УДК 581.522:582.623.2

ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ИВ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

[1]Гетманец И.А., [2]Артеменко Б.А.

[1]ФГБО ВО «Челябинский государственный университет», Челябинск, e-mail: igetmanec@mail.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет», Челябинск, e-mail: artemenkoba@cspu.ru

Обоснованы эколого-ценотические группы (ЭЦГ) рода Salix L., играющего важную роль в растительном покрове, особенно в условиях среды, близких к пределу существования растительной жизни. Фитоиндикация экотопов ив проведена по спискам видов, зарегистрированных в геоботанических описаниях сообществ методом непрямого градиентного анализа, позволяющим выявить максимальное варьирование факторов. Ценотические свойства видов оценены по их обилию в ординации пространства описания типовых сообществ. Анализ экологических свойств ив проведен по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова. Для получения экологических параметров местообитаний списки ценопопуляций видов обработаны с использованием компьютерной программы «EcoScaleWin». При сопоставлении балловых оценок местообитаний эколого-ценотических групп ив по климатопическим и эдафотопическим факторам и фактору освещенности/затенения использован дисперсионный анализ Краскела-Уоллеса и медианный тест. Рассчитанные индексы толерантности по климатическим и эдафическим факторам позволяют отнести виды ЭЦГ к разным группам бионтности. По климатическим факторам мезобионтными являются виды аркто-монтанной и болотной групп эврибионтными – пойменной и лесной групп. По почвенным факторам: аркто-монтанная группа стенобионтна; болотная группа – гемистенобионтна; пойменная группа – мезобионтна. Состав ЭЦГ уточнен по результатам анализа экологических и ценотических свойств видов. Объединения видов с одинаковыми диапазонами экологических режимов местообитаний и их сходные требования, предъявляемые к комплексу абиотических факторов, позволили получить достоверную информацию о специфике местообитаний и фрагментах реализованных экологических ниш. Нами выделены следующие ЭЦГ: аркто-монтанная, пойменная, болотная, лесная – и описано их экологическое пространство. ЭЦГ соответствуют субстратно-экологические группы ив, отличающиеся набором биоморфологических адаптаций.

Ключевые слова: род Salix L., Южный Урал, индекс бионтности, фитоиндикационные шкалы, эколого-ценотические группы, экологическое пространство

ECO-COENOTIC GROUPS OF WILLOWS IN THEIR ECOLOGICAL SPACE

[1]Getmanets I.A., [2]Artemenko B.A.

[1]Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, e-mail: igetmanec@mail.ru;
[2]South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, e-mail: artemenkoba@cspu.ru

The article presents eco-coenotic groups (ECG) of Salix L. genus that plays an important role in vegetation, especially in the environmental conditions close to the limit of vegetation existence. Phytoindication of willow ecotops is made according to list of species registered in geobotanical descriptions of communities within the framework of indirect gradient analysis allowing identifying the maximum variation of factors. The coenotic properties of species are evaluated according to their variety in space ordination of model communities descriptions. Analyzing ecological properties of willows is performed according to ecological scales by D.N. Tsyganov. In order to obtain ecological properties of habitat, the species coenopopulation lists are processed with the use of «EcoScaleWin» software. Comparing point appraisals of habitat of eco-coenotic groups of willows according to climatopic and edaphotopic factors and illumination / obscurity factor involves Kruskal-Wallis analysis of variance and median test. Tolerance indexes calculated according to climatic and edaphic factors allow classifying ETSG species according to various biont groups. According to climatic factors, mesobiont species include arcto-montagne and wading groups, euribiont species include floodplain and forest groups. According to soil factors – arcto-montagne group is stenobiont; wading group is hemisthenbiont; floodplain group is mesobiont. The ECG composition is specified according to analysis of ecological and coenotic properties of species. The ECG composition is specified according to species ecological and coenotic properties analysis. The species communities with similar diapasons of the habitat ecological modes and their similar requirements to the range of abiotic factors allowed obtaining valid information on habitats specificity and fragments of ecological niches created. We identified the following ECG: arcto-montagne, floodplain, wading, forest and described their ecological space. ECG include substrate-ecological groups of willows different by their biomorphological adaptations.

