

УДК 574.583(470.344)

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА ПО ПРОДОЛЬНОМУ ПРОФИЛЮ МАЛОЙ РЕКИ
В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ
(НА ПРИМЕРЕ Р. ЦИВИЛЬ, СРЕДНЕЕ ПОВОЛЖЬЕ)**

© 2013 В.Н. Подшивалина

Государственный природный заповедник «Присурский», г. Чебоксары

Поступила 11.06.2013

Проанализированы изменения в составе, структуре и количественном развитии зоопланктона по продольному профилю р. Цивиль. Показано, что распределение зоопланктона р. Цивиль по продольному профилю лишь в небольшой части соответствует закономерностям концепции речного континуума и более адекватно может быть интерпретировано концепцией динамики пятен. Одной из значимых причин этому, вероятно, является наличие на всем протяжении интенсивной антропогенной нагрузки (преимущественно сельскохозяйственного происхождения), приводящей к эвтрофированию вод.

Ключевые слова: малые реки, зоопланктон, качество вод.

ВВЕДЕНИЕ

Малые реки в последнее время все чаще становятся объектом исследований. Их изучение происходит в целях оценки и контроля качества вод по гидрохимическим, гидробиологическим показателям, для познания биоразнообразия, а также определения закономерностей структуры и функционирования складывающихся в них уникальных экосистем. Относительно последнего аспекта, вероятно, пока не сложилось единое мнение. Очевидно, как и для большинства природных объектов, существуют общие для всех лотических систем принципы устройства наряду с частными особенностями регионального характера. Все это касается и вопроса о закономерностях распределения сообществ гидробионтов по продольному профилю малых рек. Наиболее распространенными обобщениями, объясняющими это, являются концепции речного континуума [19] и динамики пятен [15, 18]. Их соотношение и применимость в конкретных случаях подробно обсуждены в монографии А.В. Крылова [6]. Проанализировано распределение зоопланктона по продольному профилю типичных малых рек Верхней Волги, рек, заселенных бобрами, в зарослях макрофитов [6]. Сделано заключение о соответствии характеристик зоопланктона на различных участках медленно текущих малых рек бассейна Верхней Волги концепции динамики пятен. На примере р. Сережа (Нижегородская область) показано [14], что пространственное размещение зоопланктона является сочетанием «пятнистого» и континуального распределения. В.В. Богатов [3] также рассматривает концепции континуума и динамики пятен как взаимодополняющие. Тем не менее, данных о продольном распределении гидробионтов в целом и зоопланктона, в частности, крайне

недостаточно, чтобы считать вопрос полностью раскрытым. В связи с этим, представляет интерес изучение сообществ водных организмов на различных участках малых рек, особенно тех, что подвержены антропогенному воздействию.

В настоящей работе представлены результаты изучения зоопланктона по продольному профилю правого притока Волги – р. Цивиль, расположенной между бассейнами рек Сура и Свияга. Протяженность водотока составляет 172 км, водосбор занимает 4658 км² [8]. Река протекает в густонаселенной части Среднего Поволжья, в пределах Чувашской Республики, в лесостепной провинции Приволжской возвышенности. На водосборе, а также непосредственно в водоохранной зоне отмечено интенсивное сельскохозяйственное воздействие, представленное, помимо прочего, регулярным выпасом и водопоем крупного рогатого скота, овец. Бассейн реки относительно равномерно густонаселен, начиная с самого верховья. Сточные воды большинства расположенных в непосредственной близости от русла реки населенных пунктов сбрасываются в водоток.

Зоопланктон среднего течения р. Цивиль (р. Большой Цивиль) изучается с 1913 г. [10]. Сравнительная характеристика динамики планктонного сообщества на этом участке в связи с произошедшими за столетие изменениями гидрологического режима и характера антропогенной нагрузки была приведена ранее [11, 12].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал собран на 21 станции р. Цивиль в июле 2013 г. Отбор и камеральная обработка проб производились по стандартной методике [9]. В каждой точке, при наличии отличающихся по гидрологическим, морфометрическим и биотическим параметрам биотопов, отбиралась интегральная проба. Через планктонную сеть процеживалось 50-100 л воды.

