

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ГЕТЕРОГЕННОСТЬ СООБЩЕСТВ ОДНОКЛЕТОЧНОГО ПЛАНКТОНА НА ПРИБРЕЖНЫХ УЧАСТКАХ ВОДОХРАНИЛИЩ КАМСКОГО КАСКАДА

© 2016 В.В. Жариков, М.В. Уманская, С.В. Быкова, Н.Г. Тарасова Е.С. Краснова, М.Ю. Горбунов

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Статья поступила в редакцию: 24.11.2016

Исследованы особенности развития планктонных сообществ одноклеточных про- и эукариот (фито-, бактериопланктона и планктонных инфузорий) в прибрежных зонах водохранилищ Камского каскада в различные гидрологические периоды. В водохранилищах и их притоках выявлено 577 видов водорослей и 190 видов инфузорий. Вариабельность численности и биомассы исследованных групп организмов на отдельных станциях очень велика, поэтому различия между водохранилищами недостоверны. Характер их пространственного распределения наиболее соответствует модели «динамики пятен». В то же время обнаружены существенные изменения в соотношении доминирующих таксонов и в составе фитопланктона и в составе сообщества планктонных инфузорий, как в разных водохранилищах, так и в разные гидрологические периоды. Для фитопланктона и инфузорий вдоль оси каскада водохранилищ в период летней межени характерно волнообразное изменение степени видового разнообразия с дискретной сменой вариантов структуры сообществ, которое разрушается в период весеннего половодья. Наши данные показывают, что концепция «речного континуума», предложенная для незарегулированных рек, не применима для каскадной системы водохранилищ Камы. *Ключевые слова:* Кама, водохранилище, одноклеточный планктон, бактерии, водоросли, инфузории

ВВЕДЕНИЕ

Кама, наряду с Волгой и Уралом, является одной из крупнейших рек, протекающих на территории Российской Федерации. Она протекает в пределах Приволжского Федерального округа РФ и пересекает Кировскую область, Башкортостан, Пермский край, Удмуртию, Татарстан. В 1980 г., с созданием Нижнекамского водохранилища завершилось зарегулирование реки, начавшееся в 1954 г. Камский каскад включает три водохранилища: Камское, Воткинское и Нижнекамское. Их создание повлияло на полноводность реки – на сегодняшний день она судоходна на протяжении 1500 км. Тем не менее, прибрежные и мелководные участки занимают существенные площади [1-5]. Как известно, именно в прибрежной зоне формируется достаточно большое количество разнообразных биотопов, в которых развиваются

специфические организмы, попадающие в крупные водоемы. В этом смысле прибрежная зона является своеобразным рефугиумом. По берегам реки расположены населенные пункты, устьевые участки многочисленных притоков. Поэтому изучение планктонных сообществ, формирующихся в прибрежной зоне, необходимо и для оценки видового богатства флоры и фауны, и для оценки экологического состояния реки.

До настоящего времени данные по развитию одноклеточных про- и эукариот реки Камы единичны и весьма разрознены, несмотря на то что это крупнейший приток Волги. Поэтому Кама не может не оказывать влияние на формирование абиотических и биотических параметров и качества воды последней. Это указывает на актуальность исследования экосистем камского каскада водохранилищ.

В настоящей работе представлены результаты анализа пространственного распределения сообществ одноклеточного про- и эукариотного планктона (в том числе его отдельных компонентов – бактерий, водорослей и инфузорий), а также отражение влияния факторов среды на структуре их сообществ в прибрежных участках каскада камских водохранилищ в различные гидрологические периоды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на водохранилищах Камского каскада в период летней межени в июле 2009 г. и в последней фазе весеннего половодья в июне 2012 г., начиная от места слияния рек Кама и Вишера и до слияния рек Кама и Волга (включая

Жариков Владимир Васильевич, доктор биологических наук, заведующий лабораторией.

E-mail: VVZharikov@mail.ru

Уманская Марина Викторовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник.

E-mail: mvumansk67@gmail.com

Быкова Светлана Викторовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник.

E-mail: svbykova@rambler.ru

Тарасова Наталья Геннадьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник.

E-mail: tnatag@mail.ru

Краснова Екатерина Сергеевна, младший научный сотрудник.

Горбунов Михаил Юрьевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник.

E-mail: myugor1960@gmail.com

Таблица 1. Общая характеристика водохранилищ Камского каскада. (составлено по: [1-5])

Водохранилище	Камское	Воткинское	Нижнекамское	Камская ветвь Куйбышевского
Общая площадь, км ²	1910	1120	1080	1397
Объём, км ³	12,2	9,4	2,9	6,6
Максимальная глубина, м	30	28	20	-
Средняя глубина, м	6,3	8,4	3,3	5,5
Длина (по Каме), км	272	365	185	265
Наибольшая ширина, км	30	9	15	40
Площадь мелководий ¹ , %	19,4	11,3	49,8	-
Площадь водосбора, км ²	168 000	184 000	366000	-
НПУ ² , м	108,5	89	62	-
Коэффициент водообмена	4,2	5,7	6,6	-
Тип регулирования стока	сезонный	сезонный	недельно-суточный	сезонный ³

Примечание. «-» – отсутствие данных; 1 – глубины менее 2 м; 2 – нормальный подпорный уровень; 3 – для всего водохранилища

Камский и Волго-Камский плесы Куйбышевского водохранилища). Морфометрические характеристики водохранилищ Камы и основные черты их гидрологического режима представлены в табл. 1.

