

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ДИАПАЗОННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ШКАЛ РАСТЕНИЙ Д.Н. ЦЫГАНОВА

© 2011 Е.В. Зубкова

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино

Поступила 03.03.2011

Рассмотрены особенности экологических шкал Д.Н. Цыганова; на экспериментальном материале для последовательных стадий лесной сукцессии проведено сравнение результатов оценки почвенного богатства, полученных с использованием шкал Д.Н. Цыганова, с результатами, полученными с использованием шкал других авторов, применяемых для фитоиндикации местообитаний. Результаты получены с помощью программной системы специализированной обработки геоботанических описаний EcoScaleWin.

Ключевые слова: экологические шкалы растений, экологические факторы, обработка геоботанических описаний, лесные сукцессии.

Фитоиндикация местообитаний – диагностика экологических параметров местообитаний по произрастающим на нем видам растений – является достаточно распространенной и традиционной процедурой в современных геоботанических и экологических исследованиях. Наиболее известными и часто используемыми при обработке геоботанических данных для территории европейской части России являются отечественные экологические шкалы Л.Г. Раменского [17] и Д.Н. Цыганова [21] и европейские шкалы Г. Элленберга [22] и Е. Ландольта [23]. В европейских шкалах указана оценка оптимума вида по каждому фактору, а в шкалах Л.Г. Раменского и Д.Н. Цыганова приводится интервальная оценка условий, в которых встречаются ценопопуляции вида. Диапазонные шкалы позволяют провести оценку экологических ниш видов растений по представленным факторам среды обитания. При этом шкалы Л.Г. Раменского учитывают обилие. Экологические шкалы активно используются в различных исследованиях для оценки экотопических условий [2, 8, 9, 16, 19] и другие, а также для определения экологических ниш ценопопуляций растений [6]. Разработаны различные комплексы программ, реализующие компьютерную обработку геоботанических описаний по этим шкалам [3, 10, 12, 14, 18]. Мы остановимся на некоторых особенностях шкал Д.Н. Цыганова, выявленных в процессе обработки данных по лесным местообитаниям [11].

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. Так, в статье 1974 г. Д.Н. Цыганов [20] отмечает, что при разработке системы климатопических экоморф: *термоморф*, характеризующих типы отношения растений к зональным режимам тепла, и *омброморф*, отражающих типы отношения растений к режимам континентальности климата (определяе-

мым по сезонным сменам режима тепла и режиму атмосферной влаги), в качестве основных градаций он использовал широтные климатические зоны и зоны континентальности климата, принятые в работе Х. Мейзеля [24]. Ареалы растений брались из этой работы, из «Флоры СССР» и других источников. При разработке экотопических экоморф: *гидроморф* (типы отношения растений к водному режиму почв) и *трофоморф* (типы отношения растений к трофическому режиму почв) автор использовал характеристики экологических шкал Л.Г. Раменского, беря при этом максимальный размах амплитуд вне зависимости от обилия вида и зональной приуроченности. Число ступеней шкал при этом было уменьшено по сравнению со шкалами Л.Г. Раменского, что соответствует обобщениям, предложенным коллективом авторов [17]. При разработке ценопотической экоморфы – *гелиоморфы* (характеризующей типы отношения растений к режимам затенения особей) использовано большое число источников, в их числе шкалы теневыносливости П.С. Погребняка [15], работы В.П. Кашкаровой [13] и других, а также сведения из «Флор» и «Определителей» о приуроченности видов к разным местообитаниям [20]. В последующем Д.Н. Цыгановым некоторые шкалы были переработаны, и список их был расширен. В табл. 1 приводится перечень шкал, включенных в издание 1983 г. [21].

Таблица 1. Перечень шкал Д.Н. Цыганова и их диапазоны (по изданию 1983 г.)

