

УДК 581.55+ 57.055+630*182

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШКАЛ Д.Н. ЦЫГАНОВА ДЛЯ АНАЛИЗА
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ТИПОВ ЛЕСА СРЕДНЕГО УРАЛА****Золотова Е.С., Иванова Н.С.***ФГБУН «Ботанический сад» УрО РАН, Екатеринбург, e-mail: i.n.s@bk.ru, afalinakate@gmail.com*

На примере типов леса Зауральской холмисто-предгорной провинции (Средний Урал) проведен сравнительный анализ двух способов расчета экологического пространства местообитаний по диапазонным шкалам Д.Н. Цыганова: классическим (по средним арифметическим значениям) и методом регрессии. Проведены комплексные исследования, дана оценка местообитаний 12 типов условно-коренных лесов, выделенных на основе генетической типологии. Установлено, что различия в балловых значениях зависят не только от рассматриваемой экологической шкалы, но и от типа лесного фитоценоза. Для каждого типа леса характерны свои различия между балловыми оценками, рассчитанными классическим методом и с помощью регрессии. Мы выявили, что шкалы термоклиматическая, освещенности – затенения, шкалы трофности и увлажнения почв дают занижение баллов, вычисленных методом регрессии, по сравнению с классическим способом для всех типов леса. Применение диапазонных шкал Д.Н. Цыганова эффективно для быстрой оценки экологических параметров окружающей среды, однако результаты зависят от выбора метода и типа леса. Поэтому для увеличения точности описания условий конкретных растительных сообществ рекомендуется применять как классический способ расчёта, так и метод регрессии. При получении сильной разницы между баллами, рассчитанными разными способами, учитывать возможные искажения в оценке местообитаний.

Ключевые слова: коренной лес, тип леса, экологические шкалы, экологические факторы, Д.Н. Цыганов, Средний Урал, лесная типология, лесные почвы

**USING D.N. TSYGANOV'S SCALES FOR ANALYSIS ECOLOGICAL SPACE
OF FOREST TYPES OF MIDDLE URALS****Zolotova E.S., Ivanova N.S.***Botanical Garden Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, e-mail: i.n.s@bk.ru, afalinakate@gmail.com*

On the example of forest types of the Zauralsky hilly piedmont province (Middle Urals) we carried out the comparative analysis of two ways of calculation of ecological space of habitats of D.N. Tsyganov's band scales: classical (in mean values) and a regression method. We conducted complex researches, gave an assessment of habitats of 12 forest types selected on the basis of genetic typology. It was found that differences in points values depend not only on the considered ecological scale, but also on the type of forest communities. For each forest type the distinctions between the points estimates calculated by a classical method and by regression are characteristic. We revealed underestimation of points, calculated by a regression, compared with the classical method for all forest types of the thermo-climatic scale, the light-shading scale, the trophic scale and the soil moisture scale. Application of D.N. Tsyganov's band scales effectively for a fast assessment of ecological parameters of environment, however, results depend on a choice of a method and forest type. Therefore, to apply to increase in accuracy of the description of the specific conditions of the plant communities are recommended as the classic method of calculation and regression method. When you receiving a strong difference between the points calculated in the different ways, we recommended to consider possible distortions in estimates of habitats.

Keywords: indigenous forest, forest type, ecological scales, ecological factors, Tsyganov, Middle Urals, forest typology, forest soil

В настоящее время все большее значение приобретает оценка экологических параметров местообитаний по произрастающим на нем видам растений. Фитоиндикация – достаточно распространенная и традиционная процедура в современных геоботанических и экологических исследованиях [2, 4, 9, 14], незаменимый метод в случаях, когда прямое измерение параметров чрезвычайно сложно, трудоемко или даже невозможно.

В России наиболее широко используются диапазонные экологические шкалы Л.Г. Раменского [10] и Д.Н. Цыганова [11], а также точечные европейские шкалы Г. Эленберга [12] и Е. Ландольта [13].

