

УДК 51-7:581.9

**Б.И. Сёмкин**  
**М.В. Горшков**  
**Л.И. Варченко**

**B.I. Semkin**  
**M.V. Gorshkov**  
**L.I. Varchenko**

## **О СХЕМНО-ЦЕЛЕВОМ ПОДХОДЕ К ПРОБЛЕМЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ТАКСОНОМИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ**

### **ABOUT CIRCUIT-ORIENTED APPROACH TO PROBLEMS OF THE COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TAXONOMIC SPECTRS**

Предложен новый подход к сравнительному анализу таксономических спектров. На примере семейственно-видовых спектров (FS-спектров) рассмотрена процедура формирования FS-спектров и разнокомпонентных их частей.

Сущность схемно-целевого подхода к установлению эмпирических закономерностей состоит в следующем (Сёмкин, 1981; Сёмкин, Усольцева, 1982; Сёмкин, 1983, 1987а; Сёмкин, Орешко, Горшков, 2009): исходя из поставленной цели исследования и содержательного обсуждения проблемы, производится сбор экспериментальных данных по определённой схеме, согласующейся с дальнейшей их математической обработкой и интерпретацией результатов. Схема для установления отношения сходства на совокупности дескриптивных наборов при геоботанических и флористических исследованиях включает четыре основных этапа (Сёмкин, 1983; Сёмкин, Орешко, Горшков, 2009): выбор цели исследования, сбор, анализ данных и интерпретацию результатов. Указанные этапы последовательно зависимы, в связи с чем решения, принимаемые на каждом этапе, ограничивают свободу применения алгоритмов на последующих этапах.

Традиционный подход к изучению отношений сходства в биологических науках состоит в том, что независимо от последующих этапов обработки «собираются» данные, затем выбирается одна из многих мер сходства, производится попарное сравнение объектов (описаний), выделяются посредством различных алгоритмов кластеры (скопления описаний) и затем производится содержательная интерпретация выделенных классов, причём независимо от предыдущих этапов обработки данных, в основном на использовании обширных знаний исследователя. Например, при интерпретации корреляционных плеяд конкретных флор Большеземельской тундры и Пай-Хоя, выделенных по систематической структуре флор, используются различные объяснения их происхождения. Так, при разных порогах связи выделяются корреляционные плеяды, происхождение которых объясняется разными причинами – таксономическими (провинциальными), зональными или историческими (Ребристая, Шмидт, 1972; Шмидт, 1980).

Однако при схемно-целевом подходе систематическая структура конкретных флор (головная часть семейственно-видовых спектров) используется только для целей таксономического разделения флор, в данном случае на уровне флористических подпровинций и округов (Сёмкин, 1987б). Если поставлена цель зонального деления флор, то в этом случае необходимо использовать только широтные спектры географических элементов и выделить типы арктических флор (высокоарктические, арктические и гипоарктические (Сёмкин, 1987б; Сёмкин и др., 2010). Построенные дендрограммы для конкретных флор европейского северо-востока по семейственно-видовым и широтным спектрам различаются и в некоторых случаях несовместимы (Сёмкин, 1987б).

#### Таксономические спектры

Флору составляет совокупность (множество) видов растений, относящихся к различным систематическим группам – родам, семействам, порядкам и т.д. В списках видов флор наблюдаются определённые соотношения между этими группами. Свойственные каждой флоре распределения видов между систематическими категориями высшего ранга называют систематической структурой флоры (Толмачёв, 1974). В качестве показателей систематической структуры рассматривают различные таксономические спектры – распределения таксонов низшего ранга по таксонам высшего ранга. Например, распределение видов флоры по семействам или видов по родам и т.д. (Толмачёв, 1974; Малышев, 1972; 1976; Мартыненко, Шмидт, 1981; Ребристая, Шмидт, 1980; Юрцев, Сёмкин, 1980; Сёмкин, 1987б; Малышев, Байков, Доронькин, 1998; Сёмкин, 2010, Зверев, 2013). Следует отметить один из новых подходов к обоснованию таксономических спек-

тров с использованием фактор-множеств (Юрцев, Сёмкин, 1980; Зверев, 2013). Для краткой записи таксономических спектров вводятся обозначения: DS-спектр (D – division (отдел), S – species (вид) (Сёмкин и др., 2010), FS-спектр (F – familia (семейство), S – species (вид), GS-спектр (G – genus (род), S – species (вид), FG-семейственно-родовой спектр и т.д.

