

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА В ЗОНЕ КОНТАКТА РЕЧНЫХ И ОЗЕРНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ СЕРЕЖИ И ОЗЕРА ВЕЛИКОГО НИЖЕГОРОДСКОГО ПОВОЛЖЬЯ)

Ильин М.Ю.¹, Шурганова Г.В.¹, Куклина Т.В.¹, Кудрин И.А.¹

¹ФГАОУ ВПО «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Нижний Новгород, Россия, e-mail: maxim_ilin@list.ru

Исследовано пространственное размещение сообществ зоопланктона в зоне слияния реки Серези и озера Великого, расположенных на территории охотничьего заказника «Пустынский» в Нижегородской области. На основе анализа видовой структуры идентифицированных видов зоопланктона с помощью метода многомерного векторного анализа на исследованной акватории установлено существование трех дискретных сообществ – речного и озерного, а также особого переходного сообщества в зоне контакта речных и озерных вод. Дана характеристика видовой структуры выделенных сообществ. В переходном сообществе обнаружен краевой эффект – характерный признак экотона, выраженный в увеличении количественных показателей развития зоопланктона. Выявленный в районе исследования североамериканский вид-вселенец *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) в 2013 году играл существенную роль в видовой структуре речного и переходного сообществ.

Ключевые слова: зоопланктон, сообщество, пространственная организация, видовая структура, многомерный векторный анализ, озеро-речная система.

THE SPATIAL DISTRIBUTION OF ZOOPLANKTON COMMUNITIES IN A ZONE OF RIVER-LAKE CONTACT (ON THE EXAMPLE OF RIVER SERYOZHA AND LAKE VELIKOYE IN THE NIZHNY NOVGOROD VOLGA REGION)

Ilin M.Y.¹, Shurganova G.V.¹, Kuklina T.V.¹, Kudrin I.A.¹

¹Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Nizhni Novgorod, Russia, e-mail: maxim_ilin@list.ru

The spatial distribution of zooplankton communities in the contact of river Seryozha and lake Velikoye that located on the territory of hunting reserve "Pustynsky" in The Nizhny Novgorod Region was studied. Based on the analysis of species structure of zooplankton with the method of multi-dimensional vector analysis on the study area were identified three discrete communities – river and lake, as well as a special community in the transition zone of contact between river and lake waters. The characteristic of species structure of identified communities was showed. In the transitional community was found an edge effect is one of ecotone's signs. It was expressed in increase of quantitative indicators of zooplankton. The North American exotic species *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) in 2013 played a significant role in the species structure of the river and the transitional communities.

Keywords: zooplankton, community, spatial organization, species structure, multi-dimensional vector analysis, river-lake system.

Пространственная организация сообществ гидробионтов пресноводных экосистем является актуальной задачей современной гидроэкологии и нуждается в дополнительных исследованиях. Важно провести такие исследования, основываясь не на различиях гидрологических, гидрохимических и других (абиотических) характеристик, а на различиях видовой структуры самих планктонных сообществ. Эта задача является очень сложной, поскольку границы между отдельными сообществами могут проходить в условиях отсутствия резких изменений абиотических факторов на этих границах. Установление границ между сообществами гидробионтов может служить основой для выявления и дальнейшего исследования переходных зон [9].

Среди всего многообразия переходных участков, характерных для водных экосистем, основное внимание сосредоточено на изучении зон слияния континентальных водотоков и морских вод. Именно на их примере продемонстрировано проявление краевого эффекта, описаны закономерности пространственно-временного распределения основных физико-химических и биологических характеристик. В последнее время развитие получили исследования маргинальных участков пресноводных экосистем, о чем свидетельствует тематика докладов, трех Международных научных конференций «Проблемы изучения краевых структур биоценозов»[2].

Хорошим объектом исследования в плане изучения краевых структур является одна из самых больших и живописных систем карстовых озер вместе с формирующей их рекой Сережей, расположенных на территории биологического (охотничьего) заказника «Пустынский» в Нижегородской области.

Целью настоящей работы было выделение сообществ зоопланктона, определение их границ на акватории реки Сережи и озера Великого и характеристика их видовой структуры, а также установление наличия переходного сообщества в зоне контакта граничащих сообществ.

