

УДК [582.284+574.472](470.56)

**СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ КАК СПОСОБ АКТУАЛИЗАЦИИ
ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МИКОБИОТЫ****Маленкова А.С.***ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный педагогический университет»,
Оренбург, e-mail: malenkova.an@yandex.ru*

Изучение видового разнообразия разных групп живых организмов сопряжено с проблемой выявления полного видового состава определенных регионов. Эта проблема основана на неравномерности распределения видов и отдельных особей в пространстве и во времени, в периодичности или аperiodичности проявлений их жизнедеятельности (вегетации, генерации и т.п.), по которым иногда делается вывод о присутствии в сообществе того или иного вида. Для грибов факторами, затрудняющими полное выявление видового состава сообществ, являются: межгодовые флуктуации климатических условий, что приводит к смещению фенофаз видов грибов; автохтонные или аллохтонные сукцессии; нарушение периодичности формирования базидиом исходя из условий конкретного года. Из-за действия этих факторов объективное сравнение сообществ грибов только по видовому составу затруднено. Более объективным параметром может служить сравнительный анализ структуры сообществ. Это позволяет абстрагироваться от элементарных по уровню материалов по видовому составу и оценивать сообщества как отдельные, объективно существующие образования, обладающие рядом свойств, а именно: эмерджентностью, структурным своеобразием, относительной устойчивостью во времени и способностью динамично и адекватно реагировать на изменение условий среды. Структурный анализ микобиоты позволяет оценивать устойчивость сообществ по отношению к ряду факторов среды, а подобные материалы могут стать инструментом управления сообществами и экосистемами в целом.

Ключевые слова: биоразнообразие, грибы-макромицеты, грибные сообщества, микобиота, структурный анализ, устойчивость сообществ

**STRUCTURAL ANALYSIS AS A WAY OF MAINSTREAMING EVALUATION
OF MYCOBIOTA STATE****Malenkova A.S.***Orenburg State Pedagogical University, Orenburg, e-mail: malenkova.an@yandex.ru*

The study of species diversity of different groups of organisms associated with the problem of identifying the full species composition of certain regions. This problem is based on the uneven distribution of species and individuals in space and in time, the periodicity or aperiodicity of the manifestations of their activity (vegetation, generation, etc.) for which sometimes the conclusion about presence in the community one species or other is made. For fungi the factors impeding the full identification of the species composition of communities are inter-annual fluctuations in climatic conditions, which leads to the displacement of the phenophases of the species of fungi; autochthonous or allochthonous successions; disturbance of periodicity of basidioms formation based on the conditions of a particular year. Because of these factors objective comparison of fungal communities only by species composition is difficult. A more objective parameter can serve as a comparative analysis of community structure. This allows to abstract from the elementary level materials of species composition and evaluate community as a separate, objectively existing entities with a number of properties, namely: the emergence, structural originality, relative stability over time and the ability to rapidly and adequately respond to changing environmental conditions. Structural analysis of the mycobiota allows to assess the sustainability of communities in relation to several environmental factors, and this information can be used as a tool for managing the communities and ecosystems in general.

Keywords: biodiversity, macrofungi, fungal communities, mycobiota, structural analysis, stability of communities

Одними из важнейших проблем в биологических исследованиях являются проблемы методические. В настоящее время достаточно полно разработаны методики количественного учета видов растений и животных. Однако этого нельзя сказать про грибы. Присутствие растений в фитоценозе традиционно оценивается по наличию надземных органов. В случае, если речь идет о травянистых одно- или двулетниках, можно сказать, что их существование дискретно. Одно поколение не следует за другим непосредственно – их разделяет определенная временная лагуна. В это время вид «су-

ществует» в экосистеме в виде семян либо подземных органов, однако не принимает непосредственного участия в функционировании фитоценоза, что позволяет не учитывать этот вид при оценке экосистемных процессов на этих «переходных» этапах.

Грибные организмы в экосистемах существуют практически всегда (имеется в виду, что они практически постоянно функционируют, т.е. перманентно выполняют свои экосистемные функции). Таким образом, микобиота как совокупность грибных организмов территории представляет собой экоморфологический континуум [1];

ее проявление в экосистемах зависит от комплекса видов и конкретных условий биотопов. Однако достоверная оценка характеристик мицелия гриба, погруженного в субстрат, невозможна, и, соответственно, отсутствует возможность выявить видовой состав грибов и тем более оценить количество особей на изучаемом участке. Единственный способ оценки видовой разнообразия грибов – по плодовым телам. Разумеется, эта оценка далека от объективности. Особенно это касается количественных данных, так как на одном мицелии может образоваться неопределенно большое количество плодовых тел. Видимо, поэтому многие специалисты стараются не использовать количественные данные при анализе микологических данных.