Шкалы Д.Н. Цыганова объединяют и систематизируют знания об экологических потребностях растений. При создании шкал автор опирался на значительное число литературных источников и в том числе картографические материалы [4]. Охарактеризовано 2304 вида растений. По сравнению с таблицами Л.Г. Раменского, они содержат большее число лесных видов растений и больше экологических шкал (рассмотрено 10 факторов, у Л.Г. Раменского – 5). В связи этим их использование целесообразно для фитоиндикации лесных сообществ и удобно для расчета потенциальной флоры.

Методика классических расчетов экологических режимов в фитоценозах по Д.Н. Цыганову заключается в использовании двух таблиц: экологических амплитуд видов и шкал факторов [1]. Балл условно оптимального типа режима вида находят по шкале факторов как среднее из минимума и максимума амплитуды толерантности исследуемого растения к данному фактору. Для этого по соответствующей таблице экологических амплитуд видов находят ассоциацию, исследованием которой занимаются, и характерную для него экологическую формулу, приведенную для каждого вида по 10 экологическим факторам. По найденному баллу каждого экологического фактора судят о типе экологического режима для данного вида в данной ассоциации. Для определения значения конкретного экологического фактора всей ассоциации находят среднее арифметическое суммы баллов всех видов ассоциации по данному фактору [1].

Способ расчета оценки экологического пространства местообитаний по диапозонным шкалам Д.Н. Цыганова с применением регрессионного анализа [1] заключается в ранжировании диапозонов экологических факторов видов местообитаний и расчете регрессии для верхнего и нижнего диапозонов значений баллов факторов относи-

тельно их диапозона. Алгоритм реализован в виде рабочего листа к Excel 2007 [1].

Применение данного способа расчета позволяет не только оценить величину фактора для данного местообитания, но и определить его значимость на 0,05 доверительном уровне, верхний и нижний доверительные интервалы для коэффициентов регрессии, а также коэффициент детерминации (R^2), характеризующий силу связи. Коэффициент детерминации весьма сильно отличается для верхнего и нижнего диапозонов экологических факторов, что представляет значительный интерес, поскольку указывает на их лимитирующее значение [1].

Цель исследований – на примере типов леса Зауральской холмисто-предгорной провинции провести сравнительный анализ оценок местообитаний по шкалам Д.Н. Цыганова, полученных двумя различными методами: классическим способом (по средним арифметическим значениям) и методом регрессии.

Материал и методика исследований

Район исследований – южно-таежный округ Зауральской холмисто-предгорной провинции между 57°00'–57°05' с.ш. и 60°15'–60°25' в.д. Пробные площадки (0,25–0,5 га) заложены в 12 условно-коренных типах леса (табл. 1).

Таблица 1

Лесорастительные условия, основные условно-коренные типы леса и особенности почв [8]

Положение в рельефе	Тип леса, бонитет, шифр	Мощность почв (аккумулятивных горизонтов) (см) и характеристика [3]
1	2	3
Свежие, периодически сухие		
Вершины и верхние половины склонов возвышенностей	сосняк брусничниковый; П–III; С бр.	менее 30 (10); неполноразвитые бурые горно-лесные хрящеватые легкие суглинки, с 15 см встречаются крупные обломки породы
Устойчиво свежие		
Вершины спокойных возвышенностей, пологие склоны	сосняк ягодниковый; П–III; С яг.	30–40 (7); горно-лесные дерново-подзолистые, щебнистые рассыпчатые супеси
Придолинные склоны с щебнем горных пород	ельник-сосняк зеленомошниково-ягодниковый; III; Е-С зл. яг.	50–60 (8); дерново-подзолистые щебнистые суглинистые почвы
Средние и нижние части пологих склонов	сосняк орляковый; П–III; С орл.	70–80 (10); дерново-подзолистые двучленные почвы (супесчаные на суглинистых породах)
Невысокие водораздельные возвышенности	сосняк травяно-липняковый; II; С тр. лп.	50–60 (10); дерново-слабоподзолистые щебнистые на суглинистом элювии-делювии горных пород
Свежие, периодически влажные		
Ровные слегка приподнятые участки водоразделов, пологие склоны	сосняк разнотравный; П–III; С ртр.	90 (8); суглинистые дерново-подзолистые на суглинистом элювии-делювии горных пород

