ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ, ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ/FORESTRY, FORESTRY, FOREST CROPS, AGROFORESTRY, LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.149

РОСТ И ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ В ВЫСОКОГОРЬЯХ ЮЖНОГО УРАЛА

Научная статья

Нагимов З.Я.[1,] *, Воробьева Т.С.[2], Шевелина И.В.[3], Моисеев П.А.[4]

[1] ORCID : 0000-0002-6853-2375;

[2] ORCID : 0000-0002-9776-9689;

[3] ORCID : 0000-0001-8352-558X;

[4] ORCID : 0000-0003-4808-295X;

[1, 2, 3] Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Российская Федерация

[4] Институт экологии растений и животных Российской академии наук, Екатеринбург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (nagimovzy[at]m.usfeu.ru)

Аннотация

В статье представлены результаты оценки распределения деревьев ели сибирской по их основным таксационным показателям (возрасту, диаметру и высоте) в древостоях, занимающих разное высотное положение в экотоне верхней границы леса. Исследования проводились в соответствии с методикой международного научного проекта INTAS-01-0052 на научном полигоне (высотном профиле), заложенном на склоне горного массива Иремель, расположенного в наиболее возвышенной, центральной части Южного Урала. Экспериментальный материал собирался на четырех зафиксированных в пределах полигона исследовательских объектах (высотных уровнях): первый – на высоте 1360 м над уровнем моря, второй – на высоте 1300 м, третий – на высоте 1260 м и четвертый – на высоте 1210 м. Установлено, что исследуемый экотон представлен разновозрастными ельниками. С увеличением высоты над уровнем моря существенно понижается возраст деревьев ели: средний возраст на нижнем (четвертом) уровне составляет 95 лет, а на верхнем (первом) – только 51. Снижение возраста деревьев с увеличением высоты над уровнем моря свидетельствует о повышении верхней границы леса в последние десятилетия в связи с потеплением климата. Заселение древесной растительности на верхних, ранее безлесных, уровнях профиля в первую очередь связано с улучшением климатической обстановки. При поднятии в гору снижаются также средние значения диаметра и высоты деревьев, что связано, с одной стороны, ухудшением условий их местопроизрастания в этом направлении, с другой – понижением возраста древостоев. Распределения деревьев ели по основным таксационным показателям (возрасту, диаметру и высоте) на всех исследуемых высотных уровнях носят закономерный характер. Это позволяет считать древостои экотона верхней границы леса сформировавшимися природными растительными объектами. Однако по особенностям формирования и роста, характеру дифференциации и распределения деревьев по таксационным признакам, древостои ели разных высотных уровней существенно различаются. Поэтому их следует рассматривать как разные статистические совокупности, а лесоводственно-таксационные работы и исследования в экотоне верхней границы леса необходимо проводить дифференцированно с учетом высоты расположения древостоев относительно уровня моря. Древостои ели в экстремальных условиях высокогорья отличаются очень высокой дифференциацией слагающих их деревьев по основным таксационным показателям, что свидетельствует об их фитоценотической устойчивости.

Ключевые слова: Южный Урал, верхняя граница леса, еловые древостои, высотные уровни, дифференциация деревьев.

GROWTH AND DIFFERENTIATION OF SPRUCE TREES IN THE SOUTHERN URAL HIGHLANDS

Research article

Nagimov Z.Y.[1,] *, Vorobyova T.S.[2], Shevelina I.V.[3], Moiseev P.A.[4]

[1] ORCID : 0000-0002-6853-2375;

[2] ORCID : 0000-0002-9776-9689;

[3] ORCID : 0000-0001-8352-558X;

[4] ORCID : 0000-0003-4808-295X;

[1, 2, 3] Ural State Forestry Engineering University, Ekaterinburg, Russian Federation

[4] Institute of Plant and Animal Ecology of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation

* Corresponding author (nagimovzy[at]m.usfeu.ru)

