

ВИДОВОЙ СОСТАВ И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ СФАГНОБИОНТНЫХ РАКОВИННЫХ АМЕБ В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ МОРДОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Е.А. Малышева¹, А.Н. Цыганов², К.В. Бабешко², Е.Ю. Новенко³, Ю.А. Мазей²

¹*Пензенская государственная технологическая академия*

²*Пензенский государственный университет*

³*Московский государственный университет*

e-mail: elenamalysheva@list.ru, yurimazei@mail.ru

В работе приводятся результаты исследования видового состава и структуры сообществ раковинных амёб в заболоченных экосистемах, расположенных на территории Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича в июле 2013 г. Обнаружено 59 видов и инфравидовых таксонов раковинных амёб. Основным фактором дифференциации видовой структуры сообществ раковинных амёб являются гидрологический и трофический статус болот. Показано, что частичное выгорание переходного болота может влиять на структуру сообщества раковинных амёб через повышение трофности среды, в то время как полное выгорание приводит к формированию сообществ эврибионтных видов.

Ключевые слова: раковинные амёбы, сфагновое болото, Мордовский государственный заповедник.

Территория Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича (МГПЗ) характеризуется весьма высокой степенью заболоченности, достигающей 10% (Гришуткин, 2013). Болотные экосистемы играют важную роль в биосфере как регуляторы гидрологического режима, центры биоразнообразия и как резервуары для связывания атмосферного диоксида углерода. Важным, но малоизученным компонентом болотных экосистем являются одноклеточные эукариотические организмы, или протисты. Одним из представителей протистов являются раковинные амёбы - гетеротрофные организмы, характеризующиеся наличием внешнего скелетного образования, раковинки (Мазей, Цыганов 2006). Раковинные амёбы распространены практически повсеместно и населяют почвы, водоемы и болота. Они играют важную роль в детритных пищевых цепях, как промежуточное звено между бактериями и беспозвоночными. Несмотря на важную экологическую роль раковинных амёб, данные по видовому составу и распространению сфагнобионтных раковинных амёб в болотах заповедника отсутствуют. Вместе с тем эти организмы достаточно хорошо изучены в сфагновых болотах на территории Пензенской области (Мазей, Бубнова, 2007, 2008; Мазей, Цыганов, 2007; Мазей и др., 2007; Цыганов, Мазей, 2007; Mazei, Tsyganov, 2007). Целью настоящей работы явилось ис-

следование видового состава и структуры сообществ сфагнобионтных раковинных амёб в заболоченных экосистемах, расположенных на территории Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича.

Материал для исследования был собран в ходе полевых работ в заповеднике, проводившихся с 15 по 16 июля 2013 г. В работу были включены 13 болотных экосистем, расположенных в районе кордона Павловский и п. Пушта (табл. 1). В исследование были включены три болота (Горелое П1, П2 и Ч1), которые полностью (П1 и П2) или частично (Ч1) выгорели в результате пожаров, вызванных засухой 2010 года, а также ненарушенные пожарами экосистемы. В болотах с выраженным микрорельефом, включая частично сгоревшее болото, образцы сфагнома для исследования отбирали таким образом, чтобы по возможности охватить все разнообразие мест обитания, т.е. кочки, ровные участки, понижения. Образцы сфагнома объемом ~ 20 см³ извлекали при помощи ножа и разделяли на две части: живые (зеленые) и разлагающиеся (очес). В полностью выгоревших болотах для исследования отбирали донные отложения у берега. Образцы помещали в пластиковые пакеты с застежкой и хранили до обработки в лаборатории. Всего был отобран 41 образец. Во время отбора проб измеряли глубину залегания болотных вод.