Окончание табл. 1

1	2	3
Слегка приподнятые участки ровных водоразделов и депрессий	сосняк с темнохвойным ярусом мшисто-черничниковый; II–III; С-Тх мш. чер.	60 (9); дерново-подзолистые супесчаные, слабооглеенные, на водоупоре из плотных пород
Дренированные нижние части придолинных склонов	ельник травяно-зеленомошниковый, II–III; Е тр. зм.	120 (9); дерново-подзолистые тяжелые почвы с признаками оглеения
Влажные, периодически сырые		
Дренированные шлейфы придолинных склонов	сосняк-ельник разнотравно-высокотравный, III; С-Е втр.	170 (10); супесчаные дерново-подзолистые на суглинистом элювии-делювии горных пород
Плоские гривы среди болот и слабо дренированных междуречий	ельник-кедровник хвощево-мшистый, III–IV	более 100 (20); торфяно-глеевые тяжелосуглинистые
Устойчиво-сырые		
Бессточные котловины и межувальные западины	сосняк кустарничково-сфагновый, V–Vб; С кс. сф.	Более 100 (15); поверхностно-заболоченные торфянисто-глеевые

Проведены комплексные лесогеоботанические и почвенные исследования. Подробное описание методики исследований, структуры изученных лесов и свойств почв приведены ранее [5, 6].

Общие списки видов древесного и травяно-кустарничкового ярусов анализировались с помощью диапазонных экологических шкал Д.Н. Цыганова [11] и алгоритма расчета для Excel [1]. Итоговая экологическая оценка сообщества по каждому экологическому фактору была вычислена по классической методике Д.Н. Цыганова (среднее арифметическое суммы баллов всех видов сообщества по данному фактору) и методом регрессионного анализа [1]. Ранее по классической методике была проведена ординация исследуемых типов леса, выявлены главные действующие факторы, определяющие структуру и разнообразие растительности [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Для 12 типов условно-коренных лесов южно-таежного округа Зауральской холмисто-предгорной провинции с помощью диапазонных экологических шкал Д.Н. Цыганова дана характеристика климатических (табл. 2) и почвенных условий (табл. 3). Рассмотрены такие климатические факторы, как термоклиматический (ТМ), континентальности климата (KN), омброклиматический (ОМ), криоклиматический (CR), освещенность – затенение (LC) (табл. 2).

Таблица 2

Экологическая характеристика климатических условий южно-таежных лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова

Тип леса	ТМ	KN	ОМ	CR	LC
С бр.	7,4/6,1	8,7/8,9	8,7/9,4	6,6/6,6	4,7/1,9
С яг.	7,3/6,7	8,9/10,3	8,7/8,9	6,4/5,9	4,5/2,0
С яг. лп.	7,6/6,1	8,5/7,3	8,6/9,0	7,0/8,0	4,8/2,9
Е-С зм. яг.	7,6/6,9	8,8/10,0	8,5/9,1	6,7/6,8	4,6/2,0
С орл.	7,6/5,3	8,8/8,4	8,6/9,2	6,8/6,2	4,7/2,2
С тр. лп.	7,5/5,9	9,0/11,1	8,6/8,5	6,5/5,2	4,8/3,4
С ртр.	7,5/6,9	9,0/11,3	8,3/8,1	6,7/7,2	4,5/1,8
С-Тх мш. чер.	7,3/5,9	8,9/10,4	8,7/9,3	6,5/6,4	4,8/2,3
Е тр. зм.	7,4/6,1	9,0/11,2	8,3/8,6	6,6/6,4	4,6/2,3
С-Е втр.	7,4/6,1	8,9/11,2	8,4/8,6	6,8/6,1	4,7/2,7
Е-К хв. мш.	7,1/5,2	8,8/9,0	8,6/8,5	6,5/7,6	4,4/1,2
С сф. хв.	7,2/6,1	9,0/11,2	8,6/7,8	6,4/7,5	4,5/1,6

