

**БИОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ
BETULLA RADDEANA (*BETULACEAE*) В ВЫСОКОГОРНОМ ДАГЕСТАНЕ**

Г.А. Садыкова, З.М. Асадулаев
Горный ботанический сад ДНЦ РАН, РФ, г. Махачкала
sadykova_gula@mail.ru

В работе предпринята попытка изучения биоморфологической структуры популяции краснокнижного вида *Betulla raddeana* Trautv. на примере модельной популяции Высокогорного Дагестана. Здесь ее биоморфологическая структура была рассмотрена с использованием различных подходов по типам сообществ и экотопическим условиям, ранжированию особей в объединенной выборке по ключевым признакам (диаметр ствола, количество стволов), а также по наиболее универсальному – индексному показателю. На основе проведенного биометрического анализа выделены 4 типа конструкции кроны, соответствующие конкретным стадиям онтогенеза, определена возрастная структура популяции березы Радде в центральной части его ареала, а анализ биоморфологической структуры популяций в целом определен как экспресс-метод изучения возрастного спектра популяции.

Ключевые слова: *Betulla raddeana* Trautv., биоморфология, структура популяций, крона, индексные показатели, Высокогорный Дагестан.

**BIOMORPHOLOGICAL STRUCTURE OF *BETULLA RADDEANA* (*BETULACEAE*)
POPULATIONS IN HIGH-MOUNTAINOUS DAGESTAN**

G.A. Sadykova, Z.M. Asadulaev
Mountain Botanical Garden of DSC RAS

The investigation of biomorphological structure in populations of red book species *Betulla raddeana* Trautv. using model population of High-mountain Dagestan are given in this work. In these conditions its biomorphological structure was examined in different approaches by the types of communities and ecotope conditions, the ranking of individuals in the combined sample by key characteristics (girth of stem, number of stems), as well as the most universal – index indicator. There were selected 4 types of crown construction appropriate to the particular stages of ontogeny based on biometric analysis. The age structure of *Betulla raddeana* population in the central part of its area was determined. However the analysis of biomorphological structure in populations was defined acting as express method for the study of age spectrum of the population.

Keywords: *Betulla raddeana* Trautv., biomorphology, population structure, crown, index indicators, high-mountainous Dagestan.

Известно, что отдельно взятая растительная особь в онтогенезе может сменить несколько жизненных форм, отличаясь не только морфологически, но и физиологически. Поэтому биоморфологическая структура популяций вида является отражением онтогенетических состояний особей и во многом обуславливается эколого-фитоценоотическими условиями произрастания [1].

Физиологическая суть, как эволюционного становления основных жизненных форм растений, так и закономерной их смены в онтогенезе заключается в необходимости обеспе-

чения определенного уровня корне-листового баланса и возможности нормального функционирования особей в связи со спецификой условий внешней среды [2].

Отсюда, биоморфологическая дифференциация вида имеет, прежде всего, хорологическую основу, на что указывает существование облигатных форм, приуроченных к оптимальным для вида условиям, и нескольких факультативных, чаще возвращающихся к облигатному типу при улучшении условий существования. То есть, в большинстве случаев территориальные модификации в строении тела растений являются следствием приспособительных реакций на изменение экологической обстановки [3]. Так, в благоприятных условиях деревья крупнее, чем в неблагоприятных, а в высокогорьях и у границ ареалов становятся приземистыми и кустовидными.

Адаптивным биоморфологическим проявлениям в популяциях древесных растений в связи с их широтным и высотным распространением посвящена обширная литература [4–9], в структуре которых при этом отмечены многие переходные морфотипы [10–13].

На Кавказе весьма интересным древесным видом для изучения вопросов высотной дифференциации морфологических типов является *Betulla raddeana* Trautv.

Ареал этого вида, жизненные формы которого образуют ряд от настоящего кустарника до многоствольного и одноствольного дерева, простирается на Кавказе от Бечасынского плато до Кубинского района Азербайджана [14, 15] и от 1400 до 2800 м над ур. моря, где растения *B. raddeana* Trautv. произрастают преимущественно на скалистых местах склонов северной экспозиции.

Значительные (широтный и высотный) пределы распространения этого вида представляет интерес с точки зрения составления спектров биоморфологических типов ценопопуляций в связи с адаптацией к условиям высотного градиента, а также типизация крон деревьев в ценопопуляциях в связи с условиями экотопа и преобладающего типа синтаксона.

