

## Коэффициенты сходства в сравнении локальных флор (на примере сеточного картирования флоры национального парка «Мещера», Владимирская область)

А.П. Серегин

Серегин А.П. Коэффициенты сходства в сравнении локальных флор (на примере сеточного картирования флоры национального парка «Мещера», Владимирская область) // Мат. Моск. центра РГО. Биогеография. 2003. Вып. 11. С. 39–48.

В 2000 и 2002 гг. автором проводилось исследование флоры национального парка (НП) «Мещера» (Владимирская область), расположенного в центральной части Мещерской низменности. При значительной площади (1180 км<sup>2</sup>) территория парка характеризуется однородностью природных условий. Практически вся территория НП перекрыта покровом водноледниковых песков московского возраста и аллювиальных отложений рек Бужа и Польша, слагающих слабоволнистую плохо дренированную равнину. В растительном покрове преобладают различные типы производных сосновых лесов, чередующихся со значительными по площади массивами осушенных торфяников. Отметим, что территория НП испытала за последние 100 лет значительные антропогенные изменения (вырубка лесов, осушение болот, добыча торфа).

Изучение флоры сосудистых растений НП «Мещера» проводилось методом сеточного картирования (СК). Эта методика позволила за один полный полевой сезон зафиксировать на предположительно бедной во флористическом отношении территории 684 вида. Поскольку в каждой из ячеек, на которые была разбита изучаемая территория, необходимо сделать как минимум по одному флористическому описанию, мы были вынуждены посетить даже те участки НП, которые казались нам малоинтересными. Такой подход дал свои результаты, дополнив действительно небогатые по набору видов описания неожиданными находками интересных видов, некоторые из которых являются новыми или очень редкими для флоры Владимирской области (*Hierochloa stepporum*, *Linaria canadensis*, *Salix vinogradovii*, *Sparganium glomeratum*, *Trifolium fragiferum* и др.).

Программа по СК флоры сосудистых растений Владимирской области была начата автором в 1998 г. (Серегин, 2000) и проводится на основе градусной сетки. Территория области (29,0 тыс. км<sup>2</sup>) была разбита на 335 базовых (больших) ячеек с размерами 5' по широте и 10' по долготе (т. е. ~9,2×10,4 км или ~96 км<sup>2</sup>). Согласно данной сетке, была составлена более детальная основа для сеточного картирования флоры на территории НП «Мещера»: каждая из 21 базовой ячейки была разбита на 4 малые ячейки с размерами 2,5' по широте и 5' по долготе (т. е. ~4,6×5,2 км или ~24 км<sup>2</sup>). Таким образом, 69 малых ячеек покрывают территорию НП (рис. 1). Однако нам не удалось сделать описания во всех ячейках – исследованиями оказались охвачены 57 малых ячеек, входящих в состав 20 больших. Флористические описания обследованных малых ячеек стали основой для составления карт распространения для каждого из видов, зафиксированных в НП.

Однако при флористическом анализе территории мы оперировали описаниями не малых, а больших ячеек, избегая тем самым вероятных пропусков видов при однократных описаниях малых ячеек. По-видимому, территория больших ячеек (около 100 км<sup>2</sup>) близка к площади локальной флоры (ЛФ), и данными о флорах подобных участков возможно оперировать во флористических сравнениях. В пределах каждой из больших ячеек был встречен почти весь набор местообитаний, характерных для Мещерской низменности, что является основным критерием отличия ЛФ от парциальной (частичной) флоры (Юрцев, 1987). В таблице для каждой из 20 анализируемых ЛФ приведены спектры основных местообитаний и данные о видовом богатстве.

Для изучения сходства ЛФ и графического отображения такого сходства был выбран метод кластерного анализа – один из методов многомерного анализа, сущность которого

состоит в иерархической классификации объектов, в разделении множества объектов на однородные группы. Графически иерархическая классификация отображается в виде дендрограммы (рис. 2–7). Внутри каждой группы, получаемой в результате разбиения объектов на кластеры (группы), объекты более сходны, чем с объектами из других групп. Кластерный анализ начинается с составления матрицы сходства для каждой пары сравниваемых объектов. Затем проводится последовательное объединение объектов в группы по степени их сходства, пока все они не будут объединены в один кластер. Интерпретация результатов кластерного анализа зависит от субъективной визуальной оценки (Лебедева и др., 1999).

Одной из стоящих перед нами задач была оценка возможности использования 10 различных коэффициентов, которые учитывают как положительные, так и отрицательные совпадения. Были построены матрицы сходства флор, а затем дендрограммы методом одиночного присоединения (ближайшего соседа) для всех коэффициентов.

