

УДК 593.16(470.4)

## ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОТРОФНЫХ ЖГУТИКОНОСЦЕВ В ЗАБОЛОЧЕННЫХ БИОТОПАХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Д.В. Тихоненков<sup>1</sup>, Ю.А. Мазей<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН  
Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок

<sup>2</sup> Пензенский государственный педагогический университет им. В.Г. Белинского  
Россия, 440026, Пенза, Лермонтова, 37

Поступила в редакцию 07.03.07 г.

**Видовой состав и распределение гетеротрофных жгутиконосцев в заболоченных биотопах Среднего Поволжья.** – Тихоненков Д.В., Мазей Ю.А. – Исследованы биоразнообразие и распределение гетеротрофных флагеллат в заболоченных экосистемах бассейна р. Суры. Выявлено 63 вида с доминированием церкомонад, эвгленид, хоанофлагеллат, кинетопластид. Наиболее часто отмечались *Spumella* sp., *Paraphysomonas vestita*, *Bodo saltans*, *Spongomonas uvella*, *Bodo designis*, *Goniomonas truncata*, *Heteromita minima*. Во всех рассмотренных масштабах сообщества гетеротрофных жгутиконосцев являются бета-доминантными. Различия видового состава сообществ гетеротрофных флагеллат, формирующиеся в разных типах заболоченных экосистем, обусловлены редкими видами. Виды с высокой встречаемостью одинаково часто отмечаются во всех типах заболоченных экосистем.

**Ключевые слова:** гетеротрофные жгутиконосцы, заболоченные биотопы, Пензенская область.

**Species composition and distribution of heterotrophic flagellates in the Middle-Volga wetlands.** – Tikhonenkov D.V., Mazei Yu.A. – The heterotrophic flagellate biodiversity and species distribution in boggy ecosystems of the Sura river basin were investigated. 63 species and forms have been identified. The species diversity of cercomonads, euglenids, choanoflagellates, and kinetoplastids is highest. *Spumella* sp., *Paraphysomonas vestita*, *Bodo saltans*, *Spongomonas uvella*, *Bodo designis*, *Goniomonas truncata*, and *Heteromita minima* are most common species. The heterotrophic flagellate communities were beta-dominant on all the studied scales. Differences in the species structure of heterotrophic flagellates communities, formed in boggy ecosystems of different types, are due to rare species. The species with a high occurrence are equally often observed in all the types of boggy ecosystems.

**Key words:** heterotrophic flagellate, wetland, Penza region.

## ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени многие вопросы структуры и функционирования болотных экосистем остаются нерешенными. Во многом это связано с недостатком знаний о структуре сообществ гидробионтов (особенно простейших организмов) в заболоченных биотопах. Вместе с тем известно, что микробный компонент экосистем сфагновых болот составляет около 50% общего метаболизма системы (Gilbert et al., 1998). Гетеротрофные жгутиконосцы образуют полифилетическую группу протистов, включающую в себя всех одноклеточных свободноживущих организмов, использующих жгутики для движения и гетеротрофного питания. Они являются обязательной составной частью микробиоценозов во всех типах водных эко-

систем, где вносят значительный вклад в потоки вещества и энергии (Arndt et al., 2000). Однако биоразнообразие и структура сообществ гетеротрофных жгутиконосцев водоемов бассейна р. Суры в настоящий момент изучены крайне слабо (Тихоненков, Мазей, 2005 б). В связи с этим целью работы послужило изучение биоразнообразия и распределения гетеротрофных флагеллат в заболоченных биотопах Среднего Поволжья.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал был собран в июне 2004 г. в восьми различных заболоченных экосистемах бассейна р. Суры на территории Пензенской области. Рассматриваемые экосистемы приурочены к водоразделам и надпойменным террасам, сложенным песками. В этих условиях в результате деятельности ветра формировались котловины выдувания и протекали суффозионные процессы – вымывание легких материнских пород грунтовыми водами, способствующие проседанию грунтов и образованию озер. Все моховые болота Пензенской области своим происхождением связаны с зарастанием таких озерных водоемов (Доктуровский, 1925; Спрыгин, 1986). В настоящее время моховых болот, не затронутых активностью человека, в Пензенской области практически не осталось. Большинство из них в той или иной степени изменены в результате антропогенной деятельности (Чистякова, Куликовский, 2004; Стойко, Мазей, 2005; Иванов, Чистякова, 2005; Иванов и др., 2006).

