

## Динамика годичного радиального роста старовозрастных деревьев сосны обыкновенной на Кольском полуострове (пос. Умба)

© 2012. О. А. Гончарова<sup>1</sup>, н.с., к.б.н., А. В. Кузьмин<sup>2</sup>, д.б.н., зав. кафедрой,  
Е. Ю. Полоскова<sup>1</sup>, к.б.н., зам. директора,

<sup>1</sup> Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского научного центра РАН,

<sup>2</sup> Великолукская государственная сельскохозяйственная академия,  
e-mail: goncharovaoa@mail.ru, agro@mart.ru, poloskova\_eu@mail.ru

Исследовали долговременные и возрастные тренды в динамике годичного радиального прироста у деревьев *Pinus sylvestris* L., произрастающих в южном секторе Кольского полуострова. При анализе дендрохронологических рядов использовали метод экологической реконструкции ростового процесса для удаления возрастного тренда. Определены статистически достоверные долговременные и возрастные тенденции к снижению ширины годичного кольца и повышению устойчивости для обследованной группы растений.

We investigated the long-term and age trends in the dynamics of annual radial increment of *Pinus sylvestris* L., growing in the southern sector of the Kola Peninsula. In the analysis of dendrochronological series, the method of environmental reconstruction of the growth process for removing the age trend was used. Statistically significant long-term and age trends to reduce the width of annual rings and to increase stability for the studied group of plants were identified.

Ключевые слова: годичный радиальный прирост, сосна обыкновенная, долговременная динамика радиального роста, возрастная динамика радиального роста.

Keywords: annual radial growth, *Pinus sylvestris* L.  
long-term dynamics of annual radial growth, age dynamics of radial growth

Породная структура лесов России характеризуется преобладанием хвойных лесов, на долю которых приходится 70,2% лесопокрытой площади, из них 16% занимают сосняки [1]. Настоящее исследование проведено на Кольском полуострове, где лесные сообщества находятся на северном пределе распространения. Они являются наиболее северными в европейской части России. Лесные экосистемы Кольского полуострова находясь на северном пределе распространения, чувствительны к сложным природно-климатическим условиям, антропогенным воздействиям, и дополнительное воздействие биотических и абиотических стрессовых факторов может привести к их повреждению.

Радиальный прирост деревьев – комплексный показатель, позволяющий проследить изменение их состояния в течение всей жизни и учесть климатическую составляющую. При анализе динамики состояния лесных экосистем нельзя обойтись без достоверной оценки этого показателя. В силу высокой информативности дендрохронологических данных особую актуальность имеют исследования долговременной динамики годичного радиального прироста в условиях изменения климата. В настоящее время сотрудниками Полярно-альпийского ботанического сада-института наиболее изучен вопрос

о реакции годичного прироста древесных организмов на климатические факторы [2]. Однако сама по себе дендроклиматическая информация не позволяет выявлять изменения в структуре самих экосистем и популяций. Для выявления изменений в структуре лесных экосистем необходимо параллельно изучать динамику дендрохронологических рядов. Исаев А. С., Коровин Г. Н. [1] отмечают, что динамика возрастной структуры лесов России характеризуется постепенным снижением площадей и запасов насаждений старшей возрастной группы. Дендрохронологические исследования старовозрастных лесов на пределе распространения являются своевременными и актуальными.

Исследования проводились на территории Мурманской области (Кольский полуостров). Рассматриваемая лесная система находится в Терском районе на расстоянии, не превышающим 10 км от поселка Умба (66,42° с. ш.; 34,2° з. д.). Район является одним из самых чистых в отношении промышленного загрязнения. В пределах Терского берега сосредоточены местообитания многих редких видов растений и животных Мурманской области, видов Красных книг разного ранга, в том числе присутствуют виды, отмеченные в пределах области только здесь. Климат Терского района, так же как и всей Мурман-

ской области, относится к субарктическому, но заметно теплее и мягче, чем на этих же широтах в восточных регионах Евразии. Абсолютный минимум температуры в январе – феврале достигает  $-40^{\circ}\text{C}$ , а абсолютный максимум июля  $+32^{\circ}\text{C}$ . В сравнении с Баренцевоморским побережьем в этих местах лето теплее, а зима холоднее. За год выпадает в среднем около 500 мм осадков. Средняя годовая температура около  $0^{\circ}\text{C}$ , средняя годовая относительная влажность воздуха 80–85% [3].

Общая характеристика экспериментальной площади описывается следующими параметрами. Рельеф площади ровный. Тип леса: лишайниково-вороничный. Состав древостоя: 10С+ед.Б. Подрост: сосна немногочисленно. Травяно-кустарничковый ярус разрежен, преобладает вороника. Лишайниковый покров из *Cladina arbuscula*, *C. stellaris*, *Cetraria islandica*.