Таксономические спектры могут быть абсолютными и относительными (Сёмкин и др., 2010). Рассматриваются также части таксономических спектров – «головная», «средняя» и «хвостовая» (Малышев, 1973; Шмидт, 1987; Байков, Доронькин, Малышев, 1998). В дальнейшем, будем рассматривать семейственно-видовые спектры, т.е. FS-спектры и их части. FS-спектры и их части (10-15 ведущих семейств) характеризуют флористическую область (Толмачёв, 1974; Шмидт, 1980, 1987).

#### Выделение частей FS-спектра

Так как FS-спектр характеризует флористическую область, то порядок семейств по численности видов можно определить, зная распределение видов по семействам данной области, или по «генерализованному» спектру для совокупности флористических районов (Пяк, Зверев, 1997; Байков, Доронькин, Малышев, 1998).

Головная часть генерализованного FS-спектра выделялась на основе упорядочивания семейств по сумме их рангов в конкретных флорах (Пяк, Зверев, 1997) или по среднему рангу семейства для совокупности районов (Байков, Доронькин, Малышев, 1998). Формирование генерализованного FS-спектра указанным способом не корректно, исходя из теории измерений. В шкале порядка допустимы только две операции: нахождение минимального и максимального значения из нескольких. В этой шкале нельзя суммировать ранги и находить их средние значения. Причём головная часть самого генерализованного FS-спектра не определена при указанных подходах. Определение генерализованного FS-спектра для всей флоры Земли или для флористических царств (Хохряков, 2000) также вызывает сомнения. Для характеристики таких подразделений флор можно использовать и другие флористические признаки. Мы предлагаем новый подход к построению генерализованного FS-спектра и его частей на основе теории сходства (Semkin, 2012). Абсолютному FS-спектру сопоставим дескриптивное множество (набор) или «весовое» множество, элементы которого семейства, а «веса» - количество в них видов. При нормировке «весов», т.е. определении доли видов в данном семействе от совокупности видов всей флоры или суммы видов части семейств флоры получаем относительный FS-спектр. Используя операции объединения нескольких дескриптивных множеств получим генерализованный FS-спектр, «веса» семейств которого определяются как максимальное значение «весов» семейств из рассматриваемых FS-спектров совокупности флористических районов. «Веса» генерализованного FS-спектра упорядочиваются в порядке убывания. На основе упорядоченного генерализованного FS-спектра выделяются его части: трёхкомпонентные ( $FS_3$ ), шестикомпонентные ( $FS_6$ ), десяти компонентные ( $FS_{10}$ ) и шестнадцатикомпонентные ( $FS_{16}$ ) абсолютные спектры. Нормировка, т.е. приведение суммы весов абсолютных  $FS_3$ ,  $FS_6$ ,  $FS_{10}$ ,  $FS_{16}$  спектров к единице, даёт относительные  $FS'_3$ ,  $FS'_6$ ,  $FS'_{10}$ ,  $FS'_{16}$  спектров. В табл. 1 приводятся трёх-, шести-, десяти-, шестнадцатикомпонентные спектры головной части генерализованного FS-спектра, рассчитанные на основе распределения видов по 21 семейству для 28 рабочих районов Сибири (Малышев, Байков, Доронькин, 1998).

Используя эти же данные (Байков, Доронькин, Малышев, 1998) по среднему рангу семейств, установили следующий порядок семейств по убыванию порядкового номера: ASTER, POACE, CYPER, RANUN, ROSAC, BRASS, FABAC, CARYO, SCROP, SALIC, POLYG, LAMIA, APIAC, CHENO, SAXIF, JUNCA. При использовании нашего подхода, основанного на выборе максимального «веса», из совокупности «весов» соответствующих семейств рассматриваемых районов установлен следующий порядок семейств по числу видов в абсолютном шестнадцатикомпонентном FS-спектре (табл. 1): ASTER (256), POACE (193), CYPER (149), FABAC (139), ROSAC (120), RANUN (101), BRASS (98), SCROP (68), CARYO (65), CHENO (62), LAMIA (60), LILIA (53), SALIC (51), APIAC (48), POLYG (47), BORAG (41).