Пробы для определения и учета фитопланктона, бактериопланктона и планктонных инфузорий отбирали и фиксировали стандартными методами [6-8]. Одновременно отбирали пробы для анализа на содержание фотосинтетических пигментов, основных ионов и биогенных элементов [9-11]. Во время отбора проб проводили измерения физико-химических показателей полевыми приборами и погружными датчиками: температуры воды, содержания растворенного кислорода, активной реакции среды (рН) и окислительно-восстановительного потенциала (Eh).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Физико-химические условия. На всем протяжении Камского каскада вода на большинстве станций была пресной со средней и умеренной минерализацией (табл. 2), преимущественно кальций-гидрокарбонатного типа [12]. Локальные изменения типа минерализации на станциях Нижнекамского и Воткинского водохранилищ в период летней межени 2009 г., возможно, объясняются влиянием притоков и точечных сбросов промышленных сточных вод, а Камского водохранилища – влиянием Верхнекамского месторождения калийных солей и береговыми обнажениями гипсов [12]. Во время весеннего половодья 2012 г. в условиях повышенной скорости течения воды и интенсивного поступления поверхностных вод с водосборной территории локальных

отклонений минерализации от Ca-HCO₃ типа ни на одной станции не было зафиксировано.

В оба гидрологических периода в прибрежной части водохранилищ наблюдалась практически полная гомотермия (табл. 2). Содержание растворенного кислорода в конце весеннего половодья на разных станциях изменялось от 5,2 до 13,1 мг О/л (в среднем, 8,7±1,6 мг О/л), а в период летней межени – от 6,4 до 10,8 мг О/л (в среднем, 7,9±1,5 мг О/л). Вся прибрежная часть водохранилищ в течение наших наблюдений была аэробной; уменьшение концентрации растворенного кислорода в придонном слое воды по сравнению с поверхностным составляло на разных станциях 0-0,7 мг О/л (2009 г.) и 0-1,8 мг О/л (2012 г.). Активная реакция (рН) воды на большинстве станций Воткинского, Нижнекамского и Камского плеса Куйбышевского водохранилищ во время летней межени 2009 г. была слабощелочной и щелочной, а в конце весеннего половодья 2012 г. – нейтральной и слабощелочной. На станциях Камского водохранилища рН воды в оба периода была нейтральной и слабощелочной (табл. 2).

Цветность воды в водохранилищах Камского каскада (табл. 2) в летнюю межень 2009 г. составляла 30-225°Pt, с наибольшими величинами в Камском и Воткинском водохранилищах. В период половодья 2012 г. цветность несколько снизилась (20-120°Pt), минимальные значения цветности (20-30°Pt) были выявлены в Чусовском заливе Камского водохранилища, который не обследовался в 2009 г.; без их учета цветность Камского водохранилища в период половодья 2012 г. составила 80±10°Pt. В оба гидрологических

Таблица 2. Некоторые физико-химические показатели и концентрация хлорофилла *a* в Камских водохранилищах

Показатель	Куйбышевское вод-ще	Нижне-Камское вод-ще	Воткинское вод-ще	Камское вод-ще
<i>Летняя межень 2009</i>				
T°	22, 5±2,0	21,5±2,4	23,5±	20,3±1,2
pH	8,2±0,3	8,3±0,3	8,9±0,2	7,2±1,2
Цветность (°Pt)	72±29	84±32	135±30	155±49
O ₂ (мг/л)	7,8±1,6	8,5±1,6	10, 2±0,3	8,8±0,6
Робщ (мкг/л)	74±17	70±39	55±18	57±24
Хл <i>a</i> (мкг/л)	<u>4,26</u> ¹ 0,68-13,73	<u>4,56</u> 1,37-9,91	<u>16,10</u> 8,81-28,26	<u>4,81</u> 3,43-6,42
∑ ионов (мг/л)	268±16	216±153	121±19	159±28 ²
<i>Конец весеннего половодья 2012</i>				
T°	21,3±1,1	19,2±0,8	19,7±1,1	19,1±0,6
pH	8,0±0,2	8,3±0,5	7,7±0,1	7,6±0,3
Цветность (°Pt)	26±4	34±5,5	59±8	61±15
O ₂ (мг/л)	9,1±3,9	7,0±1,4	8,2±0,6	8,1±0,6
Робщ (мкг/л)	221±21	179±45	163±26	131±27
Хл <i>a</i> (мкг/л)	<u>11,79</u> 3,11-28,34	<u>4,91</u> 2,12-6,36	<u>7,96</u> 3,55-13,04	<u>7,71</u> 3,02-13,10
∑ ионов (мг/л)	347±16	252±68	158±15	162±227

Примечание. В этой и последующих таблицах приведены средние значения ± стандартное отклонение.

1 – над чертой дана средняя концентрация, под чертой – пределы ее изменений.

2 – среднее дано без учета ст. Полазна, минерализация воды на которой составила 1243 мг/л, из-за растворения береговых обнажений гипса.

В 2012 г. отобрать пробы в районе гипсовых обнажений не удалось

периода наблюдалось уменьшение цветности воды сверху вниз по течению р. Кама.