Река Сережа – самый крупный приток реки Теше (длина 196 км), протекает в направлении с востока на запад почти параллельно Теше в 25–30 км севернее нее по равнинной местности. Сережа пересекает территории шести районов Нижегородской области. На территории водосбора реки Сережи много карстовых воронок, озер провального типа, соединяющихся протоками, и мелких речек, протекающих среди смешанных и сосновых лесов. Ширина реки в нижнем течении 50–60 м, глубина 1–2 м на плесах (в омутах до 15 м) и около 0,5 м на перекатах. Верховье реки летом пересыхает. Пойма покрыта лесом, кустарниками, местами заболочена. Недалеко от с. Старая Пустынь в пойме реки находятся довольно крупные провалы, занятые Пустыньскими озерами. По берегам Сережи нет городов, крупных промышленных предприятий, плотность сельских населенных пунктов незначительна (особенно в низовьях), что обуславливает благоприятную экологическую обстановку в бассейне реки [10]. Озеро Великое – крупный, эвтрофный водоем, площадь водного зеркала которого составляет 91,3 га, средняя глубина 3,2 м, максимальная глубина — 5,2 м. Воды озера характеризуются летней гомотермией, среднелетняя поверхностная температура — 20 – 22°C, прозрачность воды в безледный период находится в пределах 0,9 – 1,2 м [4].

Материалы и методы исследований

Материалом для работы послужили 24 пробы зоопланктона, отобранные в зоне слияния реки Сережи и озера Великого в начале третьей декады июля 2013 и 2014гг. (рис. 1).

Сборматериала осуществлялся с использованием количественной сети Джеди (капроновое сито №64) путем тотальных ловов от дна до поверхности. Обработка материала проводилась общепринятыми в практике гидробиологических исследований методами[5]. Идентификацию видов проводили с использованием определителей планктона [3,6].

Для идентификации основных зоопланктонных сообществ и установления их пространственного размещения был использован метод многомерного анализа[8]. В качестве мер сходства видовой структуры зоопланктона используется косинус угла между векторами, соединяющими начало координат с точками, изображающими пробу в многомерном пространстве численностей видов. Значения косинуса изменяются от 0 для сообществ не имеющих общих видов до 1 для идентичных сообществ зоопланктона. Оценка доминирования проводилась по индексу Ковнацкого-Паля [1]: $D = 100 \cdot P_i \cdot \frac{n_i}{\sum n_i}$, где $\frac{n_i}{\sum n_i}$ – относительное обилие, P_i – частота встречаемости i -го вида. При D равном от 100 до 10 вид является доминантом, от 10 до 1 – субдоминантом, от 1 до 0,1 – адоминантом группы а, от 0,1 до 0,01 - адоминантом группы б..

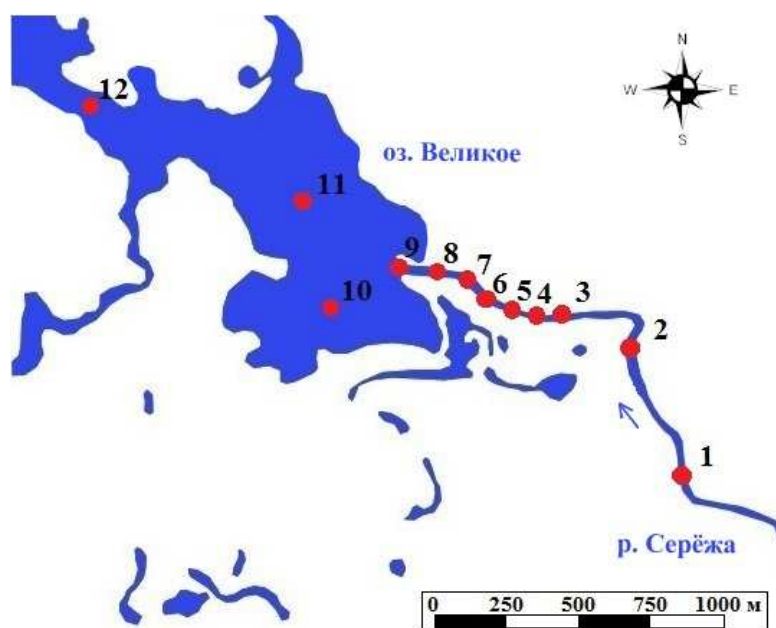


Рис. 1. Точки отбора проб зоопланктона на акватории зоны слияния реки Серёжи и озера Великого. Река Серёжа (1 – база отдыха НИРФИ, 2 – песчаный пляж, 3 – нефтепровод, 4 – 500 м выше устья, 5 – 400 м выше устья, 6 – 300 м выше устья, 7 – 200 м выше устья, 8 – 100 м выше устья, 9 – устье), озеро Великое (10 – Южный залив, 11 – центр озера, 12 – выход в оз. Глубокое)

