

УДК 574.583+593.17

## ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНFUЗОРИЙ ПЛАНКТОНА В НЕБОЛЬШОМ МЕРОМИКТИЧЕСКОМ ВОДОЕМЕ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

© 2007 С.В. Быкова, В.В. Жариков

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Приводятся первые данные по вертикальному распределению инфузорий планктона летом в небольшом эвтрофном меромиктическом пруду (пруд Нижний Самарского Ботанического сада). Анализируются изменения видовой, таксономической и трофической структур сообщества инфузорий по глубине. Рассматриваются особенности формирования максимумов численности инфузорий относительно пиков численности других гидробионтов (коловраток, цианобактерий, фототрофных бактерий и т.д.).

Многие работы по изучению вертикального распределения инфузорий в стратифицированных водоемах посвящены исследованию таксономической и видовой структуры сообществ инфузорий границы аэробной и анаэробной зон, анаэробного гипolimниона [4, 8, 9, 15-17, 19, 21, 22]. Это касается, в основном, полимиктических озер, где стратификация водной толщи чередуется с периодами полного перемешивания. Очень редко в литературе встречаются данные по характеру распределения инфузорий в меромиктических водоемах. В данной работе представлены первые данные по вертикальному распределению инфузорий в меромиктическом пруду Нижнем Ботанического сада СамГУ.

Цель работы – исследование закономерностей формирования видовой, трофической структуры сообщества инфузорий в толще воды меромиктического пруда в период летней термической стратификации<sup>1</sup>. Кроме того, предполагается выяснить, влияет ли на структуру сообщества инфузорий планктона наличие неперемешиваемого в течение всего года слоя.

<sup>1</sup> Здесь и далее в работе под термином «стратификация» подразумевается исключительно термическая стратификация, которая является эпизодической и охватывает в основном миксолимнион и хемоклин, в отличие от постоянной химической стратификации, свойственной меромиктическому водоему и делящей столб воды на миксо- и монимолимнион.

### Материалы и методы исследования

Исследования проводили ежемесячно с мая по август 2004 г. в составе комплексной экспедиции Института экологии Волжского бассейна РАН. Пробы отбирали батометром через 0,5-1 м от поверхности до глубины 4,5 м синхронно с отбором проб на химический состав и гидробиологические показатели. Точка отбора проб располагалась в месте максимальной для данного водоема глубины (в 20 м от нижней плотины).

Подсчет численности микрозоопланктона (инфузорий и коловраток) производили после концентрирования 300 мл воды пробы без применения вакуума и после фиксирования насыщенным раствором сулемы, на глицериновых препаратах. Видовое определение инфузорий проводили в живом виде, а также фиксированных сулемой и на препаратах, импрегнированных серебром [12]. Ядра выявляли окраской по Фельгену на тотальных препаратах. Для идентификации видов использовали определитель Каля [18] с учетом новых данных современных публикаций разных авторов. Коловраток определяли до рода по работам [3, 5]. При определении биомассы инфузорий индивидуальные веса рассчитывали методом подобия инфузорий геометрическим фигурам, плотность принимали равной единице.

Первичные данные по гидрохимическим и гидрофизическим показателям, используемые в данной работе, любезно предоставлены М.Ю. Горбуновым и М.В. Уманской.

## Результаты

Подробное описание морфометрии, термического, газового режимов, химического состава и особенностей стратификации водной толщи в исследуемом водоеме было опубликовано ранее [2]. Напомним, что максимальная глубина водоема – 5,6-5,8 м, прозрачность воды по диску Секки за период исследований колебалась около 1,5 м. Температурная стратификация устанавливается к третьей декаде мая. В исследованный период температура поверхностного слоя колебалась, в основном, в пределах 19-22°C, а придонного – 9-11°C; лишь в июле она поднималась до 25,5°C и 13,8°C, соответственно. Зона температурного скачка захватывала значительную часть водного столба и увеличивалась от 2 м в мае до 2,5-3 м в июле-августе. Зона оксиклина была уже термоклина, но всегда располагалась в его пределах: в начале стратификации она находилась в середине слоя температурного скачка, в июле-августе – ближе к верхней границе термоклина. Отсутствие кислорода в первые два месяца зафиксировано начиная с 2,5 м и до дна, в остальные – с 2 м. Наряду с градиентами кислорода и температуры, существует мощный градиент минерализации. Высокая минерализация, малая проточность, небольшая площадь и недостаточная глубина водоема обуславливают отсутствие полного перемешивания воды в данном меромиктическом водоеме. Даже в период осенней и весенней гомотермии остается слой (4-4,5 м и до дна) с повышенной плотностью, никогда (во всяком случае за 2003-2006 гг. [2]) не перемешиваемый с поверхностной водной массой. Эти особенности распределения абиотических факторов определяют и специфику пространственного распределения в толще воды гидробионтов, в том числе и представителей микрозоопланктона – инфузорий и коловраток.

Для удобства мы анализировали структуру сообщества инфузорий по вертикали по 4 условно выделенным слоям (зонам), характеризующимся более менее однородными внутри зоны условиями, оцениваемыми по 4 критериям (t°C, содержание O<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>S, перемешивание). Это деление в разные месяцы

затрагивает разные горизонты:

I. Поверхностный слой (0-1 м) характеризуется относительно постоянными температурой и содержанием кислорода; сероводород отсутствует; всегда перемешивается;

II. Слой над границей кислородной и бескислородной зон (переходная зона): характеризуется ярко выраженными градиентами температуры, кислорода (оксиклин); появляются следы сероводорода; перемешиваемый во время весенней и осенней гомотермии и не перемешиваемый во время летней термической стратификации. В разные месяцы захватывает разные горизонты (от 1 до 2-2,5 м), поскольку граница кислородной и бескислородной зон поднимается с 2,5 м в мае-июне до 2 м в июле-августе.

