

УЧАСТИЕ ЗООПЛАНКТОНА В САМООЧИЩЕНИИ МАЛОГО ВОДОТОКА Г. НИЖНЕГО НОВГОРОДА

Шурганова Г.В.¹, Макеев И.С.¹, Гаврилко Д.Е.¹, Голикова А.И.¹

¹Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия, e-mail: ecology@bio.unn.ru

В работе приведены результаты изучения участия зоопланктона в процессах самоочищения малого водотока г. Нижнего Новгорода. Исследованы некоторые морфометрические, гидрофизические и гидрохимические показатели водной среды малой реки Левинки. Описаны сообщества высшей водной растительности, влияющие на сообщества зоопланктона и качество воды. Выявлены пространственные различия видовой структуры, видового богатства, численности и биомассы основных систематических групп зоопланктона. Проведена оценка качества воды р. Левинка на основе анализа количественного развития индикаторных видов зоопланктона. Рассчитано время фильтрации воды планктонными ракообразными. Оценен трофический статус водотока.

Ключевые слова: зоопланктон, сообщества, высшая водная растительность, видовая структура, скорость фильтрации, качество воды, трофический статус водотока.

THE PARTICIPATION OF ZOOPLANKTON IN THE NATURAL PURIFICATION OF SMALL STREAM IN NIZHNY NOVGOROD

Shurganova G.V.¹, Makeev I.S.¹, Gavrillko D.E.¹, Golikova A.I.¹

¹Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Russia, e-mail: ecology@bio.unn.ru

The article presents the study resulted zooplankton participation in the processes of natural purification of small river in the city of Nizhny Novgorod. Studied some morphometric, hydrophysical and hydrochemical parameters of water environment of Levinka small river. The communities of higher aquatic vegetation, affect the zooplankton communities and water quality are described. Spatial differences of species composition, species richness, abundance and biomass of the main systematic groups of zooplankton are determined. Water quality assessment in Levinka stream based on the analysis of abundance of zooplankton indicator species. The duration of water filtering by planktonic crustaceans is estimated. Trophic status of the water stream is assessed.

Keywords: zooplankton, communities, higher aquatic vegetation, multispecies structure, spatial structure, higher aquatic vegetation, water quality, trophic status

Экосистемы малых рек городских территорий находятся под влиянием многокомпонентного антропогенного воздействия и являются чрезвычайно уязвимыми. Экологическое состояние малых водотоков мегаполисов изучено слабо. Малые реки играют важную роль в формировании «экологического каркаса» города, часто используются населением в рекреационных целях, поэтому нуждаются в изучении и оздоровлении.

Формирование качества воды водоёмов и водотоков тесно связано с протеканием процессов самоочищения, которые осуществляются при участии всех населяющих их экологических групп гидробионтов [1]. Особую роль в самоочищении воды играют организмы зоопланктона и водная растительность, действуя как естественный биологический фильтр. Большую роль в формировании и восстановлении гидробиоценозов играют зоны рефугиумов. В качестве рефугиумов для организмов зоопланктона в малых реках выступают биотопы с водной растительностью.

Нижний Новгород расположен в междуречье рек Волги и Оки. Малые водотоки

г. Н. Новгорода находятся под существенным воздействием антропогенного пресса. Водосборные площади малых рек сильно загрязнены тяжелыми металлами, таким как железо, марганец, медь, алюминий, цинк, а также нефтепродуктами. Концентрация этих загрязнителей часто превышает ПДК в несколько раз. В основном реки по гидрохимическим показателям относятся к III – VI классам качества воды [8]. Некоторые водотоки города имеют расширенные участки русла с замедленным течением и богатые водной растительностью. Именно на таких участках интенсивно идут процессы самоочищения и восстановления видовой структуры зоопланктона.

Цель работы – оценить участие зоопланктона биотопов с различной высшей водной растительностью в самоочищении р. Левинки.

Материалы и методы

Река Левинка – правый приток р. Волги – протекает по густонаселённой территории трёх районов города. Имеет площадь водосбора 11,6 км² и длину 6,1 км. На расстоянии 3,2 км от устья в р. Левинку с левого берега впадает главный приток - р. Параша, имеющая длину 7,5 км и большой объем стока [8].

Исследования проводились в летний период (июль) 2015 г. на участке среднего течения р. Левинка ниже устья р. Параша (рис. 1, табл. 1).

