



**Издатель**

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»  
Российская Федерация, г.Петрозаводск, пр.Ленина,33

Научный электронный журнал

**ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ**

<http://ecopri.ru>

**№ 2 (56). Июнь, 2025**

**Главный редактор**

А. В. Коросов

**Редакционный совет**

В. Н. Большаков  
А. В. Воронин  
Э. В. Ивантер  
Н. Н. Немова  
Г. С. Розенберг  
А. Ф. Титов  
Г. С. Антипина  
В. В. Вапиров  
А. М. Макаров

**Редакционная коллегия**

Т. О. Волкова  
Е. П. Иешко  
В. А. Илюха  
Н. М. Калинкина  
J. P. Kurhinen  
А. Ю. Мейгал  
J. B. Jakovlev  
В. Krasnov  
А. Gugotek  
В. Н. Якимов

**Службы поддержки**

А. Г. Марахтанов  
Е. В. Голубев  
С. Л. Смирнова  
Н. Д. Чернышева  
М. Л. Киреева

**ISSN 2304-6465**

**Адрес редакции**

185910, Республика Карелия, г.Петрозаводск, пр. Ленина, 33. Каб. 453

E-mail: [ecopri@psu.karelia.ru](mailto:ecopri@psu.karelia.ru)

<http://ecopri.ru>



© ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»



УДК 574.587

# ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕКОТОРЫХ МАЛЫХ РЕК ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ПО ЗООБЕНТОСНЫМ СООБЩЕСТВАМ

**СОКОЛОВА**  
Татьяна Леонидовна

*кандидат биологических наук, ФГБОУ ВО Костромской государственной университет, г. Кострома, ул. Малышковская, д. 4, tl.sokol@yandex.ru*

**МУРАДОВА**  
Людмила Владимировна

*кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО Костромской государственной университет, г. Кострома, ул. Малышковская, д. 4, mlv44@mail.ru*

## Ключевые слова:

макрозообентос  
видовой состав  
экологические группы  
малые реки  
биотические индексы  
биоиндикация  
биоиндикаторы  
зоогенный фактор  
бобровый пруд  
заповедник «Кологривский лес»  
Костромская область

**Аннотация:** В статье приводятся результаты изучения экологического состояния некоторых водотоков Государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына по показателям сообществ макрозообентоса. Представлено видовое разнообразие макрозообентоса, наиболее многочисленные таксономические группы и виды зообентосных организмов, определены численность, биомасса данной группы гидробионтов, особенности трофической структуры, значения индекса видового разнообразия Шеннона и индекса выравнивания по Пиелу для малых рек Сехи, Понги, Ломенги, Лондушки и Чёрной. Дана оценка состояния вод в соответствии с сапробиологической системой Пантле – Букка и Вудивисса, а также оценка качества вод с использованием биотических индексов BMWP и ASPT. Фаунистический список обнаруженных представителей макрозообентоса представлен 70 низшими определяемыми таксонами (НОТ). Наиболее многочисленны во всех исследованных реках личинки насекомых. Наибольшие показатели численности данной группы отмечены в реках с песчаным дном, в условиях большей зарастаемости берегов макрофитами, тогда как в условиях песчано-илистого и илистого грунта численность насекомых уменьшается. Наибольшее таксономическое разнообразие характерно для таких трофических групп, как хищники и собиратели-детритофаги. Выявлено, что реки Понга, Сеха, Лондушка и Чёрная, характеризующиеся достаточно богатым видовым составом зообентоса, по сапробиологической системе Пантле – Букка относятся к  $\beta$ -мезосапробным. По индексу Вудивисса реки Понга, Сеха и Чёрная характеризуются как водотоки с «умеренным загрязнением», реки Ломенга и Лондушка – как «загрязненные». Значение индекса BMWP свидетельствует о высоком качестве вод в реках заповедника и оценивается как «исключительное» в р. Понге, «очень хорошее» в реках Сеха и Чёрная, «хорошее» в реках Ломенга и Лондушка. Индекс ASPT варьирует в разных реках от 4.7 («очень хорошее» качество вод) до 6 («прекрасное»).

© Петрозаводский государственный университет

Получена: 01 марта 2025 года

Подписана к печати: 21 мая 2025 года

## Введение

Одним из ключевых инструментов сохранения естественных экосистем и поддержания их стабильности является создание особо охраняемых природных территорий. Наиболее эффективным и доступным способом защиты природных объектов и сохранения биоразнообразия на долгосрочной основе является проведение регулярного биомониторинга водных экосистем и прогнозирование возможных изменений в них. Отечественные гидробиологи уделяют большое внимание методам и подходам, предлагаемым Европейской рамочной водной директивой, рекомендующей проводить биологический контроль состояния водных объектов (Головатюк, Зинченко, 2011; Семенченко, Разлуцкий, 2011; Андрианова, Шанько, 2022). Биологический метод оценки качества вод базируется на изучении индикаторных организмов, структурного и функционального состояния популяций и биоценозов. Методы биоиндикации, основанные на анализе состояния сообществ зообентоса, активно применяются в оценке экологического состояния естественных водоемов и водотоков.

Многие отечественные и зарубежные исследователи определяют зообентос как перспективный индикатор состояния речных экосистем, отмечая, что зообентосные сообщества чутко реагируют на любые изменения условий обитания, выступая тем самым репрезентативными биоиндикаторами (Безматерных, 2007; Яныгина, 2017; Андрианова, Шанько, 2022; Mehari et al., 2014). Для них характерна повсеместная встречаемость, достаточно высокая численность, относительно крупные размеры, удобство сбора и обработки, сочетание приуроченности к определенному биотопу с определенной подвижностью, достаточно продолжительный срок жизни, чтобы аккумулировать загрязняющие вещества за длительный период (Баканов, 2000). Ряд исследователей указывают на взаимосвязь между типом субстрата и значениями биоиндикационных индексов (Яныгина, 2017; Андрианова, Шанько, 2022; Damanik-Ambarita et al., 2016; Dickens, Graham, 2002). Отмечается также, что таксономический состав, количественные показатели и другие параметры сообществ зообентоса за продолжительный период отражают состояние гидроценоза в целом (Безматерных, 2007). Замедление течения и увеличение илистых отложений в

реках, дополнительное поступление биогенов, эвтрофирование вызывают закономерную перестройку таксономической структуры зообентоса (Андрианова, Шанько, 2022).

Малые реки являются наиболее распространенными водными объектами в Костромской области. Через территорию кологривского участка заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына протекают малые реки Понга, Кисть, Лондушка, Сеха, Вонюх, Ухта, Юрманга, Нелка, Ломенга, Чёрная, являющиеся правыми притоками разного порядка реки Унжи. Малые реки характеризуются повышенной чувствительностью к воздействиям, т. к. из-за меньшего объема, невысокой транспортирующей способности, неравномерного гидрологического режима их способность к самоочищению и саморегуляции ниже. В свою очередь, малые реки являются начальными звеньями крупных водотоков и существенно влияют на их гидробиологический и гидрохимический режимы. Поэтому изучение экосистемных процессов в бассейнах малых рек, оценка состояния их сообществ, в т. ч. зообентоса, путем комплексного анализа их биоиндикационных характеристик имеют большое значение (Пашков, Решетников, 2009).

Среди зообентосных организмов важной экологической группой является макрозообентос, представители которого имеют относительно крупные размеры, что облегчает задачу обнаружения и распознавания этих организмов. Кроме того, основу пресноводного макрозообентоса чаще всего составляют личинки насекомых, большинство из которых, по сравнению с другими гидробионтами, отличаются повышенной чувствительностью к изменениям среды. Численность организмов макрозообентоса определяется такими факторами, как тип донных отложений, гидрологические характеристики водотока, поступление аллохтонного органического вещества, температура, наличие высшей водной растительности, характеристики водосбора (Петров, Якушева, 2022).

Следует отметить также влияние зоогенных факторов на бентосные сообщества. На некоторых водотоках в пределах Государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына наблюдается влияние зоогенного фактора на гидробиоценозы, что связано с деятельностью обыкновенного бобра (*Castor fiber* L., 1758) (Зайцев и др., 2018). Деятельность бобра оказывает комплексное влияние на

бентос, т. к. приводит к изменению гидрологических, гидрохимических и гидробиологических характеристик водотоков, определяя, в свою очередь, изменения и в структуре зообентосных сообществ. Так, в условиях зоогенной трансформации наблюдается замедление течения, что приводит к накоплению органических веществ в воде, повышая уровень трофии водоема, заилению дна и увеличению кормовой базы детритоядных животных, снижению количества растворенного в воде кислорода. Зарегулирование бобрами водотока приводит к структурным изменениям в макрозообентосных сообществах, а именно меняется видовой состав и численное соотношение таксономических групп, возрастает число видов-индикаторов органического загрязнения, повышается индекс сапробности, снижается индекс Шеннона за счет элиминации реофильных форм (Хицова и др., 2010).

Целью исследования является оценка фоновое экологического состояния малых рек на территории заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына по таксономическому составу и количественным показателям сообществ макрозообентоса.

## Материалы

Объекты исследования – некоторые водотоки на территории заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына. Кологривский заповедник, созданный в 2006 г., площадь охранной зоны 58939.6 га, находится на территории Кологривского, Чухломского, Парфеньевского, Нейского, Мантуровского районов Костромской области. Включает в себя два участка, расположенные в подзоне европейской южной тайги. Территория Кологривского заповедника имеет обширную сеть водотоков, мелких водоемов и заболоченных участков.