III. Анаэробный слой (от 2-2,5 до 4-4,5 м): характеризуется полным отсутствием кислорода, наличием сероводорода; возможен градиент температуры; не перемешивается во время летней термической стратификации;

IV. Неперемешиваемый слой (4-4,5 м); также, как и III, характеризуется полным отсутствием кислорода, высоким содержанием сероводорода, но, в отличие от предыдущей зоны, вода в придонном слое не перемешивается в течение всего года.

**Таксономическая структура.** Всего в пелагической части озера было обнаружено 62 вида инфузорий, относящихся по системе Small & Lynn [20] к 10 классам, 10 подклассам, 25 отрядам, 41 семейству, 49 родам.

От поверхностных к придонным слоям меняется таксономическая структура сообщества планктонных инфузорий (рис. 1). На поверхности (аэробная зона I) преобладают представители кл. Spirotrichea, в зоне II – кл. Prostomatea, Oligohymenophorea, в зоне III увеличивается вклад Oligohymenophorea и Heterotrichea, а в придонных слоях (зона IV), помимо перечисленных классов, существенен вклад в численность инфузорий кл. Plagiopylea и отр. Armophorida.

Доминирующими по численности в разных зонах могут быть представители разных подклассов. Так, в поверхностных слоях из кл. Spirotrichea доминируют представители п/кл. Oligotrichia и п/кл.: Choreotrichia Strombidium

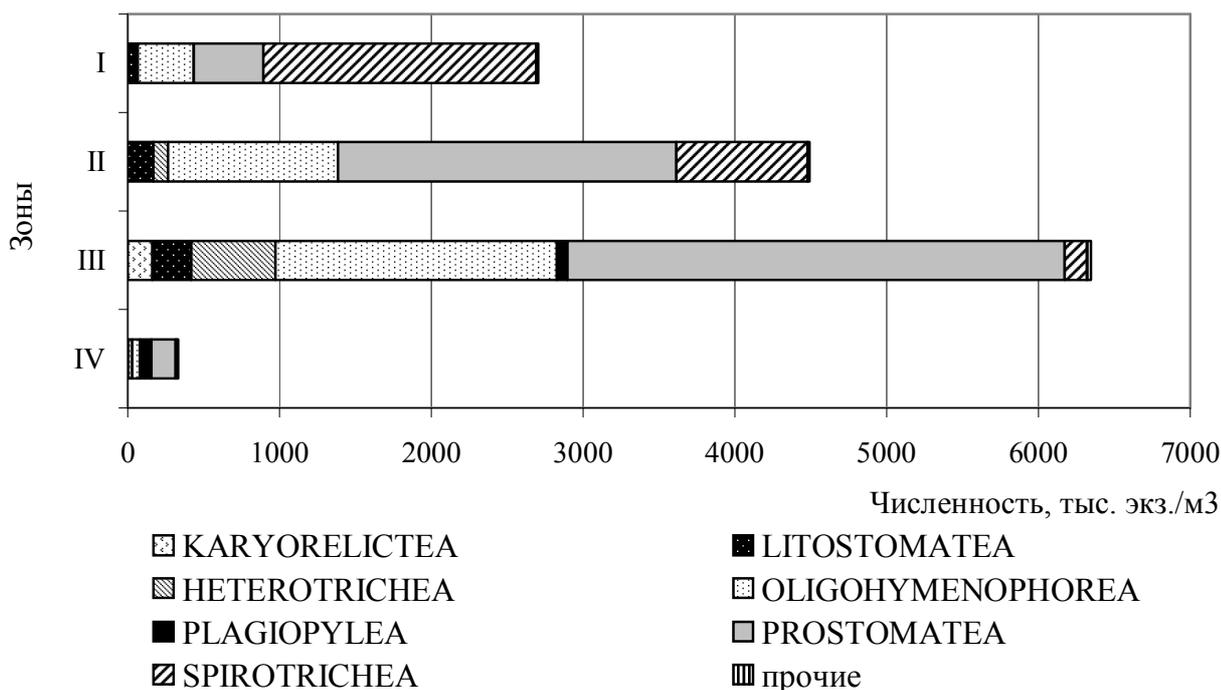


Рис. 1. Соотношение основных таксономических групп (классов) инфузорий в толще воды пруда Нижнего летом 2004 г.

*sulcatum* Clap. et L., 1859, *S. conicoides* Leegard, 1915, *Halteria grandinella* (O.F. Müller, 1773, *S. caudatum* (Fromentel, 1876), а в анаэробных зонах III и IV – представители п/кл. Hypotrichia, *Euplotes diadaleos* Diller & Kounarius, 1966. Из кл. Oligohymenophorea у поверхности (зона I) доминировала *Vorticella natans* (F.Fremiet, 1924) (п/кл. Peritrichia), *Cyclidium sp.* (п/класс Scuticociliatia), а в неперемишиваемых летом II–IV зонах – *Histiobalantium natans* Clap. & Lachm., 1858 (п/класс Scuticociliatia), *Lembadion bullinum* Perty, 1852, *Paramecium aurelia* (Ehrb., 1838) complex (п/кл. Peniculia). Из кл. Prostomatea в аэробной зоне (I) доминировал *Coleps hirtus viridis* Ehrenberg, 1831, который далее уступал место *Prorodon viridis* Kahl, 1927 и *Prorodon sp.* Из Heterotrichea в зоне оксиклина и термоклина преобладает *Stentor roeseli* Ehrb., 1835, а ближе к придонным слоям – *Spirostomum teres* Cl. et L., 1859

Таким образом, в столбе воды от поверхностных к придонным слоям происходит постепенное изменение соотношения вклада в общую численность классов, внутри которых происходит смена доминирующих таксонов.

Сезонные изменения таксономической

структуры касаются лишь сообщества, начиная со II зоны и ниже: к июлю и августу в них уменьшается вклад Prostomatea, увеличивается вклад Oligohymenophorea и Heterotrichea, Plagiopylea, Karyolicta. Это нашло отражение и на усредненных по вертикали количественных показателях развития сообщества инфузорий (рис. 2). В поверхностных же слоях на протяжении всего исследованного периода преобладают представители кл. Spirotrichea.