**Коэффициенты сходства, учитывающие положительные совпадения:** 1) коэффициент Браун-Бланке (1932): число общих видов к числу видов в большем списке; 2) коэффициент Шимкевича (1926) – Симпсона (1943): число общих видов к числу видов в меньшем списке; 3) коэффициент Чекановского (1900) – Сьеренсена (1948): число общих видов к среднему арифметическому числу видов в двух списках; 4) коэффициент Кульчинского (1927) – 1: число общих видов к среднему гармоническому числу видов в двух списках; 5) коэффициент Охайя (1957) – Баркмана (1958): число общих видов к среднему геометрическому числу видов в двух списках; 6) коэффициент Жаккара (1901): число общих видов к общему числу видов в двух списках; 7) коэффициент Сокала, Снита (1963): число общих видов к сумме числа необщих видов и общего числа видов; 8) коэффициент Кульчинского (1927) – 2: число общих видов к числу необщих видов.

**Коэффициенты сходства, учитывающие отрицательные совпадения:** 9) коэффициент Сокала – Майченера: сумма общих видов и отсутствующих в обоих списках видов ко всему объему флоры; 10) коэффициент Барони – Урбани и Бюссера: сумма числа общих видов и корня из произведения числа общих видов на число отсутствующих в обоих списках видов к сумме числа видов в двух списках и корня из произведения числа общих видов и числа отсутствующих в обоих списках видов.

Рассматривая дендрограммы, построенные на коэффициентах сходства, учитывающих отрицательные совпадения, необходимо отметить, что в целом все ЛФ образуют единую группу. Так ЛФ присоединяются друг к другу по значениям коэффициента Сокала – Майченера 0,85–0,89 (рис. 2) и по значениям коэффициента Барони – Урбани и Бюссера 0,79–0,86 (рис. 3). И в том и в другом случаях более близкими между собой оказываются пары ЛФ Т2 – У1 (две ячейки на юге парка) и Р2 – С1 (две ячейки, расположенные на пересечении железнодорожной магистрали и р. Бужа). Кроме того, по значениям коэффициента Барони – Урбани и Бюссера к группе из указанных четырех ячеек оказываются близки также ЛФ Т1 (близка к паре южных ячеек) и С2 (присоединяется к группе из пяти ячеек).

При округлении значений коэффициентов до второго знака после запятой коэффициент Сокала – Майченера оказывается менее чутким, чем коэффициент Барони – Урбани и Бюссера, показывающий хороший результат при объединении в кластеры наиболее сходных ЛФ со значительным количеством видов (в нашем случае – наиболее изученных).

В целом, значительная схожесть ЛФ, основанная на коэффициентах сходства, учитывающих отрицательные совпадения, объясняется значительным количеством видов, которые отсутствуют в отдельных ЛФ. При наличии во флоре НП 684 видов, в самой богатой ЛФ С2 отсутствует, например, 253 вида. Отметим, что почти во всех ЛФ отсутствует примерно одна и та же группа видов. Ее основу составляют виды, которые отмечены только в одной ЛФ около 100 видов), что свидетельствует об общности ЛФ НП не только по положительным (см. ниже), но и по отрицательным совпадениям.

Рассматривая дендрограммы, построенные на коэффициентах сходства, учитывающие положительные совпадения, отметим, что шесть коэффициентов дают очень похожие

результаты. При этом вычисление трех коэффициентов (Чекановского – Сьеренсена (рис. 5), Кульчинского – 1, Охайя – Баркмана) основано на сходных принципах: отношение числа общих видов двух списков к среднему арифметическому, среднему гармоническому и среднему геометрическому числу видов в двух списках соответственно. Интересным оказалось то, что дендрограммы, построенные на основании указанных коэффициентов, оказались похожи с дендрограммами, построенными на основании коэффициентов Жаккара (рис. 4), Сокала и Снита, Кульчинского – 2. Подсчет этих коэффициентов основан несколько на иных принципах – отношение числа общих видов к общему числу видов в двух списках, сумме числа необщих видов и числу необщих видов соответственно.

Доказательства эквивалентности коэффициентов Жаккара, Чекановского – Сьеренсена приводил Б.И. Семкин (1973) (см. также Юрцев, Семкин, 1980; Песенко, 1982; Малышев, 1987). В нашем случае, шесть указанных коэффициентов дали принципиально схожую картину потому, что данные коэффициенты необходимо применять при примерно равном числе видов в двух сравниваемых ЛФ (Бубырева, 1997). При сравнении ЛФ, содержащих разное число видов, оказывается, что бедные флоры (здесь – неполно описанные) демонстрируют более слабые связи с остальными, что нас категорически не удовлетворяет. Недоучет этой особенности указанных коэффициентов обычно приводит к проблемам при анализе результатов.