Следовательно, только в первую тройку наиболее обильных семейств входят одинаковые семейства и одинаково упорядоченные. Вторая тройка имеет уже различия как по семействам, так и по их упорядочиванию. Различно упорядочены группы из 10 и 16 семейств. После упорядочивания различных FS-спектров конкретных флор рабочих районов, исходя из порядка абсолютного генерализованного FS-спектра (табл. 1) можно использовать различные подходы к их сравнению с помощью теоретико-графовых методов (Сёмкин, Горшков, 2010, 2012).

Таблица 1

FS-спектры трёх районов Сибири (Малышев, Байков, Доронькин, 1998)  
 а<sup>(1)</sup> – Горноалтайский (ГО), а<sup>(2)</sup> – Тувинский (ТУ), а<sup>(3)</sup> – Южнобурятский (ЮЖ), а<sup>(4)</sup> – интегрированный FS-спектр

№ п/п	Семейства	а <sup>(1)</sup>	а <sup>(2)</sup>	а <sup>(3)</sup>	а <sup>(4)</sup>
1	ASTER	<u>0,4646</u> <u>0,2832</u> <u>0,2168</u> <u>0,1773</u>	<u>0,4270</u> <u>0,2653</u> <u>0,2035</u> <u>0,1667</u>	<u>0,3655</u> <u>0,2329</u> <u>0,1824</u> <u>0,1470</u>	<u>0,4281</u> <u>0,2672</u> <u>0,2046</u> <u>0,1651</u>
2	POACE	<u>0,3231</u> <u>0,1969</u> <u>0,1507</u> <u>0,1233</u>	<u>0,3522</u> <u>0,2188</u> <u>0,1678</u> <u>0,1375</u>	<u>0,3581</u> <u>0,2281</u> <u>0,1787</u> <u>0,1440</u>	<u>0,3227</u> <u>0,2015</u> <u>0,1543</u> <u>0,1244</u>
3	CYPER	<u>0,2123</u> <u>0,1294</u> <u>0,0991</u> <u>0,0810</u>	<u>0,2208</u> <u>0,1372</u> <u>0,1052</u> <u>0,0862</u>	<u>0,2764</u> <u>0,1761</u> <u>0,1380</u> <u>0,1112</u>	<u>0,2492</u> <u>0,1555</u> <u>0,1191</u> <u>0,0961</u>
	Σ <sub>3</sub>	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
4	FABAC	<u>0,1538</u> <u>0,1177</u> <u>0,0963</u>	<u>0,1542</u> <u>0,1183</u> <u>0,0969</u>	<u>0,1324</u> <u>0,1037</u> <u>0,0836</u>	<u>0,1451</u> <u>0,1111</u> <u>0,0896</u>
5	ROSAC	<u>0,1327</u> <u>0,1016</u> <u>0,0831</u>	<u>0,1100</u> <u>0,0843</u> <u>0,0691</u>	<u>0,1100</u> <u>0,0870</u> <u>0,0702</u>	<u>0,1253</u> <u>0,0959</u> <u>0,0774</u>
6	RANUN	<u>0,1040</u> <u>0,0796</u> <u>0,0651</u>	<u>0,1145</u> <u>0,0878</u> <u>0,0719</u>	<u>0,1194</u> <u>0,0935</u> <u>0,0754</u>	<u>0,1054</u> <u>0,0807</u> <u>0,0651</u>
	Σ <sub>6</sub>	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
7	BRASS	<u>0,0830</u> <u>0,0679</u>	<u>0,0774</u> <u>0,0634</u>	<u>0,0833</u> <u>0,0672</u>	<u>0,0783</u> <u>0,0632</u>
8	SCROP	<u>0,0576</u> <u>0,0471</u>	<u>0,0548</u> <u>0,0449</u>	<u>0,0528</u> <u>0,0425</u>	<u>0,0544</u> <u>0,0438</u>
9	CARYO	<u>0,0550</u> <u>0,0450</u>	<u>0,0531</u> <u>0,0434</u>	<u>0,0528</u> <u>0,0425</u>	<u>0,0520</u> <u>0,0419</u>
10	CHENO	<u>0,0389</u> <u>0,0319</u>	<u>0,0478</u> <u>0,0392</u>	<u>0,0278</u> <u>0,0224</u>	<u>0,0496</u> <u>0,0400</u>
	Σ <sub>10</sub>	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
11	LAMIA	0,0388	0,0427	0,0343	0,0387
12	LILIA	0,0367	0,0313	0,0328	0,0342
13	SALIC	0,0256	0,0285	0,0351	0,0329
14	APIAC	0,0325	0,0256	0,0351	0,0309
15	POLYG	0,0215	0,0249	0,0351	0,0303
16	BORAG	0,0270	0,0278	0,0216	0,0264
	Σ <sub>16</sub>	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Примечание: латинские названия семейств сокращены до пяти первых букв. Число в верхнем правом углу каждой «клетки» означает количество видов в семействе.