Тип режима	Баллы
1. Термоклиматическая шкала (Тм)	1 -14
2. Шкала континентальности климата (Кн)	1 - 15
3. Омброклиматическая шкала аридности-гумидности (Om)	1 - 15
4. Кримиоклиматическая шкала (Cr)	1 - 15
5. Шкала увлажнения почв (Hd)	1 - 23
6. Шкала солевого режима (Tr)	1 - 19
7. Шкала кислотности почв (Rc)	1 - 13
8. Шкала богатства почв азотом (Nt)	1 - 11
9. Шкала переменности увлажнения почв (fH)	1 - 11
10. Шкала освещенности-затенения (Lc)	1 - 9

Большое внимание Д.Н. Цыганов при работе над шкалами уделял понятию «экоморфы». По его

мнению, под экоморфами следует понимать «жизненные формы растений, определяемые их отношением к экологическим условиям» (цит. по Д.Н. Цыганов [20 с. 128]). При построении шкал, в зависимости от широты амплитуды по фактору, он различал «монотопические экоморфы» – «строго приуроченные к одному определенному типу режима данного фактора» (в шкалах им соответствуют нечётные ступени) и «политопические экоморфы» - с

более широкими амплитудами, не укладывающимися «в пределах одного типа режима». Для обозначения последних между основными градациями режимов на оси фактора были расположены дополнительные градации – промежуточные (нечётные) ступени шкал (рис. 1). Основные режимы были обозначены буквенными символами, а дополнительные – сочетанием букв двух соседних режимов [20].

Основные типы режимов фактора (по Д.Н. Цыганову)	Наименование фактора (по Д.Н. Цыганову)	Символ	Сетка системы гидрофит, мезо- и политопических гидрофитов												Амплитуда (по шкале)	Гидротопические шкалы	Системы гидрофитов (по Д.Н. Цыганову)			
			D	Df	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				—	—	—
Пустынные	гипергидрофиты	D	D	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	супераридно-поземно-степная	приветливый
			—	Df	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Полупустынные	гидрофиты	b	b	—	Db	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	полупустынная	—
			—	—	Db	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Субпустынные	субгидрофиты	a	—	ab	—	—	DB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	субпустынная	—
			a	—	ab	—	DB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Среднепустынные	мезогидрофиты	S	—	s	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	среднепустынная	—
			S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Дугополу-пустынные	субмезогидрофиты	C	—	c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	догустынная	—
			C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Среднедогустынные	мезофиты	e	—	e	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	среднедогустынная	—
			e	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

Рис. 1. Пример расположения градаций фактора в шкалах (цит. по: [20]).

