

582.284:58.006 (470.56)

**М. А. Сафонов****И. Н. Каменева****Концептуальная модель микологического заказника как формы сохранения разнообразия микобиоты**

Обсуждаются концептуальные подходы к созданию микологических заказников как особой формы сохранения разнообразия грибов-макромицетов. Предложена и обсуждается модель подобного заказника с точки зрения оптимальности этой формы особо охраняемых природных территорий для сохранения региональной микобиоты.

**Ключевые слова:** концептуальная модель, экологическая модель, биоразнообразии грибов, заказник, сохранение микобиоты, редкие виды грибов, Южное Приуралье.

Сохранение биоразнообразия было и остается одной из основных глобальных экологических проблем современности. Изучению этой проблемы в разных ее аспектах (фундаментальные, методологические, фактологические подходы к выявлению, оценке, сохранению, а также нормативно-правовое и экономическое обеспечение охраны и воспроизводства биоразнообразия) посвящены работы многих авторов. Результаты их исследований получили отражение в многочисленных концепциях и стратегиях сохранения биоразнообразия на разных уровнях организации живого и на разном территориально-административном уровне.

Во всех исследованиях и официальных документах в качестве основной проходит идея сохранения разнообразия всех групп живых организмов, обитающих на нашей планете. При этом, однако, «ключевыми фигурами» процесса сохранения выступают растения и животные (преимущественно высшие), а прочие группы, в особенности грибы, остаются в этом плане аутсайдерами. Об этом, в частности, свидетельствует представленность видов грибов в списках редких видов и Красных книгах, особенно в регионах Российской Федерации, хотя во многих из них грибы-макромицеты достаточно хорошо изучены [18, 25].

Особенности биологии и экологии грибов-макромицетов требуют корректировки сложившихся подходов к сохранению биоразнообразия, разработанных на основе знаний о растениях и животных. Это в первую очередь связано с трудностями, возникающими при изучении видового разнообразия региональных микобиот (сезонность, периодичность формирования базидиом, малый учетный потенциал ряда видов и т.д.) [20], при выделении и определении объективного статуса редкости отдельных видов [26]. Специального внимания заслуживает вопрос о принятии мер к сохранению видового разнообразия микобиоты, адекватных экологическим потребностям сохраняемых видов.

В отношении грибов, как и в отношении других групп живых организмов, двумя основными путями сохранения биоразнообразия являются сохранение *ex situ* и *in situ*. Первый путь более оптимален для сохранения разнообразия грибов-микромицетов.

Чаще всего сохранение *in situ* сводится к тому, что производится мониторинг выявленных популяций редких видов. Биотехнологии по повышению численности популяций редких видов грибов в природных условиях практически отсутствуют, так как часто (обычно) рост этих популяций лимитируется трофическим фактором, т.е. количественными и качественными характеристиками субстрата. Попытка увеличить количество доступных для грибов питательных веществ априори приведет к нарушению баланса

© Сафонов М. А., Каменева И. Н., 2013

веществ в экосистеме, в которой они обитают, и, вероятнее всего, эти вещества будут активно употребляться и другими группами живых организмов, что станет поводом для всплеск численности банальных или даже вредных организмов.

Соответственно субъект охраны разнообразия грибов оказывается в пассивной позиции, и единственный практический подход к сохранению популяций редких видов — максимальное сохранение условий, в которых эти популяции существуют в данный момент времени и, следовательно, обеспечение сохранности тех мест, где эти условия сложились [19].

В настоящее время существует система форм территориальной организации сохранения биоразнообразия, которые несколько различаются в России и в других странах мира, однако общие принципы ее остаются неизменными. Наиболее распространенной формой является комплексный заказник, который мог бы служить рефугиумом не только для отдельных видов, но и для видов, относящихся к разным группам живых организмов. Сложившаяся практика показывает наличие положительных аспектов у такого подхода, однако при этом нарушается само положение о заказниках как особо охраняемых природных территориях, направленных на сохранение и восстановление популяций отдельных, зачастую весьма редких видов; эта задача в комплексных заказниках отходит на «второй план», и больше внимания уделяется видам более обычным, но зато легче контролируемым.

Мы предлагаем сформировать научно-методическую базу для создания новой формы сохранения биоразнообразия микобиоты — микологического заказника.

Прежде чем перейти к созданию особой формы охраняемой природной территории, предназначенной для сохранения биоразнообразия грибов, необходимо создание ее модели, позволяющей оценить структурные особенности этой формы ООПТ, выявить причинно-следственные связи и зависимости между условиями природной среды, с одной стороны, особенностями биологии и экологии видов, с другой стороны, и учесть их динамику в условиях введения охранного режима.

