



УДК 581.92

Зависимость таксономических параметров флор от размеров выборки

А. В. Иванова, Н. В. Костина, М. А. Аристова



Иванова Анастасия Викторовна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории проблем фиторазнообразия, Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, Тольятти, nastia621@yandex.ru

Костина Наталья Викторовна, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории моделирования и управления экосистемами, Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, Тольятти, knva2009@yandex.ru

Аристова Маргарита Алексеевна, младший научный сотрудник лаборатории моделирования и управления экосистемами, Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, Тольятти, margo.aristova2016@yandex.ru

Среди вопросов изучения флоры немаловажным считается проблема оценки полноты ее выявления. Предлагаемый в работе подход основан на оценке комплекса параметров таксономических спектров флор (родовых и семейственных). В качестве модельного объекта рассмотрена флора Сокского физико-географического района, расположенного в Заволжье Самарской области. Для решения данной задачи использовано 124 исходных флористических списков и их комбинаций (более 400). В зависимости от увеличения числа видов по параметрам таксономических спектров определены основные уровни флористической выборки, которые определяют достоверную характеристику флоры, соответствующую эколого-географическим условиям. Установлено, что в спектре семейств первая триада лидирующих семейств (*Asteraceae* – *Rosaceae* – *Fabaceae*) устанавливается после 700 видов в выборке. Четвертое место в спектре занимает семейство *Rosaceae*, а пятое, обозначенное нами как лидирующее *Brassicaceae*, стабильно занимает свое место лишь при 1000 видах в выборке. Содержание видов в десятке ведущих семейств стремится к величине 61–60% при 800 видов и более. В составе флоры Сокского района среди семейств, содержащих один вид, имеется 80% семейств, которые для данной территории мы можем считать действительно одновидовыми. Формирование спектра родов происходит несколько медленнее, чем спектра семейств. Ведущие роды (*Carex*, *Galium*, *Potentilla*, *Artemisia*, *Astragalus*, *Salix*) появляются в составе спектра при численности выборок уже от 300 видов и выше и стабильно присутствуют в его составе. Однако все они перемещаются в головную часть спектра лишь после достижения объема выборки 1100 видов.

Ключевые слова: спектры семейств и родов флоры, таксономические параметры, ведущие рода, ведущие семейства, флористическая выборка, Самарское Заволжье, Сокский физико-географический район.

Поступила в редакцию: 11.03.2020 / Принята: 16.04.2020 / Опубликовано: 30.11.2020

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-4-404-416>

Среди вопросов изучения флоры немаловажным считается проблема оценки полноты ее выявления, т.е. составление полного списка видов растений в топографическом контуре, который представляет собой естественный или искусственный выдел [1]. Исследователь постоянно пополняет список флоры, как правило, интуитивно понимая, насколько его исследования приближают к поставленной цели. Флора как совокупность видов является сложной системой, имеющей ряд признаков, отличающих ее от других, географически удаленных систем такого рода. Используя эти признаки как критерии, возможно оценить полноту инвентаризации. Кроме того, для целей сравнительной флористики необходимы сопоставимые выборки, которые были бы минимальными (с точки зрения числа видов) и в то же время характеризовались бы признаками флор (а не их частей). Такая минимальная величина выявления могла бы обеспечить изучение флористических особенностей локальных территорий. Серия такого рода выборок могла бы дать информацию о разнообразии (своеобразной мозаике) флор территории, каждая из которых, отличаясь собственными признаками, могла бы продемонстрировать и свою индивидуальность. Решение таких задач на местном уровне может стать важным звеном для познания закономерностей территориального распределения флор по географическому градиенту.

Важнейшей характеристикой флоры является ее таксономическая структура, которая считается комплексом консервативных признаков. Благодаря этому обстоятельству А. И. Толмачев выдвигал ее на положение «одного из существеннейших диагностических признаков» [2], определяющих принадлежность флоры к той или иной флористической области. В пределах естественных флористических областей наблюдается определенное постоянство таксономической



структуры достаточно крупных (региональных) флор. Отмечается важная роль данной структуры как существенного признака всякой флоры [3].

Для работ по сравнительной флористике в региональных или глобальных масштабах необходим материал, сравнение которого давало бы корректные результаты. Для этого флористические выборки должны преподноситься в едином ключе. На этот счет существует целый ряд мнений, например, о необходимом равенстве площади сравниваемых флор. Однако, если рассматривать данную проблему в региональных масштабах и более, то ни равенство площадей, ни тем более одинаковое число видов не гарантирует подбор корректного материала для сравнимости флор.

Нами предлагается подход использования ряда признаков (параметров, критериев), которые бы в комплексе оценивали степень полноты описания флоры. Используя его, можно было бы оценить любую флористическую выборку с точки зрения «пригодности» для сравнения. Сложность подхода заключается в том, что такого рода исследования для выработки признаков

(параметров, критериев) необходимы в каждой географической местности (природной зоне).

Для максимального соблюдения однородности территории рассмотрим этот вопрос на примере Сокского физико-географического района [4], расположенного в Заволжье Самарской области. Физико-географический район представляет собой определенную природно-экологическую целостность. Полученные данные достоверно применимы для оценок полноты флористической выборки лесостепной зоны Самаро-Ульяновского Заволжья. Для получения аналогичных данных в других регионах требуются аналогичные исследования.

Материалы и методы

Исследуемая территория Сокского физико-географического района принадлежит лесостепной провинции Высокого Заволжья (рис. 1) и Средне-европейской флористической области [5]. Район расположен в северо-западной части Самарской области и имеет площадь 12,6 тыс. кв. км, занимая 23,5% ее территории.

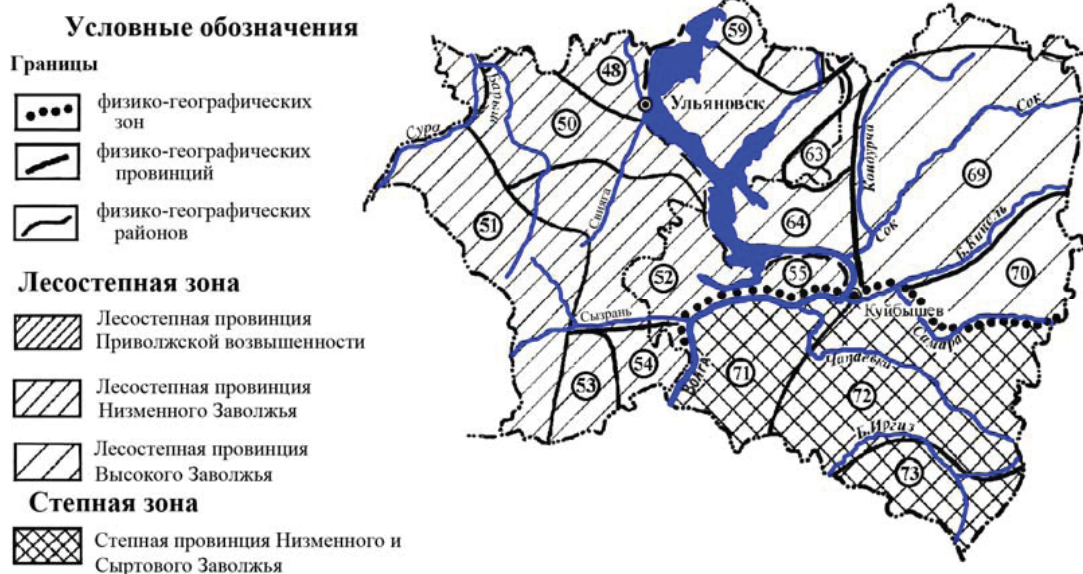


Рис. 1. Физико-географические районы Самаро-Ульяновского Поволжья (по [4])
 Fig. 1. Physical-geographical areas of Samara-Ulyanovsk Volga region (according to [4])