Материалы и методы

Мы использовали данные по распределению видов для 21 семейства в 28 районах Сибири (Малышев, Байков, Доронькин, 1998). На основе этих данных мы упорядочили семейства по видовому богатству в нисходящем порядке и взяли для расчёта только 3 района с наибольшим числом видов: Горноалтайский – ГО (Западная Сибирь), Тувинский – ТУ (Средняя Сибирь) и Южнобурятский – ЮЖ (Восточная Сибирь), входящих в Бореальную флористическую область (см табл. 1). На основе данных табл. 1 проведён сравнительный анализ трёхкомпонентных (FS<sub>3</sub>), шестикомпонентных (FS<sub>6</sub>), десятикомпонентных (FS<sub>10</sub>), и шестнадцатикомпонентных (FS<sub>16</sub>) FS-спектров.

Нами рассчитаны следующие индексы и меры сходства (Сёмкин, 1973; Сёмкин, Горшков, 2010, 2012; Сёмкин, Клочкова и др., 2010):

$$1) \delta(n) = \frac{S_n}{S_{n+1}}, \text{ где } \delta(n) \text{ – сходство части относительного FS-спектра с полным FS-спектром.}$$

$$2) R(p) = \sum_{i=1}^n \min\left(p_i, \frac{1}{n}\right), \text{ где } R(p) \text{ – абсолютная мера однородности FS-спектра; } n \text{ – количество компонентов спектра; } p \geq 0; i = 1, \dots, n; \frac{1}{n} \leq R(p) \leq 1; F(p) = 1 - R(p); F(p) \text{ – абсолютная мера разнородности FS-спектра (внутреннее разнообразие).}$$

$$3) K_0(a^{(1)}, a^{(2)}) = \frac{2m(a^{(1)} \wedge a^{(2)})}{m(a^{(1)}) + m(a^{(2)})} \text{ – мера сходства двух дескриптивных множеств (наборов) } a^{(1)} \text{ и } a^{(2)};$$

$$a^{(1)} = \langle a_1^{(1)}, \dots, a_r^{(1)} \rangle, a^{(2)} = \langle a_1^{(2)}, \dots, a_r^{(2)} \rangle; m(a^{(1)} \wedge a^{(2)}) = \sum_{i=1}^r \min(a_i^{(1)}, a_i^{(2)}) \text{ – мера пересечения двух дескриптивных множеств (наборов) } a^{(1)} \text{ и } a^{(2)}.$$

$$4) J(p^{(1)}, p^{(2)}) = m(p^{(1)} \wedge p^{(2)}) \text{ – мера процентного сходства двух дескриптивных множеств (наборов) } p^{(1)}$$

$$\text{и } p^{(2)}; p^{(1)} = \langle p_1^{(1)}, \dots, p_r^{(1)} \rangle; p^{(2)} = \langle p_1^{(2)}, \dots, p_r^{(2)} \rangle; \sum_{i=1}^r p_i^{(1)} = 1; \sum_{i=1}^r p_i^{(2)} = 1; m(p^{(1)} \wedge p^{(2)}) = \sum_{i=1}^r \min(p_i^{(1)}, p_i^{(2)}).$$