Результаты и их обсуждение

Видовое богатство исследованных водных объектов в июле 2013 года было представлено 68 видами (Rotifera – 44, Cladocera – 19, Copepoda – 5), в июле 2014 года – 75 видами зоопланктона (Rotifera – 43, Cladocera – 25, Copepoda – 7). Подавляющее большинство видов были типичными и широко распространенными в пресных водоемах умеренных широт. Все эти виды входят в фаунистический комплекс умеренного почвенно-климатического пояса, занятого лесной зоной. Большинство этих видов являются толерантными со значительной экологической пластичностью, имеют широкое распространение [7]. Кроме того, был идентифицирован североамериканский вид-вселенец – *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908).

Метод многомерного векторного анализа позволил установить в зоне слияния реки Сережи и озера Великого наличие трех планктонных сообществ: два сообщества принадлежали реке и озеру соответственно и одно сообщество имело переходный характер и располагалось в устьевой области притока (рис. 2).

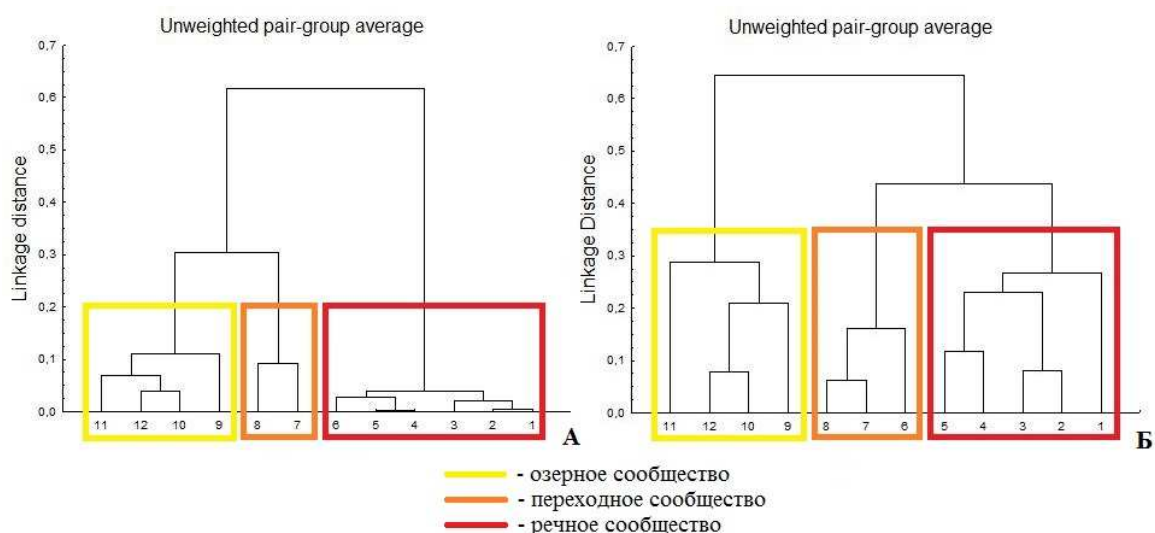


Рис. 2. Дендрограммы сходства видовой структуры зоопланктона выделенных сообществ в июле 2013 и 2014 года. А – июль 2013, Б – июль 2014

В июле 2013 года станции отбора проб №№1-6, расположенные на акватории реки Сережи (речное сообщество), характеризовались очень большим сходством видовой структуры зоопланктона ($\cos 0,94 - 1,00$). Это наиболее богатый участок исследованной акватории, он насчитывал 57 видов (Rotifera – 36, Cladocera – 18, Copepoda – 3). Высокая степень сходства видовой структуры обусловлены подавляющим доминированием в пробах вида-вселенца *K. bostoniensis* (рис. 2, табл. 1).

Станции отбора проб №№9-12, расположенные на акватории озера Великого и одна станция, находящаяся на акватории реки (озерное сообщество), характеризовались меньшим

сходством видовой структуры зоопланктона ($\cos 0,85 - 1,00$). Видовое богатство здесь было представлено 45 видами (Rotifera – 30, Cladocera – 10, Copepoda – 5), доминирующее положение по численности здесь занимали сразу 4 вида: два вида коловраток – *Keratellacochlearis* (Gosse, 1851) и *Trichocercacylindrica* (Imhof, 1891), а также науплиальные и копеподитные стадии Cyclopoida (рис. 2, табл. 1).