Климатопические экоморфы

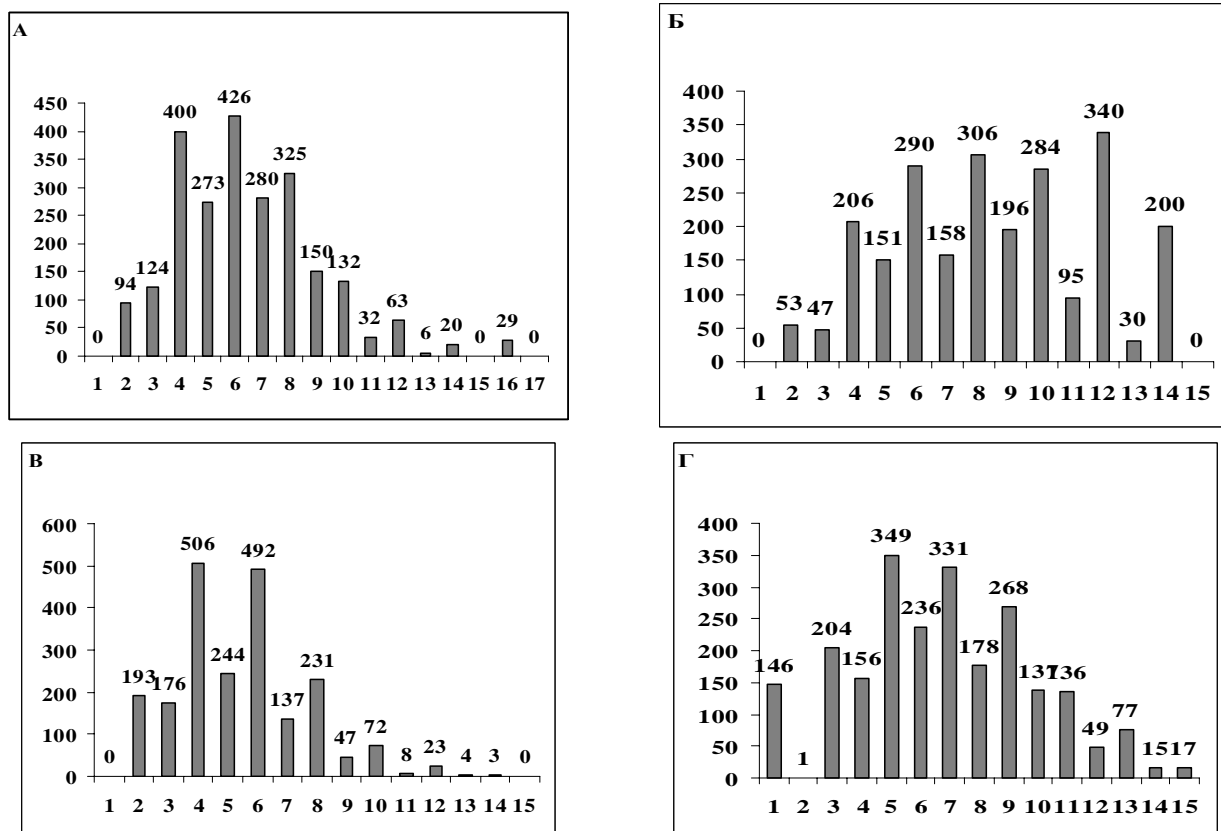


Рис. 2. Число видов растений с диапозонами разной ширины: А) Термоклиматическая шкала, имеет 17 градаций и содержит характеристики 2362 видов; Б) Шкала континентальности климата (15 градаций, 2362 вида); В) Омброклиматическая шкала аридности-гумидности (15 градаций, 2136 видов); Г) Криоклиматическая шкала (15 градаций, 2300 видов); по горизонтальной оси – широта размаха диапозона, по вертикальной оси – число видов с таким диапозоном