Концентрация общего растворенного фосфора в исследованных водохранилищах изменяется в пределах от 30 до 140 мг/м³ (2009, межень) и от 100 до 230 мг/м³ (2012, половодье). По среднему для водохранилищ содержанию фосфора прослеживается слабо выраженный тренд увеличения его концентрации сверху вниз по течению в оба гидрологических периода.

Концентрация хлорофилла *a* (Хл *a*) в водохранилищах камского каскада в период летней межени изменялась от 0,68 до 28,68 мг/м³, а в период весеннего половодья она составляла 2,12-28,34 мг/м³. Наибольшие концентрации Хл *a* в летнюю межень регистрировались в Воткинском водохранилище, а в период половодья – в Куйбышевском (табл. 2).

Трофический статус прибрежных участков Камских водохранилищ в оба гидрологических периода по содержанию общего фосфора соответствует эвтрофному и высокоэвтрофному уровню. Однако концентрация Хл *a* на большинстве станций соответствует мезоэвтрофному уровню продуктивности. Таким образом, потенциально возможный уровень продуктивности водохранилищ не реализуется, вероятно из-за большого количества детрита (мертвого взвешенного вещества) в составе sestona.

Фитопланктон. Анализ альгофлоры планктона показал наличие в водохранилищах Камы и её притоках 577 видов водорослей. Отличительная черта альгофлоры Камского водохранилища (независимо от сезона) - преобладание в нем и его притоках диатомовых водорослей. Обычно в пресноводных водоемах наиболее разнообразным по числу видовых и внутривидовых таксонов водорослей является отдел зеленых водорослей, а в нем – порядок хлорококковых, предпочитающих теплые воды с высоким содержанием органических веществ. Однако реки северной части Пермского края, часть которых берет начало на Урале, а также незарегулированная часть р. Камы и верховья Камского водохранилища отличаются высокими скоростями течения и низкими температурами воды, при очень низкой антропогенной нагрузке (вплоть до Соликамска) на водотоки. Вероятно, именно эти факторы поддерживают в планктоне бассейна Камского водохранилища видовое разнообразие и высокие показатели количественного развития представителей отдела Bacillariophyta. Кроме того, быстрое течение способствует попаданию (выносу) в толщу воды бентосных и перифитонных форм водорослей, подавляющее большинство которых относится к отделу диатомовых (роды *Gomphonema*, *Achnanthes*, *Amphora*, *Surirella*, *Diatoma*). Необходимо отметить, что во время половодья во всех

водохранилищах отмечается повышение доли криптофитовых водорослей (12-17% от общего числа видов), видимо, за счет их интенсивного поступления с болотными водами с водосборной территории.

Численность фитопланктона в разные гидрологические периоды практически для всех станций по всему каскаду водохранилищ изменялась в пределах $0,4-6,8 \times 10^6$ кл./л. При этом только на четырех станциях численность фитопланктона превысила 10^7 кл./л (рис. 1, 2): в летнюю межень на двух станциях Воткинского водохранилища и в конце весеннего половодья на двух – Камского. В целом колебания численности фитопланктона определялись, в основном, развитием цианопрокариот.

В период летней межени 2009 г. в Камском водохранилище до 92% общей биомассы фитопланктона составляли диатомовые (Bacillariophyta), вклад которых в остальных водохранилищах каскада в биомассу снижался и составлял в среднем 55-60%. Начиная с Воткинского, существенно возрастала доля в общей биомассе водорослей отделов Chlorophyta и Cyanophyta (рис. 3). В 2012 году, в конце весеннего половодья, во всех водохранилищах каскада основной вклад в биомассу также вносили диатомовые (в среднем, 36-74%, максимально – 85,5%). При этом, в отличие от периода летней межени 2009 г., в 2012 г. была увеличена биомасса криптофитовых – в Камском и Воткинском водохранилищах в среднем до 28-38% от общей биомассы; в Нижнекамском и Куйбышевском водохранилищах – 10-13%.

В период летней межени индекс Шеннона,

рассчитанный по численности и биомассе фитопланктона (рис. 3) для каждого из водохранилищ каскада циклично падал в нижнем бьефе каждой ГЭС и возрастал к верхнему бьефу следующей ГЭС. Такое цикличное изменение, вероятно, объясняется тем, что в нижних бьефах каждой ГЭС отмечаются высокая скорость течения, турбулентность, приводящие к разрушению колоний синезеленых водорослей, активно развивающихся в это время в верхних бьефах ГЭС водохранилищ, где минимальна скорость течения. Поэтому степень доминирования видов планктонных водорослей в верхних участках водохранилищ выражена значительно слабее, чем в нижних.

В период весеннего половодья цикличность в изменении индекса Шеннона вдоль каскада водохранилищ была нарушена (рис. 4) и колебания значений от станции к станции носили хаотический характер. Не исключено также, что такое изменение видовой разнообразия и видовой структуры фитопланктона связано с высокой скоростью течения и поступлением больших водных масс с водосбора во время весеннего половодья.

Дисперсионный анализ (ANOVA) показал достоверные различия: 1) концентрации Хл а, численности фитопланктона и индекса его разнообразия по биомассе между водохранилищами; 2) Хл а, биомассы фитопланктона и индекса его разнообразия по численности между плесами и русловыми участками.

