

Оценка качества воды и экологическое состояние некоторых малых рек Беларуси

О.В. КОВАЛЕВА, И.Ф. РАССАШКО

Представлены результаты изучения гидрохимических и гидробиологических особенностей малых рек Республики Беларусь, не охваченных регулярными стационарными исследованиями.

В целом, результаты проведенных исследований позволяют заключить, что качество воды ряда изученных малых рек Беларуси по некоторым гидрохимическим показателям не удовлетворяет нормативам. Под влиянием органических загрязнений значительно возрастает видовое разнообразие коловраток, нарушается структура зоопланктонных сообществ. Особенно ярко это проявляется в росте плотности и биомассы, увеличении индекса Пантле и Букка, смене доминантного комплекса видов и сокращении количества доминирующих видов, уменьшении индекса видового разнообразия, снижении соотношений N_{crust}/N_{rot} , B_{crust}/B_{rot} , N_{clad}/N_{cop} , росте доли коловраток в величинах общей плотности и биомассы. При увеличении антропогенного воздействия в реках отмечается смена лидирующих таксономических групп в направлении: Cladocera → Copepoda → Rotifera. Наиболее устойчивые зоопланктонные сообщества сформировались в реках Липа и Грабовка, где видовой состав и величины плотности в течение нескольких лет наиболее стабильны.

Ключевые слова: малые реки, трофический статус, гидрохимические и гидробиологические характеристики, зоопланктон, биоиндикация, Cladocera, Copepoda, Rotifera.

The article presents the results of study of hydrochemical and hydrobiological characteristics of the small rivers of the Republic of Belarus that are not covered by regular stationary studies.

In general the results of the research show that the quality of water of some small Belarusian rivers studied doesn't satisfy the standards on some hydrochemical indicators. Under the influence of organic pollution a specific variety of Rotifera increases, the structure of zooplanktonic communities is broken. Especially brightly it is shown in density and biomass growth, increase in the index of Pantle and Buck, change of a prepotent complex of types and reduction of quantity of dominating types, reduction of the index of a specific variety, decrease in ratios of N_{crust}/N_{rot} , B_{crust}/B_{rot} , N_{clad}/N_{cop} , share growth of Rotifera in general density and biomass. With the increase of anthropogenous influence the rivers are classified by the change of leading taxonomic groups in the direction as follows: Cladocera → Copepoda → Rotifera. The steadiest zooplanktonic communities were created in the rivers of Linden and Grabovka where specific structure and density had been the most stable for many years.

Keywords: small rivers, trophic status, hydrochemical and hydrobiological characteristics, zooplankton, bioindication, Cladocera, Copepoda, Rotifera.

Исследование экологии малых рек имеет большое теоретическое и практическое значение ввиду их распространенности, наиболее ярко выраженной реакции на антропогенное воздействие, роли в функционировании средних и крупных рек и др. Однако, по сравнению с большими реками, озерами и водохранилищами, малые реки остаются наименее исследованными. Усиленная антропогенная нагрузка на малые водотоки приводит к их укорочиванию, обмелению и даже исчезновению, что, в свою очередь, сказывается на крупных реках. Неудовлетворительное состояние малых рек, особенно качество воды в них, вызывает растущую тревогу. Как правило, регулярные стационарные гидрохимические наблюдения ведутся на крупных реках Республики Беларусь. Что касается малых рек, то такие исследования на них, за редким исключением, не проводятся. Изучение гидробиологических характеристик на малых водотоках носит и вовсе эпизодический характер. Вместе с тем, проведение биоиндикации водных экосистем рекомендовано Европейской Рамочной Водной Директивой. Оценка экологического состояния водоемов по структурным и функциональным характеристикам сообществ гидробионтов является одним из приоритетных направлений современной гидробиологии. В ряде исследований показано, что зоопланктонное сообщество, наряду с фитопланктоном и бентосом, может успешно использоваться для диагностики экологического состояния водоемов [1].