В геоморфологическом отношении Сокский физико-географический район (см. рис. 1 номер 69) представляет собою волнистую возвышенную равнину, расчлененную глубокими и широкими речными долинами. Особенностью рельефа является вертикальная дифференциация ландшафта. Территория данного физико-географического района принадлежит бассейнам двух рек: Сок и

Большой Кинель. Большую часть занимает бассейн реки Сок с многочисленными притоками [6], истоки которого и верховье реки расположены в Оренбургской области. Однако основная часть бассейна лежит в Самарской области. Климат района континентальный с жарким летом и холодной зимой. Почвы района характеризуются преобладанием черноземов различных подтипов [4].



Данные по флоре исследуемой территории содержатся в электронной базе данных FD SUR [7] в виде флористических описаний (списков встреченных видов), географическое расположение которых представлено на рис. 2 в виде точек. Флористические описания выполнены сотрудниками лаборатории фиторазнообразия Института экологии Волжского бассейна РАН за период полевых исследований с 2003 по 2019 г., кроме этого использованы и опубликованные данные других

авторов [8–10 и др.]. Списки видов составлены на местности, впоследствии дополнены данными по собранному и определенному гербарному материалу. Итоговые исходные списки различаются между собой по количеству видов (30–600), фитоценотической приуроченностью описания (различное количество парциальных флор, описанных полно или отчасти), а также по частоте наблюдения (одноразовые посещения, регулярные посещения в разные периоды вегетационного сезона).



Рис. 2. Расположение участков флористических описаний на территории Сокского физико-географического района

Fig. 2. Sample sites of floristic descriptions on the territory of Soksky physical-geographical region

Изучение параметров таксономических спектров осуществлялось с помощью программного обеспечения FD SUR путем построения достаточно многочисленной серии спектров родов и семейств флоры для выборок с различным количеством видов. Всего было использовано 124 исходных флористических списка, выполненных на обследованной территории, и более 400 их комбинаций. Комбинированные списки получены путем объединения флористических исходных данных для локальных участков территории по принципу близости взаимного расположения. Самым крупным из объединенных списков представлена вся флора Сокского физико-географического района, которая содержит 1147 видов, 465 родов и 104 семейств.

Результаты и их обсуждение

Структура таксономических спектров и их зависимость от числа видов. При увеличении числа видов в выборке увеличивается число родов и число семейств. Эта зависимость имеет

вид кривой (рис. 3). Оба графика представляют собой кривые, согласно которым при накоплении определенных количественных данных происходят качественные изменения таксономической структуры. Вместе с тем, и в таксономических спектрах, которые соответствуют данному ряду выборок, наряду с количественными изменениями происходит и ряд качественных, так как с увеличением числа видов список постепенно начинает соответствовать флоре территории. Показатели степени, которые можно рассматривать как константы для рассматриваемой территории, в логарифмической шкале характеризуют «скорость накопления» крупных таксономических единиц (семейств и родов) в зависимости от числа видов.

Рассмотрим, какие можно выделить этапы формирования списка с точки зрения строения таксономических спектров. Эти этапы могут характеризовать соответствие данной выборки целой флоре в понимании А. И. Толмачева [5]. Таксономический спектр представляет собой ряд

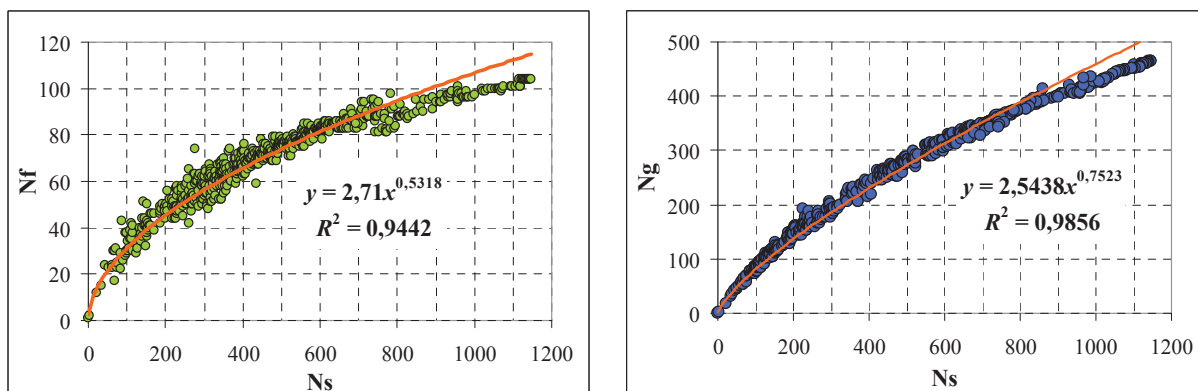


Рис. 3. Зависимости числа родов и семейств от числа видов для модельной территории (Ns – число видов; Nf – число семейств; Ng – число родов)

Fig. 3. Dependences of the number of genera and families on the number of species for the model territory (Ns – number of species; Nf – number of families; Ng – number of genera)

крупных таксонов (родов или семейств), ранжированных по числу видов. При этом имеющиеся таксоны с одинаковым числом видов занимают одну позицию, то есть в спектре могут возникать повторы. Таким образом, число крупных таксонов не равно числу позиций.

Все таксономические спектры имеют ряд общих черт строения. Весь спектр можно условно поделить на две части: «головную» и «хвостовую». В «головной» части расположены самые крупные (с точки зрения видового состава) таксономические единицы – семейства или роды. Именно эта часть, включающая, например, для семейственного спектра 10–20 ведущих семейств [5], при условии достаточности флористического описания, является основной характеристикой флоры, отражающей ее экологические особенности [11, 3]. Повторы (расположение некоторых семейств или родов на одном месте) встречаются редко и характеризуют экологическую и историческую специфику территории. Для «хвостовой» части характерны более или менее многочисленные повторы (таксоны с одинаковым числом видов) и такая ситуация является типичной. В целом ряде случаев «головная» часть плавно переходит в «хвостовую», так что граница между этими частями весьма условная.

Таксономические спектры, построенные на основе выборок с малым числом видов, представлены в основном по «схеме хвостовой части», когда виды по семействам и родам распределены почти равномерно, т.е. флористическая выборка имеет недостаточный объем и далеко не отражает реальную картину. В нашем примере (см. рис. 3) такая ситуация наблюдается до 70 видов для семейственного спектра и до 100 видов для родового. При увеличении числа видов начина-

ет структурироваться «головная» часть и в нее перемещаются все крупные таксоны (семейства, роды). Это соответствует формированию максимально полночленного спектра при высокой степени выявления видового состава флоры.

