

УДК 574.52:593.17(282.247.416.1)

doi: 10.26907/2542-064X.2019.1.141-157

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ИНFUЗОРИЙ ПЛАНКТОНА В ЗОНЕ СЛИЯНИЯ РЕК ВОЛГИ И КАМЫ

С.В. Быкова, В.В. Жариков

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, 445003, Россия

Аннотация

По результатам исследований 2006–2017 гг. в планктоне Куйбышевского водохранилища в районе слияния Волги и Камы, а также разнотипных малых водоемов в зоне этих рек выявлен наиболее полный состав видов свободноживущих инфузорий, включающий более 269 видов, из которых 144 вида встречаются в водохранилище. Расширены представления о распространении редких для Волго-Камского каскада водохранилищ видов, ранее впервые обнаруженных в дельте Волги и Северном Каспии *Leprotintinnus pellucidus* (Cleve, 1899) и *Pelagovorticella mayeri* (Faure-Fremiet, 1920). Несмотря на большее сходство фауны инфузорий зоны смешения вод с волжской фауной, доказан существенный вклад именно камской фауны в биоразнообразие инфузорий в сообществе планктона Куйбышевского водохранилища ниже района слияния рек Камы и Волги. Полученные на данном этапе материалы не позволяют пока однозначно отнести сообщества инфузорий, образующееся в планктоне при смешивании разнородных водных масс, к экотонным.

Ключевые слова: инфузории, биоразнообразие, река Волга, река Кама, озера, бассейн Куйбышевского водохранилища

Введение

Самое крупное в Волжском каскаде и Европе долинное Куйбышевское водохранилище расположено в центральной части Среднего Поволжья, вытянуто в меридианном направлении от лесной ландшафтной зоны на севере до степной – на юге [1]. От остальных водохранилищ Волжского и Камского каскадов его отличает то, что оно принимает воды р. Волги (в Волжском плесе) и воды р. Камы (в Камском плесе), которые затем сливаются в районе Волго-Камского плеса. Таким образом, по физико-химическим свойствам в водохранилище выделяют волжскую водную массу, камскую, зону их смешения в районе Тетюшинского плеса и водную массу собственно водохранилища, от Ундорского плеса до Приплотинного [1, 2], что подтверждается и показателями развития сообществ гидробионтов [3–7]. При этом специфика функционирования водохранилища определяется режимами работы сразу трех ГЭС: Чебоксарской, Нижнекамской на входе и Жигулевской на выходе [7]. Четко очертить границу зоны смешения вод непосредственно в водохранилище довольно сложно, поскольку она может смещаться то в сторону волжской ветви, то в сторону камской в зависимости

от режимов поступления воды с волжского и камского направлений. Кроме того, «с уменьшением стока основных рек в летне-осенний период граница собственно водохранилищной водной массы смещается вверх» [8, с. 16]. Периодически же возникающие дебаты о том, «кто главнее или кто в кого впадает» (р. Волга или р. Кама), явно убеждают в необходимости проведения в месте слияния рек Волги и Камы не только гидрологических, но и гидробиологических исследований.

Исследования инфузорий Куйбышевского водохранилища можно разделить на несколько исторических этапов, связанных с изучением фауны инфузорий Волги в целом. До зарегулирования Волги первая сводка о простейших Волги была опубликована в Саратове приват-доцентом В.П. Зыковым [9], в которой из инфузорий указывалось всего 10 видов. Первые же сведения о простейших Камской ветви Куйбышевского водохранилища появились в результате обследования р. Камы в целом, а также ее притока (р. Исеть) и Чусовского залива [10]. Более полная же сводка инфузорий Волги [11, 12], включая Куйбышевское водохранилище, опубликована Н.В. Мамаевой [12] по результатам «сквозных» экспедиций Института биологии внутренних вод АН СССР (ИБВВ РАН) в 1972–1973 г. по всем водохранилищам каскада. После создания в 1982 г. Чебоксарского и Нижнекамского водохранилищ наступил новый этап в изучении инфузорий, связанный в основном с работами сотрудников Института экологии Волжского бассейна (ИЭВБ РАН, бывшая биостанция ИБВВ РАН) В.В. Жарикова и Ю.М. Ротаря [5, 13] и в меньшей степени – З.М. Мыльниковой [14, 15] (ИБВВ РАН). Т.А. Кондратьева [16] изучала инфузорий притоков Куйбышевского водохранилища с точки зрения биоиндикационной значимости. С 2006 г. лабораторией экологии простейших и микроорганизмов ИЭВБ РАН были организованы исследования в прибрежной зоне камской ветви Куйбышевского водохранилища (в рамках исследования водохранилищ Камского каскада), а также впервые на озерах, расположенных в его бассейне (включая бассейны притоков первого и второго порядков) и служащих в определенной степени источником потенциального разнообразия инфузорий [17–24].

Цель настоящей работы – обобщение данных, полученных нами с 2006 по 2017 г., по фауне свободноживущих инфузорий в водоемах бассейна Куйбышевского водохранилища в зоне слияния рек Волга и Кама и выявление особенностей их развития в водохранилище с учетом влияния сообществ выше расположенных водохранилищ.

1. Материалы и методы

В настоящей работе использованы результаты исследований инфузорий планктона Куйбышевского водохранилища, полученные в ходе экспедиционных маршрутных съемок ИЭВБ РАН в прибрежной части Камского плеса в июле-августе 2009 г. и июне 2012 г., а также в составе судовых экспедиций ИБВВ РАН по водохранилищам Волжско-Камского каскада в июне, августе 2016 г. и августе 2017 г. (рис. 1). Исследования видового разнообразия инфузорий, структурно-функциональной организации и микромасштабного горизонтального распределения их сообществ в разных экотопах: пелагиали, открытой литорали и в ассоциациях высшей водной растительности Саралинского участка

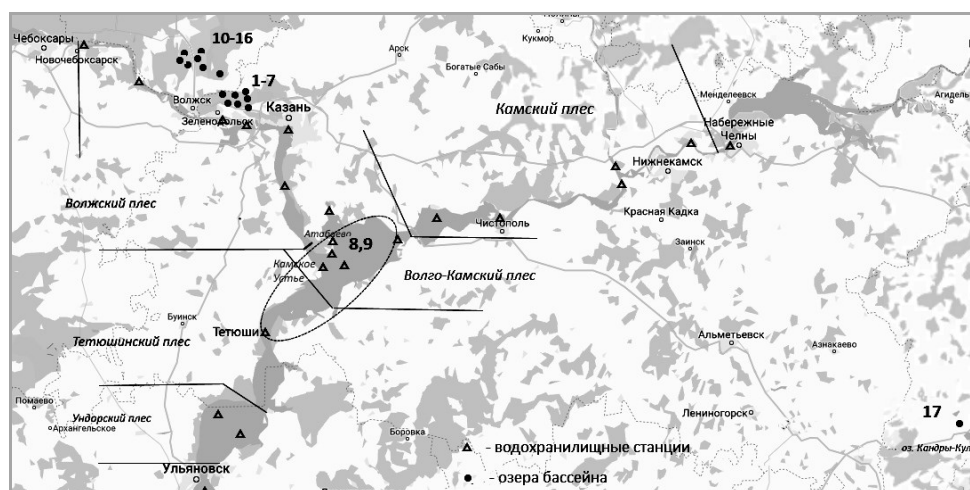


Рис. 1. Схема точек отбора проб в районе слияния рек Камы и Волги (составлена по: <http://imhomap.ru/tatarstan-karta>). Обозначения: 1–7 – озера Раифского участка, 8, 9 – Саралинский участок Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (Республика Татарстан), 10–16 – озера Республики Марий Эл, 17 – оз. Кандры-Куль (Республика Башкортостан)

Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника – проводили в июле 2009 г. на стандартных станциях: в акватории Куйбышевского водохранилища и в Большой Костиной протоке [23].