Экотопические экоморфы

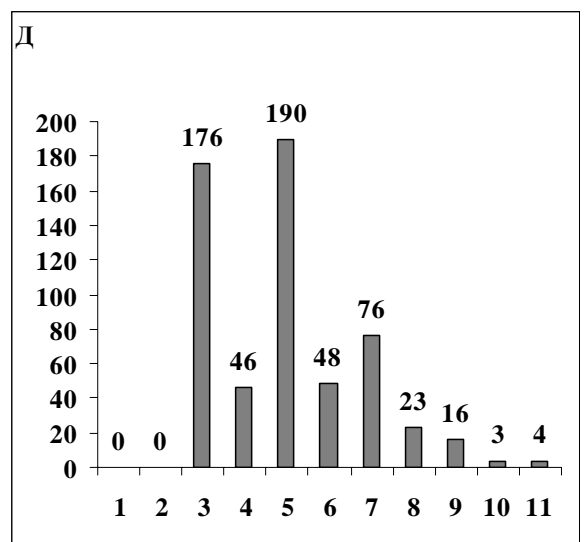
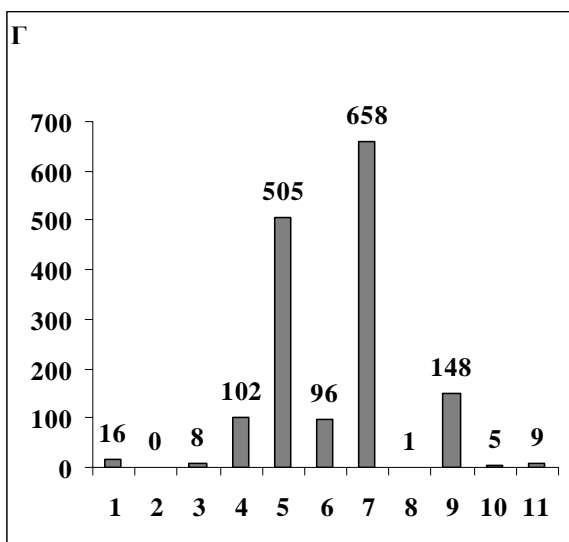
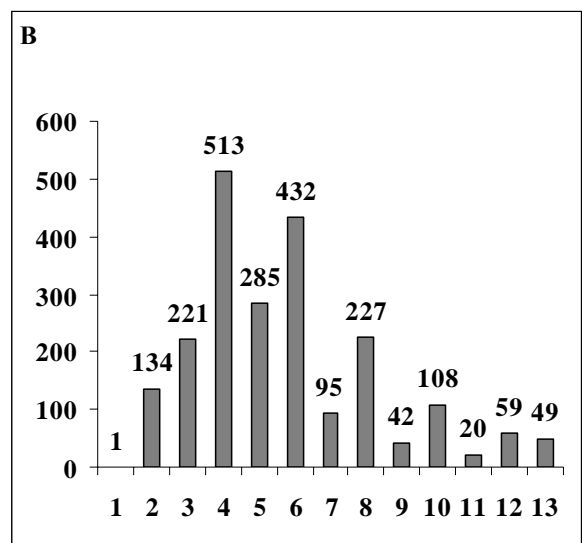
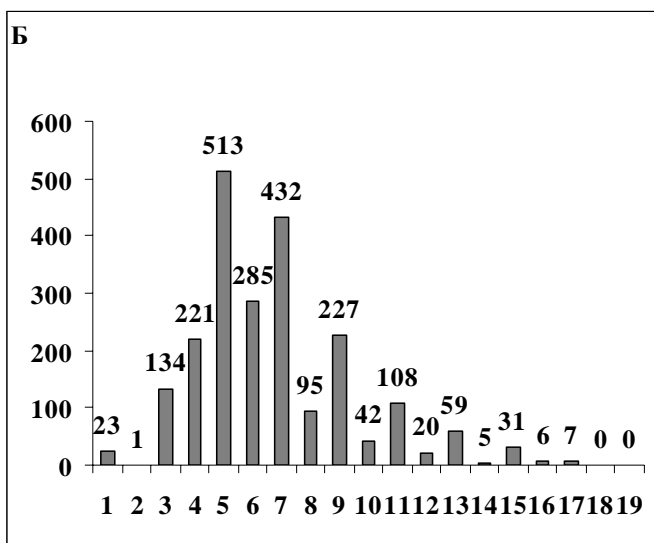
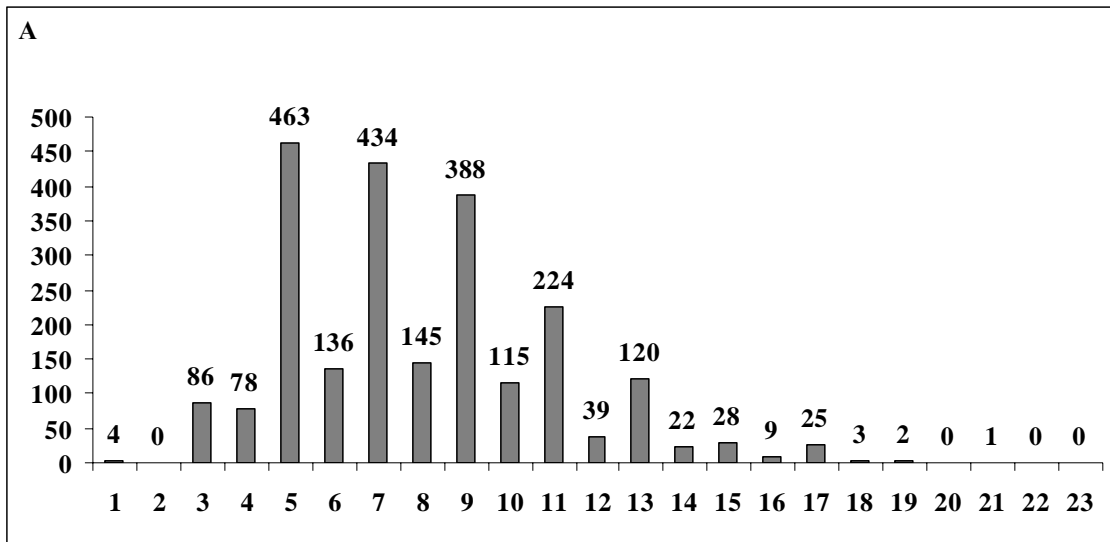


Рис. 3. Число видов растений в таблицах Д.Н. Цыганова, имеющих диапазоны разной ширины: А) Шкала увлажнения почв (23 градации и содержит 2322 вида); Б) Шкала солевого режима (19 градаций, 2209 видов); В) Шкала кислотности почв (13 градаций, 2186 видов); Г) Шкала богатства почв азотом (11 градаций, 1548 видов); Д) Шкала переменности увлажнения почв (11 градаций, 582 вида); по горизонтальной оси – ширина диапазона встречаемости вида по данному фактору в баллах, по вертикальной оси – число видов с таким диапазоном.