Keywords: Salix L. genus, Southern Ural, tolerance index, phytoindication, eco-coenotic groups (ECG), ecological space

Виды рода *Salix* L.,самого многочисленного в дендрофлоре Урала, играют важную роль в растительном покрове, особенно в экстремальных условиях, близких к пределу существования растительной жизни, где, как правило, являются эдификаторами или ассектаторами; отличаются экологическим и структурным разнообразием.

Как считают многие ученые, одним из методов экологической оценки видов является анализ их распределения в пространстве градиентов факторов среды и выде-

ление экологических групп [5]. Согласно Ellenberg (1991) [13], экологическая группа объединяет виды, предъявляющие сходные требования к комплексным градиентам, что позволяет получить достоверную информацию о местообитаниях, так как одни и те же параметры оценивают свойства видов и среды обитания и совпадают с представлением общих экоморф.

Для выявления фитоценотической приуроченности используют термин «эколого-ценотические группы», под которым понимают группы видов растений, сходных отношением к совокупности экологических факторов, присущих биотопам того или иного типа, характеризующихся высокой степенью взаимной сопряженности и приуроченных к местообитаниям определенного типа. Исследователями неоднократно выделялись ЭЦГ различных сообществ. В качестве примера можно привести работы В.И. Смирнова, где на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа приведено обоснование системы эколого-ценотических групп сосудистых растений лесной зоны [9, 10]. А также исследования С.В. Дегтевой, А.Б. Новаковского, посвященные разработке системы эколого-ценотических групп сосудистых растений в растительном покрове равнинных, предгорных и горных ландшафтов бассейна реки Печора с применением комплекса различных математических методов и последующей экспертной оценки результатов [4, 8]. Кроме того, Н.А. Чижиковой с соавторами проанализировано влияние количественных и качественных данных об эколого-ценотических группах видов, на выраженность фитоценотической смены [11]. Однако с учетом того, что ценотическая роль одного и того же вида в разных частях ареала в той или иной степени меняется, выявление ЭЦГ в растительном покрове различных регионов остается и сегодня актуальной задачей.

Основываясь на классификации ЭЦГ сосудистых растений Европейской России, О.В. Смирновой, учитывая индексы биоинтности [2] и адаптивные биоморфологические признаки, являющиеся маркерами субстратно-экологических групп [14], а также экспертные оценки геоботанических описаний, мы выделяем среди ив четыре ЭЦГ: аркто-монтанная, пойменная, болотная, лесная и приводим фрагменты реализованных ниш, с использованием метода фитоиндикации, что и определяет цель представленной работы.

Материалы и методы исследования

Название видов ив приведено в соответствии с принципом приоритета МКБН; латинские названия сверены с данными международного сайта International Plant Names Index.

Полевые исследования видов рода *Salix* L. проведены в пределах двух физико-географических стран: Уральской горной и Западно-Сибирской низменной в период 1989–2016 гг. Описание экологических характеристик местообитаний сообществ аркто-монтанных ив осуществлено в различных типах тундровых сообществ (голубично-вороничных, дриадово-вороничных, осоково-ритидиевых, ястребинко-пушицево-политрихиевых и др.) гольцового пояса, а также в подгольцовом поясе в сообществах редкостойных березовых лесов и криволесий, вторичных горных лугов и кустарниковых зарослей гор Уреньга, Нургуш, Зигальга и Иремель, на высотных пределах от 750–800 до 1406 метров над уровнем моря. Экологическое разнообразие ив болотных комплексов изучено в болотных сообществах эвтрофной травяно-моховой, мезотрофной травяно-кустарничковой и лесной групп формаций в пределах болотных массивов восточных предгорий, расположенных в горнолесной зоне Южного Урала. Экотопическая приуроченность пойменных ивняков исследована в пределах хорошо разработанной поймы реки Урал (протяженность маршрута исследования составила около 70 км), расположенной в степной зоне Челябинской области.

