

ИНFUЗОРИИ НЕКОТОРЫХ КАРСТОВЫХ ОЗЕР СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

© 2009 С.В. Быкова, В.В. Жариков

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Поступила 03.05.2009

Приведены первые данные о фауне и структуре сообществ инфузорий в некоторых карстовых водоемах на территории Среднего Поволжья (в р-не рек Илеть и Казанка). Установлено, что снижается видовое разнообразие и количественное развитие инфузорий, изменяются экологическая, трофическая структура сообществ в ряду: «пресные водоемы – солоноватоводные (стратифицированные) – солоноватоводные (нестратифицированные) с интенсивным водообменом».

Ключевые слова: карстовые водоемы, инфузории, видовое разнообразие

Проблема изучения и сохранения экосистем континентальных водоемов тесно связана с исследованием их биоразнообразия и структурно-функциональной организации. В связи с этим значительный интерес в районе Среднего Поволжья представляют экосистемы карстовых пресных и солоноватоводных озер азонального типа на территории республик Марий Эл и Татарстана (в пределах Вятского тектонического поднятия). Комплексные гидрохимические, гидрологические и гидробиологические исследования 2001 г. показали их уникальность [7]. При этом впервые для 3 озер (Большое Голубое, Югидем и Соленое) было показано наличие 28 видов свободноживущих инфузорий [5]. Вместе с тем вывод о том, что карстовые водоемы не очень пригодны для развития инфузорий, не совсем корректен. Дело в том, что даже в пределах единого поднятия карстовые озера очень разнообразны по форме, возрасту, глубинам, водному балансу, температурному и гидрохимическому режимам, и, соответственно, разнообразию развивающихся в них гидробионтов. На это указывают и данные наших исследований инфузорий в карстовых водоемах Жигулевского и Соко-Шешминского антиклинальных поднятий, которые выявили значительный разброс видового разнообразия, вариаций количественного развития и структуры сообществ инфузорий, а также неоднородность их развития в пелагической, прибрежной и зарослевой частях [1, 3].

Цель данной работы – получение новых данных о составе, видовом разнообразии и структуре сообществ инфузорий карстовых водоемов в районе Среднего Поволжья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Свободноживущих инфузорий исследовали в июле 2006-2007 гг. в составе комплексной экспедиции Института экологии Волжского бассейна РАН. Отбор проб и обработку материала осуществляли стандартными протозоологическими и гид-

робиологическими методами. Протозоологические пробы отбирали синхронно с пробами для определения химического состава воды и других гидробиологических показателей. В глубоких стратифицированных озерах Кичиер, Шунгалдан и Голубая Старица пробы отбирали в точках с максимальной глубиной. В оз. Большое Голубое – в области пучин (т.е. местах выхода подземных минеральных вод) глубиной 3 м и 14,5 м и в неглубокой протоке. Объем воды отбираемых проб варьировал (в зависимости от прозрачности воды) от 300 мл до 2 л. Численность инфузорий определяли на материале, фиксированном насыщенным раствором сулемы, на специально изготовленных глицериновых препаратах. Ядерный аппарат выявляли на тотальных препаратах окраской по Фельгену. Идентификацию видов инфузорий производили на живом материале, фиксированном сулемой и на препаратах импрегнированных серебром, используя как определитель Каля [8], так и современные публикации разных авторов, но результат обобщали в таксономической системе Смолла и Линна [9]. Используемые в данной работе первичные данные по гидрохимическим и гидрофизическим показателям, были любезно предоставлены М.Ю. Горбуновым и М.В. Уманской.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЯ

Все исследованные водоемы располагаются в зоне влияния Куйбышевского водохранилища: озера Кичиер (Большой и Черный Кичиер), Голубая Старица, Шунгалдан, Зеленый Ключ – на территории республики Марий Эл, в национальном парке «Марий Чодра», в среднем течении р. Илеть; оз. Большое Голубое на – территории республики Татарстан, на р. Казанке (рис. 1). Они имеют карстовое, старично-карстовое происхождение и образованы на напорных, восходящих минеральных источниках в районе разгрузки солоноватых вод Вятского Увала [4, 6, 7]. По химическому составу вода исследованных водоемов в основном относится к сульфатно-кальциевому типу. Морфометрические и физико-химические характеристики исследованных водоемов представлены в табл. 1.

По электропроводности и общей минерализации (табл. 1) все исследованные водоемы подразделя-

Быкова Светлана Викторовна, научный сотрудник лаборатории простейших и микроорганизмов. *Жариков Владимир Васильевич*, доктор биологических наук, заведующий той же лабораторией. E-mail: ievbras2005@mail.ru.

ются, согласно ГОСТу СТ СЭВ 5184-85 [2] на: а) солоноватоводные (водоток Зеленый Ключ, озера Большое Голубое, Голубая Старица, Шунгалдан; б) пресные – оз. Кичиер (водоем образован слиянием вод из двух карстовых воронок – Большого и Черного Кичиера), и вероятно, с повышенной минера-

лизацией у дна, на что косвенно указывает электропроводность (табл. 1). Однако данная классификация не учитывает вклада ионов Cl^- в общую минерализацию воды, непосредственно влияющих на наличие и развитие гидробионтов в воде.