Бактериопланктон. Общая численность бактериопланктона (ОЧБ) в водохранилище изменялась в пределах $1,3-5,1 \times 10^6$ кл./мл, биомассы – $0,12-0,37$ мг/л в 2009 г. и в пределах $1,3-6,4 \times 10^6$

Таблица 3. Численность и биомасса одноклеточных про- и эукариот в планктоне Камских водохранилищ в различные гидрологические периоды

Водохранилище	Камское	Воткинское	Нижнекамское	Куйбышевское (Камский плес)
2009, летняя межень				
Численность				
Фитопланктон, 10^6 кл./л	1,89±1,25	8,14±5,67	1,45±0,63	2,36±2,92
Бактериопланктон, 10^6 кл./мл	2,72±0,89	3,04±1,27	2,56±0,32	2,11±0,62
Инфузории, 10^5 экз./л	1,19±,87	2,69±2,69	1,95±1,16	0,24±0,18
Биомасса				
Фитопланктон, мг/л	0,70±0,49	1,32±0,78	0,43±0,26	0,68±0,87
Бактериопланктон, мг/л	0,21±0,04	0,27±0,08	0,19±0,08	0,15±0,05
Инфузории, мкг/л	29,1±21,8	121,4±66,0	46,1±32,4	8,48±9,53
2012, весеннее половодье				
Численность				
Фитопланктон, 10^6 кл./л	3,67±4,81	1,64±1,11	1,71±1,32	2,58±3,63
Бактериопланктон, 10^6 кл./мл	2,60±0,79	3,09±1,36	2,40±0,77	2,28±0,69
Инфузории, 10^5 экз./л	2,85±4,02	1,00±1,00	0,16±0,14	1,79±2,78
Биомасса				
Фитопланктон, мг/л	0,91±0,52	0,48±0,40	0,32±0,20	1,86±2,99
Бактериопланктон, мг/л	0,20±0,07	0,27±0,17	0,20±0,07	0,16±0,09
Инфузории, мкг/л	77,6±121,7	22,6±21,6	4,7±2,9	43,2±70,3

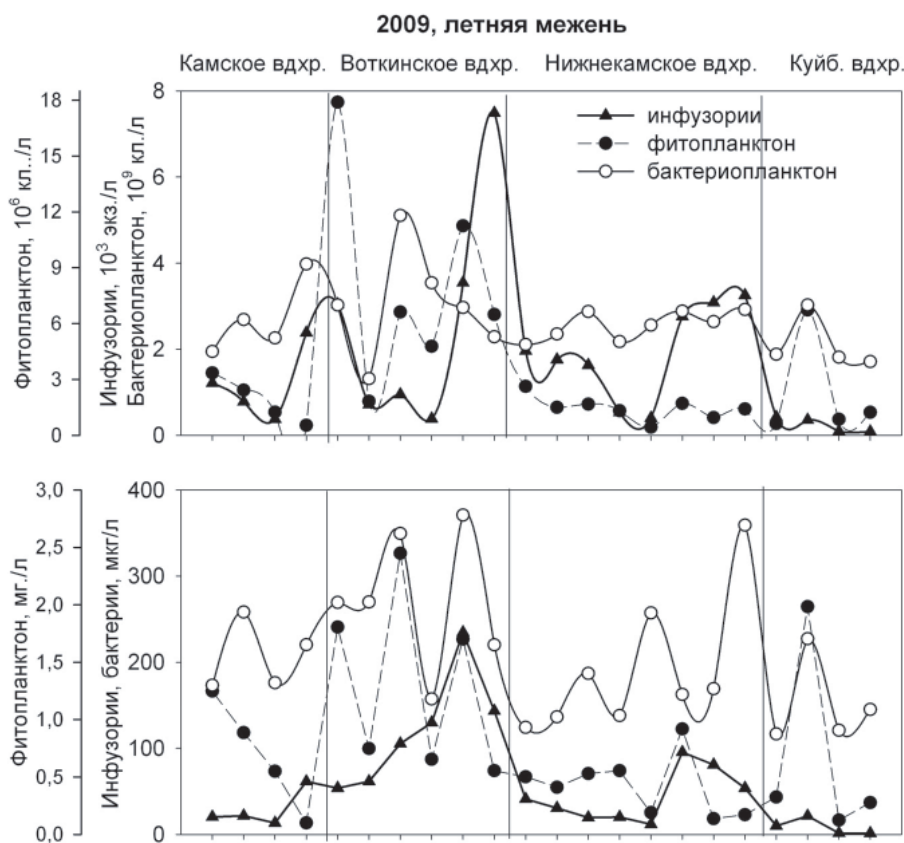


Рис. 1. Изменения численности и биомассы бактерий, водорослей и инфузورий в планктоне по каскаду Камских водохранилищ в период летней межени