Параметры семейственного спектра

Расположение лидирующих семейств. Анализ спектра семейств традиционно начинается с «головной» части. Состав самых богатых по числу видов семейств флоры отражает лишь самые общие закономерности (зональное положение, принадлежность к тому или иному царству, подцарству) [12]. Следовательно, параметры спектра семейств – это одна из самых важнейших консервативных характеристик флоры территории. По данным показателям можно судить о степени полноты выявления флоры.

В головной части спектра семейств Сокского физико-географического района можно выделить группу лидирующих семейств: Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Rosaceae, Brassicaceae. Они также занимают первые пять мест в спектрах семейств флор Самарской и Ульяновской областей [13, 14], а также у большинства флор физико-географических районов лесостепной зоны Самаро-Ульяновского Поволжья (таблица).

Из указанных 5 семейств на территории Самаро-Ульяновского Поволжья формируется тройка ведущих семейств флор различных физико-географических районов. Ведущие места в спектрах региональных флор России принадлежат семействам Asteraceae и Poaceae. Они «чаще всего занимают два первых места. Это характерно почти для всей Голарктики, исключая некоторые районы Арктики, пустынь и высокогорий» [15, с. 12–13]. Третье место в спектре является более определяющим для характери-



Лидирующие семейства спектров флор физико-географических районов и областей
Leading families of flora of physical-geographical areas and regions

Физико-географические районы / Physical-geographical areas					Самарская область / Samara Region	Ульяновская область / Ulyanovsk region
48	50	52	69	55		
Число видов / Number of species						
1092	1002	1026	1170	1302	1872	1760
Ast 13,8	Ast 14,6	Ast 14,3	Ast 15,7	Ast 15,4	Ast 14,3	Ast 13,4
Poa 10,1	Poa 10,4	Poa 9,6	Poa 9,0	Poa 9,6	Poa 9,0	Poa 9,8
Fab 5,7	Fab 7,3	Fab 6,5	Fab 6,7	Ros 6,1	Fab 5,7	Fab 5,6
Bras 5,1	Bras 5,7	Ros 6,5	Ros 5,7	Bras 4,7	Bras 4,8	Bras 5,3
Ros 5,1	Ros 5,5	Bras 4,7	Bras 4,4	Car 4,5	Ros 4,7	Ros 5,1
Car 4,4	Lam 4,5	Car 4,3	Car 4,1	Fab 4,5	Сур 4,7	Сур 4,5

Примечание. Физико-географические районы: 48 – Средне-Свияжский; 50 – Корсунско-Сенгилеевский; 52 – Свияго-Усинский; 55 – Жигулевский; 69 – Сокский (номера соответствуют рис. 1); семейства: Ast – Asteraceae, Poa – Poaceae, Fab – Fabaceae, Ros – Rosaceae, Bras – Brassicaceae, Car – Caryophyllaceae, Сур – Cyperaceae, Lam – Lamiaceae; цифрами обозначено процентное содержание видов.

Note. Physical-geographical areas: 48 – Sredne-Sviyazhsky; 50 – Korsunsky-Sengileevsky; 52 – Sviyago-Usinsky; 55 – Zhigulevsky; 69 – Soksky. (numbers correspond to fig. 1); families: Ast – Asteraceae, Poa – Poaceae, Fab – Fabaceae, Ros – Rosaceae, Bras – Brassicaceae, Car – Caryophyllaceae, Сур – Cyperaceae, Lam – Lamiaceae; the numbers indicate the percentage of species.

ки флоры регионального и локального уровня. А. П. Хохряков по третьему члену семейственно-го спектра предложил выделять тип флоры [16].

Большинство рассмотренных нами ранее флор Самаро-Ульяновского Поволжья оказались принадлежащими Fabaceae-типу. Это соответствует принадлежности данной территории к «зоне бобовых» (Fabaceae-зоне), так как она находится в пределах внеарктической Восточной Европы, которую А. П. Хохряков относит к «зоне бобовых», ссылаясь на работу Л. И. Малышева [11]. Кроме того, флора Российской Федерации также демонстрирует принадлежность к Fabaceae-типу [17], так как большая часть этой территории находится в пределах «зоны бобовых».

Однако все пространство Восточной Европы не является однородным по данному показателю. В упомянутой работе А. П. Хохрякова отмечается внутри этой зоны «наличие региональных и локальных флор Cyperaceae-типа и Rosaceae-типа». Действительно, в пределах территории Самаро-Ульяновского Поволжья выделяется ряд флор, имеющих соответствующую триаду ведущих семейств [18]. Одним из примеров такого рода может служить флора Самарской

Луки [19] – Жигулевский физико-географический район (см. таблицу). Кроме того, ранее нами отмечалось, что на территории Низменного Заволжья Самарской области возможны флоры еще одного типа, с семейством Brassicaceae на третьем месте спектра. Это также позволяет рассматривать данное семейство как одно из лидирующей группы. Например, такая ситуация наблюдается у одной из флор Мелекесско-Ставропольского физико-географического района [20]. Очевидно, в результате совокупного действия природных и антропогенных факторов, снизилась численность представителей Fabaceae и Rosaceae.

В пределах же территории Сокского физико-географического района однозначно устанавливается Fabaceae-тип флоры. Это было показано нами как на примере опорных флор, выделенных на территории района, так и целого района [21]. Соответствие установки правильного порядка тройки лидирующих семейств (Asteraceae – Poaceae – Fabaceae) и числа видов во флористических выборках иллюстрирует рис. 4. По указанным выше причинам в данной иллюстрации учтены доли семейства Rosaceae, которое оказывается на четвертом месте.

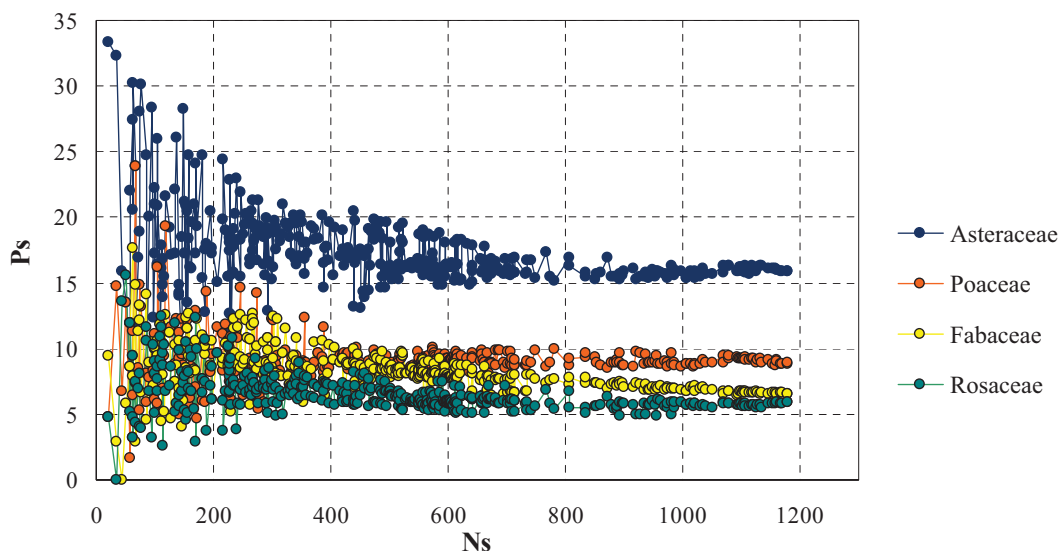


Рис. 4. Зависимость содержания видов в лидирующих семействах флоры от количества видов во флористической выборке (Ns – число видов, Ps – % видов семейства) (цвет online)

Fig. 4. The dependence of the content of species in the leading families of flora on the number of species in the floristic sample (Ns – number of species, Ps – % of species of the family) (color online)

Очевидно, что чем больше видов (полнее выборка), тем более определенно устанавливается порядок семейств. В малочисленных списках (200–400 видов) какого-либо постоянства последовательности семейств не наблюдается. Исключением является положение семейства Asteraceae, которое занимает свое первое место уже после 100–150 видов в выборке и далее не меняет своей позиции.