По показателям макрозообентоса изучено экологическое состояние рек: Понга, Сеха, Ломенга, Лондушка, Чёрная. Все реки кологривского участка заповедника являются малыми, но имеют свои гидрологические особенности. По классификации Рохмистрова и Наумова (Рохмистров, Наумов, 1984), река Понга относится к средне-малым, реки Сеха и Лондушка – к самым малым, реки Ломенга и Чёрная – к незначительным водотокам (Сиротин, Сиротина, 2022).

Река Понга является самой широкой и глубокой рекой, имеет длину 73 км, ширину русла 10.8 м. Глубина реки составляет от 0.14 м на перекатах до 2 м на участках, подпру-

женных бобровыми плотинами. Скорость течения невысокая – 0.37 м/с, прозрачность – 0.72 м, песчаное дно с песчано-илистыми участками обильно зарастает макрофитами. Количество растворенного в воде кислорода на разных участках в период исследования колебалось в диапазоне 6.7–8.1 мг/дм<sup>3</sup>, рН – 7.5–7.8.

Река Сеха впадает в реку Понгу, имеет длину 34 км, ширину 5.27 м, глубину 0.36 м на разных уровнях ее протяженности. Скорость течения составляет 0.14 м/с, прозрачность 0.62 м. Изученные участки сочетают перекаты с каменисто-песчаным грунтом и глубокие участки с небольшим течением, илисто-песчаным и илистым грунтом, поросшие макрофитами. Количество растворенного в воде кислорода на разных участках в период исследования колебалось в диапазоне 8.7–14.0 мг/дм<sup>3</sup>, рН – 7.5–8.3.

Река Чёрная является левым притоком реки Сехи, имеет длину 7 км, среднюю ширину русла 2.23 м, глубину 0.28 м, среднюю скорость течения 0.33 м/с. Грунт в реке илистый, прозрачность воды на момент исследования высокая. Количество растворенного в воде кислорода на разных участках в период исследования колебалось в диапазоне 8.7–13.8 мг/дм<sup>3</sup>, рН – 8.

Река Лондушка имеет длину 26 км, среднюю ширину 3.84 м, глубину 0.55 м, прозрачность 0.53 м. Средняя скорость течения составляла 0.04 м/с, на некоторых участках достигала 0.57 м/с. В среднем и нижнем течении отмечается высокая степень зарастания реки макрофитами (Сиротин, Сиротина, 2022). Грунт на большинстве участков представлен иловыми или песчано-иловыми отложениями. Количество растворенного в воде кислорода на разных участках в период исследования колебалось в диапазоне 8.4–11.1 мг/дм<sup>3</sup>, рН – 8–8.5.

Река Ломенга является правым притоком реки Лондушки, имеет длину 14 км, среднюю ширину 4.7 м, прозрачность 0.25–0.8 м. Течение слабое и составляет 0.03 м/с. Берега реки топкие, заболоченные, плотно поросшие высшей водной растительностью. Грунт песчано-илистый, вода в реке имеет темный оттенок (Летопись природы..., 2022). Количество растворенного в воде кислорода в период исследования составило 6.9–7.4 мг/дм<sup>3</sup>, рН – 7.4.

В целом исследованные реки характеризуются илистым и песчано-илистым характером дна, невысоким содержанием кислорода в пределах 6.7–14.0 мг/дм<sup>3</sup>. В бобровых

прудах и на участках рек, перегороженных бобровыми плотинами, отмечается самое низкое содержание кислорода (Сиротин, Сиротина, 2022).

Исследование сообществ макрозообентоса с последующей оценкой экологического состояния некоторых малых рек на территории кологривского кластера заповедника проводилось в летний период 2021–2023 гг. Материалом работы послужили качественные и количественные пробы макрозообентоса, отобранные в нескольких мониторинговых станциях речных экосистем: р. Понга – 6 станций, р. Сеха – 5 станций, Лондушка – 3 станции, р. Чёрная – 2 станции, р. Ломенга – 1 станция. На каждой станции отбирались одна качественная и две количественные пробы в каждый год исследования (рис. 1).

## Методы

Сбор и обработка проб макрозообентоса проводились по общепринятым в гидробиологии методикам (Методические рекомендации..., 1984; Руководство..., 1992). Бентосные пробы отбирались при помощи гидробиологического скребка и дночерпателя Экмана – Берджа, промывались и разбирались в ситах в соответствии с рекомендациями. Донные беспозвоночные фиксировались формалином, концентрация которого доходила до 4 %. Определение организмов проводилось с использованием микроскопа «Бимед» и бинокулярной лупы МБС-2. Для идентификации видов макрозообентоса использовались определители следующих авторов: Л. А. Кутиковой, Я. И. Старобогатова (Кутикова, 1977); В. Р. Цалолихина (Определитель пресноводных беспозвоночных..., 1994, 1997, 2000, 2001); С. Я. Цалолихина, В. Р. Алексеева (Определитель зоопланктона и зообентоса..., 2016). Для оценки качества воды исследованных водотоков по бентосу были рассчитаны показатели численности, биомассы, биотические индексы Вудивисса (Woodowiiss, 1964), Пантле – Букка в модификации Н. А. Дзюбан и С. П. Кузнецовой (Зуева, 2019), а также индекс BMWP (Biological Monitoring Working Party Index) и его производное ASPT (Average Score Per Taxon Index) (Семенченко, Разлуцкий, 2011). BMWP связан с балльной оценкой индикаторной значимости отдельных семейств макрозообентоса, ASPT уменьшает вклад случайных таксономических групп, обнаруженных в таксонах с высокой балльной оценкой (Головатюк, Зинченко, 2020). Численность организмов определялась прямым подсчетом особей

в пробе, биомасса – взвешиванием объектов на электронных весах Scoutspu (Ohaus, Switzerland). Показатели численности и биомассы пересчитывались на м<sup>2</sup>. Для оценки биоразнообразия использованы индексы видового разнообразия Шеннона и выравнинности Пиелу (Шитиков и др., 2003). С целью оценки видового сходства рассчитан индекс Сёренсена – Чекановского (Sørensen, 1948; Шитиков и др., 2003). При анализе трофической структуры сообществ макрозообентоса были выделены следующие группы организмов (Яковлев, 2005): соскребатели, собиратели-детритофаги, размельчители, фильтраторы, хищники, грунтозаглатыватели.

## Результаты

В составе сообществ макрозообентоса исследованных рек обнаружено 70 низших определяемых таксонов (НОТ) беспозвоночных, которые представлены пятью таксономическими группами: Oligochaeta, Hirudinea, Bivalvia, Gastropoda и Insecta. Фаунистический состав макрозообентоса исследованных водотоков представлен в табл. 1.

Класс Insecta является доминирующим по количеству видов и составляет 70 % от числа всех обнаруженных НОТ зообентоса, что типично для пресных водотоков. Среди насекомых наибольшее число видов определено для отряда Ручейников (Trichoptera) и отряда Стрекоз (Odonata). Представители отряда Trichoptera составили 30.6 % от числа всех выявленных насекомых, Odonata – 32.6 %. Субдоминантной группой выступают гастроподы (Gastropoda), которые составили 17.1 % от общего числа выявленных НОТ зообентоса. Остальные таксономические группы представлены меньшим количеством НОТ: Bivalvia – 5.7 %, Oligochaeta – 2.9 % и Hirudinea – 4.3 % от общего числа обнаруженных донных беспозвоночных. Наиболее распространенными, выявленными практически на всех станциях отбора исследованных рек, являются виды: *Pisidium amnicum* M. и *Ephemera vulgata* L., предпочитающие медленно текущие водотоки с иловатым или илистым дном. Так, в 2023 г. наибольшая количественная представленность *P. amnicum* отмечена в реке Лондушке, где численность данного вида составила в среднем  $174.25 \pm 0.94$  экз./м<sup>2</sup>, причем большая часть моллюсков данного вида отмечена в пробах, отобранных в бобровом пруду. Поденки вида *E. vulgata* наиболее многочисленны в реке Понге, их численность составила  $29.48 \pm 0.46$  экз./м<sup>2</sup>.