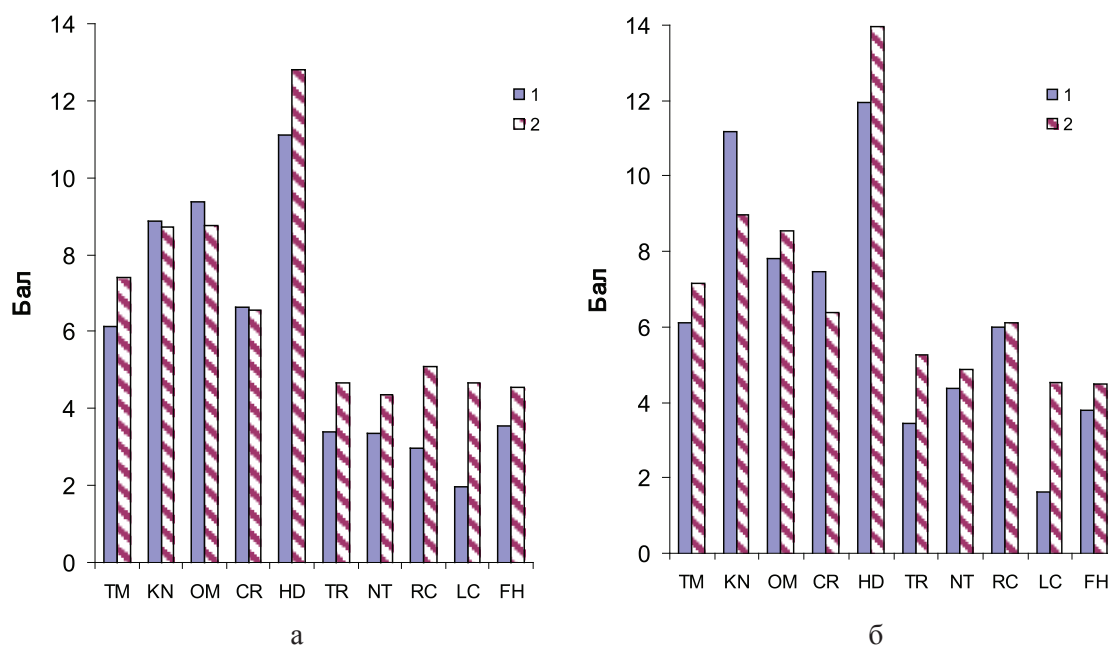
Примечание. Баллы факторов среды были вычислены по средним арифметическим значениям и методом регрессионного анализа (средний/регрессия).

Таблица 3

Экологическая характеристика богатства почвенных условий условно-коренных лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова

Тип леса	Увлажнение почв (HD)	Трофность почв (TR)	Богатство азотом (NT)	Кислотность почв (RC)
С бр.	12,8/11,1	4,7/3,4	4,4/3,4	5,1/3,0
С яг.	12,9/11,8	5,1/2,2	4,3/2,3	5,9/4,8
С яг. лп.	12,6/12,5	5,2/3,7	4,6/3,6	6,0/5,3
Е-С зм. яг.	12,5/12,1	5,2/3,8	4,8/4,2	6,5/6,9
С орл.	12,8/12,6	5,2/3,6	4,9/5,1	6,2/6,4
С тр. лп.	12,8/12,2	5,2/3,6	4,8/4,7	6,3/6,8
С ргр.	12,6/12,3	5,8/3,9	5,1/5,9	6,8/7,5
С-Тх мш. чер.	13,2/11,7	4,7/2,3	4,4/2,5	5,6/4,8
Е тр. зм.	13,1/12,9	5,8/3,6	5,4/6,2	6,5/6,5
С-Е втр.	13,5/13,6	5,7/3,8	5,4/6,4	6,5/6,8
Е-К хв. мш.	14,2/13,8	5,6/2,4	5,0/4,2	5,9/4,8
С сф. хв.	14,0/12,0	5,3/3,5	4,9/4,4	6,1/6,0

Примечание. Баллы факторов среды были вычислены по средним арифметическим значениям и методом регрессионного анализа (средний/регрессия).