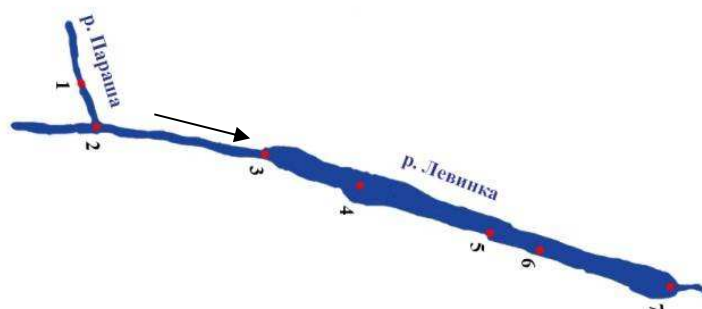


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб на реках Параше и Левинке.

Для описания водной растительности исследуемого участка р. Левинки использовался метод пробных гидрботанических площадок в выделенных биотопах с относительно однородными экологическими условиями. В зависимости от площади однородного биотопа гидрботанические описания проводили на 3 или 5 площадках по 4м², расположенных в шахматном порядке на акватории 100м². Определяли видовой состав, баллы обилия по шкале Друде и процент проективного покрытия вида, выделяли виды-доминанты и субдоминанты [5].

Таблица 1

Развитие высшей водной растительности в исследуемых биотопах рек Параша и Левинка

| № стан | Биотоп | Виды макрофитов | Проективное покрытие, % | Балл обилия |
|--------|--------|-----------------|-------------------------|-------------|
|--------|--------|-----------------|-------------------------|-------------|

| ции | | | общее | отдельных видов | по Друде |
|------------------------|---|--|-------|-----------------|----------|
| 1 | Р. Параша выше устье без водной растительности | - | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Р. Левинка в районе устья р. Параша с доминированием кубышки жёлтой | <i>Calla palustris</i> L. | 60 | 2,0 | 1 |
| | | <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L. | | 0,5 | 1 |
| | | <i>Nuphar lutea</i> (L.) Sm. | | 50,0 | 6 |
| | | <i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid. | | 6,5 | 3 |
| 3 | Р. Левинка начало прудового расширения с доминированием тростника обыкновенного | <i>Calla palustris</i> L. | 75 | 1,0 | + |
| | | <i>Nuphar lutea</i> (L.) Sm. | | 1,0 | + |
| | | <i>Phragmites australis</i> (Can.) | | 73,0 | 6 |
| 4 | Р. Левинка середина прудового расширения без водной растительности | - | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Р. Левинка участок прудового расширения у правого берега с доминированием рдеста плавающего | <i>Nuphar lutea</i> (L.) Sm. | 54 | 1,5 | + |
| | | <i>Potamogeton natans</i> L. | | 45,0 | 6 |
| | | <i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid. | | 1,5 | 2 |
| | | <i>Utricularia</i> sp. | | 5,5 | 3 |
| 6 | Р. Левинка участок прудового расширения у правого берега с 3 видами рдеста | <i>Nuphar lutea</i> (L.) Sm. | 52 | 16,0 | 3 |
| | | <i>Potamogeton filiformis</i> Pers. | | 0,1 | 2 |
| | | <i>Potamogeton natans</i> L. | | 35,0 | 4 |
| | | <i>Potamogeton obtusifolius</i> Mert. & W.D.J.Koch | | 0,3 | 3 |
| 7 | Участок выше коллектора под автодорогой с доминированием кубышки жёлтой | <i>Ceratophyllum demersum</i> L. | 83 | 0,2 | + |
| | | <i>Elodea canadensis</i> Michx. | | 0,1 | + |
| | | <i>Glyceria fluitans</i> (L.) R.Br. | | 1,0 | 2 |
| | | <i>Nuphar lutea</i> (L.) Sm. | | 70,0 | 6 |
| | | <i>Potamogeton natans</i> L. | | 6,0 | 3 |
| | | <i>Sagittaria sagittifolia</i> L. | | 3,0 | 3 |
| | | <i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid. | | 1,0 | 1 |
| <i>Utricularia</i> sp. | 2,0 | 2 | | | |

Отбор проб зоопланктона проводился в ходе единовременной съёмки на 6 станциях р. Левинка и 1 станции р. Параша с разным типом водной растительности. В каждом биотопе отбиралось по 3 пробы зоопланктона. Всего было отобрано 42 пробы. Сбор и обработка зоопланктона осуществлялись общепринятыми в практике гидробиологических исследований методами [3]. Для оценки времени фильтрации воды рачковым планктоном использовались литературные данные скорости фильтрации ракообразными в мл/мг сухой биомассы в сутки [4]. Сухую биомассу зоопланктона принимали как 10% от сырой массы.