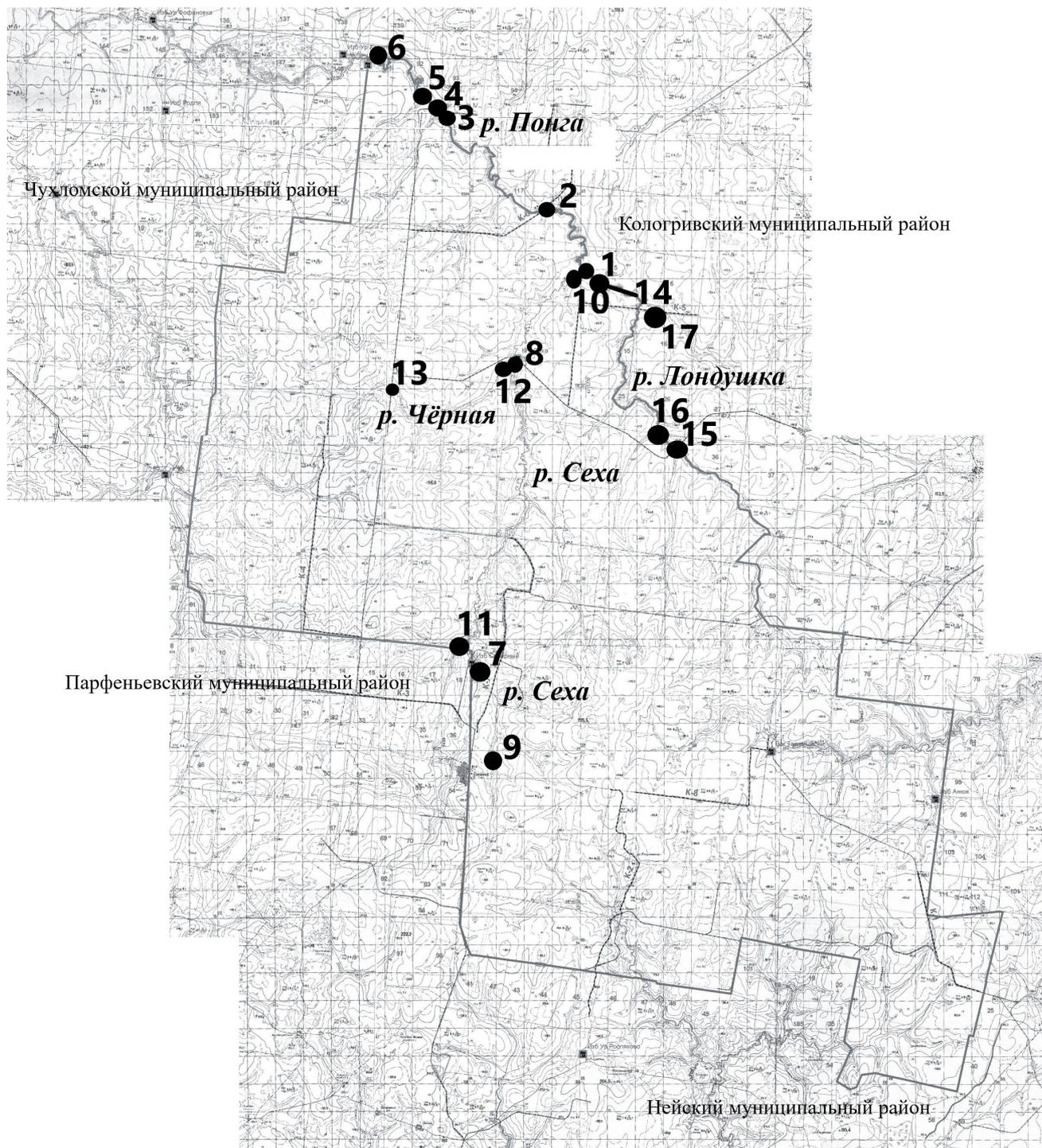


Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб зообентоса на территории кологривского кластера заповедника р. Понга: 1, 2 – верхнее течение; 3 – среднее течение, бобровый пруд; 4, 5, 6 – среднее течение; р. Сеха: 7, 9 – верхнее течение; 8 – среднее течение; 10 – нижнее течение; 11 – бобровый пруд; р. Чёрная: 12 – нижнее течение; 13 – среднее течение; р. Лондушка – 14 нижнее течение; 15 – среднее течение; 16 – бобровый пруд р. Ломенга – 17.

Fig. 1. A map of the location of zoobenthos sampling stations on the territory of the Kologrivsky cluster of the reserve. Ponga river: 1, 2 – upper current; 3 – middle current, beaver pond; 4, 5, 6 – middle current; Sekha river: 7, 9 – upper current; 8 – middle current; 10 – lower current; 11 – beaver pond; Chernaya River: 12 – lower current; 13 – middle current; Londushka river – 14 lower current; 15 – middle current; 16 – beaver pond of Lomenga River – 17

Таблица 1. Фаунистический состав сообществ макрозообентоса исследованных водотоков на территории заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына

Таксон	Реки					
	Понга	Сеха		Лондушка		Ломенга
		русло	бобровый пруд	русло	бобровый пруд	
<b>Класс Oligochaeta</b>						
<i>Oligochaeta incertae sedis</i>	+	+		+		+
<i>Lumbricus variegatus</i> , Muller, 1774	+					
<b>Класс Hirudinea</b>						
<i>Herpobdella octoculata</i> , Linnaeus, 1758	+	+	+			+
<i>Haemopis sanguisuga</i> , Linnaeus, 1758		+	+	+		
<i>Glossiphonia complanata</i> , Linnaeus, 1758	+			+		
<b>Класс Gastropoda</b>						
<i>Lymnaea cf. ovata</i> , Draparnaud, 1805	+					
<i>Lymnaea cf. ampla</i> , Hartmann, 1821	+					
<i>Lymnaea stagnalis</i> , Linnaeus, 1758				+	+	
<i>Lymnaea auricularia</i> , Linnaeus, 1758		+				
<i>Lymnaea glutinosa</i> , Müller, 1774		+				
<i>Viviparus contectus</i> , Millet, 1813				+		
<i>Valvata piscinalis</i> O. F. Müller, 1774				+	+	
<i>Bathyomphalus contortus</i> , Linnaeus, 1758	+			+	+	
<i>Choanomphalus rossmaessleri</i> , Auerswald, 1852	+					
<i>Choanomphalus riparius</i> , Westerlund, 1865	+					
<i>Planorbis</i> sp.						
<i>Physa fontinalis</i> , Linnaeus, 1758				+		
<b>Класс Bivalvia</b>						
<i>Unio pictorum</i> , Linnaeus, 1758	+					
<i>Anodonta cygnea</i> , Linnaeus, 1758	+	+				
<i>Pisidium amnicum</i> Müller, 1774	+	+	+	+	+	+
<i>Sphaerium</i> sp.	+	+	+	+	+	
<b>Класс Insecta</b>						
<b>Отряд Megaloptera</b>						
<i>Sialis sordida</i> , Klingstedt, 1932	+	+				
<b>Отряд Plecoptera</b>						
<i>Nemoura</i> sp.	+					
<b>Отряд Ephemeroptera</b>						
Baetidae gen. sp.	+					
<i>Baetis rhodani</i> , Pictet, 1843			+			
<i>Cloeon dipterum</i> , Linnaeus, 1761	+	+				
<i>Cloeon dipterum</i> , Linnaeus, 1761	+	+				
<i>Baetis tricolor</i> , Tshernova, 1928	+					
<i>Potamanthus luteus</i> , Linnaeus, 1767	+	+	+			
<i>Ephemera vulgate</i> , Linnaeus, 1758	+	+	+	+		
<i>Ephemera danica</i> , Muller, 1764	+					
<i>Habrophlebia lauta</i> , McLachlan, 1884	+					

Таблица 1. Продолжение

Таксон	Реки				
	Понга	Сеха		Лондушка	
		русло	бобровый пруд	русло	бобровый пруд
<b>Отряд Diptera</b>					
<i>Chironomus</i> sp.	+	+	+		
<i>Tabanus</i> sp.	+	+			
<b>Отряд Trichoptera</b>					
<i>Limnephilus flavicornis</i> , Fabricius, 1787	+			+	
<i>Limnephilus rhombicus</i> , Linnaeus, 1758	+			+	
<i>Limnephilus vittatus</i> , Fabricius, 1798	+	+			
<i>Limnophilus decipiens</i> , Kolenati, 1848					+
<i>Limnephilus</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Anabolia soror</i> , McLachlan, 1875		+			+
<i>Potamophyax</i> sp.					+
<i>Halesus radiates</i> , Curtis, 1834		+			
<i>Halesus interpunctates</i> , Zetterstedt, 1840	+				
<i>Halesus</i> sp.		+			+
<i>Goera pilosa</i> , Fabricius, 1775					+
<i>Molanna angustata</i> , Curtis, 1834	+	+			
<i>Molanna</i> sp.	+				
<i>Athripsodes</i> sp.		+	+		
<i>Phryganea grandis</i> , Linnaeus, 1758		+	+		
<b>Отряд Odonata</b>					
<i>Libellula quadrimaculata</i> , Linnaeus, 1758					
<i>Coenagrion hastulatum</i> , Charpentier, 1825	+				
<i>Platycnemis pennipes</i> , Pallas, 1771	+	+			
<i>Aeshna juncea</i> , Linnaeus, 1758	+				
<i>Aeschna grandis</i> , Linnaeus, 1758		+			
<i>Aeschna viridis</i> , Eversmann, 1835		+			
<i>Anax imperator</i> , Leach, 1815	+				
<i>Corduliidae</i> gen. sp.	+				
<i>Cordulia aenea</i> , Linnaeus, 1758	+	+			
<i>Cordulegaster boltonii</i> , Donovan, 1807	+				
<i>Somatochlora metallica</i> , Vander Linden, 1825	+				
<i>Sympetrum flaveolum</i> , Linnaeus, 1758					
<i>Calopteryx splendens</i> , Harris, 1780	+				
<i>Calopteryx virgo</i> , Linnaeus, 1758	+				
<i>Calopteryx</i> sp.	+				
<i>Onychogomphus forcipatus</i> , Linnaeus, 1758	+				

Таблица 1. Продолжение

Таксон	Реки					
	Понга	Сеха		Лондушка		Ломенга
		русло	бобровый пруд	русло	бобровый пруд	
<b>Отряд Coleoptera</b>						
<i>Gyrinus</i> sp.	+					
<i>Laccophilus</i> sp.	+					
<i>Haliphus fluviatilis</i> , Aube, 1836	+					
<i>Noterus</i> cf. <i>crassicornis</i> , O.F. Müller, 1776	+					
<i>Hydaticus</i> sp.						
<i>Dytiscus marginalis</i> , Linnaeus, 1758						+
<b>Всего НОТ</b>	<b>48</b>	<b>27</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

Соотношение таксономических групп по видовому разнообразию и количественным показателям варьирует в разных реках, что может быть связано с различными гидрологическими условиями, например характером дна, скоростью течения, наличием хорошо развитой прибрежной растительности и рядом других факторов (рис. 2).