Abstract

The article presents the results of estimating the distribution of Siberian spruce trees according to their main taxation parameters (age, diameter and height) in stands occupying different altitudinal positions in the ecotone of the upper boundary of the forest. The research was carried out in accordance with the methodology of the international scientific project INTAS-01-0052 on the scientific polygon (altitudinal profile) established on the slope of the Iremel mountain massif, located in the most elevated, central part of the Southern Urals. Experimental material was collected at four research sites (altitudinal levels) fixed within the polygon: the first – at an altitude of 1360 m above sea level, the second - at an altitude of 1300 m, the third - at an altitude of 1260 m and the fourth – at an altitude of 1210 m. It was found that the studied ecotone is represented by

different-aged spruce forests. The age of spruce trees decreases significantly with increasing altitude: the average age at the lower (fourth) level is 95 years, while at the upper (first) level it is only 51 years. The decrease in tree age with increasing altitude indicates that the upper forest boundary has increased in recent decades due to climate warming. The establishment of woody vegetation at the upper, previously treeless, levels of the profile is mainly due to improved climatic conditions. The average values of tree diameter and height also decrease as the trees go uphill, which is associated, on the one hand, with the deterioration of their growing conditions in this direction and, on the other hand, with the decrease in the age of stands. The distributions of spruce trees according to the main taxation indices (age, diameter and height) at all studied altitudinal levels have a regular character. This allows to regard the stands of the upper forest boundary ecotone as formed natural vegetation objects. However, spruce stands at different altitudinal levels differ significantly in terms of their formation and growth, differentiation and distribution of trees by taxational characteristics. Therefore, they should be treated as different statistical aggregates, and silvicultural and taxation work and research in the ecotone of the upper forest boundary should be carried out in a differentiated manner, taking into account the height of stand location relative to sea level. Spruce stands in extreme conditions of high mountains are characterized by a very high differentiation of their constituent trees in terms of the main taxation indicators, which indicates their phytocenotic stability.

Keywords: Southern Urals, upper forest boundary, spruce stands, altitude levels, tree differentiation.

Введение

На современном этапе потепление климата в масштабах нашей планеты заметно повысило заинтересованность научных работников к изучению поведения лесной растительности в специфических условиях, создаваемых этим явлением. Общепризнано, что к изменению температуры воздуха и количества осадков в большей степени чувствительны растительные сообщества, формирующиеся в переходных зонах (экотонах) между природными экосистемами [1]. К таким сообществам, безусловно, относятся лесные насаждения, функционирующие в переходной полосе между лесом и горной тундрой. Следовательно, они являются наиболее перспективными объектами при изучении эколого-ценотических особенностей роста древостоев в специфических условиях изменяющегося климата. Поэтому лесоводственно-биологические и таксационные исследования в экстремальных условиях границы леса в горах на современном этапе приобретают чрезвычайную актуальность. В частности, в русле вышеизложенного несомненный интерес вызывают результаты изучения ростовых процессов и дифференциации деревьев в лесных сообществах, занимающих разное положение по высоте в пределах указанного рубежа [2]. На данный момент таких исследований выполнено крайне мало. В то же время их результаты важны для оценки смещения границы леса в горах, устойчивости и стабильности формирующихся в результате повышения температуры воздуха и изменения режима осадков на ранее не покрытых лесом территориях (горной тундре) лесонасаждений, а также их биосферной роли и экологических функций [2], [3]. В этой связи главной целью настоящей работы явилось изучение особенностей роста и характера дифференциации деревьев ели сибирской по основным таксационным характеристикам в экстремальных условиях экотона границы леса в горах Южного Урала.

Методы исследования

Исследования для достижения поставленной цели выполнялись в соответствии с методикой международного научного проекта INTAS:01:0052 [2]. Они проводились на территории горного массива Малый Иремель, расположенного в наиболее возвышенной части Южного Урала. На горном склоне, обращенном на юго-запад, в пределах лесотундрового экотона заложен научно-исследовательский полигон (высотный профиль). Данный профиль разделен на четыре исследовательских объекта – высотные уровни. Относительно уровня моря первый из них расположен на отметке 1360 м, второй – 1300 м, третий – 1260 м, четвертый – 1210 м. На каждом из этих объектов закладывались опытные площадки размером 400 м^2 (20х20 м) в количестве 6 шт. На опытных площадках выполнялась подеревная таксация с нумерацией деревьев и фиксацией координат их месторасположения. В ходе таксации для каждого из них определялись порода, возраст (возрастным буравом), размеры ствола (общая высота и таксационный диаметр), размеры крон (длина и диаметр).

