



УДК 574.633 (574.583)

Жихарев Вячеслав Сергеевич, аспирант ФГАОУ ВО «ННГУ им. Н.И. Лобачевского»
Гаврилко Дмитрий Евгеньевич, аспирант ФГАОУ ВО «ННГУ им. Н.И. Лобачевского»
Ручкин Дмитрий Сергеевич, магистрант ФГАОУ ВО «ННГУ им. Н.И. Лобачевского»
Золотарева Татьяна Владимировна, аспирант ФГАОУ ВО «ННГУ им. Н.И. Лобачевского»

Шурганова Галина Васильевна, д.б.н., профессор ФГАОУ ВО «ННГУ им. Н.И. Лобачевского»

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

Работа выполнена при финансовой поддержке Русского географического общества в рамках гранта «Экспедиция Плавающий университет Волжского бассейна» (договор №06/2018-Р и 02/2019-Р)

БИОИНДИКАЦИЯ УСТЬЕВЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРИТОКОВ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА ОСНОВЕ РАЗВИТИЯ ИНДИКАТОРНЫХ ВИДОВ ЗООПЛАНКТОНА

Ключевые слова: зоопланктон, антропогенная нагрузка, биоиндикация, устьевая область

Аннотация. В работе представлены результаты современных биоиндикационных исследований устьевых областей 11 притоков Чебоксарского водохранилища. Нами было показано, что в устьевых областях рр. Кудьма, Черная (Сормово) и Ока, которые находятся на территориях с высокой антропогенной нагрузкой, значения индекса сапробности находились на верхней границе β -мезосапробной зоны, что соответствовало III классу качества вод. Устьевые области рек Жужгла, Трестьянка, Черная (Заволжье), Везлома, Керженец и Сундовик располагались на территориях с слабой и умеренной антропогенной нагрузкой. Значения индекса сапробности этих устьевых областей находились в пределах олигосапробной зоны и нижней границы β -мезосапробной зоны. Устьевые области рр. Ока и Кудьма имели эвтрофный статус. Остальные исследованные устьевые области имели мезо- и эвтрофный статус.

Сообщества зоопланктона является неотъемлемой частью экосистемы водотока. Зоопланктон тесно связан со всеми звеньями гидроэкосистем и отражает их общее состояние. Перспективность использования зоопланктона как биоиндикатора крайне высока. При этом зоопланктон способен быстро реагировать на изменяющиеся условия обитания, служит надежным индикатором качества вод [1] и играет существенную роль в процессах самоочищения водного объекта [2]. Изменение условий обитания организмов отражается на их видовом составе и количественном развитии [3]. При этом зоны слияния разнотипных водных масс являются серьезными гидрохимическими барьерами, которые

способны аккумулировать взвешенные и растворенные вещества [4]. В таких зонах происходит аккумуляция до 90% наносов и биогенных элементов [5]. Исходя из этого, устьевые области рек являются ключевыми биотопами, которые определяют физико-химический режим и структурно-функциональную организацию сообществ гидробионтов объектов-реципиентов [6].

Настоящая работа посвящена анализу экологического состояния устьевых областей ряда притоков зоны речной гидравлики Чебоксарского водохранилища на основе развития индикаторных видов зоопланктона.

Материалом для работы послужили пробы зоопланктона, которые были собраны в летний период 2017 г. в устьевых областях притоков Чебоксарского водохранилища. В общей сложности было обследовано 11 устьевых областей (рр. Черная (Заволжье), Пыра, Трестьянка, Жужла, Узола, Ока, Черная (Сормово), Кудьма, Керженец, Везлома, Сундовик). Исследованные реки относились к малым, средним и крупным водотокам, их длина варьировала от 17 км (р. Трестьянка) до 1,5 тыс. км (р. Ока).

Устьевые области притоков Чебоксарского водохранилища, в которых были отобраны пробы зоопланктона были расположены в пределах шести административных районов Нижегородской области. Для каждого из районов А.А. Брагазиным с соавторами [7] была дана характеристика антропогенной нагрузки на основе одноименного индекса ($J_{ан}$). Так территории, на которых располагаются устьевые области рек, можно подразделить на три категории: расположенные на территории с слабой антропогенной нагрузкой (рр. Узола, Керженец, Везлома и Сундовик), умеренной антропогенной нагрузкой (рр. Черная (Заволжье), Пыра, Трестьянка и Жужла) и сильной антропогенной нагрузкой (рр. Ока, Черная (Сормово) и Кудьма).