*Сравнительная характеристика экологического пространства сосняка брусничникового и сфагново-хвощевого классическим и регрессионным способом:
а – сосняк брусничниковый; б – сосняк сфагново-хвощевый;
1 – метод регрессии; 2 – классический метод*

При сравнении баллов, вычисленных классическим способом (по средним) и методом регрессии (табл. 2), наибольшее отличие установлено по шкале освещенности (разница от 1,2 до 3,2 баллов), наименьшее – по омброклиматической шкале, т.е. соотношению осадков и испарения (разница от 0,1 до 0,8 баллов). Баллы, вычисленные по средним, выше, чем по регрессии

для всей термоклиматической шкалы и освещенности. Для остальных климатических шкал они могут быть как выше, так и ниже.

Для каждой климатической шкалы выявлены типы леса с максимальными различиями между рассчитанными баллами: термоклиматическая – сосняк орляковый (разница 2,2 балла); шкала континентальности климата – сосняк разнотравный и сосняк-

ельник высокотравный (разница 2,3 балла); омброклиматическая – сосняк сфагново-хвощевый (0,8 балла); криоклиматическая – ельник-кедровник хвощево-мшистый и сосняк сфагново-хвощевый (1,1 балла); шкала освещенности – ельник-кедровник хвощево-мшистый (3,2 балла). В качестве примера на рисунке приведена сравнительная гистограмма для двух крайних типов леса – сосняка брусничникового и сфагново-хвощевого. Установлено, что для каждого типа леса характерны свои различия между балловыми оценками, рассчитанными классическим методом и с помощью регрессии. Сильная разница между баллами, рассчитанными разными способами, может приводить к искажениям в оценке местообитаний.

По аналогии сделан сравнительный анализ почвенных условий. Максимальные отличия в баллах, вычисленных по средним арифметическим значениям и методом регрессии, установлены по шкалам трофности почв (разница от 1,3 до 3,2 балла). Баллы, вычисленные по средним, выше, чем по регрессии для шкал трофности и увлажнения почв.

Для каждой шкалы почвенных условий (табл. 3) выявлены типы леса с максимальными различиями между рассчитанными баллами: шкала увлажнения – сосняк сфагново-хвощевый (разница 2,0 балла); шкала трофности почв – ельник-кедровник хвощево-мшистый (3,2 балла); шкала богатства азотом – сосняк ягодниковый (2,0 балла); шкала кислотности почв – сосняк брусничниковый (2,1 балла).

Отдельно рассмотрим оценку местообитаний по шкалам почвенных условий при использовании итоговых баллов, рас-

считанных классическим способом и методом регрессии. По шкале увлажнения метод расчета баллов с помощью регрессии дает более широкий интервал (от 11 до 14 баллов), чем по средним значениям (13–14 баллов), но получаем заниженное значение для сосняка сфагново-хвощевого (табл. 3). По шкале солевого режима почв (трофности) различия между баллами, рассчитанными разными способами, максимальны (табл. 3): по средним арифметическим значениям почвы изученных типов леса относятся к небогатым (5–6 баллов); по регрессии – бедные и небогатые (2–4 балла). По количеству азота более широкий интервал баллов также дает метод регрессии – от 2,3 (С яг.) до 6,4 баллов (С-Е втр.); почвы от безазотных/очень бедных до достаточно обеспеченных азотом. По средним арифметическим значениям – от 4,3 (С яг.) до 5,4 баллов (Е тр.зм., С-Е втр.); почвы бедные азотом (табл. 3).

По кислотности почв сильные отличия в интерпретации балловых оценок, рассчитанных разными методами, выявлены для сосняка брусничникового. По регрессии: 3 балла – сильно кислые почвы $pH = 3,5-4,5$, а по средним значениям: кислые почвы $pH = 4,5-5,5$ (табл. 3). При сравнении данных, полученных потенциометрическим методом и по шкалам Д.Н. Цыганова (табл. 4), установлено, что преимущественно фактическое значение кислотности водной вытяжки попадает в рассчитанный диапазон (особенно по средним значениям), за исключением ельника-сосняка зеленомошникового, сосняка разнотравного, ельника травяно-зеленомошникового и ельника-кедровника хвощево-мшистого.