Осуществление в Беларуси экологической политики на государственном уровне предполагает наличие объективной систематизированной информации о состоянии окружающей среды, природных ресурсов, их охране. Проведение оценки состояния окружающей среды, выявление тенденций ее изменения осуществляется с применением международных экологических показателей, включая таковые, применяемые в странах Восточной Европы. Данные экологические показатели разработаны Европейской экономической комиссией ООН и отражены в документе «Рекомендации правительства стран Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии по применению экологических показателей и подготовке на их основе оценочных докладов по охране окружающей среды». В соответствии с этими документами подготовлена система основных экологических показателей Республики Беларусь, включающая международные и национальные экологические показатели. Основной их перечень включает биоразнообразие, плотность, структуру сообществ, индекс сапробности и др. В настоящих исследованиях мы руководствовались указанными положениями.

Материал и методика исследований

Исследования проводились в разные сезоны 2006–2011 гг. на семи реках Гомельской и Могилевской областей. Уза – река в Буда-Кошелевском и Гомельском районах Гомельской области, правый приток р. Сож. Длина – 76 км. Испытывает влияние очищенных сточных вод, используется в рекреационных целях. Журбица – река в Буда-Кошелевском районе Гомельской области, левый приток р. Уза. Длина – 6,8 км. Факторами антропогенного воздействия являются сброс сточных вод, рекреационное использование. Столбунка – река в Ветковском районе Гомельской области и Брянской области России, левый приток р. Беседь. Длина – 22 км. Испытывает антропогенное воздействие в виде выпаса скота, поверхностного стока с сельхозугодий, рекреационного использования, расположения на загрязненной радионуклидами территории. Терюха – река в Добрушском и Гомельском районах Гомельской области, левый приток р. Сож. Длина – 57 км. Подвержена влиянию в результате выпаса скота, поверхностного стока с сельхозугодий, рекреационного использования. Грабовка – река в Гомельском районе, правый приток р. Терюха. Длина – 10 км. Факторы антропогенного воздействия – рекреационное использование, выпас скота, сток с сельхозугодий. Липа – река в Буда-Кошелевском районе Гомельской области, правый приток р. Сож. Длина – 62 км. Используется в рекреационных целях, в реку поступает сток с сельхозугодий. Бобруйка – река в Бобруйском районе Могилевской области, правый приток р. Березина. Длина – 14,5 км. Подвержена влиянию сточных вод, используется в рекреационных целях.

Для сбора количественных проб зоопланктона использовали планктонную сеть с номером 70, через которую процеживали 100 л воды. Материал фиксировала 4%-ым формалином. Определение видов проводили под микроскопами «Микмед-5», МБС-10 с использованием определителей [2], [3 и др.]. Для оценки состояния зоопланктонных сообществ использовали ряд структурных показателей: видовое богатство зоопланктона, встречаемость отдельных зоопланктеров, плотность и биомассу, число доминирующих видов, соотношение основных таксономических групп в величинах общей плотности и биомассы: $N_{\text{crust}}/N_{\text{rot}}$, $V_{\text{crust}}/V_{\text{rot}}$, $N_{\text{clad}}/N_{\text{cop}}$, индекс фаунистической общности, индекс видового разнообразия и др. Кроме изучения зоопланктона, осуществляли гидрохимические анализы. Классы качества воды рек по эколого-санитарным (трофо-сапробиологическим) и эколого-токсикологическим показателям устанавливали в соответствии с классификацией водоемов, предложенной В.Н. Жукинским и Л.П. Брагинским [4]. При этом использовали 10 *эколого-санитарных* характеристик (индекс сапробности, насыщение кислородом, прозрачность, содержание взвешенных веществ, цветность воды, рН, концентрации азота аммонийного, нитритного и нитратного, фосфатов) и 8 – *эколого-токсикологических* (содержание цинка, кобальта, кадмия, хрома, железа общего, СПАВ, нефтепродуктов, фторидов). Степень евтрофирования водотоков устанавливали с помощью индекса трофического статуса Карлсона (TSI) [5]. Показатель трофии Nakkarí (E/O) определяли как соотношение числа видов-индикаторов евтрофного и олиготрофного типов [6]. Оценку изменения состава видов и трофического статуса рек проводили с использованием степени трофии, или фаунистического индекса трофности (E),

предложенного А.Х. Мязметсом [7]. Показатели сапробности рассчитывали по методу Пантле и Букка в модификации Сладечека [8].