5)  $R(q)$  – абсолютная мера разнообразия диагональных элементов матрицы пересечения (мера разноразности описаний).

$$6) M_0 = \frac{1}{C_n^2} \sum_{i < j} K(a^{(i)}, a^{(j)}) \text{ – среднее арифметическое мер сходства } K(a^{(i)}, a^{(j)}) \text{ наддиагональных элементов матрицы сходства } C_n^2 = \frac{n(n-1)}{2}.$$

$$7) M'_0 = \frac{1}{C_n^2} K(p^{(i)}, p^{(j)}) \text{ – среднее арифметическое мер сходства } K(p^{(i)}, p^{(j)}).$$

$$8) K_{(0)} = \frac{2C_\Delta}{(n-1)T} \text{ – многоместная мера сходства, где } C_\Delta = \sum_{i < j} m(a^{(i)} \wedge a^{(j)}); T = \sum_{i=1}^n m(a^{(i)}); n \text{ – число}$$

дескриптивных множеств (наборов).

Пример расчёта индексов и мер сходства для трёхкомпонентного FS-спектра

Введём краткие обозначения для трёхкомпонентных FS-спектров:

FS<sub>3</sub><sup>(1)</sup> – абсолютный трёхкомпонентный FS-спектр Горноалтайского района (1),

FS<sub>3</sub><sup>(2)</sup> – абсолютный трёхкомпонентный FS-спектр Тувинского района (2),

FS<sub>3</sub><sup>(3)</sup> – абсолютный трёхкомпонентный FS-спектр Южнобурятского района (3),

FS<sub>3</sub><sup>(4)</sup> – абсолютный генерализованный трёхкомпонентный FS-спектр для флоры Сибири (4),

FS<sub>3</sub><sup>(1)</sup> - относительный трёхкомпонентный FS-спектр Горноалтайского района (1'),  
 FS<sub>3</sub><sup>(2)</sup> - относительный трёхкомпонентный FS-спектр Тувинского района (2'),  
 FS<sub>3</sub><sup>(3)</sup> - относительный трёхкомпонентный FS-спектр Южнобурятского района (3'),  
 FS<sub>3</sub><sup>(4)</sup> - относительный генерализованный трёхкомпонентный FS-спектр для флоры Сибири (4')

По данным табл. 1 рассчитаем матрицу пересечений для трёх абсолютных FS-спектров (1, 2, 3) (табл. 2) и матрицу мер сходства K<sub>0</sub> для абсолютных (1, 2, 3) FS-спектров (табл. 3, над диагональю) и меру процентного сходства J (p, g) для относительных (1', 2', 3') FS-спектров (табл. 3, под диагональю).

По данным табл. 2 и 3 рассчитаем индексы и меры сходства:

$$1) \delta_1 = 551 / (551 + 139) \approx 0,7986; \delta_2 = 548 / (548 + 136) \approx 0,8012; \delta_3 = 539 / (539 + 112) \approx 0,8280; \delta_4 = 0,8114;$$

Таблица 2

Матрица пересечений для FS-спектров: 1 – спектр ГО, 2 – ТУ, 3 – ЮЖ

	1	2	3
1	551	529	492
2	529	548	511
3	492	511	539

Таблица 3

Наддиагональная часть матрицы сходства абсолютных FS- спектров (1,2,3) и поддиагональная часть матрицы относительных FS-спектров (1',2',3')