Моделирование как метод исследования получает все более широкое распространение в биологии и экологии [3, 4, 6, 7, 11, 12, 13, 22 и др.]. Во многом это определяется возможностью существенно повысить объективность выводов о пространственной структуре и свойствах сложных объектов [15]. В общем смысле модель есть абстрактное описание того или иного явления реального мира. Каждая модель использует определенный формальный язык, степень формальности и адекватности которого определяют качество прогноза.

На экосистемном уровне основу моделей составляет количественное описание связей между видами и сообществами с факторами среды, в частности, по отношению к растениям учитываются климатические характеристики, топографические параметры и др. [2, 23, 27].

Одна из характерных черт моделирования — формализация данных, которая позволяет оперировать некоторым комплексом знаний об объекте, необходимых в данной модели, абстрагируясь от всех его многочисленных свойств и параметров. Однако из-за высокой сложности организации биологические объекты (в том числе и экосистемы) достаточно трудно поддаются формализации. Поэтому важнейшей задачей в изучении биологических объектов является построение их информационных моделей, которые связали бы разнообразные данные, превращая их в информацию. Данные, переведенные в электронную форму, приобретают новое качество, обеспечивая им более широкое распространение и эффективное использование. Однако применение информационных технологий для обработки и интерпретации (анализа) данных различных биологических

наблюдений и экспериментов должно основываться на использовании различных моделей (феноменологических, информационных, математических и др.) [5].

Многие биологические вероятностные модели, в частности описывающие пространственную структуру растительности, базируются на ряде подходов [15]:

1. Предполагается стационарное состояние состава флоры изучаемой территории, то есть равновесие между окружающей средой и наблюдаемой мозаикой видов.

2. Предполагается справедливость индивидуалистической гипотезы распределения видов в абстрактном пространстве факторов среды. В условиях гетерогенности среды отмечается стохастическое распределение видов по локальным градиентам факторов согласно их экологическим потребностям, поэтому равновесное состояние предполагается не детерминированным, а стохастическим, то есть оно имеет пространственно распределенную случайную составляющую.

3. С учетом предпочтительности проведения исследований на региональном и топологическом уровне в качестве предикторов пространственного распределения фитообразия возможно использование как прямых градиентов (например, данных о климатических параметрах по материалам дистанционного зондирования Земли), так и непрямых градиентов как индикаторов ресурсных градиентов (в первую очередь характеристик рельефа, для получения которых оптимально использование цифровых моделей локального и регионального разрешения).

4. Объем выборки статистических данных о распределении видов должен быть достаточным для разработки региональных экологических шкал, позволяющих строить представления о реализованной и фундаментальной нише каждого вида на рассматриваемой территории.

5. За счет использования вероятностных списков видов появляется возможность аппроксимировать континуальное распределение биоразнообразия и провести моделирование потенциальных местообитаний как отдельных видов, так и их совокупностей.

Процесс создания концептуальной модели начинается с определения локальных концептуальных требований к модели. При этом важным моментом в создании концептуальной модели является отнесение ее к индивидуалистской или холистической (первые имеют дело с отдельными видами, а вторые — с сообществами [15]). Концептуальная модель транслируется затем в комплексную концептуальную модель с использованием ряда процедур: формирование информационных потоков между «источниками» и «приемниками» данных, анализ потоков путем их сравнения с реальными источниками и формирование предложений по изменению их состава и содержания, формирование инварианта концептуальной информационной модели для проектируемой системы [1].

Анализ, проведенный специалистами по моделированию [21 и др.], показывает, что до настоящего времени, к сожалению, практически остается нерешенной проблема оценивания качества моделей, анализа и упорядочения различных классов моделей, обоснованного синтеза новых моделей либо нахождения наиболее предпочтительных моделей, предназначенных для решения конкретных прикладных задач.

В отношении экологических моделей актуальность этой проблемы еще усиливается, так как большинство биологических объектов разного уровня описывается не одной моделью, а полимодельным комплексом, в состав которого могут входить разнородные и комбинированные модели, каждая из которых должна оцениваться своей системой показателей [14, 17]. Это определяется в первую очередь необходимостью учета фактора времени, так как для живых объектов характерна существенная структурная динамика [16]. Применение статического моделирования возможно лишь на верхних уровнях иерархии масштабов хронологии биоразнообразия, поскольку только их состояние можно

считать более или менее равновесным [15]. Динамическое моделирование основано на симуляции, однако в силу того что динамические модели требуют глубоких знаний о моделируемых видах и об их отклике на условия среды, большинство из них разработано только для хорошо изученных видов и местообитаний [24].