Настоящая работа является первым этапом выявления биоморфологической структуры *B. raddeana* в пределах всего ареала и посвящена изучению модельной популяции в центральной части его ареала в Высокогорном Дагестане.

Материал и методика

Изучение биоморфологической структуры популяции *B. raddeana* проведено на склонах горы Гишин – Залогова Нукатлинского хребта (с.ш. 42° 14'14,9", в.д. 46° 44'23,0") в окрестности с. Талух Чародинского района. Здесь *B. raddeana* занимает верхнюю границу леса на северном, западном и восточном микросклонах северного макросклона с крутизной от 35° до 55°, на высотах от 2293 м до 2480 м.

Всего проанализировано 220 деревьев, у которых учтены высота и диаметр кроны, количество стволов, диаметр самого крупного ствола на высоте 1,3 м и у основания, расстояние между деревьями по методу ближайшего соседа. Порослеобразование и виталитет особей *B. raddeana* оценены по 5-ти бальной шкале.

В работе предпринята попытка анализа биометрических показателей групп особей *B. raddeana* в зависимости от экотопических условий (по площадкам), по диаметру ствола, по количеству стволов и сбежистости штамба основного ствола. На основе комплексного анализа и различий по числу скелетных ветвей, индексу кроны и сбежистости штамба основного ствола выделены биоморфологические типы.

Результаты и их обсуждение

Средние биоморфологические параметры крон деревьев *B. raddeana* в исследованной популяции варьируют значительно: по высоте от 3,2 до 7,5 м, по диаметру кроны от 2,1 м до 6,1 м. Жизненность особей высокая 4,0–4,5 балла. Количество стволов колеблется от 1 до 14 шт. Порослеобразование усиливается по мере увеличения высоты и диаметра кроны, а также, соответственно, по мере утолщения диаметра ствола. Наиболее интенсивное порослеобразо-

вание, оцененное нами в 3,1 балла, характерно деревьям со средней высотой кроны 7,5 м, с диаметром кроны – до 5 м, с диаметром ствола на высоте груди – 10 см, у основания – 13 см (табл. 1). При дальнейшем утолщении ствола нарастание диаметра кроны продолжается, рост деревьев в высоту и порослеобразование снижаются. Одновременно общий уровень жизнеспособности ухудшается.

Сравнение показателей деревьев в зависимости от их произрастания на склонах разных экспозиций и типов сообществ показало, что на северном склоне они крупнее, число стволов меньше, а для особей на восточном склоне установлены минимальные показатели независимо от типов сообществ.

Таблица 1

Биометрические показатели деревьев *Betula raddeana*

Экспозиция склона	Диаметр ствола у основания, см		Диаметр ствола на высоте 1,3 м, см		Высота кроны, м		Диаметр кроны, м		Кол-во стволов, шт.		Виталитет, балл		Порослеобразование, балл	
	X	CV, %	X	CV, %	X	CV, %	X	CV, %	X	CV, %	X	CV, %	X	CV, %
березняк овсянницевый														
северный	12,4	40,9	9,4	47,0	5,7	30,7	4,3	44,3	3,4	55,9	4,5	15,9	2,4	59,7
березняк разнотравный														
западный	11,7	32,9	8,9	37,5	5,9	24,5	3,4	32,4	2,5	60,8	4,2	19,8	2,4	69,2
березняк вейниковый														
восточный	6,7	73,4	4,5	82,2	3,2	56,4	2,1	80,4	2,3	73,3	4,4	17,3	1,6	100,3
западный	13,1	54,8	9,6	58,1	7,5	26,3	4,7	38,6	1,8	58,0	4,1	23,3	3,1	39,5
северный	27,4	26,7	20,0	26,8	6,8	51,6	6,1	29,5	1,1	30,4	4,0	24,2	2,9	65,8

Для оценки степени функциональной или иной взаимозависимости элементов структурной организации кроны, как основы подвижного равновесия организма со средой проведен корреляционный анализ. Так, из 35 анализируемых двусторонних связей 23 оказались достоверными, из которых 17 имеют положительные тенденции и 6 отрицательные (табл. 2).