В ходе нашего исследования было изучено население гетеротрофных жгутиконосцев в разных типах экосистем. Во-первых, в верховых болотах, частично нарушенных торфоразработками, но сохранивших свойственное им разнообразие (болота Качимское «bog1», Верхозимское «bog2», Чибирлейское «bog3» и Безымянное «bog4»). Во-вторых, в озерах, зарастающих моховыми сплавами (озеро Светлое «lake(n)»). В-третьих, в торфяниках, полностью утративших свой облик и трансформировавшихся в озера (озера Моховое / Мертвое «lake(d)1», Гусиное «lake(d)2», Рица «lake(d)3»). Более подробная характеристика исследованных биотопов приводится в других наших работах (Стойко и др., 2006; Цыганов, Мазей, 2007). В каждой экосистеме было изучено по шесть типичных местообитаний.

Пробы детрита с водой объемом 5 см<sup>3</sup> помещали в чашки Петри. В каждую чашку добавляли 1 мл суспензии бактерий *Pseudomonas fluorescens* Migula, 1895. Для уменьшения количества фотосинтезирующих видов и ускорения развития гетеротрофных организмов чашки Петри с пробами выдерживали в термостате при температуре 25°C в темноте. Пробы просматривали на 3-, 6- и 9-й дни развития жгутиконосцев в этих чашках Петри (Vøgs, 1992).

Для наблюдений использовали микроскопы БИОЛАМ-И (Россия) с фазово-контрастной установкой КФ-5 в проходящем свете и объективами водяной иммерсии; REICHERT (Австрия) с интерференционно-контрастной насадкой и объективами масляной иммерсии. Микроскопы были оборудованы аналоговой видеокамерой AVT HORN MC-1009/S. Для более четкой идентификации обнаруженных жгутиконосцев проводили запись видеофильма с использованием видеомагнитофона Panasonic NV-HS 850 в режимах VHS и S-VHS с последующей оцифровкой изображений и сохранением фрагментов видеофильма в виде файлов формата AVI.

## ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОТРОФНЫХ ЖГУТИКОНОСЦЕВ

Виды, имеющие чешуйки, исследовали с применением трансмиссионного микроскопа JEM – 100С. Подготовку препаратов проводили в соответствии с методикой Меструпа и Томсена (Moestrup, Thomsen, 1980).

Для оценки видового разнообразия сообщества рассчитывали общее число обнаруженных видов, а также степень насыщения сообщества видами путем построения кумулятивных кривых («кривых сборщика»). Для выявления общих тенденций распределения гетеротрофных флагеллят проводили ординацию локальных сообществ методом анализа соответствия. Все расчеты велись при помощи пакетов программ PAST 1.18 и PRIMER 5.2.2.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Видовой состав.** В исследованных биотопах обнаружено 63 вида гетеротрофных жгутиконосцев, 3 вида голых амёб, 2 вида солнечников (таблица). Наиболее обычные виды, встреченные более чем в 30% проб, – *Spumella* sp. (найден в 75.8% проб), *Paraphysomonas vestita* (56.0%), *Bodo saltans* (47.0%), *Spongomonas uvella* (46.8%), *Bodo designis* (42.8%), *Goniomonas truncata* (38.3%), *Heteromita minima* (38.3%). По числу видов доминируют группы Cercomonadida (14 видов), Euglenida (12), Choanomonada (10), Kinetoplastea (8). Те же самые группы гетеротрофных жгутиконосцев (за исключением хоанофлагеллят) доминируют в заболоченных биотопах Ярославской и Новгородской областей, Карелии (Тихоненков, Мазей, 2005 а). Церкомонады и эвглениды – ползающие формы, являются типичными обитателями бентоса (Tong et al., 1997; Schroeckh et al., 2003). Кинетопластыды отмечаются повсеместно в разнотипных водоемах (Patterson, Simpson, 1996).