Результаты исследований и их обсуждение

О.Г. Акушко [9] отмечает, что в последние годы прослеживается негативная тенденция по р. Уза. Согласно данным [10], для р. Уза характерно устойчивое высокое загрязнение (от 2 до 9,4 ПДК) азотом аммонийным, азотом нитритным, фосфором фосфатным, нефтепродуктами. Загрязнение Терюхи обусловлено азотом аммонийным, содержание которого превышает установленный норматив в 1,3–4,2 раза. Проведенные нами гидрохимические исследования показывают, что в изучаемых реках отмечается превышение величин железа – в 1,09–9,01 раз, цветности – в 2,15–4,23 раза. В большинстве рек качество воды также не удовлетворяет нормам по содержанию марганца (1,14–2,72 ПДК), азота аммонийного (1,02–5,26 ПДК), азота нитритного (1,29–2,04 ПДК), цинка (1,11–1,19 ПДК), взвешенных веществ, в ряде рек – фосфора фосфатного (1,21–7,48 ПДК), БПК₅ (1,04–2,12 ПДК), в реках Уза и Бобруйка – нефтепродуктов (1,05–1,14 ПДК). В отдельных случаях (в первую очередь, летом) в реках, подверженных влиянию сточных вод, отмечается снижение величин прозрачности воды по диску Секки, содержания растворенного кислорода ниже допустимого на 2,66–2,83 мг О₂/дм³, повышение величин БПК₅. По величинам эколого-санитарных и экологотоксикологических показателей (таблица 1) класс качества воды в реках изменяется от чистой до грязной (2–5), а разряд качества воды – от вполне чистой до предельно грязной (2б–5б). Средние данные по всем показателям позволяют отнести воду рек Уза и Бобруйка к 4 классу качества воды (загрязненная, разряд качества а–б), воду остальных рек – к 3 классу (удовлетворительной чистоты, разряд качества а–б).

Всего за период исследований в составе зоопланктона рек обнаружено 46 видов и вариететов, относящихся к 14 семействам и 22 родам. Среди указанных видов 26 (56,5%) – кловратки, 14 (30,4%) – ветвистоусые и 6 (13,0%) – веслоногие ракообразные. Преобладание в видовом составе зоопланктона коловраток, в целом, типично для речных экосистем. Количество видов и вариететов, обнаруженных в разных реках, составляет 12 (Журбица), 14 (Бобруйка), 16 (Грабовка), 17 (Терюха, Липа), 19 (Столбунка), 30 (Уза). Индекс видового разнообразия имеет тенденцию к снижению в реках, подверженных влиянию сточных вод. Видовая структура зоопланктона большинства рек Гомельской области сходна – индекс фаунистической общности составляет 0,45–0,68. Данный показатель для р. Бобруйка (Могилевская область) и других рек существенно ниже – 0,18–0,30. Плотность зоопланктона рек изменяется в пределах 1,87–723,45 тыс. экз./м³. При этом, наибольших величин она достигает в р. Уза, увеличиваясь по сравнению с плотностью зоопланктона других рек на 1–2 порядка. Биомасса зоопланктона так же, как и плотность, наибольшая в Узе, в остальных реках величины биомассы на один-четыре порядка меньше. Такой рост количественных показателей объясняется развитием коловраток, что свидетельствует об увеличении загрязненности воды реки и подтверждается возрастающими величинами БПК₅ (рисунок 1).