Таблица 1. Список исследованных биотопов и их характеристика

| Название (сокращение) | Координаты | | Уровень болотных вод, см | |
|--------------------------|------------|----------|--------------------------|-------|
| | N | E | Понижения | Кочки |
| Низинное 1 (Низ1) | 54.78794 | 43.43655 | 0 | 15 |
| Низинное 2 (Низ2) | 54.78047 | 43.44073 | 0 | - |
| Низинное 3 (Низ3) | 54.77634 | 43.43356 | 7 | - |
| Низинное 4 (Низ4) | 54.73494 | 43.16053 | 20 | - |
| Переходное 1 (Пер1) | 54.77722 | 43.44663 | 10 | 45 |
| Переходное 2 (Пер2) | 54.77668 | 43.43943 | 12 | 23 |
| Переходное 3 (Пер 3) | 54.77436 | 43.40774 | 13 | 35 |
| Переходное 4 (Пер4) | 54.76678 | 43.46460 | 12 | 53 |
| Переходное 5 (Пер5) | 54.77578 | 43.43332 | 10 | 18 |
| Верховое 1 (Верх1) | 54.77578 | 43.43332 | 9 | 17 |
| Горелое Ч1(ГорЧ1) | 54.78751 | 43.22162 | 12 | 20 |
| Горелое П1 (ГорП1) | 54.76884 | 43.18677 | - | - |
| Горелое П2 (ГорП2) | 54.78609 | 43.21885 | - | - |

Примечание: прочерк - данные недоступны по причине отсутствия конкретного варианта биотопа в данной болотной экосистеме.

Приготовление образцов для микроскопирования проводили согласно модифицированной методике основанной на фильтровании и концентрировании водных суспензий (Мазей, Ембулаева, 2009). Образец сфагну-

ма заливали водой и интенсивно встряхивали для извлечения раковинных амёб. Полученную суспензию фильтровали через сито с размером ячеек 1 мм для удаления крупных частиц, которые могут маскировать раковинных амёб при микроскопировании. Фильтрат отстаивали для осаждения раковиннок. Супернатант сливали, а осадок с небольшим количеством надосадочной жидкости оставляли для дальнейшего осаждения. Затем надосадочную жидкость аккуратно отбирали пипеткой, чтобы довести объем осадка до 10 мл. Для идентификации и подсчета численности раковинных амёб полученную суспензию помещали в чашку Петри, в которой подсчитывали не менее 150 особей (включая живые клетки и пустые раковинки).

Всего в ходе исследования было обнаружено 59 видов и инфравидовых таксонов раковинных амёб (табл. 2). Количество видов, обнаруженных в одном образце, изменялось от 7 до 28 (среднее количество видов в образце 14). Наиболее обильными видами были *Hyalosphenia papilio* (15% от общей численности обнаруженных раковинных амёб), *Phryganella acropodia* (10%), *Arcellarotunda* (9%), *Assullina muscorum* (7%), *Arcella arenaria sphagnicola* (6%) и *Hyalosphenia elegans* (6%). Два вида из вышеперечисленных (*Assullina muscorum* и *Phryganella acropodia*) характеризовались высокой встречаемостью и были обнаружены в более чем 85% образцов. Высокая встречаемость (более 80% образцов) также была характерна для *Euglypha compressa* и *Euglypha laevis*. Восемь видов были обнаружены лишь в одном образце.

Количество видов в пределах одной болотной экосистемы изменялось от 16 до 40. Наибольшее видовое богатство было отмечено в верховых болотах с хорошо развитой и дифференцированной сфагновой сплавниной. Наименьшее видовое богатство обнаружено в донных отложениях выгоревших болот. Плотность раковинных амёб в пробах изменялась от 2 до 45 тыс. особей / г абсолютно сухого субстрата (среднее значение 13 тыс. особей / г). Видовое разнообразие (индекс Шеннона) и выравненность распределения видов (индекс Пиелу) изменялись в пределах от 0.99 до 2.69 и от 0.45 до 0.89, соответственно. В целом, видовой состав и характеристики сообществ сфагнобионтных раковинных амёб на территории МГПЗ типичны для региона исследования (см. для сравнения Бобров и др. 2002; Мазей, Бубнова, 2007, 2008; Мазей, Цыганов, 2007; Мазей и др., 2007; Цыганов, Мазей, 2007; Mazei, Tsyganov, 2007).