Подшивалина Валентина Николаевна, ведущий научный сотрудник, vpodsh@newmail.ru

Участки верхнего, среднего и нижнего течения определяли на основе удаленности от истока: верховье – верхняя треть протяженности реки, среднее течение – центральная треть, нижнее течение – нижняя треть. Кроме того, в связи с существенным подпором воды в реке водами Куйбышевского водохранилища, станции в приустьевой части выделены в отдельную категорию. Таким образом, сообщество зоопланктона было изучено на 7 станциях верхнего течения, на 8 станциях среднего течения, на 4 станциях нижнего течения и на 2 в приустьевой части.

Для описания зоопланктона в каждой точке использовались следующие характеристики. Комплекс доминирующих видов составлялся из всех таксонов, входящих в состав доминант в разных точках на данном участке водотока. С целью оценки уровня разнообразия зоопланктонного сообщества, а также его трофической структуры использовался индекс Шеннона, вычисленный на основе данных о численности и биомассе [1]. Индивидуальные массы организмов определялись по степенным уравнениям, связывающим их длину с массой [2]. Анализ трофической структуры производился на основе выделения групп животных в соответствии с классификацией, разработанной Ю.С. Чуйковым [13]. Индекс сапробности рассчитывался по методу Пантле и Букка в модификации Сладечека [16].

Оценка состояния планктонного сообщества по продольному профилю реки производилась усреднением значений перечисленных характеристик отдельно для каждого из выделенных участков.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Структура фауны зоопланктона. В результате исследований 2002-2013 гг., а также по литературным данным [10], в составе фауны зоопланктона выявлено 55 видов беспозвоночных. Основу видового богатства составляют коловратки (35

видов) и ветвистоусые ракообразные (15 видов). Веслоногие представляют меньшинство. Подобная картина характерна и для других малых рек бассейна Волги [6]. Состав фауны, в целом, типичен для региона. Преобладание Rotifera может быть следствием значительной загрязненности вод органическим веществом. Это подтверждается и тем, что среди коловраток широко представлены виды прудового комплекса, свидетельствующие о высокой трофности вод (виды рр. *Brachionus*, *Mytilina*, *Pompholyx*). Встречаются зарослевые и прибрежные формы коловраток (р. *Trichocerca*) и ветвистоусых (р. *Alona*, *Macrothrix laticornis* (Jurine), *Pleuroxus aduncus* (Jurine), *Simocephalus vetulus* (O.F. Muller), *Sida crystallina* (O.F. Muller)). В толщу воды вымываются обитатели дна и придонных слоев ракообразные *Paracyclops f. fimbriatus* (Fischer), *Ilyocryptus agilis* Kurz, *Leydigia leydigi* (Schoedler) и коловратки р. *Rotaria*.

Наряду с характерными для исследованного региона видами в устьевой части отмечен обитатель субтропических и тропических широт [7] *Keratella tropica* (Apstein) и теплолюбивый *Brachionus budapestinensis* Daday. Из интересных находок следует также отметить обнаруженного в нижнем течении реки рачка *Diaphanosoma orghidani* Negrea, северная граница распространения которого проходит около 57° с.ш., в целом, встречающегося достаточно редко (Коровчинский, 2004). В устьевой части можно констатировать наличие влияния Куйбышевского водохранилища в связи с нахождением в сообществе типичных для него ветвистоусого *Limnospira frontosa* Sars и веслоногих *Eurytemora velox* (Lilljeborg), *Leptodora kindtii* (Focke).

Доминирующий комплекс видов включает представителей всех основных таксономических групп на каждом участке реки (табл. 1).