Анализ экологических свойств ив проведен по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова [12]. Рассчитаны индексы толерантности видов по климатическим и эдафическим факторам [5]. Фитоиндикация экотопов ив проведена по спискам видов, зарегистрированных в геоботанических описаниях сообществ, путем заложения стационарных площадок, размеры которых определены особенностями фитогенных полей изучаемых растений. Всего было обработано 300 геоботанических описаний. Ценотические свойства видов оценены по их обилию (шкала Друде-Уранова) в ординации пространства описания типовых сообществ. Для получения экологических параметров местообитаний списки ценопопуляций видов преобразованы в специальный формат и обработаны с использованием компьютерной программы «EcoScaleWin» [7].

При сопоставлении балловых оценок местообитаний эколого-ценотических групп ив по климатопическим и эдафотопическим факторам и фактору освещенности / затенения использован дисперсионный анализ Краскела-Уоллеса и медианный тест [5].

При сравнении выделенных групп вычислялось значение P – вероятность того, что новые случайные выборки из тех же популяций будут различаться в той же или большей степени, если нулевая гипотеза (об отсутствии различий между популяциями) верна. Предполагаемые результаты обработки интерпретировались следующим образом: за критическое значение P уровня значимости для условия принятия нулевой гипотезы принято значение $P \geq 0{,}01$.

В таблице приведены результаты сравнения балловых оценок местообитаний ЭЦГ по 9 факторам с помощью дисперсионного анализа Краскела-Уоллиса и медианного теста. Анализ результатов показал, что балловые оценки местообитаний ЭЦГ видов рода *Salix* L. по 9 экологическим шкалам в пределах территории Южного Урала различаются. Значения P по фактору Lc свидетельствуют об отсутствии различий

в балловых оценках местообитаний ЭЦГ. Это можно объяснить тем, что все ивы гелиофиты и располагаются в растительных сообществах в I ярусе или подлеске (с разрежением древесного яруса) и не испытывают затенения.

Результаты исследования и их обсуждение

Графическим представлением результатов наших исследований являются диаграммы размаха, которые соответствуют балловому диапазону экологических режимов представленных ЭЦГ. По оси абсцисс размещены ЭЦГ, по оси ординат – диапазоны балловых оценок экологических факторов по шкалам Д.Н. Цыганова. Диаграмма размаха для каждого фактора содержит квартильный размах, включающий 25–75 % выборки и медиану (рис. 1).

Анализ диаграмм размаха балловых оценок местообитаний ЭЦГ показал следующее. Наибольшее различие наблюдается по фактору увлажнения почв, который относится к прямодействующим. Как можно видеть, выделяющейся группой является болотная, балловые диапазоны которой соответствуют болотно-лесолуговому типу режима, что характерно для различных форм депрессии рельефа с близким залеганием водоупорных горизонтов. Вместе с тем, диапазон размаха незначителен, а квартальный размах, соответствующий ему, большой. Следовательно, максимальное число выборок располагается в этом режиме (рис. 1).

Не менее отличима и пойменная группа, диапазоны размаха которой располагаются в режиме от сыро-лесолугового до мокролесолугового, соответствующем режиму как пойм и террас, так и низких берегов, с грунтовыми водами проточного характера, близко расположенной капиллярной каймой и намывным амфибиальном типом режима. Этот размах можно объяснить тем, что в выборку попали ивняки с разной экотопической приуроченностью и соответственно отличающиеся режимом увлажнения: ивняки узких полос первичного аллювия; береговые ивняки и ивняки первой надпойменной террасы. Что касается двух оставшихся групп: аркто-монтанной и лесной, – то по данному фактору они существенно не различаются. Но размах диапазона у лесной значительно выше, так как в эту группу объединены выборки различных лесных синузий. Последние могут располагаться в разных режимах увлажнения – от сухолесолугового на плакорных местообитаниях при легком механическом составе почв, характерном для сосново-березовых лесов, до сыро-лесолугового, наблюдаемого в понижениях рельефа с почвами тяжелого механического состава, но при условии сохранения супесчаных горизонтов с близким расположением грунтовых вод, что типично для байрачных лесов и западинных колков степной зоны Южного Урала. Незначительный размах в 1-й группе можно объяснить тем, что все выборки описаны с горных плато различных вершин Уральских гор, отличающихся сходными условиями по данному фактору и соответствующие влажно-лесолуговому увлажнению.