Всего обследовано 21 растение в возрасте от 305 до 417 лет. Средний возраст обследованных деревьев – 372 года. С каждого дерева были взяты образцы древесных кернов буравом Пресслера на высоте 1,3 м, сверление проводилось до сердцевины. Измерение кернов проводилось с использованием автоматизированной системы телеметрического анализа древесных кернов с точностью до 0,01 мм [4]. Полученные дендрохронологические ряды с целью поиска возможных ошибок были подвергнуты перекрестной датировке, что позволило определить пары колец, образовавшихся в один календарный год на разных деревьях, выявить выпавшие и ложные кольца.

Задача настоящей работы – проанализировать особенности долговременной динамики радиального прироста сосны обыкновенной на Кольском полуострове на основе объективных количественных показателей. В качестве оценочных критериев использовали среднюю ширину годичного кольца, коэффициент чувствительности по Шиятову С. Г. [5], индекс стресса по Арефьеву С. П. [6].

Коэффициент чувствительности используется для характеристики годичных колебаний прироста [5]. Полученные нами дендрохронологические ряды обладают невысоким коэффициентом чувствительности (менее 0,2), поэтому дополнительно определяли индекс стресса по Арефьеву С. П. [6]. Биологический смысл данного показателя – реакция на действие депрессирующего фактора, проявляющаяся в резком уменьшении или увеличении прироста. Индекс стресса, соответствующий устойчивому состоянию дерева, близок к нулю по модулю, возрастающая при неустойчивом состоянии. Временной

ряд индексов стресса является относительно однородным. В используемом показателе уже заложена норма (нулевое значение, соответствующее наибольшей устойчивости). Повышенный уровень индекса стресса наблюдается в пессимальных условиях.

В основу анализа положены данные о годичной динамике ширины годичного радиального прироста (ГРП) сосны обыкновенной. При анализе тенденций радиального роста во времени (долговременных тенденций) применялись методы регрессионного анализа [7]. Под трендом понимали некое устойчивое, систематическое изменение в течение длительного периода [8].

Поскольку при оценке индекса стресса учитывается отклонение от нулевого значения, то в работе использовали не вычисленные величины показателя, а значения по модулю. Отрицательные / положительные величины индекса стресса характеризуют этапы снижения / увеличения ширины годичного радиального прироста, что также является важным при анализе динамики радиального роста.

При анализе данных о годичном радиальном приросте встаёт проблема удаления возрастного тренда. Для решения данного вопроса использовали метод экологической реконструкции ростового процесса по Алексею А. С. [9]. Метод заключается в группировании данных о ГРП, образовавшихся на разных деревьях по возрастным группам с учётом календарного года их отложения. В этом случае возможно сравнение радиального прироста, образовавшегося на деревьях одного возраста, но в разные календарные годы. Это даёт возможность удалить из анализа влияние на динамику ГРП такого важного фактора, как возраст. В результате выявленный тренд обусловлен совокупностью факторов внешней среды. Указанный метод использовали при исследовании долговременной динамики радиального роста. Динамику изменений ширины ГРП у выделенных возрастных групп анализировали по 10-летним интервалам: с 1571-го по 1990 г.

Данные о ГРП, образовавшихся в разные календарные годы у обследованных деревьев, группировались и анализировались по возрастным группам: 0–20, ...401–420 лет, всего выделена 21 возрастная группа. Распределение ГРП по возрастным группам следующее: от 0–20 лет до 281–300 лет – по 420 слоев, 301–320 лет – 391, 321–340 лет – 374, 341–360 лет – 339, 361–380 лет – 260, 381–400 лет – 130, 401–420 лет – 18. Всего проанализировано 7812 годичных колец.