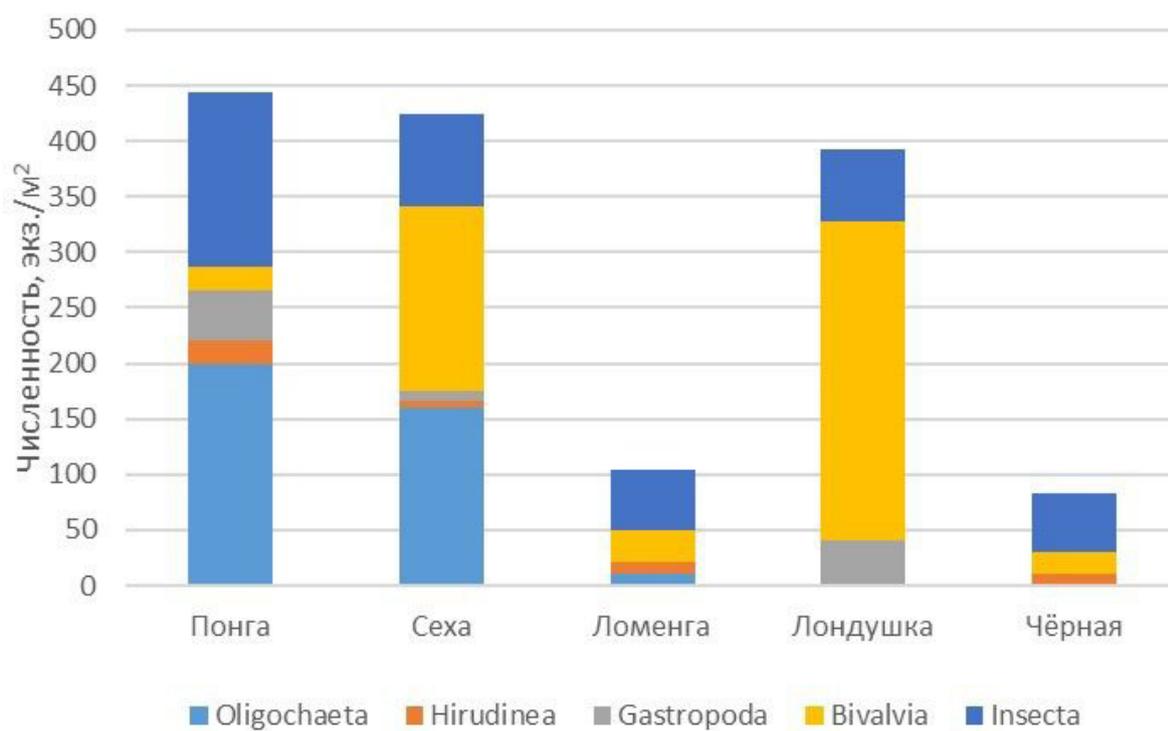
Во всех исследованных водотоках наиболее многочисленны представители класса Insecta. Насекомые представлены преимущественно личиночными формами. Наибольшее разнообразие данной группы зообентоса по количеству видов отмечено для рек Понга, где обнаружено 35 видов (численность –  $156.2 \pm 0.068$  экз./м<sup>2</sup>), и Сеха, где зарегистрировано 28 видов насекомых (численность –  $83.0 \pm 0.008$  экз./м<sup>2</sup>). Исключение составляет ситуация в реке Лондушке, где наибольшее видовое богатство отмечено у гастропод. Данная группа бентосных беспозвоночных в р. Лондушке представлена 4 семействами и составила 35.7 % от числа найденных представителей макрозообентоса. Наибольшему видовому разнообразию брюхоногих моллюсков способствует зарастаемость макрофитами и заболачивание берегов, что также приводит к заиливанию дна.

Среди брюхоногих моллюсков (Gastropoda) наибольшее количество таксономических групп и максимальные показатели численности отмечены в реке Лондушке, где гастроподы составили 35.7 % от общего числа выявленных видов донных беспозвоночных (численность –  $41 \pm 0.001$  экз./м<sup>2</sup>), и в реке Понге – 10.4 % (численность –  $44.8 \pm 0.046$  экз./м<sup>2</sup>). За период исследования водотоков Кологривского заповедника зарегистрированы представители брюхоногих моллюсков

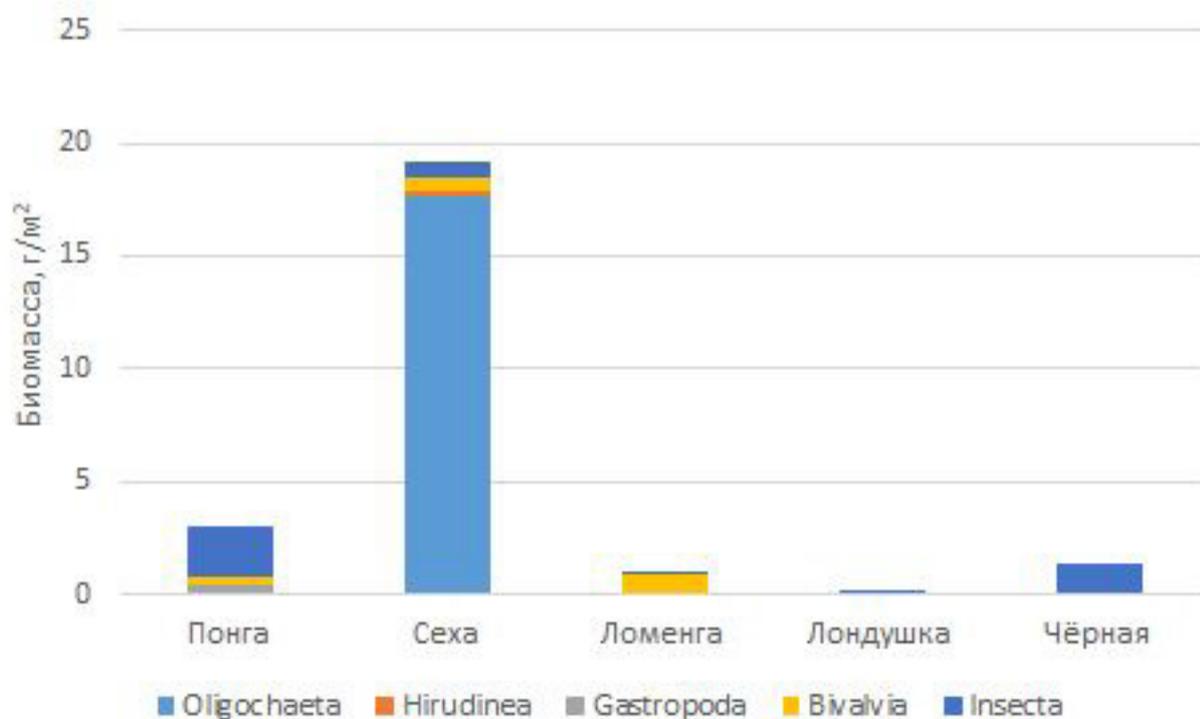
представители брюхоногих моллюсков следующих семейств: Lymnaeidae (5 видов), Planorbidae (3 вида), Viviparidae (1 вид), Valvatidae (1 вид), Physidae (1 вид). Представители гастропод данных семейств в основном предпочитают медленно текущие водотоки с заросшими высшей растительностью берегами и со слабо заиленным грунтом дна, что в целом соответствует экологическим условиям, сложившимся в исследованных реках заповедника.

Двустворчатые моллюски (Bivalvia) наиболее многочисленны в реке Лондушке, где данная группа представлена *Sphaerium* sp. Численность этой зообентосной группы составила  $287 \pm 0.83$  экз./м<sup>2</sup>. Более крупные виды двустворок – *Unio pictorum* L. и *Anodonta cygnea* L. обнаружены только на станциях отбора реки Понги. *A. cygnea* занесена в Красную книгу Костромской области как восстанавливаемый и восстанавливающийся вид (Красная книга..., 2019).

Во всех исследованных реках выявлены типичные представители бентосных сообществ – олигохеты и пиявки, достаточно устойчивые к органическому загрязнению. Показатели численности и биомассы олигохет и пиявок в исследованных реках заповедника варьируют от  $20.5 \pm 0.026$  до  $210.2 \pm 0.013$  экз./м<sup>2</sup> и от  $0.0002 \pm 0.006$  до  $0.32 \pm 0.01$  г/м<sup>2</sup> соответственно. Наибольшая их численность за период исследования отмечена в реке Понге, для которой индекс разнообразия Шеннона – Уивера наибольший среди исследованных рек – 1.22, индекс выровненности Пиелу – 0.35, что говорит о большем видовом разнообразии и более равномерном распределении видов в сообществе. Индекс видового разнообразия



А.



Б.