Станции, расположенные на акватории реки Сережи №№7-8 (переходное сообщество), имели достаточно высокую степень сходства видовой структуры зоопланктона ($\cos 0,91 - 1,00$). Видовое богатство здесь было представлено 47 видами (Rotifera – 30, Cladocera – 12, Copepoda – 5). Доминантами по численности выступали науплиальные и копеподитные стадии Cyclopoida, в меньшей степени были представлены коловратки вида *K.bostoniensis* (доминант речного сообщества) вид-вселенец и *K.cochlearis* (доминант озерного сообщества) (рис. 2, табл. 1).

Таблица 1

Ранжирование видов в выделенных сообществах зоопланктона согласно индексу доминирования Ковнацкого-Паляя в июле 2013 года

Речное сообщество	D, %	Переходное сообщество	D, %	Озерное сообщество	D, %
<i>Kellicottibostoniensis</i> (Rousselet, 1908)	51,32	CopepoditCyclopoida	20,62	<i>Keratellacochlearis</i> (Gosse, 1851)	17,43
NaupliiCyclopoida	20,82	NaupliiCyclopoida	19,67	CopepoditCyclopoida	14,39
<i>Hexarthramira</i> (Hudson, 1871)	3,90	<i>Kellicottibostoniensis</i> (Rousselet, 1908)	11,48	<i>Trichocercacylindrica</i> (Imhof, 1891)	11,32
CopepoditCyclopoida	3,48	<i>Keratellacochlearis</i> (Gosse, 1851)	8,99	NaupliiCyclopoida	11,24
<i>Conochiloidescoenobasis</i> (Skorikov, 1914)	3,42	<i>Conochiloidescoenobasis</i> (Skorikov, 1914)	5,59	<i>Brachionusdiversicornis</i> (Daday, 1883)	8,36
<i>Keratellaquadrata</i> (O.F. Müller, 1786)	2,54	<i>Bosminalongirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	4,83	<i>Polyarthramajor</i> (Burckhardt, 1900)	5,16
<i>Bosminalongirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	2,39	<i>Bosminopsisdeitersi</i> (Richard, 1895)	3,67	<i>Conochiloidescoenobasis</i> (Skorikov, 1914)	4,97
<i>Synchaetapectinata</i> (Ehrenberg, 1832)	2,03	<i>Anuraeopsisfissa</i> (Gosse, 1851)	3,67	<i>Bosminalongirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	3,40
<i>Keratellacochlearis</i> (Gosse, 1851)	1,69	<i>Synchaetapectinata</i> (Ehrenberg, 1832)	2,80	<i>Trichocercasimilis</i> (Wierzejski, 1893)	3,12
<i>Bosminopsisdeitersi</i> (Richard, 1895)	1,45	<i>Thermocyclopsioithonoides</i> (Sars, 1863)	2,60	<i>Daphniacucullata</i> (Sars, 1862)	2,96
<i>Polyarthramajor</i> (Burckhardt, 1900)	1,40	<i>Brachionusdiversicornis</i> (Daday, 1883)	2,30	<i>Brachionusangularis</i> (Gosse, 1851)	2,47
<i>Asplanchnapriodonta</i> (Gosse, 1850)	0,64	<i>Polyarthraminor</i> (Voigt, 1904)	1,86	<i>Synchaetapectinata</i> (Ehrenberg, 1832)	1,93
<i>Thermocyclopsioithonoides</i> (Sars, 1863)	0,32	<i>Trichocercacylindrica</i> (Imhof, 1891)	1,11	<i>Pompholyxcomplanata</i> (Gosse, 1851)	1,31
<i>Euchlanisdilatata</i> (Ehrenberg, 1832)	0,26	<i>Asplanchnapriodonta</i> (Gosse, 1850)	1,04	<i>Diaphanosomabrachyurum</i> (Liévin, 1848)	0,91
<i>Polyarthravulgaris</i> (Carlin, 1943)	0,26	<i>Mesocyclopsleucarti</i> (Claus, 1857)	1,04	<i>Asplanchnapriodonta</i> (Gosse, 1850)	0,87

*- В таблице приведены первые по степени доминирования 15 видов зоопланктона исследованных водных объектов

Следует отметить наибольшее видовое богатство зоопланктона (38 видов), численность (1038,3 тыс. экз./м³) зоопланктона отмечались на станции №7, принадлежащей переходному сообществу зоопланктона.