Таблица 1 – Классы качества воды рек по гидрохимическим и гидробиологическим показателям

Показатели	Реки						
	Уза	Журбица	Столбунка	Терюха	Грабовка	Липа	Бобруйка
Эколого-санитарные характеристики							
Прозрачность, м	4б	3б	3а	3б	3а	3а	3б
Взвешенные вещества, мг/дм ³	5а	3а	4а	4а	3а	3б	4а
Цветность, град.	5б	5б	5б	5б	5б	5б	5б
рН	3а	3а	2б	3а	2б	2б	2б
Азот аммонийный, г/дм ³	4б	4б	3б	3а	3а	3а	3б

Азот нитритный, мг/дм ³	5а	4б	4а	4а	4а	3б	5а
Азот нитратный, мг/дм ³	4а	4а	4а	3а	3а	3а	4а
Фосфаты, мг/дм ³	4б	3б	3б	3б	3б	3б	4б
Насыщение кислородом, %	3б	3а	3а	3а	3а	3а	3б
Индекс сапробности	4а	3б	3б	3б	3б	3б	4а
Эколого-токсикологические характеристики							
Цинк, мг/дм ³	4а	3б	3б	4а	3б	4а	4а
Хром, мг/дм ³	3а						
Кобальт, мг/дм ³	3б	3а	3а	3а	3а	3а	3а
Кадмий, мг/дм ³	3а	3а	3б	3а	3а	3а	3а
Железо общее, мг/дм ³	4а	3б	3б	3б	3б	3б	3а
Фториды, мг/дм ³	4а						
СПАВ, мг/дм ³	4б	3б	4а	3б	3б	4а	4б
Нефтепродукты, мг/дм ³	4а						

Примечания:

1. Классы качества воды: 2 – чистая; 3 – удовлетворительной чистоты; 4 – загрязненная; 5 – грязная.
2. Разряды качества вод: 2б – вполне чистая; 3а – достаточно чистая; 3б – слабо загрязненная; 4а – умеренно загрязненная; 4б – сильно загрязненная; 5а – весьма грязная; 5б – предельно грязная.

Известно, что увеличение доли коловраток в общих величинах количественных показателей зоопланктона наблюдается в водах, подверженных интенсивному антропогенному воздействию. В зоопланктоне исследованных рек доля коловраток в общей плотности и биомассе велика и составляет 43,7–99,9%. Отмечается снижение соотношений N_{crust}/N_{rot} , V_{crust}/V_{rot} , N_{clad}/N_{cop} , при этом, наименьшие величины наблюдаются в реках, испытывающих влияние сточных вод (Уза и Бобруйка). Также при увеличении антропогенного воздействия в реках отмечается смена лидирующих таксономических групп в направлении: Cladocera (Грабовка) → Copepoda (Липа) → Rotifera (Уза, Бобруйка, Журбица, Терюха, Столбунка). Количество доминирующих видов зоопланктона сокращается при увеличении антропогенной нагрузки на реки. Количество доминирующих видов в р. Грабовка наибольшее и составляет 5, в реках Терюха, Столбунка, Журбица, Липа сокращается до 3–4, в реках Уза и Бобруйка доминируют по 2 вида зоопланктона. Тенденция к сокращению количества структурообразующих видов и повышению степени доминирования 1–2 видов свидетельствует об евтрофировании и загрязнении вод.

Отношение числа видов рода *Brachionus* к числу видов рода *Trichocerca* (индекс $Q_{в/т}$) обладает достаточно высокой информативностью при индикации качества воды. Установлено, что индекс $Q_{в/т}$ для различных рек изменяется в пределах 0,6–4,0. При этом для рек Грабовка, Липа, Столбунка он составляет менее 1,0 (олиготрофные условия), для рек Журбица и Терюха – 1,3–1,9 (мезотрофные условия), для рек Уза и Бобруйка – 3,2–4,0 (эвтрофные условия).

Рассчитанный по прозрачности воды индекс трофического статуса Карлсона изменяется от 6,1 до 62,3. По индексу TSI трофность исследуемых рек уменьшается в ряду Уза (евтрофная – 63,2) → Бобруйка (евтрофная – 61,1) → Журбица (мезотрофная – 46,9) → Столбунка (мезотрофная – 43,4) → Терюха (мезотрофная – 42,3) → Липа (мезотрофная – 41,7) → Грабовка (мезотрофная – 40,2), что отражено на рисунке 2. По показателю трофии исследованные реки относятся к мезотрофным водоемам и расположились по возрастанию следующим образом: Грабовка → Терюха → Липа → Столбунка → Журбица → Бобруйка → Уза. По шкале А.Х. Мясметса [7] значения коэффициента трофии $E > 4$ характерны для гиперевтрофных, $E = 1–4$ – для евтрофных, $E = 0,2–1$ – для мезотрофных, $E < 0,2$ – для олиготрофных водоемов. По результатам исследований, коэффициент трофии для рек Грабовка, Терюха, Липа, Столбунка составляет 0,9–1, характеризую их воды как мезотрофные. Значение коэффициента для рек Уза, Бобруйка, Журбица (1,3–1,8) позволяет отнести их воды по этому показателю к евтрофным.