На снижение достоверности микологических данных также влияет время проведения исследовательских работ. Как показывают наши данные, видовой состав грибов одной и той же территории значительно варьирует (как в количественном, так и в качественном отношении) по сезонам [11].

Исходя из этого, можно сделать вывод, что для относительно полной оценки видовой разнообразия грибов территории необходимо стационарное исследование определенного лесного массива в течение всего года. Правда, в этом случае перспективы получить полную картину видовой состава микобиоты отдельного региона отодвигаются на несколько сотен лет (в случае, если найдется значительное число специалистов, способных и готовых посвятить решению этой проблемы всю свою жизнь).

Еще один аспект проблемы – отличия видовой состава грибов того или иного местообитания по годам [2, 14]. Причины этих изменений достаточно разнообразны:

1. Межгодовые флуктуации климатических условий, что приводит к смещению фенофаз грибов от года к году [12].

2. Сукцессии. Постепенное изменение количественных и качественных характеристик древесных остатков на опытных площадках приводит к изменению участия ряда видов дереворазрушающих грибов. Кроме того, по мере деструкции валежной древесины происходит закономерное сукцессионное изменение видовой состава комплекса грибов, разлагающих древесину [6, 10, 13, 16, 18 и др.].

3. Нарушения ритма образования плодовых тел у ряда грибов (если быть более точным – более сложная периодичность плодоношения). Многие грибы, в особенности

агарикоидные, в условиях степной и лесостепной зон формируют плодовые тела один раз в год, а при особенно неблагоприятных условиях могут вообще не образовывать плодовые тела в течение одного года [3]. Примером такого «нарушения периодичности» плодоношения среди дереворазрушающих грибов может служить печеночница обыкновенная (*Fistulina hepatica* (Schaeff.) With.), обитающая на пнях и у основания стволов ослабленных деревьев дуба. Этот гриб образует плодовые тела в среднем раз в два года. Исходя из этого, в некоторые годы наличие и численность этого вида, естественно, не могут быть учтены без бурения стволов дуба и определения присутствия гриба по наличию специфической гнили [8, 9].

4. Недостаточная сохранность плодовых тел многих грибов, в особенности – агарикидных, которые быстро повреждаются насекомыми-энтомофагами или загнивают. Вследствие этого плодовые тела многих грибов остаются вне поля зрения специалистов при учете видовой разнообразия из-за трудности идентификации поврежденных или уничтоженных базидиом.

Таким образом, видовой состав сообществ грибов может рассматриваться в качестве маркера состояния экосистем, но он далеко не так безупречен, как часто принято считать. Во многих случаях данные из разных локалитетов практически не сравнимы или же результаты сравнения не достоверны. Это определяется значительным варьированием видовой состава, обусловленным сезонными или межгодовыми флуктуациями климатических условий, циклическими или стохастическими изменениями других экологических факторов и/или отдельных компонентов экосистем (в случае, если анализируется состояние только одной из трофических групп организмов).

Возникает вполне логичный вопрос – возможна ли вообще адекватная оценка видовой состава микоценозов и насколько целесообразно сравнение этого показателя в исключительно научных целях (формационный, географический, экологический анализ микобиоты и биоты территории в целом) и в прикладных исследованиях (например, для биоиндикации состояния среды)? Каковы же пути решения этой проблемы? Если ни качественный, ни количественный анализ не удовлетворяет условиям оптимальной достоверности сравнительного анализа – что же использовать в качестве маркера, другими словами – «меры» своеобразия сообществ грибов?

Вероятным подходящим параметром для сравнительного анализа может быть структура грибных комплексов. Переход от уровня изучения видового разнообразия к структурному анализу является вполне закономерным. Этот подход представляет собой качественно иной уровень анализа данных; позволяет абстрагироваться от элементарных по уровню материалов по видовому составу и оценивать сообщества как отдельные, объективно существующие образования, обладающие рядом свойств, а именно: эмерджентностью, структурным своеобразием, относительной устойчивостью во времени и способностью динамично и адекватно реагировать на изменение условий среды.