	1'	2'	3'	
1	1,0000	0,9624	0,9009	1'
2	0,9627	1,0000	0,9385	2'
3	0,9028	0,9402	1,0000	3'
	1	2	3	

$$2) R_1 = \min(0,4646; 0,3333) + \min(0,3231; 0,3333) + \min(0,2123; 0,3333) = 0,8687;$$

$$R_2 = \min(0,4270; 0,3333) + \min(0,3522; 0,3333) + \min(0,2208; 0,3333) = 0,8874;$$

$$R_3 = \min(0,3655; 0,3333) + \min(0,3581; 0,3333) + \min(0,2764; 0,3333) = 0,9430;$$

$$R_4 = 0,9052;$$

$$3) K_0(1,4) = 0,9591; K_0(2,4) = 0,9564; K_0(3,4) = 0,9481;$$

$$4) J(1',4') = 0,9639; J(2',4') = 0,905; J(3',4') = 0,9374;$$

$$5) R = \min(0,3364; 0,3333) + \min(0,3315; 0,3333) + \min(0,3291; 0,3333) = 0,9957;$$

$$6) M_0 = 1/3 (0,9627 + 0,9028 + 0,9402) = 0,9352;$$

$$7) M'_0 = 1/3 (0,9624 + 0,9009 + 0,9385) = 0,9339;$$

$$8) K_{(0)} = 2C_{\Delta} / (n - 1) \cdot T = 2 \cdot 1532 / 2 \cdot 1638 = 0,9353;$$

$$T = 551 + 548 + 539 = 1638, C_{\Delta} = 529 + 492 + 511 = 1532$$

#### Интерпретация результатов расчёта

- 1) относительные трёхкомпонентные FS-спектры сходны с полным FS-спектром только на 80-83 %;
- 2) абсолютное разнообразие FS-спектров в пределах 87–94 %;
- 3) сходство абсолютных FS-спектров с генерализованным абсолютным FS-спектром находится в пределах 94–96 %;
- 4) сходство относительных FS-спектров с генерализованным относительным FS-спектром находится в пределах 94–97 %;
- 5) степень разновеликости абсолютных FS-спектров равна 0,9957, т. е. они равновелики на 100 %;
- 6) среднее арифметическое мер сходства абсолютных трёхкомпонентных FS-спектров равна 94 %;
- 7) среднее арифметическое мер сходства относительных трёхкомпонентных FS-спектров равна 93 %;
- 8) мера однородности трёхкомпонентных FS-спектров равна 0,9353 или 94 %, а мера дифференцирующего разнообразия – 6 %.

Аналогичные расчёты сделаны для шести-, десяти-, шестнадцатикомпонентных FS-спектров (табл. 4):

Индексы и меры сходства FS-спектров

Индекс	FS3	FS6	FS10	FS16
$\delta_1$	0,7986	0,9022	0,9547	0,9816
$\delta_2$	0,8012	0,9083	0,9504	0,9860
$\delta_3$	0,8280	0,9038	0,9559	0,9810
$\delta_4$	0,8114	0,9072	0,9542	0,9810
R1	0,8687	0,8533	0,8132	0,7436
R2	0,8874	0,8493	0,8052	0,7458
R3	0,9430	0,8630	0,7972	0,7443
R4	0,9052	0,8647	0,8109	0,7566
K0(1,4)	0,9591	0,9710	0,9712	0,9643
K0(2,4)	0,9564	0,9587	0,9579	0,9503
K0(3,4)	0,9481	0,9379	0,9266	0,9270
K0(1',4')	0,9639	0,9679	0,9646	0,9672
K0(2',4')	0,9705	0,9645	0,9757	0,9620
K0(3',4')	0,9374	0,9377	0,9381	0,9373
R	0,9957	0,9880	0,9833	0,9852
M0	0,9352	0,9368	0,9356	0,9309
M'0	0,9339	0,9373	0,9400	0,9356
K(0)	0,9353	0,9369	0,9358	0,9310

#### Обсуждение результатов

Сходство трёхкомпонентных FS-спектров с полным FS-спектром достаточно высокая (80–83 %). С увеличением числа компонент FS-спектра сходство с полным FS-спектром увеличивается – (90–91 %) для FS<sub>6</sub>-спектра, (95–96 %) для FS<sub>10</sub>-спектров и (98–99 %) для FS<sub>16</sub>-спектров. Следовательно, для сравнительного анализа FS-спектров достаточно использовать FS<sub>10</sub>-спектры, т.е. брать головную часть FS-спектров из 10 наиболее обильных семейств. Однородность FS-спектров стабилизируется уже для FS<sub>6</sub> (85–86 %), для FS<sub>10</sub> (80–81 %) и для FS<sub>16</sub> (74–76 %). Дифференцирующее разнообразие FS-спектров при увеличении их компонентов увеличивается от (14–15 %) для FS<sub>3</sub> до (24–26 %) для FS<sub>16</sub>.