Таблица. 1. Состав доминирующего комплекса видов р. Цивиль

Участок реки	Доминантные виды	
	по численности	по биомассе
Верхнее течение	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg <i>Moina macrocopa</i> (Straus) <i>Disparalona rostrata</i> (Koch) <i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg <i>Moina macrocopa</i> (Straus) <i>Simocephalus vetulus</i> (O.F. Muller) <i>Disparalona rostrata</i> (Koch) <i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus) <i>Eucyclops macrurus</i> (Sars)
Среднее течение	<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann <i>Disparalona rostrata</i> (Koch) <i>Macrothrix laticornis</i> (Fischer) Copepodita	<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann <i>Disparalona rostrata</i> (Koch) <i>Macrothrix laticornis</i> (Fischer) <i>Paracyclops f. fimbriatus</i> (Fischer)
Нижнее течение	<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann <i>Asplanchna priodonta</i> Gosse <i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse <i>Megacyclops viridis</i> (Jurine) Copepodita
Устье	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas <i>Leptodora kindtii</i> (Focke)	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas <i>Leptodora kindtii</i> (Focke)

Видовое разнообразие. Оценка видового разнообразия сообществ планктонных животных произведена с помощью индекса Шеннона. Его значения (табл. 2) позволяют наблюдать некоторую тенденцию увеличения разнообразия и выравнивания зоопланктоценозов вниз по течению. Исключение составляет устьевой участок, находящийся в зоне подпора вод водохранилища. Причем даже в пределах этого относительно небольшого отрезка можно наблюдать отличия и выделить краевую зону смешения речных вод и вод из водохранилища, где более 60% численности и биомассы представлено коловратками *Brachionus calyciflorus*, что свидетельствует о невысокой выравниваемости сообщества. Они встречаются преимущественно в нижнем течении, наряду с другими, более многочисленными представите-

лями рода (*B. quadridentatus*, *B. leydigii* Cohn). Однако пик их обилия приходится именно на зону контакта вод. В самом устье представленность типичных для реки форм крайне низка, однако переменные гидрологические условия, связанные с режимом работы водохранилища, вероятно, не позволяют в полной мере проявиться попадающим сюда представителям зоопланктона. Поэтому развиваются преимущественно крупные ракообразные, типичные для водохранилища.

В целом, разнообразие зоопланктоценозов достигает значений, указанных А.М. Гиляровым [4] для мезотрофных озер, а, согласно ранжированию И.Н. Андрониковой [1] – мезо- (верхнее-среднее течение, устье) и олиготрофных (нижнее течение) озер.

Таблица 2. Показатели структуры зоопланктона р. Цивиль (индекс разнообразия Шеннона по численности (H_N , бит) и биомассе (H_B , бит), средняя индивидуальная масса организма (W , $\text{мг} \cdot 10^{-3}$), индекс сапробности (S))

Участок реки	H_N	H_B	W	S
Верхнее течение	2.61±0.33	1.79±0.32	5.11±1.88	1.91±0.14
Среднее течение	2.68±0.16	2.48±0.24	1.12±0.41	1.94±0.04
Нижнее течение	3.35±0.20	2.75±0.22	1.20±0.38	1.87±0.09
Устье	2.77±0.62	1.88±0.09	10.33±7.02	1.76±0.08

Размерная структура. Средняя индивидуальная масса организмов достигает наивысших значений в верховье и в устьевой зоне. Это связано с обилием и разнообразием ракообразных в целом и ветвистоусых, в частности. Среди последних много зарослевых форм (табл. 1) в верхнем течении и типичных пелагических в устье. Верхний участок р. Цивиль характеризуется небольшими глубинами и более высокой степенью зарастания, что создает благоприятные условия для накопления детрита и развития рачков. Среднее и нижнее течения характеризуются сочетанием разнообразных по абиотическим условиям участков, среди которых, вероятно, преобладают благоприятные для коловраток, обусловленные эвтрофированием вод. Столетие назад средняя часть реки была населена более крупными организмами [11].

Индекс сапробности позволяет охарактеризовать воды как β -мезосапробные на всем протяжении водотока. Наиболее загрязненным разлагающимся органическим веществом участок среднего течения реки был в 2002 г. (β - α -мезосапробная зона). В 2007 г. воды можно было отнести к олиго- β -мезосапробной зоне.