Трофический статус вод был оценен по индексу Мяэметса [2]. Качество вод оценивали с применением индекса сапробности Пантле и Буккв модификации Сладечека [9].

Сходство видовой структуры зоопланктона оценивали с помощью метода многомерного векторного анализа который в качестве меры сходства использует косинус угла между векторами, соединяющими начало координат с точками, изображающими пробу в многомерном пространстве численностей видов. Определенная таким образом мера близости видовой структуры проб зоопланктона изменялась от 0 для зоопланктоценозов, не содержащих общих видов, до 1 для идентичных зоопланктоценозов. На основе полученной таблицы косинусов были построены матрицы расстояний между пробами с последующей их визуализацией в виде дендрограммы [6 – 7].

На станциях отбора проб измерены: глубина, температура и прозрачность воды, скорость течения и концентрации растворённого в воде кислорода (табл. 2).

Таблица 2

Основные морфометрические, гидрофизические и гидрохимические параметры исследуемых водотоков по станциям

| Показатель Станции | t, °C | O ₂ , (мг/дм ³) | Скорость течения (м/с) | Глубина (м) | Прозрачность (м) |
|-----------------------|-------|---|------------------------------|----------------|---------------------|
| 1 | 19,4 | 7,35 | 0,4 | 0,38±0,0 | 0,38±0,0 |
| 2 | 19,0 | 7,37 | 0,32 | 0,86±0,08 | 0,61±0,04 |
| 3 | 18,7 | 6,92 | 0,15 | 0,53±0,04 | 0,53±0,04 |
| 4 | 21,1 | 7,22 | <0,1 | 1,5±0,29 | 0,6±0,0 |
| 5 | 20,9 | 7,07 | <0,1 | 0,96±0,09 | 0,77±0,0 |
| 6 | 21,1 | 7,6 | <0,1 | 0,59±0,09 | 0,59±0,09 |
| 7 | 19,9 | 7,15 | <0,1 | 0,55±0,12 | 0,37±0,0 |

Результаты и их обсуждение

Высшая водная растительность исследуемого участка р. Левинки имела мозаичный характер, обусловленный как различной скоростью течения и глубиной, так и различием по уровню антропогенной нагрузки. Всего обнаружено 13 видов гидрофитов и гидатофитов.

В устьевом участке р. Параши (станции 1) погруженная высшая водная растительность отсутствовала.

В р. Левинке в районе впадения р. Параши (станция 2) наблюдалось массовое развитие кубышки желтой и многокоренника на мелководном расширении русла. Прибрежно-водная

растительность представлена тростником обыкновенным (обилие 6), ирисом болотным (обилие 2) и белокрыльником (обилие 2).

В начале прудового расширения р.Левинки (станция 3) значительную часть водного зеркала занимала ассоциация тростника обыкновенного (10 x 8,5 м), выдающаяся с правого берега более, чем на середину русла. Кубышка жёлтая и белокрыльник болотный были представлены единичными экземплярами.

Станция 4 прудового расширения реки Левинка характеризовалась отсутствием погруженной растительности.

Протяженный участок (станция 5, ширина около 21,5 м.) вдоль правого берега характеризовался доминированием рдеста плавающего (около 80%). Прибрежно-водная растительность с преобладанием манника плавающего и тростника обыкновенного.

Станция 6 оконтурена полосой плавающей растительности из рдеста плавающего и кубышки жёлтой, а также присутствием рдеста туполистного и рдеста нитевидного. Соотношение покрытия рдеста плавающего и кубышки жёлтой 70% / 30%.

На станции 7 водная поверхность обильно покрыта кубышкой жёлтой. Встречаются небольшие вкрапления пузырчатки, манника наплывающего, стрелолиста обыкновенного.

Большинство видов водных макрофитов, выявленных на участке реки относятся к эвтрофным β -мезосапробам, индикаторам стоячих и малопроточных вод. Интересным исключением был *Potamogeton filiformis* Pers. (рдест нитевидный), который обычно приурочен к олиготрофным водоёмам и водотокам с песчаным или илистым дном.