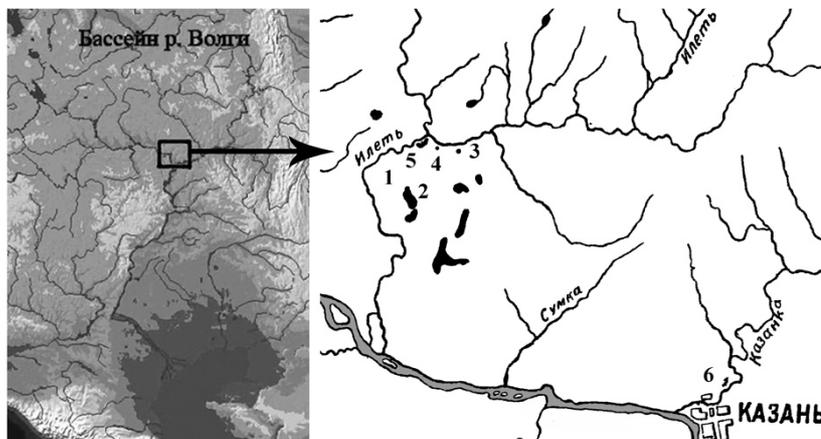


Рис. 1. Схема района исследования

Обозначения: 1 – оз. Черный Кичиер, 2 – оз. Большой Кичиер, 3 – оз. Шунгалдан, 4 – водоток Зеленый Ключ, 5 – оз. Голубая Старица, 6 – оз. Большое Голубое

Таблица 1. Морфометрические и физико-химические характеристики водоемов (составлена по: [4, 6, 7] и данным, предоставленным М.Ю. Горбуновым и М.В. Уманской)

Администра- тив. район	Водоемы	Горизонт	Глубина (макс./ср.), м	Объем, тыс. м ³	Длина / ши- рина, м	Прозрач- ность, м	Электропро- водность, мкСм/см	Минерали- зация общ., мг/л	Cl ⁻ , мг/л	Температу- ра, °С	pH	Кислород, мг/л	H ₂ S, мг/л
РМЭ	Большой Кичиер	пов.	16,0 / 8,0	-	3000 / 450	0,6	115	-	-	27	-	11,5	0
		дно					189	-	-	10	-	0	3,7
	Черный Кичиер	пов.	9,0 / -	-	-	0,6	113	-	-	27	9,3	1,7	0
		дно					865	-	-	10	6,8	0	123,2
	Шунгалдан	пов.	13,5 / 6,0	120,0	180 / 140	2,6	939	739	3,0	24,2	7,5	7,8	0,06
		дно					2760	2413	10,1	6,8	0	308,7	
Голубая Старица	пов.	8,0 / 1,4	67,2	1200 / 40-70	3,0	2207	2079	14,0	21,4	7,2	14,6	1,2	
	дно					2150	2236	8,6	-	6,7	19,2		
Зеленый Ключ	пов.	3,8 / 1,0	3,0	200 / 10-30	до дна	1090	1393	18,0	8,0	7,5	5,6	1,6- 3,3-	3,3- 3,9
	дно					2620	2849	7,3	8,5	2,2	3,2*		
РТ	Большое Голубое	пов.	15,7 / 1,2	59,8	800 / 20-100	до дна	2620	2849	13,0	7,3	8,5	2,2	3,2*
		дно					2645	2743	7,1	7,1	2,2	-	

Примечание: РТ – республика Татарстан, РМЭ – республика Марий Эл; прочерк – нет данных; * - по данным литературы, в период наших исследований H₂S отсутствовал.

Водоемы первой группы очень неоднородны по прозрачности и цвету воды, степени проточности, температурному и газовому режимам, уровню трофности и т.д. Все они находятся на разных стадиях лимногенеза [7]: от стадии зарождения «голубых» озер (Зеленый Ключ) до стадий зрелости (оз. Большое Голубое), старения (оз. Голубая Старица) и угасания (оз. Шунгалдан). Для голубых озер на стадии молодости и зрелости характерны холодно-

водность, высокая скорость водообмена, высокая прозрачность и голубой цвет воды, отсутствие градиента в толще воды по общей минерализации, олиготрофность. Но уже для оз. Голубая Старица характерно снижение скорости водообмена и прозрачности, появление дефицита кислорода, увеличение содержания сероводорода и уровня трофности (до мезо-эвтрофности). Оз. Шунгалдан как вероятное будущее «голубых» озер (а именно, стадии

их угасания) представляет собой эвтрофный или даже гипертрофный слабосточный водоем, с более низкой прозрачностью, умеренным и теплым термическим режимом, с отложениями сапропеля и высоким содержанием сероводорода в гипolimнионе. По общей минерализации оно стратифицировано в течение всего года (меромиктия), и для него характерно незначительное распреснение поверхностных слоев с сохранением минерализации и заменой у дна сульфатно-кальциевого типа воды на гидрокарбонатный. По термическому и газовому режимам (высокое содержание сероводорода в анаэробном гипolimнионе), уровню трофности и пр. данный водоем близок к карстовым воронкам-озерам Большой Кичиер и Черный Кичиер. Обогащение воды сероводородом в последних происходит преимущественно за счет деятельности сульфатредуцирующих бактерий. В «голубых» озерах с высокой гидродинамикой и, соответственно, с насыщением кислородом, напротив, обогащение сероводородом связано с непосредственным его поступлением из подземных источников. Вероятно, наряду с гидрологическими и гидрофизическими особенностями водоемов это отражается и на различном развитии в них биоты.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В водной толще карстовых водоемов нами было зарегистрировано более 100 видов инфузорий,

но некоторых не удалось пока идентифицировать даже до рода. Предварительно же идентифицированные 100 видов относятся к 10 классам, 26 отрядам, 51 семейству и 65 родам (табл. 2). В целом, выявлено: в оз. Кичиер – 42 вида (в оз. Большой Кичиер – 34, в оз. Черный Кичиер – 30 видов), в оз. Шунгалдан – 45, оз. Голубая Старица – 31, оз. Большое Голубое (включая протоку) – 16, оз. Зеленый Ключ – лишь 8 видов.