Рис. 2. Численность (А) и биомасса (Б) макрозообентоса исследованных речных экосистем заповедника

Fig. 2. The abundance (А) and biomass (Б) of the macrozoobenthos of the studied river ecosystems of the reserve

меньше в реках Черная – 0.74 и Лондушка – 0.63, индекс выровненности составил 0.26 и 0.24 соответственно.

Для определения таксономического сходства исследованных рек рассчитан индекс Сёренсена – Чекановского (табл. 2). Наи-

большие значения меры сходства Сёренсена – Чекановского отмечены для рек Понга и Чёрная, Понга и Сеха, Сеха и Лондушка.

Таблица 2. Оценка видового сходства различных гидробиоценозов

Водотоки	р. Сеха	р. Ломенга	р. Лондушка	р. Чёрная
р. Понга	0.35	0.11	0.23	0.43
р. Сеха		0.25	0.33	0.28
р. Ломенга			0.09	0.12
р. Лондушка				0.29

На период исследования в реках Сеха и Лондушка наблюдалось влияние зоогенного фактора на водные экосистемы. В бобровых прудах обнаружены представители четырех таксономических групп – Hirudinea, Bivalvia, Gastropoda и Insecta. Всего за период исследования в прудах выявлено 14 НОТ макрозообентоса (см. табл. 1). В условиях запруживания речных экосистем в результате деятельности бобра также доминируют насекомые, среди которых встречаются поденки, ручейники и двукрылые. Субдоминантной группой по числу видов являются брюхоногие моллюски, представленные такими видами, как *Lymnaea stagnalis* L., *Valvata piscinalis* M., *Bathyomphalus contortus* L. Среди двустворчатых моллюсков выявлены представители родов *Sphaerium* sp. и *Pisidium* sp., численность которых по данным 2023 г. исследования в реке Лондушке в условиях запруживания составила  $164 \pm 0.32$  экз./м<sup>2</sup> для *Sphaerium* sp. и  $338.25 \pm 0.76$  экз./м<sup>2</sup> для *Pisidium* sp. Оценка качества вод в бобровых прудах с использованием индексов BMWP и ASPT показала по р. Лондушке низкие показатели качества (BMWP – 22 «плохое», ASPT – 3.6 «посредственное»), по р. Сехе – более высокие показатели (BMWP – 55 «хорошее», ASPT – 5 «прекрасное»).

Одним из биоиндикационных показателей является оценка трофической структуры сообществ макрозообентоса, которая определяется по способу потребления пищи донными беспозвоночными. По типу питания выявленные в ходе исследования представители макрозообентоса относились к различным экологическим группам: соскребателям, собирателям-детритофагам, размельчителям, фильтраторам, хищникам и другим трофическим группам. Однако следует учитывать, что некоторые виды имеют

смешанное питание – соскребатели-детритофаги и облигатные собиратели-фильтраторы, или соскребатели и размельчители. Соотношение трофических групп донных беспозвоночных исследованных водотоков заповедника по видовому составу представлено на рис. 3.

За период исследования в большинстве рек наибольшее таксономическое разнообразие характерно для хищников, которые составили от 32 до 38.9 % от общего числа выявленных представителей макрозообентоса. Следующей по количеству НОТ явилась группа собирателей-детритофагов, которые составили от 16.7 до 27.8 %. Исключением является трофическая структура сообществ макрозообентоса реки Лондушки, где собиратели-детритофаги имели наибольшее видовое разнообразие, их доля в сообществе составила 54.5 % от общего числа групп на станциях отбора проб, эта же трофическая группа была преобладающей в структуре макрозообентоса в данной реке и по биомассе. Активные хищники преобладали по биомассе в реках Понга и Сеха (рис. 4). В составе макрозообентоса р. Сехи наибольшие показатели биомассы также отмечены для таких групп, как грунтозаглатыватели и собиратели – облигатные фильтраторы, в р. Понге – собиратели-детритофаги и собиратели – облигатные фильтраторы.

Оценка экологического состояния исследованных рек по индексу Вудивисса показала, что реки Сеха, Понга и Чёрная относятся к 3-му классу (значение индекса 6–7), что соответствует «умеренному загрязнению», реки Ломенга и Лондушка – к 4-му классу качества – «загрязненные». По результатам оценки качества вод малых рек заповедника по сапробиологической системе Пантле – Букка в большинстве рек не выявлены

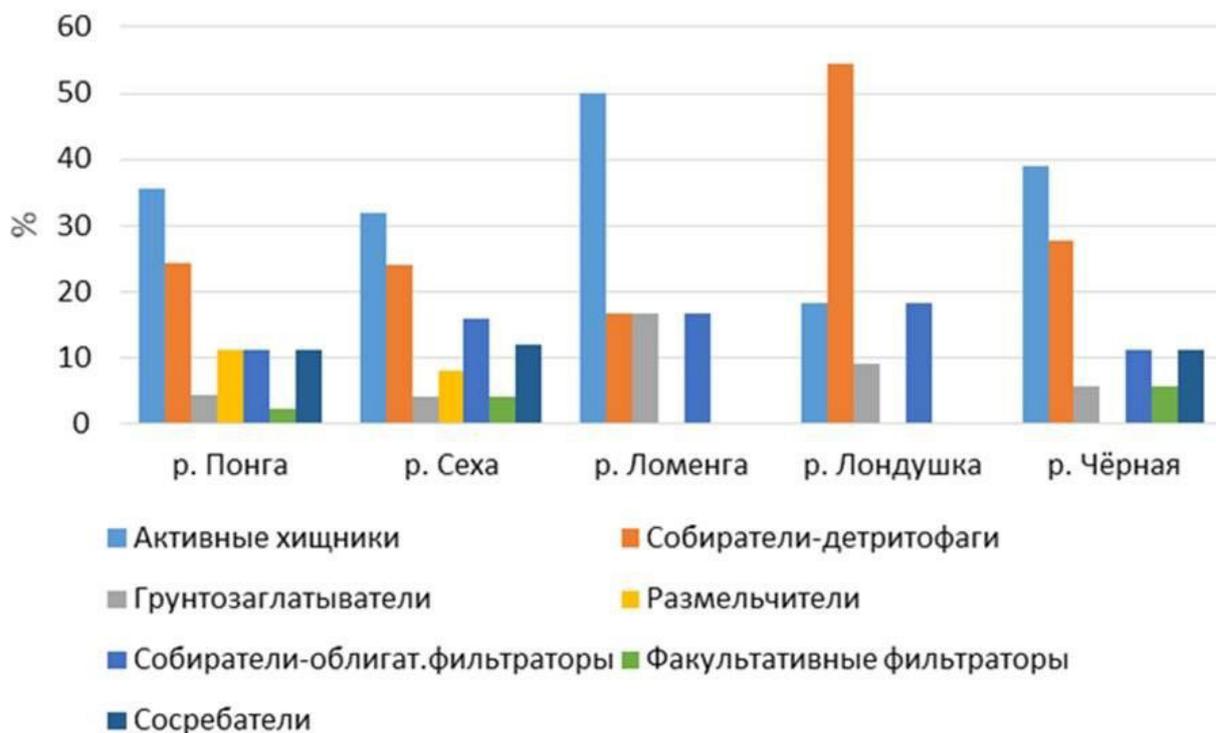


Рис. 3. Соотношение трофических групп макрозообентоса в исследованных реках  
 Fig. 3. The ratio of macrozoobenthos trophic groups in the studied rivers

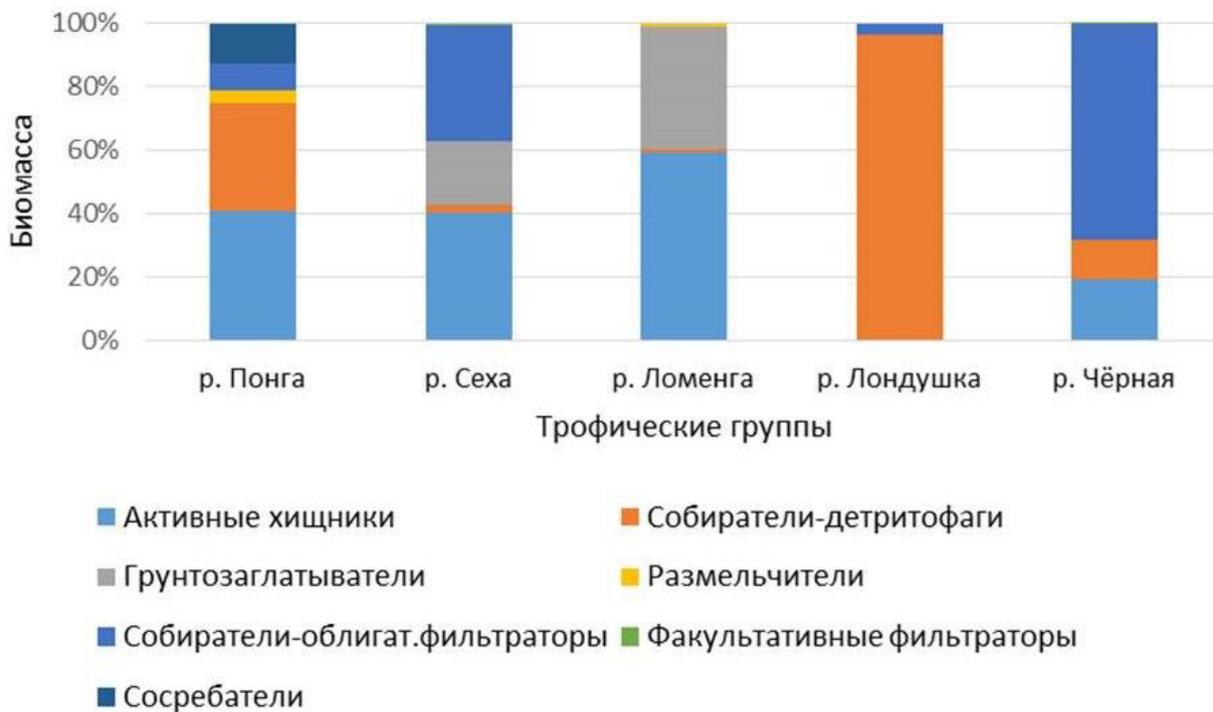


Рис. 4. Процентное соотношение таксономических групп макрозообентоса по биомассе (г/м²) в исследованных реках  
 Fig. 4. Percentage of macrozoobenthos taxonomic groups by biomass (g/m²) in the studied rivers