В июле 2014 года станции отбора проб №№1-5, расположенные на акватории реки Сережа (речное сообщество), характеризовались меньшим, чем в 2013 году, сходством видовой структуры зоопланктона ($\cos 0,65 - 1,00$), видовое богатство здесь было представлено 66 видами (Rotifera – 38, Cladocera – 22, Copepoda – 6). По численности доминировали коловратки видов *Keratellaquadrata* (O.F. Muller, 1786), *K.cochlearis* (Gosse, 1851) и *Hexarthramira* (Hudson, 1871) (рис. 2, табл. 2).

Станции отбора проб №№9-12, расположенные на акватории озера Великого и реки Сережи, имели также меньшее, чем в 2013 году, сходство видовой структуры зоопланктона ($\cos 0,63 - 1,00$), видовое богатство здесь было представлено 40 видами (Rotifera – 24, Cladocera – 11, Copepoda – 5). По численности доминировали науплиальные и копепоидитные стадии Cyclopoida (рис. 2, табл. 2).

Станции отбора проб №№6-8, расположенные преимущественно на акватории реки Сережа, характеризовались относительно высокой степенью сходства ($\cos 0,81 - 1,00$), видовое богатство здесь было представлено 49 видами (Rotifera – 28, Cladocera – 16, Copepoda – 5). По численности доминировали коловратки *Brachionusdiversicornis* (Daday, 1883) и *T.cylindrica*, а также науплиальные и копепоидитные стадии Cyclopoida (рис. 2, табл. 2).

Таблица 2

Ранжирование видов в выделенных сообществах зоопланктона согласно индексу доминирования Ковнацкого-Паля в июле 2014 года

Речное сообщество	D, %	Переходное сообщество	D, %	Озерное сообщество	D, %
<i>Keratellaquadrata</i> (O.F. Müller, 1786)	20,80	NaupliiCyclopoida	39,35	<i>Brachionusdiversicornis</i> (Daday, 1883)	22,58
<i>Keratellacochlearis</i> (Gosse, 1851)	19,15	CopepoditCyclopoida	16,13	NaupliiCyclopoida	15,10
<i>Hexarthramira</i> (Hudson, 1871)	15,06	<i>Bosminalongirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	7,47	CopepoditCyclopoida	13,42
NaupliiCyclopoida	9,18	<i>Brachionusdiversicornis</i> (Daday, 1883)	4,73	<i>Trichocercacylindrica</i> (Imhof, 1891)	11,10
<i>Brachionusangularis</i> (Gosse, 1851)	8,02	<i>Hexarthramira</i> (Hudson, 1871)	3,77	<i>Brachionusangularis</i> (Gosse, 1851)	5,69
<i>Bosminalongirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	6,42	<i>Bosminopsisdeitersi</i> (Richard, 1895)	3,44	<i>Polyarthramajor</i> (Burckhardt, 1900)	5,39
CopepoditCyclopoida	3,23	<i>Polyarthramajor</i> (Burckhardt, 1900)	2,99	<i>Daphnia cucullata</i> (Sars, 1862)	3,96
<i>Bosminopsisdeitersi</i> (Richard, 1895)	2,59	<i>Keratellacochlearis</i> (Gosse, 1851)	2,73	<i>Conochiloidescoenobasis</i> (Skorikov, 1914)	3,80
<i>Synchaetapectinata</i> (Ehrenberg, 1832)	2,12	<i>Brachionusangularis</i> (Gosse, 1851)	2,04	<i>Thermocyclopoithonoides</i> (Sars, 1863)	2,32
<i>Asplanchnapriodonta</i> (Gosse, 1850)	2,01	<i>Trichocercacylindrica</i> (Imhof, 1891)	1,80	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	2,24
<i>Polyarthramata</i> (Skorikov, 1896)	1,12	<i>Diaphanosomabrachyurum</i> (Liévin, 1848)	1,49	<i>Diaphanosomabrachyurum</i> (Liévin, 1848)	2,12
<i>Ceriodaphniaquadrangula</i> (O.F. Müller, 1785)	0,66	<i>Daphnia cucullata</i> (Sars, 1862)	1,33	<i>Daphnia cristata</i> (Sars, 1862)	2,09
<i>Thermocyclopoithonoides</i> (Sars, 1863)	0,56	<i>Polyarthramata</i> (Skorikov, 1896)	1,20	<i>Gastropusstylifer</i> (Imhof, 1891)	1,25
<i>Kellicottia bostoniensis</i> (Rousselet, 1908)	0,35	<i>Thermocyclopoithonoides</i> (Sars, 1863)	1,17	<i>Keratellacochlearis</i> (Gosse, 1851)	1,19
<i>Polyarthramajor</i> (Burckhardt, 1900)	0,35	<i>Anuraeopsisfissa</i> (Gosse, 1851)	1,03	<i>Trichocercasimilis</i> (Wierzejski, 1893)	1,05