В нашем случае шесть рассматриваемых коэффициентов дали картину сходства флор, которая напоминает полученную при расчете коэффициентов сходства, учитывающих отрицательные совпадения. Наиболее похожими оказались те же пары ЛФ: Р2 – С1 и Т2 – У1. К этим парам, в свою очередь, примыкают ЛФ Т1, С2, а также С3, объединяя их в единую группу. Неизменно самой «непохожей» на другие ЛФ остается ЛФ Н5, выбранная не полностью.

Другую картину дали коэффициенты Браун-Бланке и Шимкевича – Симпсона. Последний коэффициент, известный также под названием «мера включения Симпсона», по мнению некоторых авторов (например, Бубырева, 1997), является наиболее приемлемым при сравнительном анализе ЛФ с разным числом видов. В нашем случае, например, самый высокий коэффициент сходства имеется между ЛФ Р4 и С2 (рис. 6). Интерпретация данного результата довольно проста: ЛФ Р4 практически не содержит видов, которые отсутствуют в ЛФ С2. К этой паре ЛФ присоединяется ЛФ С1, которая дает минимальную прибавку новых для предыдущих двух ЛФ видов. При дальнейшем присоединении ЛФ Р2 и С3 на уровне 0,93 территориально объединяются пять самых схожих ЛФ, расположенных в центральной части НП вдоль магистральной железной дороги: Р2, С1, С2, С3 и Р4. Поскольку в этих ячейках, большинство из которых является самыми богатыми, произрастает в общей сложности около 80% представителей флоры НП, то в дальнейшем происходит постепенное присоединение ячеек, которые дают минимальную прибавку к общему списку.

В дендрограмме, построенной по значениям коэффициента Шимкевича – Симпсона, также обращают на себя внимание ЛФ, имеющие наименьшее сходство с остальными. Последней к общей группе присоединяется ЛФ Т1. Ее своеобразие определяется очень характерными видами естественных местообитаний (берега оз. Святое), которые отсутствуют в других ЛФ: *Elatine hydropiper*, *Potamogeton perfoliatus*, *Ranunculus reptans*, *Senecio tataricus*. В целом, мы согласны с предыдущими исследователями, что при сравнительно-флористических исследованиях именно коэффициент Шимкевича – Симпсона дает наиболее объективный результат с точки зрения логичности интерпретации.

И, наконец, последняя дендрограмма (рис. 7) построена по значениям коэффициента Браун-Бланке, который основан на том же принципе, что и предыдущий коэффициент, отличаясь от него отношением числа общих видов к числу видов не в меньшем, а в большем списке. При подсчете данного коэффициента 5 бедных (Н5, Н6, Н7, О4, Р4) и 15 более богатых ЛФ образуют две группы. При этом группа более богатых ЛФ оказывается довольно единой (значения коэффициента 0,70–0,79, а присоединение к группе бедных флор происходит при значении 0,63). По-видимому, данный коэффициент свидетельствует об очень важном факте – ЛФ Н5, Н6, Н7, О4, Р4 являются недостаточно изученными, что не

позволяет их объединить с группой более полно изученных ЛФ НП, которые действительно являются едиными.

Таким образом, порог в 250 видов можно считать статистически обоснованным минимальным уровнем богатства ЛФ больших ячеек в НП (ЛФ РЗ, обладающая 247 видами, последняя присоединилась к группе богатых флор при значении коэффициента 0,70).

Территория национального парка находится в центральной, наиболее пониженной и заболоченной части Мещерской низменности и обладает, как показывает анализ ЛФ, весьма однородной флорой. На наш взгляд, проведение естественных ботанико-географических границ (прежде всего границ конкретных флор и флористических районов) здесь крайне затруднительно. Во всяком случае, мы пока не располагаем материалом такой подробности (особенно по редким видам), который позволил бы достаточно уверенно проводить такие границы. Предварительно наметим лишь основные рубежи.

По-видимому, западная часть ЛФ Т1, примыкающая к оз. Святое, входит в состав конкретной флоры Приозерной Мещеры. Основная часть территории этой конкретной флоры находится южнее – в пределах Московской и Рязанской областей. Частями двух других конкретных флор являются ЛФ У1 (основная часть территории данной конкретной флоры лежит южнее – в Рязанской области) и крайние восточные части ЛФ ТЗ и СЗ (основная часть территории этой конкретной флоры лежит восточнее – в Гусь-Хрустальном районе Владимирской области). Остальные ЛФ (т. е. почти 90% территории парка) входят в состав одной конкретной флоры, в которую также входят территории, лежащие к западу (Шатурский район Московской области) и востоку (окрестности г. Гусь-Хрустальный Владимирской области) от границ НП (предварительное название – конкретная флора бассейна р. Бужа).