Все карстовые водоемы имеют своеобразную фауну инфузорий. Наибольшее сходство состава инфузорий, которое тоже невелико (47%), характерно для карстовых воронок Черный Кичиер и Большой Кичиер (группа II, рис. 2), являющихся частями одного водоема. Их фауна инфузорий явно отличается от состава солоноватоводных водоемов (группы Ia, Ib), у которых сходство фауны инфузорий между собой еще меньше – от 0 до 22%. Общих видов не выявлено между оз. Большое Голубое (в районе пучины) и озерами Шунгалдан и Кичиер в целом. Резкое отличие состава инфузорий в «голубых» озерах (оз. Большого Голубого и Зеленый Ключ - Ib) от других водоемов (Ia) хорошо демонстрирует дендрограмма (рис. 2). Интересно, что водоемы внутри группы I распределились по качественному составу инфузорий, согласно стадиям лимногенеза озер.

Таблица 2. Видовой состав инфузорий исследованных водоемов

№	Видовой состав	Водоемы						Троф. группа	Эколог. группа
		Б. Кичиер	Ч. Кичиер	Шунгалдан	З. Ключ	Б. Голубое	Г. Старица		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Тип CILIOPHORA Doflein, 1901 П/тип POSTCILIODESMATOPHORA Geras. & Ser. 1976 Кл. KARYORELICTEA Corliss, 1974 <i>Loxodes striatus</i> (Engelmann, 1862) Кл. HETEROTRICHEA Stein, 1859			+				Б-Д	Б
2	<i>Spirostomum</i> sp.						+	Б-Д	Б
3	<i>Stentor coeruleus</i> (Pallas, 1766)			+			+	М	Б
4	<i>Stentor multiformis</i> (Muller, 1786) Ehrb., 1838			+				Н	Б
5	<i>Stentor</i> sp.						+	Н	Б
6	П/тип INTRAMACRONUCLEATA Lynn, 1996 Кл. SPIROTRICHEA Butschli, 1889 <i>Aspidisca</i> spp.						+	Б-Д	Пф
7	<i>Codonella cratera</i> (Leidy, 1887)						+	Б-Д	Пл
8	<i>Euplotes diadaleos</i> Diller & Kounarius, 1966						+	М	Пл
9	<i>Halteria grandinella</i> (O.F. Muller, 1773)	+	+	+			+	Б-Д	Пл

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	<i>Halteria</i> sp.	+						Б-Д	Пл
11	<i>Limnostrombidium viride</i> (Stein, 1867)	+						М	Пл
12	<i>Pelagohalteria viridis</i> (From. 1876) Fois., Skog. & Pr., 1988)			+			+	М	Пл
13	<i>Pelagostrombidium fallax</i> (Zach., 1895) Kr.			+				А	Пл

14	<i>Rimostrombidium humile</i> (Penard, 1922) Petz & Foiss., 1992		+	+			+	А	Пл
15	<i>Rimostrombidium lacustris</i> (Foiss., Skog.& Pr., 1988) Petz & Foiss., 1992)	+		+				А	Пл
16	<i>Stichotricha aculeata</i> Wrzesniowski., 1870	+	+					Б-Д	Б
17	<i>St. secunda</i> Perty, 1852	+						М	Б
18	<i>Strobilidium caudatum</i> (Fromental, 1876)					+	+	А	Пл
19	<i>Strobilidium</i> sp.1			+				А	Пл
20	<i>Strobilidium</i> sp.2	+		+				А	Пл
21	<i>Strombidinopsis setigera</i> Stokes, 1885	+						М	Б
22	<i>Strongylidium lanceolatum</i> Kowal., 1882			+				Б-Д	Б
23	<i>Tachysoma pellationellum</i> (O.F.Muller, 1773)							Н	Б
24	<i>Uroleptus</i> sp.	+	+					Н	Б
25	<i>Oxytricha fallax</i> Stein, 1859			+				Б-Д	Б
26	<i>Oxytricha</i> sp.			+				Б-Д	Б
Sedis mutabilis в п/типе Intramacronucleata									
27	<i>Caenomorpha medusula</i> Perty, 1852			+			+	Б-Д	Б
28	<i>Caenomorpha</i> sp.	+						Б-Д	Б
29	<i>Metopus</i> sp.1						+	Б-Д	Б
30	<i>Metopus</i> sp.2						+	Б-Д	Б
31	<i>Saprodinium</i> sp.			+				Б-Д	Б
Кл. LITOSTOMATEA Sm. & Lynn, 1981									
32	<i>Askenasia chlorelligera</i> Kr. & Foiss., 1990			+			+	М	Пл
33	<i>A. volvox</i> (Eichwald, 1852)	+		+			+	А	Пл
34	<i>Amphileptus</i> sp.					+		Х	Пф
35	<i>Belanophrya pelagica</i> Andre, 1914			+				Х	Пл
36	<i>Didinium nasutum</i> (O.F.Muller, 1773)						+	Х	Пл
37	<i>Lacrymaria</i> sp.			+				Х	Б
38	<i>Lagynophrya acuminata</i> Kahl, 1935	+	+	+				М	Пл
39	<i>Litonotus crystallinus</i> (Vuxanovici, 1960)	+						Х	Б
40	<i>Litonotus cygnus</i> (O.F.Muller, 1773)						+	Х	Пф
41	<i>L. varsaviensis f. polysaprobica</i> Sr.-H., 1954	+	+					Б-Д	Б
42	<i>Litonotus</i> sp.						+	Х	Б
43	<i>Mesodinium pulex</i> (Clap. et L., 1859)						+	Б-Д	Пл
44	<i>Monodinium balbianii</i> (F.-Dom., 1888)						+	Х	Пл
45	<i>Rabdoaskenasia minima</i> Kr. & Foiss., 1990						+	А	Пл
46	<i>Spathidium</i> sp.			+				Б-Д	Пл
Кл. PHYLLOPHARYNGEA de Puytorac et al., 1974									
47	<i>Chilodonella uncinata</i> (Ehrenberg, 1838)			+				Б-Д	Пф
48	<i>Trithigmostoma</i> sp.			+				А	Пф
Кл. NASSOPHOREA Small & Lynn, 1981									
49	<i>Furgasonia trichocystis</i> (Stokes, 1894)	+	+					А	Пл
50	<i>Nassula</i> sp.	+						А	Пл
Кл. COLPODEA Small & Lynn, 1981									
51	<i>Colpoda</i> sp.					+		Б-Д	Б
52	<i>Cyrtolophosis mucicola</i> Stokes, 1888			+				Б-Д	Пл
Кл. PROSTOMATEA Schewiakoff, 1896									
53	<i>Balanion planctonicum</i> Foissner et al., 1994*	+						Б-Д	Пл
54	<i>Coleps hirtus</i> (Muller, 1786) Nitzsch, 1827			+	+		+	Г	Пл
55	<i>C. hirtus viridis</i> Ehrenberg, 1831	+	+	+				М	Пл
56	<i>Coleps</i> sp						+	Г	Пл
57	<i>Holophrya</i> sp. 1			+				Б-Д	Пл
58	<i>Holophrya</i> sp. 2			+				Б-Д	Пл
59	<i>Holophrya ovum</i> (Ehrenberg, 1831)			+				Б-Д	
60	<i>Holophrya teres</i> Ehrenberg, 1833			+			+	Б-Д	Пл
61	<i>Pelagothrix plancticola</i> Foiss., Berg., Schaum., 1999			+				М	Пл
62	<i>Urotricha agilis</i> Stokes, 1886						+	Н	Пл
63	<i>U. farcta</i> Clap. & Lachmann, 1859	+						Н	Пл