Возраст деревьев определялся на основе установления даты их появления. С этой целью у всех растущих деревьев ели толщиной более 3 см возрастным буравом извлекался керн на высоте 20-30 см, а у усохших выпиливался диск у основания ствола. У каждого второго растения высотой более 20 см, но диаметром менее 3 см были взяты спилы на уровне корневой шейки и определены высоты с точностью до 1 см. Возраст их определялся по числу годичных колец на спилах. Растения высотой менее 20 см учитывались по методике, применяемой для оценки подроста. Керны наклеивались на специальную деревянную рейку, затем их поверхность тщательно зачищалась бритвой. Для увеличения контрастности колец в зачищенную поверхность керна втирался зубной порошок.

В случаях, когда керн достигал центра ствола, возраст дерева на высоте отбора керна определялся как разность между календарным годом взятия образца и годом образования самого старого годичного кольца. Если же керн в результате каких-то причин (эксцентричности нарастания древесины, наличия участков гнили и др.) не достигал центра, то вначале устанавливалась длина недоступного для подсчета годичных колец отрезка древесины.

Она определялась по радиусу трафарета окружности, с которой совпадает форма дуги, образуемой самыми старыми годичными слоями керна. При этом использовалась специально изготовленная прозрачная палетка с нанесенными линиями окружностей разного размера. Затем рассчитывалось количество годичных колец на данном отрезке древесины. Оно принималось равным числу самых старых годичных колец, умещающихся на отрезке керна длиной, равной установленной длине недоступного для анализа участка древесины.

При подсчете и датировке годичных колец на кернах и дисках возможны ошибки из-за их выпадения. Поэтому при перекрестной датировке использовалась мастер-хронологиия – график погодичного изменения индексов радиального прироста исследуемого района, составленный С.Г. Шиятовым [4].

Окончательно возраст деревьев диаметром более 3 см определялся суммированием годичных колец, определенных по керну (на высоте 20-30 см) с возрастом, в котором они достигли высоты отбора кернов. Для определения второго показателя по данным растений, у которых были взяты спилы на уровне корневой шейки и измерены высоты, разрабатывались уравнения регрессии между этими показателями. По уравнениям рассчитывался возраст достижения каждым обследованным и пробуренным деревом высоты отбора образцов.

Возраст растений, определенный по изложенной методике, нельзя считать установленным с точностью до одного года. Однако, на наш взгляд, он является наиболее реальным и позволяет решить поставленные задачи исследования.

На каждом объекте (высотном уровне) за пределами опытных площадок отбирались модельные деревья с учетом диапазона изменения диаметра стволов в количестве не менее 10 шт. Таксационные характеристики элементов леса и модельных деревьев выявлялись в камеральных условиях общепринятыми в лесной науке методами. Эмпирическим материалом для оценки дифференциации деревьев послужили ряды распределения елей по основным показателям: возрасту, таксационному диаметру и высоте. Все необходимые статистические расчеты выполнялись на ПЭВМ с использованием программы STATISTICA.

Основные результаты исследований и их обсуждение

По материалам подеревной таксации для каждого объекта определялись средние величины основных таксационных показателей. Они приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Средние значения таксационных показателей ельников по исследуемым объектам

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.149.1

Таксационные показатели	Исследуемые объекты			
	первый	второй	третий	четвертый
Относительная полнота	0,15	0,30	0,52	0,71
Возраст, лет	51	58	64	95
Таксационный диаметр, см	8,9	11,1	17,0	19,8
Высота, м	4,4	6,1	7,8	12,0

Приступая к анализу представленных материалов, необходимо указать, что изучаемые ельники отличаются низкими значениями относительной полноты. Причем их полнота и сомкнутость крон существенно уменьшаются по мере перехода от нижележащих уровней к вышележащим. Вычисленные средние величины изучаемых показателей достоверны на 5-ном уровне ($t_{факт.}$ больше $t_{0,05}$) и соответствуют отображаемым ими совокупностям деревьев. Выявляется, что при продвижении от четвертого объекта (нижнего уровня) к первому (верхнему уровню) заметно снижаются значения среднего возраста (от 95 до 51 года), среднего таксационного диаметра (от 19,8 до 8,9 см), средней высоты (от 12,0 до 4,4 м). Снижение возраста ели в указанном направлении является свидетельством того, что она на вышележащих уровнях появилась значительно позднее, чем на нижележащих и косвенно указывает на постепенное поднятие границы леса начиная с середины прошлого века. Примерно с этого периода отмечается глобальное повышение средней температуры воздуха. Таким образом, можно предположить, что заселение древесно-кустарниковой растительности на верхних, ранее безлесных объектах научно-исследовательского стационара, связано с заметным улучшением здесь условий формирования и роста деревьев, которое стало возможным в результате потепление климата на современном этапе [3], [5]. Уменьшение средних величин диаметра и высоты ели по мере продвижения в гору объясняется, с одной стороны, ухудшением почвенно-климатических условий, а с другой – снижением возраста деревьев.