**Количественное развитие.** С возникновением температурной стратификации (май) инфузории распределены по всей толще, образуя синхронные максимумы численности и биомассы в кислородной и анаэробной зонах (рис. 3). С установлением явной температурной стратификации в июне и июле максимумы формируются в верхней части анаэробной зоны, под оксиклином. По мере увеличения периода расслоения водной толщи по температуре численность инфузорий уменьшается, а биомасса возрастает, что свидетельствует о видовой перестройке внутри сообщества. Максимумы общей численности коловраток (6795-19 232 тыс. экз./м³) всегда лежат на границе кислородной и бескислородной зон (рис. 3).

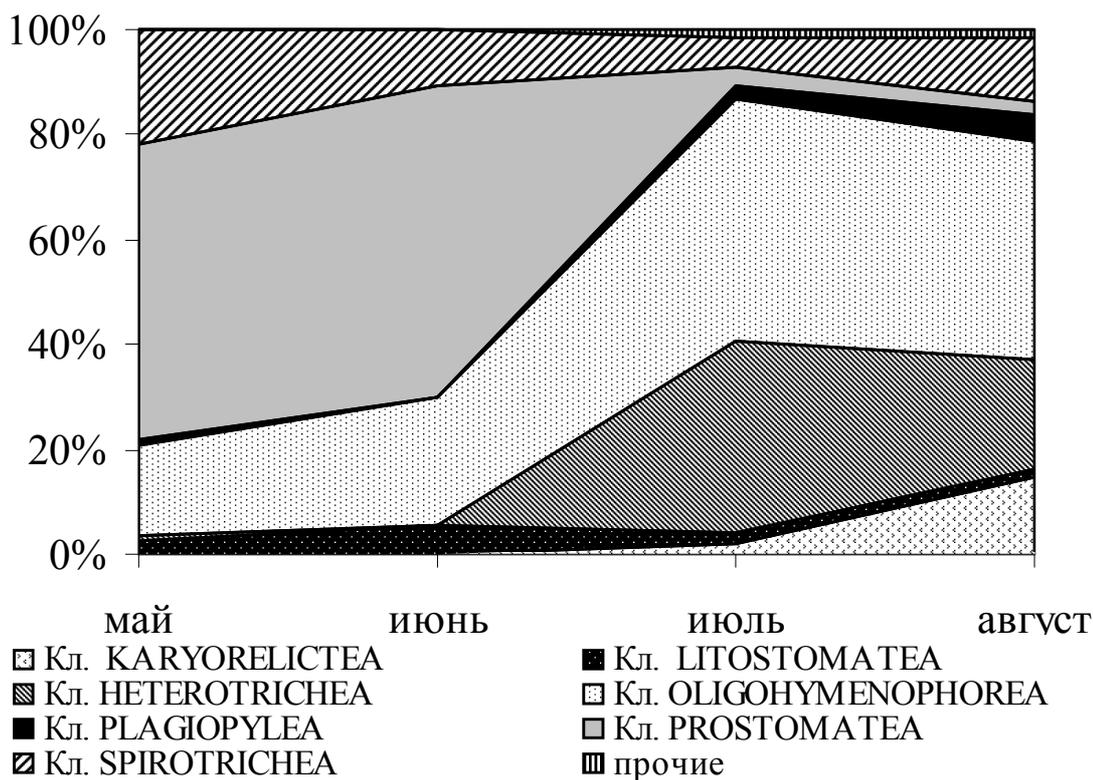


Рис. 2. Изменение соотношения основных таксономических групп (по численности) за период с мая по август 2004 г.

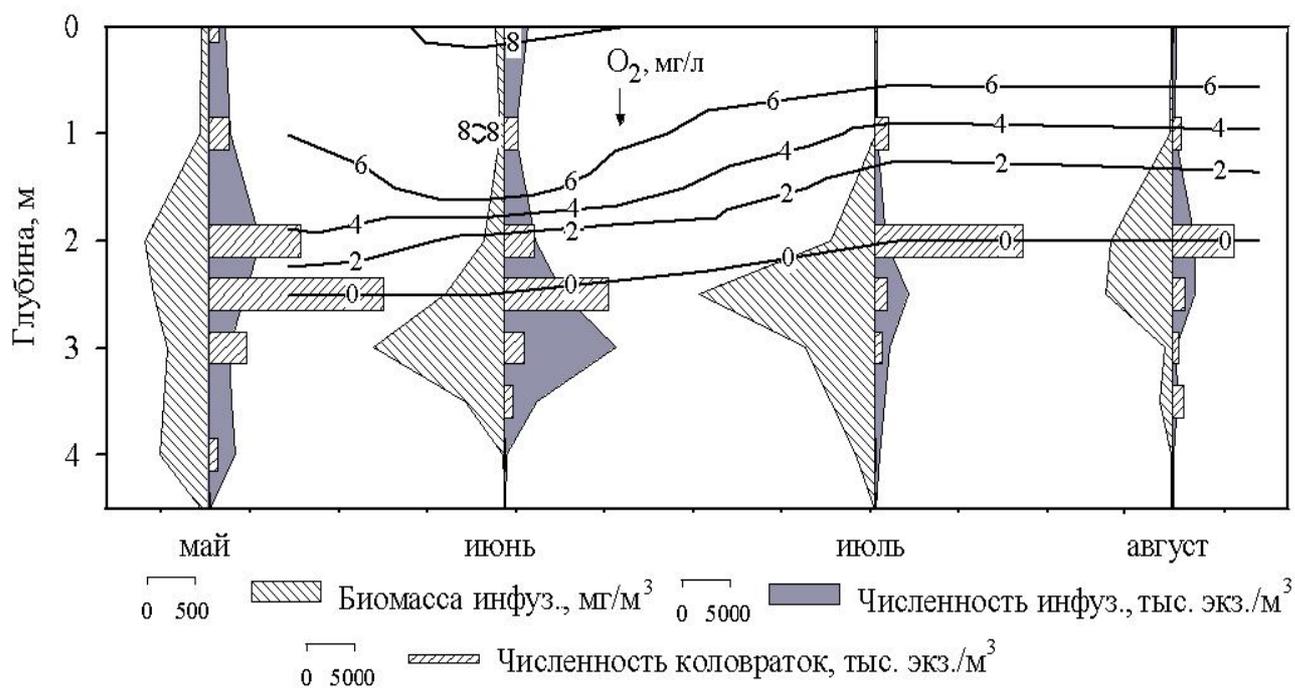


Рис. 3. Изменение количественных показателей (N и B) микрозоопланктона (инфузорий и коловраток) по вертикали в пруду Нижнем (май-август 2004 г.)