Тройка остальных семейств устанавливается на рубеже 600–700 видов. После этого у всех семейств немного меняется доля, но порядковый номер в спектре остается постоянным. При этом важно упомянуть, что характерная тройка семейств Asteraceae–Poaceae–Fabaceae во главе спектра может появляться и у выборок, имеющих меньшее число видов (см. рис. 4). Это объясняется таксономической принадлежностью встречаемых видов в составе определенных биотопов (среди видов луговых степей много представителей родов *Astragalus*, *Trifolium*, *Oxytropis* и др.). Следовательно, при оценке флористической выборки данный признак должен использоваться в комплексе с другими.

Семейство Brassicaceae стабильно появляется в спектре после 200 видов в выборке и постепенно перемещается в «головную» часть. Однако занимает свое пятое место лишь при 1000 видах в выборке (рис. 5). Рассматриваемое по аналогии с ним семейство Rosaceae, как уже отмечалось, гораздо раньше занимает определенную позицию в спектре.

Диапазон процентного вклада семейств, занимающих 5–10-е места в спектре (Brassica-

ceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Lamiaceae, Scrophulariaceae, Apiaceae), составляет 4,4–3,4%, т.е. по количественному вкладу они отличаются друг от друга в меньшей степени, чем семейства первой тройки. По сравнению с семействами первой тройки (см. таблицу) он очень мал. Очевидно, поэтому расстановка по соответствующим местам происходит при большем количестве видов.

Процент десятки ведущих семейств. Процент содержания видов в первой десятке ведущих семейств является очень консервативным признаком, характеризующим флору географически. Этот вопрос освещается в работах А. И. Толмачева [5]. Р. В. Камелин упоминает два правила (правило Декандоля и правило Гроссгейма), которым подчиняется численное содержание видов первой десятки семейств [12]. Эти семейства принято называть ведущими, а признаки, связанные с ними, характеризующими всю флору, так как они часто содержат в своем составе более половины видов.

Процент содержания видов в десятке ведущих семейств также меняется в зависимости от содержания видов в выборке (см. рис. 5). С увеличением числа видов в выборке уменьшается диапазон варьирования обсуждаемого признака сначала до диапазона 60–65% (600–700 видов), далее до 61–63% (700–800 видов) и затем до 60–61% (800 видов и более). С другой стороны, следует отметить, что существуют выборки, параметры которых по данному показателю близки к характеристике полной флоры (60–61%, например, при 300–400 видах).

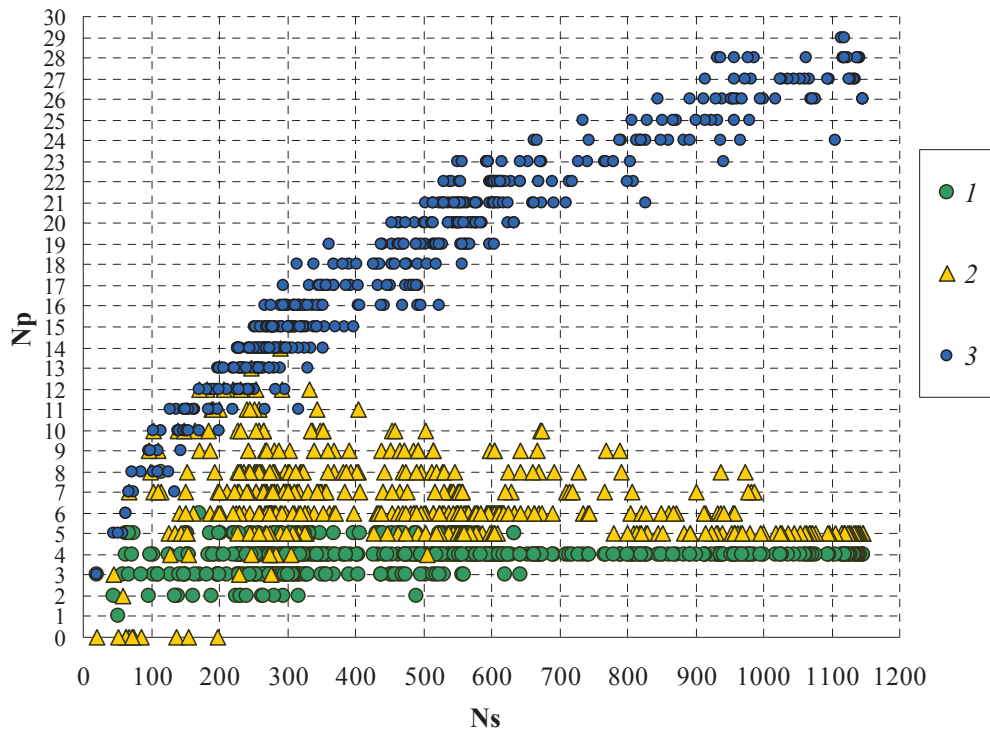


Рис. 5. Зависимость расположения в спектре некоторых семейств (Rosaceae и Brassicaceae) и числа порядков в спектре семейств от количества видов во флористической выборке (Ns – число видов; Np – номер позиции спектра семейств; 1 – позиция Rosaceae в спектре семейств; 2 – позиция Brassicaceae в спектре семейств; 3 – число позиций в спектре семейств) (цвет online)

Fig. 5. The dependence of the location in the spectrum of some families (Rosaceae and Brassicaceae) and the number of orders in the spectrum of families on the number of species in the floristic sample (Ns – number of species; Np – position number of the spectrum of families; 1 – position of Rosaceae in the spectrum of families; 2 – position of Brassicaceae in the spectrum of families; 3 – the number of positions in the spectrum of families) (color online)

Параметры «хвостовой» части

Процент семейств, содержащих один вид.

Значительно реже флористы обращаются к анализу «хвостовой» части семейственного спектра. Головная часть спектра содержит в себе достаточно много информации, однако неоднократно отмечалось, что нельзя ограничиваться только ей [12]. «Хвостовая» часть спектра содержит мало видов и много семейств, то есть многочисленные повторы. Самое большое число повторов содержит последняя позиция спектра – семейства, содержащие один вид. По данному параметру в литературе встречались оценки флоры территории [например, 22]. О. В. Морозова по совокупности данных различных авторов отмечает закономерности изменения данного показателя [23].

Между тем этот показатель может быть одним из критериев оценки полноты выборки. При дальнейшей инвентаризации флоры на местности семейства и роды увеличивают видовой состав. В результате количество семейств, включающих один вид, должно снижаться, что

мы и наблюдаем по рис. 6. В итоге данный список должен максимально приближаться к перечню семейств либо действительно одновидовых в систематике, либо тех, которые в данной местности содержат лишь один вид (например, Fabaceae, Globulariaceae или Ephedraceae для условий Среднего Поволжья). Эти семейства мы можем для данной территории считать одновидовыми.

