

УДК 630\*22

## СТРУКТУРА ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЗЮРАТКУЛЬ»

© П.И. Назмиев, ассист.

Уральский государственный лесотехнический университет, Сибирский тракт,  
д. 36, г. Екатеринбург, Россия, 620100  
E-mail: NaPaIch@mail.ru

На территории национального парка «Зюраткуль» сохранились остатки реликтового ельника высокой продуктивности, которые входят в состав памятников природы и являются самым крупным генетическим резерватом естественного генетического потенциала ели сибирской в западном подрайоне горно-лесного района Челябинской области.

Цель работы – изучение современного состояния не тронутых хозяйственной и рекреационной деятельностью высокогорных еловых древостоев Южного Урала.

При изучении структуры древостоев основное внимание уделялось характеру распределения таксационных показателей в зависимости от типа леса. С учетом этого группировались данные статистической обработки.

Полученные данные свидетельствуют, что структура распределения исследуемых древостоев по диаметру отличается высокой изменчивостью диаметров стволов. Коэффициент варьирования диаметров доходит до 52,50 %. В большинстве исследуемых древостоев асимметрия рядов распределения ели по диаметру положительная (+1,04). Коэффициент эксцесса ели по диаметру варьирует в пределах от –0,22 до +1,52, средняя высота еловых древостоев – от 14,9 до 23,6 м. Коэффициент вариации высоты не превышает 9,83 %. Во всех типах леса между диаметрами и высотами деревьев наблюдается достаточно тесная связь – коэффициент детерминации находится в пределах от 0,47 до 0,94 %. Распределение деревьев ели по показателю относительной высоты изменяется в зависимости от типа леса и составляет 92...126.

Результаты аппроксимации распределений числа стволов по толщине показали, что ельнику кисличному, ельнику разнотравному и ельнику логу наиболее соответствует логарифмически нормальное распределение; ельнику долгомошному – распределение Вейбулла.

Тип возрастной структуры на всех пробных площадях – разновозрастный. Амплитуда возраста 40...220 лет при среднем возрасте, не превышающем интервал колебания. Асимметрия рядов распределения ели по возрасту составляет от –1,08 до +0,86.

В национальном парке «Зюраткуль», в прибрежной зоне одноименного озера, характерным является формирование чистых и смешанных коренных ельников.

В качестве примеси участвуют береза и лиственница, численность которых достигает до 4 ед. при различном соотношении пород. Производительность высокогорных ельников низкая. Древостои характеризуются в среднем IV классом бонитета.

*Ключевые слова:* структура, ель, национальный парк «Зюраткуль», высокогорные леса, распределение, аппроксимация.

Согласно лесорастительному районированию Челябинской области [4], территория национального парка «Зюраткуль» относится к Катавско-Златоустовскому округу Южно-Уральской провинции горно-таежных лесов Уральской горно-лесной лесорастительной области.

Объект исследований территориально расположен в полосе западных хребтов Южного Урала. Основной чертой орографии является вытянутость в северо-восточном направлении большей части хребтов, часто образующих параллельные между собой цепи. Рельеф отличается сложностью и наличием ряда горных хребтов (Нургуш, Зюраткуль, Уреньга, Москаль и др.).

Оз. Зюраткуль расположено в горной котловине, окруженной хребтами Уреньга, Зюраткуль, Москаль, Нургуш и горой Лукаш (1013,6 м) на высоте 724 м над уровнем моря.

Климат Зюраткульской котловины суровый. Зимний сезон начинается на 1-2 нед. раньше и заканчивается на 1-2 нед. позже, чем в лесостепной зоне Челябинской области. Летом и осенью часты туманы, дуют холодные ветры. Зюраткуль самое дождливое место на Южном Урале, годовая сумма осадков доходит до 760,2 мм, на вегетационный период приходится до 563,9 мм [1].

Другой особенностью объекта исследований является его расположение на береговой зоне оз. Зюраткуль. Озеро зарегулировано плотиной, поэтому уровень воды в озере искусственно меняется в связи с подачей ее в г. Сатка.

#### *Цель и методика исследований*

Целью работы является изучение современного состояния нетронутых хозяйственной и рекреационной деятельностью высокогорных еловых древостоев Южного Урала и особенностей естественных возобновительных процессов в них.

