



УДК 577.486.627(476)

А. И. ЗАРУБОВ, Н. А. АСМАЛОВСКИЙ

СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОНА КАК КРИТЕРИЙ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КЛИМОВИЧСКОГО РАЙОНА

Проведено пространственно-временное изучение эколого-биологических показателей сообществ зоопланктона малых рек и карьера цементного завода на территории Климовичского района Могилевской области. Рассмотрено видовое богатство водных беспозвоночных в различных водных объектах района. Рассчитан индекс видового разнообразия Шеннона для примерно 50 проб зоопланктона, значения которого колебались в пределах от 0,375 бит/экз. в бывшем карьере до 2,369 бит/экз. в р. Сосновка. Гидробиологические показатели позволяют охарактеризовать экологическую ситуацию в водных объектах Климовичского района в летний период как стабильную. На основе рассчитанного индекса видового разнообразия Шеннона малые реки Климовичского района можно отнести к категории относительно чистых, а отработанный карьер – к категории умеренно загрязненных.

Ключевые слова: поверхностные воды; индекс Шеннона; биоиндикация; зоопланктон; Климовичский район.

The spatial and temporal distributions of ecological and biological characteristics of zooplankton communities in small rivers and quarry in limits of Klimovichi district (Mogilev region) were researched. The biodiversity of water invertebrates in different water-bodies in this district was considered. Shannon indexes were calculated; its meanings within 0,375÷2,369 beat/ind. were fluctuated. The hydrobiological indices allow to attribute the rivers of Klimovichi district to relative clean category.

Key words: surface water; the Shannon index; bioindication; zooplankton; Klimovichi district.

Малые реки составляют подавляющее большинство водотоков Беларуси. Они преобладают и среди водных объектов на территории Климовичского района Могилевской области [1]. Из-за небольших глубин и малой ширины русла их самоочистительные способности ограничены, поэтому их экосистемы не всегда способны противостоять значительному поступлению поллютантов и резким колебаниям суточной и сезонной температуры. В основном эти факторы вызывают флуктуации общей численности водного населения и изменения в их структуре.

Индикаторная роль зоопланктона в процессе эвтрофирования водоемов доказана и на современном этапе достаточно полно разработана система показателей сообщества водных организмов, которые могут быть использованы при диагностике трофического статуса водных масс.

Основными причинами структурных перестроек зоопланктонных сообществ за последние десятилетия являются, с одной стороны, антропогенное воздействие на природную среду района, а с другой – создание благоприятной обстановки для развития водных беспозвоночных в связи со снижением численности населения.

Цель работы – оценить экологическое состояние водных объектов Климовичского района на основе структурных показателей зоопланктона.