Видовой состав и встречаемость (%) гетеротрофных жгутиконосцев  
в исследованных биотопах

| Вид                                                                                                         | Биотоп                  |             |          |             |                     |                      |                       |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------|----------|-------------|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
|                                                                                                             | Оз. Моховое/<br>Мертвое | Оз. Гусиное | Оз. Рипа | Оз. Светлое | Качинское<br>болото | Верховское<br>болото | Чибирейское<br>болото | Безымянное<br>болото |
| 1                                                                                                           | 2                       | 3           | 4        | 5           | 6                   | 7                    | 8                     | 9                    |
| <b>АМОЕБОЗОА (Lühe 1913) emend. Cavalier-Smith 1998</b>                                                     |                         |             |          |             |                     |                      |                       |                      |
| <i>Cochliopodium</i> sp.                                                                                    | 16.7                    | 0.0         | 0.0      | 16.7        | 16.7                | 0.0                  | 33.3                  | 0.0                  |
| <i>Mastigamoeba</i> sp.                                                                                     | 0.0                     | 0.0         | 0.0      | 0.0         | 0.0                 | 16.7                 | 0.0                   | 0.0                  |
| <i>Spongomonas uvella</i> Stein, 1878                                                                       | 83.3                    | 25.0        | 42.9     | 50.0        | 66.7                | 50.0                 | 16.7                  | 33.3                 |
| <i>Vanella</i> sp.                                                                                          | 33.3                    | 0.0         | 0.0      | 0.0         | 0.0                 | 0.0                  | 0.0                   | 0.0                  |
| <b>OPISTHOCONTA Cavalier-Smith, 1987,<br/>emend. Cavalier-Smith and Chao, 1995, emend. Adl et al., 2005</b> |                         |             |          |             |                     |                      |                       |                      |
| <i>Codonosiga botrytis</i> Kent, 1880                                                                       | 0.0                     | 27.5        | 0.0      | 16.7        | 0.0                 | 0.0                  | 0.0                   | 0.0                  |
| <i>Monosiga ovata</i> Kent, 1880                                                                            | 33.3                    | 0.0         | 15.7     | 16.7        | 0.0                 | 33.3                 | 16.7                  | 33.3                 |
| <i>Nuclearia</i> sp.                                                                                        | 16.7                    | 0.0         | 0.0      | 16.7        | 0.0                 | 0.0                  | 0.0                   | 0.0                  |
| <i>Pompholyxophrys</i> sp.                                                                                  | 33.3                    | 0.0         | 0.0      | 0.0         | 0.0                 | 0.0                  | 0.0                   | 0.0                  |
| <i>Salpingoeca balatonis</i> Lemmerman, 1910                                                                | 0.0                     | 0.0         | 0.0      | 0.0         | 16.7                | 0.0                  | 0.0                   | 0.0                  |
| <i>S. gracilis</i> Clark, 1868                                                                              | 0.0                     | 0.0         | 0.0      | 16.7        | 0.0                 | 0.0                  | 0.0                   | 0.0                  |

## Продолжение таблицы

| 1                                  | 2    | 3    | 4   | 5    | 6    | 7   | 8   | 9    |
|------------------------------------|------|------|-----|------|------|-----|-----|------|
| <i>S. massarti</i> Saedeleer, 1927 | 0.0  | 25.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  |
| <i>S. megachelia</i> Ellis, 1929   | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 16.7 |
| <i>S. minor</i> Dangeard, 1910     | 0.0  | 25.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  |
| <i>S. pixidium</i> Kent, 1880      | 50.0 | 0.0  | 0.0 | 16.7 | 33.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0  |
| <i>S. urceolata</i> Kent, 1880     | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 16.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0  |
| <i>Salpingoeca</i> sp.             | 0.0  | 0.0  | 0.0 | 16.7 | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  |