Отбор проб зоопланктона проводили сетью Джеди (ячей 70 мкм). Пробы фиксировали 4% раствором формалина. Определение видов зоопланктона осуществляли с использованием определителей и руководств [8-10]. Для оценки качества вод и трофического статуса использовали индекс сапробности (S_n), [11-13], фаунистический коэффициент трофности Мяэметса (E) [14], а также ГОСТ 17.1.17-82 [15].

Видовой состав зоопланктона устьевых областей притоков Чебоксарского водохранилища в летний период 2017 года был представлен 139 видами и подвидами зоопланктона, из которых к коловраткам (Rotifera) относилось 66 (47%), ветвистоусым ракообразным (Cladocera) – 54 (39%) и веслоногим ракообразным (Copepoda) – 20 (14%). Населяющие исследованные водные объекты виды имеют, преимущественно, широкое распространение. Однако, нами были обнаружены и инвазийные виды зоопланктона. В устьевых областях рр. Пыра, Черная (Сормово), Керженец, Сундовик и Везлома была найдена североамериканская чужеродная коловратка *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908), а в рр. Сундовик, Ока и Везлома рачок южного происхождения *Diaphanosoma orghidani* Negrea, 1982.

Видовое богатство и количественные характеристики зоопланктона устьевых областей притоков Чебоксарского водохранилища существенно различались между собой. Так, больше всего видов было идентифицировано в устьевой области р. Сундовик (62 вида), а минимальное в устьевой области р. Черная (Заволжье) (27 видов). В целом, видовое богатство зоопланктона исследованных устьевых областей можно считать относительно высоким. В виду высокой водности водохранилища (в среднем свободная емкость Чебоксарского водохранилища была на 30% больше по сравнению с аналогичным периодом 2016 г.) [16] устьевые области притоков находились под его сильным влиянием. Это проявлялось в основном в виде смешанного доминирующего комплекса видов, который в большинстве устьевых областей слагался типичными для Чебоксарского водохранилища видами зоопланктона.

Индикаторные виды зоопланктона всех исследованных устьевых областей составляли 84% от общего числа видов. Большинство идентифицированных видов (69%) являлись показателями β -мезосапробной зоны, 30% – показателями олигосапробной и 1% – полисапробной зоны. Для каждой устьевой области были рассчитаны средние индексы

сапробности. Анализ полученных данных показал, что качество воды большинства устьевых областей соответствовало III классу (вода «умеренно-загрязненная»). При этом II классу (вода «чистая») соответствовало только три устьевые области (рр. Везлома, Черная (Заволжье) и Керженец). Значения индекса сапробности устьевых областей рр. Третьянка и Сундовик находились на нижней границе β -мезосапробной зоны (III класс качества, вода «умеренно (слабо) загрязненная»).

Наименьшее значение индекса сапробности было выявлено в устьевой области р. Везлома ($S_n = 1,18 \pm 0,03$, II класс качества, вода «чистая»). Общий олигосапробный статус этой устьевой области складывался благодаря доминированию крупного лимнического рачка олигосапроба *Daphnia (Daphnia) galeata* Sars, 1864, который является традиционно доминирующим видом в Чебоксарском водохранилище. При этом на верхней границе устьевой области (переход в свободное течение реки) основу зоопланктона слагали различные коловратки олиго- и β -мезосапробы, а также ветвистоусый эвритопный рачок β -мезосапроб *Bosmina (Bosmina) longirostris* (O.F. Müller, 1785), который является типичным показателем эвтрофных вод. Кроме того, эта река протекает по территории, которая испытывает слабую антропогенную нагрузку ($J_{ан} = 0,72$).

Наибольшее значение индекса сапробности было выявлено в устьевой области р. Ока ($S_n = 2,16 \pm 0,07$, III класс качества, вода «умеренно загрязненная»). Общий β -мезосапробный статус этой устьевой области формировали β -мезосапробные коловратки *Brachionus angularis* Gosse, 1851 и *Brachionus calyciflorus* Pallas, 1766, которые являются типичными доминирующими видами в р. Ока и в окском потоке Чебоксарского водохранилища [17]. Следует отметить, что значения индекса сапробности рр. Черная (Сормово) и Кудьма также находились на верхней границе β -мезосапробной зоны. В этих устьевых областях доминировали такие β -мезосапробные виды, как: *B. calyciflorus*, *B. longirostris*, *Synchaeta pectinata* Ehrenberg, 1832, *Keratella quadrata* (Müller, 1786) и *Moina micrura* Kurz, 1874. Эти реки протекают по территории, которая также испытывает сильную антропогенную нагрузку ($J_{ан} = 2,18$), а по гидрохимическим показателям вода этих рек соответствует IV классу категорий А и Б (вода «сильно загрязненная») [18].