## Литература

- Бубырева В.А. Сравнение локальных флор тайги и тундры Северного макросклона Русской равнины // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики: Материалы IV рабочего совещания по сравнительной флористике. Березинский биосферный заповедник, 1993 / Отв. ред. Б.А. Юрцев. СПб.: СПб. гос. ун-т (НИИХ), 1998. С. 70–86.
- Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Кривошук Д.А. Биоразнообразие и методы его оценки: Учебное пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. 95 с.
- Мальшиев Л.И. Современные подходы к количественному анализу и сравнению флор // Теоретические и практические проблемы сравнительной флористики. Л., 1987. С. 142–148.
- Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М., 1982. 287 с.
- Семкин Б.И. Дискриптивные множества и их приложения // Исследование систем, 1. Анализ сложных систем. Владивосток, 1973. С. 83–94.
- Серегин А. П. О сеточном картировании флоры Владимирской области // Тезисы VII Молодежной конференции ботаников в Санкт-Петербурге (15–19 мая 2000 г.). СПб., 2000. С. 36.
- Юрцев Б.А. Элементарные естественные флоры и опорные единицы сравнительной флористики // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики: Материалы II рабочего совещания по сравнительной флористике. Неринга, 1983 / Отв. ред. Б.А. Юрцев. Л.: Наука, 1987. С. 47–66.
- Юрцев Б.А., Семкин Б.И. Изучение конкретных и парциальных флор с помощью математических методов // Бот. ж. 1980. Т. 65, № 12. С. 1706–1718.
- Atlas Florae Europaeae: Distribution of vascular plants in Europe / Eds. J. Jalas, J. Suominen; On the basis of team-work of European botanists. 1. *Pteridophyta* (*Psilotaceae* to *Azollaceae*). Helsinki, 1972. 121 p.
- Chorological Problems in the European Flora: Proc. VIII Meet. Com. Mapping Flora of Europe, Helsinki, Finland, 8–10 Aug. 1997 / Ed. P. Uotila. Helsinki, 1999. Acta Bot. Fenn. Vol. 162.

## Таблицы и рисунки

Таблица 1. Локальные флоры НП «Мещера».

| Индекс ЛФ | Кол-во видов | Ранг ЛФ | Местообитания |   |   |   |   |   |   |   |             |             |   |   |        |
|-----------|--------------|---------|---------------|---|---|---|---|---|---|---|-------------|-------------|---|---|--------|
|           |              |         | С             | Е | Б | Д | Л | О | П | Т | Н<br>П<br>Г | Н<br>П<br>с | Ш | Г | Ж<br>Д |
| Н5        | 175          | 20      | +             | • | • | - | • | - | • | + | -           | •           | - | + | -      |
| Н6        | 207          | 17      | +             | + | + | + | • | - | - | + | -           | •           | - | + | -      |
| Н7        | 198          | 19      | +             | + | + | + | - | - | - | - | •           | -           | • | + | -      |
| О2        | 261          | 14      | +             | + | + | - | + | - | - | + | -           | -           | - | + | -      |
| О3        | 374          | 4       | +             | - | + | + | - | - | - | + | +           | -           | + | + | +      |
| О4        | 219          | 16      | +             | + | • | + | - | - | - | • | -           | •           | • | + | -      |
| П1        | 276          | 13      | +             | - | + | - | • | - | • | + | -           | +           | + | + | +      |
| П2        | 332          | 7       | +             | + | + | + | + | - | + | + | +           | +           | + | + | +      |
| П3        | 297          | 10      | +             | + | • | + | + | - | + | • | -           | +           | + | + | -      |
| Р1        | 313          | 9       | +             | + | + | - | • | - | • | + | •           | •           | • | + | +      |
| Р2        | 410          | 2       | +             | + | + | + | + | - | + | + | -           | +           | + | + | +      |
| Р3        | 247          | 15      | +             | + | + | + | + | - | + | • | +           | +           | • | + | -      |
| Р4        | 202          | 18      | +             | • | • | - | • | - | - | • | -           | •           | + | + | •      |
| С1        | 386          | 3       | +             | + | + | + | + | - | + | + | -           | +           | + | + | +      |
| С2        | 431          | 1       | +             | + | + | - | + | - | + | + | +           | +           | + | + | +      |
| С3        | 369          | 5       | +             | + | + | - | - | - | - | - | •           | •           | + | + | +      |
| Т1        | 330          | 8       | +             | - | + | + | + | + | + | + | -           | +           | + | + | -      |
| Т2        | 334          | 6       | +             | + | - | - | + | - | - | - | -           | +           | + | + | -      |
| Т3        | 279          | 12      | +             | + | - | - | - | - | - | - | -           | •           | • | + | +      |
| У1        | 297          | 10      | +             | + | • | - | + | - | - | • | -           | +           | - | + | -      |

Примечания: С – сосновые леса, Е – еловые и широколиственно-еловые леса с неморальными элементами, Б – массивы верховых и переходных болот, Д – долины рек Бужа и Польша, Л – суходольные луга, О – ледниковые озера, П – пашни, Т – осушенные торфяники, НПГ – населенные пункты городского типа, НПс – населенные пункты сельского типа, Ш – шоссе, Г – грунтовые дороги, ЖД – железные дороги широкой колеи, + – местообитание в пределах ЛФ имеется, • – местообитание в пределах ЛФ имеется, однако расположено за границами НП, - – местообитание отсутствует.