Исследования проводились по общепринятым лесоводственно-таксационным методикам, в основу которых положен метод пробных площадей (ПП). Все ПП закладывались и обрабатывались согласно методике, принятой в лесоустройстве, с учетом требований и технических указаний [3, 6].

#### *Результаты исследований*

В ходе эксперимента заложено 8 ПП в урочище «Долгий ельник» и взято для анализа хода роста 12 модельных деревьев. Характеристика древостоев на ПП представлена в табл. 1.

Таблица 1

## Таксационная характеристика древостоев на пробных площадях

№ ПП	Тип леса	Возраст (а), лет	Состав	Средние		Класс бонитета	Полнота		Запас, м <sup>3</sup> /га
				высота (h), м	диаметр (d), см		абсолютная, м <sup>2</sup> /га	относительная	
1	Ек	76	10Е	21,8	23,8	II	32,2	0,9	280
2	Ертр	170	10Е	16,8	22,0	V	24,6	0,8	146
3	Ертр	170	10Е	14,3	18,8	V	26,3	1,0	180
4	Елог	85	7ЕЗБ+Л	20,1	22,7	III	34,4	1,0	162
5	Ек	96	7ЕЗБ	22,5	21,5	III	39,8	1,2	221
6	Елог	117	7ЕЗБ+Л	20,2	18,9	IV	33,9	1,1	133
7	Ертр	127	6Е4Б	15,6	17,1	V	31,5	1,2	101
8	Ед	116	7ЕЗБ	24,0	28,3	III	49,7	1,4	478

Примечания. 1. Возраст, высота, диаметр, класс бонитета и запас взяты по главной породе. 2. Здесь и далее, в табл. 2 и 3, Ек – ельник кисличный, Ертр – ельник разнотравный, Елог – ельник лог, Ед – ельник долгомошный.

При изучении структуры древостоев основное внимание уделялось характеру распределения таксационных показателей в зависимости от типа леса. Исходя из этого группировались данные статистической обработки.

Результаты статистической обработки данных измерения основных таксационных показателей (диаметр, высота и возраст) приведены в табл. 2.

Данные табл. 2 свидетельствуют, что структура распределения исследуемых древостоев по диаметру стволов отличается высокой изменчивостью диаметров. Коэффициент варьирования диаметров доходит до 52,5 % в ельнике кисличном. Это связано с наименьшим средним возрастом ельников кисличных относительно остальных исследуемых древостоев. В большинстве исследуемых древостоев асимметрия рядов распределения ели по диаметру положительная и достигает +1,04, распределение деревьев в ельнике долгомошном имеет отрицательную асимметрию. Коэффициент эксцесса ели по диаметру варьирует в пределах от –0,22 до +1,52.

Для исследуемых ельников характерна сложная форма строения древостоев по высоте. Приведенные в табл. 2 данные свидетельствуют, что изменчивость средних высот высока и зависит от типа леса. Средняя высота еловых древостоев колеблется от 14,9 до 23,6 м. Коэффициент вариации высоты не превышает 9,83 %, что соответствует литературным источникам, где варьирование высот характеризуется коэффициентом 5...12 %, и, согласно А.В. Тюрину [9], отражает низкую изменчивость признака. Практически во всех типах леса распределение высоты древостоев представлено асимметричными кривыми с умеренно выраженной косостью, изменяющейся в пределах от –0,54 до +0,57.

Таблица 2

## Основные статистические характеристики распределения количества деревьев ели по диаметру, высоте и возрасту в различных типах леса

Статистическая характеристика	Значение характеристики для различных типов леса											
	Ек			Ерп			Елп			Ед		
	d, см	h, м	a, лет	d, см	h, м	a, лет	d, см	h, м	a, лет	d, см	h, м	a, лет
Среднее	19,9	21,0	95,00	18,0	14,9	143,0	19,2	19,3	96,0	26,7	23,6	117,0
Стандартное отклонение	10,47	1,14	18,90	7,35	1,46	35,1	7,76	1,56	17,60	9,49	0,99	31,00
Коэффициент: экссесса	0,22	-0,49	-0,65	0,02	0,16	-0,48	1,52	-0,85	-1,23	-0,22	-0,80	3,75
асимметрии	0,88	0,54	0,58	0,71	0,43	-0,43	1,04	-0,54	0,86	-0,33	0,57	-1,08
вариации, %	52,46	5,44	19,80	41,01	9,83	24,5	40,50	8,08	18,40	35,59	4,22	26,40
Точность опыта, %	2,81	0,80	6,61	1,72	1,18	6,13	2,45	1,19	5,82	2,81	0,17	9,35

Кривые распределения деревьев по высоте в древостоях большинства исследуемых типов леса характеризуются отрицательными значениями эксцесса, что объясняется биологическими свойствами ели, в частности высокой ее теневыносливостью. Только в ельнике разнотравном коэффициент эксцесса положительный и равен 0,16.