## RHIZARIA Cavalier-Smith, 2002

|                                                                                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>Allantion tachyploon</i> Sandon, 1924                                                          | 16.7 | 25.0 | 30.0 | 33.3 | 33.3 | 0.0  | 0.0  | 33.3 |
| <i>Cercomonas</i> aff. <i>agilis</i> (Moroff, 1904) Mylnikov and Karpov, 2004                     | 50.0 | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 16.7 | 50.0 | 33.3 | 16.7 |
| <i>C. angustus</i> (Skuja, 1948) Mylnikov and Karpov, 2004                                        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>C. bodo</i> (Meyer, 1897) Mylnikov and Karpov, 2004                                            | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>C. crassicauda</i> (Dujardin, 1841) Mylnikov and Karpov, 2004                                  | 16.7 | 0.0  | 31.4 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 16.7 |
| <i>C. granulifera</i> (Hollande, 1942) Mylnikov and Karpov, 2004                                  | 33.3 | 0.0  | 30.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>C. longicauda</i> Dujardin, 1841                                                               | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 33.3 | 0.0  | 33.3 |
| <i>C. aff. ovatus</i> (Klebs, 1892) comb. nov. non <i>C. ovata</i> Tong, Vørs and Patterson, 1997 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 16.7 |
| <i>C. radiatus</i> (Klebs, 1892) Mylnikov and Karpov, 2004                                        | 0.0  | 50.0 | 45.7 | 0.0  | 16.7 | 33.3 | 50.0 | 33.3 |
| <i>Cercomonas</i> sp.                                                                             | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 16.7 | 16.7 | 0.0  |
| <i>Hedriocystis pellucida</i> Hertwig and Lesser, 1874                                            | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>Helkesimastix faecicola</i> Woodcock et Lapage, 1914                                           | 0.0  | 25.0 | 28.6 | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 33.3 | 50.0 |
| <i>Heteromita minima</i> (Hollande, 1942) Mylnikov and Karpov, 2004                               | 66.7 | 0.0  | 14.3 | 66.7 | 50.0 | 16.7 | 16.7 | 66.7 |
| <i>H. reniformis</i> (Zhukov, 1978) Mylnikov and Karpov, 2004                                     | 50.0 | 0.0  | 45.7 | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 33.3 | 33.3 |
| <i>Protaspis simplex</i> Vørs, 1992                                                               | 66.7 | 0.0  | 15.7 | 33.3 | 33.3 | 16.7 | 0.0  | 33.3 |
| <i>Thaumatomonas lauterborni</i> De Saedeleer, 1931                                               | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 33.3 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |

## CHROMALVEOLATA Adl et al., 2005

|                                                          |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>Bicosoeca exilis</i> Penard, 1921                     | 50.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>B. petiolata</i> (Stein, 1878) Bourrelly, 1951        | 50.0 | 25.0 | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>Ciliophrys infusionum</i> Cienkowski, 1876            | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 16.7 |
| <i>Cyathobodo stipitatus</i> Petersen et Hansen, 1961    | 33.3 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 16.7 | 16.7 |
| <i>Goniomonas truncata</i> (Fresenius, 1858) Stein, 1887 | 0.0  | 25.0 | 28.6 | 33.3 | 33.3 | 16.7 | 66.7 | 100  |
| <i>Paraphysomonas imperforata</i> Lucas, 1967            | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>P. vestita</i> (Stokes, 1885) De Saedeleer, 1929      | 66.7 | 27.5 | 74.3 | 33.3 | 83.3 | 66.7 | 33.3 | 50.0 |
| <i>Pteridomonas pulex</i> Penard, 1890                   | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 16.7 | 0.0  | 0.0  |
| <i>Spumella</i> sp.                                      | 100  | 52.5 | 93.0 | 83.3 | 83.3 | 66.7 | 50.0 | 66.7 |