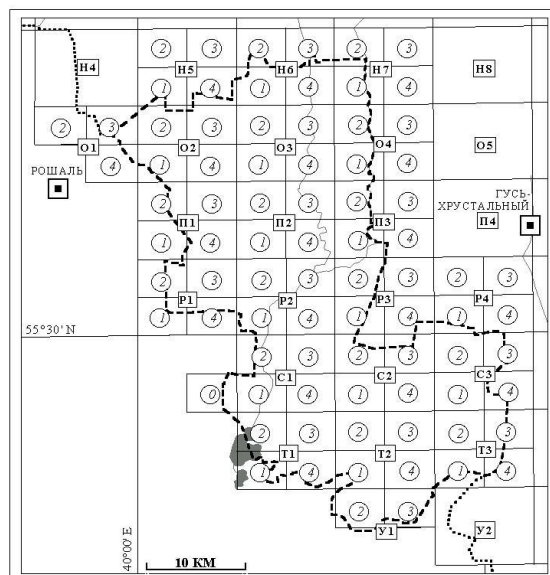


Рис. 1. Схема участка работ по сеточному картографированию на территории НП «Мещера» (граница парка дана пунктиром). Подписи в прямоугольниках – индексы больших ячеек (ЛФ), подписи в кружках – индексы малых ячеек.