Как было отмечено выше, при числе видов менее 100 имеем родовые и семейственные спектры, которые слабо структурированы (рис. 7). Для флористических выборок, в составе которых более 700 видов, ситуация стабилизируется и приближается к типичной.

В интервале выборок 200–400 видов лишь 8–38% семейств из списка с одним видом являются действительно таковыми. Присутствие остальных представителей, которые входят в состав семейств, числящихся в списке с одним видом, еще не показано. Эти выборки являются далеко не полными, охватывают лишь часть возможных экотопов территории.

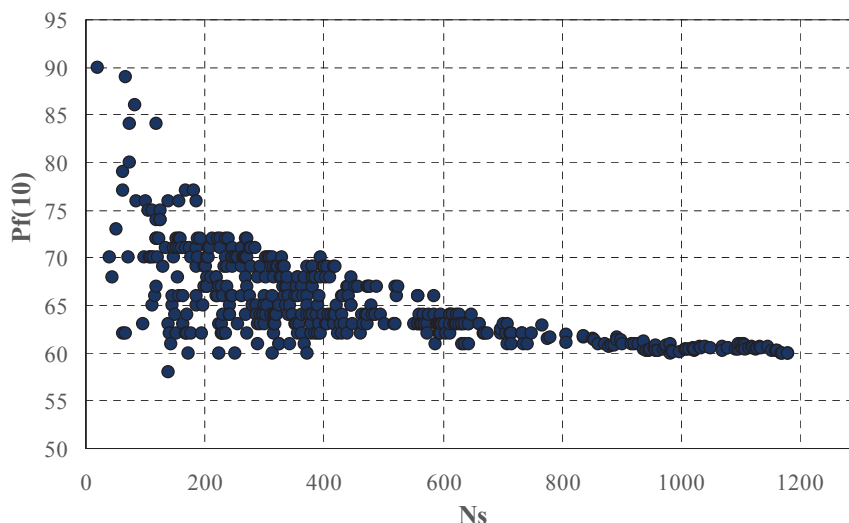


Рис. 6. Зависимость количества видов в десяти ведущих семействах от числа видов во флористической выборке (N_s – число видов, $Pf(10)$ – % видов в 10 ведущих семействах)

Fig. 6. Dependence of the number of species in ten leading families on the number of species in the floristic sample (N_s – number of species, $Pf(10)$ – % of species in 10 leading families)

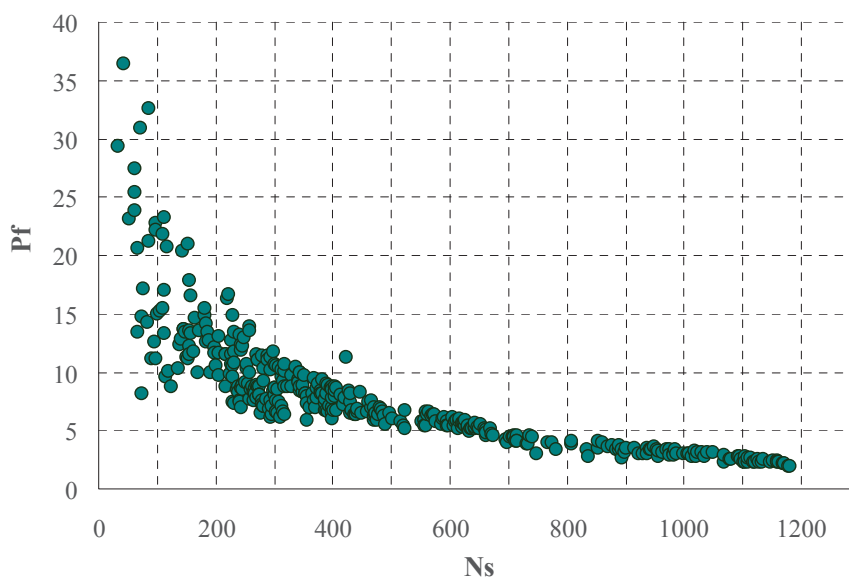


Рис. 7. Зависимость количества семейств, содержащих один вид, от числа видов во флористической выборке (N_s – число видов, Pf – % семейств, имеющих один вид)

Fig. 7. Dependence of the number of families containing one species on the number of species in the floristic sample (N_s – number of species, Pf – % of families having one species)

Для интервала выборок 600–800 видов этот показатель достигает 50%. Выявляются и представители истинно одновидовых семейств и семейств, имеющих несколько представителей. Часть одновидовых для исследуемой территории семейств включает в себя виды, имеющие на всей территории лишь единичные места произрастания (*Parnassiaceae*, *Rutaceae*). Поэтому для

их обнаружения необходимо обследовать определенные биотопы. Такие виды попадают в список лишь при расширении территории обследования.

В составе флоры всего Сокского физико-географического района насчитывается 27 семейств, содержащих 1 вид. Из них 80% семейств действительно одновидовые, а остальные же могут иметь еще представителей на изучаемой территории.



Таким образом, анализ состава семейств, включающих один вид, дает информацию о полноте выявленности флоры. Этот признак отражает состояние «хвостовой» части спектра в противовес первому рассмотренному признаку (состав триады ведущих семейств), который относится к «головной» части. Очевидно, «хвостовая» часть спектра формируется позже «головной».

Параметры родового спектра

Ведущие роды родового спектра. Количественная представленность родов указывает на экологические особенности изучаемых флор. Сформировавшись при различных природных условиях, флоры будут отличаться видовым обилием ведущих родов, представители которых сохраняют определенную схожесть экологических потребностей и адаптацию к окружающей среде.

Распределение обилия видов в самых крупных родах флоры (также как и семействах) по территории бывшего Советского Союза было изучено Л. И. Малышевым, который показал степень сходства изученных областей территории по семейственным и родовым спектрам и указал, что «области больше сходны между собою по семейственным спектрам, нежели по родовым» [11, с. 37]. Следовательно, состав родового спектра (по сравнению с семейственным) способен более подробно выявить индивидуальные черты изучаемых флор. Особенно это касается флор, расположенных географически рядом – например, на территории одного района или соседних физико-географических районов одной провинции.

Определенную характеристику дает как перечень ведущих родов, так и их последовательность. Перечень ведущих родов для территории Самаро-Ульяновского Поволжья нами был определен ранее (*Carex*, *Galium*, *Potentilla*, *Artemisia*, *Astragalus*, *Salix*) на основании частоты их присутствия в составе первых пяти позиций родовых спектров физико-географических районов [24]. О какой-либо определенной последовательности же ведущих родов (по аналогии с ведущими семействами спектра) на территории Самаро-Ульяновского Поволжья говорить не приходится, так как она достаточно неоднородна. Однозначно показан лишь выход на первое место рода *Carex* после 1000 видов в выборке. Это подтверждает факт того, что «обилие видов *Carex* – общая черта еurasийских (в том числе и североазиатских) флор» [12, с. 162].

Формирование родового спектра. Расположение ведущих родов. Родовой спектр содержит меньше позиций, чем семейственный (см. рис. 5, 8). При увеличении числа видов в изучен-

ной нами совокупности флористических выборок число позиций родовых спектров возрастает от 1 до 19 (см. рис. 8). В процессе формирования головной части спектра в нее перемещаются все ведущие роды. Ведущие роды появляются в составе спектра достаточно рано (благодаря своей многочисленности). В составе выборок уже от 300 видов и выше присутствуют все роды, обозначенные нами как ведущие.