Следующий прямодействующий фактор – солевой режим (рис. 2).

По нему группы 1-я и 2-я не имеют значимых различий, в результате совпадения квартильного размаха и медианы большая часть выборок находится в гликомезотрофном режиме. Это объясняется сходством субстрата: в первом случае – состоящим из щебенчатых оподзоленных суглинистых и супесчаных почв, характеризующихся содержанием гумуса до 3 %; во втором – торфянистых почв с преобладанием процесса выноса геохимических подвижных соединений и подвергающихся процессу болотообразования. Что касается 3-й и 4-й групп, то они совпадают по всем параметрам и характеризуются режимом трофности от небогатых до довольно богатых.

Статистическая достоверность результатов сравнения балловых оценок местообитаний

Уровень значимости (P)	Экологические шкалы Д.Н. Цыганова								
	Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Tr	Nt	Rc	Lc
по критерию Краскела – Уоллиса,	<0,001	<0,010	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	>0,100
по медианному тесту	<0,001	<0,010	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	>0,100

Примечание. Экологические шкалы Д.Н. Цыганова [9]: Tm – термоклиматическая, Kn – континентальности климата, Om – омброклиматическая, Cr – криоклиматическая, Hd – увлажнения почвы, Tr – солевого режима почв, Nt – богатства почв азотом, Rc – кислотности почв, Lc – освещенности-затенения.

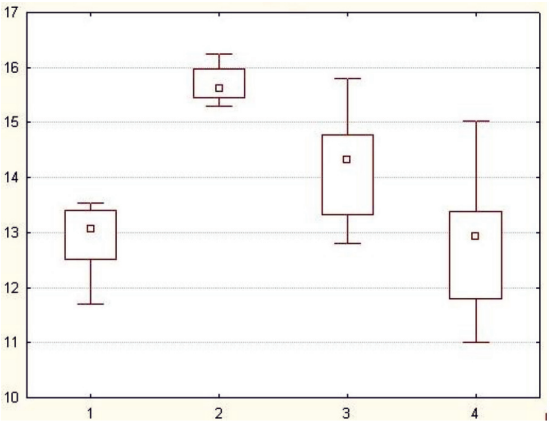

Рис. 1. Распределение ЭЦГ по фактору увлажнения (Hd). По оси абсцисс расположены эколого-ценотические группы: 1 – аркто-монтанная, 2 – болотная, 3 – пойменная, 4 – лесная; по оси ординат – диапазон базовых оценок по шкале Hd Д.Н. Цыганова

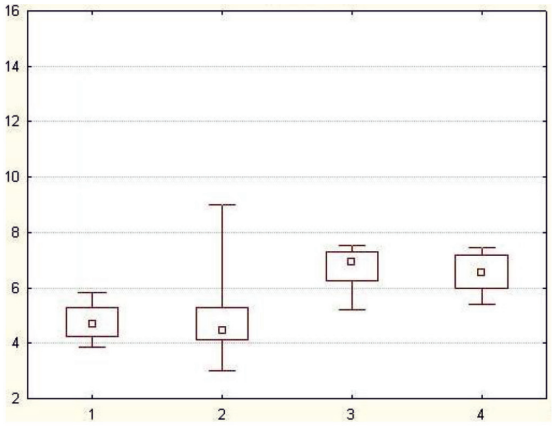

Рис. 2. Распределение ЭЦГ по фактору трофности почв (Tr). По оси абсцисс расположены эколого-ценотические группы: 1 – аркто-монтанная, 2 – болотная, 3 – пойменная, 4 – лесная; по оси ординат – диапазон базовых оценок по шкале Tr Д.Н. Цыганова