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
64	<i>U. furcata</i> Schewiakoff, 1893						+	Н	Пл
65	<i>U. globosa</i> Schewiakoff, 1892	+						А	Пл
66	<i>Urotricha</i> spp. (17-20 мкм)			+			+	Н	Пл
67	<i>Urotricha</i> spp. (30 -40 мкм)	+						Н	Пл

Кл. PLAGIOPYLEA Small & Lynn, 1985								
68	<i>Plagiopyla nasuta</i> Stein, 1860							Б-Д Б
69	<i>Plagiopyla</i> sp. 1							Б-Д Б
70	<i>Plagiopyla</i> sp. 2						+	Б-Д Б
Кл. OLIGOHYMENOPHOREA de Puytorac et al., 1974								
71	<i>Astylozoon faurei</i> complex						+	Б-Д Пл
72	<i>Carchesium pectinatum</i> (Zach., 1897)							Б-Д Пл
73	<i>Cinetochilum margaritaceum</i> Perty, 1852	+	+				+	Б-Д Пл
74	<i>Clathrostoma ovum</i> F.-Fr., 1924						+	Б-Д Пл
75	<i>Colpidium</i> sp.						+	Б-Д Б
76	<i>Cristigera</i> sp.		+					Б-Д Пл
77	<i>Ctedoctema acanthocrypta</i> St., 1884		+	+			+	Б-Д Пл
78	<i>Cyclidium</i> spp.	+	+		+		+	Б-Д Пл
79	<i>Dexiotricha granulosa</i> (Stokes, 1885)	+	+	+				Б-Д Пл
80	<i>Epistylis procumbens</i> Zacharias, 1897	+	+	+				Б-Д Пл
81	<i>Epistylis</i> sp. 1			+				Б-Д Эп
82	<i>Epistylis</i> sp. 2			+				Б-Д Эп
83	<i>Epistylis</i> sp. 3						+	Б-Д Эп
84	<i>Frontonia acuminata</i> (Ehrb., 1833)						+	А Б
85	<i>F. atra</i> (Ehrb., 1833)			+			+	А Пл
86	<i>Histiobalantium natans</i> Cl.& Lach., 1858			+				Б-Д Пл
87	<i>Ophryoglena</i> sp.1				+			Х Б
88	<i>Ophryoglena</i> sp.2				+			Х Б
89	<i>Paramecium caudatum</i> Ehrb., 1833			+				Б-Д Б
90	<i>Pseudohaplocaulus infravacuolatus</i> Fois. & Brozek, 1996	+	+					Б-Д Эп
91	<i>Stokesia vernalis</i> Wenzich, 1929	+						М Пл
92	<i>Tetrachymena pyriformis</i> (Schew.1889) complex				+	+		Б-Д Пл
93	<i>Trichodina</i> sp.		+					Б-Д П
94	<i>Urocentrum turbo</i> (O.F.Muller, 1786)			+		+	+	Б-Д Б
95	<i>Vorticella convallaria</i> (Linnaeus, 1758)						+	Б-Д Пф
96	<i>V. natans</i> (F.Fremiet, 1924)		+	+				Б-Д Пл
97	<i>Vorticella</i> sp. 1 (на Anadaena)	+	+					Б-Д Эф
98	<i>Vorticella</i> sp. 2 (на Microcystis)	+	+					Б-Д Эф
99	<i>Vorticella</i> sp.3 (на Scenedesmus)			+				Б-Д Эф
100	<i>Vorticella</i> spp. (< 30 мкм)			+	+			Б-Д Пф
Не идентифицированные до рода		5	4	3	2	2	2	
Итого:		34	30	45	8	16	31	

Обозначения: экологические группы: Пл – планктонные инфузории, Пф – перифитонные, Б – бентосные, Эп – эпибионтные, Эф – эпифитные

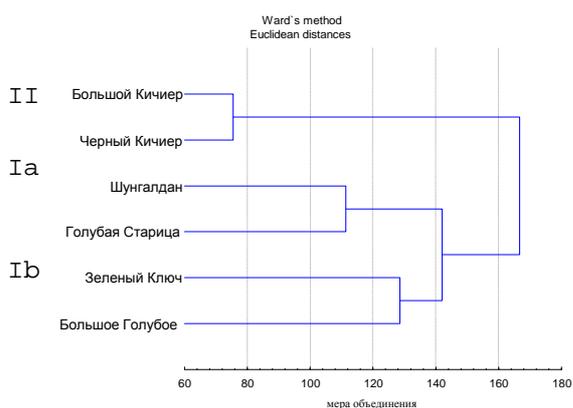


Рис. 2. Дендрограмма кластеризации водоемов по сходству фауны инфузорий

Состав доминирующего комплекса видов (>10% от общей численности) образован в разных водоемах различными видами; изменение характера их доминирования по водоемам представлено на рис. 3.