Как отмечалось выше, на каждом объекте стационара у всех деревьев ели по взятым буровым кернам определялся их возраст. Полученные данные (ряды распределения возраста) позволяют оценить возрастное строение ельников и степень дифференциации деревьев в них по возрасту. Результаты статистической обработки этих данных показаны в таблице 2.

Таблица 2 - Основные показатели (статистики) распределения возраста деревьев в ельниках исследуемых объектов

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.149.2

Статистики	Исследуемые объекты			
	первый	второй	третий	четвертый
Минимальное значение, лет	25	26	25	45
Максимальное значение, лет	91	104	114	145
Среднее значение, лет	51	58	64	95

Статистики	Исследуемые объекты			
	первый	второй	третий	четвертый
Ошибка среднего, лет	0,42	0,60	0,55	0,50
Показатель эксцесса	-0,64	-0,61	-0,60	-0,27
Показатель асимметрии	0,17	0,17	0,15	-0,10
Коэффициент вариации, %	30,9	32,1	33,0	20,5
Точность опыта, %	0,82	1,03	0,86	0,53

Приступая к анализу данных табл. 2, можно отметить, что достоверность средних значений во всех случаях доказывается на 5%-ном уровне ($t_{факт.}$ больше $t_{0,05}$).

При изучении структуры древостоев и дифференциации слагающих их деревьев наибольшее внимание уделяется оценке изменчивости, степени варьирования различных показателей деревьев, определяемых по величине коэффициента вариации признака [6]. Полученные нами материалы (табл.2) свидетельствуют, что размах изменения возраста деревьев и его средние величины существенным образом связаны с абсолютной высотой расположения ельников. На первом объекте возраст ели изменяется от 25 до 91 года (средний значение возраста составляет 51 год), на втором – от 26 до 104 лет (58 лет), на третьем – от 25 до 114 лет (64 года) и на четвертом – от 45 до 145 лет (95 лет). Представленные материалы показывают, что ельники на исследуемом полигоне относятся к категории абсолютно разновозрастных древостоев.

Сопоставление значений коэффициента вариации с данными шкалы изменчивости количественных признаков растений С.А. Мамаева [7] позволяет оценить уровень варьирования возраста ели на первом, втором и третьем объектах (высотных уровнях) как высокий, а на четвертом – как повышенный. Указанные в табл. 2 значения коэффициента вариации несколько выше, чем аналогичные данные других специалистов, но в целом им не противоречат. В частности, по материалам А.Г. Шавнина [8], в одновозрастных ельниках Урала коэффициент вариации возраста колеблется в пределах от 8 до 24%, а в разновозрастных – от 16 до 25%. В таежной зоне Европейской части России в одновозрастных древостоях ели этот показатель составляет 4-14%, а в разновозрастных – 21-44% [8].

Показатель асимметрии рядов распределения числа деревьев по возрасту изменяется от – 0,10 (четвертый уровень) до 0,17 (первый и второй уровни). В целом, по косости форма оцениваемых рядов очень близка к форме кривой Гаусса-Лапласа. В направлении от нижнего уровня к верхнему просматривается тенденция изменения показателя асимметрии с отрицательных величин на положительные.

Показатели эксцесса всех исследуемых рядов достоверны и имеют отрицательные значения. По крутости изучаемые эмпирические ряды существенно отличаются от распределения Гаусса-Лапласа.

На основе приведенных материалов можно констатировать, что древостои ели на всех изучаемых объектах характеризуются весьма сложным возрастным строением. С учетом особенностей этого показателя древостои исследуемых объектов (высотных уровней) при лесоводственно-таксационных работах целесообразно относить к отдельным статистическим совокупностям.

Основные статистики распределения диаметров стволов деревьев ели на полигоне в разрезе выделенных объектов приведены в табл. 3.