различия между станциями отбора проб. Реки Понга, для которой значение индекса сапробности варьирует от 1.8 до 2.4, Сеха (2.1–2.5, за исключением бобрового пруда), Лондушка (2.2–2.5) и Чёрная (2.1–2.5) относятся к  $\beta$ -мезосапробным (3-й класс – «умеренно загрязненные»). Река Ломенга, для которой индекс Пантле – Букка составил 2.7, относится к  $\alpha$ -мезосапробному типу – 4-му классу «загрязненной». Индекс сапробности

вод бобрового пруда реки Сехи составил 2.9, что также соответствует  $\alpha$ -мезосапробному типу.

Расчеты индексов BMWP и ASPT, основанные на разной чувствительности макрозообентоса к органическому загрязнению, продемонстрировали в целом высокие показатели качества вод исследованных водотоков (рис. 5).

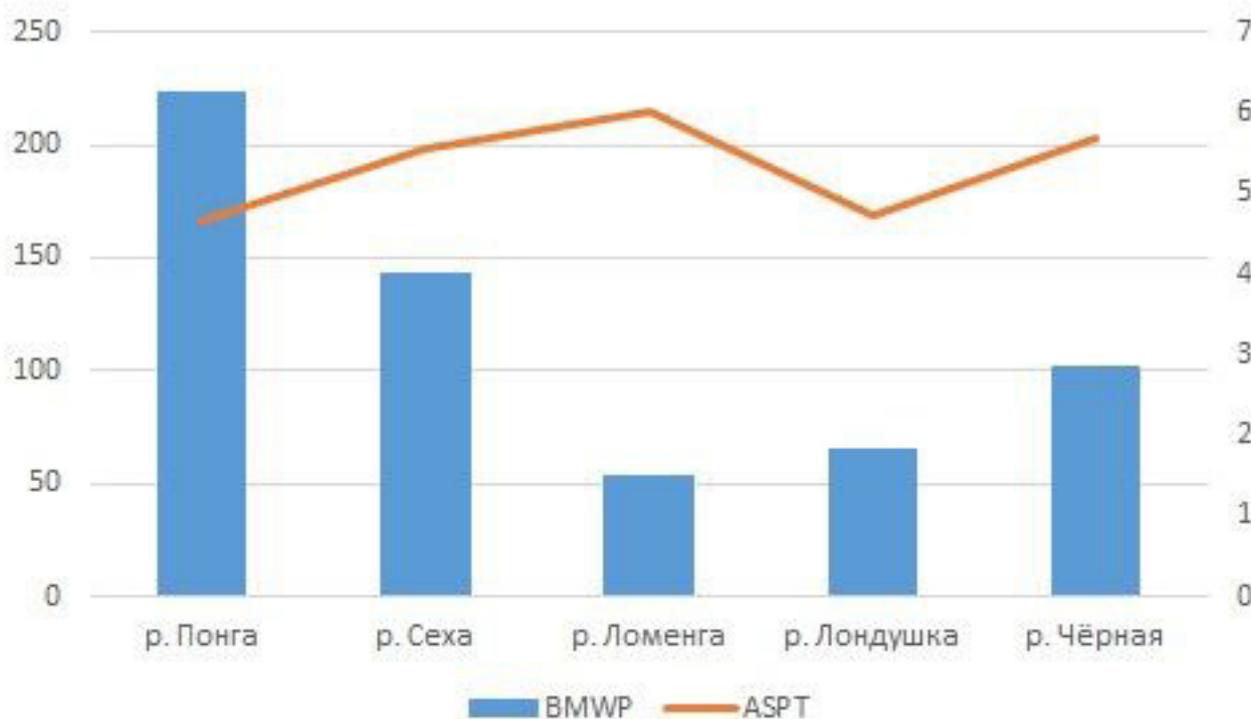


Рис. 5. Значение индексов BMWP и ASPT исследованных рек заповедника  
Fig. 5. The value of the BMWP and ASPT indices of the studied rivers of the reserve

В различных реках значение индекса BMWP варьировало от 54 («хорошее» качество – реки Ломенга и Лондушка) до 224 («исключительное» качество – р. Понга), значение индекса ASPT – от 4.7 («очень хорошее» – реки Понга и Лондушка) до 6 («прекрасное» – реки Чёрная и Сеха). Однако в реке Лондушке отмечены различия качества вод по станциям отбора проб (табл. 3). Так, низкие показатели биотических индексов в реке Лондушке определены на участке впадения в водоток р. Ломенги (станция 1), для которого характерен песчано-илистый грунт, а также на станции в условиях влияния бобровой деятельности на водоток, где отмечается накопление илистых донных отложений. Обнаруженные на станции 1 в р. Лондушке представители семейства Ephemeroidea имеют наибольший балл согласно расчетам индекса BMWP.

## Обсуждение

Ввиду отсутствия влияния источников антропогенного загрязнения малые реки заповедника могут быть использованы в качестве фоновых (условно чистых) водотоков. Значения индексов BMWP и ASPT на основе видового состава сообществ макрозообентоса показали достаточно высокое качество вод исследованных речных экосистем. Наибольшая (10 баллов) оценка, согласно расчету индекса, была присвоена обитающим в реках видам из семейств Leptophlebiidae, Potamanthidae, Molannidae, Ephemeridae (Ephemeroptera), Goeridae (Trichoptera). По сапробиологической системе Пантле – Букка большинство исследованных рек относятся к  $\beta$ -мезосапробным (р. Понга, Сеха, Лондушка, Чёрная), что говорит о незначительном накоплении органических веществ и доста-

Таблица 3. Значения биотических индексов исследованных водотоков по станциям отбора проб

Станции отбора проб	Биотический индекс	
	BMWP	ASPT
<b>р. Понга</b>		
Станция 1	138 (очень хорошее)	6 (прекрасное)
Станция 2	57 (хорошее)	6.3 (прекрасное)
Станция 3	78 (хорошее)	5.6 (прекрасное)
Станция 4	62 (хорошее)	5.2 (прекрасное)
Станция 5	37 (невысокое)	5.3 (прекрасное)
Станция 6	18 (плохое)	4.5 (хорошее)
<b>р. Сеха</b>		
Станция 1	84 (хорошее)	6.5 (прекрасное)
Станция 2	77 (хорошее)	5.92 (прекрасное)
Станция 3	66 (хорошее)	5.1 (прекрасное)
Станция 4	86 (хорошее)	6.6 (прекрасное)
Станция 5 (бобровый пруд)	55 (хорошее)	5 (прекрасное)
<b>р. Ломенга</b>		
	55 (хорошее)	6 (прекрасное)
<b>р. Лондушка</b>		
Станция 1	26 (невысокое)	3.7 (посредственное)
Станция 2	46 (невысокое)	5.1 (прекрасное)
Станция 3 (бобровый пруд)	22 (плохое)	3.6 (посредственное)
<b>р. Чёрная</b>		
Станция 1	52 (хорошее)	4.6 (очень хорошее)
Станция 2	90 (хорошее)	5.6 (прекрасное)

точно большом видовом разнообразии гидробионтов. Наибольшее значение индекса видового разнообразия Шеннона отмечено в реках Понга (1.21), Чёрная (0.73), Лондушка (0.63). Река Ломенга и бобровый пруд р. Сехи относятся к  $\alpha$ -мезасапробному типу и характеризуются слабым течением, заболоченностью берегов (р. Ломенга), песчано-илистым и илистым грунтом.

Таксономический состав и количественные показатели сообществ макрозообентоса зависят от многих экологических факторов. На структуру макрозообентоса оказывают влияние такие факторы, как скорость течения, характер грунта, наличие признаков зарастаемости прибрежных участков речных экосистем макрофитами, что отмечают многие исследователи, в т. ч. исследователи зообентосных сообществ малых рек сопредельных районов (Фролова, Баянов, 2010; Ивичева, 2016). Все исследованные малые реки характеризуются зарастаемостью берегов прибрежной растительностью, в ряде случаев берега затоплены.