Таблица 2

Корреляционные зависимости признаков деревьев чародинской популяции березы Радде

Признаки	Диаметр ствола у основания	Диаметр ствола на высоте 1,3	Высота кроны	Диаметр кроны	Жизненность	Порослеобразование	Кол-во стволов
Диам. ств. на 1,3 м	0,95*						
Высота кроны	0,81*	0,86*					
Диаметр кроны	0,76*	0,79*	0,76*				
Жизненность	0,06	0,09	0,11	0,11			
Порослеобразование	0,28*	0,30*	0,34*	0,40*	0,001		
Кол-во стволов	0,01	0,03	0,02	0,26*	0,04	0,25*	
Расстояние до ближайшего соседа	0,59*	0,59*	0,53*	0,52*	-0,16*	0,29*	-0,01
Индекс кроны	-0,21*	-0,20*	-0,01	-0,55*	-0,04	-0,27*	-0,36*

Сильные достоверные положительные связи выявлены для признаков, имеющих функциональную взаимозависимость: диаметр ствола, диаметр кроны и высота кроны. Положительная связь также доказана для высоты и диаметра кроны с уровнем порослеобразо-

вания и расстоянием между деревьями. С возрастом в древостоях расстояние между деревьями однозначно увеличиваются в силу конкурентного взаимоотношения и последующего выппада, а виталитет ослабевает ($-0,16^*$). При этом одновременно наблюдается и некоторое выравнивание расстояний между деревьями, что связано с достижением ими максимальных биометрических параметров, несмотря на различия в возрасте.

Жизненность особей не связана с биометрическими показателями деревьев, что и понятно: в каждом возрасте встречаются и угнетенные и процветающие деревья, хотя общий тренд известен. Индекс кроны деревьев характеризуется слабыми отрицательными связями со всеми признаками, что является следствием сохранения нарастания диаметра кроны после достижения деревьями березы максимальной высоты, благодаря разновозрастности кронообразующих скелетных ветвей. Т.е. «кустистость» кроны формируется постепенно, что приводит к большей продолжительности нарастания боковых скелетных ветвей, постепенному снижению значения индекса и увеличению раскидистости кроны.

В связи с отсутствием закономерного изменения биометрических показателей особей *B. raddeana* по экспозиции склона и типам сообществ, возникла необходимость оценки деревьев по диаметру ствола как наиболее консервативному признаку, аккумулирующему всякие изменения, связанные с реализацией генетической программы развития в конкретных условиях среды. При этом ранжирование и группирование деревьев по этому признаку проведено с учетом индекса кроны (табл. 3).

Таблица 3

Биометрические показатели и жизненность деревьев березы Раде у групп по диаметру основного ствола

Группы по диаметру ствола, см	N	Диаметр ствола у основания, см		Диаметр ствола на высоте 1,3, см		Высота кроны, м		Диаметр кроны, м		Кол-во стволов, шт.		Виталитет, балл		Порослеобразование, балл		Индекс кроны	
		X	CV, %	X	CV, %	X	CV, %	X	CV, %	X	CV, %	X	CV, %	X	CV, %	X	CV, %
1-5	55	2,3	56,3	1,3	53,7	2,0	34,6	1,6	116,1	2,0	50,0	4,4	18,4	1,1	117,0	1,9	46,6
6-10	34	8,3	13,4	5,2	35,0	4,2	33,7	2,3	34,6	2,1	54,5	4,1	18,1	1,8	79,0	1,9	32,1
11-15	69	13,2	10,7	10,3	17,6	5,8	23,1	3,6	35,4	2,9	73,7	4,2	20,4	2,7	59,0	1,8	38,9
16-20	39	18,2	7,1	13,7	14,8	7,1	16,7	4,4	32,4	2,3	66,2	4,5	15,3	2,8	54,6	1,8	29,8
21-25	11	23,8	5,3	17,7	16,0	8,0	17,7	5,8	42,7	1,9	54,7	3,9	29,1	3,5	54,1	1,6	40,5
26-30	6	28,2	5,7	19,5	27,3	7,6	47,6	4,8	50,1	3,0	78,9	4,7	17,5	1,5	91,4	1,8	34,7
31-35	6	33,5	3,7	25,5	9,8	9,5	29,6	7,3	13,4	1,0	0	4,6	11,1	1,8	93,9	1,3	24,9
36-40	2	39,0	3,6	25,0	0	9,0	0	6,0	0	1,0	0	4,1	35,4	3,5	20,2	1,5	

Прежде всего, выделились две преобладающие по численности группы. В группу с диаметром ствола до 5 см отнесено 55 растений (около 25%). Это семенной подрост березы, заселяющий периферийные участки общего массива, частичный выпад которых в результате конкурентного взаимоотношения выявляется уже в следующей группе (6–10 см). Наибольшее количество особей (31%) оказалось в группе с диаметром ствола 11–15 см. Особи этой группы уже вступили в генеративную фазу темпы роста деревьев несколько ниже, а диапазон календарных возрастов особей шире. Различное число особей в группах по диаметру ствола, возможно, зависит от ритмичности образования семян и, соответственно, возобновления особей. В настоящее время массовое появление подростка и разрастание массива *B. raddeana* здесь связано с отсутствием рубки и снижением пастбищной нагрузки.