## EXCAVATA Cavalier-Smith, 2002, emend. Simpson, 2003

|                                                    |      |     |     |      |      |      |      |      |
|----------------------------------------------------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|
| <i>Notosolenus similis</i> Skuja, 1939             | 16.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>Notosolenus</i> sp.                             | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 16.7 | 0.0  |
| <i>Petalomonas intortus</i> Lee et Patterson, 2000 | 16.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 16.7 |
| <i>P. marginalis</i> Larsen et Patterson, 1990     | 16.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>P. minuta</i> Hollande, 1942                    | 50.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 16.7 | 33.3 |
| <i>P. pusilla</i> Skuja, 1948                      | 16.7 | 0.0 | 0.0 | 16.7 | 0.0  | 16.7 | 16.7 | 33.3 |

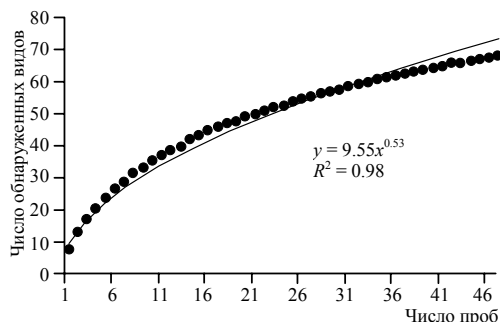
# ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОТРОФНЫХ ЖГУТИКОНОСЦЕВ

## Окончание таблицы

| 1                                                                                                                   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>Ploeotia adhaerens</i> Larsen and Patterson, 1990                                                                | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>Pl. corrugata</i> Larsen and Patterson, 1990                                                                     | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>Pl. oblonga</i> Larsen and Patterson, 1990                                                                       | 0.0  | 0.0  | 14.3 | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 0.0  |
| <i>Pl. tenuis</i> Larsen and Patterson, 1990                                                                        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 0.0  |
| <i>Pseudoperanema fusiforme</i> = <i>Jenningsia fusiforme</i> (Larsen, 1987) Lee, Blackmore et Patterson, 1999      | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 33.3 | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>Ps. trichophorum</i> (Ehrenberg, 1831) Larsen, 1987 = <i>Peranema trichophorum</i> (Ehrenberg, 1831) Stein, 1878 | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>Bodo crassus</i> Skuja, 1956                                                                                     | 33.3 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>B. curvifilis</i> Griessmann, 1913                                                                               | 33.3 | 0.0  | 28.6 | 0.0  | 33.3 | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>B. designis</i> Skuja, 1948                                                                                      | 66.7 | 27.5 | 28.6 | 33.3 | 50.0 | 0.0  | 66.7 | 66.7 |
| <i>B. minimus</i> Klebs, 1893                                                                                       | 16.7 | 25.0 | 14.3 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>B. saltans</i> Ehrenberg, 1832                                                                                   | 16.7 | 52.5 | 0.0  | 33.3 | 66.7 | 50.0 | 100  | 66.7 |
| <i>Dimastigella mimosa</i> Frolov, Mylnikov et Malyshva, 1997                                                       | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>Parabodo nitrophilus</i> Skuja, 1948                                                                             | 0.0  | 0.0  | 15.7 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>Rhynchomonas nasuta</i> (Stokes, 1888) Klebs, 1892                                                               | 16.7 | 0.0  | 28.6 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>Reclinomonas americana</i> Flavin and Nerad, 1993                                                                | 33.3 | 0.0  | 0.0  | 33.3 | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <b>Incertae sedis EUKARYOTA</b>                                                                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Ancyromonas contorta</i> (Klebs, 1893) Lemmermann, 1910                                                          | 0.0  | 0.0  | 14.3 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>A. sigmoides</i> Kent, 1880                                                                                      | 16.7 | 25.0 | 28.6 | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 0.0  |
| <i>Apusomonas proboscidea</i> Alexeieff, 1924                                                                       | 0.0  | 25.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>Kathablepharis ovalis</i> Skuja, 1948                                                                            | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 16.7 | 0.0  |
| <i>Metromonas simplex</i> (Griessmann, 1913) Larsen et Patterson, 1990                                              | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <i>Phyllomitius apiculatus</i> Skuja, 1948                                                                          | 0.0  | 27.5 | 15.7 | 0.0  | 16.7 | 16.7 | 0.0  | 0.0  |
| Всего видов                                                                                                         | 36   | 17   | 22   | 30   | 24   | 22   | 21   | 23   |