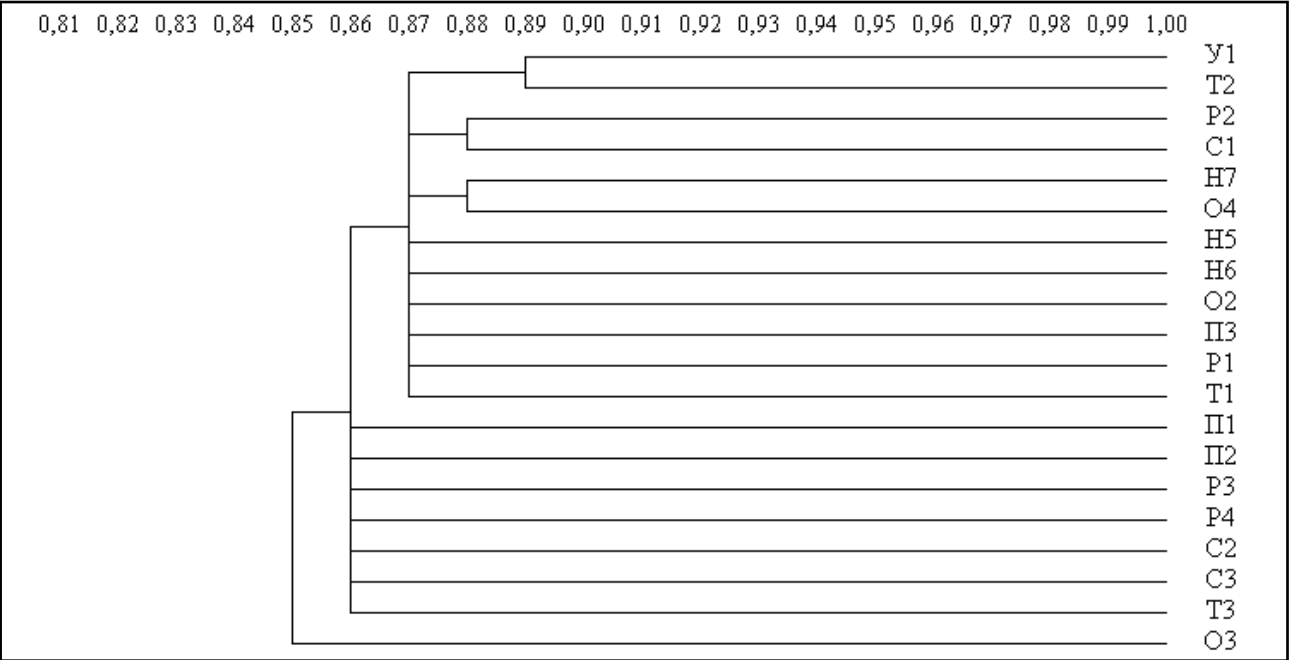


Рис. 2. Дендрограмма, построенная на основе коэффициента Сокала – Майченера

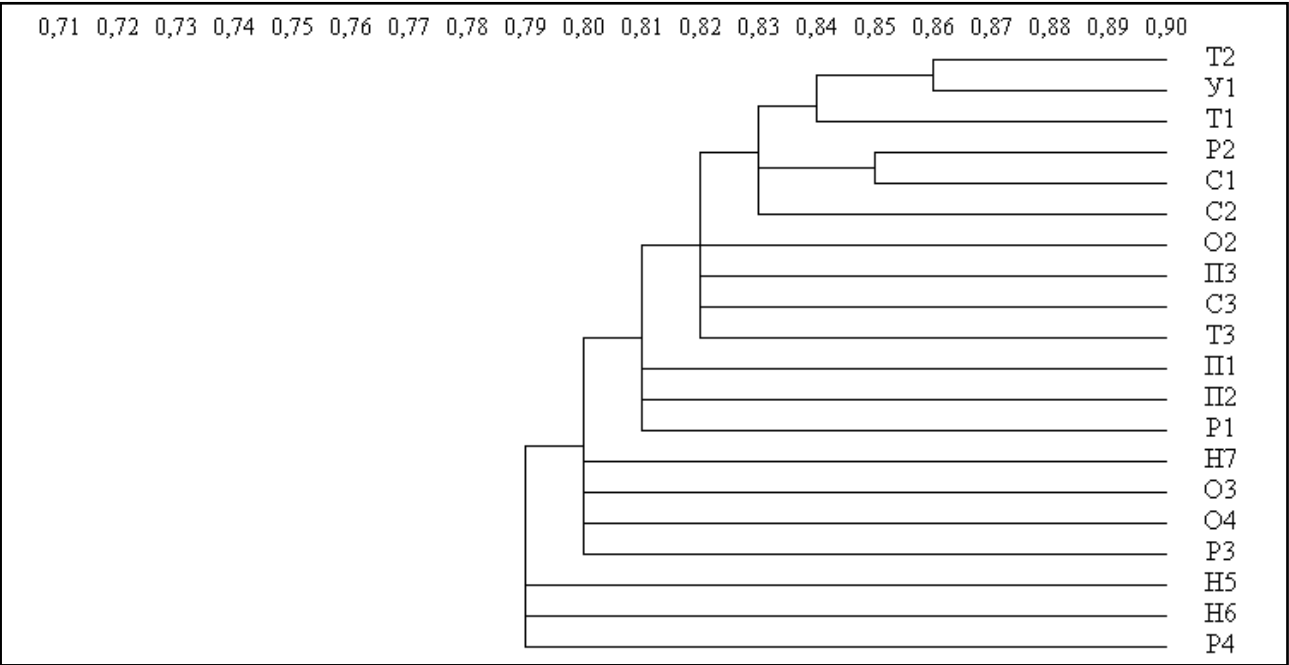


Рис. 3. Дендрограмма, построенная на основе коэффициента Барони – Урбани и Бюссера