Эмерджентность является важным свойством биосистем любого уровня, так как при ее отсутствии структурный анализ можно было бы свести к суммированию экологических характеристик видов, слагающих сообщество. Новые свойства сообщества, возникающие как следствие взаимодействия видов между собой, дают возможность воспринимать сообщество в качестве самостоятельного биологического объекта со своими собственными особенностями и тенденциями развития [19].

Вторая характерная черта сообщества – качественное своеобразие разных структур (видовой, пространственной, экологической и т.д.) разных сообществ, что обуславливает возможность их сравнения. Возможность проведения анализа также определяется и третьей характеристикой – относительной устойчивостью структур во времени. Если бы структура сообщества была бы нестабильной, не имела бы устойчивости по отношению к временному фактору и достоверно существовала только в отдельный краткий период времени, сравнение структур разных сообществ было бы невозможным или неинформативным.

Четвертая из упомянутых характеристик определяет изменчивость структур как форму адекватного отражения влияний среды. То есть структура выступает в качестве части адаптивного механизма сообществ.

Учитывая множество факторов, влияющих на систему, оперировать информацией об общей структуре системы не представляется возможным. Исходя из этого, приходится оперировать данными об отдельных типах структур систем (видовой, пространственной, трофической и др.).

В первую очередь сообщество характеризуется *видовой структурой* – набор видов и количество особей каждого вида, слагающих сообщество. Другой уровень анализа

биологических данных представлен *систематической* структурой, тесно связанной с видовой. Под систематической структурой обычно понимается численный состав и порядок расположения семейств или родов по количеству присущих им в данной флоре родов или видов растений [17].

Еще один тип структуры – *географическая структура*. Ее изучение подразумевает анализ ареалов видов, слагающих биоту и представленности различных геоэлементов в биоте. Результаты подобного анализа позволяют предполагать стадии генезиса биоты территории.

В результате взаимодействия энергетических явлений в пищевых цепях и зависимости метаболизма от размеров особи каждое сообщество приобретает определенную *трофическую структуру*, которая часто служит характеристикой типа экосистемы. Эту структуру можно измерить и выразить через урожай на корню либо через количество энергии, фиксируемой на единицу площади за единицу времени на последовательных трофических уровнях [7]. Часто в понятие «трофическая структура» включают и количественные соотношения между трофическими уровнями, например данные о переходах энергии в единицу времени.

Под *пространственной структурой* понимают и ареалы распространения видов, и вертикальные распределения в водоемах, и ярусность наземных сообществ. Среди количественных характеристик, описывающих пространственную структуру, можно назвать распределение числа особей в зависимости от поверхностных или объемных величин пространства, а также зависимость параметров сообщества от пространственных координат [4].

Любые явления, происходящие с сообществом, протекают во времени. Таким образом, возникает *временная структура*, обычно называемая динамикой сообщества. При изучении динамики важно различать шкалы, или масштабы времени, в которых происходят изменения: время индивидуального развития особей сообщества или время репродукции поколений, время суточных изменений параметров сообщества или сезонные их изменения, время сукцессионного развития или геологические масштабы эволюционных изменений.

Под *размерной структурой* биосистем понимают перечисление средних размеров различных групп особей из сообщества, например видов или таксонов более высокого ранга, и закономерности, свойственные такой совокупности размеров. Другой подход

к размерной структуре состоит в указании распределения числа индивидов по различным интервалам размеров.

Выделяют еще два типа структур, не традиционных в терминологическом смысле, одну из которых иногда обозначают как *лимитационную структуру*. Она определяется неоднородностью потребности в лимитирующем факторе особей и их совокупностей в сообществе [4]. Сама такая структура представляет собой разбиение сообщества на группы, различающиеся потребностью в лимитирующем факторе. Так, при лимитировании азотом лимитационная структура есть набор групп видов с потребностью в азоте, одинаковой для видов внутри каждой группы и различной между группами. А при лимитировании, например, температурой, группы образованы видами с близкими комфортными температурами.

Очень важным элементом для понимания экосистемных функций отдельных сообществ является анализ их *функциональной структуры*, т.е. выявление структуры форм организации ценоза на основе взаимоотношения отдельных видов [5]. При этом элементами функциональной структуры являются ценоэлементы, ценоячейки, синузиды, ценопопуляции и т.д. Функциональная структура практически выходит за рамки отдельного ценоза, так как его функция реализуется в контакте с другими компонентами экосистемы и неотделима от функции экосистемы в целом.