Для выявления наиболее полного разнообразия инфузорий в региональном масштабе и сравнительном плане использованы данные, полученные при исследовании инфузорий малых озер, расположенных в бассейне Куйбышевского водохранилища: 7 озер Раифского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника и его охранной зоны (Республика Татарстан) (озера Линево, Раифское, Илантово, Белое, Долгое, Гнилое и Карасиха) и 7 озер Республики Марий Эл (Паленое, Соленое, Кузнечиха, Зеленое, Шунгалдан, Кичиер и Черный Кичиер). В основном это малые водоемы с различным уровнем трофности и типом перемешивания водной толщи (с летней стратификацией различной степени, с анаэробным и аэробным гипolimнионом, некоторые – с признаками меромиксиса и т. д.). Большинство этих озер карстового происхождения, имеет мало- и среднеминерализованную воду (исключение составляет оз. Соленое, где минерализация значительно превышает 4 г/л [25, с. 91–93]. Сильно отличается по морфологическим, гидрологическим и физико-химическим характеристикам крупнейшее озеро Южного Приуралья – оз. Кандры-куль (Республика Башкортостан), которое относится к бассейну Нижнекамского, а не Куйбышевского водохранилища. Но мы включили его в анализ, поскольку этот водоем географически близок к зоне слияния Волги и Камы и его фауна дополняет представления о потенциальном разнообразии простейших в этом районе.

Пробы отбирали батометром: в водохранилище – на русловых станциях (глубиной > 3 м) с интервалом 1–2 м и в прибрежной зоне (< 3 м) – из приповерхностного горизонта; в озерах – в глубоководной части водоема (в оз. Кандры-куль станции располагались по трем трансектам) с разных горизонтов с интервалом

в 1 м, в некоторых случаях (например, при резко выраженном хемоклине, термоклине, оксиклине и т. д.), уменьшая шаг до 10–20 см. Объем пробы варьировал от 0.25 до 1 л.

Для видового определения инфузорий использовали стандартные протозоологические методы и способы окрашивания аргирома и ядерного аппарата. Количественный учет проводили на фиксированных сулемой препаратах. Для анализа видовой структуры, сходства сообществ в разных экотопах использовали общепринятые в гидробиологии и экологии индексы (видового разнообразия Шеннона и Симпсона, выравненности Пиелу, доминирования Симпсона); коэффициент видового сходства Сьеренсена. Материал обобщен в таксономической системе Смолла и Линна [26, 27].

2. Результаты и их обсуждение

Общая характеристика сообществ инфузорий. Всего в водоемах бассейна Волги в зоне слияния с Камой (включая водохранилищную и озерную фауну) выявлено более 269 видов из 135 родов, 80 семейств, 32 отрядов, 10 классов (табл. 1).

Табл. 1

Таксономическая характеристика сообществ инфузорий в Куйбышевском водохранилище в зоне слияния с р. Камой и малых водоемов на прилегающей территории

Таксон	Водохранилище		Озера		
	русло	литораль	Татарстан	Марий Эл	Башкирия
Класс	9	8	10	9	9
Отряд	26	23	31	23	21
Семейство	58	38	71	57	50
Род	80	53	109	76	75
Вид	120	73	182	122	127

Сходство фауны инфузорий водоемов различной морфометрии, гидрологического и гидрохимического режимов с водохранилищной фауной в целом составило 60%. Наибольшим сходством с водохранилищной фауной характеризуется фауна крупного мезотрофного озера Башкирии (61.3%). Сходство видового состава инфузорий разных групп водоемов относительно невелико: чуть более 50%. Из озер наиболее сходны сообщества водоемов Волжско-Камского государственного биосферного заповедника и марийских озер (59.8%), не только как близкорасположенные, но и как близкие по многим морфометрическим, гидрологическим, гидрофизическим, гидрохимическим и другим параметрам. И по таксономической структуре, и по характеру количественного развития закономерно ближе оказываются между собой, с одной стороны, сообщества инфузорий малых эвтрофных водоемов (табл. 1, 2), а с другой – крупные мезотрофные оз. Кандры-Куль и Куйбышевское водохранилище. При этом и в крупных, и в мелких водоемах удельное количество видов (среднее число видов в пробе) значительно ниже интегрального показателя – общего числа видов, выявленного в водоемах за весь период исследования. Это свидетельствует о высокой неоднородности условий в исследованных водораздельных водоемах (низкое α – при высоком β -разнообразии).

Табл. 2

Количественные показатели сообществ инфузорий в разнотипных водоемах в бассейне Куйбышевского водохранилища (только по нашим данным 2009, 2012, 2016, 2017 гг.)

Группа водоемов	Водоем	Число видов	Индекс Шеннона, инт. (мин. – макс.)	Численность, экз. / л (ср. / макс.)	Биомасса, мг / м ³ (ср. / макс.)
Татарстан (Раифский участок ВКГПБЗ)	Линево	62 / 6**	2.22 (0.86–1.99)	956 / 4489	24 / 286
	Раифское	59 / 8	1.28 (0.06–2.51)	5889 / 18414	62 / 153
	Белое	51 / 9	2.21 (1.20–2.39)	1125 / 2086	33 / 42
	Илантово	88 / 8	2.25 (1.03–2.24)	689 / 1082	160 / 324
	Гнилое	25 / 12	2.74 (1.57–2.99)	3460 / 13352	1312 / 5863
	Долгое	59 / 13	3.83 (2.08–3.45)	1038 / 3914	214 / 893
	Карасиха	41 / 12	1.39 (1–3.63)	4625 / 32845	90 / 126
Марий Эл	Паленое	38 / 9	3.28 (0.63–3.34)	750 / 1561	15 / 87
	Соленое	32 / 16	3.55 (2.26–3.39)	145 / 1502	18 / 76
	Кузнечиха	75 / 13	3.76 (0.92–4.13)	935 / 7649	62 / 451
	Зеленое	77 / 18	4.30 (1.03–4.20)	1077 / 3775	29 / 110
	Кичиер	25 / 11	2.87 (1–2.72)	838 / 3821	12 / 45
	Черный Кичиер	21 / 18	3.27 (2.36–3.49)	1558 / 2092	23 / 37
	Шунгалдан	29 / 4	3.13 (0.96–2.46)	211 / 1261	5 / 22
Башкортостан	Кандры-Куль	127 / 19	4.05 (0.89–3.88)	1701/7998	17/71
Куйбышевское водохр.	водохранилище	120 / 21	4.90 (2.48–4.31)	409 / 1964	15 / 86
	Костина протока*	73 / 25	4.38 (2.61–4.17)	631 / 1052	15 / 30
	р. Вятка	28	3.78	1033	18
	р. Меша	6	1.41	165	1.8

* Саралинский участок ВКГПБЗ.

** В числителе указывается общее число видов, зарегистрированных в планктоне водоема, в знаменателе – среднее число видов в пробе (удельное значение).

Перестройка сообществ инфузорий в зоне слияния Волги и Камы.