Анализ биометрических показателей деревьев березы у указанных выше групп, выявил высокие значения CV у молодых особей. Это связано, прежде всего, со значительной плотностью их произрастания на единице площади (10–20 растений на кв. м), разновозрастностью и усиленной внутривидовой конкуренцией между растениями при освоении новых территорий как г-стратега. Высота кроны у особей в разных группах колебалась при этом от 0,5 до 10 м, а диаметр кроны – от 0,5 до 8 м.

У деревьев с увеличением диаметра ствола показатели CV стабилизируются. (CV от 56,3 до 3,6%), однако нарастание диаметра основания боковых стволов при общем снижении ростовой активности деревьев при переходе к зрелому возрасту не прекращается.

Стабилизация первого показателя, видимо, обусловлена большей детерминированностью высоты деревьев, при этом нарастание боковых скелетных ветвей продолжается за счет камбиальной активности для обеспечения корне-листового питания при увеличении диаметра кроны.

С увеличением диаметра ствола биометрический индекс снижается от 1,9 до 1,3 вместе со стабилизацией CV (с 46,6 до 24,9%), что связано, как отмечено выше, с усилением горизонтального наклона и снижением прироста скелетных ветвей.

Таким образом, ранжирование особей по диаметру ствола позволило выявить пределы роста в высоту, диаметр кроны и ствола характерные разным этапам онтогенетического развития особей данной популяции. В связи с изменением кустистости в онтогенезе проведено также ранжирование особей *B. raddeana* в объединенной выборке по количеству стволов.

Максимальное количество стволов у особей в данной популяции достигает 14. Этот показатель стабилизируется к 40–50 годам и связан с виталитетом деревьев. Наименьшая кустистость отмечена у группы с диаметром ствола 21–25 см с низким уровнем жизненности.

На основе ранжирования деревьев по количеству стволов и индексных показателей кроны деревьев нами сделана попытка определения возрастной структуры популяции березы Радде. При этом считают, что индексы как универсальные показатели морфогенетических процессов наиболее полно отражают изменения параметров крон в отдельные этапы онтогенеза [16]. На основе индексов выделено 4 типа кроны: колоновидный, яйцевидный, округлый и конический, которые соответствуют определенным возрастным состояниям.

Колоновидный тип кроны формируется в первые годы жизни у особей j, im и v возрастных состояний, когда структурные элементы конструкции кроны дерева только формируются, а количество стволов равно 1–2. Для особей с колоновидной кроной индексный показатель отношения высоты дерева к его диаметру равен 2 (табл. 4).

Таблица 4

Относительные биометрические показатели ствола и кроны деревьев березы Радде при ранжировании по количеству стволов

Количество стволов	Количество деревьев	Индекс кроны (h/d)		Индекс ствола (d осн./ d 1,3)	Высота кроны, м		Диаметр кроны, м	
		X	CV, %		X	CV, %	X	CV, %
1	87	2,0	40,3	1,6	5,3	52,1	3,1	65,4
2	50	1,9	26,0	1,8	4,8	53,6	2,9	72,1
3	44	1,6	35,7	1,6	4,6	48,8	3,1	54,3
4	21	1,4	27,7	1,5	5,4	31,8	4,0	35,8
5	12	1,3	41,7	1,3	5,4	40,9	5,0	44,9
6	4	1,3	13,6	1,3	6,5	20,4	5,0	45,8
7	1	1,0	-	1,2	6,0	-	6,0	-
9	1	1,0	-	1,3	7,0	-	7,0	-
14	1	1,1	-	1,2	8,0	-	7,0	-

В эту группу особей с индексом кроны (I = 1,9–2) могут попасть и некоторые особи сенильных возрастных состояний в связи с усыханием и отпадом боковых скелетных ветвей. Такая ситуация отражена в высокой вариабельности биометрических показателей этой группы, где минимальное значение высоты и диаметра кроны соответствует 0,8 и 0,2 м соответственно, а максимальное – 13,0 и 8,5 м (CV=52,1–53,6% – по высоте кроны и 65,4-72,1% – по диаметру кроны).