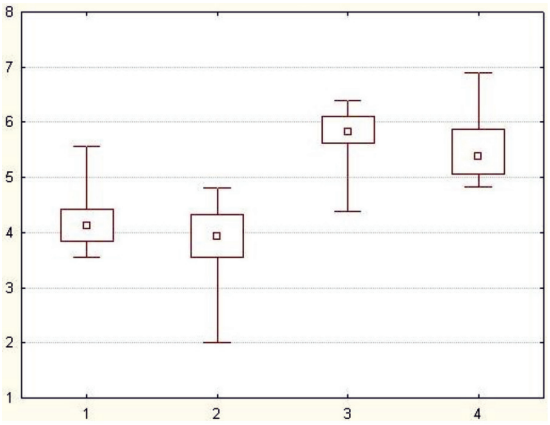

Рис. 3. Распределение ЭЦГ по фактору богатства почв азотом (Nt). По оси абсцисс расположены эколого-ценотические группы: 1 – аркто-монтанная, 2 – болотная, 3 – пойменная, 4 – лесная; по оси ординат – диапазон базовых оценок по шкале Nt Д.Н. Цыганова

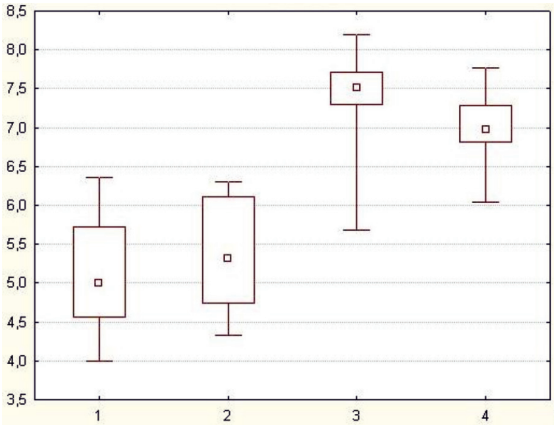

Рис. 4. Распределение ЭЦГ по фактору кислотности почв (Rc). По оси абсцисс расположены эколого-ценотические группы: 1 – аркто-монтанная, 2 – болотная, 3 – пойменная, 4 – лесная; по оси ординат – диапазон базовых оценок по шкале Rc Д.Н. Цыганова

Таким образом, можно заключить, что ивы являются достаточно толерантными к трофности субстрата и могут произрастать при небольшой количестве содержания минеральных солей в нем.

Перейдем к фактору богатства почв азотом (рис. 3). Известно, что содержание азота в почве коррелирует с содержанием гумуса. Анализируя распределение по данному фактору, мы наблюдаем эту тенденцию в реальности. Как и при анализе солевого режима, по фактору богатства почв азотом также устанавливается сходство 1-й и 2-й групп по квартильному размаху и медиане, но отличаются минимальные и максимальные значения, которые, тем не менее, соответствуют режиму бедных и небогатых почв. Что касается групп 3-й и 4-й, то отмеченная прямопропорциональная зависимость солевого и азотного режима очевид-

на. Большой размах в 3-й группе в сторону минимального значения дают ивняки первичного аллювия, произрастающие в режиме слабой обеспеченности азотом.

Анализ эдафотопических факторов следует дополнить фактором кислотности почв, имеющим вспомогательное значение и определяемым предыдущими (рис. 4).

По этому фактору наименьшее значение имеют группы 1-я и 2-я. Минимальные и максимальные значения диапазонов размаха практически совпадают, незначительные отличия касаются медиан и квартильного размаха. Режим кислотности почв укладывается в интервал от 4,0 до 6,0 баллов и соответствует сильнокислым и слабокислым почвам. Стоит также отметить и то, что группы аркто-монтанная и болотная резко отличаются от пойменной и лесной. Между последними имеются несущественные различия, проявляющиеся в разнице границ квартильного размаха и медианы, но, тем не менее, они располагаются в диапазоне фактора от слабокислых до нейтральных почв.