По обобщенным данным нескольких экспедиций по русловой и прибрежной частям водохранилища, фауна инфузорий зоны слияния Волги и Камы более сходна с волжской фауной (коэффициент Сьеренсена – 75%), по сравнению с камской (58%) (рис. 2, а). Происходит это за счет меньшего числа видов, привносимых из Волжского плеса. Напротив, камская фауна более специфична и разнообразна (95 видов и индекс Шеннона равен 4.83), вследствие чего сходство при слиянии двух рек минимально, но оно почти выравнивается, если сравнивать сходство сообществ инфузорий волжской и камской ветвей с сообществом инфузорий ниже зоны слияния (61% и 57% соответственно). В абсолютном же выражении число общих видов сообществ зоны смешения и формирующихся ниже с сообществом «волжской воды» меньше (36 и 37 видов соответственно) по сравнению с сообществом «камской воды» (40 и 47 видов). К тому же в отдельные периоды (например, в летнюю межень 2016 г.) фауна инфузорий зоны смешения была ближе к фауне инфузорий камской ветви (68%), нежели волжской (61%). Все это указывает на существенный вклад именно камской фауны в формирование

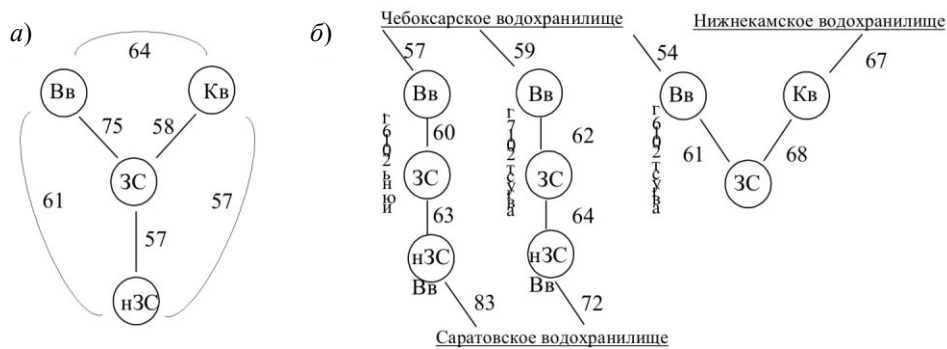


Рис. 2. Графы сходства (по Серенсену, %) фауны инфузорий на Куйбышевском водохранилище в зоне слияния рек Волги и Камы: а) в целом за 2009, 2012, 2016, 2017 гг. и б) в отдельные гидрологические периоды. Обозначения: Вв – волжская ветвь, Кв – камская ветвь, ЗС – зона слияния, нЗС – ниже зоны слияния

разнообразия сообщества инфузорий ниже места слияния Камы и Волги. В разные гидрологические периоды в водных массах неизменно наблюдается нарастание сходства видового состава инфузорий сверху вниз, начиная от Чебоксарского водохранилища, далее по волжской ветви к водам собственно Куйбышевского водохранилища (ниже Тетюши) и заканчивая Саратовским водохранилищем.: от 57% до 83% в июне 2016 г. и от 59% до 72% в августе 2017 г. (рис. 2, б). Виды, привнесенные «камской» водой, (то есть те, что на момент исследования отсутствуют в Волжском плесе, но присутствуют в Камском, а также после слияния вод рек и ниже, хотя это вовсе не означает, что в вышележащих водохранилищах Волги их нет): *Pseudohaplocaulus infravacuolatus* Foissner & Brozek, 1996, *Actinobolina radians* (Stein, 1867), *Coleps elongatus* Ehrenberg, 1830, *Cyrtolophosis mucicola* Stokes, 1888, *Furgasonia* sp., *Membranicola tamari* Foissner et al, 1999, и виды, привнесенные «волжской водой»: *Histiobalantium bodamicum* Krainer & Muller, 1995, *Tintinnidium ephemeridium* Hilliard, 1968.

К видам с частотой встречаемости > 50% во всех зонах на акватории Куйбышевского водохранилища относятся широко распространенные тинтинниды (*Codonella cratera* (Leidy, 1887), (частота встречаемости 55–80%), *Tintinnidium fluviatile* (Stein, 1863) (55–80%), *Tintinnopsis cylindrata* Kofoid & Campbell, 1929) (57–90%), хореотрихиды (*Rimostrombidium hyalinum* (Mirabdulaev, 1985) Petz & Foissner, 1992; *R. humile* (Penard, 1922) (57–100%), *R. lacustris* (Foissner, Skogstad & Pratt, 1988) (71–77%)) и олиготрихи (*Halteria grandinella* (O.F. Muller, 1773) (67–90%)). Больше всего видов с частотой встречаемости > 50% (20 видов, или 21%) отмечается в Камском плесе. Помимо вышеперечисленных, это *Coleps hirtus viridis* Ehrenberg, 1831 (частота встречаемости – 80%); *Pelagovorticella natans* (Faure-Fremiet, 1924) (70%); *Cyclidium* spp. (70%); *Balanion planctonicum* (Foissner, Oleksiv & Müller, 1990) (60%); *Ctedoctema acanthocrypta* Stokes, 1884 (60%); *Coleps hirtus* (Muller, 1786) Nitzsch, 1827 (60%); *Spathidium viride* Kahl, 1926 (50%); *Calypotricha lanuginosa* (Penard, 1922) Wilbert & Foissner, 1980 (50%); *Cinetochilum margaritaceum* Perty, 1852 (50%).

Зона слияния Волги и Камы почти не оказывает влияния на частоту встречаемости таких видов, как *Rimostrombidium lacustris* (частота встречаемости

71–78% в волжской, камской ветви и зоне слияния), *R. hyalinum* (81–100%). *Limnostrombidium pelagicum* (Kahl, 1932) и *L. viride* (Stein, 1867) в зоне слияния встречаются чаще (67% и 44% соответственно), чем в водах волжской (45% и 36%) и камской (40% и 20% соответственно) ветвей. Увеличивается в районе смешения вод и частота встречаемости *Stokesia vernalis* Wenzich, 1929 (с 36% и 20% до 44%) и мелких *Urotricha* spp. (с 45% и 40% до 67%). Из тинтиннид лишь *Tintinnopsis cylindrata* несколько чаще встречается в зоне слияния, чем в Волжском и Камском плесах, в отличие от *Tintinnidium fluviatile*, *T. fluviatile* f. *minima* и *Codonella cratera*. Кроме последних, реже встречались в зоне слияния *Pelagostrombidium mirabile* (Penard, 1916); *Pelagohalteria viridis* (Fromentel, 1876); *Rimostrombidium velox* (Faure-Fremiet, 1924) Jankowski, 1978; *Spathidium viride*; *Halteria grandinella*; *Monodinium chlorelligerum* Krainer, 1995 и колонии *Epistylis procumbens* Zacharias, 1897, а некоторые виды вообще не были зарегистрированы: *Pelagostrombidium fallax* (Zach., 1895) и колониальный *Epicarchesium pectinatum* (Zacharias, 1897). Довольно интересно распределение частоты встречаемости по акватории водохранилища считающегося для всего бассейна Волги редким видом (несмотря на то, что в условиях Куйбышевского водохранилища его частота встречаемости достигает 26%): *Leprotintinnus pellucidus* (Cleve, 1899). Впервые он был обнаружен в небольшом количестве в дельте Волги, а также в Куйбышевском водохранилище [12] и рассматривался как вселенец из Северного Каспия, поднявшийся и адаптировавшийся в новых условиях. В настоящее время *L. pellucidus* устойчиво встречается почти на всех станциях камской ветви Куйбышевского водохранилища (максимальная численность зарегистрирована на ст. Балахчино – 332 экз./л), включая и зону смешения (Камское устье и Атабаево). Он обнаружен также в Нижнекамском водохранилище (до 44 экз./л), Воткинском водохранилище (8 экз./л), в нижней части Куйбышевского водохранилища (до 24 экз./л) и нижнем бьефе Жугулевской ГЭС (то есть в водах Саратовского водохранилища) (до 14 экз./л) (рис. 6, 7). Домики, очень похожие на домики *L. pellucidus*, найдены и в р. Ока (ст. Юрьевец), что требует подтверждения. Таким образом, его находки пока приурочены, в основном, к бассейну Камы и Нижней Волги. Поэтому вопрос, является ли этот вид именно каспийским вселенцем, пока остается открытым. В Волжском плесе Куйбышевского водохранилища *Leprotintinnus* встречается единично, чаще в Камском плесе (40%), в зоне слияния волжской и камской водных масс его встречаемость несколько снижается (33%), но в водах собственно Куйбышевского водохранилища она достигает 57%.