В пресном оз. Кичиер основу сообщества инфузорий составляют эпифитные виды, связанные с развитием синезеленых водорослей: *Pseudohaplocaulus infravacuolatus*, *Vorticella* sp. на *Anabaena* (максимальная численность – на глубине 1 м). В состав комплекса структурообразующих видов в эпи- и металимнионе входят бентосные виды *Stichotricha aculeata* и *St. secunda*, развивающиеся обычно в заболачивающихся, слегка закисленных маломинерализованных водах, а также планктонные инфузории рода *Cyclidium*, *C. hirtus viridis*, *Halteria grandinella*, *Lagynophrya acuminata*. Кроме них, в состав субдоминантов в оз. Черный Кичиер входят бентосные *Cinetochilum margaritaceum*, *Cyrtolophosis mucicola* и комменсал на гидрах *Trichodina pediculus*. В ряду исследованных водоемов оз. Шунгалдан по гидрохимическим и гидробиологическим показателям является промежуточным между пресным оз. Кичиер и солоноватоводными «голубыми» озерами. В нем встречались преимущественно виды, содержащие симбио-

тические водоросли: *Askenasia chlorelligera*, *Pelagohalteria viridis*, *Pelagothrix plancticola*, *Histiobalantium natans*, *Strobilidium* sp.1 с зоохло-

реллами. Но значительной численности достигали и колониальные эупланктонные перитрихи *Epistylis procumbens* и *Carchesium pectinatum*.

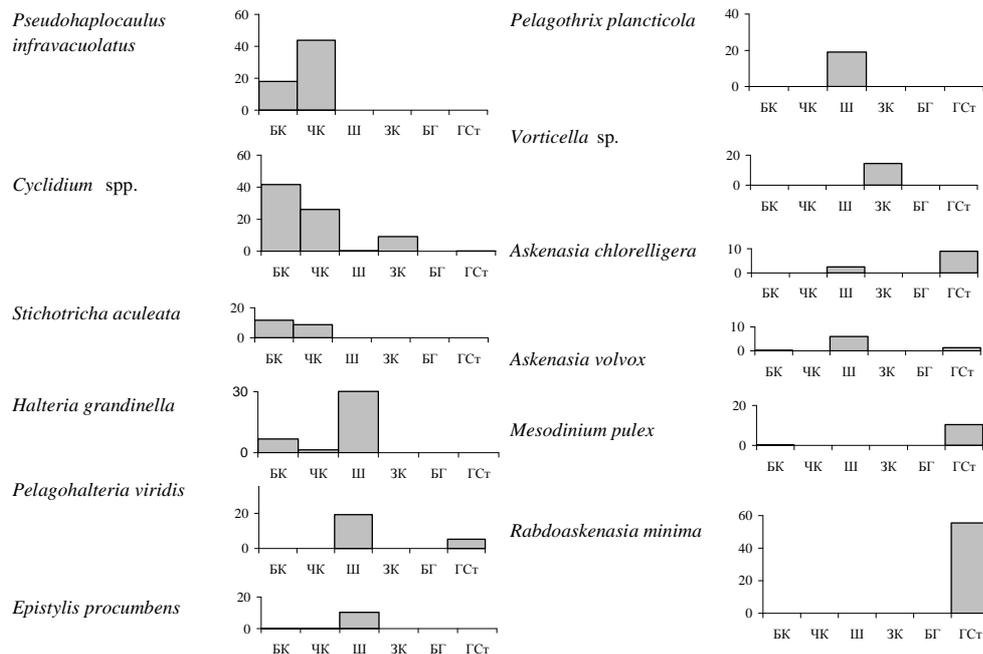


Рис. 3. Изменение уровня доминирования видов (% от общей N) в исследованных водоемах
 Обозначения водоемов: БК – Большой Кичиер, ЧК – Черный Кичиер, Ш – Шунгалдан, ЗК – Зеленый Ключ, БГ – Большое Голубое, GST – Голубая Старица

В Зеленом Ключе структурообразующий комплекс формировали *Vorticella* sp. (15%) и не определенные нами до рода мелкие инфузории (55%). В Голубой Старице доминантами по численности оказались *Rabdoaskenasia minima* (52%) и *Mesodinium pulex* (10%). Для оз. Большое Голубое вряд ли можно говорить о доминировании каких-либо видов: в нем отмечались единичные находки *Euplotes diadaleos*, *Spirostomum* sp., *Colpidium* sp., *Coleps* sp. и лишь в протоке до 95% от общей численности достигала *Halteria grandinella*. В зарослях хары и микробиальных матах был обнаружен в массовом количестве *Colpidium* sp..

Все виды, зарегистрированные нами в солоноватоводных водоемах, относятся к эврибионтным, что подтверждает мнение А.О. Смурова [5] о том, что они характерны для типичных пресных водоемов бассейна р. Волги, и «значения общей минерализации порядка 2000 мг/л не играют существенной роли в формировании специфичной солоноватоводной фауны инфузорий». Мы полагаем, что в биологическом смысле для развития действительно солоноватоводной фауны инфузорий и других гидробионтов крайне важна не просто сумма солей (т.е. общая минерализация), а соотношение их ионов, в частности иона Cl⁻ (табл.1), в значительном количестве присутствующего в морских и опрес-

ненных водоемах. Но в публикациях данные по этому показателю для большинства пресных водоемов отсутствуют.