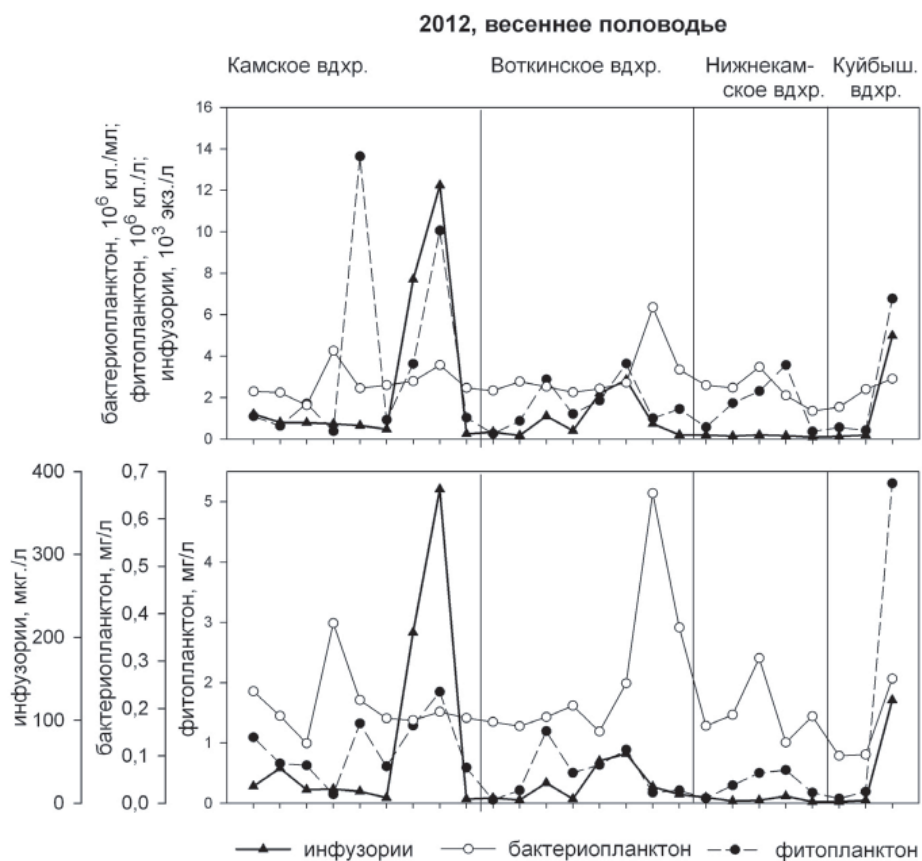


Рис. 2. Изменения численности и биомассы бактерий, водорослей и инфузورий в планктоне по каскаду Камских водохранилищ в период окончания весеннего половодья.

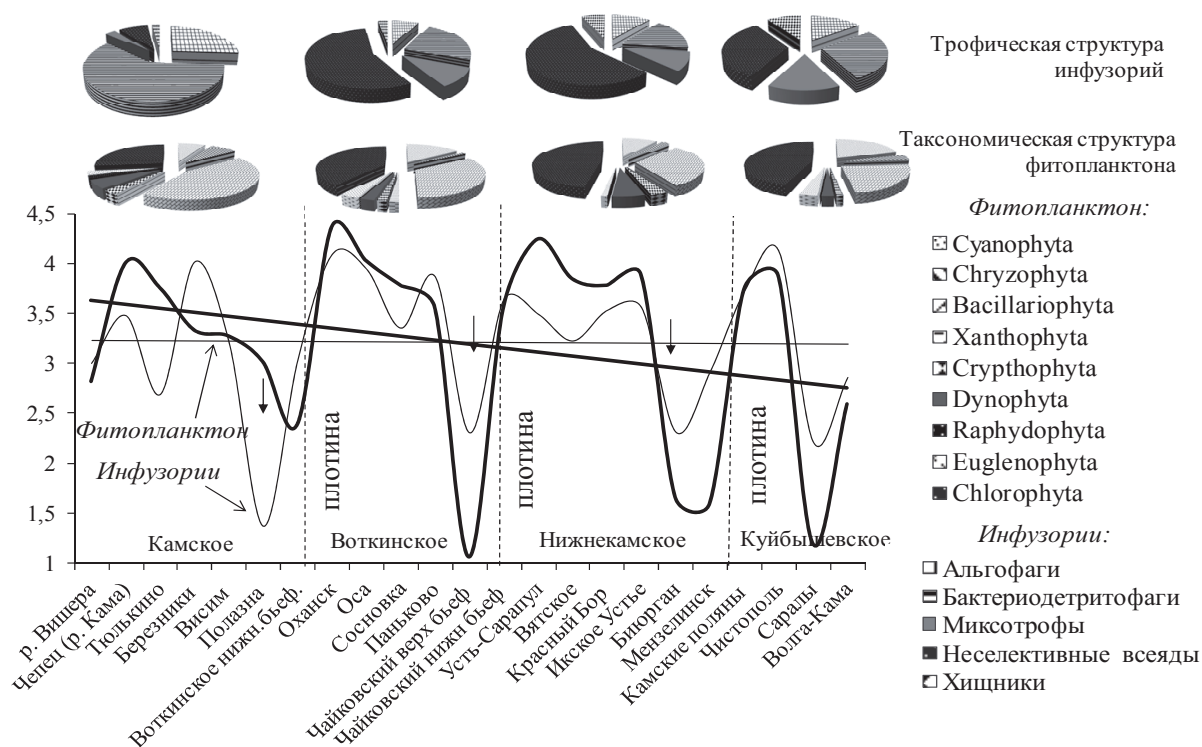


Рис. 3. Видовое и структурное разнообразие фитопланктона и инфузорий по каскаду Камских водохранилищ в период летней межени 2009г. По оси Y – индекс Шеннона