Средствами программы EcoScaleWin [12] был проведён анализ частоты встречаемости в таблицах [21] видов с разной шириной диапазона по всем представленным шкалам. В какой части шкалы

расположен диапазон, нами не учитывалось. Результаты приводятся на рис. 2-4.

Таким образом, анализ показал, что: 1) Д.Н. Цыгановым включено в таблицы разное число видов по разным факторам среды; 2) распределение видов по ширине диапазона не происходит по плавной кривой, а имеет зубчатый характер, что, очевидно, является следствием вышеописанного метода построения шкал. Эту особенность таблиц необходимо учитывать при обработке материалов по шкалам и интерпретации полученных результатов.

Для сравнения получаемых по шкалам разных авторов характеристик территорий были проведены расчеты средствами программы EcoScaleWin. Рассчитаны характеристики экологических условий ряда сообществ, расположенных в заповеднике «Брянский лес» и представляющих собой разные стадии одного сукцессионного ряда (по: [4]). Геоботанические описания (ГБО) были любезно предоставлены автором – д.б.н. О.И. Евстигнеевым.

По ботанико-географическому районированию территория заповедника относится к Полесской подпровинции Восточноевропейской широколиственной провинции [5]. Описания растительности делались на квадратных геоботанических площадках размером 10 x 10 м, соответственно площадь одной площадки составляла 100 м². Название сукцессионных стадий даётся в авторской редакции. В скобках даны соответствующие латинские названия по классификации Л.Б.Заугольной и О.В.Морозовой [7].

Центопическая экоморфа

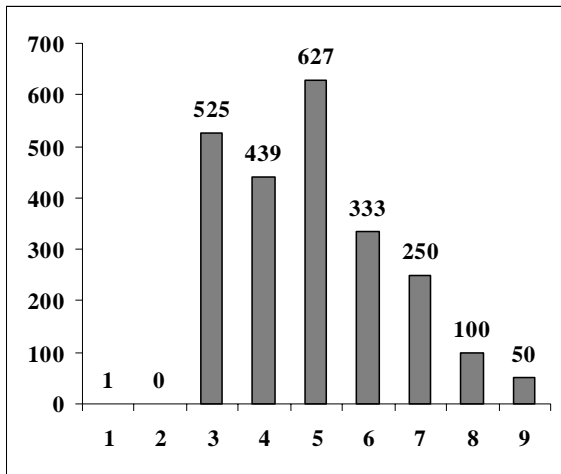


Рис. 4. Число видов растений, имеющих диапазоны разной ширины по Шкале освещенности-затенения (9 градаций, 2325 видов); по горизонтальной оси – широта размаха диапазона встречаемости вида по данному фактору в баллах, по вертикальной оси – число видов с таким диапазоном

Для сравнения были взяты точечные оценки, полученные по следующим шкалам: шкала NS – богатства и засоленности почвы [17]; шкала богатства почв азотом (Nt) [21]; N – шкала богатства почвы элементами минерального питания [23]; N –

шкала богатства почвы минеральным азотом (по градиенту обеспеченности азотом в течении вегетационного периода) [22]. Во всех шкалах минимальные значения соответствуют наиболее бедным, а максимальные значения – наиболее богатым условиям местообитаний растений. Было найдено, что процент выявления видов в описаниях различается, что связано с разным видовым наполнением шкал.