В ходе исследования было идентифицировано 92 видов планктонных организмов, из которых 43 вида (47) относилось к коловраткам (Rotifera), 32 вида (35) – к ветвистоусым ракообразным (Cladocera), 17 видов (18) – к веслоногим ракообразным (Copepoda). По зоогеографическому составу фауна зоопланктона р. Левинка является типичной для водоемов Европейской части России, за исключением двух видов-вселенцев: североамериканской коловратки *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) и характерного для солоноватых вод веслоного рачка *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1853).

С использованием метода многомерного векторного анализа на исследованной акватории рек Параша и Левинка были выделены два кластера станций со сходной видовой структурой (рис. 2). Станции 1 – 3 характеризовались доминированием науплиальных и копеподитных стадий циклопидных веслоногих рачков и ветвистоусого рачка *Daphnia cucullata* (Sars, 1862). Эти участки рек имели высокую скорость течения.

Станции 5 и 6 имели очень высокую степень сходства ($\cos \alpha = 0,96$) с преобладанием ветвистоусого ракообразного *Ceriodaphnia pulchella* (Sars, 1862) и копеподитных стадий циклопидных веслоногих рачков.

Станции 4 и 7 представляют собой участки замедленного течения реки и отличаются по видовой структуре зоопланктона от остальных станций. На станции 4 с отсутствием растительности, доминировала коловратка *Asplanchna priodonta* (Gosse, 1850), станции 7 с преобладанием кубышки жёлтой, характеризовалась доминированием копеподитных стадий циклопоид.

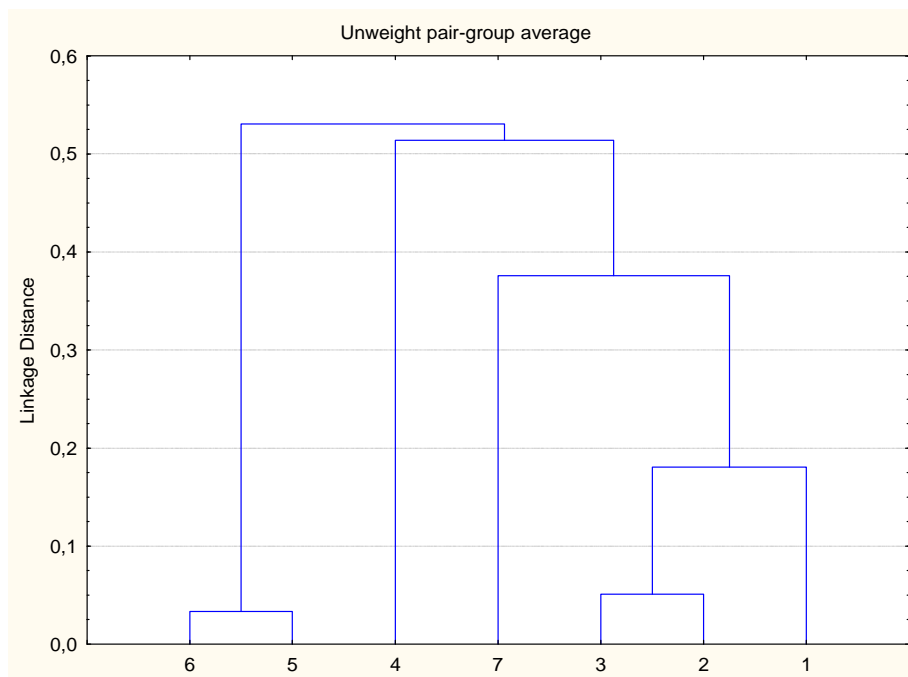


Рис. 2. Дендрограмма сходства видовой структуры зоопланктонных сообществ из разных биотопов малых рек Левинка и Параша и в июле 2015 года (по результатам многомерного векторного анализа)

Наибольшим количественным развитием зоопланктона характеризовались биотопы рдеста (станция 5) и рдестов + кубышка (станция 6) (табл. 3). Это обусловлено массовым развитием ветвистоусых ракообразных – фильтраторов *Ceriodaphnia pulchella*, *Ceriodaphnia megops* (Sars, 1862). Именно в этих участках наблюдалось наименьшее время фильтрации воды зоопланктоном (7,8 сут./м³ для станции 5, 0 и 1,4 сут./м³ для станции 6). Станции 7 также характеризовалась небольшим временем фильтрации воды зоопланктоном (6,5 сут./м³). В то время как на участке с отсутствием растительности (станция 4) время фильтрации зоопланктона составило 192,3 сут./м³.