На основании полученных данных методом главных компонент выделено 2 фактора, в пространстве которых показано расположение водоемов относительно друг друга (рис. 4А), с одной стороны, и комплексов доминирующих видов (рис. 4В), с другой. Мы полагаем, что ось абсцисс (фактор 1) отражает градиент общей минерализации (на рис. 4А он направлен слева-направо, а на рис. 4В, наоборот, справа-налево), а ось ординат (фактор 2) характеризует градиент комплекса факторов, определяющих процессы заиления, эвтрофирования, появления меромиктии и т. д, т.е. связанных с возрастом водоемов. Комплексы доминирующих видов инфузорий «голубых» озер (рис. 4А) относительно оси ординат отделены от комплексов доминирующих видов стратифицированных водоемов (озера Кичиер и Шунгалдан). Кроме того, среди доминирующих видов инфузорий озер Шунгалдан и Голубая Старица есть один общий вид, который усиливает сходство их фауны. Таким образом, результаты ординации доминирующих видов в целом повторяют результат кластерного анализа относительно сходства фауны инфузорий водоемов (рис. 2).

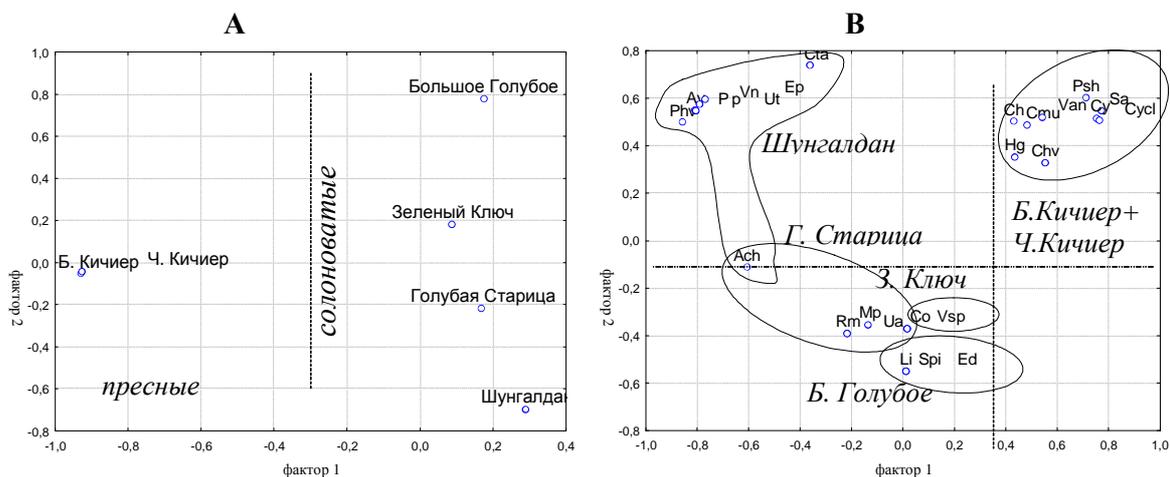


Рис. 4. Результаты ординации по доминирующим видам водоемов (А) и комплексов структурообразующих видов в них (В)

Примечание. Пунктирная линия ----- отделяет солончатые водоемы от пресных. Линия отделяет «голубые» озера от стратифицированных (меромиктических). Обозначения видов: Ach - *Askenasia chlorelligera*, Av - *A. volvox*, Ch - *Coleps hirtus*, Chv - *C. hirtus viridis*, Cm - *Cinetochilum margaritaceum*, Cmu - *Cyrtolophosis mucicola*, Co - *Colpoda* sp., Cp - *Carchesium pectinatum*, Cta - *Ctedoctema acanthocrypta*, Cy - *Cyclidium* spp., Ep - *Epistylis procumbens*, Ed - *Euplotes diadaleos*, Hg - *Halteria grandinella*, Li - *Litonotus* sp., Mp - *Mesodinium pulex*, Phv - *Pelagohalteria viridis*, Psh - *Pseudohaplocaulus* sp., Pp - *Pelagothrix plancticola*, Rm - *Rabdoaskenasia minima*, Sa - *Stichotricha aculeata*, Spi - *Spiristomum* sp., Ua - *Urotricha agilis*, Ut - *Urocentrum turbo*, Van - *Vorticella* sp. на *Anabaena*, Vn - *V. natans*, Vsp. - *Vorticella* sp.

Общие количественные показатели (численность, N и биомасса, B) (табл. 3) снижаются в ряду: пресные стратифицированные водоемы (оз. Кичиер) – солончатоводные стратифицированные (озера Шунгалдан, Голубая Старица) – солончатоводные с высоким водообменом (Зеленый Ключ, оз. Большое Голубое). В таблице 3 приведены показатели численности и биомассы, осредненные для толщи воды. Однако максимальные показатели сильно отличаются от средних из-за вертикальной неоднородности распределения инфузорий в стратифицированных водоемах. Так, максимальные численность и биомасса составили в оз. Большой Кичиер 3821 тыс. экз./м³ и 44,9 мг/м³, соответственно, в оз. Черный Кичиер – 2765 тыс. экз./м³ и 61,4 мг/м³, в оз. Шунгалдан – 1241-1888 тыс. экз./м³ и 21,8-150,8 мг/м³, в оз. Голубая Старица – 376 тыс. экз./м³ и 5,4 мг/м³, в оз. Зеленый Ключ – 182 тыс. экз./м³ и 5,2 мг/м³ и в оз. Большое Голубое – 1 тыс. экз./м³ и 0,01 мг/м³. Корреляционный анализ показал достоверную отрицательную связь численности и биомассы с минерализацией ($r = -0,80$; $r = -0,85$).