Таблица 2. Материалы исследования

Сукцессионная стадия	Тип сообщества	Число ГБО
I	Сосняк зеленомошный (<i>Pineta sylvestris hylocomioso-cladinosa</i>)	30
II	Сосняк бруснично-зеленомошный с дубом и чернично-зеленомошный с дубом (<i>Pineta sylvestris fruticoso-hylocomiosa</i>)	8
III	Березово-дубово-елово-сосновый лес с подростом липы, клена и подлеском лещины (<i>Pineta sylvestris parviherboso-hylocomiosa</i>)	16
IV	Полидоминантный хвойно-широколиственный лес с дубом. (<i>Piceeta composita (borealenemoralis)</i>)	11

Известно, что шкалы Л.Г. Раменского делались для луговых территорий европейской части Советского Союза (ныне, в более узких границах России) и содержат около 1400 [17]; шкалы Д.Н. Цыганова содержат более 3000 видов России [21]; шкалы Э. Ландольта были разработаны для растений флоры Швейцарии и содержат более 3400 видов [23]; а шкалы Г. Элленберга для более чем 2700 видов флоры Средней Европы (Германия) [22]. Так как списки видов растений по однотипным факторам у разных авторов различаются, то при обработке списков видов конкретного местообитания по шкалам разных авторов возможно, что не все виды находятся в таблицах. Так, для рассмотренных ГБО нахождение видов по шкале почвенного богатства следующее: по таблицам Э. Ландольта – 96%, Д.Н. Цыганова – 93%; Л.Г. Раменского – 88%, Г. Элленберга – 65%. При сравнении списков видов по разным шкалам у одного автора, мы также обнаруживаем разное наполнение шкал. Это хорошо видно из вышеприведённых расчётов по шкалам Д.Н. Цыганова. Так, например, по шкалам влажности почв разных авторов в том же порядке процент «нахождения видов» в таблицах будет, соответственно: 91%, 98%, 93%, 61%. Вместе со всем вышесказанным, необходимо учитывать возможность «не распознавания» видов программой обработки описаний вследствие использования авторами ГБО синонимов названий растений, приводимых в шкалах. Таким образом, очень существенной является работа по подготовке списков видов для обработки по шкалам. Эту особенность желательно учитывать и начинать обработку данных с проверки списков видов по сообществам и определения процента ви-

дов в ГБО, присутствующих в списках видов по шкале, по которой предполагается вести обработку данных. В общем случае рекомендовано не использовать шкалу, если нахождение видов составляет менее 50% [12].

Полученные экологические характеристики богатства почвенных условий при оценке указанных выше ГБО по шкалам разных авторов приводятся в табл. 3.

Таблица 3. Характеристика богатства местообитаний по шкалам разных авторов

Автор шкалы	Средний балл ГБО	Характеристика местообитаний, почв
<i>Стадия I</i>		
Л.Г. Раменский	6,8	Небогатые (мезотрофные)
Д.Н. Цыганов	4,0	Промежуточные между типом очень бедных азотом и бедных азотом почв
Э. Ландольт	2,0	Растения встречаются преимущественно на бедных почвах, обычно не произрастают на богатых и очень богатых почвах, так как не конкурентоспособны там. Индикаторы бедных почв
Г. Элленберг	2,4	Растения обитают на очень бедных или на бедных минеральным азотом почвах
<i>Стадия II</i>		
Л.Г. Раменский	8,8	Небогатые (мезотрофные) почвы
Д.Н. Цыганов	4,0	Промежуточный вариант между очень бедными азотом и бедными азотом почвами
Э. Ландольт	2,2	Растения встречаются преимущественно на бедных почвах, обычно не произрастают на богатых и очень богатых почвах, так как не конкурентоспособны там. Индикаторы бедных почв
Г. Элленберг	2,7	Растения встречаются обычно на бедных почвах
<i>Стадия III</i>		
Л.Г. Раменский	7,7	Небогатые (мезотрофные) почвы
Д.Н. Цыганов	5,5	Бедные азотом почвы
Э. Ландольт	2,5	Растения встречаются на почвах от умеренно бедных до среднебогатых, не произрастают на очень бедных или переудобренных почвах
Г. Элленберг	3,8	Растения обычно встречаются на бедных почвах и почвах со средним содержанием минерального азота
<i>Стадия IV</i>		
Л.Г. Раменский	6,7	Небогатые (мезотрофные) почвы
Д.Н. Цыганов	6,7	Достаточно обеспеченные азотом почвы
Э. Ландольт	3,1	Растения встречаются на почвах от умеренно бедных до среднебогатых, не произрастают на очень бедных или переудобренных почвах
Г. Элленберг	5,6	Обычно встречаются на почвах со средним содержанием минерального азота