В зоне слияния явно происходит перестройка сообщества инфузорий, выражающаяся в снижении показателей их видового разнообразия и численности (табл. 3). На данном этапе исследования эти показатели пока не позволяют рассматривать эту зону как экотон с выраженным краевым эффектом. Непосредственно в зоне слияния (Камское устье – Тетюши – Атабаево) выявлено всего 50 видов, в то время как в волжской ветви (Волжский плес) – 51 вид, в камской ветви (Камский плес) – 81 вид, ниже зоны слияния (ниже Тетюши) – 65 видов (табл. 3). В трофической структуре сообщества по мере слияния водных масс прослеживается тенденция постепенного уменьшения вклада инфузорий-альгофагов. В зоне слияния значительно (до 47%) увеличивается вклад неселективных

Табл. 3

Обобщенные за 2009-2017 гг. средние показатели развития сообществ инфузорий в месте слияния Волги и Камы

Район	Число видов, экз.		Индекс Шеннона, бит/экз.		Численность, экз./л ср. ± ст. откл.
	инт.	ср. уд. ± ст. откл.	инт.	ср. уд. ± ст. откл.	
Волжская ветвь	51	15 ± 5.8	4.23	3.20 ± 0.48	156 ± 111
Камская ветвь	81	26 ± 5.7	4.89	3.59 ± 0.40	996 ± 656
Зона слияния	50	16 ± 6.3	4.30	3.06 ± 0.5	199 ± 149
После зоны слияния	65	21 ± 8.3	3.95	2.99 ± 0.65	317 ± 233

Обозначения: инт. – интегральное значение; ср. – среднее; ср. уд. – среднее удельное (в пробе) значение параметра; ст. откл. – стандартное отклонение.

Табл. 4

Характеристика сообществ инфузорий в разных районах акватории Куйбышевского водохранилища в разные гидрологические периоды

	$N_{\text{общ}}$	$B_{\text{общ}}$	n , инт. (уд.)	H_n , инт. (уд.)	H_b , инт. (уд.)	d	E
Июнь 2016 г.							
Волжская ветвь	212	8.5	45(20)	3.96(3.41)	3.10(2.6)	0.89	0.72
Камская ветвь	–	–	–	–	–	–	–
Зона слияния	203	7.6	30 (16)	3.48(3.03)	2.57(2.40)	0.86	0.71
Ниже слияния	384	23	56(24)	4.46(3.42)	3.03(2.77)	0.92	0.77
Август 2017 г.							
Волжская ветвь	168	5.5	30(12)	3.81(3.1)	3.17(2.4)	0.89	0.78
Камская ветвь	–	–	–	–	–	–	–
Зона слияния	467	14.0	38(22)	4.07(3.59)	3.87(3.19)	0.90	0.78
Ниже слияния	601	29.7	52(21)	3.90(3.24)	2.7(2.30)	0.87	0.68
Август 2016 г.							
Волжская ветвь	113	1.7	29(13)	4.18(3.25)	3.87(2.46)	0.92	0.86
Камская ветвь	994	28.6	60(27)	4.48(3.62)	3.75(3.04)	0.93	0.76
Зона слияния	675	17.7	39(22)	3.86(3.33)	3.42(2.60)	0.89	0.73
Ниже слияния	–	–	–	–	–	–	–

Обозначения: инт. – интегральный показатель разнообразия и числа видов, уд. – среднее показание в пробе; $N_{\text{общ}}$ – численность, экз./л, $B_{\text{общ}}$ – биомасса, мг/м³, n – число видов, H_n и H_b – индексы Шеннона по численности и биомассе, бит /экз., d – индекс разнообразия Симпсона, E – индекс выравниваемости Пиелу.

всеедов (с 30% общей численности инфузорий в волжской ветви и 38% – в камской), а ниже зоны слияния доминирование переходит от неселективных всеядов к бактериодетритофагам (50% общей численности), а именно от *Tintinnopsis cylindrata* к *Halteria grandinella*. Таким образом, трофическая структура более выравнена в Волжском и Камском плесах, а в Волго-Камском и ниже выражено значительное доминирование одной из групп.

В разные гидрологические периоды (см. табл. 4) перестройка сообщества в зоне слияния может происходить по-разному, но в целом закономерность сохраняется и заключается в снижении большинства характеристик развития инфузорий (исключение – в августе 2017 г.) (табл. 4). Это было характерно и для сообществ в середине 80-х – начале 90-х годов XX в. [5, 7].

Вероятно, при наличии больших скоростей течения и турбулентности разных по гидрохимическим показателям водных масс (при относительно схожей минерализации только по содержанию ионов хлора они различаются почти в 3 раза) [1], восстановление нарушенных сообществ инфузорий Волги и Камы происходит на довольно продолжительной территории и гораздо ниже г. Тетюши формируется сообщество собственно Куйбышевского водохранилища, которое по видовому составу более чем на 70% сходно с сообществом расположенного ниже Саратовского водохранилища. Изначально термин *эктон* заимствован из фитоценологии, где границы смежных сообществ стабильны на протяжении продолжительного времени, в течение которого успевает сформироваться новое сообщество. В лотической же экосистеме установить границы сложно, и, вероятно, нужен другой подход к выделению сообщества при контакте водных масс. Мы рассматривали в качестве зоны смешения обширную область, а эктон подразумевает под собой довольно узкую зону между соприкасаемыми сообществами.

Фауна инфузорий озер в бассейне водохранилища. Для получения представления о потенциальном разнообразии простейших не только водохранилища, но и его бассейна в зоне слияния Волги и Камы имеет значение исследование фауны водораздельных водоемов. Всего в озерах зарегистрировано порядка 239 видов. Наиболее изученным можно считать крупное мезотрофное озеро Кандры Куль (127 видов, индекс Шеннона – 4.05) благодаря детальной пространственной съемке по нескольким трансектам и вдоль прибрежной зоны, а также с учетом сезонной и двухлетней динамики в 2010 и 2012 гг. Зависимость видового разнообразия от площади водоема подтверждается и максимальными значениями интегральных индексов Шеннона водохранилища ($H = 4.9$ и 4.38) и оз. Кандры Куль ($H = 4.05$) (табл. 4). Кроме того, высоким разнообразием инфузорий отличаются малые карстовые водоемы с высокой вертикальной гетерогенностью абиотических и биотических условий – стратифицированные озера Зеленое, Долгое, Кузнечиха (табл. 4). Высокими количественными характеристиками отмечены полигуменные водоемы, причем максимумом численности мелких видов (32845 экз./л) характеризуется оз. Карасиха с низким видовым разнообразием ($H = 1.39$), обусловленным затененностью водоема из-за плотного покрытия водного зеркала ряской практически на протяжении всего летнего периода.