Характер зависимости диаметра от высоты позволяет отметить следующее. В ельнике кривая связи высоты и диаметра деревьев на всем протяжении роста выражается прямой линией, соотношение этих показателей – величина постоянная. Прямолинейная пропорциональность означает слабые конкурентные отношения между деревьями. Относительная полнота в данном типе леса 0,9...1,2. В остальных исследуемых типах леса связь диаметра и высоты деревьев криволинейная. Как было отмечено выше, с повышением конкурентных отношений наблюдается закономерное увеличение густоты и полноты древостоев. Этим объясняется нарушение изометрии роста. Относительная полнота достигает до 1,4. Следует отметить, что во всех типах леса между диаметрами и высотами деревьев наблюдаются достаточно тесные связи – коэффициент детерминации  $R^2$  варьирует от 0,47 до 0,94 %.

При решении задач описания структуры древостоя всегда уделялось большое внимание поиску аналитических выражений, позволяющих аппроксимировать ряды распределения деревьев по ступеням толщины [2, 8]. При изучении разновозрастных еловых древостоев закономерность в распределении общего числа деревьев по ступеням толщины чаще всего описывается ниспадающей кривой с максимумом числа деревьев в самой тонкой ступени толщины, представленной подростом. По вилам лесной таксации каждое возрастное колено должно изучаться отдельно, поэтому проведено разделение совокупностей подростка и древостоя методами статистического анализа

по алгоритму К. Пирсона [7] с использованием программного обеспечения STATISTICA 6.0. Использование данного анализа вызвано невозможностью объективного выделения однородных возрастных поколений в условиях сбора полевого материала. В исследуемых разновозрастных древостоях по морфологическим признакам деревьев не было возможности установить принадлежность того или иного дерева к определенному возрастному поколению. Полученные данные аппроксимации сведены в табл. 3.

Анализ данных распределения числа стволов по толщине (табл. 3) показал, что для ельника кисличного, ельника разнотравного и ельника лога наиболее соответствует логарифмически нормальное распределение; для ельника долгомошного – распределение Вейбулла.

Дифференциация деревьев и конкурентные взаимоотношения наиболее полно оцениваются при помощи относительной высоты  $h/d$ . На рисунке представлено распределение деревьев ели по относительной высоте в исследуемых типах леса. Как видно из рисунка, относительная высота варьирует очень сильно. В насаждениях встречаются сбежистые ( $h/d$  колеблется от 66 до 100) и полнодревесные ( $h/d > 100$ ) экземпляры. Деревья с низкой относительной высотой более развиты, деревья, имеющие высокие значения  $h/d$ , – тонкомерные особи.

Относительная высота древостоев варьирует от 92 до 126 в зависимости от типа леса. На большинстве ПП этот показатель превышает значение 100. Это свидетельствует о том, что степень напряженности конкурентных взаимоотношений в исследуемых древостоях выше, чем в нормальных ельниках соответствующего класса бонитета [5].