Для анализа изменений в видовой структуре сообществ раковинных амёб в зависимости от биотопа был проведен анализ главных компонент (рис. 1). Наибольшие различия в структуре сообществ раковинных амёб наблюдаются между пробами из верхового болота (левая часть диаграммы) с одной стороны и низинными и горевшими болотами с другой стороны

(правая часть диаграммы). По структуре сообществ раковинных амёб переходные болота занимают промежуточное положение. Частично выгоревшее переходное болото по структуре сообщества раковинных амёб тяготеет к низовым болотам. Для верховых болот характерно присутствие представителей родов *Archerella* и *Nebela*. В низовых болотах преобладают представители родов *Arcella*, *Diffflugia*, *Euglypha*. Подобные изменения в структуре сообществ можно объяснить увеличением трофности в ряду верховые - переходные - низинные болота (Opravilova, Hajek, 2006). Из рис. 1 также видно, что сообщества раковинных амёб в полностью выгоревших болотах значительно отличаются от сообществ в нормально функционирующих болотных экосистемах. Эти отличия, прежде всего, связаны с преобладанием эврибионтных видов (*Trinema lineare*, *Centropyxis aerophila*, *Corythion* spp.), что может свидетельствовать об активных процессах колонизации.

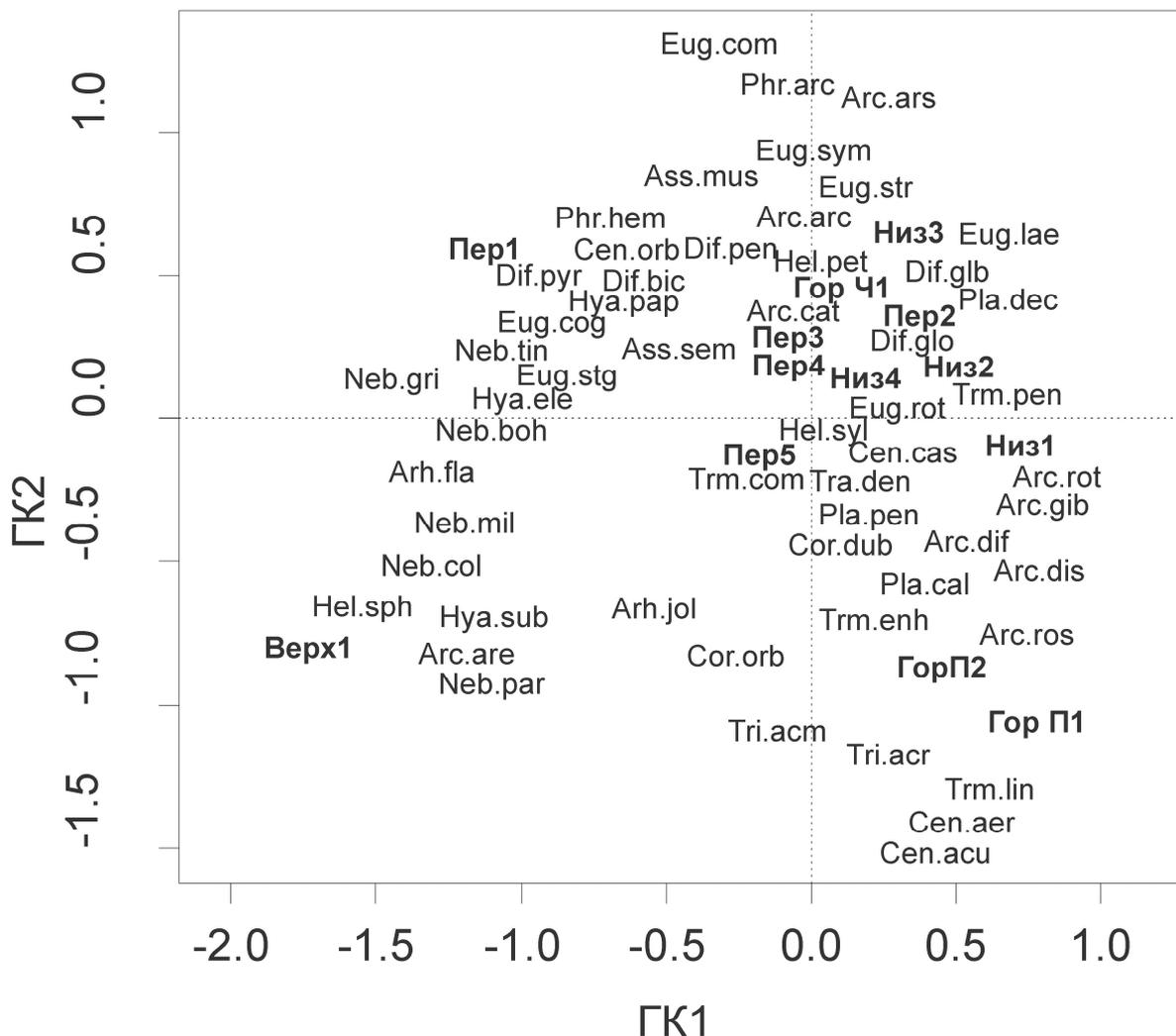


Рис 1. Результаты анализа главных компонент. Обозначения болотных экосистем и аббревиатуры видов см. табл. 1, 2, соответственно

Таблица 2. Список обнаруженных видов раковинных амеб с указанием относительного обилия (жирным шрифтом выделены значения выше 5%, пустая ячейка обозначает отсутствие вида, 0 - относительное обилие ниже 1%).

| Виды | Низ1 | Низ2 | Низ3 | Низ4 | Пер1 | Пер2 | Пер3 | Пер4 | Пер5 | Верх1 | Гор Ч1 | Гор Ш1 | Гор П2 |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| <i>Arcella arenaria</i> | | | | | | | | | | 0 | | | |
| <i>Arcella arenaria compressa</i> | | | | | 0 | 0 | | | | | 1 | | |
| <i>Arcella arenaria sphagnicola</i> | 5 | 6 | 15 | 5 | 0 | 12 | 12 | 3 | 0 | 2 | 24 | | 1 |