Особо необходимо отметить *информационную структуру* сообществ, роль которой в функционировании биосистем велика, но изучена недостаточно [4, 15]. Представление об информационной структуре сообществ связано с существованием многочисленных каналов связи на всех уровнях иерархии живого. Материальными носителями таких взаимодействий могут быть различные биогенные органические вещества (метаболиты, телергоны, феромоны, колины и фитонциды), электромагнитные поля в разных диапазонах частот, акустические колебания, тактильные взаимодействия.

Таким образом, все вышеупомянутые типы структур взаимосвязаны. Например, все они зависят от времени; пространственная структура зависит от лимитационной и трофической структур. Однако до сих пор исследованы далеко не все связи между типами структур, в особенности по отношению к сообществам определенных групп организмов.

Структурный анализ микобиоты направлен на решение определенных задач, а именно – позволяет оценивать устойчивость сообществ по отношению к ряду факторов среды, а подобные материалы могут стать инструментом управления сообществами и экосистемами в целом.

При этом, безусловно, изучение видового состава сообществ является объективно важным и необходимым базовым элементом структурного анализа. Без знания элементов, образующих биосистему, невозможно описать ее структурные особенности, невозможно провести ее базовое описание и оценку, в том числе и при помощи некоторых верных индикаторных видов.

Список литературы

1. Арефьев С. П. Экоморфологический континуум как среда существования филемы (на примере афиллофоридных грибов) // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2009. – № 9. – С. 3–17.
2. Арефьев С.П. Влияние изменений климата в период 2000–2014 гг. на видовое разнообразие и структуру сообществ древесных грибов г. Тюмени // Биоразнообразие и экология грибов и грибоподобных организмов Северной Евразии. – материалы Всероссийской конференции с международным участием. – Екатеринбург, 20–24 апреля 2015 г. – Екатеринбург: Изд-во Уральского федерального университета, 2015. – С. 9–12.
3. Васильков Б.П. Очерк географического распространения шляпочных грибов в СССР. – М.; Л., Изд-во АН СССР, 1955. – 86 с.
4. Левич А.П. Структура экологических сообществ // Биологические науки. – 1977. – № 10 (166). – С. 63–74.
5. Мазинг В.В. Об изучении мозаичности и сложности растительного покрова // Изв. АН ЭССР, 1965. – Т.14, № 1. – С. 98–111.
6. Мухин В.А. Сукцессии грибов при разложении древесины в сосняках зеленомошно-ягодниковых // Тр. Ин-та экологии растений и животных Урал. фил. АН СССР. – Свердловск, 1977. – С. 23–30.
7. Одум Ю. Экология. – М.: Мир, 1986. – Т.1, 2.
8. Сафонов М.А. Трутовые грибы дубрав Оренбургской области // Проблемы лесной фитопатологии и микологии (тезисы докладов IV Международной конференции). – М., 1997. – С. 75–76.
9. Сафонов М.А. Основы управления ресурсным потенциалом биоты ксилотрофных грибов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005а. – 130 с.
10. Сафонов М.А. Особенности эндогенных сукцессий деструктурирующих грибов // Вестник ЧГПУ. Серия 4. Естественные науки. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2005б. – С. 174–187
11. Сафонов М.А. Закономерности сезонной ритмики образования базидиомицетов в Южном Приуралье // Труды Ин-та биоресурсов и прикладной экологии. – Вып. 6. – Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2007. – С. 4–13.
12. Сафонов М.А. Феноэкология базидиальных грибов в условиях Южного Приуралья // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 8 – С. 119–125.
13. Сафонов М.А., Сафонова Т.И. Сукцессии микоценозов ксилотрофных грибов в эксплуатируемых лесах Южного Приуралья // Вестник ОГУ. – 2008. – № 87. – С. 123–126.
14. Сафонов М.А., Сафонова Т.И., Каменева И.Н. Многолетняя динамика видовой структуры локальной микобиоты в лесах предгорий Южного Урала // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10(3). – С. 575–579.
15. Серавин Л.Н. Теория информации с точки зрения биолога. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1973. – 160 с.
16. Ставищенко И.В. Сукцессии ксилотрофных грибов в лесных формациях Висимского заповедника // Экология процессов биологического разложения древесины. – Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 2000. – С. 16–30.
17. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. – 176 с.
18. Gricius A., Urbonas V., Kuterga E., Matelis A. Succession of fungi on dead timber of various trees // Bot. Lithuan. – 1999. – Vol. 5, № 1. – P. 61–70.
19. Harper J.L. Plant demography and ecological theory // Oikos. – 1980. – Vol. 35. – P. 244–253.