Переходим к анализу групп по климатопическим факторам, из числа которых прямодействующим является зональный режим тепла, определяемый термозонами широтного размещения (рис. 5).

Такой подход делает понятным распределение диаграмм размаха эколого-ценотических групп в системе экологических рядов терморежима, выраженного через годовой радиационный баланс. Его значения четко различаются в пределах ботанико-географических зон Южного Урала. Группа 1-я приурочена к местообитаниям, для которых характерен минимальный показатель радиационного баланса (20–30 ккал/см*см в год – горные плато вершин). Выборки 2-й группы были изучены в лесных сообществах, радиационный баланс которых значительно выше предыдущего. Дальнейшее увеличение этого показателя прослеживается у групп 3-й и 4-й, изучение которых проведено в пределах лесостепной и степной зон Южного Урала.

Следующим климатическим фактором является криоклиматический. Он определяется изотермой самого холодного месяца и находится в прямопропорциональной зависимости от годового радиационного баланса. Это объясняет сходное размещение диаграмм, представленных на рис. 5 и 6. Самые низкие изотермы характерны для групп 1-й и 2-й, которые отличаются квартильным размахом вследствие того что к криотермным относится большее число выборок 1-й группы (рис. 6).

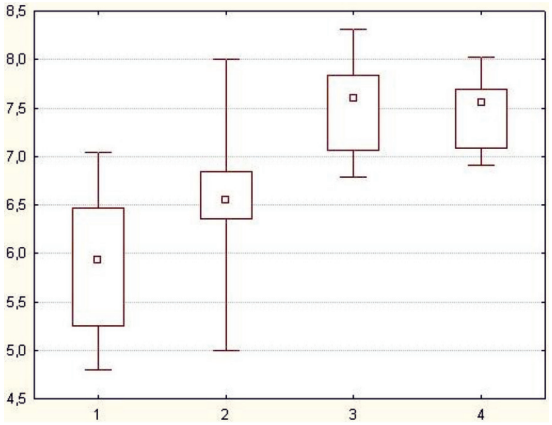

Рис. 5. Распределение ЭЦГ по термоклиматическому фактору (Tm). По оси абсцисс расположены эколого-ценотические группы: 1 – аркто-монтанная, 2 – болотная, 3 – пойменная, 4 – лесная; по оси ординат – диапазон базовых оценок по шкале Tm Д.Н. Цыганова

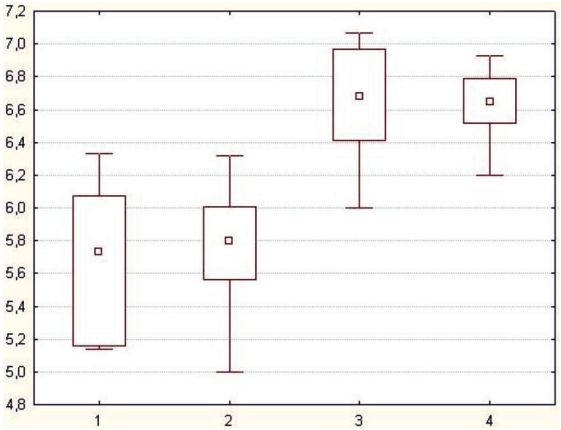

Рис. 6. Распределение ЭЦГ по криоклиматическому фактору (Cr). По оси абсцисс расположены эколого-ценотические группы: 1 – аркто-монтанная, 2 – болотная, 3 – пойменная, 4 – лесная; по оси ординат – диапазон базовых оценок по шкале Cr Д.Н. Цыганова

В субкриотермном режиме умеренных зим располагаются 3-я и 4-я группы (с совпадением медиан), отличающиеся квартильным размахом.