Сходство FS-спектров районов с интегрированным FS-спектром для Сибири высокая как для абсолютных, так и относительных спектров и их частей, для FS<sub>10</sub>-спектров равна (93–97 %).

Мера одновеликости FS-спектров (R) очень высокая (99–100 %). Можно считать, что рассматриваемые нами FS-спектры одновелики. Следовательно, правомерно использовать меры сходства для их сравнения, причём меры сходства для относительных и абсолютных FS-спектров имеют близкие значения. В результате этого, меры M<sub>0</sub>, M'<sub>0</sub> и K<sub>(0)</sub> для FS<sub>3</sub>, FS<sub>6</sub>, FS<sub>10</sub>, FS<sub>16</sub> близки (93–94 %). То есть для оценки однородности или дифференцирующего разнообразия FS-спектров достаточно определить одну многоместную меру K<sub>(0)</sub>.

Начиная с десятикомпонентных спектров (FS<sub>10</sub>) результаты сравнительного анализа FS-спектров стабилизируются и с дальнейшим увеличением компонентов FS-спектров существенно не изменяются.

#### Заключение

1. Определять меры сходства необходимо только для одновеликих абсолютных FS-спектров или для относительных FS-спектров.

2. Подтверждается гипотеза А.И. Толмачёва, что головная часть семейственно-видового спектра, т.е. десять наиболее обильных семейств, определяют «лицо» флористической области.

3. Генерализованный FS-спектр для флоры Сибири определяется посредством нахождения объединения абсолютных FS-спектров совокупности районов как дескриптивных множеств (наборов) и генерализованный FS<sub>16</sub> – спектр для Сибири: Asteraceae (256), Poaceae (193), Cyperaceae (149), Fabaceae (139), Rosaceae (120), Ranunculaceae (101), Brassicaceae (98), Scrophulariaceae (68), Caryophyllaceae (65), Chenopodiaceae (62), Lamiaceae (60), Liliaceae (53), Salicaceae (51), Apiaceae (48), Polygonaceae (47), Boraginaceae (41). Приведённый FS-спектр характеризует Бореальную флористическую область, а не флору Сибири. Необходимо также выделить FS-спектр для Арктической области.

4. На основе генерализованного FS-спектра выделяются также FS<sub>3</sub>, FS<sub>6</sub>, FS<sub>10</sub>-спектры.

5. Меры сходства для абсолютных и относительных FS-спектров ( $FS_3$ ,  $FS_6$ ,  $FS_{10}$ ,  $FS_{16}$ ) имеют близкие значения.

6. Дифференцирующее разнообразие FS-спектров имеет близкое значение для трёх-, шести-, десяти-, и шестнадцатикомпонентных спектров.

7. Схемно-целевой подход позволил решить проблему построения FS-спектров и их частей, а также позволил дать однозначную интерпретацию результатам сравнительного анализа FS-спектров для целей сравнительного анализа флористических областей.

Работа выполнена при поддержке гранта ДВО РАН (проект КПФИ 12-06-023 «Использование математических методов сравнительного анализа и биоинформационных технологий при построении экологических карт»).

## ЛИТЕРАТУРА

**Байков К.С., Доронькин В.М., Малышев Л.И.** Пространственное разнообразие десяти ведущих семейств сосудистых растений во флоре Сибири // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. Барнаул, 1998. – Вып. 4. – С. 49–62.

**Зверев А.А.** Использование классов эквивалентности и фактор-множеств в анализе ботанических данных // Сиб. экол. журн., 2012. – № 2. – С. 221–230.

**Малышев Л.И.** Флористические спектры Советского Союза // История флоры и растительности Евразии. – Л., 1972. – С. 17–40.

**Малышев Л.И.** Количественная характеристика флоры Путорана // Флора Путорана. – Новосибирск, 1976. – С. 163–186.

**Малышев Л.И., Байков К.С., Доронькин В.М.** Таксономические спектры флоры Сибири на уровне семейств // Ботан. журн., 1998. – Т. 83, № 10. – С. 3–17.