**Видовое богатство.** На рис. 1 показана зависимость числа обнаруженных видов от количества взятых проб. Степенной параметр уравнения отражает степень насыщенности сообщества видами. Его относительно высокое значение (0.53) говорит о том, что в рассматриваемых биотопах в дальнейшем следует ожидать увеличения списка видов гетеротрофных жгутиконосцев.

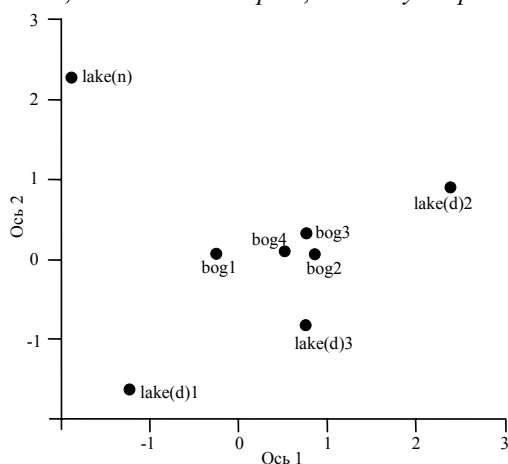
Среднее количество видов в одной пробе составляет 7.9, в одной экосистеме – 24.4, всего в регионе обнаружено 63 вида. Это означает, что во всех рассмотренных масштабах сообщества гетеротрофных жгутиконосцев являются бета-доминантными. Иными словами, общее видовое богатство в масштабе отдельной экосистемы обусловлено различиями в видовом составе локальных сооб-



**Рис. 1.** Зависимость числа обнаруженных видов от количества взятых проб

ществ из разных микробиотопов (доля бета-компоненты составляет 67.8%). Точно так же общее видовое богатство в масштабе региона обусловлено различиями в видовом составе сообществ из разных экосистем (доля бета-компоненты – 64.2%).

**Различия локальных сообществ.** На рис. 2 представлены результаты ординации локальных сообществ по видовому составу. Наиболее специфические сообщества формируются в озерах. В сфагновых болотах видовой состав варьирует значительно меньше. В зарастающем моховой сплавиной озере (оз. Светлое «lake(n)») было обнаружено восемь специфических видов (*Salpingoeca balatonis*, *Salpingoeca* sp., *Ploeotia adhaerens*, *Pl. corrugata*, *Cercomonas angustus*, *Thaumatomonas lauterborni*, *Metromonas simplex*, *Hedriocystis pellucida*), т.е. третья часть видового богат-



**Рис. 2.** Результаты ординации локальных сообществ методом анализа соответствия; собственные значения осей: ось 1 – 0.32, ось 2 – 0.26. Условные обозначения биотопов см. в тексте

но 11 видов, не отмеченных в озерах; в выработанных торфяниках – 15 видов, не найденных в других типах экосистем; в заболачиваемом озере – 8 видов были обнаружены только здесь. Эти 34 вида (50% от общего числа обнаруженных видов) и определяют специфику сообществ гетеротрофных жгутиконосцев, формирующихся в разных типах водных экосистем. Вместе с тем встречаемость каждого из этих видов в соответствующем типе экосистем крайне низка (не превышает 17%). Следовательно, различия в видовом составе сообществ обусловлены исключительно редкими видами. Те же формы, которые часто встречались в пределах того или иного типа экосистем, были обычными и в других сообществах.