Видовое разнообразие по индексу Шеннона выше в оз. Шунгалдан (3,09) и оз. Кичиер (2,86) и минимально в оз. Б.Голубое (табл. 3). Видовое разнообразие так же, как и видовое обилие, численность и биомасса, уменьшается с ростом минерализации (коэффициент корреляции индекса Шеннона с электропроводностью -0,69, с минерализацией -0,77).

В «голубых озерах» эупланктонных инфузорий значительно меньше: 1/3-1/2 от всего числа видов в водоемах, а их вклад в численность и биомассу варьирует от 2 до 49%. В планктоне оз. Большое Голубое в районе пучин также регистрируются бентосные виды, а в отдалении от питаю-

Соотношение экологических групп (планктон, бентос, перифитон) по обилию видов и по вкладу в общую численность и биомассу отражает специфику условий развития инфузорий в исследованных водоемах (табл. 3). Из общего числа зарегистрированных видов в планктоне озер 52 вида являются эупланктонными, 32 – бентосными, 15 – перифитонными и эпибионтными. Так, в стратифицированных водоемах (озера Кичиер, Шунгалдан, Голубая Старица) количество эупланктонных видов составляет от 70 до 75%, однако их вклад в численность (42% -95%) и биомассу (19%-82%) сильно варьирует. В карстовых воронках Большой Кичиер и Черный Кичиер, наряду с истинно планктонными видами, значительное развитие (до 17% от общего числа видов, 48% от общей численности и до 70% от общей биомассы) получают эпифитные виды *Pseudohaplocaulus infravacuolatus*, *Vorticella* spp., развивающиеся на планктонных водорослях *Anabaena*, *Microcystis*, *Scenedesmus*. Присутствие в толще воды бентосных видов (13%-17% всего видового обилия) объясняется наличием анаэробного гипоплимниона, богатого сероводородом. Поэтому многие бентосные виды *Urocentrum turbo*, *Dexiotrichia plagia*, инфузории родов *Metopus*, *Caenomorpha* мигрируют в этот богатый пищей (бактериями) слой, и их вклад в численность составляет 4%-13%, а в биомассу 10%-22%.

В водотоке Зеленый Ключ значителен вклад во все показатели перифитонных видов, поскольку вода из пучины течет по мелководью, обросшему макрофитами, на которых развиваются виды-обрастатели.

Таблица 3. Общие и структурные показатели развития сообществ инфузорий в исследованных водоемах

Водоемы		Большой Кичиер	Черный Кичиер	Шунгалдан	Голубая Старица	Зеленый Ключ	Б.Голубое (т. 1)	Б.Голубое (прогока)	Водоемы		Большой Кичиер	Черный Кичиер	Шунгалдан	Голубая Старица	Зеленый Ключ	Б.Голубое (т. 1)	Б.Голубое (прогока)
Общие показатели									Трофическая структура								
n		33	30	45	30	8	16		n, %	A	15,2	3,4	13,5	12,5	0,0	0,0	0,0
Ncp		836	786	209/456*	139,7	182	0,75	380		Б-Д	63,6	82,8	54,1	54,2	75,0	33,3	25,0
Vcp		11,5	13,4	4,89/44,4	2,341	5,18	0,09	4,4		Г	0,0	3,4	2,7	4,2	0,0	0,0	50,0
\overline{H}		2,86	2,86	3,09/3,07	2,69	2,1	0	0,3		М	9,1	3,4	24,3	8,3	0,0	33,3	0,0
W		0,014	0,017	0,074	0,017	0,028	0,123	0,012		Н	9,1	3,4	2,7	8,3	0,0	0,0	0,0
Экологическая структура									N, %	X	3,0	3,4	2,7	12,5	25,0	33,3	25,0
n, %	Б	15,6	13,3	16,7	17,4	14,3	66,7	20,0		A	0,8	0,1	14,2	5,4	0,0	0,0	0,3
	Пл	75,0	70,0	75,0	73,9	57,1	33,3	80,0		Б-Д	92,6	96,7	39,0	72,2	94,5	33,3	98,9
	Пф	0	0	2,8	4,3	28,6	0	0,0		Г	0,0	1,3	0,2	0,5	0,0	0,0	0,5
	Эп	9,4	16,7	5,6	4,3	0	0	0	М	5,2	0,5	46,1	14,3	0,0	33,3	0,0	
N, %	Б	13,1	10,4	4,2	4,1	4,0	66,7	0,5	Н	1,0	0,2	0,5	5,6	0,0	0,0	0,0	
	Пл	68,5	41,5	94,1	95,4	56,0	33,3	99,2	X	0,4	0,1	0,1	2,0	5,5	33,3	0,3	
	Пф	0	0	0,9	0,3	40,0	0	0,3	A	4,4	0,0	3,3	7,3	0,0	0,0	1,1	
	Эп	18,4	48,1	0,8	0,3	0	0	0	Б-Д	87,1	92,9	61,4	51,7	92,9	48,6	98,2	
B, %	Б	21,3	10,3	17,2	4,9	22,3	50,9	0,4	Г	0,0	1,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,4	
	Пл	44,6	19,2	82,4	2,0	77,4	49,1	99,2	М	6,9	0,4	34,4	15,4	0,0	49,1	0,0	
	Пф	0	0	0,1	93,1	0,2	0	0,4	Н	1,4	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	
	Эп	34,1	70,5	0,3	0	0,1	0	0	X	0,3	0,1	0,9	23,6	7,1	2,2	0,3	

Обозначения: n – число видов; \overline{H} – индекс Шеннона, бит; Ncp – средняя численность, тыс. экз./м³; Vcp – средняя биомасса, мг/м³; W – средний индивидуальный вес особи, мг x 10⁻³/м³; * – в числителе показатели для 2006 г., в знаменателе – для 2007 г.