Значительных изменений соотношения основных таксономических и трофических групп, количественных показателей сообществ зообентоса на участках, находящихся

под влиянием зоогенного фактора, за период исследования не отмечено. Во всех исследованных реках Кологривского заповедника, в т. ч. на участках, находящихся под зоогенным влиянием, наиболее представлены личинки насекомых. Высокие показатели численности насекомых характерны для рек Понга и Сеха, отличающихся песчаным характером дна. Численность насекомых уменьшалась в условиях песчано-илистого и илистого грунта, а также в условиях значительной зарастаемости прибрежной растительностью берегов рек Лондушка, Ломенга и Черная. Наибольшие показатели биомассы насекомых, за счет большой представленности личинок различных видов стрекоз (Odonata), ручейников (Trichoptera), поденок (Ephemeroptera), а также представителей семейства Dytiscidae, отмечены в реках Понга и Чёрная. В реке Сеха в условиях влияния зоогенного фактора выявлены виды таких семейств, как Potamanthidae и Ephemeridae, отмеченные наибольшим баллом по системе оценок BMWP. В бобровом пруде реки Лондушки такие биоиндикаторные виды не обнаружены.

В реках Сеха и Лондушка за период исследований отмечена высокая числен-

ность двустворчатых моллюсков (*Bivalvia*), представленных семействами *Unionidae* и *Sphariidae*. Набольшие показатели численности двустворок рода *Pisidium* sp. определены на участках влияния зоогенного фактора рек Лондушка и Сеха в условиях песчано-илистого грунта.

Наибольшие показатели численности *Oligochaeta* и *Hirudinea* зарегистрированы в реке Понге, где в районе бобровой плотины и ниже по течению были обнаружены *Lumbricus variegatus* и различные виды пиявок, предпочитающие водные экосистемы со стоячей или медленно текущей водой, обильно заросшие растительностью.

Соотношение экологических групп бентоса по типу питания в исследованных реках значительно отличается. В реках Понга и Сеха по количеству НОТ выявлено 7 экологических групп, в реке Чёрной – 6, в реках Лондушка и Ломенга – по 4 в каждой. В реках Сеха, Понга, Чёрная доминировали активные хищники и собиратели-детритофаги, в р. Лондушке значительна группа собирателей-детритофагов, которые составили 54.5 % от общего числа выявленных представителей макрозообентоса, в р. Ломенге – активные хищники (50 %). Преобладание детритофагов в сообществе зообентоса реки Лондушки может свидетельствовать о накоплении органики, чему способствует зарастаемость макрофитами и заболоченность берегов водотока.

Таким образом, исследованные малые реки отличаются достаточно большим видовым разнообразием зообентоса. Наибольшее количество видов и количественная представленность характерны для насекомых, что типично для пресных водоемов. В условиях влияния зоогенного фактора за период исследования отмечено снижение видового разнообразия и количественных показателей сообществ макрозообентоса, что, вероятно, связано с сукцессионными процессами. Однако соотношение основных таксономических и трофических групп зообентоса малых рек Кологривского заповедника, а также показателей их численности и биомассы изменяется в целом незначительно.

## Заключение

Исследованные водотоки на территории Кологривского заповедника отличаются песчано-илистым и илистым дном с разной степенью зарастания берегов прибрежной растительностью. В пределах некоторых рек

наблюдается деятельность речного бобра. По сапробиологической системе Пантле – Букка реки Понга, Сеха, Лондушка и Чёрная относятся к  $\beta$ -мезосапробным (3-й класс – «умеренно загрязненные»), река Ломенга – к  $\alpha$ -мезосапробному типу (4-й класс – «загрязненная»). Значение индекса BMWP свидетельствует в целом о высоком качестве вод в реках заповедника и оценивается как «исключительное» – в р. Понге, «очень хорошее» – в реках Сеха и Чёрная, «хорошее» – в реках Ломенга и Лондушка. Индекс ASPT показал «прекрасное» качество вод в реках Сеха, Ломенга и Чёрная; «очень хорошее» – в реках Понга и Лондушка. В большинстве исследованных рек не выявлены различия в качестве вод по станциям отбора проб. Различия в качестве вод по станциям определены только для реки Лондушки, где выявлено по ряду станций снижение значений биотических индексов, что может быть обусловлено изменением в характере грунта в связи с накоплением илистых отложений. Также наблюдается различие значения индекса сапробности вод бобрового пруда реки Сехи в отличие от других станций отбора проб ( $\alpha$ -мезосапробный тип).

В ходе исследования сообществ макрозообентоса некоторых малых рек Кологривского заповедника выявлено 70 низших определяемых таксонов (НОТ) беспозвоночных, которые представлены пятью таксономическими группами: *Oligochaeta*, *Hirudinea*, *Bivalvia*, *Gastropoda* и *Insecta*. Во всех исследованных малых реках наблюдалось доминирование насекомых, что типично для пресных водоемов и водотоков. Однако в условиях высокой зарастаемости берегов макрофитами в структуре сообществ макрозообентоса возрастает доля брюхоногих моллюсков, которые являются детритофагами, что может быть признаком накопления органических веществ. В период исследований немногочисленны чувствительные к изменению условий веснянки. Среди данной группы выявлены только представители рода *Netouga* в реке Понге, которые обычны для мезотрофных водоемов. В условиях зоогенного влияния снижение разнообразия зообентоса не наблюдалось, по-прежнему доминировали насекомые, субдоминантной группой являлись брюхоногие моллюски, что связано с хорошей кормовой базой для них вследствие зарастаемости прибрежных участков, замедлением скорости водотока и накоплением органических веществ. В трофической структуре сообществ макрозообентоса во

всех исследованных реках доминировала группа активных хищников, за исключением реки Лондушки, где по количеству видов и биомассе доминировали собиратели-детри-тофаги, и реки Чёрной, в зообентосных сообществах которой по биомассе доминировали собиратели – облигатные фильтраторы.

## Библиография

- Андрианова А. В., Шанько Ю. В. Биотические индексы и метрики зообентоса в оценке экологического состояния крупной реки смешанного типа // Экология. 2022. № 2. С. 145–152.
- Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 68–82.
- Безматерных Д. М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири: Аналитический обзор / Под ред. Д. М. Безматерных. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2007. Вып. 85. 86 с.
- Головатюк Л. В., Зинченко Т. Д. Биотические идентификаторы в оценке качества воды эталонной реки: сравнительный анализ биоиндикационных индексов реки Байтуган (Высокое Заволжье) // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2020. Т. 162, кн. 1. С. 134–150.
- Головатюк Л. В., Зинченко Т. Д. Биотические индексы и метрики в оценке качества воды малых рек Нижнего Поволжья (на примере рек Байтуган, Камышла, Сосновка) // Особенности пресноводных экосистем малых рек Волжского бассейна / Под ред. Г. С. Розенберга, Т. Д. Зинченко. Тольятти: Кассандра, 2011. С. 160–169.
- Зайцев В. А., Сиротина М. В., Мурадова Л. В., Ситникова О. Н. Бобры заповедника «Кологривский лес» // Бобры в заповедниках европейской части России / Под ред. Н. А. Завьялова, Л. А. Хляп. Великие Луки: ООО «Великолукская типография», 2018. С. 125–180.
- Зуева Н. В., Алексеев Д. К., Куличенко А. Ю. Биоиндикация и биотестирование в пресноводных экосистемах: Учебное пособие для высших учебных заведений. СПб.: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2019. 140 с.
- Ивичева К. Н. Зообентос малых рек-притоков Верхней Сухоны // Вода: химия и экология. 2016. № 8 (98). С. 53–59.
- Красная книга Костромской области / В. И. Бондаренко, А. С. Дюкова, Д. Н. Зонтиков; Науч. ред. М. В. Сиротина; Администрация Костромской области, Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Костромской области, Костромской государственный университет. 2-е изд., перераб. и доп. Кострома: Костромской гос. ун-т, 2019. 431 с.
- Кутикова Л. А. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР: ] / Отв. ред. д-ра биол. наук Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов; Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР, Зоол. ин-т АН СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 511 с.
- Летопись природы государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Синицына / Сост. С. А. Чистяков. Кологрив: ООО «Костромской печатный дом», 2022. 138 с.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах: Зообентос и его продукция / Сост. А. А. Салазкин, А. Ф. Алимов, Н. П. Финогенова. Л.: ГосНИОРХ, 1984. 52 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 1. Низшие беспозвоночные. СПб.: Наука, 1994. 400 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 3. Паукообразные. Низшие насекомые / Под ред. С. Я. Цалолихина. СПб.: Наука, 1997. 439 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4. Двукрылые насекомые / Под ред. С. Я. Цалолихина. СПб.: Наука, 2000. 997 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 5. Высшие насекомые / Под ред. С. Я. Цалолихина. СПб.: Наука, 2001. 825 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос / Под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 457 с.
- Пашков А. Н., Решетников С. И. Сравнительная оценка состояния зообентосных и рыбных сообществ малых рек Черноморского побережья северо-западного Кавказа // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11, № 1 (2). С. 119–122.
- Петров Д. С., Якушева А. М. Оценка экологического состояния малых водотоков Санкт-Петербурга по показателям зообентоса в 2019–2021 гг. // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2022. Т. 67 (3). С. 529–544.
- Рохмистров В. Л., Наумов С. С. Физико-географические закономерности распределения речной сети Ярославского Нечерноземья / Под ред. А. Б. Дитмар // Географические аспекты рационального природопользования в Верхневолжском Нечерноземье: Межвузовский сборник науч-