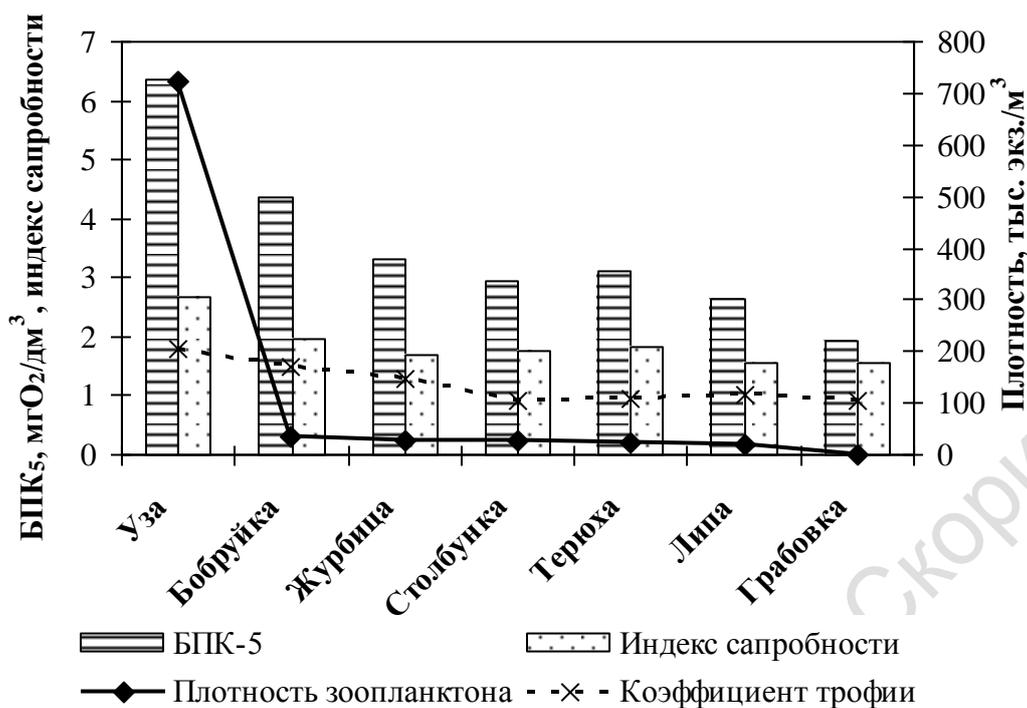


Рисунок 1 – Изменение плотности зоопланктона рек в зависимости от величин БПК₅

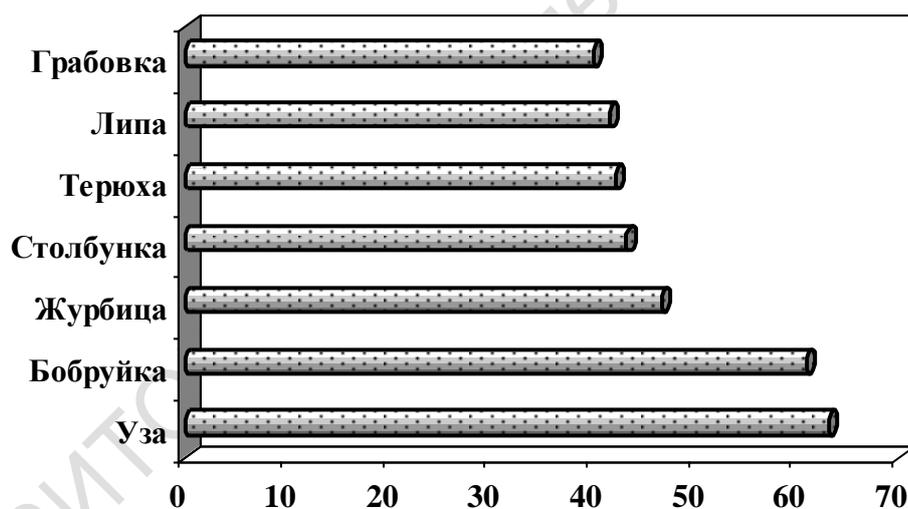


Рисунок 2 – Изменение трофического индекса Карлсона в реках

Рассчитанные индексы сапробности позволяют отнести исследуемые реки к категориям «умеренно загрязненная» (все реки, исключая Узу осенью) и «загрязненная» (Уза в сентябре). В реках Уза, Бобруйка и Журбица также отмечается уменьшение количества олигосапробов (индикаторов чистых вод) и увеличение количества в- и б-мезосапробов (индикаторов загрязненных вод). Следует отметить, что постоянное загрязнение сточными водами вышеназванных рек заметно сказывается на фауне планктона, которая включает виды б- и в-мезосапробного комплексов.

Заклучение

Результаты проведенных исследований позволяют заключить, что качество воды ряда изученных малых рек Беларуси по некоторым гидрохимическим показателям не удовлетворяет нормативам. Под влиянием органических загрязнений значительно возрастает видовое разнообразие коловраток, нарушается структура зоопланктонных сообществ. Особенно ярко

это проявляется в росте плотности и биомассы, увеличении индекса сапробности, смене доминантного комплекса видов и сокращении количества доминирующих видов, уменьшении индекса видового разнообразия, снижении соотношений N_{crust}/N_{rot} , B_{crust}/B_{rot} , N_{clad}/N_{cop} , росте доли коловраток в величинах общей плотности и биомассы. При увеличении антропогенного воздействия в реках отмечается смена лидирующих таксономических групп в направлении: Cladocera → Copepoda → Rotifera. Наиболее устойчивые зоопланктонные сообщества сформировались в реках Липа и Грабовка, где изученные показатели в течение нескольких лет менее варьируют.

Литература