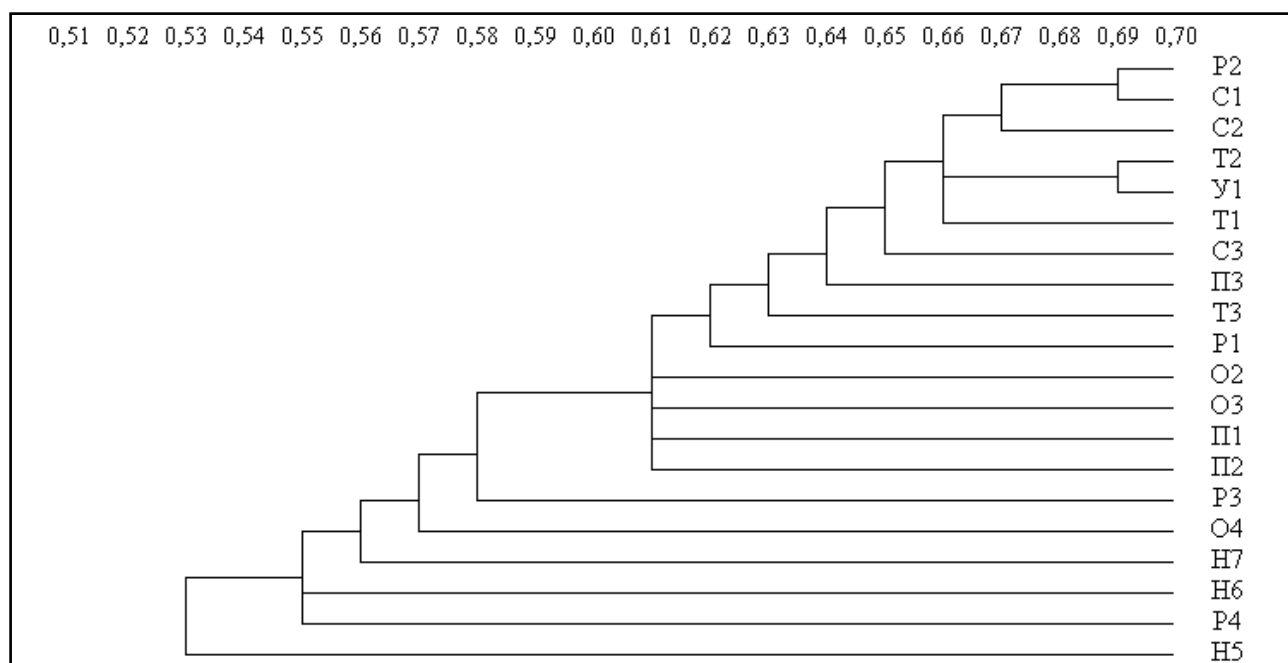


Рис. 4. Дендрограмма, построенная на основе коэффициента Жаккара

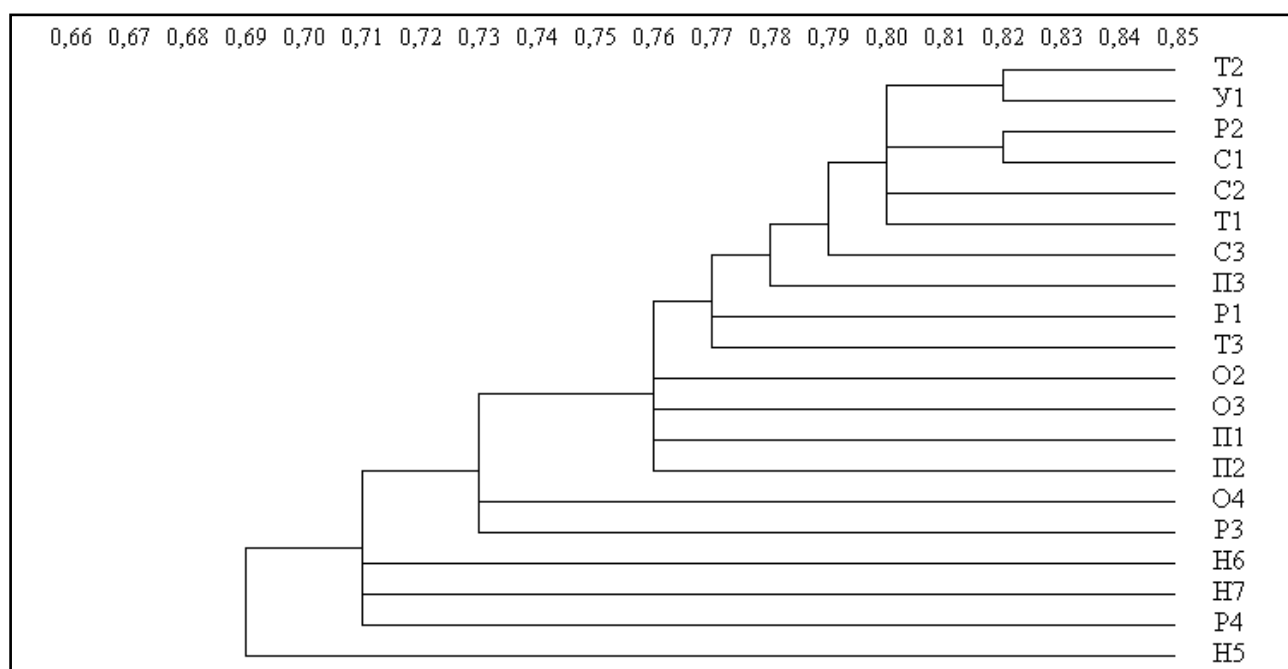


Рис. 5. Дендрограмма, построенная на основе коэффициента Чекановского - Сьеренсена