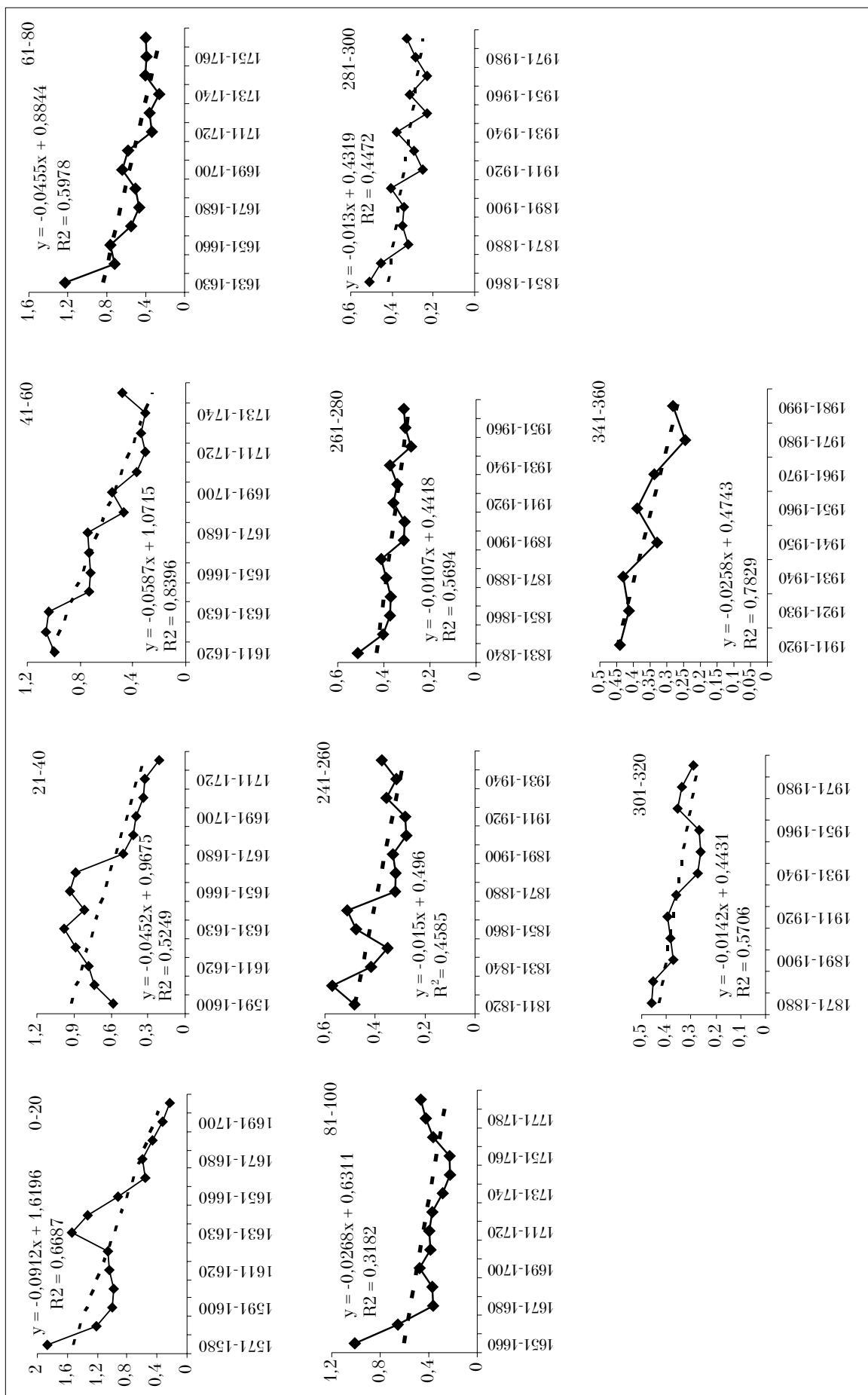


Рис. 1. Долговременные тренды динамики среднего годовичного радиального прироста в различных возрастных группах. По оси ОУ – средний радиальный прирост, мм; по оси ОХ – десятилетия

Результаты анализа динамики ширины ГРП по 10-летним интервалам времени для 21 возрастной группы (рис. 1) показали следующее. Средняя величина ГРП по 10-летним интервалам уменьшилась у младших и наиболее старших возрастных групп с возрастом 0–20, 21–40, 41–60, 61–80, 81–100, 241–260, 261–280, 281–300, 301–320, 341–360 лет. В этих случаях вычисленный отрицательный линейный тренд является достоверным, т. е. коэффициент детерминации выше табличного [7]. В других возрастных группах вычисленный линейный тренд является также отрицательным, но недостоверным.

Анализ динамики индекса стресса показал отсутствие достоверных линейных трендов в динамике указанной статистической характеристики во всех возрастных группах.

Таким образом, в южном секторе Кольского полуострова имеет место статистически достоверная долговременная тенденция к сокращению величины ширины годичного кольца сосны обыкновенной в младших и наиболее старших возрастных группах. Вероятно, это связано с тем, что деревья младшего и старшего возраста более подвержены воздействию внешних факторов (климат, вредители).