Яйцевидный тип кроны характерен для особей молодого и среднего генеративных возрастных состояний, когда формирование кроны дерева происходит не только за счет ро-

ста центрального ствола, но и боковых скелетных ветвей, приводя к увеличению ее диаметра. Индекс кроны для данной группы особей снижается и колеблется от 1,6 до 1,3.

Округлый тип кроны встречается у особей, когда рост дерева в высоту снижается, количество скелетных ветвей достигает максимума, а боковые ветви разрастаются активно. Такая форма кроны характерна для особей позднего генеративного состояния с индексом близким к 1.

Конический тип характерен растениям в субсенильном состоянии, у которых начинает отмирать верхушка центральной оси. Индекс кроны при этом принимает значение ниже 1.

При смене типов крон в онтогенезе происходит изменение отношения высоты кроны к диаметру ствола, названный нами «индексом нагрузки на ствол». Этот показатель при утолщении ствола закономерно снижается (табл. 5). По отношению к диаметру ствола на высоте 1,3 м у групп с возрастом это снижение происходит более резко, чем к диаметру у основания ствола. Т.е., чем толще ствол и, чем больше выражена тенденция к ослаблению общей высоты кроны, тем ниже нагрузка, которую испытывает ствол. Эта нагрузка закономерно снижается вдоль кроны к верхушке и снижение это более значительное по отношению к диаметру основания ствола.

Таблица 5

Относительные биометрические показатели элементов кроны березы Радде

Группы по диам. ствола	Индекс нагрузки на ствол	
	h кроны /d осн.ств.	h кроны /d1,3 ств.
1–5	1,0	1,9
6–10	0,5	0,9
10–15	0,4	0,6
16–20	0,4	0,5
21–25	0,3	0,5
26–30	0,3	0,3
31–35	0,3	0,3
36–40	0,2	0,4

Указанные относительные показатели кроны и ствола, связанные с достижением ими предельных размеров, специфичны для каждого вида в реальных условиях произрастания, и меняются с изменением активности апикальных меристем и камбия. Активность камбия, на наш взгляд, вдоль ствола, особенно в его средней части, с возрастом сохраняется дольше благодаря разрастанию боковых скелетных ветвей. Такая тенденция в пределах штамба подтверждена показателем индекса ствола как доли толщины основания ствола к толщине штамба на высоте 1,3 м, которая снижается у групп от 50 до 20 %.

Таким образом, соотношение количества деревьев в популяции с различными типами кроны зависит от онтогенетических индивидуальных особенностей и отражает деграционные или адаптационные процессы.

Биоморфологический спектр популяций показывает соответствие условий среды экологическим предпочтениям данного вида и в целом может служить методом экспресс-оценки возрастного спектра популяции [17].

Литература (References)

1. *Khokhryakov A.P.* Evolution of plant biomorphs. М.: Nauka, 1981. 168 p. (in Russian). *Хохряков А.П.* Эволюция биоморф растений. М.: Наука, 1981. 168 с
2. *Kazarian V.O.* Physiological aspects of evolution from wood to grass (root-sheet integration into the ontogeny and phylogeny of plants.). L.: Nauka, 1990. 348 p. (in Russian). *Казарян В.О.* Физиологические аспекты эволюции от древесных к травам (корне-лиственная интеграция в онтогенезе и филогенезе растений.). Л.: Наука, 1990. 348 с.