| <i>Arcella catinus</i> | | | | 5 | | 7 | 6 | 0 | 1 | 0 | | | |
| <i>Arcella discoides</i> | 1 | 1 | | 1 | | 1 | | | | 0 | 0 | 3 | |
| <i>Arcella discoides foveosa</i> | | | | | 0 | 1 | | | | | | 1 | |
| <i>Arcella gibbosa</i> | 21 | 9 | 12 | | | 1 | | 0 | | 0 | | 6 | 3 |
| <i>Arcella rotundata</i> | 8 | 35 | 11 | 8 | 3 | 13 | 21 | 9 | 1 | 3 | 12 | 15 | 35 |
| <i>Archerela flavum</i> | 0 | 1 | 0 | | 4 | | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | | |
| <i>Archerela jolli</i> | | | | | 0 | | | 0 | | 0 | | | 1 |
| <i>Assulina muscorum</i> | 9 | 1 | 5 | 11 | 4 | 5 | 9 | 16 | 6 | 5 | 12 | 1 | 1 |
| <i>Assulina seminulum</i> | 1 | | | | 0 | 0 | | 4 | 1 | 1 | 1 | | |
| <i>Bulinularia indica</i> | | | | | | | | 0 | | | | | |
| <i>Centropyxis aculeata</i> | | | | | | | | | 0 | 0 | | 6 | 3 |
| <i>Centropyxis aerophyla</i> | 1 | | | | | | | | 0 | 0 | | 1 | 1 |
| <i>Centropyxis cassis</i> | 0 | | | | | | | | | | | | |
| <i>Centropyxis orbicularis</i> | | | | | 0 | | | | | | | | |
| <i>Corythion dubium</i> | 7 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 17 | 7 | 3 | 8 | 5 | 5 |
| <i>Corythion orbicularis</i> | | | | | | 0 | | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| <i>Diffugia bicornis</i> | | | | | 4 | | | | | | | | |
| <i>Diffugia globularis</i> | | 9 | | | | 0 | | | | | | | |
| <i>Diffugia globulosa</i> | 3 | 14 | 3 | | | | | 4 | | | | | |
| <i>Diffugia penardi</i> | | 1 | | | 1 | | | | | | | | |
| <i>Diffugia pyriformis</i> | | | | | 2 | | | 0 | | 0 | | | |
| <i>Euglypha compressa</i> | 6 | 5 | 4 | 1 | 6 | 2 | 3 | 3 | 5 | 2 | 11 | | |
| <i>Euglypha compressa glabra</i> | 3 | | 1 | | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 4 | 2 | | |
| <i>Euglypha cristata</i> | | | | 0 | | 3 | | | 8 | | | | |
| <i>Euglypha laevis</i> | 5 | 3 | 19 | 1 | 1 | 6 | 1 | 4 | 5 | 2 | 6 | 7 | |
| <i>Euglypha rotunda</i> | 0 | 2 | | 1 | 0 | 1 | | | 0 | 0 | 0 | | 1 |
| <i>Euglypha strigosa</i> | 2 | | 3 | | | 3 | 1 | 1 | | 0 | 0 | | |
| <i>Euglypha strigosa glabra</i> | | | | | 0 | 1 | | 1 | 0 | 0 | | | |