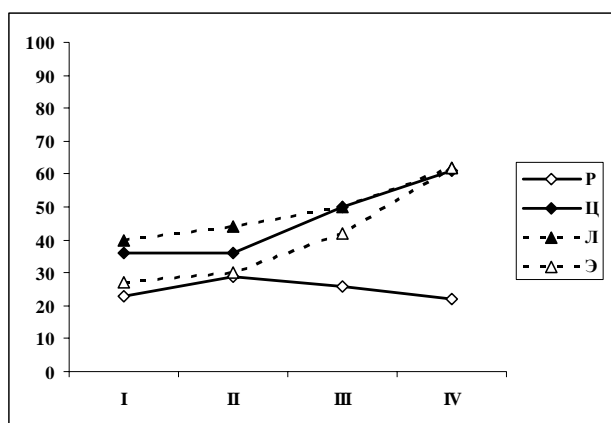


Рис. 5. Оценка (в % от диапазона шкалы) значений богатства почв исследуемых участков по шкалам: Р – Л.Г. Раменского, Ц – Д.Н. Цыганова, Л – Э. Ландольта, Э – Г. Элленберга; по горизонтальной оси – стадии сукцессии; по вертикальной оси - процент от максимального значения шкалы

Так как шкалы разных авторов, характеризующие богатство почвенных условий, имеют разное число градаций: 30 ступеней – шкала Л.Г. Раменского, 11 – Д.Н. Цыганова, 5 – Э. Ландольта, 9 – Г. Элленберга, то для сравнения мы используем отно-

сительную оценку. Для этого нормируем оценку, полученную по шкалам, к максимальному числу градаций по данной шкале и выражаем расчетную оценку в процентах (рис. 5).

В приведённом примере (рис. 5) шкалы Раменского не выявляют динамику условий богатства почв, в то время как шкалы Цыганова, Ландольта и Элленберга показывают сходную динамику – увеличение богатства почвенных условий по стадиям сукцессии.

Таким образом, шкалы Д.Н. Цыганова, являясь удобным инструментом при проведении экологических исследований, имеют ряд особенностей, что необходимо учитывать при планировании и проведении исследований с их использованием.

Автор выражает благодарность д.б.н. О.И. Евстигнееву за предоставление данных, к.ф.-м.н. Т.И. Грохлиной и к.б.н. Л.Г. Ханиной за предоставление программы EcoScaleWin, проф. А.С. Комарову за обсуждение работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бармин А.Н., Иолин М.М., Шарова И.С., Старичкова К.А., Сорокин А.Н., Николайчук Л.Ф., Голуб В.Б. Использование шкал Л.Г. Раменского и ДСА-ординации для