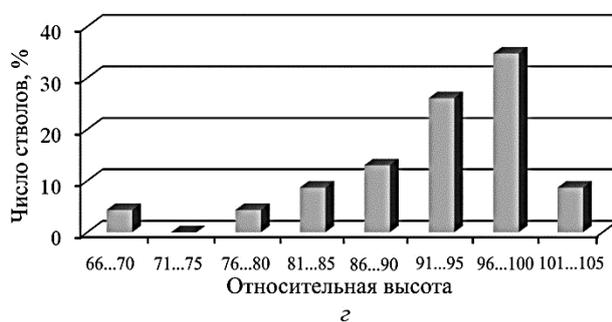
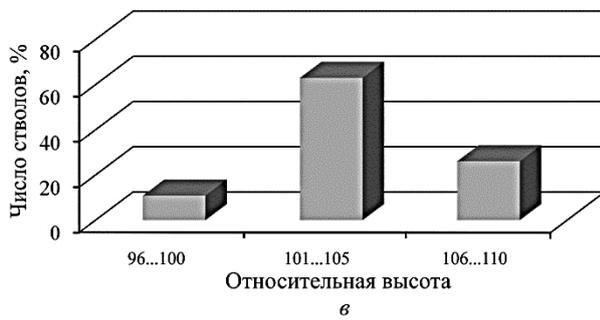
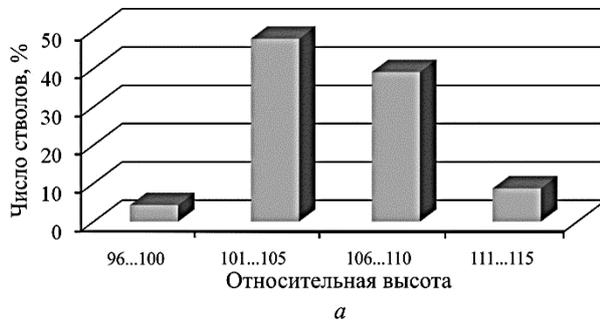
Таблица 3

## Результаты аппроксимации (уровень значимости 0,05)

Распределение	Критерий хи-квадрат*	Значение критерия для различных типов леса			
		Ек	Ертр	Елог	Ед
Нормальное	$\chi^2_1/\chi^2_{\text{табл}}$	31,98/11,07	64,99/14,07	40,70/9,49	25,63/9,49
	$\chi^2_2/\chi^2_{\text{табл}}$	6,87/7,81**	19,58/7,81	4,18/7,81**	7,38/7,81**
Логарифмически нормальное	$\chi^2_1/\chi^2_{\text{табл}}$	49,66/12,59	81,44/15,51	16,82/11,07	62,07/11,07
	$\chi^2_2/\chi^2_{\text{табл}}$	1,92/7,81**	2,96/7,81**	2,11/9,49**	15,92/7,81
Вейбулла	$\chi^2_1/\chi^2_{\text{табл}}$	14,32/11,07	14,32/11,07	29,20/11,07	27,86/9,49
	$\chi^2_2/\chi^2_{\text{табл}}$	6,42/7,81**	28,76/7,81	8,27/7,81	6,60/7,81**
Экспоненциальное	$\chi^2_1/\chi^2_{\text{табл}}$	123,92/15,51	45,87/14,07	275,22/15,51	253,06/14,07
	$\chi^2_2/\chi^2_{\text{табл}}$	227,18/12,59	621,98/11,07	259,77/14,07	272,98/12,59

\*  $\chi^2_1$  – критерий хи-квадрат фактический;  $\chi^2_2$  – критерий хи-квадрат после выделения поколений;  $\chi^2_{\text{табл}}$  – критерий хи-квадрат табличный.

\*\* Данные, соответствующие выражению  $\chi^2 < \chi^2_{\text{табл}}$ .



Распределение деревьев ели по относительной высоте ( $h/d$ ) в различных типах леса: а – Ек, б – Ертр, в – Елог, г – Ед

Распределение деревьев по относительной высоте неравномерное. На наш взгляд, это объясняется различной степенью напряженности роста в зависимости от расположения деревьев на ПП и разновозрастностью древостоев в исследуемых типах леса. Как известно, для определенной возрастной группы характерен соответствующий показатель относительной высоты.

Изучение процесса развития древостоя и формирования его структуры невозможно без предварительного исследования возрастного строения. Возраст древостоя на ПП измеряли по возрастным ядрам и по модельным деревьям. Количество материала не позволяет в полной мере оценить возрастную структуру древостоя, а лишь дает возможность составить представление о некоторых особенностях распределения древостоев по возрасту и условно отнести к определенному типу возрастной структуры. Краткая характеристика некоторых особенностей распределения деревьев по возрасту представлена в табл. 4.

Данные табл. 4 свидетельствуют, что тип возрастной структуры на всех ПП – разновозрастный. Амплитуда возраста составляет от 40 до 220 лет при среднем возрасте, не превышающем интервал колебания. Выявлено, что максимальная изменчивость возраста деревьев ели наблюдается в ельнике долгомошном, где коэффициент вариации 26,4 %. Между ПП наблюдаются некоторые различия в значениях коэффициента вариации возраста деревьев. Снижение этого показателя в ельниках кисличном и лог (при значительной амплитуде изменений возраста), на наш взгляд, связано с особенностями выборки – по типу леса.