**Мартыненко В.А., Шмидт В.М.** Биометрическое сравнение бореальных конкретных флор Коми АССР // Ботан. журн., 1981. – Т. 66, № 3 – С. 353–370.

**Пяк А.И., Зверев А.А.** Опыт сравнительного анализа локальных флор с помощью прикладного статистического пакета Biostat // Ботан. журн., 1997. – Т. 82, №5 – С. 64–75.

**Ребристая О.В., Шмидт В.М.** Сравнение систематической структуры флор методом ранговой корреляции // Ботан. журн., 1972. – Т. 57, №11. – С. 1353–1363.

**Сёмкин Б.И.** О теоретико-множественных методах изучения растительных сообществ // Тезисы докладов V делегатского съезда Всесоюзного Ботанического общества. – Киев: АН СССР, 1973. – С. 210–211.

**Сёмкин Б.И.** Методологические принципы исследования сложных систем в экологии и географии // Математическое моделирование природных систем. – Владивосток: 1981. – С. 5–9.

**Сёмкин Б.И.** О постановке задач в структурной биоценологии // Теоретико-графовые методы в биогеографических исследованиях. – Владивосток, 1983. – С. 5–12.

**Сёмкин Б.И.** Сравнительный многомерный анализ структурной организации растительного покрова: Автореф. дисс.... д-ра биол. наук. – Л., 1987а. – 34 с.

**Сёмкин Б.И.** Теоретико-графовые методы в сравнительной флористике // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. – Л., 1987б. – С. 149–163.

**Сёмкин Б.И., Горшков М.В.** Об оценке сходства и различия в серии флористических и фитоценологических описаний // Комаровские чтения. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – Вып. LVII – С. 203–220.

**Сёмкин Б.И., Горшков М.В.** Экологическая интерпретация многоместных мер сходства и различия при исследовании дифференцирующего разнообразия сообществ // Леса российского Дальнего Востока: Мониторинг динамики лесов российского Дальнего Востока: Мат. V Всерос. конф. – Владивосток: ЛФИНС, 2012. – С. 198–201.

**Сёмкин Б.И., Клочкова Н.Г., Гусарова И.С., Горшков М.В.** Дискретность и континуальность флор водорослей-макрофитов дальневосточных морей России. III. Таксономические спектры // Изв. ТИНРО, 2010. – Т. 163. – С. 15–26.

**Сёмкин Б.И., Орешко А.П., Горшков М.В.** Об использовании биоинформационных технологий в сравнительной флористике. I. Схемно-целевой подход. Абсолютные меры сходства и различия // Бюл. БСИ ДВО РАН. – Владивосток, 2009. – Вып. 3. – С. 102–111. <http://www.botsad.ru/journal/number3/102-111.pdf>.

**Сёмкин Б.И., Усольцева Л.А.** Об использовании метода анализа разнообразий при исследовании взаимосвязи растительности и среды // Локальный мониторинг растительного покрова. Владивосток, 1982. – С. 54–60.

**Толмачёв А.И.** Введение в географию растений. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1974. – 244 с.

**Шмидт В.М.** Статистические методы в сравнительной флористике. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. – 176 с.

**Шмидт В.М.** О некоторых приёмах сравнения систематической структуры флор // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. – Л., 1987б. – С. 163–167

**Хохряков А.П.** Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике // Ботан. журн., 2000. – Т. 85, – № 5 – С. 1–10.

**Юрцев Б.А., Сёмкин Б.И.** Изучение конкретных и парциальных флор с помощью математических методов // Ботан. журн., 1980. – Т. 65, №12. – С. 1706–1718.

**Semkin B.I.** Elementary theory of similarities and use in biology and geography // Pattern Recognition and Image Analysis, 2012. – Vol. 22. – Pp. 92–98.

#### SUMMARY

A new approach to the comparative analysis of the taxonomic spectrum is offered. On the example of the family-species spectra (FS – spectra) the procedure of the FS formation – spectra and different-component of their parts has been considered.