Таблица 3

Общая численность (N, тыс. экз./м³), биомасса (B, г/м³) зоопланктона и процентное соотношение численностей и биомасс основных таксономических групп зоопланктона на исследуемой акватории рек Параша и Левинка в июле 2015 г.

| № станций отбора проб | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------|
| Численность | Rotifera, | 3 | 14 | 30 | 46 | 1 | 2 | 6 |
| | Cladocera, | 45 | 26 | 27 | 18 | 62 | 67 | 31 |
| | Copepoda, | 52 | 60 | 43 | 36 | 37 | 31 | 63 |
| | N, тыс. экз./м ³ | 17,3 ±2,5 | 20,4 ±3,5 | 7,2 ±2,1 | 36,8 ±12,4 | 110,7 ±41,9 | 220,6 ±72,1 | 11,2 ±8,5 |
| Биомасса | Rotifera, | 1 | 3 | 8 | 85 | 1 | 1 | 1 |
| | Cladocera, | 32 | 35 | 33 | 5 | 80 | 93 | 89 |
| | Copepoda, | 67 | 62 | 59 | 10 | 19 | 6 | 10 |
| | B, г/м ³ | 0,14 ±0,02 | 0,11 ±0,02 | 0,045 ±0,02 | 0,36 ±0,02 | 2,25 ±0,78 | 5,82 ±2,92 | 0,63 ±0,59 |

Трофический статус исследуемых участков рек, оценённый по индексу Мяэметса, характеризовался как эвтрофный, за исключением наиболее загрязненного приплотинного участка станции 7 (гиперэвтрофный).

Проведенная оценка качества воды использованием индекса сапробности Пантле и Букк в модификации Сладечека на основе количественного развития индикаторных видов зоопланктона характеризует реки Левинка и Параша как β -мезосапробные (умеренно загрязненные), за исключением станций 5 и 6 р. Левинки - олигосапробные (вода чистая).

Заключение

В результате работы проведена оценка участия зоопланктона в самоочищении воды на биотопах с различной высшей водной растительностью. Наименьшее время фильтрации м³ воды зоопланктоном характерно для биотопов с развитием рдеста плавающего (станция 5), рдестов и кубышки жёлтой (станция 6) и кубышки жёлтой (станция 7). Трофический статус р. Левинка оценивался преимущественно как эвтрофный. Воды р. Левинка в июле 2015 г. характеризовались как умеренно загрязненные (III класс качества воды), за исключением станций 5 и 6 – вода чистая (II класс качества). Полученные результаты могут быть основой для разработки мероприятий по оздоровлению и восстановлению экологического состояния р. Левинки.

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства Нижегородской области (распоряжение Правительства от 25.06.2015 №1168 – р.).

Список литературы

1. Андроникова И.Н. Количественная оценка участия зоопланктона в процессах самоочищения // Гидробиологические основы самоочищения вод. – Л.: Наука, 1976. – С. 30 – 35.

2. Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем. Л.: Наука, 1996. – 289 с.
3. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах // Зоопланктон и его продукция. – Л.: ГОСНИОРХ, 1982. – 33 с.
4. Монаков А.В. Питание пресноводных беспозвоночных. М.: Изд-во Тип Россельхозакадемии, 1998. – 306 с.
5. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Экология прибрежно-водной растительности (учебное пособие для студентов вузов). – М.: Изд-во НИА-Природа, РЭФИА, 2004. – 220 с.
6. 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 Российской академии наук. – 2004. – Т. 6. – № 2 (12). – С. 328-33.
7. 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.
8. Экологическое состояние водных объектов Нижнего Новгорода: монография / Под ред. Д.Б. Гелашвили. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2005. 414 с.
9. Sladecek V. System of water quality from biological point of view // Ergebnisse Limnologie-Arch. Hydrodiol. 1973. В. 7. № 7. P. 218.

Рецензенты:

Смирнов В.Ф., д.б.н., профессор кафедры нанотехнологий и биотехнологий Института физико-химических технологий и материаловедения ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород;

Дмитриев А.И., д.б.н., зав. кафедрой биологии, химии и биолого-химического образования факультета естественных, математических и компьютерных наук ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет им. К.Минина», г. Нижний Новгород.