Таким образом, в отличие от «голубых» озер с явным преобладанием в структуре сообществ инфузорий либо бентосных (оз. Большое Голубое), либо перифитонных видов (Зеленый Ключ), в стратифицированных водоемах с анаэробным гипolimнионом преобладают эупланктонные виды. Кроме того, в стратифицированных водоемах с более низкой минерализацией (озера Большой и Черный Кичиер) в планктоне значителен вклад и эпифитных видов.

Основу трофической структуры сообществ инфузорий всех водоемов составляют бактерио-детритофаги (табл. 3). Лишь в озерах Шунгалдан, Большое Голубое и Голубая Старица значительную роль играют миксотрофы (до 46% по численности и 34% по биомассе в оз. Шунгалдан) и хищники (до 24% по биомассе в оз. Голубая Старица). Но представители этих трофических групп в озерах представлены разными видами. Так, миксотрофы представлены: в оз. Шунгалдан - *Pelagothrix plancticola*, *Pelagohalteria viridis*, *Histiobalantium natans*, *Askenasia chlorelligera*, *Coleps hirtus viridis*, *Stentor coeruleus*; в оз. Голубая Старица – *A. chlorelligera* и *P. viridis*; в оз. Большое Голубое – *Euplotes diadaleos*.

Уровень органического загрязнения водоемов. Степень сапробности среды водоемов нами расчи-

тана по инфузориям-индикаторам ориентировочно, поскольку как было указано выше, не всех инфузорий удалось идентифицировать до уровня вида и даже рода. Тем не менее, полученный показатель дает представление в целом об уровне органического загрязнения. Он чуть выше в оз. Кичиер (индекс сапробности = 2,32-2,50), что соответствует β-α-мезосапробной зоне сапробности. В оз. Шунгалдан сапробность варьирует от β- до β-α-мезосапробной (S = 1,91-2,04). В «голубых» озерах виды инфузорий-индикаторов отсутствовали.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в пресных и солоноватоводных карстовых озерах, расположенных в бассейне р. Илеть и Казанка встречается более 100 свободноживущих видов инфузорий, из которых более 75 видов - в солоноватоводных озерах, а 21 вид присутствуют только в так называемых «голубых» (холодноводных, с высоким водообменом). Все виды, обнаруженные нами в солоноватоводных водоемах, являются эврибионтными, характерными для пресных водоемов и не специфичны по отношению к уровню общей минерализации воды. Видовое разнообразие и количественное развитие инфузорий в ряду водоемов: «пресные – солоноватоводные стратифицированные – солоноватоводные с

высоким водообменом» уменьшается, изменяется также соотношение экологических групп инфузорий и трофическая структура их сообществ. В целом, для «голубых» озер, находящихся на стадии зарождения и зрелости, характерно низкое видовое разнообразие и количественное развитие. На более поздних стадиях лимногенеза такие озера, несмотря на повышенную минерализацию, по количественному развитию инфузорий почти не отличаются от обычных пресных стратифицированных водоемов.

Условия карстовых озер вполне пригодны для развития довольно разнообразной фауны инфузорий. Качественный состав и количественное развитие их сообществ в каждом водоеме является отражением условий, в свою очередь, определяемых стадиями лимногенеза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Быкова С.В.* Инфузории серных озер северо-востока Самарской области // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: мат-лы III Всероссийской научной конференции. / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола; Пушкино, 2008. С. 119-121.
2. ГОСТ (СТ СЭВ 5184-85) Качество вод. Термины и определения. Введ. 01.01.87. 9 с. Группа ТОО.
3. *Жариков В.В., Горбунов М.Ю., Быкова С.В., Уманская М.В., Шерышева Н.Г.* Экология сообществ бактерий и свободноживущих инфузорий малых водоемов Самарской Луки. Тольятти, 2007. 193 с.
4. Озера Среднего Поволжья / Под ред. И.Н. Сорокина и Р.С. Петровой. Л.: Наука, 1976. 248с.
5. *Смуров А.О.* Планктонные инфузории солоноватоводных карстовых озер // В кн.: Уникальные экосистемы солоноватоводных карстовых озер среднего Поволжья / Под ред. А.Ф. Алимова и Н.М. Мингазовой. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2001. С. 141-149.
6. Справочник по водным ресурсам СССР, Т. IV, ч.1, Среднее Поволжье. Редакционно-издательский отдел ЦУ-ЕГМС, Ленинградское отделение, Ленинград, 1935. 473 с.
7. Уникальные экосистемы солоноватоводных карстовых озер среднего Поволжья /Под ред. А.Ф. Алимова и Н.М. Мингазовой. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2001. 256 с.
8. *Kahl A.* Urtiere oder Protozoa. 1. Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria) // Die Tierwelt Deutschlands. Teil. 18, 21, 25, 30. Jena, 1930-1935. – S. 1-886.
9. *Small, Lynn* Phylum Ciliophora Doflein, 1901 // An Illustrated guide to the protozoa. Second edition / Lee J.J., Leedale G.F., Bradbury Ph.(eds.). Lawrence, Kansas: Allen Press, 2000. P. 371-675.

CILIATES OF SOME KARSTIC LAKES OF THE MIDDLE VOLGA BASIN

© 2009 S.V. Bykova, V.V. Zharikov

Institute of ecology of the Volga Basin of the Russian Academy of Science

The first data on fauna and structure of communities of ciliates in some karstic waterbodies in territory of the Middle Volga Basin (the rivers Ilet and Kazanka) are resulted. It is established, that a specific diversity and quantitative development of ciliates is reduced, ecological and trophic structure of communities change in the range: «fresh waterbodies – saltish waterbodies (stratified) – saltish waterbodies (not stratified) with intensive water cycle».

Key words: karstic waterbodies, ciliates, specific diversity