На следующем этапе исследовали долговременные тенденции в изменении средних значений анализируемых характеристик (ГРП, индекс стресса) по 10-летним интервалам для всей группы обследованных деревьев (рис. 2). Обнаружены достоверные линейные тренды у графиков динамики средне-десятилетних величин ширины ГРП и индекса стресса. Выделенные тренды являются отрицательными, что го-

ворит о наличии тенденции к сокращению величины ГРП, а также к снижению значения индекса стресса на протяжении рассматриваемого промежутка времени. Как было отмечено выше, приближение к нулевому значению величины индекса стресса соответствует более устойчивому состоянию.

Общеизвестно, что ход прироста по диаметру у древесных растений в основном характеризуется одновыпуклой кривой. Сокращение ширины годичного кольца, изменчивости среднего ГРП изученной группы растений объясняем возрастным фактором, т. к. на протяжении анализируемого времени средний возраст исследованной совокупности деревьев увеличивался. Старовозрастные деревья более подвержены воздействию внешних факторов, вредителей, кроме этого, снижение величины радиального прироста может происходить вследствие атмосферного загрязнения.

С биологической точки зрения, это свидетельствует о том, что в целом для всей совокупности исследованных деревьев существует долговременная тенденция к сокращению средне-десятилетней величины ГРП во времени, т. е. от 1571 г. до 1990 г. Установленная нами тенденция к снижению по модулю величины индекса стресса, исходя из биологического смысла показателя, свидетельствует о существовании долговременной тенденции к повышению устойчивости на протяжении рассмотренного промежутка времени.

Далее определяли возрастные тенденции в динамике ГРП, индекса стресса (рис. 3). Анализировали ГРП всей совокупности обследованных деревьев по 20-летним интерва-

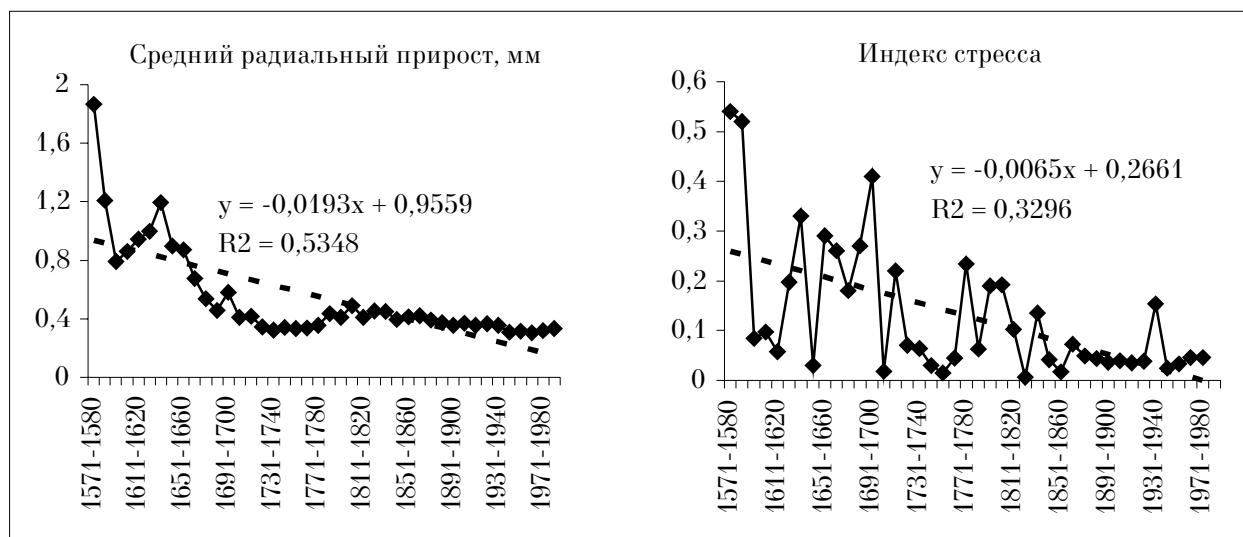


Рис. 2 Долговременные тренды динамики характеристик дендрохронологических рядов для обследованной группы деревьев. По оси ОХ – десятилетия, годы; по оси ОУ – величина характеристики