Последним климатопическим фактором является омброклиматический, который определяется через разность осадков-испаряемости. Две диаграммы – 3-й и 4-й групп – лежат в одном диапазоне минимальных и максимальных значений с совпадением квартильного размаха от 7,0 до

9,0 баллов, что соответствует субаридному и субгумидному типу режимов, с разницей испарения осадков от 0 до 400 мм/год. Приблизительно в этих же пределах находится и диаграмма 1-й группы, с той лишь поправкой, что предел ее минимума находится на уровне 8,0 баллов, и относится к промежуточному типу режима: субаридному / субгумидному. Резко отличаются показатели минимума и максимума у болотной группы, где предел максимума гумидному типу режима, с разницей выпадения осадков от 400 до 800 мм/год (рис. 6).

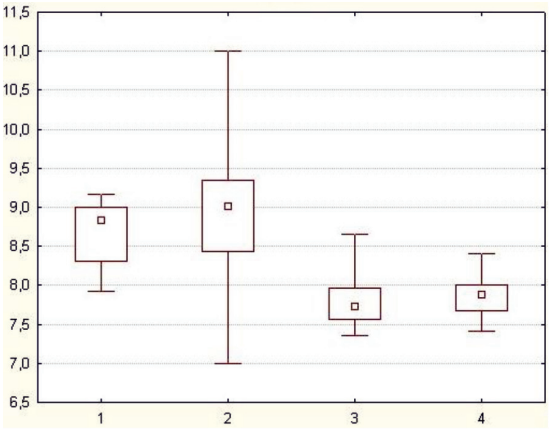

Рис. 7. Распределение ЭЦГ по омброклиматическому фактору (Ом). По оси абсцисс расположены эколого-ценотические группы: 1 – аркто-монтанная, 2 – болотная, 3 – пойменная, 4 – лесная; по оси ординат – диапазон базовых оценок по шкале Ом Д.Н. Цыганова

Описанным ЭЦГ, за исключением лесной, соответствуют субстратно-экологические группы ив, описанные нами ранее: пойменной – флювиафиты, аркто-монтанной – петрофиты и болотной – сфагнофилы, особи которых характеризуются специфическими наборами биоморфологических адаптаций, которые представляют своего рода индикаторы местообитаний и отражают специфику местообитаний сообществ. Для сфагнофилов отмечена «этажированность» систем побегов формирования, некротическая и физиологическая партикуляция, интенсивное обновление корневой системы, вегетативная подвижность, погребение в моховой субстрат. Для петрофитов характерны: миниатюризация, нанизм, полимеризация, олигомеризация побеговых систем, преобладание подземных частей над надземными, бриофилизация. К адаптациям флювиафитов относятся: раннее формирование кустовидной формы роста, большое число прочных систем побегов формирования, полегание их базальных частей по направлению течения реки, образование опорных придаточных корней, удерживающих растение [14].

Кроме того, рассчитанные индексы толерантности по климатическим и эдафическим факторам позволяют отнести виды ЭЦГ к разным группам бионтности [3]. Особенно четко это прослеживается у следующих групп. По климатическим факторам мезобионтными являются виды аркто-монтанной (*Salix arctica* Pall., *S. glauca* L., *S. lanata* L., *S. phylicifolia* L., *S. uralicola* I. Beljaeva) и болотной групп (*S. aurita* L., *S. lapponum* L., *S. cinerea* L., *S. myrsinifolia* Salisb., *S. pyrolifolia* Ledeb., *S. myrtilloides* L.); эврибионтными – пойменной (*S. alba* L., *S.* x *fragilis* L., *S. acutifolia* Willd., *S. gmelini* Pall., *S. triandra* L., *S. pentandra* L., *S. vinogradovii* A. Skvorts., *S. viminalis* L.) и лесной (*S. caprea* L., *S. rosmarinifolia* L., *S. starkeana* Willd., *S. bebbiana* Sarg.) групп. По почвенным факторам: аркто-монтанная группа стенобионтна; болотная группа – гемистенобионтна; пойменная группа – мезобионтна.

Заключение

Состав ЭЦГ уточнен по результатам анализа экологических и ценотических свойств видов. В качестве экологических свойств проанализированы балльные оценки по факторам фитоиндикационных шкал, в качестве ценотических характеристик взяты координаты видов в экологическом пространстве описания типовых сообществ; в качестве структурных – наборы биоморфологических адаптаций.