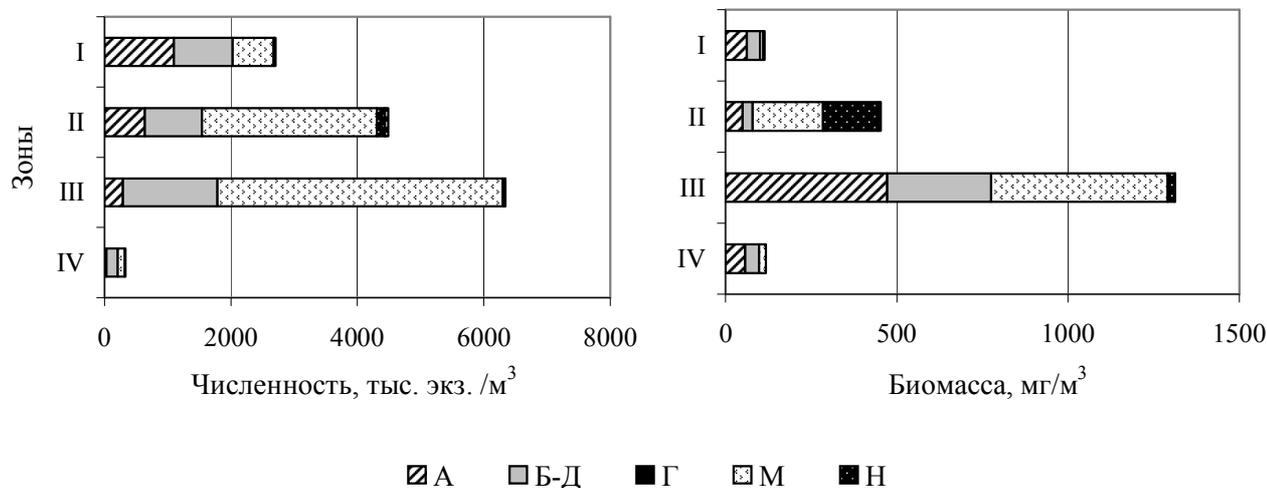
Максимальные показатели количественного развития инфузорий зарегистрированы: по численности – в июне на глубине 3 м (23 040,6 тыс. экз./м<sup>3</sup>), по биомассе – в июле на глубине 2,5 м (3710,9 мг/м<sup>3</sup>). Количество видов было максимальным (23-33) в течение всех четырех месяцев на глубине 2 м, что совпадало с серединой (в мае-июне) и нижней частью (в июле-августе) хемоклина. В июне-августе на глубинах (2,5-3 м), где сообщество достигает максимальной численности и уровня доминирования, число видов уменьшается до 16-26. На глубине 3-3,5 м наблюдается небольшое увеличение количества видов, обусловленное, возможно, видовой перестройкой. Минимален видовой состав (4-7) в придонном сообществе.

**Трофическая структура.** Преобладающими трофическими группами на всех глубинах в водоеме являются миксотрофы, бактерио-детритофаги, альгофаги.

На поверхности (I зона), за редким исключением, преобладают альгофаги (рис. 4). С

глубиной заметно уменьшается их численность, но увеличивается биомасса, поскольку доминирующие в поверхностных слоях мелкие инфузории (родов *Strombidium*, *Strobilidium*) в зоне под окисклином сменяются крупным альгофагом (*Frontonia leucas*). За период наблюдений *F. leucas* была без симбионтов, лишь в августе появлялись немногочисленные особи, содержащие зоохлореллы. Бактериофаги представлены в I зоне *Vorticella natans* и *Halteria grandinella*.

Более разнообразна трофическая структура переходной II зоны. Помимо перечисленных групп, здесь значителен вклад в численность, и особенно, в биомассу, неселективных всеядов (за счет крупных *Stentor roeseli*). Видимо, это не случайно, поскольку именно в этой зоне у инфузорий наблюдается смена питания с водорослей на бактерии. При этом *S. roeseli*, обладающий более широкими пищевыми предпочтениями, получает здесь преимущество.



**Рис. 4.** Соотношение средней (за исследованный период) численности и биомассы трофических групп инфузорий: А - альгофаги, Б-Д - бактерио-детритофаги, Г - гистофаги, М - миксотрофы, Н - неселективные всеяды, Х - хищники

С увеличением глубины возрастают численность и вклад в общую численность миксотрофов, бактериофагов. Во II и III зонах по численности миксотрофы преобладают над бактериофагами, а в придонной (IV) – наоборот. Здесь сказывается прежде всего влияние грунтов: встречаются бентосные виды, в частности сапропельные формы (рр. *Metopus*,

*Caenomorpha*, *Plagiopyla*).

Характерной особенностью малых эвтрофных водоемов является массовое развитие в них миксотрофных инфузорий. На наш взгляд, миксотрофов следует считать специфической экологической группой, хотя мы рассматриваем их в виде отдельной группы в составе трофической структуры. В определенных ус-

ловиях миксотрофия может рассматриваться и как специфический способ питания, и как механизм адаптации к неблагоприятным условиям (к отсутствию кислорода, например), который, в свою очередь, определяет доступ к пищевым ресурсам. Поэтому очень часто данную группу составляют виды, являющиеся бактерио-детритофагами, альгофагами, хищниками.