Однако положение ведущих родов еще очень различно и спектр полностью не сформирован. При малых флористических выборках они все входят в состав «хвостовой» части, а затем начинают перемещаться в головную часть. В процессе формирования спектра в «головной» части могут оказываться роды, не являющиеся в составе полной флоры ведущими (например, роды *Amaroria*, *Campanula*, *Centaurea* и др.). Эти роды тоже достаточно крупные, при увеличении количества видов они занимают свои соответствующие места в спектре. Формирование головной части спектра происходит поэтапно. В зависимости от количества видов в выборке она состоит из 1 или 8–10 родов. В ней также могут присутствовать повторы. Но, конечно, не во всех позициях сразу. Обычно это два повтора. Головная часть родового спектра флоры Сокского физико-географического района выглядит следующим образом: *Carex*, *Galium*, *Potentilla*, *Astragalus*, *Artemisia* и *Viola*, *Salix* и *Veronica*, *Centaurea*, *Campanula* и *Euphorbia*. Для последующих позиций характерны трех- и более кратные повторы, т.е. начало «хвостовой» части спектра.

Порядок перемещения родов в «головную» часть спектра может быть различным. Он зависит от экотопической характеристики (принадлежности) местности, с которой берется флористическая выборка. Чаще всего первыми могут оказываться роды *Astragalus* и *Galium* (в случае охвата степных и лесостепных сообществ) и *Carex* (в случае преобладания прибрежно-водных сообществ). Обычно позже всех в головную часть перемещается род *Salix*. Все шесть ведущих родов перемещаются в головную часть спектра после достижения выборки объема 1100 видов. Это происходит после выхода рода *Carex* на первое место. Очевидно, на данной стадии родовой спектр может считаться сформированным полностью.

Заключение

На примере лесостепной зоны Самарского Заволжья (Сокский физико-географический район) по параметрам таксономических спектров обозначим основные уровни флористической выборки в зависимости от числа видов (рис. 9).

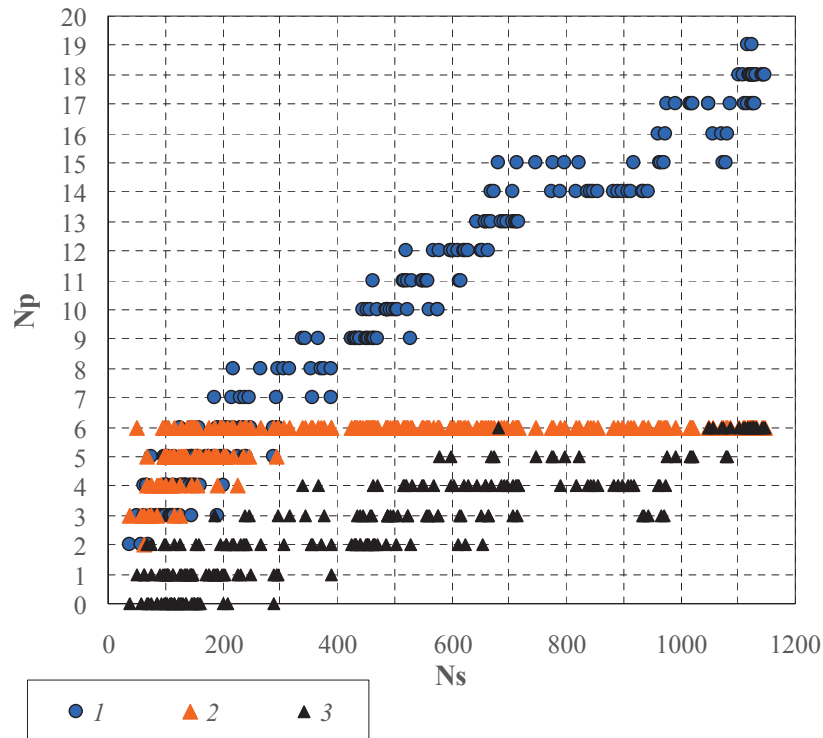


Рис. 8. Зависимость числа позиций, числа ведущих родов в спектре и числа ведущих родов в головной части спектра от количества видов во флористической выборке (Ns – число видов, Np – номер позиции спектра родов; 1 – число позиций, 2 – число ведущих родов, 3 – число ведущих родов в головной части спектра) (цвет online)

Fig. 8. The dependence of the number of positions, the number of leading genera in the spectrum and the number of leading genera in the head of the spectrum on the number of species in the floristic sample (Ns – number of species, Np – position number of the spectrum of genera; 1 – number of positions, 2 – number of leading genera, 3 – the number of leading genera in the head of the spectrum) (color online)

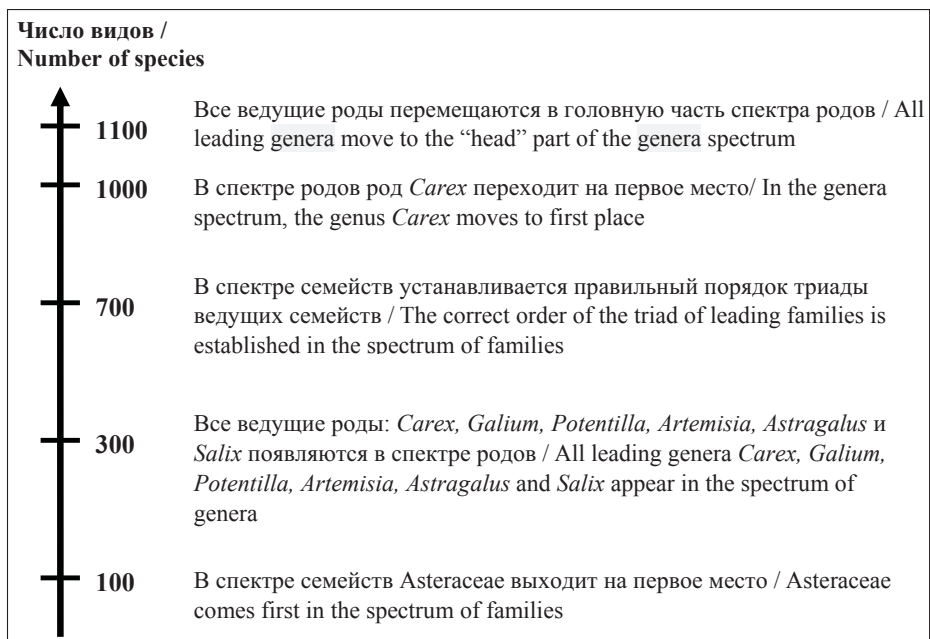


Рис. 9. Уровни флористической выборки по параметрам таксономических спектров
Fig. 9. Levels of floristic sampling according to the parameters of taxonomic spectra



На стадии малочисленных выборок формируются позиции семейственного спектра, при более многочисленных – родового. Для лесостепной зоны Самарского Заволжья можно обозначить постулат о том, что флорой можно считать выборку около 700 видов и более, что соответствует установлению в указанных географических условиях правильной для данной местности триады ведущих семейств. Это первый основной рубеж соответствия выборки первостепенной характеристики флоры. Однако, если сравнительный анализ флор планируется проводить по родовым спектрам, необходимо иметь выборку 1000 видов и более.