Объединения видов с одинаковыми диапазонами экологических режимов местообитаний и их сходные требования, предъявляемые к комплексу абиотических факторов, позволили описать фрагменты реализованных экологических ниш, с использованием метода непрямого градиентного анализа, позволяющего выявить оси максимального варьирования факторов.

Описанный подход к выделению ЭЦГ видов ив удобен для оценки общих структурно-функциональных черт растительного покрова Южного Урала, так как в нем использованы генерализованные описания растительности (несколько групп) вместо сотен видов. Исследование интересно для территориальных выделов, с характерной высотной поясностью, где ивы играют важную роль в растительном покрове, особен-

но в экстремальных условиях, а также и для других территорий, так как в числе выделенных ЭЦГ пойменная и болотная имеют интразональный характер.

Статья подготовлена при финансовой поддержке ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева» по договору на выполнение научно-исследовательских работ от 14.04.2017 г. № 16-449 по теме «Биоиндикационная оценка природных зон Южного Урала с использованием энтомофауны».

Список литературы

1. Боровиков В.П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA [Текст] / В.П. Боровиков. – М.: Горячая линия-Телеком, 2013. – 288 с.

2. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современности: в 2 кн. [Текст] / под ред. О.В. Смирновой. – М.: Наука, 2004. – Кн. 1. – 479 с.

3. Гетманец И.А. Экологическая характеристика ив Южного Урала // Вестник Оренбург. гос. ун-та. – 2011. – № 6. – С. 136–141.

4. Дегтева С.В., Новаковский А.Б. Система эколого-ценотических групп в растительном покрове ландшафтов бассейна верхнего и среднего течения р. Печора // Ботан. журн. – 2009. – Т. 94, № 6. – С. 805–824.

5. Жукова Л.А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений [Текст] / Л.А. Жукова, Ю.А. Дорогова, Н.В. Турмухаметова [и др.]. – Йошкар-Ола: изд-во МарГУ, 2010. – 368 с.

6. Заугольнова Л.Б. Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки [Текст] / Л.Б. Заугольнова, Т.Ю. Браславская. – М.: Изд-во КМК, 2010. – 383 с.

7. Зубкова Е.В. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin [Текст]: учебное пособие / Е.В. Зубкова, Л.Г. Ханина, Т.И. Грохлина [и др.]. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2008. – 96 с.

8. Новаковский А.Б. Эколого-ценотические группы сосудистых растений в фитоценозах ландшафтов бассейна верхней и средней Печоры [Текст]: автореф. дис. … канд. биол. наук. – Сыктывкар, 2009. – 16 с.

9. Смирнов В.Э. Экспертно-статистический подход к выделению эколого-ценотических групп видов сосудистых растений [Текст]: автореф. дис. … канд. биол. наук. – Тольятти, 2007. – 16 с.

10. Смирнов В.Э., Ханина Л.Г., Бобровский М.В. Обоснование системы эколого-ценотических групп видов растений лесой зоны Европейской России на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа // Бюл. МОИП. Сер. Биолог. – 2006. – Т. 111, № 2. – С. 36–47.

11. Чижикова Н.А., Назарова Т.И., Рогова Т.В. [и др.] Пространственные взаимоотношения эколого-ценотических групп в зональных условиях хвойно-широколиственных лесов // Ученые записки Казан. гос. ун-та. Серия: Естественные науки. – 2008. – Т. 150. – Кн. 1. – С. 133–146.

12. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойных широколиственных лесов [Текст] / Д.Н. Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 196 с.

13. Ellenberg H., Weber H., Dull R. [et all]. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa [Indicator values of plants in Central Europe] // Scriptageobotanics. – 1991. – Vol. 18. – 248 p.

14. Getmanets I.A. Morphoadaptive determination of structural diversity of biomorphs of Salix L. species in Southern Urals // Contemporary Problems of Ecology. – 2015. – Vol. 8. – Iss. 5. – P. 574–583.