Построение теории, способной предложить методы динамического моделирования столь сложных объектов, как биосфера и ее экосистемы, возможно на основе творческого синтеза наиболее плодотворных идей, предложенных рассмотренными науками. Результат такого синтеза представлен, в частности, в Концепции Адаптивной Самоорганизации сложных природных систем [8—10].

Итак, нами разработан алгоритм, описывающий формирование модели микологического заказника, включающий ряд последовательных этапов (рис. 1).

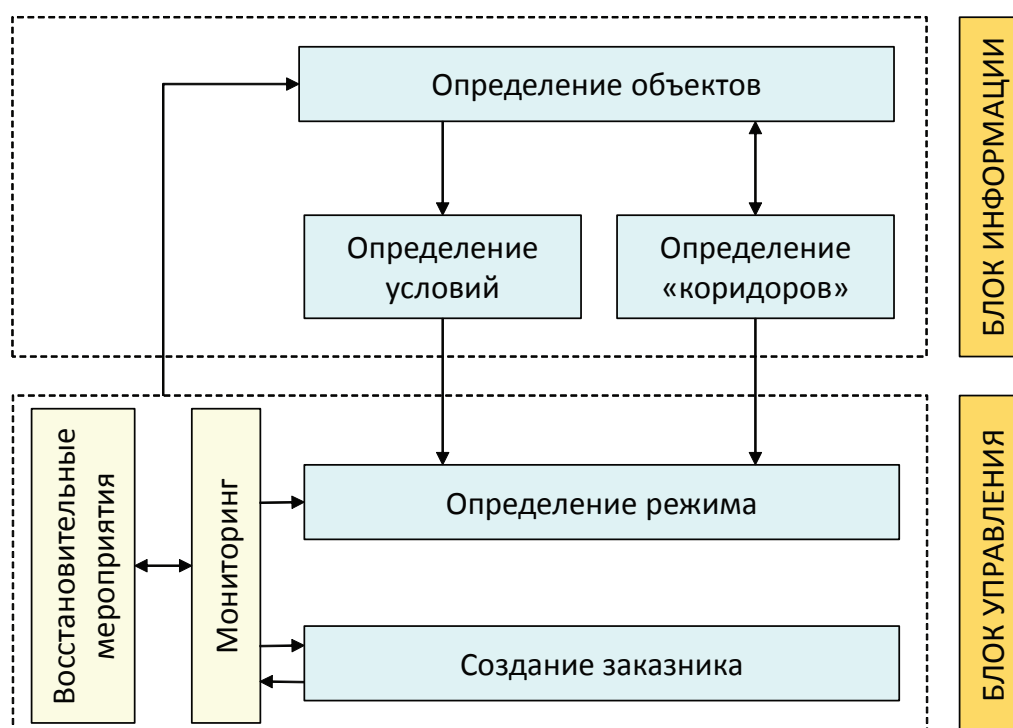


Рис. 1. Модель создания и функционирования специализированного микологического заказника

1. Выбор объектов охраны — определение местонахождения редких видов, определение численности популяций и ее динамики; определение периодичности появления плодовых тел (сезонной, межгодовой), так как она оказывает существенное влияние на учитываемую численность особей в популяции.

2. Определение экологических условий, благоприятствующих развитию вида и детерминирующих его обитание в конкретном локалитете; в особенности это касается трофических ресурсов, чьи качественные и количественные характеристики играют ключевую роль в распространении большинства видов. В отношении трофического ресурса необходима прогностическая оценка устойчивости во времени и исчерпаемости.

3. Выявление мест на прилегающих территориях, пригодных для заселения видом, и определение условий, препятствующих этому; определение «коридоров», так как микологический заказник по сути должен быть кластерным.

4. Определение режима заказника в рамках существующего законодательства; т.е. определение допустимых форм и интенсивности нагрузок на территорию (возможны ли рекреация, рубки ухода, сенокошение, пастьба, охота и т.п.).

5. Создание заказника (придание ему официального статуса особо охраняемой природной территории), обеспечение его охраны и научной работы в его пределах.

6. Организация в заказнике системы мониторинга популяций редких видов и микобиоты в целом.

7. Разработка биотехнологических мероприятий, направленных на создание условий для сохранения популяций.