Таблица 4

Сравнительный анализ кислотности почв условно-коренных лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции, полученной инструментально и по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова

Тип леса	Кислотность почв по шкалам Д.Н. Цыганова				По нашим данным верхний/нижний горизонт	
	Баллы		pH		pH _{H2O}	pH _{KCl}
	регрессия	среднее				
С бр.	3,0	5,1	3,5–4,5	4,5–5,5	5,10/5,15	4,06/4,13
С яг.	4,8	5,9	4,5–5,5		5,25/4,79	4,29/3,85
С яг. лп.	5,3	6,0	4,5–5,5		5,24/5,57	3,95/3,91
Е-С зм. яг.	6,9	6,5	5,5–6,5		4,91/4,60	4,02/3,89
С орл.	6,4	6,2	4,5–5,5		5,16/5,41	4,13/4,01
С тр. лп.	6,8	6,3	4,5–5,5		5,24/4,82	4,18/3,64
С ртр.	7,5	6,8	5,5–6,5		5,40/5,27	4,34/3,61
С-Тх мш. чер.	4,8	5,6	4,5–5,5		4,64/4,85	3,57/3,98
Е тр. зм.	6,5	6,5	5,5–6,5		4,52/5,80	3,39/3,86
С-Е втр.	6,8	6,5	5,5–6,5		5,33/6,34	4,43/4,34
Е-К хв. мш.	4,8	5,9	4,5–5,5		4,34/4,93	3,66/3,73
С сф. хв.	6,0	6,1	4,5–5,5		5,03/5,41	3,73/3,99

Заключение

Проведен сравнительный анализ оценки местообитаний 12 типов условно-коренных лесов южно-таежного округа Зауральской холмисто-предгорной провинции (выделенных на основе генетической типологии) по итоговому баллам, рассчитанным по шкалам Д.Н. Цыганова классическим способом (по средним арифметическим значениям) и методом регрессии. Установленные различия в балловых значениях зависят не только от рассматриваемой экологической шкалы, но и от типа лесного фитоценоза. Для каждого типа леса характерны свои различия между балловыми оценками, рассчитанными классическим методом и с помощью регрессии. Однозначно сказать о занижении баллов, вычисленных методом регрессии по сравнению с классическим способом, для всех типов леса можно для термоклиматической шкалы, освещенности – затенения, шкал трофности и увлажнения почв.

Применение диапазоновых шкал Д.Н. Цыганова эффективно для быстрой оценки экологических параметров окружающей среды, однако результаты зависят от выбора метода и типа леса. Поэтому для увеличения точности описания условий конкретных растительных сообществ рекомендуется применять как классический способ расчёта, так и метод регрессии. При получении сильной разницы между баллами, рассчитанными разными способами, учитывать возможные искажения в оценке местообитаний.

Список литературы

1. Бузук Г.Н., Созинов О.В. Фитоиндикация: применение регрессионного анализа // Вестник фармации. – 2007. – № 3 (37). – С. 44–54.
2. Булохов А.Д. Фитоиндикация и ее практическое применение. – Брянск, 2004. – 245 с.
3. Золотова Е.С. Лесотипологические особенности растительности и почв Зауральской холмисто-предгорной провинции: дис. ... канд. биол. наук: 06.03.02. – Екатеринбург, 2013. – 208 с.
4. Зубкова Е.В. О некоторых особенностях диапазоновых экологических шкал растений Д.Н. Цыганова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, № 5. – С. 48–53.
5. Иванова Н.С., Золотова Е.С. Факторы типологического и видового разнообразия лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12. – С. 275–280.
6. Иванова Н.С., Золотова Е.С. Биоразнообразие условно-коренных лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции // Современные проблемы науки и образования: электронный науч. журн. – 2013. – № 1. – URL: <http://www.science-education.ru/107-8563> (дата обращения 10.04.2015).
7. Иванова Н.С., Золотова Е.С. Экологическое пространство типов леса в горах Среднего Урала // Современные проблемы науки и образования: электронный науч. журн. – 2015. – № 3. – URL: www.science-education.ru/123-19372 (дата обращения: 28.05.2015).
8. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Практическое руководство. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. – 176 с.