Анализ результатов собственных исследований и литературных данных показывает, что наиболее характерными видами для заболоченных экосистем в целом являются *Allantion tachyploon*, *Bodo designis*, *B. saltans*, *Cercomonas crassicauda*, *C. longicauda*, *C. radiatus*, *Goniomonas truncata*, *Heteromita minima*, *Paraphysomonas vestita*, *Protaspis simplex*, *Spumella* sp. (Золотарев, Жуков, 1994; Мельников, Косолапова, 2004; Тихоненков, Мазей, 2005 а; Тихоненков и др., 2006). Однако все эти

ства флагеллят в этой экосистеме были обнаружены только здесь. Весьма специфичен видовой состав и в наиболее антропогенно измененном озере Моховом / Мертвом («lake(d)1»), испытывавшем в прошлом влияние уничтожения химического оружия (Стойко и др., 2006). Только в этом месте были найдены *Bodo crassus*, *Bicosoeca exilis*, *Notosolenus similis*, *Petalomonas marginalis*, *Cercomonas bodo*, *Vanella* sp., *Pompholyxophrys* sp. В другом полностью выработанном торфянике (оз. Гусиное «lake(d)2») было найдено только два специфичных вида: *Salpingoeca massarti* и *S. minor*.

В целом в слабо нарушенных сфагновых болотах было обнаруже-

## ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОТРОФНЫХ ЖГУТИКОНОСЦЕВ

виды отмечаются и в других типах незакисленных водоемов и водотоков – как правило, в составе бентосных сообществ (Жуков, 1993; Мазей и др., 2005). При этом многие из перечисленных видов не достигают там столь высокой встречаемости, за исключением *Bodo*, *Spumella*, *Paraphysomonas*, которые, по-видимому, являются убиквидами. Кроме того, в заболоченных биотопах выявляют представителей очень небольших таксонов: спонгомонад, псевдодендромонад, фаланстерид и мультифлагеллят, которые крайне редко отмечаются в протозоологических исследованиях и, возможно, характеризуют такие водоемы (Мыльников, Косолапова, 2004).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, сообщества исследованных биотопов представлены 63 видами и формами гетеротрофных жгутиконосцев с доминированием церкомонад, эвгленид, хоанофлагеллят, кинетопластид. Наиболее часто отмечались *Spumella* sp., *Paraphysomonas vestita*, *Bodo saltans*, *Spongomonas uvella*, *Bodo designis*, *Goniomonas truncata*, *Heteromita minima*. Во всех рассмотренных масштабах сообщества гетеротрофных жгутиконосцев являются бета-доминантными. Различия видового состава сообществ гетеротрофных флагеллят, формирующиеся в разных типах заболоченных экосистем, обусловлены редкими видами. Виды с высокой встречаемостью одинаково часто отмечаются во всех типах заболоченных экосистем.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты №05-04-48180 и 07-04-00185) и гранта Президента Российской Федерации (проект МК-7388.2006.4).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Доктуровский В.С. О торфяниках Пензенской губернии (из материалов по изучению заповедных участков) // Тр. по изучению заповедников. 1925. Вып. 3. С. 1 – 15.
- Жуков Б.Ф. Атлас пресноводных гетеротрофных жгутиконосцев (биология, экология и систематика) / Ин-т биологии внутр. вод РАН. Рыбинск, 1993. 160 с.
- Золотарев В.А., Жуков Б.Ф. Индикаторные сообщества микроперифитона разнотипных закисленных озер // Структура и функционирование экосистем кислых озер. СПб.: Наука, 1994. С. 144 – 149.
- Иванов А.И., Чистякова А.А. Моховые болота Пензенской области // Охрана биологического разнообразия и развитие охотничьего хозяйства России: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. / Пенз. гос. с.-х. акад. Пенза, 2005. С. 33 – 36.
- Иванов А.И., Мазей Ю.А., Стойко Т.Г., Серебрякова Н.Н. Экосистемы моховых болот Пензенской области: современное состояние // Проблемы охраны и экологического мониторинга природных ландшафтов и биоразнообразия: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. / Пенз. гос. с.-х. акад. Пенза, 2006. С. 37 – 39.
- Мазей Ю.А., Тихоненков Д.В., Мыльников А.П. Видовая структура сообщества и обилие гетеротрофных жгутиконосцев малых пресных водоемов // Зоол. журн. 2005. Т. 84, № 9. С. 1027 – 1041.
- Мыльников А.П., Косолапова Н.Г. Фауна гетеротрофных жгутиконосцев небольшого заболоченного озера // Биология внутренних вод. 2004. № 4. С. 18 – 28.
- Спрыгин И.И. Материалы к познанию Среднего Поволжья. М.: Наука, 1986. 512 с.