По коэффициенту трофии Мязметса (E) все исследованные устьевые области притоков Чебоксарского водохранилища были разделены на три группы – устьевые области, имеющие мезотрофный статус (рр. Жужла, Третьянка, Везлома, Керженец), эвтрофный статус (рр. Пыра, Черная (Сормово), Ока, Кудьма) и переходный мезотрофно-эвтрофный статус (рр. Черная (Заволжье), Узола, Сундовик). Реки левобережья Чебоксарского водохранилища (рр. Узола, Везлома и Керженец), а также правобережные рр. Жужла и Третьянка имеют болотное питание и характеризуются повышенной гумозностью и кислотностью. В свою очередь реки правобережья Чебоксарского водохранилища (рр. Черная (Заволжье), Пыра, Черное (Сормово), Ока, Кудьма и Сундовик) характеризуются слабощелочной реакцией среды и большим содержанием биогенов и их доступностью [19]. Вероятно, именно поэтому правобережные реки Чебоксарского водохранилища в среднем более эвтрофные, а левобережные реки характеризуются мезотрофией.

Максимальные значения коэффициента трофии (верхняя граница эвтрофного статуса) были зафиксированы для рр. Ока и Кудьма. Это может быть следствием высокой биогенной и органической нагрузки на эти реки, на что указывают и значения индекса сапробности. Реки Ока и Кудьма протекают по густонаселенным территориям и характеризуются высокой антропогенной нагрузкой. Так в бассейне р. Кудьма располагается большое количество сельскохозяйственных земель, а ее русло в среднем течении значительно преобразовано. Кроме того, в 2007 г. нижнее течение р. Кудьма подверглось загрязнению нефтепродуктами в результате аварии на нефтепродуктопроводе [20]. Река Ока в свою очередь являясь одной из крупнейших рек Европейской России считается также и наиболее загрязненной. Основное место среди факторов, вызывающих загрязнение вод р. Ока, занимают как сбросы промышленных, коммунально-бытовых и других сточных вод, транзитно поступающих в ее устьевую область с территории Московской, Калужской, Тульской, Рязанской,

Владимирской области, так и непосредственно сбросы сточных вод предприятий Нижегородской области. Устьевой участок р. Оки в значительной степени подвержен влиянию промышленно-бытовых сточных вод г. Нижнего Новгорода и г. Дзержинска [21].

Таким образом, в устьевых областях рр. Кудьма, Черная (Сормово) и Ока, которые находятся на территориях с высокой антропогенной нагрузкой, нами были зафиксированы максимальные значения индекса сапробности (верхняя граница β -мезосапробной зоны, $S_n > 2,00$), что соответствует III классу качества (вода «умеренно-загрязненная»). Остальные устьевые области располагались на территориях с слабой и умеренной антропогенной нагрузкой. Значения индекса сапробности этих устьевых областей находились в пределах олигосапробной зоны (II класс качества, вода «чистая») и нижней границы ($S_n < 2,00$) β -мезосапробной зоны (III класс качества, вода «умеренно-загрязненная»). Устьевые области рр. Ока и Кудьма на современном этапе их существования имеют эвтрофный статус, а значения коэффициента трофии Мяэметса приближаются к гиперэвтрофному статусу. Остальные исследованные устьевые области имеют мезо- и эвтрофный статус. Таким образом, экологическое состояние исследованных устьевых областей притоков Чебоксарского водохранилища можно оценить, как «относительно удовлетворительное». Однако, устьевые области рр. Ока, Кудьма, Черная (Сормово) вероятно испытывают высокую биогенную и органическую нагрузку, что приводит к ускорению процессов эвтрофирования в этих реках. Кроме того, согласно литературным данным [18] вода этих рек достаточно сильно загрязнена и по гидрохимическим показателям (ИЗВ) относится IV классу категорий А и Б, что в целом соответствует полученным данным по гидробиологическим показателям.

Список литературы:

- [1]. Badaoui N.El., Amar Y., Joaqum-Justo C., Djahed B., Ammar H., Benosman R., Thomé J.P. Assessment of Pollution in Sidi M'Named Benali Lake (Algeria) Based on Bioindicators and Physicochemical Parameters // *Iranica Journal of Energy & Environment*. – 2015. – Vol. 6. – № 4. – P. 308–315.
- [2]. Шурганова Г.В., Тарбеев М.Л. Оценка качества воды малых и средних рек Нижегородского Поволжья на основании анализа индикаторных видов зоопланктона // *Вода: химия и экология*. – 2011. – № 10. – С. 87–92.
- [3]. Вандыш О.И. Современное состояние зоопланктонного сообщества озера Ряшковское (Мурманская область) // *Биология внутренних вод*. – 2010. – № 2. – С. 36–43.
- [4]. Dyer K.R. Coastal and estuarine sediment dynamics. – New York: Wiley-Interscience Publication, 1986. – 324 p.
- [5]. Lisitzin A.P. The continental-ocean boundary as a marginal filter in the World Ocean // *Biogeochemical cycling and sediment ecology*. – Dordrecht: Kluwer, 1999. – P. 69–105.
- [6]. Bolotov S.E., Tsvetkov A.I., Krylov A.V. Zooplankton in the zones of confluence of unregulated rivers // *Inland Water Biology*. – 2012. – Vol. 5. – № 2. – P. 184–191
- [7]. Брагазин А.А., Маркелов И.Н., Нижегородцев А.А., Басуров В.А. Экологическое зонирование Нижегородской области // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Биология*. – 2014. – №1 (1). – С. 157–161.
- [8]. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria) подкласс Eurotatoria (отряды Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida). – Ленинград: Наука, 1970. – 745 с.
- [9]. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Том 1. Зоопланктон. – М.: КМК, 2010. – 496 с.
- [10]. Korovchinsky N.M. Cladocera: Ctenopoda. Families Sididae, Hopopedidae & Pseudopenilidae (Brachiopoda: Cladocera). Identification Guides to the plankton and benthos of Inland water. – Weikersheim: Margraf Publishers GmbH, 2018. – 204 p.
- [11]. Pantle F., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse // *Gas und Wasserfach*. – 1955. – Vol. 96. – № 18. – 604 p.

- [12]. Sládeček V. System of water quality from biological point of view // Archiv für Hydrobiologie. – 1973. – Vol. 7. – 114–137 p.
- [13]. Sládeček V. Rotifer as indicators of water quality // Hydrobiologia. – 1993. – Vol. 100. – № 1. – P. 169–201.
- [14]. Мязметс А.Х. Изменение зоопланктона // Антропогенное воздействие на малые озера. – Л.: Наука, 1980. – С. 54–64.
- [15]. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды в водоемах и водотоках. – М.: Гос. ком. СССР по стандартам, 1982.
- [16]. Изменения уровней водохранилищ ГЭС РусГидро // РусГидро URL: <http://www.rushydro.ru/hydrology/informer/?date=2016-08-31> (дата обращения: 25.02.2019).
- [17]. Shurganova G.V., Kudrin I.A., Yakimov V.N., Gavrillo D.E., Zhikharev V.S., Zolotareva T.V. Spatial Distribution of Zooplankton on the Upper Part of the Cheboksary Reservoir // Inland Water Biology. – 2018. – Vol. 11. – № 3. – P. 317–325.
- [18]. Состояние окружающей среды и природных ресурсов Нижегородской области в 2014 году // Доклад Министерства экологии и природных ресурсов Нижегородской области. – Нижний Новгород, 2014. – 290 с.
- [19]. Воденеева Е.Л., Охалкин А.Г., Старцева Н.А. Структурные особенности речного фитопланктона Средневолжского бореально-неморального экотона // Труды XI-го съезда Гидробиологического общества при РАН. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. – С. 33–34.
- [20]. Mingazova N.M., Derevenskaya O.Y., Palagushkina O.V., Nabeeva E.G., Blatt L.V. Criteria of rehabilitation of biotic communities in oil-polluted small rivers (by example of the Shava River, Nizhnii Novgorod oblast) // Inland Water Biology. – 2014. – Vol. 7. – № 3. – P. 192–200.
- [21]. Экологическое состояние водных объектов Нижнего Новгорода: Монография. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2005. – 414 с.

BIOINDICATION OF MOUTHS TRIBUTARIES OF THE CHEBOKSARY RESERVOIR ON THE BASED ON THE DEVELOPMENT OF INDICATOR ZOOPLANKTON SPECIES

Vyacheslav S. Zhikharev, Dmitry E. Gavrillo, Dmitry S. Ruchkin,
Tatyana V. Zolotareva, Galina V. Shurganova

Key words: zooplankton, anthropogenic load, bioindication, mouth area

The paper analyzes the results of modern bioindication studies of mouths tributaries of the Cheboksary Reservoir. We have shown that in the mouth area rivers Kudma, Chernaya (Sormovo) and Oka, which are located in areas with high anthropogenic load, the values of the saprobity index were at the upper boundary of the β -mesosaprobic zone, which corresponded to the III class of water quality. The rest of the mouth area were located in areas with weak and moderate anthropogenic load. The values of the saprobity index of these mouth area were within the oligosaprobic zone and the lower boundary of the β -mesosaprobic zone. The headwaters region of the rivers. Oka and Kudma have eutrophic status. The remaining mouth area studied have meso- and eutrophic status.