Трофическая структура. В верхнем течении реки наибольшую долю составляют первичные фильтраторы (40.5%), также обильны вторичные фильтраторы (24.0%). В среднем течении ведущая роль принадлежит вертикаторам (34.3%), первичным фильтраторам (25.8%) и собирателям (20.9%). В нижнем течении преобладают организмы, осуществляющие активный захват

(32.5%), и вертикаторы (22.0%). Обилие в среднем и нижнем течении добывающих пищу в толще воды коловраток-вертикаторов, вероятно, является свидетельством антропогенного эвтрофирования. В целом, для большинства рек характерно увеличение роли организмов, добывающих пищу с поверхности субстрата, из-за более высоких скоростей течения [6]. Трофическая структура, количественная оценка которой производилась на основе индекса Шеннона (Андроникова, 1996), характеризуется как относительно более выравниваемая и разнообразная в нижнем течении (индекс трофического разнообразия составил 1.79 бит). В верхнем и среднем течениях она имеет сходный уровень (индекс составил 1.55 бит). Таким образом, отмеченное эвтрофирование не приводит к снижению трофического разнообразия.

Количественное развитие зоопланктона и соотношение основных групп по биомассе. В летний период наибольшее обилие зоопланктона отмечается в верхнем течении реки (табл. 3). Далее наблюдается относительно равномерное его распределение вплоть до устья, испытывающего влияние водохранилища. Вероятно, характерные для верховий малые глубины, низкая проточность, высокая зарастаемость, благоприятствуя развитию более крупных ракообразных, создают предпосылки для такого распределения зоопланктона по продольному профилю реки, которое не соответствует концепции речного континуума, что было отмечено на примере других водотоков [6].

Таблица 3. Численность (N , тыс. экз./м³), биомасса (B , мг/м³) соотношение основных таксономических групп зоопланктона по биомассе (B_{Rot} , B_{Clad} , B_{Cop} , %) в р. Цивиль

Участок реки	N	B	B_{Rot}	B_{Clad}	B_{Cop}
Верхнее течение	7.88±4.02	92.40±53.82	7.29	66.68	26.03
Среднее течение	1.43±0.55	1.23±0.47	35.11	37.25	27.64
Нижнее течение	1.27±0.46	1.46±0.69	35.40	21.13	43.47
Устье	42.02±7.65	326.59±216.07	45.29	44.35	10.36

Доля ветвистоусых в суммарной биомассе уменьшается по продольному профилю реки (табл. 3). Веслоногие наиболее представительны в нижнем течении. В целом, коловратки менее обильны по сравнению с тем, что наблюдалось в предыдущее десятилетие [11]. Их участие в суммарной биомассе сообщества увеличивается по продольному профилю реки, что может быть обусловлено влиянием сточных вод населенных пунктов и ферм, регулярно расположенных на водосборе. В устьевой части, на границе контакта речных вод с водохранилищем, Rotifera составляют до 90% биомассы. Однако в зоне смешения вод доминируют типичные для водохранилища Cladocera (82.2%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фауна зоопланктона р. Цивиль представлена как типичными для региона таксонами, так и характерными для более южных широт. В устьевой зоне наблюдается ее пополнение за счет видов, присущих Куйбышевскому водохранилищу. Отмечена тенденция увеличения разнообразия и выравнивания зоопланктоценозов по продольному профилю, вероятно, в связи с влиянием фауны притоков, что отчасти объясняется концепцией речного континуума. Размерная структура отражает уникальность верхнего течения по сравнению с ниже расположенными участками. Это связано с развитием рачкового планктона в условиях малых глубин и низкой проточности, обилия макрофитов. В среднем и нижнем течении отмечены вызванные антропогенным эвтрофированием изменения в соотношении основных групп зоопланктона по биомассе, увеличение роли вертикаторов, добывающих пищу в толще воды. Наибольшие уровни количественного развития зоопланктона присущи верхнему течению реки, что не соответствует положениям концепции речного континуума.