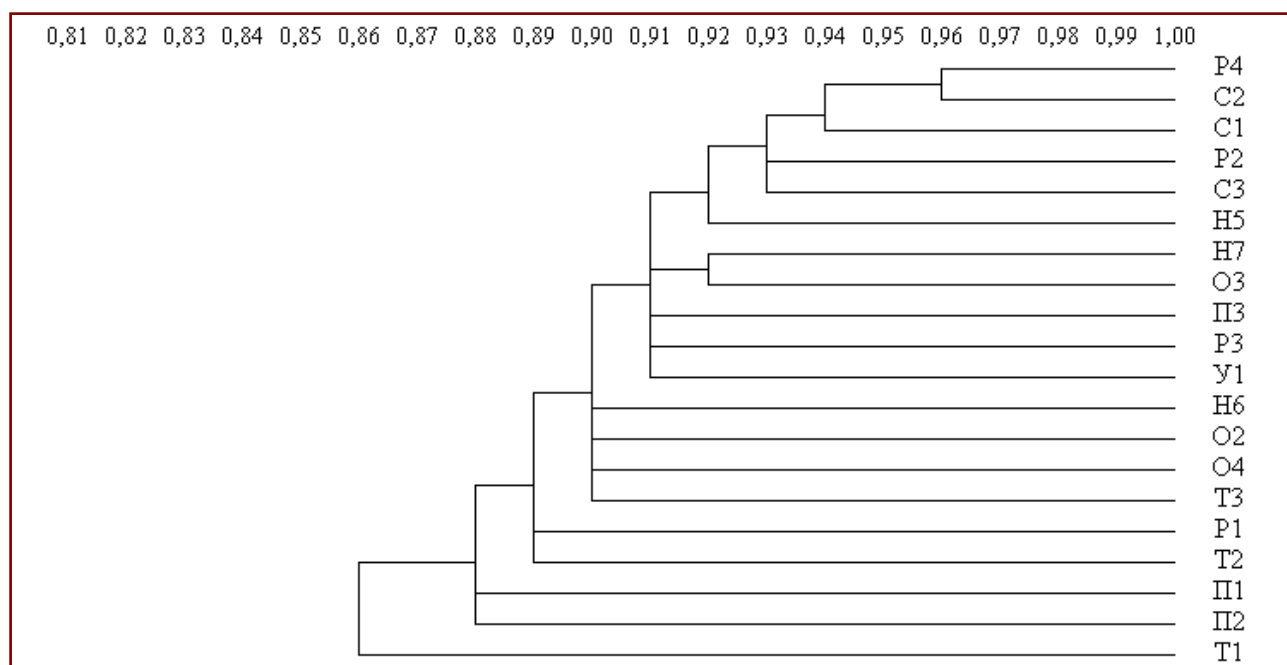


Рис. 6. Дендрограмма, построенная на основе коэффициента Шимкевича – Симпсона

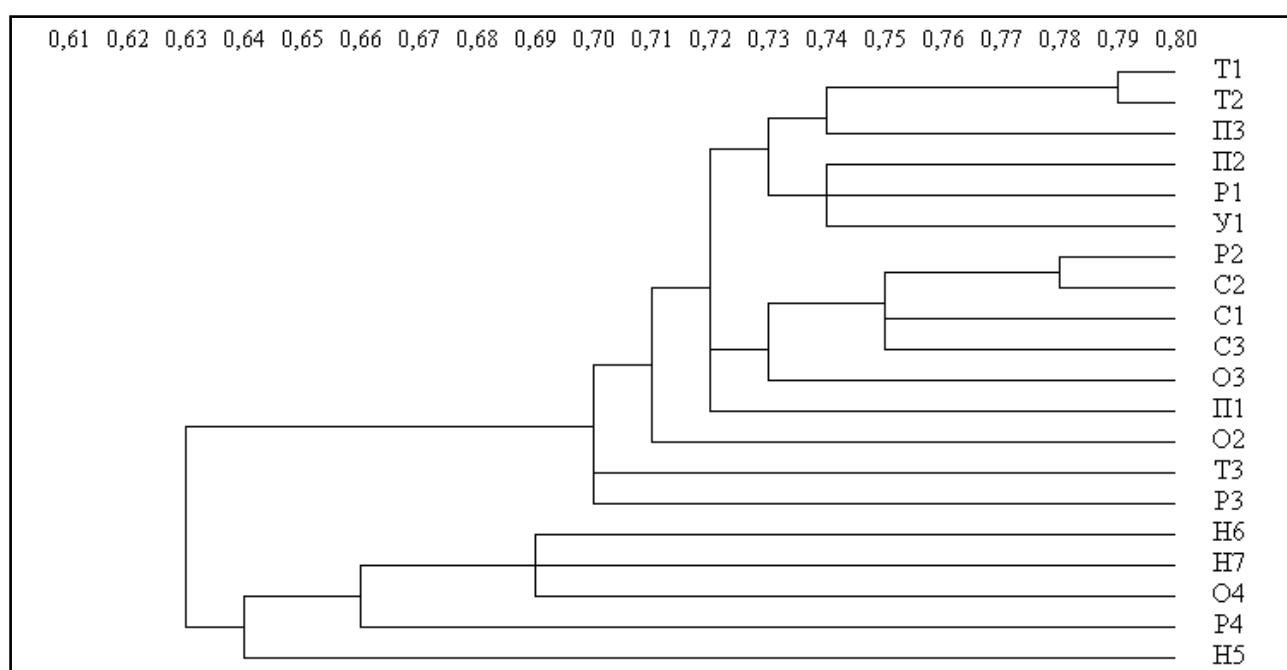


Рис. 7. Дендрограмма, построенная на основе коэффициента Браун-Бланке