Таблица 4

**Распределение деревьев по возрасту в разных типах леса**

Возраст, лет	Число стволов, %, для разных типов леса			
	Ек	Ертр	Елог	Ед
41...60	–	–	–	5,0
61...80	32,4	6,3	13,0	18,1
81...100	36,0	12,7	50,7	19,4
101...120	20,5	13,3	18,5	20,0
121...140	11,1	13,9	17,8	25,0
141...160	–	15,8	–	12,5
161...180	–	22,2	–	–
181...200	–	9,5	–	–
201...220	–	6,3	–	–
<i>Всего</i>	100	100	100	100

Асимметрия рядов распределения ели по возрасту составляет от  $-1,08$  до  $0,86$ . В ельниках кисличном и лог наблюдается левое смещение кривых распределения по отношению к нормальной, а в ельниках разнотравном и долгомошном – правое. Значения асимметрии свидетельствуют, что на всех пробных площадях форма эмпирических кривых распределения значительно отличается от кривой нормального распределения.

Коэффициент эксцесса в большинстве исследуемых древостоев – отрицательный. Только в ельнике долгомошном данный показатель имеет положительное значение, крутость эмпирической кривой распределения существенно отличается от нормальной кривой. Объясняется данный факт биологической особенностью ели – теневыносливостью. Это в свою очередь приводит к увеличению коэффициента вариации возраста и понижению коэффициента эксцесса.

Приведенные выше материалы свидетельствуют, что исследуемые древостои имеют сложную возрастную структуру, статистические показатели рядов распределения количества деревьев ели по возрасту существенным образом зависят от лесорастительных условий формирования древостоев.

#### *Выводы*

В национальном парке «Зюраткуль», в прибрежной зоне одноименного озера, формируются чистые и смешанные коренные ельники. В качестве примеси участвуют береза и лиственница, численность которых достигает до 4 ед.

Производительность высокогорных ельников низкая. Древостои характеризуются в среднем IV классом бонитета. Для доминирующей породы ели характерна высокая изменчивость диаметров стволов ( $35,6...52,5$  %) и относительно невысокая изменчивость их высоты ( $4,2...9,8$  %). Прослеживается тесная связь диаметра ствола с высотой, коэффициент детерминации данного признака варьирует от  $0,47$  до  $0,93$ .

Ельники исследуемого региона представлены разновозрастным типом возрастной структуры без ярко выраженных возрастных поколений. Амплитуда возраста составляет от 40 до 220 лет при среднем возрасте, не превышающем интервал колебания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горное сердце края. Исторические, культурные, природные достопримечательности Саткинского района. Челябинск: Изд-во «Рифей», 1994. 199 с.
2. Дыренок С.А. Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука, 1984. 174 с.
3. Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России. М., 1995. Ч. 1. 176 с.
4. Колесников Б.П. Леса Свердловской и Челябинской областей // Леса СССР. М.: Изд-во «Наука», 1969. Т. 4. 530 с.
5. Кузьмичев В.В. Эколого-ценотические закономерности роста одновозрастных основных древостоев. Красноярск: Ин-т леса и древесины СО АН СССР, 1977. 31 с.

6. *Нагимов З.Я., Коростелев И.Ф., Шевелина И.В.* Таксация леса: учеб. пособие. Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. 300 с.

7. *Никитин К.Е., Швиденко А.З.* Методы и техника обработки лесоводственной информации. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 270 с.

8. *Оскорбин П.А., Вайс А.А.* Динамика пространственной структуры темнохвойных древостоев Западной Сибири//Лесн. журн. 2009. № 1. С. 21–28. (Изв. высш. учеб. заведений).

9. *Тюрин А.В.* Основы вариационной статистики в применении к лесоводству. М.: Гослесбумиздат, 1961. 103 с.

Поступила 05.06.12

### **The Structure of Dark Coniferous Forests of Zyuratkul National Park**

*P.I. Nazmiev, Teaching Assistant*

The Ural State Forest Engineering University, Sibirsky Trakt, 36, 620032, Yekaterinburg, Russia  
E-mail: NaPaIch@mail.ru

According to the available data, in Zyuratkul National Park there have been preserved remains of a highly productive relict spruce forest, which is one of the natural monuments and the largest reserve of natural genetic potential of Siberian spruce in the western subarea of the mountain forest part of Chelyabinsk Region.