Окончание табл. 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>Euglypha simplex</i> | | | 1 | | 0 | | | 1 | | | | | |
| <i>Euglypha tuberculata</i> | | | | | | 0 | | | | | | | |
| <i>Heleopera petricola</i> | | | | | | | | 0 | | | 0 | | |
| <i>Heleopera sphagni</i> | | | | 0 | | | | | 0 | 14 | | | |
| <i>Hyalosphenia elegans</i> | | | | 6 | 11 | | 12 | 3 | 13 | 8 | | | 1 |
| <i>Hyalosphenia papilio</i> | 0 | | 2 | 47 | 36 | 12 | 20 | 6 | 24 | 13 | | 1 | |
| <i>Hyalosphenia subflava</i> | | | | | | | | | | 0 | | | |
| <i>Leusquereusia modesta</i> | | | | | | | | | | 0 | | | |
| <i>Nebela bohémica</i> | 0 | | | 0 | 6 | | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | | 1 |
| <i>Nebela collaris</i> | | | | | 0 | | | | | 1 | | | |
| <i>Nebela dentistoma</i> | | | | | | | | | | 0 | | | |
| <i>Nebela griseola</i> | | | 0 | | 2 | | 3 | 0 | | 5 | | | |
| <i>Nebela militaris</i> | | | | | 1 | | | 0 | 2 | 8 | 2 | | |
| <i>Nebela parvula</i> | | | | | | | | | | 0 | | | |
| <i>Nebela tincta</i> | | | | 1 | 2 | | 4 | | 0 | 2 | 1 | | |
| <i>Phryganella acropodia</i> | 3 | 9 | 22 | 8 | 9 | 29 | 6 | 15 | 2 | 7 | 7 | 1 | 2 |
| <i>Phryganella hemisphaerica</i> | | | | | 3 | | | | | | | | |
| <i>Plagiopyxis declivis</i> | | 1 | 0 | | | | | | | | | | |
| <i>Plagiopyxis callida</i> | 4 | | | | | 0 | | 2 | | 1 | 8 | 10 | |
| <i>Plagiopyxis penardi</i> | 1 | | | 0 | | | 1 | 1 | | 0 | 2 | | 3 |
| <i>Sphenoderia lenta</i> | | 1 | | | | | | | | 0 | | | |
| <i>Tracheleuglypha dentata</i> | 1 | | | | | | | | 1 | | | | |
| <i>Trigonopyxis arcula</i> | 2 | 1 | | | | | | 1 | 0 | 2 | 0 | 14 | |
| <i>Trigonopyxis arcula minor</i> | | | | | | | | | | 0 | | | 1 |
| <i>Trinema complanatum</i> | 9 | | | | 1 | | 0 | | 1 | 0 | | | |
| <i>Trinema enchelys</i> | | | | | | | | 1 | | | | | 8 |
| <i>Trinema lineare</i> | 7 | 1 | 1 | 4 | 1 | 0 | 0 | 4 | 17 | 1 | 1 | 26 | 34 |
| <i>Trinema penardi</i> | 2 | | | 0 | | | | | | | 0 | | |
| Количество видов | 25 | 17 | 16 | 18 | 29 | 24 | 19 | 30 | 26 | 40 | 22 | 16 | 16 |