Таблица 3 - Основные статистики распределения диаметров деревьев в ельниках исследуемых объектов

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.149.3

Статистики	Исследуемые объекты			
	первый	второй	третий	четвертый
Минимальное значение, см	1,0	1,3	1,5	11,1
Максимальное значение, см	23,6	26,8	30,8	32,1
Среднее значение, см	8,9	11,1	17,0	19,8
Ошибка среднего, см	0,24	0,32	0,23	0,14
Показатель эксцесса	-0,54	-0,40	-0,30	-0,72
Показатель асимметрии	0,69	0,65	0,58	0,23

Статистики	Исследуемые объекты			
	первый	второй	третий	четвертый
Коэффициент вариации, %	66,8	59,0	50,7	26,3
Точность опыта, %	2,70	2,88	1,35	0,71

Данные табл. 3 позволяют сделать следующие выводы. Величина среднего диаметра стволов ели во всех случаях достоверна на 5%-ном уровне. Она закономерно уменьшается с увеличением абсолютной высоты расположения исследуемых объектов. Последнее, как отмечалось выше, объясняется снижением возраста ельников и ухудшением почвенно-климатических условий при переходе от нижележащих уровней к вышележащим.

Древостоям ели на исследуемых объектах характерна широкая амплитуда изменения диаметров слагающих их деревьев. Значения коэффициента вариации толщины стволов закономерно снижаются при уменьшении абсолютной высоты участков, на которых расположены исследуемые ельники. По шкале С.А. Мамаева [7] изменчивость таксационного диаметра на первом, втором и третьем объектах соответствует очень высокому уровню, а на четвертом – повышенному. Повышение изменчивости данного показателя с продвижением в гору, на наш взгляд, можно объяснить заметным снижением возраста ельников и ухудшением лесорастительных условий в этом направлении. Общеизвестно, что изменчивость толщины стволов тем выше, чем моложе древостои и жестче экологические условия [6], [9].

Несомненный интерес представляет сравнение наших результатов с соответствующими материалами других авторов, полученными в условиях равнинных лесов. По сведениям И.И. Гусева [9] в таежной зоне Европейской части нашей страны разновозрастные древостои ели характеризуются весьма широким диапазоном колебания коэффициента вариации толщины стволов (от 28,0 до 52,0%). В разновозрастных ельниках Среднего Урала этот показатель изменяется в более узких границах – от 35,0 до 43,0% [8]. Сопоставление наших данных с литературными при одинаковом возрасте древостоев показывает, что в ельниках первого, второго и третьего объектов изменчивость диаметров стволов существенно выше (на 15% и более), чем еловых насаждениях Европейского Севера и Среднего Урала.

В ельниках всех исследуемых объектов ряды распределения таксационных диаметров характеризуются отрицательным эксцессом и положительной асимметрией. Достоверность этих показателей статистически доказывается на 5%-ном уровне. Эмпирические распределения диаметров на исследуемых объектах не подчиняются закону Гаусса-Лапласа.

Статистические показатели распределения высот деревьев ели на исследуемых объектах приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Основные статистики распределения высот деревьев в ельниках исследуемых объектов

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.149.4

Статистики	Исследуемые объекты			
	первый	второй	третий	четвертый
Минимальное значение, м	1,5	1,5	1,5	6,4
Максимальное значение, м	8,3	11,0	14,5	15,4
Среднее значение, м	4,4	6,1	7,8	12,0
Ошибка среднего, м	0,04	0,08	0,08	0,05
Показатель эксцесса	-0,48	-0,53	-0,51	-0,0,8
Показатель асимметрии	0,37	0,25	0,01	-0,59
Коэффициент вариации, %	38,2	38,0	37,8	17,2
Точность опыта, %	0,91	1,31	1,03	0,41

Материалы табл. 4 свидетельствуют, что зависимости изменчивости высоты деревьев ели и средних значений этого показателя от абсолютной высоты местопроизрастания ельников имеют аналогичную направленность, как и в случае с диаметром. Этот результат вполне логичен. Однако степень дифференциации деревьев по высоте существенно ниже, чем по диаметру. Это известный в лесной науке факт и не требует дополнительных пояснений. По

шкале С. А. Мамаева [7] изменчивость рассматриваемого показателя на первом, втором и третьем объектах оценивается как высокая, а на четвертом– как средняя.