9. Королюк А.Ю. Использование экологических шкал в геоботанических исследованиях // Актуальные проблемы геоботаники. Лекции. – Петрозаводск, 2007. – С. 177–197.

10. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 472 с.

11. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. – М.: Наука, 1983. – 196 с.

12. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. – Göttingen, 1974. – 97 p.

13. Landolt E. Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora // Veroff. Geobot. Inst. ETH. Zurich. – 1977. – H. 64. – P. 1–208.

14. Shirokikh P.S., Martynenko V.B. Comparison of different ecological scales with respect to efficiency in assessing ecological conditions in forests of the Southern Ural Region // Russian Journal of Ecology. – 2009. – Vol. 40, № 7. – P. 457–465

References

1. Buzuk G.N., Sozinov O.V. Fitoindikacija: primenenie regresionnogo analiza // Vestnik farmacii. 2007. no. 3 (37). pp. 44–54.
2. Bulohov A.D. Fitoindikacija i ee prakticheskoe primenenie. Brjansk, 2004. 245 p.
3. Zolotova E.S. Lesotipologicheskie osobennosti rastitelnosti i pochv Zauralskoj holmisto-predgornoj provincii: dis. ... kand. biol. nauk: 06.03.02. Ekaterinburg, 2013. 208 p.
4. Zubkova E.V. O nekotoryh osobennostjah diapazonnyh jekologicheskikh shkal rastenij D.N. Cyganova // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2011. T. 13, no. 5. pp. 48–53.
5. Ivanova N.S., Zolotova E.S. Faktory tipologicheskogo i vidovogo raznoobrazija lesov Zauralskoj holmisto-predgornoj provincii // Fundamentalnye issledovanija. 2011. no. 12. pp. 275–280.
6. Ivanova N.S., Zolotova E.S. Bioraznoobrazie uslovno-korennyh lesov Zauralskoj holmisto-predgornoj provincii // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija: jelektronnyj nauch. zhurn. 2013. no. 1. URL: <http://www.science-education.ru/107-8563> (data obrashhenija 10.04.2015).
7. Ivanova N.S., Zolotova E.S. Jekologicheskoe prostranstvo tipov lesa v gorah Srednego Urala // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija: jelektronnyj nauch. zhurn. 2015. no. 3. URL: <http://www.science-education.ru/123-19372> (data obrashhenija: 28.05.2015).
8. Kolesnikov B.P., Zubareva R.S., Smolonogov E.P. Lessorastitelnye uslovija i tipy lesov Sverdlovskoj oblasti. Prakticheskoe rukovodstvo. Sverdlovsk: UNC AN SSSR, 1973. 176 p.
9. Koroljuk A.Ju. Ispolzovanie jekologicheskikh shkal v geobotanicheskikh issledovanijah // Aktualnye problemy geobotaniki. Lekcii. Petrozavodsk, 2007. pp. 177–197.
10. Ramenskij L.G., Cacenkina I.A., Chizhikov O.N., Antipin N.A. Jekologicheskaja ocenka kormovyh ugodij po rastitelnomu pokrovu. M.: Selhozgiz, 1956. 472 p.
11. Cyganov D.N. Fitoindikacija jekologicheskikh rezhimov v podzone hvojno-shirokolistvennyh lesov. M.: Nauka, 1983. 196 p.
12. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. Göttingen, 1974. 97 p.
13. Landolt E. Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora // Veroff. Geobot. Inst. ETH. Zurich. 1977. H. 64. pp. 1–208.
14. Shirokikh P.S., Martynenko V.B. Comparison of different ecological scales with respect to efficiency in assessing ecological conditions in forests of the Southern Ural Region // Russian Journal of Ecology. 2009. Vol. 40, no. 7. pp. 457–465

Рецензенты:

Мартыненко В.Б., д.б.н., зав. лабораторией геоботаники и охраны растительности ИБ УНЦ РАН, г. Уфа;

Петрова И.В., д.б.н., зав. лабораторией популяционной биологии древесных растений и динамики леса, Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург.