://oopt.info/index.php?oopt=773> (дата обращения 26.10.2017).
- [15] Алисов Б.П. Климат СССР. М.: МГУ, 1956. 128 с.
- [16] Kukhta A.E., Pozdnyakova E.A., Volkov A.A. Effects of temperature and precipitation on the annual height increment of Scots pine on the Kandalaksha gulf coast // *Mezhdunarodnyi naučno-issledovatel'skij žurnal*, 2013, no. 11 (18), part 1, pp. 52–57.
- [17] Кухта А.Е. Линейный прирост деревьев как индикатор состояния среды // Сибирский экологический журнал, 2003. № 6. С. 767–771.
- [18] Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1983. 415 с.
- [19] Новикова Т.Н., Милютин Л.И. Анализ устойчивости и роста сибирских и дальневосточных климатипов сосны в географических культурах в Красноярском крае (Южная лесостепь) // Вестник КрасГАУ, 2010. № 11. С. 100–104.
- [20] Хромов С.П., Мамонтова С.П. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 569 с.
- [21] Гиляров М.С. Биологический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1986. 893 с.
- [22] Новикова Т.Н. Линейный прирост и дифференциация сибирских климатипов сосны в географических культурах в Западном Забайкалье // Хвойные бореальные зоны, 2010. Т. 27. № 1–2. С. 143–146.
- [23] Галдина Т.Е., Романова М.М., Ситников К.С. Географические культуры — инструмент сохранения биоразнообразия сосны обыкновенной в условиях центральной лесостепи // Лесотехнический журнал, 2012. № 1. С. 85–95.
- [24] Цельникер Ю.Л., Малкина И.С., Завельская Н.А. Географические аспекты фотосинтеза у лесных деревьев России // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, 2002. Т. 18. С. 81–109.
- [25] Gavrikov V.L., Karlin I.V. A dynamic model of tree terminal growth // *Can. J. For. res.*, 1993, v. 23, pp. 326–329.
- [26] Kozłowski T.T., Pallardy S.G. Growth Control in Woody Plants. New York, San Francisco: Academic Press, 1997, 644 p.

## Сведения об авторах

**Позднякова Екатерина Александровна** — заведующая отделом ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, [anna\\_koukhta@mail.ru](mailto:anna_koukhta@mail.ru)

**Волкова Галина Леонидовна** — стажер-исследователь, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», [anna\\_koukhta@mail.ru](mailto:anna_koukhta@mail.ru)

**Кухта Анна Евгеньевна** — и.о. заведующей лабораторией ФГБУН «ИГ РАН», ведущий научный сотрудник ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН», [anna\\_koukhta@mail.ru](mailto:anna_koukhta@mail.ru)

Поступила в редакцию 20.12.2018

Принята к публикации 25.01.2019.

## VARIABILITY OF SCOTCH PINE LINEAR INCREMENT IN DIFFERENT TYPES OF BIOTOPES IN THE EUROPEAN PART OF RUSSIA

E.A. Pozdnyakova<sup>1</sup>, G.L. Volkova<sup>2</sup>, A.E. Koukhta<sup>3, 1</sup>

<sup>1</sup>Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, 20b, Glebovskaya st., Moscow, 107258, Russia

<sup>2</sup>National Research University Higher School of Economics, 20, Myasnitskaya st., Moscow, 101000, Russia

<sup>3</sup>Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, 29, Staromonetnyi pereulok, Moscow, 119017, Russia

anna\_koukhta@mail.ru

The variability of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) linear increment in dry, fresh and humid biotopes in Kandalaksha State nature biosphere reserve, in the State natural reserve «Kivach», in the «Polar Circle» natural area, and in the Volga-Kama state natural reserve was estimated. The variation coefficients of increment indices ranges were considered as variability descriptors. In estimating the methods of correlation and dispersion analysis as well as distribution comparison by means of Leven and Wald-Wolfowitz criteria were used. A high variability rate of undergrowth linear increment in the Volga-Kama state reserve in comparison with pine stands of the three Northern protected areas was identified. The descriptors of increment parameters dependence on monthly precipitation sums in Tatarstan exceeded this figure on other territories under investigation. A conclusion about the limiting function of precipitation for Volga-Kama reserve pine stands and about the moisture availability leading role in increment variability forming is made.

**Keywords:** increment, variability, forest stands, scots pine, biotopes

**Suggested citation:** Pozdnyakova E.A., Volkova G.L., Koukhta A.E. *Izmenchivost' lineynogo prirosta sosny obyknovennoy v razlichnykh tipakh biotopov evropeyskoy territorii Rossii* [Variability of scotch pine linear increment in different types of biotopes in the European part of Russia]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2019, vol. 23, no. 2, pp. 61–69. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-2-61-69

### References

- [1] Lovelius N.V., D'yakonov K.N., Pal'chikov S.B., Reteyum A.Yu., Rummyantsev D.E., Lipatkin V.A., Cherakshv A.V. *Radial'nyy prirost sosny v sfagnovykh sosnyakakh lesnoy zony Rossii i global'nye faktory sredi* [Radial growth of Scots pine in sphagnum pine forest zone of Russia and global environmental factors]. *Obschestvo. Sreda. Razvitiye (Terra Humana)*. [Society. Environment. Development [Terra Humana], 2013, no. 4 (29), pp. 251–259.
- [2] Mitryakina A.M. *Ispol'zovanie pokazateley klimata i solnechnoy aktivnosti pri provedenii dendroklimaticheskikh issledovaniy* [The use of indicators of climate and solar activity for conducting dendroclimatic studies]. *Vestnik VGU. Ser. Geografiya. Geoekologiya*, 2005, no. 2, pp. 13–19.
- [3] Romanovskiy M.G., Korovin V.V., Rummyantsev D.E. *Formirovaniye godichnogo kol'tsa drevesiny i dykhanie stvola u sosny i duba* [The formation of annual rings of wood and the breath of the trunk of pine and oak]. *Moscow state forest university bulletin—Lesnoy vestnik*, 2009, no. 1 (64), pp. 34–39.
- [4] Lovelius N.V. *Izmenchivost' prirosta derev'ev* [The variability of the tree growth]. Leningrad: Nauka, Leningradskoe otdeleniye, 1979, 232 p.
- [5] Rummyantsev D.E. *Dendrokronologicheskie ekspertizy v lesnom khozyaystve* [Dendrochronological expertise in forestry]. *Innovatika i ekspertiza: nauchnye trudy* [Innovation and Expertise: Scientific Works], 2017, no. 2 (20), pp. 111–114.
- [6] Shigapova A.I., Shigapov Z.Kh. *Geneticheskoe raznoobrazie populyatsiy sosny obyknovennoy Pinus sylvestris L.* [Genetic diversity of populations of Scots pine *Pinus sylvestris* L.]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2009, no. 6, pp. 445–447.
- [7] Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G., Nil'sson S., Buluy Yu.I. *Tablitsy i modeli khoda rosta i produktivnosti nasazhdeniy osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod severnoy Evrazii. Federal'noe agentstvo lesnogo khozyaystva Mezhdunarodnyy institut prikladnogo sistemnogo analiza (normativno-spravochnye materialy)* [Tables and models the progress of the growth and productivity of plantations main forest-forming species of Northern Eurasia. Federal forestry Agency international Institute for applied systems analysis (standard reference material)]. Moscow, 2008, 886 p.
- [8] Vaganov E.A., Shashkin A.V. *Rost i struktura godichnykh kolets khvoynykh* [Growth and structure of coniferous annual rings]. Novosibirsk: Nauka, 2000, 232 p.
- [9] Rysin L.P., Savel'eva L.I. *Sosnovye lesa Rossii* [Pine forests of Russia]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2008, 289 p.
- [10] *Belomorskaya biologicheskaya stantsiya im. N.A. Pertsova* [Nikolai Pertsov White Sea Biological Station], 2000–2013. Available at: <http://wsbs-msu.ru/> (accessed 02.08.2017).
- [11] OOPT Rossii [Russian EPAs]. Available at: <http://oopt.info/index.php?oopt=574> (accessed 29.09.2017).
- [12] *Gosudarstvennyy zapovednik Kivach* [State reserve Kivach], 2012. Available at: <http://www.zapkivach.ru/> (accessed 18.11.2017).
- [13] *Osobo okhranyaemye territorii Rossiyskoy Federatsii* [Especially protected areas of Russian Federation]. Minprirody Rossiyskoy Federatsii [The Ministry of Natural Resources of the Russian Federation], 2011. Available at: <http://astrakhan.zapoved.ru> (accessed 14.06.2017).
- [14] OOPT Rossii [Russian EPAs]. Available at: <http://oopt.info/index.php?oopt=773> (accessed 26.10.2017).
- [15] Alisov B.P. *Klimat SSSR* [The climate of the USSR]. Moscow: MGU, 1956, 128 p.
- [16] Koukhta A.E., Pozdnyakova E.A., Volkov A.A. Effects of temperature and precipitation on the annual height increment of Scots pine on the Kandalaksha gulf coast. *Mezhdunarodnyi naučno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2013, no. 11 (18), part 1, pp. 52–57.
- [17] Koukhta A.E. *Lineynyy prirost derev'ev kak indikator sostoyaniya sredi* [Linear growth of trees as an indicator of the state of the environment]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal*, 2003, no. 6, pp. 767–771.