В научной литературе общепризнанным и неоспоримым является положение о закономерном уменьшении с возрастом варьирования высот деревьев. Указывается, что коэффициент изменчивости высоты составляет в молодняках в среднем 20-30%, а в спелых насаждениях – 5-15% [10]. Сопоставление наших материалов с приведенными цифрами показывает, что при близких значениях возраста древостоев изменчивость данного показателя в ельниках исследуемого экотона заметно выше общеизвестных пределов.

Показатель асимметрии распределения высот деревьев с увеличением абсолютной высоты местопроизрастания ельников отрицательный знак меняет на положительный. Причем, по мере движения в гору наблюдается увеличение правосторонней асимметрии указанного распределения. На всех исследуемых объектах ряды распределения высот плосковершинны. Значения показателей асимметрии и эксцесса дают основание считать, что эмпирические распределения высот на исследуемых объектах не могут описываться нормальной кривой.

Заключение

Переходная зона (экотон) между лесом и горной тундрой в горах Южного Урала в основном представлен разновозрастными ельниками. Наблюдается существенное понижение их среднего возраста при увеличении абсолютной высоты местопроизрастания насаждений. Так, на отметке 1210 м над уровнем моря значение данного показателя составляет 95 лет, а на отметке 1360 м – 51 год, то есть почти в два раза меньше. Снижение возраста ели в указанном направлении является свидетельством того, что она на вышележащих уровнях появилась значительно позднее, чем на нижележащих и косвенно указывает на постепенное поднятие границы леса начиная с середины прошлого столетия. Можно предположить, что заселение древесно-кустарниковой растительности на ранее безлесных участках горной тундры стало возможным в связи с улучшением здесь условий формирования и роста деревьев в результате потепление климата.

При продвижении от нижележащих высотных уровней к вышележащим также снижаются диаметры и высоты деревьев. Это объясняется с одной стороны, ухудшением почвенно-климатических условий в этом направлении, а с другой – снижением возраста деревьев.

Распределения деревьев в исследуемых ельниках по толщине, высоте и возрасту носят устойчивый характер. Это позволяет с биологических и лесоводственно-таксационных позиций считать древостои в исследуемом экотоне как сформировавшиеся природные растительные объекты. Однако по специфике формирования и роста, характеру дифференциации деревьев по различным таксационным признакам, ельники на объектах, отличающихся высотой расположения относительно уровня моря на 40-60 м, существенно различаются. Они относятся к различным статистическим совокупностям, а оценочные и лесоводственные работы следует проводить дифференцированно с учетом приведенных материалов.

Ельники в экстремальных условиях высокогорья отличаются очень высокой дифференциацией деревьев по основным таксационным характеристикам. Общеизвестно, что высокая гетерогенность строения древостоев является показателем их фитоценотической устойчивости [11]. Поэтому есть основание констатировать, что формирующиеся в результате потепления климата на ранее безлесых территориях (горной тундре) насаждения в обозримом будущем способны поддерживать свое жизненное состояние и успешно выполнять в экстремальных условиях высокогорий важнейшие биосферные и экологические функции.

Финансирование

Работы выполнены в рамках государственного задания FEUG-2023-0002.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The work was performed under the state assignment FEUG-2023-0002.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Горчаковский П.Л. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях / П.Л. Горчаковский, С.Г. Шиятов. — Москва: Наука, 1985. — 209 с.

2. Бабенко Т.С. Закономерности роста деревьев и древостоев ели сибирской в высокогорь-ях Южного Урала (на примере г. Малый Иремель) / Т.С. Бабенко, П.А. Моисеев, З.Я. Нагимов. — Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. — 126 с.

3. Бартыш А.А. Закономерности формирования древостоев на верхней границе леса в условиях современного изменения климата (на примере Тылайско-Конжаковско-Серебрянского горного массива) / А.А. Бартыш. — Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. — 24 с.

4. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале / С.Г. Шиятов. — Москва: Наука, 1986. — 136 с.

5. Григорьев А.А. Формирование древостоев в высокогорьях Приполярного Урала в условиях современного изменения климата / А.А. Григорьев, П.А. Моисеев, З.Я. Нагимов. — Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. — 175 с.

6. Луганский Н.А. Структура и динамика сосновых древостоев на Среднем Урале / Н.А. Луганский, З.Я. Нагимов. — Екатеринбург: УГЛТУ, 1994. — 140 с.

7. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений / С.А. Мамаев. — Москва: Наука, 1973. — 461 с.