Сфагнобионтные раковинные амёбы формируют богатые и разнообразные сообщества в болотных экосистемах Мордовского государственного природного заповедника. Наибольшим видовым богатством раковинных амёб характеризуются верховые болота с развитой дифференциацией сфагновой сплавины. Основные различия в видовой структуре сообществ раковинных амёб связаны с гидрологическим и трофическим статусом бо-

лота. Видовая структура сообществ раковинных амеб чувствительна к повышению трофности болот в результате выгорания. Полностью выгоревшие болота активно колонизируются эврибионтными видами раковинных амеб.

В организации и проведении экспедиции неоценимую помощь оказали сотрудники заповедника (особенно А.Б. Ручин и О.Г. Гришуткин), а также сотрудники кафедры зоологии и экологии Пензенского государственного университета В.Ю. Ильин и Т.Г. Стойко. Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты №№ 12-04-33118, 13-04-00542, 12-04-97064) и гранта Президента РФ (МД-4435.2014.4).

Список литературы

Бобров А.А., Чармен Д., Уорнер Б. Экология раковинных амеб олиготрофных болот (особенности экологии политипических и полиморфных видов) // Известия РАН. Серия биологическая. 2002. № 6. С. 738-751.

Гришуткин О.Г. Закономерности распределения болот в зависимости от абсолютных отметок рельефа на территории Мордовского государственного природного заповедника // Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П.Г. Смидовича. 2013. Вып. 11. С. 259-263.

Мазей Ю.А., Бубнова О.А. Видовой состав и структура сообщества раковинных амеб в сфагновом болоте на начальном этапе его становления // Известия РАН. Серия Биологическая. 2007. № 6. С. 738-747.

Мазей Ю.А., Бубнова О.А. Структура сообщества раковинных амеб в Наскафтымском моховом болоте (Среднее Поволжье, Россия) // Поволжский экологический журнал. 2008. № 1. С. 39-47.

Мазей Ю.А., Ембулаева Е.А. Изменение сообществ почвообитающих раковинных амеб вдоль лесостепного градиента в Среднем Поволжье // Аридные экосистемы. 2009. Т. 15. № 37. С. 13-23.

Мазей Ю.А., Цыганов А.Н. Пресноводные раковинные амебы. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 300 с.

Мазей Ю.А., Цыганов А.Н. Изменения видовой структуры сообщества раковинных амеб вдоль средовых градиентов в сфагновом болоте, восстанавливаемом после выработки торфа // Поволжский экологический журнал. 2007. № 1. С. 24-33.

Мазей Ю.А., Цыганов А.Н., Бубнова О.А. Видовой состав, распределение и структура сообщества раковинных амеб мохового болота в Среднем Поволжье // Зоологический журнал. 2007. Т. 86. Вып. 10. С. 1155-1167.

Цыганов А.Н., Мазей Ю.А. Видовой состав и структура сообщества раковинных амеб заболоченного озера в Среднем Поволжье // Успехи современной биологии. 2007. Т. 127. № 4. С. 405-415.

Mazei Yu.A., Tsyganov A.N. Species composition, spatial distribution and seasonal dynamics of testate amoebae community in sphagnum bog (Middle Volga region, Russia) // Protistology. 2007. Vol. 5. P. 156-206.

Opravilova V., Hajek M. The variation of testacean assemblages (Rhizopoda) along the complete base-richness gradient in fens: A case study from the Western Carpathians // Acta Protozoologica. 2006. Т. 45. № 2. С. 191-204.