3. *Mayr E.* Zoological species and evolution. M.: Mir, 1968. 597 p. (in Russian). *Майр Э.* Зоологический вид и эволюция. М.: Мир, 1968. 597 с.
4. *Gorchakovskii P.L.* Plant world of alpine Ural. M.: Nauka, 1975. 282 p. (in Russian). *Горчаковский П. Л.* Растительный мир высокогорного Урала. М.: Наука, 1975. 282 с.
5. *Golubev V.N.* Problems of the evolution of life forms and phylogeny of plants // Problems of evolutionary morphology and biochemistry in the taxonomy and phylogeny of plants. Kiev: Naukova Dumka, 1981. P. 3–29. (in Russian). *Голубев В. Н.* Проблемы эволюции жизненных форм и филогения растений // Проблемы эволюционной морфологии и биохимии в систематике и филогении растений. Киев: Наукова думка, 1981. С. 3–29.
6. *Bulanov M.V.* Biology and phytocenological role of bird cherry *Prunus padus* L. in different parts of the area. Authoref. diss. ... cand. biol. sci. M., 1989. 16 p. (in Russian). *Буланая М. В.* Биология и фитоценологическая роль черемухи обыкновенной *Prunus padus* L. в разных частях ареала. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1989. 16 с.
7. *Zhukova L.A.* Polyvariety of ontogenesis and dynamics of plant cenopopulations // General biology/ 1990. T.51. № 4. P. 450–461. (in Russian). *Жукова Л.А.* Поливариантность онтогенеза и динамика ценопопуляций растений // Общ. биол. 1990. Т.51. № 4. С. 450–461.
8. *Getmanets I.A.* The ecobiomorphs of *Salix rosmarinifolia* in repartitions of steppe south of the Chelyabinsk region // Problems of Ecology and Environmental Education of Chelyabinsk region. Chelyabinsk: Chelyabinsk State Pedagogical University, 2001. P. 33–37. (in Russian). *Гетманец И. А.* Экобиоморфы *Salix rosmarinifolia* в пределах степного юга Челябинской области // Проблемы экологии и экологического образования Челябинской области. Челябинск: ЧГПУ, 2001. С. 33–37.
9. *Volkov I.V.* Biomorphological adaptation of alpine plants. Authoref. diss. ... dokt. biol. sci. Novosibirsk, 2008. 32 p. (in Russian). *Волков И. В.* Биоморфологические адаптации высокогорных растений. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Новосибирск, 2008. 32 с.
10. *Liubavskaja A.Y.* Karelian birch. M.: Forest industry, 1978. 158 p. (in Russian). *Любавская А.Я.* Карельская береза. М.: Лесная промышленность, 1978. 158 с.
11. *Koropachinsky I.J., Vstovskaya T.N.* Woody plants of the Asian Russia. Novosibirsk: Publishing House of the SB RAS, 2002. 707 p. (in Russian). *Короначинский И.Ю., Встовская Т.Н.* Древесные растения Азиатской России. Новосибирск: изд-во СО РАН, 2002. 707 с.
12. *Nowicka L.L.* Karelian birch: mechanisms of growth and development of structural abnormalities. Petrozavodsk: Verso, 2008. 144 p. (in Russian). *Новицкая Л.Л.* Карельская береза: механизмы роста и развития структурных аномалий. Петрозаводск: Verso, 2008. 144 с.
13. *Kostina M.V., Varabanszikova N.S., Bityugova G.V., Yasinskaya O.I., Oaks A.M.* Structural modification of the crown birch (*Betula pendula* Roth.) depending on ecological conditions of the growth // Siberian Journal of Ecology. 2015. № 5. P. 710–724. (in Russian). *Костина М.В., Барабанищикова Н.С., Битюгова Г.В., Ясинская О.И., Дубах А.М.* Структурные модификации кроны березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в зависимости от экологических условий произрастания // Сибирский экологический журнал. 2015. № 5. С. 710–724.
14. Dendroflora of the Caucasus. / Ed. Gulisashvili V.Z. / Tbilisi: Publishing of the Georgian Academy of Sciences. 1961. Vol. 2. P. 108–125. (in Russian). Дендрофлора Кавказа. / под ред. Гулисашвили В.З. / Тбилиси: Изд-во АН Гр. ССР. 1961. Т. 2. С. 108–125.
15. *Dibirov M.D.* The variability structure of some morphological characters birch Radde (*Betula raddeana* Trautv.). PhD. thesis in Biol. sciences. L., 1981. Vol.1. 184 p. (in Russian). *Дибиров М.Д.* Структура изменчивости некоторых морфологических признаков березы Радде (*Betula raddeana* Trautv.). Дис. ... канд. биол. наук. Л., 1981. Т.1. 184 с.
16. *Kofman G.B.* The growth and shape trees. Novosibirsk: Nauka, 1986. 211 p. (in Russian). *Кофман Г.Б.* Рост и форма деревьев. Новосибирск: Наука, 1986. 211 с.
17. *Sennov S.N., Gryazkin A.V.* Forest science (schoolbook). St. Petersburg: SPbGLTA, 2006. 70 p. (in Russian). *Сенов С.Н., Грязькин А.В.* Лесоведение (учебное пособие). Санкт-Петербург: СПбГЛТА, 2006. 70 с.