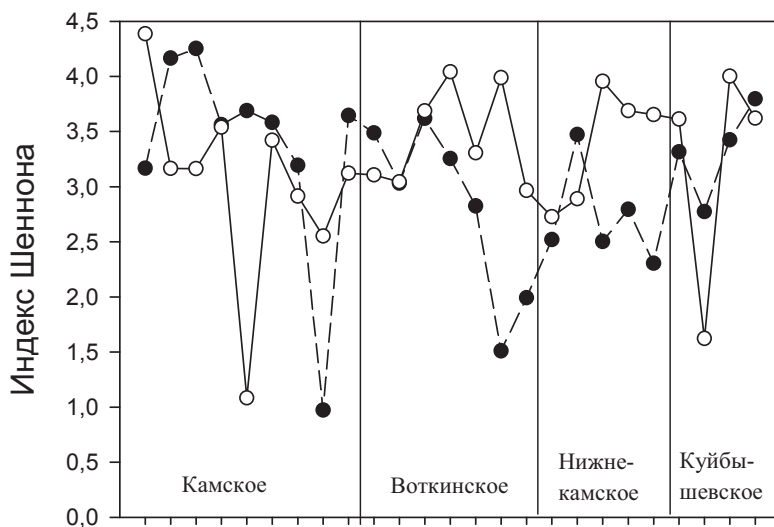


Рис. 4. Видовое разнообразие фитопланктона и инфузорий по каскаду Камских водохранилищ в период весеннего половодья 2012г. Сплошная линия – фитопланктон, прерывистая – инфузории

кл./мл и 0,1-6,7 мг/л в 2012 г., соответственно (рис. 1, 2, табл. 3). Выявлена слабовыраженная тенденция к снижению общей численности и биомассы бактериопланктона сверху вниз по течению р. Камы и в летнюю межень и во время половодья, но она была не достоверна, из-за очень большой вариабельности показателей на разных станциях,

В оба периода в составе планктона преобладали одиночные свободные клетки, преимущественно длиной 0,2-1 мкм, хотя длина отдельных клеток нитевидной формы могла достигать 22 мкм. В период летней межени в планктоне преоб-

ладали палочковидные клетки (в среднем, 60-65% ОЧБ), а во время весеннего половодья их вклад снижился до 39-41% и заметно увеличивалась доля кокков и овоидных клеток.

Во всех водохранилищах, несмотря на большое количество в sestone детритных частиц, доля бактерий, ассоциированных с ними, была невелика: в среднем 0,3-3,0% ОЧБ в разных водохранилищах в период летней межени и 2,2-6,2% во время половодья.

Средний объем клеток на разных станциях в водохранилищах изменялся от 0,06 до 0,21 мкм³

в период летней межени и от 0,06 до 0,11 мкм³ – в конце весеннего половодья. Клетки объемом 0,01-0,2 мкм³ составляли 79-82% ОЧБ в 2009 г. и 91-93% ОЧБ в 2012 г. Анализ сходства структуры бактериопланктона показал значительную степень различия между близкорасположенными станциями. При этом, структура бактериопланктона станций, находящихся в разных гидрологических условиях и/или в разных водохранилищах могла быть достаточно близкой. Все это делает недостоверным сравнительный анализ среднего состояния бактериопланктона в отдельных водохранилищах (рис. 5).

Подобный характер распределения бактериопланктона и изменения его структуры по течению р. Камы скорее всего отражает то, что в прибрежной зоне происходят быстрые и значительные по величине флуктуации абиотических условий, из-за изменения проточности, сгонно-нагонных явлений, колебаний уровня воды под воздействием работы ГЭС [2] и других факторов. Кроме этого, существенную роль, вероятно, играет ресуспендирование донных осадков, а также активный водообмен с пелагической частью водохранилища.

Численность бактериопланктона положительно коррелировала с концентрацией Хл а и биомассой фитопланктона, что видимо, отражает трофические связи между этими группами.

В целом, мгновенное распределение бактериопланктона в прибрежной зоне водохранилищ независимо от гидрологического сезона соответствует теории пятен, с нестационарным состоянием.

Свободноживущие инфузории. На данный момент фауна инфузорий всех водохранилищ Камского каскада и части их притоков представлена примерно 190 видами (123 вида обнаружены в водохранилищах каскада, 141 – в притоках).

Максимальным видовым богатством (58 видов) и видовым разнообразием по Шеннону

(4,52 бит/экз.) в конце весеннего половодья характеризуется сообщество инфузорий самого верхнего в каскаде – Камского водохранилища, что, вероятно, связано с большим влиянием в этот период прилегающей обширной заболоченной водосборной территории. В этот период сверху вниз по каскаду последовательно уменьшается сходство фауны инфузорий соседних водохранилищ: сходство фауны инфузорий Камского и Воткинского водохранилищ составило 67,9 %, Воткинского и Нижнекамского – 61,3 %, Нижнекамского и Куйбышевского – 54,5%.

В период летней межени наибольшее видовое богатство и видовое разнообразие были зарегистрированы в Нижнекамском водохранилище: 65 видов и 4,36 бит/экз., соответственно. Кроме того, в этот период видовое разнообразие сообщества инфузорий сверху вниз по каскаду увеличивалось, но в границах отдельно взятого водохранилища в направлении от плотины вышележащей ГЭС к нижележащей – наоборот, снижалось (рис. 3).