Материал и методика

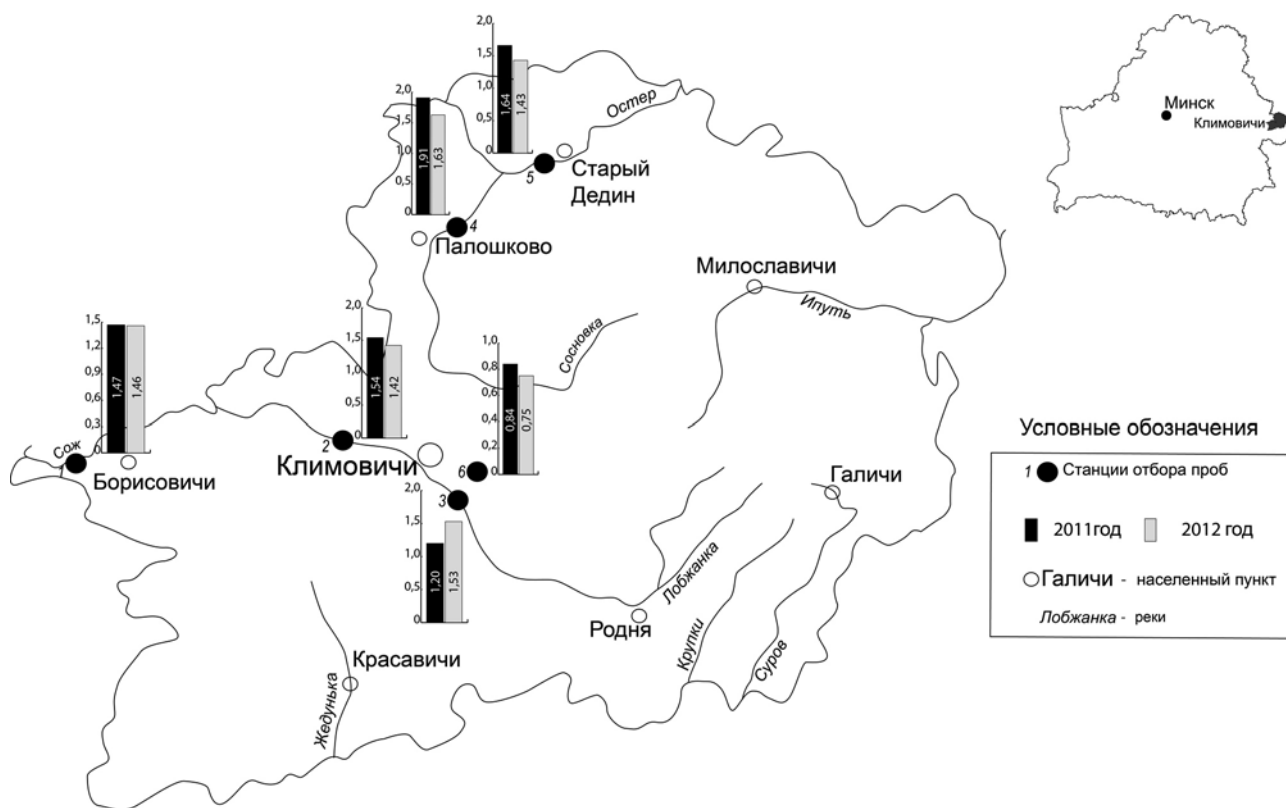
Исследование водных беспозвоночных животных было проведено в летние периоды 2011–2012 гг. в реках Сож, Остер, Лобжанка и Сосновка, а также в заполненном водой отработанном карьере цементного завода (Голубой карьер). Все эти водные объекты различаются по происхождению, проточности, морфометрическим показателям и степени зарастаемости, которые играют определяющую роль в формировании сообществ водных беспозвоночных. Важнейшие морфометрические характеристики обследованных рек Климовичского района представлены в табл. 1.

Морфометрические характеристики основных рек Климовичского района

Водотоки	Длина, км		Средняя ширина, м	Площадь водосбора, км ²
	общая	в районе		
р. Сож	648	12	40	42 100
р. Остер	274	27	30	3370
р. Лобжанка	54	54	3–5	489
р. Сосновка	39	39	4–5	201

Отбор проб зоопланктона осуществлялся в летние периоды (июль – август) 2011–2012 гг. на 6 станциях (рисунок). Станция 1 располагается на р. Сож в 10 км ниже по течению от г. Кричева. Ширина реки в этом месте составляет 40 м. Берега реки обрывистые, дно песчано-илистое. Высшая водная растительность представлена камышом и аиром. В пойме произрастают ива козья, ольха черная. Станция 2 размещается на р. Лобжанка в 15 км ниже по течению от г. Климовичи. Ширина реки здесь 5 м. Берега сильно заросшие тростником и ивой козьей. Дно реки преимущественно песчаное. Станция 3 расположена на р. Лобжанка в 6 км выше по течению от г. Климовичи. Ширина реки здесь 3 м. Берега обрывистые, задернованные. Дно преимущественно песчаное. Высшая водная растительность представлена тростником. Станция 4 расположена на р. Сосновка в 2 км к востоку от пересечения дорог Р75 и Р43 (в 8 км ниже по течению от г. Климовичи). Ширина реки в точке забора воды 4 м. Дно реки сильно заилено. Высшая водная растительность представлена камышом, тростником, кубышкой желтой; по берегам растут крапива, тростник и др. Станция 5 размещена на р. Остер в районе н. п. Старый Дедин. Ширина реки 30 м. Берега обрывистые, дно у берегов заиленное и заросшее тростником. Станция 6 расположена в меловом карьере в 5 км к юго-востоку от г. Климовичи. Максимальная глубина здесь 15 м, а средняя – 9 м. Берега карьера крутые, обрывистые, меловые. Дно также сложено меловыми отложениями и у берегов зарастает водорослями.