На поверхности часто встречаются именно такие виды. Так, с симбионтами обнаружены инфузории родов *Halteria*, *Askenasia*, *Enchelys*, *Monodinium*, *Didinium*. В зоне оксиклина, помимо широко распространенного миксотрофа *Prorodon viridis* Kahl, 1927, доминирует *Coleps hirtus viridis*. Интересно, что в первые 2 месяца (рис. 4) во всей толще под оксиклином преобладали миксотрофы, представленные *Prorodon viridis*, *Histiobalantium natans*, в меньшей степени – *Euplotes diadaleos*. В мае инфузории образуют 2 пика численности (рис. 3): один расположен на 2 м и обусловлен доминированием *Prorodon viridis* (31%) и *Coleps hirtus* (23%), второй расположен на 4 м и характеризуется явным преобладанием *P. viridis* (72%). *Coleps hirtus* предпочитает микроаэробные условия, но не выдерживает полностью анаэробные с высоким содержанием сероводорода. Поэтому сформировавшийся максимум в июне состоит уже в основном из *P. viridis* (70%) и другого миксотрофа – *Histiobalantium natans* (18%).

В июле-августе в анаэробной зоне миксотрофы постепенно вытеснялись так называемыми «бентосными мигрантами»: *Paramecium sp.*, *Loxodes magnus* Stokes, 1887, *L. rostrum* (O.F. Müller, 1773), *Plagiopyla nasuta* Stein, 1860, *Spirostomum teres*, *Metopus es* (O.F. Müller, 1776). Именно поэтому в августе эти бактериодетритофаги преобладали над миксотрофами в третьей и четвертой зонах.

**Вертикальное распределение отдельных видов.** В таблице представлены частота встречаемости и вклад в общую численность отдельных видов инфузорий на разных горизонтах в толще воды. Наблюдается интересная особенность: в поверхностных слоях зарегистрировано 2 вида (*Strombidium sulcatum* и *Halteria grandinella*) со 100% встречаемос-

тью и максимальным вкладом в общую численность, в зоне оксиклина и под ним – по 1 виду (*Coleps hirtus viridis* и *Prorodon viridis*), в придонных слоях нет вида с максимальной долей по численности, который присутствовал бы всегда на данном горизонте. Несмотря на то, что последний слой не перемешивается в течение всего года, видимо, возможна миграция видов из грунтов, с одной стороны, и вышележащих слоев – с другой.

В ходе исследований было выявлено следующее вертикальное распределение инфузорий (рис. 5). На поверхности образуют максимумы виды: *Halteria grandinella* и *H. sp.* с зоохлореллами, *Strombidium caudatum*. В подповерхностных слоях и зоне оксиклина – *Strombidium sulcatum*, *S. conicoides*, *Vorticella natans*. Миксотроф *Coleps hirtus viridis* достигает максимума исключительно в зоне оксиклина (рис. 5), другой миксотроф *Didinium chlorelligerum* – на границе аэробной и анаэробной зон. Под ней располагаются максимумы миксотрофов *Prorodon viridis*, *Euplotes diadaleos*, *Histiobalantium natans* и видов, характерных для придонных слоев и бентоса – *Spirostomum teres*, *Frontonia leucas*, *Paramecium sp.*

Как уже отмечалось, с увеличением продолжительности температурной стратификации меняется и распределение видов в толще воды. Так, в июне в анаэробных слоях (зоны III и IV) преобладают миксотрофы *Prorodon viridis*, *Histiobalantium natans* (рис. 5А), а в июле – «бентосные мигранты» *Spirostomum teres*, *Plagiopyla nasuta* (рис. 5Б).

## Обсуждение

Полученные нами данные во многом являются подтверждением уже известных закономерностей вертикального распределения инфузорий в эвтрофных озерах с анаэробным гипolimнионом. Некоторые исследователи привязывают распределение инфузорий к изменению концентраций кислорода [8, 15], другие – только к изменению температуры [21, 22]. На наш взгляд, более правомерно рассматривать распределение инфузорий относительно оксиклина. В нашем случае в пруду Нижнем при относительно небольших глу-

**Таблица.** Частота встречаемости и вклад (по N) отдельных видов инфузорий

Виды	Зоны							
	I		II		III		IV	
	частота	%	частота	%	частота	%	частота	%
<i>Askenasia volvox</i>	67	1,1	75	0,1	-	-	-	-
<i>Askenasia sp.</i>	-	-	-	-	8	0,004	-	-
<i>Coleps hirtus</i>	17	0,04	-	-	8	0,004	-	-
<b><i>Coleps hirtus viridis</i></b>	50	16,4	<b>100</b>	<b>21,6</b>	54	0,5	-	-
<i>Linostoma vorticella</i>	-	-	25	0,3	15	0,02	-	-
<i>Didinium chlorelligerum</i>	17	0,1	50	0,1	46	0,3	17	0,3
<i>Didinium nasutum</i>	17	0,2	25	0,04	15	0,01	-	-
<i>Euplotes diadaleos</i>	-	-	75	1,1	100	1,9	83	3,0
<i>Frontonia leucas</i>	-	-	25	0,1	100	4,4	33	10,2
<i>Frontonia sp.</i>	-	-	-	-	8	0,02	17	1,0
<b><i>Halteria grandinella</i></b>	<b>100</b>	<b>19,0</b>	100	0,7	46	0,1	-	-
<i>Halteria sp.</i>	50	7,2	50	3,8	31	0,1	-	-
<i>Histiobalantium natans</i>	17	0,02	50	5,7	92	17,6	50	3,3
<i>Lembadion bullinum</i>	33	0,1	50	1,3	100	1,4	17	0,3
<i>Loxodea magnum</i>	-	-	-	-	38	0,1	-	-
<i>Loxodes rostrum</i>	-	-	-	-	46	2,4	17	0,7
<i>Paramecium aurelia complex</i>	17	0,02	50	0,3	69	4,4	17	0,3
<i>P. bursaria</i>	-	-	25	0,04	8	0,02	-	-
<i>Plagiopyla nasuta</i>	17	0,02	-	-	69	1,1	67	23,1
<i>Prorodon sp.</i>	17	0,02	25	0,02	62	3,8	17	18,8
<b><i>P. viridis</i></b>	-	-	50	27,1	<b>100</b>	<b>46,9</b>	83	25,8
<i>Spirostomum teres</i>	33	0,2	25	0,02	62	8,6	50	7,6
<i>Stentor roeseli</i>	-	-	25	1,8	23	0,1	-	-
<i>Strombidium caudatum</i>	33	0,9	75	1,9	15	0,1	-	-
<i>S. conicoides</i>	67	6,7	75	2,1	8	0,00	-	-
<b><i>S. sulcatum</i></b>	<b>100</b>	<b>28,1</b>	100	7,8	31	0,1	-	-
<i>Vorticella natans</i>	67	11,4	50	4,3	31	0,4	-	-