- [18] Bol'shev L.N., Smirnov N.V. *Tablitsy matematicheskoy statistiki* [Tables of mathematical statistics]. Moscow: Nauka, 1983, 415 p.
- [19] Novikova T.N., Milyutin L.I. *Analiz ustoychivosti i rosta sibirskikh i dal'nevostochnykh klimatipov sosny v geograficheskikh kul'turakh v Krasnoyarskom krae (Yuzhnaya lesostep')* [The analysis of the stability and growth of the Siberian and far Eastern climatypes of pine in geographical cultures in Krasnoyarsk region (southern forest-steppe)]. *Vestnik KrasGAU*, 2010, no. 11, pp. 100–104.
- [20] Khromov S.P., Mamontova S.P. *Meteorologicheskii slovar'* [Meteorological dictionary]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974, 569 p.
- [21] Gilyarov M.S. *Biologicheskii entsiklopedicheskii slovar'* [Biological encyclopedic dictionary]. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya, 1986, 893 p.
- [22] Novikova T.N. *Lineynyy prirost i differentsiatsiya sibirskikh klimatipov sosny v geograficheskikh kul'turakh v Zapadnom Zabaykal'e* [Linear growth and differentiation of the Siberian climatypes of pine in geographical cultures in Western Transbaikalia]. *Khvoynye boreal'nye zony*, 2010, vol. 27, no. 1–2, pp. 143–146.
- [23] Galdina T.E., Romanova M.M., Sitnikov K.S. *Geograficheskie kul'tury — instrument sokhraneniya bioraznoobraziya sosny obyknovennoy v usloviyakh tsentral'noy lesostepi* [Geographic cultures as a tool of preserving the biodiversity of *Pinus sylvestris* in the Tsentral forest-steppe]. *Lesotekhnicheskii zhurnal*, 2012, no. 1, pp. 85–95.
- [24] Tsel'niker Yu.L., Malkina I.S., Zavel'skaya N.A. *Geograficheskie aspekty fotosinteza u lesnykh derev'ev Rossii* [Geographical aspects of photosynthesis of forest trees of Russia]. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem* [Problems of ecological monitoring and ecosystem modeling]. Gidrometeoizdat, 2002, v. 18, pp. 81–109.
- [25] Gavrikov V.L., Karlin I.V. A dynamic model of tree terminal growth. *Can. J. For. res.*, 1993, v. 23, pp. 326–329.
- [26] Kozlowski T.T., Pallardy S.G. *Growth Control in Woody Plants*. New York, San Francisco: Academic Press, 1997, 644 p.

## Authors' information

**Pozdnyakova Ekaterina Alexandrovna** — Head of Department, Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, [anna\\_koukhta@mail.ru](mailto:anna_koukhta@mail.ru)

**Volkova Galina Leonidovna** — Researcher-trainee, National Research University Higher School of Economics, [anna\\_koukhta@mail.ru](mailto:anna_koukhta@mail.ru)

**Koukhta Anna Eugen'evna** — Head of laboratory, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, [anna\\_koukhta@mail.ru](mailto:anna_koukhta@mail.ru)

Received 20.12.2018.

Accepted for publication 25.01.2019.