The paper aimed to study the current state of the pristine alpine spruce forests of the Southern Urals.

Studying the structure of forest stands, we focused on the nature of inventory characteristics distribution depending on the type of wood. On this basis, we grouped statistical analysis data.

The findings suggest that the structure of stand distribution by diameter is characterized by high variability of trunk diameter. Coefficient of diameter variation reaches up to 52.50 %. In most of the stands, the asymmetry of spruce distribution series by diameter is positive, reaching + 1.04. Kurtosis of spruce by diameter ranges from -0.22 to +1.52. The average height of spruce stands ranges from 14.9 to 23.6 m. Coefficient of height variation does not exceed 9.83 %. In all the types of forests we observed rather close relationships between the diameter and height of trees: coefficient of determination ranged from 0.47 to 0.94 %. The distribution of spruce trees in terms of height varies depending on the type of wood and is 92–126.

The results of the approximation of the distributions of the number of trunks by thickness helped us identify the most appropriate equations for each of the forest types:

- wood-sorrel spruce forest – log-normal distribution;
- herb spruce forest – log-normal distribution;
- wet valley spruce forest – log-normal distribution;
- haircap-moss spruce forest – Weibull distribution.

All the test areas are dominated by uneven-aged stands. The age ranges from 40 to 220 years with the mean age not exceeding the fluctuation interval. The asymmetry of spruce distribution series by age ranges from -1.08 to +0.86.

The national park "Zyuratkul" in the coastal area of Lake Zyuratkul is marked by the formation of pure and mixed virgin spruce forests. The mixed ones include birch and larch, the share of which reaches up to 4 units at various species ratios. Alpine spruce forests are characterized by low productive capacity. The average yield class of these stands is IV.

*Keywords:* structure, spruce, national park Zyuratkul, mountain forest, distribution, approximation.

#### REFERENCES

1. *Gornoe serdtse kraya. Istoricheskie, kul'turnye, prirodnye dostoprimechatel'nosti Satkinskogo rayona* [Mountain Heart of the Region. Historical, Cultural and Natural Attractions of the Satkinsky Distrikt]. Chelyabinsk, 1994. 199 p.
  2. Dyrenkov S.A. *Struktura i dinamika taezhnykh el'nikov* [Structure and Dynamics of Boreal Spruce Forests]. Leningrad, 1984. 174 p.
  3. *Instruktsiya po provedeniyu lesoustroystva v lesnom fonde Rossii* [Instructions for Forest Management in Russia]. Moscow, 1995. Part 1. 176 p.
  4. Kolesnikov B.P. *Lesy Sverdlovskoy i Chelyabinskoy oblastey* [Forests of the Sverdlovsk and Chelyabinsk Regions]. *Lesy SSSR* [Forests of the USSR]. Moscow, 1969. Vol. 4. 530 p.
  5. Kuz'michev V.V. *Ekologo-tsenoticheskie zakonomernosti rosta odnovozrastnykh sosnovykh drevostoev* [Ecological and Coenotic Regularities of Growth of Even-Aged Pine Stands]. Krasnoyarsk, 1977. 31 p.
  6. Nagimov Z.Ya., Korostelev I.F., Shevelina I.V. *Taksatsiya lesa* [Forest Inventory]. Yekaterinburg, 2006. 300 p.
  7. Nikitin K.E., Shvidenko A.Z. *Metody i tekhnika obrabotki lesovodstvennoy informatsii* [Methods and Techniques of Silvicultural Information Processing]. Moscow, 1978. 270 p.
  8. Oskorbin P.A., Vays A.A. *Dinamika prostranstvennoy struktury temnokhvoynykh drevostoev Zapadnoy Sibiri* [Spatial Pattern Dynamics of Dark Coniferous Forest Stands in Western Siberia]. *Lesnoy zhurnal*, 2009, no. 1, pp. 21–28.
  9. Tyurin A.V. *Osnovy Variatsionnoy statistiki v primenenii k lesovodstvu* [Variation Statistics as Applied to Forestry]. Moscow, 1961. 103 p.
-