**Примечание.** Жирным шрифтом выделены виды со 100% встречаемостью и наибольшими значениями вклада вида в общую численность инфузорий; «-» – отсутствие вида.

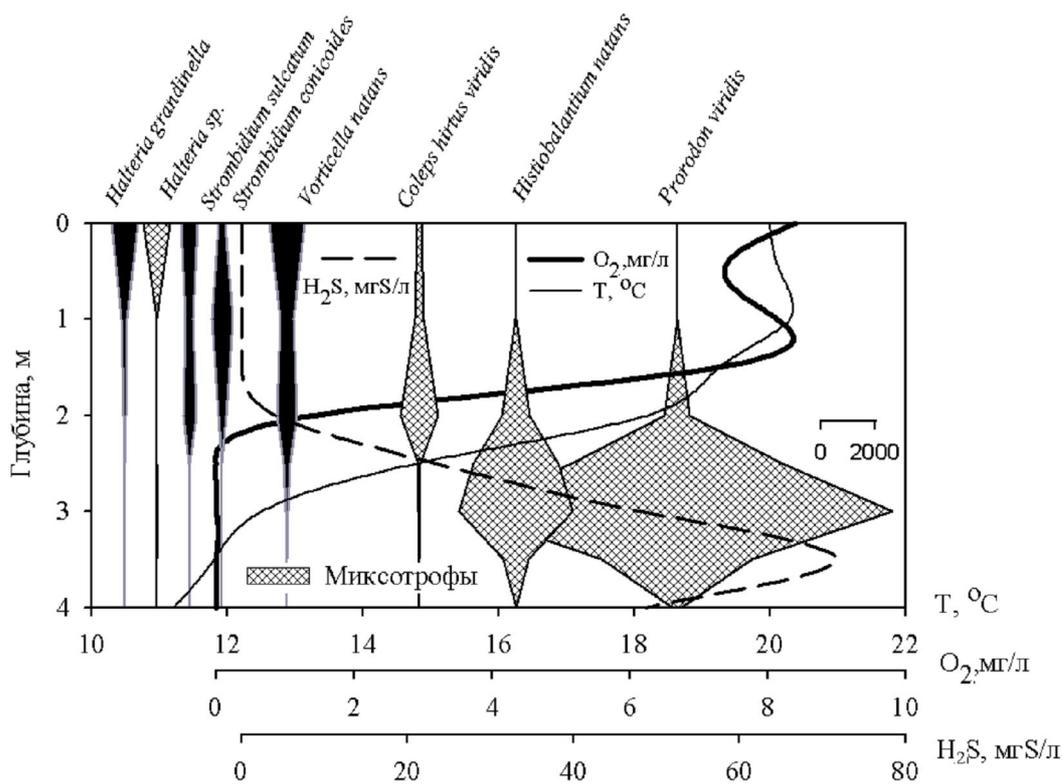
бинах узкий оксиклин лежит внутри достаточно широкого термоклина, захватывающего большую часть водного столба. Максимум распределения инфузорий всегда приходится на металимнион, в котором он связан с градиентом кислорода, определяющим в первую очередь распределение пищевых объектов для инфузорий. Наличие неперемешивающегося слоя, вероятно, тоже накладывает отпечаток на распределение инфузорий. Поэтому для характеристики сообщества инфузорий планктона меромиктического водоема было выделено по глубине 4 основные зоны.

Нами показано, что в зоне оксиклина (II зона) сообщество инфузорий характеризуется более богатым видовым составом. Обусловлено это разнообразием пищевых объек-

тов для инфузорий в этом узком слое и разнообразием экологических ниш, связанных с градиентом абиотических факторов.

Максимум развития (численности и биомассы) инфузории достигают не только в микроаэробной зоне или на границе аэробной и анаэробной зон, как указывалось во многих работах [8, 11, 13, 19], но и под оксиклином (III зона). В зоне оксиклина формируется общий максимум биомассы всех фототрофных организмов (фитопланктона и аноксигенных бактерий), который образуется из пересекающихся достаточно узких зон высокой численности тех или иных видов [1]. Аналогичная картина происходит и с микрозоопланктоном: инфузории и коловратки образуют близко расположенные максимумы