Структурообразующие виды в водоемах разных групп довольно сильно различаются, несмотря на основную часть общих фоновых видов. В карстовых водоемах Татарстана и Марий Эл в состав доминирующего комплекса часто неожиданно попадают виды, обычно играющие второстепенную роль или вообще редко встречающиеся: *Pseudovorticella fasciculata* (Müller, 1773) Foissner & Brozek, 1996; *Stentor amethystinus* Leidy, 1889, *Actinobolina smalli* Holt, Lynn & Corliss 1973; *Apsiktrata gracilis* (Penard, 1922) Foissner, Berger & Kohmann, 1994; *Pseudoblepharisma tenue* (Kahl, 1926) Kahl, 1927; *Stichotricha secunda* Perty, 1849 и др. (в табл. 5 выделено жирным шрифтом). Другой особенностью комплекса структурообразующих видов малых стратифицированных (и меромиктических) водоемов (особенно марийских) является массовое развитие эпибионтных инфузорий родов *Pseudohaplocaulus*, *Vorticella* (оз. Зеленое, Кузнечиха), *Epistylis*

(оз. Белое, Линево), *Cothurnia* и др. Примечательно, что *Pseudohaplocaulus infravacuolatus* развивается в основном в водохранилищах Камского каскада (например, в Чусовском заливе Камского водохранилища – 108644 экз. и в Воткинском – 396 экз./л) и водохранилищах Волжского каскада выше Куйбышевского (численность вида в Горьковском водохранилище достигала 673 экз./л). В оз. Соленое, отличающемся повышенной минерализацией, обращает на себя внимание доминирование хищных актиноболин (сразу нескольких видов), и не единичные, а постоянные находки на нескольких горизонтах *Pelagovorticella mayeri* (Faure-Fremiet, 1920) Jankowski, 1980. Обнаружение последнего в данном водоёме подтверждает предпочтение *P. mayeri* повышенной минерализации воды. Этот вид – действительно редкий и малочисленный: частота встречаемости в разных регионах не превышает 17%, а численность, за редким исключением, не более 100 экз./л. В водохранилищах же Камского каскада этот вид регистрируется нами с 2009 г. (преимущественно в Нижнекамском и Воткинском водохранилищах, до 79 экз./л). В 2016 г. он уже обнаруживался в Камском водохранилище вплоть до ст. Березники ($N=20$ экз./л) и, единично, – в его притоках. В заболочивающихся кислых водах преимущество получают миксотрофные виды *Strombidinopsis setigera* Stokes, 1885, *Pseudoblepharisma tenue*, *Stichotricha secunda*, *Frontonia* sp. (оз. Кузнечиха), *Stentor amethystinus*, *Pseudovorticella fasciculata* (оз. Долгое). В крупном мезотрофном оз. Кандры-Куль практически повсеместно и в массовых количествах развиваются мелкие инфузории *Balanion planctonicum* Foissner et al., 1994 и инфузории из рода *Urotricha*, которые характерны для олиго- и мезотрофных водоемов со слабощелочной реакцией среды. Помимо них, доминируют инфузории-хореотрихи (родов *Tintinnidium*, *Codonella*, *Tintinnopsis*, *Rimostrombidium*, *Strobilidium*), олиготрихи (родов *Halteria*, *Pelagohalteria*, *Pelagostrombidium*); хапториды (родов *Askenasia*, *Mesodinium*, *Actinobolina*, *Rabdoaskenasia*, *Monodinium*, *Spathidium*), в общем, комплекс видов, близкий волжским водохранилищам в целом (табл. 4). Фауна притоков (р. Вятка и р. Меша) тоже близка к водохранилищной, но имеет и свои особенности: в комплекс доминирующих видов в них входят виды, являющиеся фоновыми для водохранилищ, например *Cinetochilum margaritacum*, *Monodinium chlorelligerum* Krainer, 1995.

Находки впервые обнаруженных в исследуемом районе видов приурочены в основном к водоемам Волжско-Камского заповедника: *Enchelyodon* sp.; *Legendrea loyzeae* Faure-Fremiet, 1908; *Bryophyllum lieberkühni* Kahl, 1931; *Bryophyllum vorax* (Stokes, 1888); *Blepharisma lateritum* (Ehrb., 1831) Stein, 1859; *Blepharisma* cf. *persicinum* Perty, 1849; *Epispathidium amphoriforme* (Greeff, 1888); *Cristigera phoenix* Penard, 1922; *Hemicyclium lucidum* Eberhard, 1862, *Pseudoprorodon niveus* Ehrb., 1833; *Metopus spinosus* Kahl, 1927; *Paraenchelys wenzeli* Foissner, 1984. Интересна также находка паразитической суктории *Sphaerophrya stentoris* Maupas, 1881 в оз. Кандры-Куль.

В биоразнообразии водных экосистем значительный вклад вносят инфузории-миксотрофы. Нами уже отмечалось, что в планктоне разнотипных водоемов (водохранилища, притоки, крупные озера с пониженной трофностью, малые водоемы с различным типом перемешивания водной толщи и уровня трофности, «сульфидные» проточные озера, «болотные» озера и т. д.): зарегистрировано 39 видов

Табл. 5

Характеристика качественного состава инфузорий в водоемах бассейна Куйбышевского водохранилища: структурообразующие (> 5% численности) и редкие виды

	Структурообразующие виды*	Редкие виды
Татарстан	<p><i>Cyclidium</i> spp., <i>Ctedoctema acanthocrypta</i> Stokes, 1884 <i>Coleps hirtus viridis</i> Ehrenberg, 1831 <i>Codonella cratera</i> (Leidy, 1887) <i>Epistylis procumbens</i> Zacharias, 1897 <i>Epistylis</i> sp. (эпизои на <i>Bosmina</i>) (оз. Белое) <i>E. nympharum</i> Engelmann 1862 (оз. Линево) <i>Pelagostrombidium mirabile</i> (Penard, 1916) <i>Limnostrombidium viride</i> (Stein, 1867) <i>Cothurnia</i> sp. (оз. Раифское) <i>Halteria grandinella</i> (O.F. Muller, 1773) <i>Halteria</i> sp. <i>Rimostrombidium lacustris</i> (Foissner, Skogstad & Pratt, 1988) <i>R. velox</i> (Faure-Fremiet, 1924) <i>Epicarchesium pectinatum</i> (Zacharias, 1897) (оз. Илантово и Карасиха) <i>Disematostoma butschlii</i> Lauteborn, 1894 <i>Frontonia leucas</i> (Ehrb., 1838) <i>Histiobalantium natans</i> Clap. & Lachm., 1858 <i>Dexiotricha plagia</i> (Stokes, 1885) <i>Monodinium chlorelligerum</i> Krainer, 1995 <i>Pseudovorticella fasciculata</i> (Müller, 1773) (оз. Долгое) <i>Stentor amethystinus</i> Leidy, 1889 (оз. Долгое) <i>Pelagovorticella natans</i> (Faure -Fremiet, 1924)</p>	<p><i>Placus luciae</i> Kahl, 1926 <i>Apsiktrata gracilis</i> (Penard, 1922) <i>Calyptotricha pleuronemoides</i> Philips, 1882</p>
Марий Эл	<p><i>Pseudohaplocaulus infravacuolatus</i> Foissner & Brozek, 1996 <i>Haplocaulus</i> spp. <i>Pseudohaplocaulus anabaenae</i> (Stiller, 1940) <i>Pelagohalteria viridis</i> (Fromentel, 1876) <i>Urotricha</i> spp. <i>Coleps hirtus viridis</i> <i>Cyclidium</i> spp. <i>Actinobolina smalli</i> Holt, Lynn & Corliss 1973 (оз. Солонное) <i>Pelagothrix plancticola</i> Foissner et al., 1995 <i>Histiobalantium natans</i> Clap. & Lachm., 1858 <i>Loxodes magnus</i> Stokes, 1887 <i>Apsiktrata gracilis</i> (Penard, 1922) (оз. Кузнечиха) <i>Strombidinopsis setigera</i> Stokes, 1885 (оз. Кузнечиха) <i>Pseudoblepharisma tenue</i> (Kahl, 1926) (оз. Кузнечиха) <i>Stichotricha secunda</i> Perty, 1849 (оз. Кузнечиха) <i>Stichotricha aculeata</i> Wrzesniowski., 1870 (оз. Кичиер и Ч. Кичиер) <i>Rimostrombidium</i> spp. (<i>R. humile</i> (Penard, 1922) <i>R. hyalinum</i> (Mirabdulaev, 1985) <i>Pelagostrombidium fallax</i> (Zach., 1895) <i>P. mirabile</i> (Penard, 1916)</p>	<p><i>Apsiktrata gracilis</i> <i>Spirostomum semi-virescens</i> Perty, 1852 <i>Trichodina domerguei</i> (Wallengren 1897) <i>Microthorax viridis</i> Penard, 1922 <i>Metopus</i> cf. <i>nivaaensis</i> Esteban et al., 1995 <i>Pelagovorticella mayeri</i> (Faure-Fremiet, 1920)</p>