Благодарности

Работа выполнена в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук согласно тематическому плану Института экологии Волжского бассейна РАН по темам с регистрационными номерами в ЕГИСУ НИОКТР АААА-А17-117112040039-7 и АААА-А17-117112040040-3.

Список литературы

1. Юрцев Б. А., Камелин Р. В. Основные понятия и термины флористики : учеб. пособ. по спецкурсу. Пермь : Перм. ун-т, 1991. 80 с.
2. Толмачев А. И. Богатство флор как объект сравнительного изучения // Вестн. ЛГУ. 1970. № 9. С. 71–83.
3. Шмидт В. М. Статистические методы сравнительной флористики. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. 176 с.
4. Физико-географическое районирование Среднего Поволжья / под ред. А. В. Ступишина. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1964. 173 с.
5. Толмачев А. И. Введение в географию растений. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. 244 с.
6. Кузнецова Р. С. Бассейн реки Сок : Общая характеристика притоков // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2014. Т. 16, № 5. С. 36–42.
7. База данных «Флористические описания локальных участков Самарской и Ульяновской областей» (FD SUR) : св-во о гос. регистрации базы данных Рос. Федерация / М. А. Аристова, Г. С. Розенберг, Г. Э. Кудинова, А. Г. Розенберг, А. В. Иванова, В. М. Васюков, Н. В. Костина, С. В. Саксонов ; № 2018621983 ; зарегистр. 12.11.2018.
8. Кудашкина Т. А., Корчиков Е. С., Плаксина Т. И. «Гора Копейка» – уникальный памятник природы Кинельских яров (Самарская область) // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2009. Т. 11, № 1 (3). С. 436–440.
9. Корчикова Т. А. Флористический состав памятника природы Абдул-Заводская дубрава (Самарская область) // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2010. Т. 12, № 1 (5). С. 1393–1397.
10. Ильина Н. С., Ильина В. Н., Волынцева А. Д. Изучение флоры памятника природы Успенская шишка // Вестн. Самар. гос. пед. ун-та. Естественно-географический факультет. 2008. Вып. 6, ч. 1. С. 37–41.
11. Малышев Л. И. Флористические спектры Советского Союза // История флоры и растительности Евразии. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1972. С. 17–40.
12. Камелин Р. В. География растений : учеб. пособие. СПб. : Изд-во ВВМ, 2018. 306 с.
13. Саксонов С. В., Сенатор С. А. Путеводитель по Самарской флоре (1851–2011). Сер. Флора Волжского бассейна. Т. I. Тольятти : Кассандра, 2012. 512 с.
14. Раков Н. С., Саксонов С. В., Сенатор С. А., Васюков В. М. Сосудистые растения Ульяновской области. Сер. Флора Волжского бассейна. Т. II. Тольятти : Кассандра, 2014. 295 с.
15. Хохряков А. П. Основные типы флористических спектров Средней России // Флора Центральной России : материалы науч. конф. М. : Б. и., 1995. С. 12–16.
16. Хохряков А. П. Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике // Бот. журн. 2000. Т. 85, № 5. С. 1–11.
17. Гельтман Д. В., Антонова Н. Н., Бялт В. В., Грабовская А. Е., Дорофеев В. И., Золкина Л. А., Конечная Г. Ю., Красовская Л. С., Крупкина Л. И., Левичев И. Г., Медведева Н. А., Портениер Н. Н., Соколова И. В. Состав флоры сосудистых растений Российской Федерации // Изв. РАН. Сер. Биологическая. 1998. Т. 25, № 1. С. 93–97.
18. Иванова А. В., Костина Н. В., Розенберг Г. С., Саксонов С. В. Семейственные спектры флор территории Волжского бассейна // Бот. журн. 2016. Т. 101, № 9. С. 1042–1055.
19. Саксонов С. В. Самаролукский флористический феномен. М. : Наука, 2006. 263 с.
20. Иванова А. В., Костина Н. В., Лысенко Т. М., Козловская О. В. Особенности флоры Мелекесско-Ставропольского физико-географического района // Самар. науч. вестн. 2017. № 4 (21). С. 35–40.
21. Иванова А. В., Костина Н. В., Лысенко Т. М. Изучение неоднородности территории по кривой «виды-площадь» для исследования ее флористической структуры (на примере Сокского физико-географического района) // Самар. науч. вестн. 2018. № 2 (23). С. 49–55.
22. Казакова М. В. Флора Рязанской области. Рязань : Рус. слово, 2004. 387 с.
23. Морозова О. В. Таксономическое богатство флоры Восточной Европы: факторы пространственной дифференциации. М. : Наука, 2008. 328 с.
24. Иванова А. В., Костина Н. В., Аристова М. А. Родовой спектр в анализе флоры Самаро-Ульяновского Поволжья // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2019. Т. 19, вып. 2. С. 196–206. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2019-19-2-196-206>

Образец для цитирования:

Иванова А. В., Костина Н. В., Аристова М. А. Зависимость таксономических параметров флор от размеров выборки // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 404–416. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-4-404-416>



Dependence of Taxonomic Flora Parameters on Sample Sizes

A. V. Ivanova, N. V. Kostina, M. A. Aristova

Anastasia V. Ivanova, <https://orcid.org/0000-0003-2467-546X>, Institute of Ecology of the Volga River Basin RAS, 10 Komzin St., Togliatti 445003, Russia, nastia621@yandex.ru

Natalia V. Kostina, <https://orcid.org/0000-0002-8666-2130>, Institute of Ecology of the Volga River Basin RAS, 10 Komzin St., Togliatti 445003, Russia, knva2009@yandex.ru

Margarita A. Aristova, <https://orcid.org/0000-0001-6389-8485>, Institute of Ecology of the Volga River Basin RAS, 10 Komzin St., Togliatti 445003, Russia, margokostina@yandex.ru

The problem of assessing the completeness of the identification of flora is a very significant element of study. The approach proposed in this work is based on an assessment of the complex of parameters of the taxonomic spectra of flora (generic and family). As a model object, the authors considered the flora of the Soksky physical-geographical region, located in the Trans-Volga sector of the Samara region. To solve this problem, the authors used 124 source floristic lists and their combinations (over 400). Depending on the increase in the number of species according to the parameters of taxonomic spectra, the authors determined the main levels of floristic sampling. Such levels determine the reliable characteristics of the flora, corresponding to the ecological and geographical conditions. The authors found that, in the spectrum of families, the first triad of leading families (Asteraceae – Poaceae – Fabaceae) was established after 700 species were in the sample. The fourth place in the spectrum is occupied by the Rosaceae family, and the fifth, designated by us as the leading Brassicaceae, effectively takes its place with only 1000 species in the sample. The content of species in the top ten families tends to a value of 61–60% with 800 species or more. As part of the flora of the Soksky district, among families containing one species, there are 80% of families, which for this territory we can consider really repetitive? The formation of the spectrum of genera is somewhat slower than that of the spectrum of families. Leading genera (*Carex*, *Galium*, *Potentilla*, *Artemisia*, *Astragalus*, *Salix*) appear in the spectrum when the number of samples is already 300 species or more and is stably present in its composition. However, they all move to the head of the spectrum only after reaching a sample size of 1100 species.