8. Шавнин А.Г. Таксация насаждений / А.Г. Шавнин. — Свердловск: УЛТИ, 1990. — 104 с.

9. Гусев И.И. Возрастная структура таежных ельников / И.И. Гусев. — Архангельк: АрЛТИ, 1977. — 34 с.

10. Верхунов П.М. Таксация леса / П.М. Верхунов, В.Л. Черных. — Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. — 396 с.

11. Дробышев Ю.И. Устойчивость древостоев: структурные аспекты / Ю.И. Дробышев, С.А. Коротков, Д.Е. Румянцев // Лесохозяйственная информация; — Вып. 7. — Москва: Лесохозяйственная информация, 2003. — с. 2-11.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gorchakovskij P.L. Fitoindikaciya uslovij sredy' i prirodny'x processov v vy'sokogor'yax [Phytoindication of Environmental Conditions and Natural Processes in the High-lands] / P.L. Gorchakovskij, S.G. Shiyatov. — Moscow: Nauka, 1985. — 209 p. [in Russian]

2. Babenko T.S. Zakonomernosti rosta derev'ev i drevostoev eli sibirskoj v vy'sokogor'-yax Yuzhnogo Urala (na primere g. Maly'j Iremel') [Patterns of Growth of Trees and Stands of Siberian Spruce in the Highlands of the Southern Urals (using the example of Maly Iremel)] / T.S. Babenko, P.A. Moiseev, Z.Ya. Nagimov. — Ekaterinburg: UGLTU, 2008. — 126 p. [in Russian]

3. Barty'sh A.A. Zakonomernosti formirovaniya drevostoev na verxnej granice lesa v usloviyax sovremennogo izmeneniya klimata (na primere Ty'lajsko-Konzhakovsko-Serebryanskogo gornogo massiva) [Patterns of Formation of Tree Stands at the Upper Border of the Forest under Conditions of Modern Climate Change (using the example of the Tylaysko-Konzhakovsko-Serebryansky mountain range)] / A.A. Barty'sh. — Ekaterinburg: UGLTU, 2008. — 24 p. [in Russian]

4. Shiyatov S.G. Dendroxronologiya verxnej granicy' lesa na Urale [Dendrochronology of the Upper Forest Limit in the Urals] / S.G. Shiyatov. — Moscow: Nauka, 1986. — 136 p. [in Russian]

5. Grigor'ev A.A. Formirovanie drevostoev v vy'sokogor'yax Pripolyarnogo Urala v usloviyax sovremennogo izmeneniya klimata [Formation of Tree Stands in the Highlands of the Subpolar Urals under Conditions of Modern Climate Change] / A.A. Grigor'ev, P.A. Moiseev, Z.Ya. Nagimov. — Ekaterinburg: UGLTU, 2012. — 175 p. [in Russian]

6. Luganskij N.A. Struktura i dinamika sosnovy'x drevostoev na Srednem Urale [Structure and Dynamics of Pine Stands in the Middle Urals] / N.A. Luganskij, Z.Ya. Nagimov. — Ekaterinburg: UGLTU, 1994. — 140 p. [in Russian]

7. Mamaev S.A. Formy' vnutrividovoj izmenchivosti drevesny'x rastenij [Forms of Intraspecific Variability of Woody Plants] / S.A. Mamaev. — Moscow: Nauka, 1973. — 461 p. [in Russian]

8. Shavnin A.G. Taksaciya nasazhdenij [Taxation of Plantings] / A.G. Shavnin. — Sverdlovsk: ULTI, 1990. — 104 p. [in Russian]

9. Gusev I.I. Vozrastnaya struktura taezhny'x el'nikov [Age Structure of Taiga Spruce Forests] / I.I. Gusev. — Arxangel'k: ArLTI, 1977. — 34 p. [in Russian]

10. Verxunov P.M. Taksaciya lesa [Forest Taxation] / P.M. Verxunov, V.L. Cherny'x. — Joshkar-Ola: MarGTU, 2009. — 396 p. [in Russian]

11. Drobyshev Ju.I. Ustojchivost' drevostoev: strukturnye aspekty [Stability of Tree Stands: Structural Aspects] / Ju.I. Drobyshev, S.A. Korotkov, D.E. Rumjantsev // Lesohozjajstvennaja informatsija [Forestry Information]; — Issue 7. — Moscow: Forestry Information, 2003. — p. 2-11. [in Russian]