1. Семенова, А.С. Оценка экологического состояния прибрежной акватории Куршского залива вдоль национального парка «Куршская коса» по показателям зоопланктона / А.С. Семенова // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – Самарская Лука, 2009. – Т. 18. – № 2. – С. 31–38.
2. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World / Coordinating editor H.J.F. Dumont: Cladocera. The Chydoridae and Syciinae (Chydoridae) of the World / by N.N. Smimov. – Amsterdam : SPB Academic Publishing, 1996. – 197 p.
3. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Ракообразные / под общ. ред. С.Я. Цалолыхина. – СПб. : Наука, 1995. – Т. 2. – 632 с.
4. Жукинский, В.Н. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / В.Н. Жукинский, Л.П. Брагинский // Гидробиологический журнал. – 1993. – Т. 29. – № 4. – С. 62–76.
5. Carlson, R.E. A trophic state index for lakes / R.E. Carlson // Limnology and Oceanography. – 1977. – Vol. 22. – № 2. – P. 361–369.
6. Hakkari, L. On the productivity and ecology of zooplankton and its role as food for fish in some lakes in Central Finland / L. Hakkari // Biological Results Reports for the University Juvaskyla. – 1978. – № 4. – P. 3–84.
7. Мязметс, А.Х. Изменения зоопланктона / А.Х. Мязметс // Антропогенное воздействие на малые озера. – Л. : Наука, 1980. – С. 54–64.
8. Pantle, R. Die biologische Uerwachtung der Gawasser und die Darstellung der Ergebnisse / R. Pantle, H. Buck // Gas und Wasserfach. – 1955. – Bd. 96, № 18. – S. 604.
9. Акушко, О.Г. О состоянии водных объектов Гомельской области: проблемы и перспективы / О.Г. Акушко // Сотрудничество в области использования природных ресурсов и экологического оздоровления бассейна Днепра : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2011. – С. 3–6.
10. Состояние природной среды Беларуси : экологический бюллетень. – Минск, 2010. – 397 с.