Башкортостан	<i>Balanion planctonicum</i> Foissner et al., 1994 <i>Askenasia volvox</i> (Eichwald, 1852) <i>Rabdoaskenasia minima</i> Krainer & Foissner, 1990 <i>Halteria grandinella</i> <i>Pelagostrombidium mirabile</i> <i>Rimostrombidium hyalinum</i> <i>Cyclidium glaucoma</i> (O.F.Mull., 1773) <i>Pelagohalteria viridis</i> , <i>Urotricha furcate</i> Schewiakoff, 1893 <i>Monodinium chlorelligerum</i>	<i>P. mayeri</i> <i>Metacineta cuspidata</i> (Kellicott, 1885) <i>Membranicola tamari</i> Foissner et al, 1999 <i>Opisthodon niemencense</i> , <i>Pseudomicrothorax agilis</i> Mermod, 1914
Куйбышевское водохранилище	Вдхр.: <i>Tintinnopsis cylindrata</i> Kofoid & Campbell, 1929 <i>Tintinnidium fluviatile</i> (Stein, 1863) <i>Codonella cratera</i> , <i>Epistylis procumbens</i> Zacharias, 1897 <i>Rimostrombidium lacustris</i> <i>R. hyalinum</i> <i>Limnostrombidium pelagicum</i> <i>Urotricha</i> spp. <i>Pelagostrombidium mirabile</i> Притоки: <i>Rimostrombidium hyalinum</i> <i>Cyclidium</i> spp. <i>Cinetochilum margaritaceum</i> <i>Pelagovorticella natans</i> <i>Holophrya</i> sp. <i>Urotricha</i> spp. <i>Monodinium chlorelligerum</i>	<i>Hastatella aesculacantha</i> Jaroski, 1927 <i>Leptopharynx costatus</i> Mermod, 1914 <i>Membranicola tamari</i> <i>Metacineta cuspidata</i> <i>Tintinnidium ephemeridium</i> <i>Pelagodileptus trachelioides</i> (Zacharias, 1894) <i>Leprotintinnus pellucidus</i> (Cleve, 1899)

* Жирным шрифтом выделены виды, обычно редко входящие в доминирующий комплекс (в скобках – водоем, в котором вид доминирует).

миксотрофных инфузорий; показана неоднородность их состава; установлено максимальное количественное развитие (индекс плотности) в полигузмозном и эвтрофных стратифицированном димиктическом и меромиктическом водоемах, при этом максимальный вклад в численность – в стратифицированных (до 51–75%), а в биомассу – в мелких зарастающих полигузмозных водоемах (до 91–98%). В Куйбышевском водохранилище, по сравнению с другими водоемами, роль миксотрофов менее значительна: до 15% и 28%, общей численности и биомассы соответственно [17].

Заключение

Таким образом, на данный момент исследования список видов инфузорий разных водоемов (Куйбышевское водохранилище, притоки, крупные озера с пониженной трофностью, малые водоемы с различным типом перемешивания водной толщи, уровня трофности, минерализации, «болотные» озера и т. д.) бассейнов Волги и Камы в зоне их слияния насчитывает более 269 видов, из которых 256 встречены в прилегающих водоемах бассейна Куйбышевского водохранилища и 144 – непосредственно в водохранилище. Из всех водораздельных водоемов наибольшим сходством фауны инфузорий с водохранилищной фауной характеризуется крупнейшее озеро Среднего Поволжья – оз. Кандры-Куль. О значительной гетерогенности фауны инфузорий близлежащих водоемов свидетельствуют относительно невысокое сходство видового состава инфузорий

разных групп водоемов, сильное различие в составе структурообразующих видов при относительно сходных фоновых и тот факт, что среднее число видов в пробе (α -разнообразие) значительно ниже общего числа видов, выявленного в водоемах за весь период исследования (β -разнообразие).

В зоне же слияния Волги и Камы, при варьирующей скорости течения и турбулентности воды, возникающих под воздействием работы ГЭС и при смешивании двух водных масс довольно часто происходит нарушение большинства характеристик сообщества простейших (снижение видового разнообразия, количественных показателей, упрощение видовой, трофической структуры и т. д.), что пока не позволяет однозначно считать такое сообщество в планктоне экотонным. Фауна зоны смешения в Куйбышевском водохранилище более сходна с «волжской», однако «камская» фауна более специфична и разнообразна. Бóльшее же сходство, в абсолютном значении, камских видов с видами зоны смешения свидетельствует о существенном вкладе именно «камской» фауны в формировании разнообразия сообщества инфузорий ниже места слияния Камы и Волги. Полученные нами данные о распространении *Leptotintinnus pellucidus* (отр. Tintinnida) ставят под сомнение предположение, что этот вид является исключительно каспийским вселенцем. В настоящий момент кроме станций у г. Астрахани он устойчиво встречается во всех водохранилищах Камского каскада, включая и зону слияния рек Волги и Камы.

Благодарности. Авторы выражают благодарность администрации и сотрудникам ИБВВ РАН, предоставившим возможность участия в отборе проб в комплексных экспедициях по р. Волге в 2016–2017 гг.

Литература

1. Куйбышевское водохранилище (научно-информационный справочник) / Отв. ред. Г.С. Розенберг, Л.А. Выхристюк. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2008. – 123 с.
2. Куйбышевское водохранилище. – Л.: Наука, 1983. – 214 с.
3. Экология фитопланктона Куйбышевского водохранилища. – Л.: Наука, 1989. – 304 с.
4. Жариков В.В., Селезнев В.А. Реакция бентосных инфузорий на изменения гидрологического режима Куйбышевского водохранилища // Водные ресурсы. – 1993. – Т. 20, № 6. – С.730–735.
5. Ротарь Ю.М. Планктонные инфузории Куйбышевского водохранилища: Дис. ... канд. биол. наук. – СПб., 1995. – 161 с.
6. Жариков В.В. Свободноживущие инфузории Волги: состав, динамика и пространственно-временное распределение в условиях полного гидротехнического зарегулирования реки: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – СПб, 1999. – 45 с.
7. Жариков В.В. Специфика водохранилищ Волги как среды обитания гидробионтов (на примере свободноживущих инфузорий) // Теоретические проблемы экологии и эволюции (Третьи Татищевские чтения). – Тольятти: ИБВВ РАН, 2000. – С. 64–72.
8. Иватин А.В. Бактериопланктон и бактериобентос Куйбышевского водохранилища. – Тольятти: Кассандра, 2012. – 183 с.
9. Зыков В.П. Отчет о деятельности Волжской биологической станции за летние месяцы 1900 г. – Саратов, 1900. – 25 с.