Общая численность инфузорий планктона в водохранилищах каскада изменялась в пределах 34-4980 тыс. экз./м³, биомасса – 0,92-140,6 мг/м³ в период половодья; 86-7488 тыс. экз./м³ и 1,23-234,7 мг/м³ в период летней межени (табл. 2, рис. 1, 2). Однако наиболее обильно было сообщество в Чусовском заливе и впадающих в него притоках. Так, абсолютный максимум зафиксирован в Сылвенском заливе (численность инфузорий составила 12236 тыс. экз./м³, биомасса – 378,5 мг/м³).

В состав доминирующих видов (по индексу доминирования Палия-Ковнацки в модификации Шитикова [13], учитывающего численность, биомассу и частоту встречаемости одновременно) в оба гидрологических периода входили, за небольшим исключением, одни и те же группы видов (тинтинниды, олиготрихи и хоретрихиды): *Codonella cratera* (Leidy, 1887), *Tintinnidium fluviatile* (Stein, 1863), *Urotricha spp.* (20-40 мк),

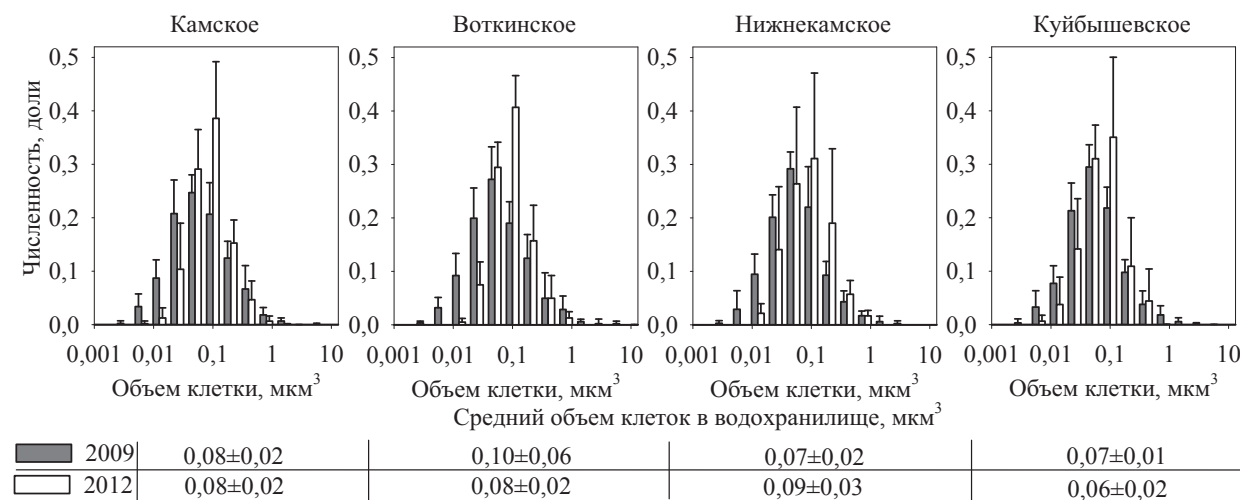


Рис. 5. Изменения размерной структуры бактериопланктона исследованных водохранилищ в разные гидрологические сезоны

Rimostrobmidium spp. (*R. humile* (Penard, 1922) + *R. hyalinum* (Mirabdulaev, 1985)), *Askenasia* spp., *Rimostrobmidium lacustris* Petz & Foissner, 1992, *Tintinnopsis cylindrata* Kof. & Cam., 1892, но видовая структура все же отличалась. В период весеннего половодья значительный вклад вносила *C. cratera*, а с учетом Чусовского залива и его притоков (в местах впадения р. Сылва и Талица) еще и *Pseudohaplocaulus infravacuolatus* Foissner & Brozek, 1996 и *Halteria grandinella* (O.F. Muller, 1773). В период летней межени, значительными по численности, биомассе и частоте встречаемости, кроме тинтиннид, были *Urotricha* spp., *Pelagovorticella natans* (Faure-Fremiet, 1924) и *R. lacustris*.

В трофической структуре сообществ инфузориального планктона прослеживаются направленные изменения сверху вниз по каскаду роли отдельных групп, с тенденцией снижения вклада в общую численность и биомассу инфузориальных бактериодетритофагов и альгофагов и увеличения вклада неселективных всеядов, хищников и специфической экологической группы инфузориальных миксотрофов (рис. 3). Роль миксотрофных инфузориальных непосредственно в водохранилищах Камского каскада, по сравнению с озерами, незначительна (в среднем от 6,5% до 14% от общей численности). В целом в оба исследованных гидрологических периода вклада в общую численность и биомассу был максимален в Камской ветви Куйбышевского водохранилища, а также на незарегулированном участке Камы.

Корреляционный анализ параметров развития сообществ инфузориальных с физико-химическими параметрами показал отсутствие достоверной корреляции с большинством физико-химических факторов, за исключением температуры и содержания кислорода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования особенностей развития планктонных сообществ одноклеточных про- и эукариот в прибрежных зонах водохранилищ Камского каскада в различные гидрологические периоды показали, что диапазон варьирования общей численности и биомассы групп микропланктона на отдельных станциях очень велик, и из-за этого различия между водохранилищами не достоверны. Характер пространственного распределения этих показателей более всего соответствует модели «динамики пятен». В тоже время, обнаружены существенные изменения в соотношении между доминирующими таксонами как в составе фитопланктона, так и в составе сообщества планктонных инфузориальных.