А



Б

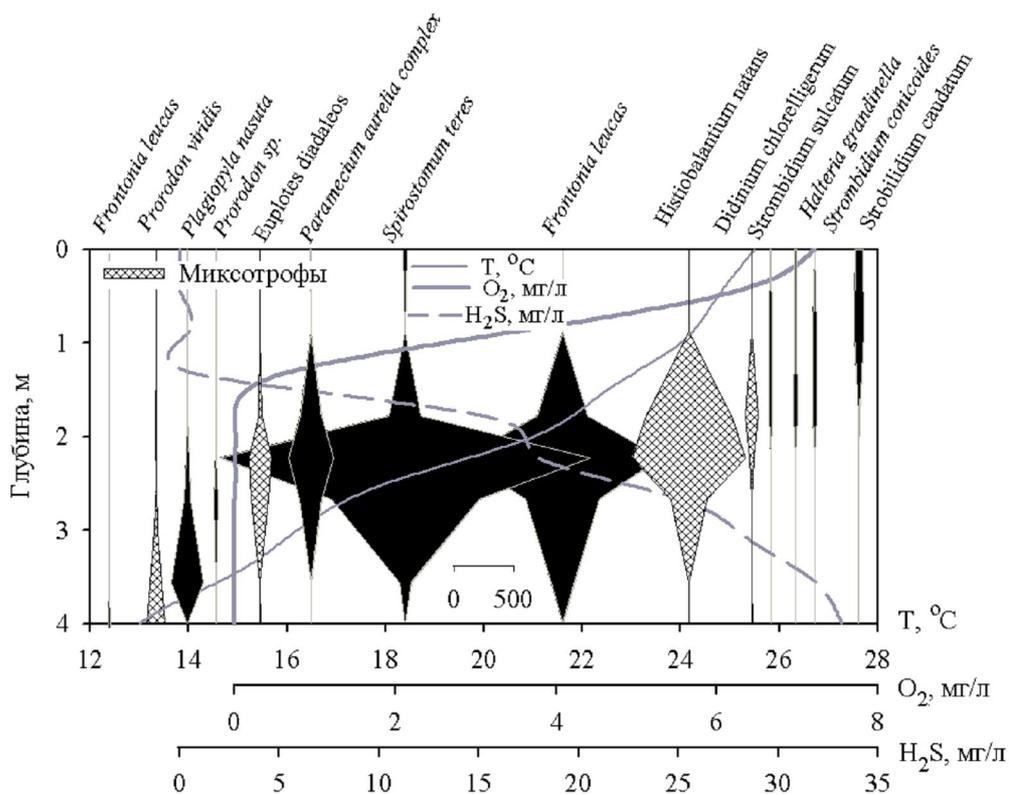


Рис. 5. Вертикальное распределение численности видов-доминантов инфузорий в Нижнем пруду и абиотических факторов среды 11.06.2004 (А) и 14.07.2004 (Б)

численности. Их близость к оксиклину обусловлена богатством пищевых ресурсов, где доминируют миксотрофные жгутиконосцы (криптофитовые, золотистые, эвгленовые), цианобактерии и фототрофные (пурпурные серные) бактерии. «Почти все коловратки требовательны к содержанию растворенного в воде кислорода» [3], и отсутствие механизма защиты от действия бескислородных условий не позволяет коловраткам опускаться в анаэробные слои. Напротив, инфузории, в основном миксотрофные, получают преимущество перед коловратками, используя кислород зоохлорелл, и осваивают анаэробные условия. Кроме того, инфузории находятся с коловратками в отношениях пищевой конкуренции, с одной стороны, и хищничества – с другой. Видимо, обилие пищевых ресурсов в оксиклине, мощное развитие коловраток (рис. 3), вытесняющих инфузорию в более низкие слои, и защитный механизм последних от бескислородных условий в виде симбиоза с водорослями – все вместе способствует образованию максимумов численности и биомассы миксотрофных инфузорий в анаэробной зоне (III), но близко к границе богатой кислородом и анаэробной водных масс.

Интересны взаимоотношения инфузорий с другими группами организмов в этой зоне. Так, в июне 2004 г. на 2,5 м располагались максимумы цианобактерий; на 3 м – пурпурных серных бактерий; на 3,5 м и 4 м – зеленых серных бактерий [1]. Таким образом, максимум численности инфузорий находился между пиками развития цианобактерий и зеленых серных бактерий и совпадал с максимумом численности пурпурных серных бактерий. Фототрофные бактерии потребляются многими инфузориями, развивающимися в анаэробной зоне. Пурпурными серными бактериями питаются *Prorodon viridis*, *Histiobalantium natans*, *Spiristomum teres* и др., [10, 16], зелеными серными бактериями – *Loxodes magnus* [6].

Пока остаются неясными причины резкого изменения видового состава и соответственно таксономической и трофической структур сообщества инфузорий в анаэробной

зоне (III) от начала к моменту установления устойчивой термической стратификации. При осенней гомотермии хемоклин может опускаться до 3,5–4 м [1]. Вероятно, с установлением термической стратификации в слое от 2 м до этих глубин формируется сообщество, состоящее в основном из миксотрофов. При более длительной термической стратификации оно замещается сообществом «бентосных мигрантов» (*Metopus es*, *Spirostomum teres*, *Caenomorpha sp.*, *Plagiopyla nasuta*), не только способных выживать в бескислородных условиях, но и имеющих механизм защиты от токсичного действия сероводорода. Так, некоторые из перечисленных инфузорий содержат в цитоплазме «метанобразующие бактерии, которые могут превращать поступающие из среды и, вероятно, токсичные для клетки ионы водорода в метан» [7]. Другой бентосный мигрант р. *Loxodes* способен к нитратному дыханию [14]. Возможно, эти изменения как-то связаны и с развитием только к августу в заметных количествах цианобактерии (*Planktothrix sp.*) [1].

Сообщество инфузорий в неперемешиваемой IV зоне тоже не остается неизменным даже за короткий период исследования. Если в начале термической стратификации в придонном слое встречались виды, характерные для III зоны (*Prorodon viridis*, *Paramecium aurelia complex*, *Urotricha sp.*, *Lembadion bullinum*), то в июле-августе – в основном, сапропельные виды (*Brachonella spiralis*, *Plagiopyla nasuta*, *Spirostomum teres*). Численность *Prorodon viridis* в придонном слое уменьшилась от мая к августу от 2124 до 6,6 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Такое непостоянство состава (о чем свидетельствует и отсутствие видов со 100% встречаемостью) указывает на постоянную связь неперемешиваемого придонного слоя с грунтами и вышележащими слоями и на возможные миграции из них инфузорий. Таким образом, в короткий период летней стратификации влияние неперемешиваемого слоя на структуру сообщества инфузорий пока не выявлено.