10. *Белихов Д.В.* Санитарно-биологическое исследование рек Исети, Чусовой и Волги в зоне Куйбышевского водохранилища. – Казань, 1964. – 313 с.
11. Волга и её жизнь. – Л.: Наука, 1978. – 350 с.
12. *Мамаева Н.В.* Инфузории бассейна Волги. – Л.: Наука, 1979. – 150 с.
13. *Жариков В.В., Ротарь Ю.М.* Состав фауны свободноживущих инфузорий Куйбышевского водохранилища // Биол. внутр. вод. Информ. бюл. – 1992. – № 92. – С. 19–30.
14. *Мыльникова З.М.* Планктонные инфузории волжских водохранилищ // Биология внутренних вод. Информ. бюл. – 1990. – № 85. – С. 41–44.
15. *Мыльникова З.М.* Планктонные инфузории камских водохранилищ // Биология внутренних вод. Информ. бюл. – 1990. – № 86. – С. 38–41.
16. *Кондратьева Т.А.* Оценка качества воды рек Меши, Казанки и Свяги по биологическим показателям. Цилиопланктон // Экологические проблемы малых рек республики Татарстан. – Казань: Фэн, 2003. – С. 226–228.
17. *Быкова С.В.* Развитие миксотрофных инфузорий в водоемах Нижней, Средней Волги и Камы как отражение особых условий существования // Изв. Сам. науч. центра РАН. – 2013. – Т. 15, № 3. – С. 2224–2233.
18. *Быкова С.В., Жариков В.В.* Инфузории некоторых карстовых озер Среднего Поволжья. // Изв. Сам. науч. центра РАН. – 2009. – Т. 11, № 1. – С. 686–694.
19. *Быкова С.В., Жариков В.В.* Инфузории озера Раифское (Волжско-Камский биосферный заповедник) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии: Бюл. – 2009. – Т. 18, № 3. – С. 121–131.
20. *Быкова С.В., Жариков В.В.* Сравнительный анализ сообществ инфузорий высокоминерализованных водоемов двух тектонических поднятий Поволжья // Поволжский экол. журн. – 2012. – № 2. – С. 142–156.
21. *Жариков В.В., Быкова С.В.* Инфузории (Ciliophora) планктона мелководной зоны водохранилищ Камского каскада // Изв. Сам. науч. центра РАН. – 2012. – Т. 14, № 5. – С. 172–178.
22. *Быкова С.В., Жариков В.В.* Инфузории мелководной зоны водохранилищ Камского каскада и притоков Камского водохранилища в период весеннего половодья // Изв. Сам. науч. центра РАН. – 2014. – Т. 16, № 5. – С. 235–243.
23. *Быкова С.В., Жариков В.В., Тарасова Н.Г., Унковская Е.Н.* Планктонные сообщества водорослей и инфузорий различных экотопов Волго-Камского плеса Куйбышевского водохранилища // Изв. ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2011. – № 25. – С. 507–515.
24. *Быкова С.В., Жариков В.В., Андреева В.А., Горбунов М.Ю., Уманская М.В.* Инфузории озера Кандры-Куль (респ. Башкортостан): состав, пространственное распределение, сезонная динамика и экологическое состояние водоема по данным их сообщества в 2012 г. // Изв. Сам. науч. центра РАН. – 2014. – Т. 16, № 5. – С. 1748–1757.
25. Уникальные экосистемы солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья / Под ред. А.Ф. Алимова, Н.М. Мингазовой. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2001. – С. 91–93.
26. *Small E.B., Lynn D.H.* Phylum Ciliophora Doflein, 1901 // Lee J.J., Leedale G.F., Bradbury Ph. (Eds.). An Illustrated guide to the protozoa. – Lawrence, Kansas: Allen Press, 2000. – P. 371–675.
27. *Lynn D.H.* The Ciliated Protozoa: Characterization, Classification, and Guide to the Literature. – N. Y.: Springer, 2008. – 605 p.

Быкова Светлана Викторовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии простейших и микроорганизмов

Институт экологии Волжского бассейна РАН
ул. Комзина, д. 10, г. Тольятти, 445003, Россия
E-mail: svbykova@rambler.ru

Жариков Владимир Васильевич, доктор биологических наук, заведующий лабораторией экологии простейших и микроорганизмов

Институт экологии Волжского бассейна РАН
ул. Комзина, д. 10, г. Тольятти, 445003, Россия
E-mail: VVZharikov@mail.ru

ISSN 2542-064X (Print)
ISSN 2500-218X (Online)

UCHENYE ZAPISKI KAZANSKOGO UNIVERSITETA. SERIYA ESTESTVENNYE NAUKI
(Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series)

2019, vol. 161, no. 1, pp. 141–157

doi: 10.26907/2542-064X.2019.1.141-157

**Biodiversity and Specificity of Planktonic Ciliate Communities
from the Zone of Volga and Kama Rivers Confluence**

S.V. Bykova^{*}, *V.V. Zharikov*^{**}

Institute of Ecology of the Volga River Basin, Russian Academy of Sciences, Togliatti, 445003 Russia
E-mail: ^{*}svbykova@rambler.ru, ^{**}VVZharikov@mail.ru

Received April 7, 2018

Abstract

This paper is devoted to the study of free-living ciliates and generalization of data on their development in the reservoirs of the Volga and Kama confluence zone, i.e., directly in the Kuibyshev Reservoir and in other reservoirs adjacent to its basin considered as sources of the potential diversity of ciliates in the region. The relevance of the study is determined by the need to investigate both hydrological and hydrobiological parameters: ciliates is the most unexplored (compared to phytoplankton or zooplankton) component of plankton. Using the results of our research in 2006–2017, we have identified more than 269 species, of which 144 species occur in the reservoir. The significant heterogeneity of the fauna of the watershed reservoirs is confirmed by the relatively low similarity of the fauna from different water bodies with the strong difference in the composition of dominant species and the slight difference in the composition of background species, as well as by the fact that α -diversity is much lower than β -diversity. It is very important that the study broadens our understanding of the distribution of rare species (for the Volga-Kama cascade of reservoirs): *Leprotintinnus pellucidus* (Cleve, 1899) and *Pelagovorticella mayeri* (Faure-Fremiet, 1920) were previously found only in the delta of the Volga River and North Caspian Sea region. A significant contribution of the Kama fauna to the biodiversity of ciliates in the planktonic community of the reservoir below the confluence zone has been proved, despite the greater similarity of the ciliate fauna in the confluence zone with the Volga fauna. The restructuring of the qualitative composition, general and structural indices of the ciliate community appear in the confluence zone of two rivers along the longitudinal axis. The nature of this restructuring, often associated with deviation of most characteristics of the protozoan community (reduction of the species diversity and quantitative parameters, as well as simplification of the species composition and trophic structure, etc.) in the Volga and Kama Rivers confluence zone, does not allow to consider this community as a unique ecotone at this stage.

Keywords: ciliates, biodiversity, Volga River, Kama River, lakes, Kuibyshev Reservoir basin

Acknowledgements. We thank the administration and staff members of Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences for the opportunity to take part in sampling procedures during the complex expeditions along the Volga River in 2016–2017.

Figure Captions

Fig. 1. Sampling sites in the zone of Volga and Kama Rivers confluence (based on <http://imhomap.ru/tatarstan-karta>). Designations: 1–7 – lakes of the Raifa section, 8, 9 – the Saraly section of the Volga-Kama Nature Reserve (Republic of Tatarstan), 10–16 – lakes of the Mari El Republic, 17 – Lake Kandry-Kul (Republic of Bashkortostan).

Fig. 2. Similarity (Sørensen coefficient, %) of the ciliate fauna of the Kuibyshev Reservoir in the zone of Volga and Kama Rivers confluence: *a*) for 2009, 2012, 2016, 2017 and *b*) in certain hydrological periods. Designations: Vb – Volga branch, Kb – Kama branch, CZ – confluence zone, bCZC – below the confluence zone.