Таким образом, распределение зоопланктона р. Цивиль по продольному профилю лишь в небольшой части соответствует закономерностям концепции речного континуума и более адекватно может быть интерпретировано концепцией динамики пятен. Одной из значимых причин этому, вероятно, является наличие на всем протяжении интенсивной антропогенной нагрузки (преимущественно сельскохозяйственного происхождения), приводящей к эвтрофированию вод.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-04-97158 р_поволжье_a).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996. 189 с.
2. Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1979. С. 58–72.
3. Богатов В.В. Комбинированная концепция функционирования речных экосистем // Вестн. ДВО РАН. 1995. № 3. С. 51–61.
4. Гиляров А.М. Классификация северных озер на основе данных по зоопланктону // Гидробиологический журнал. 1972. № 2. С. 5–14.
5. Коровчинский Н.М. Ветвистоусые ракообразные отряда Stenopoda мировой фауны (морфология, систематика, экология, зоогеография). М.: Т-во научных изданий КМК, 2004. 410 с.
6. Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек. М.: Наука, 2005. 263 с.
7. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука, 1970. 744 с.
8. Материалы по длинам малых рек Среднего Поволжья // Тр. Казан. фил. АН СССР. Сер. Энергетика и водное хозяйство. 1959. Вып. 2. 417 с.
9. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
10. Морозов А.С. Река Цивиль и ее обитатели // Труды общества естествоиспытателей при Императорском Казанском университете. 1915. Т. XLVII, вып. 3. С. 1–198 с.
11. Подшивалина В.Н. Зоопланктон некоторых малых рек Чувашской Республики // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана: лекции и материалы докладов всерос. школы-конф. Ярославль: Принтхаус, 2008. С. 231–234.
12. Подшивалина В.Н. Зоопланктон р. Большой Цивиль (Среднее Поволжье) в условиях изменения гидрологического режима и увеличения антропогенной нагрузки // Поволжский экологический журнал. 2011. № 1. С. 49–58.
13. Чуйков Ю.С. Методы экологического анализа состава и структуры сообществ водных животных. Экологическая классификация беспозвоночных, встречающихся в планктоне пресных вод // Экология. 1981. № 3. С. 71–77.
14. Шурганова Г.В., Черепенников В.В., Тарбеев М.Л., Маслова Г.О. Видовая структура реки Серези Нижегородской области // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2012. № 3(1). С. 111–117.
15. Pringle C.M., Naiman R.J., Bretschko J. et al. Patch dynamics in lotic systems: The stream as a mosaic // J. Nat. Amer. Benthol. Soc. 1988. Vol. 7, N 4. P. 503–524.

16. *Sladeczek V.* Rotifers as indicators of water quality // *Hydrobiologia*. 1983. V. 100. N 2. P. 169-201.
17. *Sladeczek V.* System of water quality from biological point of view // *Erebnisse der Limnologie*. Stuttgart, 1973. P. 1-218.
18. *Townsend C.R.* The patch dynamics concept of stream community ecology // *J. Nat. Amer. Benthol. Soc.* 1989. Vol. 8. P. 36-50.
19. *Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W.* The river continuum concept // *Canad. J. Fish. and Aquat. Sci.* 1980. Vol. 37, N 1. P. 130-137.

ZOOPLANKTON DISTRIBUTION ALONG SMALL RIVER PROFILE UNDER HIGH ANTHROPOGENIC LOAD (ON THE EXAMPLE OF TSIVIL RIVER, MIDDLE VOLGA REGION)

© 2013 V.N. Podshivalina

The State Nature Reserve «Prisursky»

The zooplankton composition, structure and abundance modifications along the Tsvil river profile were analyzed. The zooplankton distribution along the Tsvil river profile just partially conforms to the river continuum concept and can be more equally interpreted by the patch dynamics concept. The probable reason for it is the presence of intensive anthropogenic load (mainly agricultural), leading to water eutrophication.

Key words: small rivers, zooplankton, water quality.