- индикации изменений условий среды в Волго-Ахтубинской пойме // Изв. Самар. НЦ РАН. 2010. Т. 11, № 1(4). С. 577-582.
2. Голуб В.Б., Сорокин А.Н., Ивахнова Т.Л., Старичкова К.А., Николаичук Л.Н., Бондарева В.В. Геоботаническая база данных долины Нижней Волги // Изв. Сам. НЦ РАН. 2009. Т. 11, № 1 (4). С. 577-582.
 3. Грохлина Т.И., Ханина Л.Г. Автоматизация обработки геоботанических описаний по экологическим шкалам // Принципы и способы сохранения биоразнообразия. Материалы II Всерос. науч. конф. Йошкар-Ола: Изд-во Мар. гос. ун-т, 2006. С. 87-89.
 4. Евстигнеев О.И. Сукцессионные процессы в растительном покрове задровых местностей (на примере заповедника «Брянский лес» и окружающих территорий) // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. Кн. 2. М.: Наука, 2004. С. 245-260.
 5. Евстигнеев О.И. Механизмы поддержания биологического разнообразия лесных биогеоценозов: Автореф. дис. ... д.б.н. Н. Новгород, 2010. 48 с.
 6. Жукова Л.А., Дорогова Ю.А., Турмухаметова Н.В., Гаврилова М.Н., Полянская Т.А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений. Йошкар-Ола, 2010. 368 с.
 7. Заугольнова Л.Б., Морозова О.В. Группы типов леса южной тайги и подтаежной зоны Европейской России // Ценофонд лесов Европейской России [Электронный ресурс] URL: http://mfd.cepl.rssi.ru/flora/type_forest3.html
 8. Заугольнова Л.Б., Ханина Л.Г. Опыт разработки и использования баз данных в лесной фитоценологии // Лесоведение. 1996. № 1. С. 76-83.
 9. Заугольнова Л.Б., Ханина Л.Г., Комаров А.С., Смирнова О.В., Попадюк Р.В., Островский М.А., Зубкова Е.В., Глухова Е.М., Паленова М.М., Губанов В.С., Грабарник П.Я. Информационно-аналитическая система для оценки сукцессионного состояния лесных сообществ. Пуцдино: ОНТИ ПНЦ РАН. 1995. 51 с.
 10. Зверев А.А. Программно-информационное обеспечение исследований растительного покрова: Автореф. дис. ... к.б.н. Томск, 2007. 22 с.
 11. Зубкова Е.В. Изменения соотношения реализованных экологических ниш растений в сообществах при сукцессии // Изв. Самар. НЦ РАН. 2009. Т. 11, № 1(7). С. 1634-1639.
 12. Зубкова Е.В. Ханина Л.Г., Грохлина Т.И., Дорогова Ю.А. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin: учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГУ, 2008. 96 с.
 13. Кашкарова В.П. Опыт оценки степени светолюбия видов травянистого яруса с помощью методики Л.Г. Раменского // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1972. Т. 77, вып. 3. С.100-113.
 14. Комаров А.С., Ханина Л.Г., Зубкова Е.В., Губанов В.С., Фомин В.Г. О компьютерной реализации наиболее трудоемких методов обработки геоботанических описаний // Биологические науки. 1991. № 8. С. 45-51.
 15. Погребняк П.С. Общее лесоведение. М.: Колос, 1968. 440 с.
 16. Попадюк Р.В., Смирнова О.В., Яницкая Т.О., Ханина Л.Г. Флористический и эколого-ценотический анализ широколиственных лесов // Восточноевропейские широколиственные леса. М.: Наука, 1994. С. 30-48.
 17. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижииков О.Н., Антипов Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.
 18. Смирнов В.Э. SPEDIV – программа для анализа разнообразия растительности // Принципы и способы сохранения биоразнообразия / Материалы II Всерос. науч. конф. Йошкар-Ола, 2006. С.142-143.
 19. Смирнова О.В., Попадюк Р.В., Заугольнова Л.Б., Ханина Л.Г. Оценка потерь флористического разнообразия в лесной растительности (на примере заповедника «Калужские засеки») // Лесоведение. 1997. № 2. С. 27-42.
 20. Цыганов Д.Н. Экоморфы и экологические свиты // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1974. Т. 79, вып. 2. С. 128-141.
 21. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука. 1983. 196 с.
 22. Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulißen D. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa [Indicator values of plants in Central Europe]. 1991. Scripta Geobotanica. V. 18. Verlag Erich Goltze KG, Göttingen. 248 s.
 23. Landolt E. Okologische Zeigerwerte zur Sweizer Flora. Veroff. Geobot. Inst. ETH. Zurich. H. 64. 1977. S. 1-208.
 24. Meusel H., Jäger E., Weinert E. Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Jena, 1965. 583 s. (Text); 258 s. (Karten).

SOME PECULIARITIES OF TSYGANOV'S INTERVAL INDICATOR VALUES OF PLANT SPECIES

© 2011 E. V. Zubkova

Institute of physicochemical and biological problems in soil science of the Russian academy of sciences

Peculiarities of indicator values of plant species developed by D.N. Tsyganov are discussed. A comparison of these values with well-known indicator values developed by other authors is done based on a set of experimental data for forests succession stages. Results are obtained with a program of special processing of phytosociological relevés EcoScaleWin.

Key words: ecological indicator values of plants, ecological factors, processing of phytosociological relevés, forest succession.