References

- Rosenberg G.S., Vykhristyuk L.A. (Eds.) *Kuibyshevskoe vodokhranilishche (nauchno-informatsionnyi spravochnik)* [The Kuibyshev Reservoir (A Research and Information Guide). Togliatti, IEVB Ross. Akad. Nauk, 2008. 123 p. (In Russian)]
- Kuibyshevskoe vodokhranilishche* [Kuibyshev Reservoir]. Leningrad, Nauka, 1983. 214 p. (In Russian)
- Ekologiya fitoplanktona Kuibyshevskogo vodokhranilishcha* [Ecology of Phytoplankton of the Kuibyshev Reservoir]. Leningrad, Nauka, 1989. 304 p. (In Russian)
- Zharikov V.V., Seleznev V.A. Reaction of benthic ciliates to changes in the hydrological regime of the Kuibyshev Reservoir. *Vodn. Resur.*, 1993, vol. 20, no. 6, pp. 730–735. (In Russian)
- Rotar' Yu.M. Planktonic ciliates of the Kuibyshev Reservoir. *Cand. Biol. Sci. Diss.* St. Petersburg, 1995. 161 p. (In Russian)
- Zharikov V.V. Free-living ciliates of the Volga River: Composition, dynamics and spatio-temporal distribution under the conditions of complete hydrotechnical regulation of the river. *Extended Abstract of Doct. Biol. Sci. Diss.* St. Petersburg, 1999. 45 p. (In Russian)
- Zharikov V.V. The specificity of Volga reservoirs as habitats for hydrobionts (using free-living ciliates as an example). *Teoreticheskie problemy ekologii i evolyutsii (Tret'i Tatishchevskie chteniya)* [Theoretical Problems of Ecology and Evolution (Proc. 3rd Tatishchev Lectures)]. Togliatti, IEVB Ross. Akad. Nauk, 2000, pp. 64–72. (In Russian)
- Ivatin A.V. *Bakterioplankton i bakteriobentos Kuibyshevskogo vodokhranilishcha* [Bacterioplankton and Bacteriobenthos of the Kuibyshev Reservoir]. Togliatti, Cassandra, 2012. 183 p. (In Russian)
- Zykov V.P. *Otchet o deyatel'nosti Volzhskoi biologicheskoi stantsii za letnie mesyatsy* [Report on Volga Biological Station Activities for Summer Months of 1900]. Saratov, 1900. 25 p. (In Russian)
- Belikhov D.V. *Sanitarno-biologicheskoe issledovanie rek Iseti, Chusovoi i Volgi v zone Kuibyshevskogo vodokhranilishcha* [A Sanitary-Biological Research of the Iset, Chusovaya, and Volga Rivers in the Zone of the Kuibyshev Reservoir]. Kazan, 1964. 313 p. (In Russian)
- Volga i ee zhizn'* [Volga River and Its Life]. Leningrad, Nauka, 1978. 348 p. (In Russian)
- Mamaeva N.V. *Infuzorii basseina Volgi* [Ciliates of Volga River Basin]. Leningrad, Nauka, 1979. 150 p. (In Russian)
- Zharikov V.V., Rotar' Yu.M. The species composition of free-living ciliates of the Kuibyshev Reservoir. *Biol. Vnutr. Vod: Inf. Byull.*, 1992, no. 92, pp. 19–30. (In Russian)
- Myl'nikova Z.M. Planktonic ciliates of the Volga reservoirs. *Biol. Vnutr. Vod: Inf. Byull.*, 1990, no. 85, pp. 41–44. (In Russian)
- Myl'nikova Z.M. Planktonic ciliates of the Kama reservoirs. *Biol. Vnutr. Vod: Inf. Byull.*, 1990, no. 86, pp. 38–41. (In Russian)
- Kondrat'eva T.A. Assessment of the water quality of Mesha, Kazanka and Sviyaga Rivers according to biological indicators. Ciliate plankton. In: *Ekologicheskie problemy malyykh rek respubliky Tatarstan* [Ecological Problems of Small Rivers of the Republic of Tatarstan]. Kazan, Fen, 2003. pp. 226–228. (In Russian)
- Bykova S.V. The development of mixotrophic ciliates in the waterbodies of the Lower, Middle Volga and the Kama as indicator of the special conditions of existence. *Izv. Samar. Nauchn. Tsentra Ross. Akad. Nauk*, 2013, vol. 15, no. 3, pp. 2224–2233. (In Russian)

18. Bykova S.V., Zharikov V.V. Ciliates of some karst lakes of the Middle Volga region. *Izv. Samar. Nauchn. Tsentra Ross. Akad. Nauk*, 2009, vol. 11, no. 1, pp. 686–694. (In Russian)
19. Bykova S.V., Zharikov V.V. Ciliates from Lake Raifskoe (Volga-Kama Nature Reserve). *Samar. Luka*, 2009, vol. 18, no. 3, pp. 121–131. (In Russian)
20. Bykova S.V., Zharikov V.V. Comparative analysis of ciliate communities (Ciliophora) in brackish waterbodies of two tectonic heights in the Volga region. *Povolzh. Ekol. Zh.*, 2012, no. 2, pp. 142–156. (In Russian)
21. Zharikov V.V., Bykova S.V. Ciliates (Ciliophora) in the plankton of the shallow zone of the Kama cascade reservoirs. *Izv. Samar. Nauchn. Tsentra Ross. Akad. Nauk*, 2012, vol. 14, no. 5, pp. 172–178. (In Russian)
22. Bykova S.V., Zharikov V.V. Ciliates from the shallow zones of the Volga-Kama cascade reservoirs and the Kama Reservoir tributaries during the period of spring flood. *Izv. Samar. Nauchn. Tsentra Ross. Akad. Nauk*, 2014, vol. 16, no. 5, pp. 235–243. (In Russian)
23. Bykova S.V., Zharikov V.V., Tarasova N.G., Unkovskaya E.N. Planktonic communities of algae and ciliates from various ecotopes of the Volga-Kama reach of the Kuibyshev Reservoir. *Izv. PGPU im. V.G. Belinskogo*, 2011, no. 25, pp. 507–515. (In Russian)
24. Bykova S.V., Zharikov V.V., Andreeva V.A., Gorbunov M.Yu., Umanskaya M.V. Ciliates of Lake Kandry-Kul (Bashkortostan Republic): Composition, spatial distribution, seasonal dynamics, and ecological status of water bodies according to data on their communities in 2012. *Izv. Samar. Nauchn. Tsentra Ross. Akad. Nauk*, 2014, vol. 16, no. 5, pp. 1748–1757. (In Russian)
25. Alimov A.F., Mingazova N.M. (Eds.) *Unikal'nye ekosistemy solonovatovodnykh karstovykh ozer Srednego Povolzh'ya* [Unique Ecosystems of Brackish Karst Lakes of the Middle Volga Region]. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 2001, pp. 91–93. (In Russian)
26. Small E.B., Lynn D.H. Phylum Ciliophora Doflein, 1901. In: Lee J.J., Leedale G.F., Bradbury Ph. (Eds.) *An Illustrated Guide to the Protozoa*. Lawrence, Kans., Allen Press. 2000, pp. 371–675.
27. Lynn D.H. *The Ciliated Protozoa: Characterization, Classification, and Guide to the Literature*. New York, Springer, 2008. 605 p.

Для цитирования: Быкова С.В., Жариков В.В. Биоразнообразие и особенности развития инфузорий планктона в зоне слияния рек Волги и Камы // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2019. – Т. 161, кн. 1. – С. 141–157. – doi: 10.26907/2542-064X.2019.1.141-157.

For citation: Bykova S.V., Zharikov V.V. Biodiversity and specificity of planktonic ciliate communities from the zone of Volga and Kama Rivers confluence. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2019, vol. 161, no. 1, pp. 141–157. doi: 10.26907/2542-064X.2019.1.141-157. (In Russian)