Достоверных корреляций количественных показателей фито-, бактериопланктона и инфузориальных с какими-либо из определявшихся абиотических показателей не выявлено. Возможно,

это связано с тем, что состояние планктонных сообществ в мелководной прибрежной зоне весьма далеко от стационарного и определяется разными факторами на разных станциях.

Анализ пространственного распределения одноклеточных про- и эукариот в мелководной зоне водохранилищ Камского каскада в различные гидрологические периоды показал, что концепция «речного континуума» [14], предложенная для незарегулированных рек, для каскадной системы водохранилищ Камы не работает. Для сообществ фитопланктона и инфузориальных вдоль оси каскада водохранилищ в период летней межени характерно волнообразное изменение степени видового разнообразия с дискретной сменой вариантов структуры сообществ, которое разрушается в период весеннего половодья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вода России. Водоохранилища [под науч. ред. А.М. Черняева]; ФГУП РосНИИВХ. Екатеринбург: АКВА-ПРЕСС, 2001. 700 с.
2. Куйбышевское водохранилище (научно-информационный справочник) [отв. ред. Г.С. Розенберг, Л.А. Выхристюк]. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2008. 123 с.
3. Современные экологические условия Камы и Камских водохранилищ / Ю.М. Матарзин, Н.Б. Сорокина, Н.П. Пушкина, И.Ф. Губанова, Л.А. Родионова, Т.А. Кортунова, А.Б. Китаев. // Биологическая продуктивность и качество воды Волги и ее водохранилищ. М.: Наука, 1984. С. 26-37.
4. Государственный водный кадастр. Разд. 1. Поверхностные воды. Сер. 3. Многолетние данные. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Ч.2. Озера и водохранилища. Т.1. РСФСР. Вып. 24. Бассейны рек Волги (среднее и нижнее течение) и Урала. Л., 1985. 517 с.
5. Эдельштейн К.К. Водоохранилища России: экологические проблемы, пути их решения. М.: ГЕОС, 1998. 277 с.
6. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М., 1975. 240 с.
7. Жариков В.В. Кадастр свободноживущих инфузориальных водохранилищ Волги. Тольятти, 1996. 76 с.
8. Porter K.G., Feig Y.S. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora // Limnol. Oceanogr. 1988. V. 25, No. 5. P. 943-948.
9. Jeffrey S.W., Humfrey G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a,b,c in higher plants algae and natural phytoplankton // Biochem. Physiol. Pflanz. 1975. Bd.167 P. 161-194.
10. Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. Методы исследования качества воды водоемов. М.: Медицина, 1990. 400 с.
11. Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия, 1973. 376 с.
12. Уманская М.В., Краснова Е.С., Горбунов М.Ю. Химический состав воды и трофический статус прибрежных участков водохранилища Камского каскада в 2009 г. // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии: Бюлл. 2011. Т. 20, № 3. С. 39-49.
13. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Коли-

чественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
14. The river continuum concept / *R.L. Vannote, G.W.*

Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell, C.E. Cushing // Canadian journal of fisheries and aquatic sciences. 1980. T. 37. №. 1. C. 130-137

SPATIAL HETEROGENEITY OF COMMUNITIES OF UNICELLULAR PLANKTON IN THE COASTAL AREWAS OF THE KAMA RESERVOIRS CASCADE

© 2016 V.V. Zharikov, M.V. Umanskaya, S.V. Bykova, N.G. Tarasova, E.S. Krasnova, M.Yu. Gorbunov

Institute of Ecology of Volga Basin of RAS, Togliatti

The peculiarities of development of planktonic communities of unicellular pro- and eukaryotes (phytoplankton, bacterioplankton and ciliates) in the coastal zones of Kama hydroelectric power reservoir cascade in two different hydrological periods were studied. 577 species of phytoplankton and 190 species of ciliates are identified in the reservoirs and their tributaries. Variability of abundance and biomass of the investigated groups of organisms at individual stations is very large, so the differences between the reservoirs are statistically unreliable. Their spatial distribution is generally consistent with the model of "spot dynamics". Nevertheless, significant changes in the ratios of dominant taxa of phytoplankton and ciliate community composition of different reservoirs and at different hydrological periods are revealed. During the summer low water period, undulating pattern of species diversity and discrete changes of the phytoplankton and ciliates communities structure developed along the long axis of the cascade. This pattern is not evident in the period of spring flood. Our data show that the concept of "river continuum" proposed for unregulated rivers is not applicable to the Kama cascade reservoir system.

Keywords: Kama, reservoir, unicellular plankton, bacteria, algae, ciliates

Vladimir Zharikov, Doctor of Biology, Head of Laboratory.

E-mail: VVZharikov@mail.ru

Marina Umanskaya, Candidate of Biology, Senior Research Fellow. E-mail: mvumansk67@gmail.com

Svetlana Bykova, Candidate of Biology, Senior Research Fellow.

E-mail: svbykova@rambler.ru

Natal'ya Tarasova, Candidate of Biology, Senior Research Fellow. E-mail: tnatag@mail.ru

Ekaterina Krasnova, Junior Research Fellow.

Mikhail Gorbunov, Candidate of Biology, Senior Research Fellow. E-mail: myu-gor1960@gmail.com