Материалом для написания статьи послужили данные результатов обработки более 50 проб зоопланктона. Отбор проб осуществлялся с помощью общепринятых гидробиологических методов в течение месяца с интервалом между отборами в 1 неделю. Их обработка происходила под микроскопом



Значения индекса видового разнообразия Шеннона (бит/экз.) в водных объектах Климовичского района

МБС-10 при 32-кратном увеличении в кабинете экологического мониторинга на географическом факультете БГУ, математические расчеты осуществлялись с применением пакета стандартных программ Майкрософт. Идентификация водных беспозвоночных проводилась по следующей литературе: коловраток – по определителю Л. А. Кутиковой [2], ветвистоусых ракообразных – по определителю Е. Т. Мануйловой [3], веслоногих ракообразных – по определителю В. И. Монченко [4], олигохет и хирономид – по «Определителю водных беспозвоночных России и сопредельных территорий» [5].

Оценка состояния водных экосистем по гидробиологическим показателям проводилась с помощью методов биоиндикации, основанных на изучении структуры гидробиоценозов и их отдельных компонентов. По таксономической структуре зоопланктона можно судить о качестве поверхностных вод, степени их пригодности для обитания живых существ и потребительских целей человека.

Наиболее приемлемым и достоверным для оценки качества водоемов и водотоков служит индекс видового разнообразия Шеннона, основанный на детальном учете структурированности сообществ водных беспозвоночных.

Расчеты индекса видового разнообразия Шеннона предполагают, что особи попадают в выборку случайно из «неопределенно большой» (т. е. практически бесконечной) генеральной совокупности, причем в выборке представлены все виды генеральной совокупности. Неопределенность будет максимальной, когда все события (N) будут иметь одинаковую вероятность наступления ($p_i = n_i/N$). Она уменьшается по мере того, как частота некоторых событий возрастает по сравнению с другими, вплоть до достижения минимального значения (нуля), когда остается одно событие и есть уверенность в его наступлении. Индекс Шеннона рассчитывается по формуле [6]

$$H = -\sum p_i \ln p_i,$$

где величина p_i – доля особей i -го вида.

Параллельно с гидробиологическими исследованиями было проведено гидрохимическое изучение качества воды в водных объектах Климовичского района. Определение видового состава зоопланктона, показателей химического состава воды и ее физических свойств проводилось согласно ГОСТам на поверенных приборах в кабинете экологического мониторинга географического факультета БГУ.

Результаты и их обсуждение

Роль планктонных животных в трансформации энергии и биотическом круговороте веществ, определяющем продуктивность водоемов, значительна. Действуя как естественный биофильтр, многие виды коловраток и ракообразных, интенсивно фильтруя воду, изымают из ее толщи огромное количество взвешенного органического вещества – детрит, бактерио- и фитопланктон. Хищные зоопланктеры также участвуют в этом процессе, потребляя часть вторичной продукции. Сам зоопланктон является одним из основных компонентов кормовой базы рыб. Поэтому без знания динамики планктонных животных невозможно изучение процессов круговорота вещества и энергии в водных экосистемах. Состав и уровень количественного развития водных беспозвоночных является показателем трофности и степени загрязнения водоема, так как изменения условий существования организмов отражаются на их видовом составе, количественных показателях, соотношении таксономических групп, структуре популяций. Поэтому многие виды планктонных животных используются в качестве тест-объектов в лабораторных экспериментах.

В составе зоопланктона водных объектов Климовичского района обнаружено 48 видов планктонных беспозвоночных, среди которых 30 – коловратки, 7 – ветвистоусые ракообразные и 11 – прочие. Типологические особенности каждого конкретного водного объекта (его морфометрия, гидрологический, химический режим и т. д.) формируют типичные для данного водоема зоопланктоценозы, где взаимодействуют экологические факторы среды с биологическими особенностями видов, в связи с чем происходит формирование видового состава зоопланктона. Среди факторов среды определяющее значение для видового богатства зоопланктона в водотоках имеют рН, площадь водного объекта и прозрачность, связанная в свою очередь с содержанием гуминовых веществ, определяемых величиной перманганатной окисляемости.