Стойко Т.Г., Мазей Ю.А. Зоопланктон надпойменных водоемов в бассейнах рек Суры и Мокши // Биоресурсы и биоразнообразие экосистем Поволжья: прошлое, настоящее, будущее: Материалы Междунар. совещ. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2005. С. 232 – 234.

Стойко Т.Г., Мазей Ю.А., Цыганов А.Н., Тихоненков Д.В. Структура сообщества зоогидробионтов в озере, испытавшем влияние уничтожения химического оружия // Изв. РАН. Сер. Биол. 2006. № 2. С. 225 – 231.

Тихоненков Д.В., Мазей Ю.А. Гетеротрофные жгутиконосцы сфагновых болот окрестностей деревни Черная река (Карелия, Лоухский район) // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов европейского севера: Материалы IV (XXVII) Междунар. конф. Вологда: Изд-во Вологод. гос. пед. ун-та, 2005 а. Ч. 2. С. 187 – 190.

Тихоненков Д.В., Мазей Ю.А. Первые данные о фауне гетеротрофных жгутиконосцев водоемов бассейна р. Суры // Изв. Пенз. гос. пед. ун-та им. В.Г. Белинского. 2005 б. №1(3), ч. 1. С. 37 – 39.

Тихоненков Д.В., Мазей Ю.А., Белякова О.И. Биоразнообразие гетеротрофных жгутиконосцев эпигейных и эпифитных мхов // Биология внутр. вод. 2006. № 2. С. 15 – 24.

Цыганов А.Н., Мазей Ю.А. Видовой состав и структура сообщества раковинных амёб заболоченного озера в Среднем Поволжье // Успехи совр. биологии. 2007. №3. С. 305 – 315.

Чистякова А.А., Куликовский М.С. Растительность сфагновых болот Пензенской области и ее антропогенная динамика // Проблемы охраны природных ландшафтов и биоразнообразия России и сопредельных стран: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Пенз. гос. с.-х. акад. Пенза, 2004. С. 131 – 134.

Arndt H., Dietrich D., Auer B., Cleven E.-J., Grafenhan T., Wietere M., Mylnikov A. Functional diversity of heterotrophic flagellates in aquatic ecosystems // The flagellates: Unity, diversity and evolution / Eds. B.S.C. Leadbeater, J.C. Green. London; New York: Taylor and Francis, 2000. P. 240 – 268.

Gilbert D., Amblard C., Bourdier G., Francez A.-J. The microbial loop at the surface of a peatland: structure, function, and impact of nutrient input // Microbial. Ecol. 1998. Vol. 38. P. 83 – 93.

Moestrup Ø., Thomsen H.A. Preparations of shadow cast whole mounts // Handbook of Phycological Methods. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1980. P. 385 – 390.

Patterson D.J., Simpson A.G.B. Heterotrophic flagellates from coastal marine and hypersaline sediments in Western Australia // Eur. J. Protistol. 1996. Vol. 32. P. 423 – 448.

Schroeckh S., Lee W.J., Patterson D.J. Free-living heterotrophic euglenids from freshwater sites in mainland Australia // Hydrobiologia. 2003. Vol. 439. P. 131 – 166.

Tong S.M., Vørs N., Patterson D.J. Heterotrophic flagellates, centrohelid heliozoa and filose amoebae from marine and freshwater sites in the Antarctic // Polar biol. 1997. Vol. 18. P. 91 – 106.

Vørs N. Heterotrophic amoebae, flagellates and Heliozoa from the Tvarminne Area, Gulf of Finland, in 1988 – 1990 // Ophelia. 1992. Vol. 36, № 1. P. 1 – 109.