## Заключение

В целом проведенные в пруду Нижнем

первые исследования инфузорий уже на данном этапе изучения показали, что в столбе воды от поверхностных слоев к придонным постепенно меняется соотношение вклада представителей разных классов, трофических и экологических групп в количественные характеристики сообщества планктонных инфузорий. Установлено, что летом видовое разнообразие сообщества инфузорий выше в зоне оксиклина. Максимумы численности инфузорий формируются в зоне под оксиклином (между максимумами коловраток и фототрофных бактерий), дополняя общую

картину чередования максимумов гидробионтов. Состав доминирующих видов, формирующих максимумы численности и биомассы инфузорий, неодинаков за исследованный период: миксотрофные инфузории уступают место бентосным мигрантам. Сообщество инфузорий в неперемешиваемой зоне меромиктического водоема не остается неизменным даже за короткий период исследования. Причины этих и многих других явлений еще предстоит выяснить в процессе дальнейших исследований, охватывающих весь период развития инфузорий, включая подледный.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунов М.Ю., Уманская М.В. К вертикальному распределению прокариотического фототрофного планктона в Нижнем пруду Самарского Ботанического сада // Самарская Лука: Бюл. 2007. № 19.
2. Горбунов М.Ю., Уманская М.В., Краснова Е.С. Характеристика абиотических условий в экосистеме Нижнего пруда ботанического сада Самарского университета // Самарская Лука: Бюл. 2007. № 19.
3. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Л.: Наука, 1970.
4. Лаврентьев П.Я., Маслевцов В.В. Протозойный планктон разнотипных озер // Изменение структуры экосистем озер в условиях возрастающей биогенной нагрузки. Л.: Наука, 1988.
5. Стойко Т.Г., Мазей Ю.А. Планктонные коловратки пензенских водоемов. Пенза: Изд-во ПГПУ, 2006.
6. Уморин П.П., Лантева Н.А. Изучение взаимоотношений фототрофных бактерий и инфузорий в экспериментальных условиях // Биол. внутр. вод. 2006. № 4.
7. Хаусман К. Протозоология. М.: Мир, 1988.
8. Bark A.W. Studies on ciliated protozoa in eutrophic lakes: 1. Seasonal distribution in relation to thermal stratification and hypolimnetic anoxia // Hydrobiol. 1985. V. 124.
9. Bark A.W., Goodfellow J.G. Studies on ciliated protozoa in eutrophic lakes: 2. Field and laboratory studies on the effects of oxygen and other chemical gradients on ciliate distribution // Hydrobiol. 1985. V. 124.
10. Bark A.W., Watts J.M. A comparison of the growth characteristics and spatial distribution of the hypolimnetic ciliates in a small lake and an artificial lake ecosystem // J. Gen. Microbiol. 1984. V. 130.
11. Berninger U.G., Finlay B.J., Canter H.M. The Spatial Distribution and Ecology of Zoochlorellae-Bearing Ciliates in a Productive Pond // J. Protozool. 1986. V. 33, № 4.
12. Chatton E., Lwoff A. Techniques pour l'étude des Protozoaires, spécialement de leurs structures superficielles (cinetome et argyrome) // Bull. Soc. France Microsc. 1936. V. 5.
13. Esteban G.F., Finlay B.J. Morphology and Ecology of the Cosmopolitan Ciliate Prorodon viridis // Archiv für Protistenkunde. 1996. Bd. 147.
14. Finlay B.J. Nitrate respiration by protozoa (*Loxodes* spp.) in the hypolimnetic nitrate maximum of productive freshwater pond // Freshwater Biol. 1985. V. 15.
15. Finlay B.J. Protist taxonomy: an ecological perspective // Phil. Trans. R. Soc. Lond. 2004.
16. Gomes Eli A.T., Godinho Mirna J.L. Structure of the protozooplankton community in a tropical shallow and eutrophic lake in Brasil // Acta Oecologica. 2003. V. 24.
17. Guhl B.E., Finlay B.J., Schink B. Seasonal development of hypolimnetic ciliate communities in a eutrophic pond // FEMS Microbiol. Ecology. 1994. V. 14, I. 4.
18. Kahl A. Urtiere oder Protozoa. 1. Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria) // Die Tierwelt Deutschlands. Teil. 18, 21, 25, 30. Jena, 1930-1935.
19. Kalytyté D., Žvikas A., Paškauskas R. Spatial and temporal changes of microplankton structure in North Lithuanian karst lakes // Botanica Lithuanica.

2002. V. 8 (4).
20. Small, Lynn Phylum Ciliophora Doflein, 1901 // Lee J.J., Leedale G.F., Bradbury Ph. (eds.), An Illustrated guide to the protozoa second edition. Society of Protozoologists, Lawrence, Kansas: Allen Press, 2000.
21. Zingel P. Vertical and seasonal dynamics of planktonic ciliates in a strongly stratified hypertrophic lake // Hydrobiol. 2005. V. 547.
22. Zingel P., Ott I. Vertical distribution of planktonic ciliates in a strongly stratified temperate lakes // Hydrobiol. 2000. V. 435.

## THE VERTICAL DISTRIBUTION OF PLANKTONIC CILIATES IN THE SMALL MEROMICTIC POND IN SUMMER

© 2007 S.V. Bykova, V. V. Zharikov

Institute of The Ecology of the Volga river Basin of Russian Academy of Science, Togliatti

The research data of the vertical distribution of planktonic ciliates in the small meromictic eutrophic pond Nizniy (Samara Botanic Garden) in the summer 2004 year were represented here. The specific, taxonomic, and trophic structures' changes in relation to depth and time were discussed. The peculiarities of the abundance's and biomass' maximum of ciliates in relation to the maximum of the other hydrobionts (rotatoria, cyanobacteria, green and purple sulfur bacteria) were considered.