Видовое обилие зоопланктона во всех реках Климовичского района относительно однородно и колеблется в пределах 9–19 таксонов (табл. 2). В меловом карьере (ст. 6) эти значения относительно невысоки, что может объясняться довольно низким биотопическим разнообразием данного водоема. Причем в летний период 2011 г. число видов зоопланктона в водных системах района колебалось в довольно широких пределах, в то время как в 2012 г. их видовое обилие было примерно одинаковым.

Видовое обилие (*n*, число видов) и общая численность (*N*, экз./л) зоопланктона в водных объектах Климовичского района по станциям в 2011–2012 гг.

Станции		1	2	3	4	5	6
<i>n</i>	2011 г.	12	11	10	17	19	9
	2012 г.	11	14	12	13	11	12
<i>N</i>	2011 г.	6,3±0,7	7,0±4,0	4,0±1,6	10,0±4,0	9,0±5,0	33,2±21,4
	2012 г.	12,5±2,5	11,8±4,8	7,0±2,0	8,0±2,5	6,8±4,2	144,8±80,8

Повсеместно в реках района доминировали коловратки *Polyarthra vulgaris*, *Ascomorpha ecaudis*, *Keratella cochlearis cochlearis*, *Trichocerca elongata*, ракообразные *Bosmina longirostris*, науплиальные стадии *Copepoda*. В меловом карьере массово встречались коловратки *Ascomorpha ecaudis*, *Keratella cochlearis cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, ракообразные *Bosmina longirostris* и *Polyphemus pediculus*, а также различные науплиальные стадии *Copepoda*.

Общая численность зоопланктона широко колебалась в водных объектах Климовичского района, достигая максимума в водоеме, расположенном в бывшем карьере цементного завода (см. табл. 2). Флуктуации общей численности следует связать со значительными перепадами температуры воздуха и воды, отмеченными на протяжении периода исследований в 2011–2012 гг. Очень жаркое лето 2012 г. способствовало резкому колебанию численности водных беспозвоночных (до 20 раз по сравнению с 8 разами в 2011 г.) в обследованных водных объектах, что было вызвано спецификой гидрологических и продукционно-биологических характеристик каждого из них.

Уровень развития зоопланктона в целом зависит от количества доступной пищи. При достаточной обеспеченности пищевыми ресурсами фактически при любой температуре происходит быстрый рост численности зоопланктона. При этом основными факторами, сдерживающими увеличение численности планктонных животных, становятся пресс хищников и дефицит кислорода. В целом видовое разнообразие зоопланктона в реках и карьере Климовичского района можно характеризовать как относительно низкое.

Зоопланктон равнинных малых рек представляет собой комплекс устойчивых сообществ, поддерживающих свое существование за счет субституционного и флуктуационного типа организации, благодаря чему они способны к быстрой перестройке путем смены одних видов и таксономических групп другими, быстрому формированию и возобновлению в изменяющихся условиях среды после или в результате естественно-гидрологических, антропогенных и зоогенных нарушений. Сообщества зоопланктона характеризуются закономерным сезонным развитием, специфичным видовым составом и трофической структурой, характерными для гидробиоценозов, преобразованных естественно-гидрологическими изменениями и антропогенным эвтрофированием.

Летом в зоопланктоне малых рек отмечаются максимальные величины количественных показателей обилия. По численности доминируют веслоногие ракообразные, только на зарастающих макрофитами участках в массе развиваются ветвистоусые ракообразные. По биомассе наряду с *Cyclopoidea* доминируют *Cladocera*. Лишь на быстротекущих участках рек сохраняется устойчивое преобладание веслоногих рачков. В трофической структуре увеличивается доля организмов, добывающих пищу в толще воды. На быстротекущих участках остается высокой доля организмов, добывающих пищу с поверхности субстрата, а на зарастающих макрофитами участках – с первичных фильтраторов, прикрепленных к субстрату и способных к плаванию (фитофильные виды). Максимальные величины качественного и количественного обилия зарегистрированы на медленно текущих, зарастающих макрофитами биотопах, минимальные – на быстротекущих участках. Осенью качественные и количественные показатели обилия зоопланктона снижаются.