Keywords: spectra of flora families and genera, taxonomic parameters, leading genera, leading families, flora sampling, Samara Trans-Volga region, Soksky physical-geographical region.

Received: 11.03.2020 / Accepted: 16.04.2020 / Published: 30.11.2020

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

Acknowledgments: The research is conducted in the framework of the Program of Fundamental Scientific Research of RAS in accordance with the following topics of the Institute of Ecology of the Volga River Basin of RAS: AAAA17-117112040040-3 and AAAA-A17-117112040039-7.

References

1. Yurcev B. A., Kamelin R. V. *Osnovnyye ponyatiya i terminy floristiki* [Basic concepts and terms of floristry]. Perm, Perm. un-t, 1991. 80 p. (in Russian).
2. Tolmachev A. I. The wealth of flora as an object of comparative study. *Vestnik LGU*, 1970, no. 9, pp. 71–83 (in Russian).
3. Shmidt V. M. *Statisticheskiye metody sravnitel'noy floristiki* [Statistical methods of comparative floristry]. Leningrad, Izd-vo Leningr. un-ta, 1980. 176 p. (in Russian).
4. A. V. Stupishina, ed. *Fiziko-geograficheskoe rayonirovanie Srednego Povolzh'ya* [Physical and geographical zoning of the Middle Volga region]. Kazan', Izd-vo Kazan. un-ta, 1964. 173 p. (in Russian).
5. Tolmachev A. I. *Vvedeniye v geografuyu rasteniy* [Introduction to plant geography]. Leningrad, Izd-vo Leningr. un-ta, 1974. 244 p. (in Russian).
6. Kuznecova R. S. Sok river basin: General characteristics of tributaries. *Izv. of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2014, vol. 16, no. 5, pp. 36–42 (in Russian).
7. *Baza dannykh "Floristicheskiye opisaniya lokal'nykh uchastkov Samarskoy i Ulyanovskoy oblastey (FD SUR)": Svidetel'stvo o registratsii bazy dannykh* [Database 'Floristic descriptions of local areas of Samara and Ulyanovsk regions (FD SUR)': Certificate of state registration of database]. M. A. Aristova, G. S. Rozenberg, G. E. Kudinova, A. G. Rozenberg, A. V. Ivanova, V. M. Vasyukov, N. V. Kostina, S. V. Saksonov; no. 2018621983; 12.11.2018 (in Russian).
8. Kudashkina T. A., Korchikov E. S., Plaksina T. I. "Gora Kopeyka" – a unique natural monument of the Kinelsky Yarov (Samara region). *Izv. of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2009, vol. 11, no. 1 (3), pp. 436–440 (in Russian).
9. Korchikova T. A. Floristic structure of the natural sanctuary Abdul-zavodskaya Oak-Forest (Samara oblast). *Izv. of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2010, vol. 12, no. 1 (5), pp. 1393–1397 (in Russian).
10. Ilina N. S., Ilina V. N., Volynceva A. D. Studying flora of nature monument Uspenskaya Shishka. *Samara State Pedagogical University Bulletin*, 2008, iss. 6, pt. 1, pp. 37–41 (in Russian).
11. Malyshev L. I. Floristicheskiye spektry Sovetskogo Soyuza [Floral spectra of the Soviet Union]. In: *Istoriya flory i rastitel'nosti Evrazii* [History of flora and vegetation of Eurasia]. Leningrad, Leningr. otd-nie Nauka Publ., 1972, pp. 17–40 (in Russian).
12. Kamelin R. V. *Geografiya rasteniy* [Geography of plants]. St. Petersburg, Izd-vo VVM, 2018. 306 p. (in Russian).
13. Saksonov S. V., Senator S. A. *Putevoditel' po Samarskoy flore (1851–2011). Ser. Flora Volzhskogo basseyna. T. 1.* [Guide to the flora of Samara (1851–2011). Flora of the Volga basin. Vol. 1]. Togliatti, Cassandra Publ., 2012. 512 p. (in Russian).



14. Rakov N. S., Saksonov S. V., Senator S. A., Vasyukov V. M. *Sosudistyye rasteniya Ul'yanovskoy oblasti. Flora Volzhskogo basseyna. T. II* [Vascular plants of the Ulyanovsk region. Flora of the Vozhsky basin. Vol. II]. Togliatti, Kassandra Publ., 2014. 295 p. (in Russian).
15. Hohryakov A. P. Osnovnyye tipy floristicheskikh spektrov Sredney Rossii. [The main types of floristic spectra of Central Russia]. In: *Flora Centralnoj Rossii: materialy nauch. konf.* [Flora of Central Russia: materials of the scientific conference]. Moscow, 1995, pp. 12–16 (in Russian).
16. Hohryakov A. P. Taxonomic spectra and their role in comparative floristry. *Botanicheskiy Zhurnal*, 2000, vol. 85, no 5, pp. 1–11 (in Russian).
17. Geltman D. V., Antonova N. N., Byalt V. V., Grabovskaya A. E., Dorofeev V. I., Zolkina L. A., Konechnaya G. Yu., Krasovskaya L. S., Krupkina L. I., Levichev I. G., Medvedeva N. A., Portenier N. N., Sokolova I. V. Flora of the vascular plants of the Russian Federation. *Biology Bulletin*, 1998, vol. 25, no. 1, pp. 78–82 (in Russian).
18. Ivanova A. V., Kostina N. V., Rozenberg G. S., Saksonov S. V. Family spectra of the Volga basin flora. *Botanicheskiy Zhurnal*, 2016, vol. 101, no. 9, pp. 1042–1055 (in Russian).
19. Saksonov S. V. *Samarolukskiy floristicheskiy fenomen* [Samaroluksky floristic phenomenon]. Moscow, Nauka Publ., 2006. 263 p. (in Russian).
20. Ivanova A. V., Kostina N. V., Lysenko T. M., Kozlovskaya O. V. The flora peculiarities of the Melekess-Stavropol physiographic region. *Samara Journal Science*, 2017, no. 4 (21), pp. 35–40 (in Russian).
21. Ivanova A. V., Kostina N. V., Lysenko T. M. Territory heterogeneity study on the “types-areas” curve for a research of its structure (on the example of the Soksky physiographic area). *Samara Journal Science*, 2018, no. 2 (23), pp. 49–55 (in Russian).
22. Kazakova M. V. *Flora Ryazanskoy oblasti* [Flora of Ryazan region]. Ryazan, Russkoe slovo Publ., 2004. 388 p. (in Russian).
23. Morozova O. V. *Taksonomicheskoye bogatstvo flory Vostochnoy Evropy: faktory prostranstvennoy differentsiatsii* [Taxonomic wealth of flora Eastern Europe: spatial differentiation factors]. Moscow, Nauka Publ., 2008. 328 p. (in Russian).
24. Ivanova A. V., Kostina N. V., Aristova M. A. Generic Spectrum in the Analysis of Flora in Samara-Ulyanovsk Volga Region. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2019, vol. 19, iss. 2, pp. 196–206 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2019-19-2-196-206>

Cite this article as:

Ivanova A. V., Kostina N. V., Aristova M. A. Dependence of Taxonomic Flora Parameters on Sample Sizes. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2020, vol. 20, iss. 4, pp. 404–416 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-4-404-416>