**Заключение.** Для рекомендации любой модели к внедрению необходима ее оценка. При оценке моделей предложено использование спектра свойств, учет которых необходим для объективного сравнения и выбора [21]. К ним, в частности, относятся:

1. Адекватность модели по отношению к тем или иным аспектам объекта-оригинала. При оценивании адекватности модели различают качественную адекватность, т.е. отражение с использованием модели тех или иных качественных сторон объекта-оригинала, и количественную адекватность, под которой понимается воспроизведение тех или иных количественных характеристик прототипа с той или иной степенью точности.

2. Простота и оптимальность модели (полимодельного комплекса). Рост сложности и точности упрощает анализ поведения моделей, поскольку самоорганизация «сжимает» сложность до небольшого числа степеней свободы [9].

3. Гибкость (адаптивность) моделей. Данное свойство моделей предполагает ввод в состав моделей таких параметров и структур, которые можно менять в заданных диапазонах для достижения целей моделирования.

4. Универсальность и проблемная ориентация моделей. Исследования показывают, что целесообразно создавать модели, специализированные по допустимому классу моделируемых объектов и универсальные по поддерживаемым функциям [21].

К числу других свойств моделей, значимых для их оценки, могут быть отнесены надежность, унификация, их интеллектуальность, эффективность реализации, устойчивость, чувствительность, управляемость, наблюдаемость моделей, их инвариантность.

Предложенная выше концептуальная модель микологического заказника адекватна целям и задачам создания и существования данной формы особо охраняемой природной территории, а именно — сохранению видового разнообразия локальной микобиоты и популяций редких видов грибов. В ней учитываются биологические особенности грибов как представителей системы редуцентов, распространение и численность которых обусловлены качественными и количественными характеристиками субстрата. Разработанная модель отвечает требованиям оптимальности в том плане, что при ее создании учитывались только наиболее принципиальные качества объектов и их атрибутов. В модели частично учтено возможное действие эндогенных и экзогенных факторов, определяющих динамику объектов сохранения. В то же время предлагаемая модель является концептуальной, т.е. в данном виде вполне универсальна и может быть адаптирована к различающимся условиям.

Условиями ее реализации должен быть выбор территории, обладающей необходимыми характеристиками (природными, антропогенными), заселенной популяциями видов, ценность которых регламентирована официальными нормативно-правовыми актами, а также разработка и принятие документов, определяющих статус заказников такого типа на региональном уровне.

#### Список использованной литературы

1. Горев А., Макашарипов С., Ахаян Р. Эффективная работа с СУБД. СПб. : Питер, 1997.
2. Григорьев А. А., Будыко М. И. О периодическом законе географической зональности // Доклады АН СССР. 1956. Т. 110, № 1. С. 129—132.