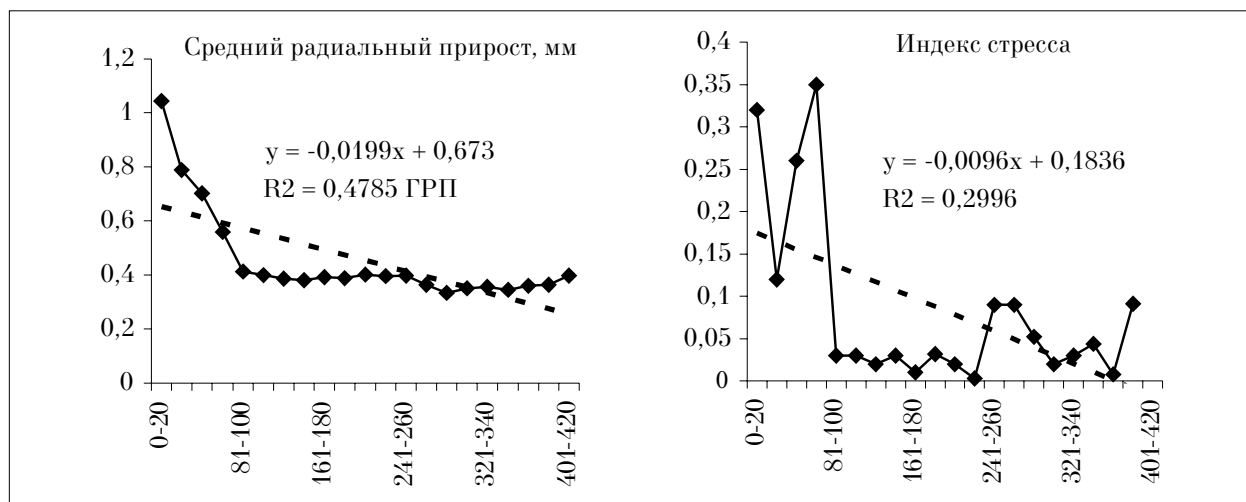


Рис. 3. Возрастные тренды динамики характеристик дендрохронологических рядов для обследованной группы деревьев.  
По оси ОХ – возрастные группы, лет; по оси ОУ – величина характеристики

лам независимо от временного фактора. Анализ по возрастным группам с шагом в 20 лет является общепринятым для хвойных растений. В данном случае аналогично установлено статистически достоверное снижение средней величины ГРП, а также индекса стресса. Как и в предыдущем случае, общий тренд снижения значения ГРП связан с возрастным фактором. Обследованные деревья находятся на этапе старости и отмирания, прекращения семеношения, когда в целом прогрессирует разрушение структуры и взаимосвязей таксационных показателей насаждения.

В целом результаты работы не противоречат данным итогового отчета Европейского института леса [10], где для Кольского полуострова указана убывающая тенденция в росте древостоев. Но для сосняков, расположенных в северном секторе Кольского полуострова (зона лесотундры), напротив, установлена долговременная тенденция к увеличению величины радиального прироста и его изменчивости [9].

Проведённые исследования позволили выявить основные закономерности в динамике годичного радиального прироста старовозрастных деревьев сосны обыкновенной, произрастающей в южном секторе Кольского региона. На основании анализа дендрохронологических рядов с использованием метода экологической реконструкции ростового процесса установлено следующее.

В южном секторе Кольского полуострова имеет место статистически достоверная долговременная тенденция к сокращению величины годичного кольца сосны обыкновенной для младших и наиболее старших возрастных группах. Для всей совокупности исследованных деревьев существуют долговременный и возраст-

ной тренд к сокращению среднедесятилетней величины годичного радиального прироста. Тенденция к приближению по модулю величины индекса стресса к нулевому значению свидетельствует о существовании долговременной тенденции к повышению устойчивости исследованной группы деревьев на протяжении рассмотренного промежутка времени.

## Литература

1. Исаев А.С., Коровин Г.Н. Динамика лесных ресурсов и прогнозирование изменений лесного фонда // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. С. 47–60.
2. Кузьмин А.В., Полоскова Е.Ю., Анализ элементарного и комплексного влияния климатических факторов на структурные группы сосновых древостоев в условиях Кольского региона. Апатиты. 2009. 155 с.
3. Агроклиматический справочник по Мурманской области. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 79 с.
4. Кузьмин А.В., Олейник А.Г., Олейник О.В., Зотов А.И. Автоматизированная система телеметрического анализа древесных кернов // Экология. 1989. № 3. С. 79–80.
5. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 136 с.
6. Арефьев С.П. Оценка устойчивости кедровых лесов Западно-Сибирской равнины // Экология. 1997. № 3. С. 175–183.
7. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1990. 296 с.
8. Кендалл М., Стюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. М.: Наука, 1976. 736 с.
9. Алексеев А.С., Сорока А.Р. Анализ долговременных тенденций роста *Pinus sylvestris* L. на северо-западе Кольского полуострова // Ботанический журнал. 2003. Т. 88. № 6. С. 59–75.
10. Growth trends in European forests/ Ed. by H. Spiecker et al. Springer Verlag. Berlin, New York, 1996. 347p.