Малые реки можно определить как открытую неравновесную систему, в существовании которой основную роль играют различные нарушения. Для зоопланктона малых рек характерно два основных перекрывающих и дополняющих друг друга типа организации – субституционный и флуктуационный. Устойчивость сообществ зоопланктона малых рек Климовичского района поддерживается за счет высокой индивидуальной пластичности видов, а также за счет возникновения условий «вторичного оптимума среды». Зоопланктон способен к быстрой перестройке путем смены одних таксономических групп другими, быстрому возобновлению формирования видового состава и трофической структуры в условиях влияния любых факторов среды. Благодаря этому планктонное население водотоков является сообществом организмов, достаточно приспособленным к существованию в экосистемах равнинных рек.

На основе продукционно-биологических характеристик сообщества водного населения, включающих численность каждого отдельного вида и общее число таксонов зоопланктона в водотоке, были рассчитаны индексы видового разнообразия Шеннона, отражающие экологическое состояние водных объектов.

Индекс видового разнообразия Шеннона, рассчитанный по показателям численности или биомассы зоопланктона, более информативно отражает качество воды обследованных малых рек по сравнению с сапробиологическим анализом и является наиболее предпочтительным для адекватной оценки экологического состояния изученных водных объектов.

В табл. 3 показана динамика индекса Шеннона в водных объектах Климовичского района в течение летнего периода 2011 г. Как видно из табл. 3, изменение этого индекса в речных экосистемах в течение летнего периода относительно ровное, когда флуктуации не превышают 0,5–0,7 бит/экз. В целом значения индекса Шеннона в реках Климовичского района, рассчитанные в данной таблице, могут служить показателями относительно благоприятной ситуации, складывающейся в этих водотоках в течение летнего периода.

Таблица 3

Значения индекса видового разнообразия Шеннона (бит/экз.) в водных объектах Климовичского района в 2011 г.

Станции \ Периоды	1-я неделя	2-я неделя	3-я неделя	4-я неделя
1	1,3297	1,5609	1,7483	1,2427
2	1,7677	1,7483	1,3863	1,2427
3	1,5609	1,0397	1,0986	1,0986
4	1,7328	1,6675	2,3686	1,8637
5	1,0397	2,0430	1,5609	2,0064
6	0,9830	0,5858	1,3037	0,4795

Практически такая же картина сложилась и в летний период 2012 г. в малых реках Климовичского района, когда значения индекса видового разнообразия Шеннона колебались в незначительных пределах от 1,04 до 2,03 бит/экз., что практически не отличалось от значений предыдущего года (табл. 4), хотя показатели численности и биомассы зоопланктона в летние периоды этих лет заметно разнятся.

Таблица 4

Значения индекса видового разнообразия Шеннона (бит/экз.) в водных объектах Климовичского района в 2012 г.

Станции \ Периоды	1-я неделя	2-я неделя	3-я неделя	4-я неделя
1	1,5193	1,5941	1,5403	1,1710
2	1,5171	1,3517	1,5247	1,2770
3	1,5498	1,4648	1,5607	1,5607
4	1,6726	2,0253	1,5607	1,2770
5	1,8937	1,2424	1,0397	1,5607
6	0,4209	0,3748	1,1200	1,1029

Совершенно иная картина складывается в меловом карьере, где структурированность сообщества водных беспозвоночных резко колеблется в течение короткого периода времени (1 месяц), в 2–3 раза превышая значения этого индекса в течение 1 недели, что указывает на неблагоприятные экологические условия обитания живых существ.

Таким образом, на основе рассчитанного индекса видового разнообразия Шеннона реки Климовичского района можно отнести к категории относительно чистых, а отработанный карьер – к категории умеренно загрязненных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Блакітны скарб Беларусі: энцыклапедыя. Мінск, 2007.
2. Кутикова Л. А. Коловратки фауны СССР. Л., 1970.
3. Мануйлова Е. Т. Ветвистоусые рачки фауны СССР. М.; Л., 1964.
4. Монченко В. И. Фауна Украины. Т. 27. Cyclopidae. Киев, 1974.
5. Определитель водных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под ред. С. Я. Цалолыхина. Л., 1994. Т. 1; 1999. Т. 4.
6. Wilhm J. L., Dorris T. C. Bioindication methods of surface water // Bio. Sci. 1968. Vol. 18. № 6.

Поступила в редакцию 25.01.13.

Александр Иванович Зарубов – кандидат биологических наук, доцент кафедры геоэкологии.

Николай Александрович Асмаловский – студент 4-го курса географического факультета.