*- В таблице приведены первые по степени доминирования 15 видов зоопланктона исследованных водных объектов

Наибольшее видовое богатство зоопланктона (43 вида) отмечалось на станции №7, а наибольшая численность (817,9 тыс. экз./м³) на станции №8, которые принадлежали переходному сообществу зоопланктона.

Заключение

На исследованной акватории зоны слияния реки Сережи и озера Великого выявлены пространственно непрерывные области, различающиеся между собой по видовой структуре зоопланктона – области расположения трех дискретных сообществ: речного, озерного и

переходного. Несмотря на меняющийся состав доминирующих видов речного и озерного сообществ зоопланктона, они имели относительно стабильные границы на акватории. Различный состав доминантов был обусловлен несовпадением массового развития отдельных видов зоопланктона в ходе сезонной динамики их развития в разные годы исследований. В переходном сообществе в 2013 и 2014 годах наблюдалось доминирование представителей науплиальных и копеподитных стадий Cyclopoidea. На протяжении двух лет исследований в переходном сообществе были обнаружен краевой эффект – характерный признак экотона, выраженный в увеличении количественных показателей развития зоопланктона таких как видовое богатство и численность зоопланктона. Обнаруженный в районе исследований североамериканский вид *K.bostoniensis* играл существенную роль в видовой структуре речного и переходного сообществ в 2013 году.

Список литературы

1. Баканов, А.И. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах // Фундаментальный обзор индексов обилия и доминирования. Рукопись деп. в ВИНТИ 08.12.1987, № 8593-В87. – 63 с.
2. Гидроэкология устьевых областей притоков равнинного водохранилища /ред. А. В. Крылов. Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН. – Ярославль: Филигрань, 2015. – 466 с.
3. Кутикова, Л.А. Коловратки фауны СССР. –Л.: Наука, 1970. – 744 с.
4. Лаврова, Т.В. Кузнецова, М.А. Использование структурных характеристик зоопланктоценозов для доказательства их дискретности // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2000. – № 2 (2). – С. 469–474
5. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах // Зоопланктон и его продукция. – Л.: ГОСНИОРХ, 1982. – 33 с.
6. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т.1. Зоопланктон /под ред. В.Р. Алексеева. С.Я. Цалолихина. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 495 с.
7. Пидгайко, М.Л. Зоопланктон водоемов Европейской части СССР. – М.: Наука, 1984. – 208 с.
8. Черепенников, В. В., Шурганова, Г. В., Гелашвили, Д. Б., Артельный, Е. В. Исследование различий видовой структуры основных зоопланктоценозов Чебоксарского

водохранилища методом многомерного анализа // Известия Самарского научного центра РАН. – 2004. – Т. 6. №2 (12). – С. 328 – 333.

9. Шурганова, Г.В. Динамика видовой структуры зоопланктоценозов в процессе их формирования и развития (на примере водохранилищ Средней Волги: Горьковского и Чебоксарского). Автореф. дис....докт. биол. наук. – Н. Новгород, 2007. – 48 с.

10. Шурганова, Г.В., Черепенников, В.В., Тарбеев, М.Л., Маслова, Г.О. Видовая структура зоопланктона реки Сережи Нижегородской области// Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Сер. Биология. – 2012. – Вып. 3. – С. 111-117.

Рецензенты:

Вербицкий В.Б., д.б.н., заведующий лаборатории экспериментальной экологии Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Ярославская обл., пос. Борок;

Постнов И.Е., д.б.н., зав. кафедры водных биоресурсов и аквакультуры Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, г. Нижний Новгород.