3. Грызлова О. Ю. Моделирование и фракталы // Российский журнал биомеханики. 1999. Т. 3, № 2. С. 24.
4. Гусев Е. М., Насонова О. Н., Джоган Л. Я. Моделирование процессов теплового, водного и углеродного обмена в экосистеме соснового леса // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2005. Т. 42, № 2. С. 227—241.
5. Ермаков Н. Б., Столяров С. В., Федотов А. М. Модели данных для формирования биологических коллекций // Вестник Новосибирского государственного университета. Сер. Информационные технологии. 2007. Т. 5, № 2. С. 35—41.
6. Ильичев В. Г. Адаптация параметров в моделях экологии // Автоматика и телемеханика. 2005. № 2. С. 124—137.
7. Комаров А. С. Пространственные индивидуально ориентированные модели лесных экосистем // Лесоведение. 2010. № 2. С. 60—68.
8. Ланкин Ю. П. Моделирование экологической сложности на основе самоорганизующихся адаптивных сетей // Материалы Национальной конференции с международным участием «Математическое моделирование в экологии» ЭкоМатМод-2009. Пущино : ИФХиБПП РАН, 2009. С. 153—154.
9. Ланкин Ю. П., Иванова Н. С., Басканова Т. Ф. Основы теории моделирования разнообразия экосистем биосферы на основе фундаментальных свойств живых систем // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 1. С. 191.
10. Ланкин Ю. П., Хлебопрос Р. Г. Экологические основания концепции самоадаптирующихся сетей и систем с поисковым поведением // Инженерная экология. 2001. № 2. С. 2—26.
11. Лахно В. Д. Математическая биология и биоинформатика // Вестник Российской академии наук. 2011. Т. 81, № 9. С. 812—818.
12. Мигинский Д. С., Тимонов В. С. Применение сетевых описаний экосистем для автоматизированного построения имитационных моделей // Вестник Новосибирского государственного университета. Сер. Информационные технологии. 2012. Т. 10, № 1. С. 55—62.
13. Михайлов А. В., Шанин В. Н., Безрукова М. Г. Компонентный подход к построению моделей лесных экосистем // Лесоведение. 2010. № 2. С. 69—76.
14. Павловский Ю. А. Имитационные модели и системы. М. : Фазис, 2000. 131 с.
15. Рогова Т. В., Савельев А. А., Шайхутдинова Г. А. Методологические основы пространственно-экологического анализа и моделирования биоразнообразия // Ученые записки Казанского государственного университета. 2008. Т. 150, кн. 4. С. 167—191.
16. Ростовцев Ю. Г., Юсупов Р. М. Проблема обеспечения адекватности субъектно-объектного моделирования // Известия вузов. Приборостроение. 1991. № 7. С. 7—14.
17. Савин Г. И. Системное моделирование сложных процессов. М. : Фазис, 2000. 276 с.
18. Сафонов М. А. Редкие виды грибов Оренбургской области: проблемы выявления, изучения и охраны. Оренбург : Изд-во ОГПУ, 2003. 100 с.
19. Сафонов М. А. Устойчивость грибных сообществ как критерий выделения ключевых микологических территорий // Известия Самарского научного центра РАН. Самара, 2004. Спец. вып. Природное наследие России. Ч. 1. С. 165—170.
20. Сафонов М. А., Сафонова Т. И. Теоретические и практические подходы сохранения биоразнообразия микобиоты Южного Приуралья // Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 6(112). С. 29—33.
21. Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Концептуальные и методические основы квалиметрии моделей и полимодельных комплексов // Труды СПИИРАН. СПб. : СПИИРАН, 2004. Вып. 2, т. 1. С. 10—35.
22. Чумаченко С. И., Смирнова О. В. Моделирование сукцессионной динамики насаждений // Лесоведение. 2009. № 6. С. 3—17.
23. Vox E. O. Macroclimate and Plant Forms: An Introduction to Predictive Modeling in Phytogeography. The Hague : Junk, 1981. 258 p.
24. Korzukhin M. D., Ter-Mikaelian M. T., Wagner R. G. Process versus empirical models: which approach for forest ecosystem management? // Can. J. For. Res. 1996. V. 26. P. 879—887.
25. Safonov M. A. Wood-inhabiting aphylloroid fungi of the Southern Preurals (Russia) // Mycena. 2006. V. 6. P. 57—66.
26. Safonow M. Gatunki wyjątkowe grzybow ksylotroficznycch na terenach Uralu Poludniowego (tzw. Przedurale) // Nauka i Studia. 2011. № 6 (37). S. 86—96.
27. Walter H. Vegetation of the Earth, and ecological systems of the geobiosphere. 3d ed. New York : Springer-Verlag, 1985. 318 p.

Поступила в редакцию 25.12.2012 г.

*Сафонов Максим Анатольевич*, доктор биологических наук, профессор  
Оренбургский государственный педагогический университет  
460014, Российская Федерация, г. Оренбург, ул. Советская, 19  
E-mail: [safonovmaxim@yandex.ru](mailto:safonovmaxim@yandex.ru)

*Каменева Иннеса Николаевна*, соискатель  
Оренбургский государственный университет  
460000, Российская Федерация, г. Оренбург, пр-т Победы, 13  
E-mail: [kameneva\\_IN@yandex.ru](mailto:kameneva_IN@yandex.ru)

**M. A. Safonov**  
**I. N. Kameneva**

### **Conceptual model of mycological reserve as form of preserving mycobiota diversity**

The article discusses the conceptual approaches to creating mycological reserves as a special form of preserving diversity of fungi. It also suggests and analyses the model of such a reserve from the point of optimality of these specially protected natural territories for the regional mycobiota preservation.

**Key words:** conceptual model, ecological model, biodiversity of fungi, mycological preserve, mycobiota preservation, rare species of fungi, Southern Urals.

*Safonov Maxim Anatolyevich*, Doctor of Biological Sciences, Professor  
Orenburg State Pedagogical University  
460014, Russian Federation, Orenburg, ul. Sovetskaya, 19  
E-mail: [safonovmaxim@yandex.ru](mailto:safonovmaxim@yandex.ru)

*Kameneva Innesa Nikolayevna*, Degree Seeker  
Orenburg State University  
460000, Russian Federation, Orenburg, prospect Pobedy, 13  
E-mail: [kameneva\\_IN@yandex.ru](mailto:kameneva_IN@yandex.ru)