- ных трудов. Ярославль: ЯГПИ им. К. Д. Ушинского, 1984. С. 53–64.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Ин-т глобал. климата и экологии; Под ред. В. А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 317 с.
- Семенченко В. П., Разлуцкий В. И. Экологическое качество пресных вод . 2-е изд., испр. Минск: Беларуская навука, 2011. 328 с.
- Сиротин А. Л., Сиротина М. В. Структура зоопланктона разных биотопов малых рек Кологривского кластера заповедника «Кологривский лес» // Трансформация экосистем. 2022. № 5 (4). С. 112–125.
- Хицова Л. Н., Силина А. Е., Мелашенко М. В. Доминантно-информационная структура донных зооценозов пойменных водоемов в местах обитания бобра в Усманском Бору // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2010. № 1. С. 127–132.
- Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы современной идентификации. . Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
- Фролова Е. А., Баянов Н. Г. Обзор фауны водных беспозвоночных (бентоса, мейобентоса и нейстона) Нижегородской области и сопредельных регионов // Вестник Мордовского государственного университета. 2010. № 1. С. 33–41.
- Яковлев В. А. Пресноводный зообентос северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Ч. 2 . Апатиты: Изд. Кольского НЦ РАН, 2005. 145 с.
- Яныгина Л. В. Донные сообщества в оценке экологического состояния малой реки Издревой // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2017. Т. 47, № 4. С. 93–100.
- Damanik-Ambarita M. N., Lock K., Boets P. et al. Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices // *Limnologia*. Vol. 57. P. 27–59. DOI: 10.1016/j.limno.2016.01.001
- Dickens C. W. S., Graham P. M. The South African Scoring System (SASS) version 5 rapid bioassessment method for rivers // *African Journal of Aquatic Science*. 2002. Vol. 27. P. 1–10. DOI: 10.2989/16085914.2002.9626569
- Mehari A. K., Wondie A., Mingist M., Vijverberg J. Spatial and seasonal variation in the macro-invertebrates and physico-chemical parameters of the Enfranz River, Lake Tana sub-basin (Ethiopia) // *Ecohydrology & Hydrobiology*. 2014. Vol. 14. P. 304–312. DOI: 10.1016/j.ecohyd.2014.07.004
- Sørensen T. Method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content // *Biologiske skrifter*. 1948. No 5 (4). P. 1–34.
- Woodwiiss F. S. The biological system of stream classification used by the Trent Board // *Chem. And Ind*. 1964. Vol. 11. P. 443–447.

# ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATUS OF SOME SMALL RIVERS OF THE STATE NATURE RESERVE «KOLOGRIVSKY FOREST» BY ZOOBENTHOS COMMUNITIES

**SOKOLOVA**  
Tatyana Leonidovna

*Ph.D., Kostroma State University, Russia Kostroma Malyshevskaya St. 4, tl.sokol@yandex.ru*

**MURADOVA**  
Lyudmila Vladimirovna

*Ph.D., Kostroma State University, Russia Kostroma Malyshevskaya St. 4, mlv44@mail.ru*

## Keywords:

macrozoobenthos  
species composition  
ecological groups  
small rivers  
biotic indexes  
bioindication  
bioindicators  
zoogenic factor  
beaver pond  
Kologrivsky Forest Nature Reserve  
Kostroma region

**Summary:** The article presents the results of studying the ecological state of some watercourses of the State Nature Reserve «Kologrivsky Forest» named after M. G. Sinitsyn according to the indicators of macrozoobenthos communities. The species diversity of macrozoobenthos, the most numerically represented taxonomic groups and species of zoobenthos organisms are presented. The abundance and biomass of this group of aquatic organisms, the features of the trophic structure, the values of the Shannon species diversity index and the Pyle equalization index for the small Sekha, Ponga, Lomenga, Londushka and Chernaya rivers were determined. The assessment of the water condition in accordance with the saprobiological system of Pantle – Buck and Woodywiss, as well as the assessment of water quality using the biotic indices BMWP and ASPT is given. The faunal list of discovered representatives of macrozoobenthos is represented by 70 lower defined taxa (LDT). Insect larvae are the most numerous in all the rivers studied. The highest abundance rates of this group are noted in rivers with sandy bottoms, in conditions of greater overgrowth of the banks by macrophytes, whereas in conditions of sandy-muddy and muddy soil, the number of insects decreases. The greatest taxonomic diversity is characteristic of such trophic groups as predators and gatherers-detritophages. It was revealed that the Ponga, Sekha, Londushka and Chernaya rivers, characterized by a fairly rich species composition of zoobenthos, belong to the  $\beta$ -mesosaprobic according to the Pantle – Buck saprobiological system. According to the Woodywiss index, the Ponga, Sekha and Chernaya rivers are characterized as «moderately polluted» watercourses, while the Lomenga and Londushka rivers - as «polluted». The value of the BMWP index indicates the high water quality in the rivers of the reserve and is rated as «exceptional» in the Pong River, «very good» in the Sekha and Chernaya rivers, and «good» in the Lomenga and Londushka rivers. The ASPT index varies in different rivers from 4.7 («very good» water quality) to 6 («excellent»).

**Received on:** 01 March 2025

**Published on:** 21 June 2025

## References

- Andrianova A. V. Shan'ko Yu. V. Биотические индексы и метрики зообентоса в оценке экологического состояния крупной реки смешанного типа, *Ekologiya*. 2022. No. 2. P. 145–152.
- Bakanov A. I. The use of zoobenthos for monitoring freshwater reservoirs (overview), *Biologiya vnutrennih vod*. 2000. No. 1. P. 68–82.
- Bezmaternyh D. M. Zoobenthos as an indicator of the ecological status of aquatic ecosystems in Western Siberia: An Analytical review, Pod red. D. M. Bezmaternyh. Novosibirsk: GPNTB SO RAN, 2007. Vyp. 85. 86 p.
- Chronicle of nature of the State Nature Reserve “Kologrivsky forest” named after M. G. Sinitsyn/ Sost. P. A. Chistyakov. Kologriv: OOO «Kostromskoy pechatnyy dom», 2022. 138 p.

- Damanik-Ambarita M. N., Lock K., Boets P. et al. Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices, *Limnologica*. Vol. 57. P. 27–59. DOI: 10.1016/j.limno.2016.01.001
- Dickens C. W. S., Graham P. M. The South African Scoring System (SASS) version 5 rapid bioassessment method for rivers, *African Journal of Aquatic Science*. 2002. Vol. 27. P. 1–10. DOI: 10.2989/16085914.2002.9626569
- Frolova E. A. Bayanov N. G. Overview of the fauna of aquatic invertebrates (benthos, Meiobenthos, and Neuston) Nizhny Novgorod Region and adjacent regions, *Vestnik Mordovskogo gosuniversiteta*. 2010. No. 1. P. 33–41.
- Golovatyuk L. V. Zinchenko T. D. Biotic identifiers in assessing the water quality of a reference river: a comparative analysis of bioindication indices of the Baytugan River (High Volga region), *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*. 2020. T. 162, kn. 1. P. 134–150.
- Golovatyuk L. V. Zinchenko T. D. Biotic indices and metrics in assessing the water quality of small rivers of the Lower Volga region (using the example of the Baytugan, Kamyshla, and Sosnovka rivers), *Osobennosti presnovodnyh ekosistem malyh rek Volzhskogo basseyna*, Pod red. G. P. Rozenberga, T. D. Zinchenko. Tol'yatti: Cassandra, 2011. P. 160–169.
- Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems, In-t global. klimata i ekologii; Pod red. V. A. Abakumova. SPb.: Gidrometeoizdat, 1992. 317 p.
- Hicova L. N. Silina A. E. Melashenko M. V. Dominant information structure of bottom zoocenoses of floodplain reservoirs in beaver habitats in the Usmansky Forest, *Vestnik VGU. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmaciya*. 2010. No. 1. P. 127–132.
- Identification guide for freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. V. 1. Lower invertebrates. SPb.: Nauka, 1994. 400 p.
- Identification guide for freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. V. 3. Arachnids. Lower insects/ Pod red. P. Ya. Calolihina. SPb.: Nauka, 1997. 439 p.
- Identification guide for freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. V. 4. Diptera insects/ Pod red. P. Ya. Calolihina. SPb.: Nauka, 2000. 997 p.
- Identification guide for freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. V. 5. Higher insects/ Pod red. P. Ya. Calolihina. SPb.: Nauka, 2001. 825 p.
- Identification guide for zooplankton and zoobenthos in fresh waters of European Russia. Vol. 2. Zoobenthos/ Pod red. V. R. Alekseeva, P. Ya. Calolihina. M.; SPb.: Tovarischestvo nauchnyh izdaniy KMK, 2016. 457 p.
- Ivicheva K. N. Zoobenthos of small tributary rivers of the Upper Sukhona, *Voda: himiya i ekologiya*. 2016. No. 8 (98). P. 53–59.
- Kutikova L. A. [Планктон и бентос], *Otv. red. d-ra biol. nauk L. A. Kutikova, Ya. I. Starobogatov; Gl. upr. gidrometeorol. sluzhby pri Sovete Ministrov SSSR, Zool. in-t AN SSSR. L.: Gidrometeoizdat, 1977. 511 p.*
- Mehari A. K., Wondie A., Mingist M., Vijverberg J. Spatial and seasonal variation in the macro-invertebrates and physico-chemical parameters of the Enfranz River, Lake Tana sub-basin (Ethiopia), *Ecohydrology & Hydrobiology*. 2014. Vol. 14. P. 304–312. DOI: 10.1016/j.ecohyd.2014.07.004
- Methodological recommendations for the collection and processing of materials in hydrobiological studies in freshwater reservoirs: Zoobenthos and its products, *Sost. A. A. Salazkin, A. F. Alimov, N. P. Finogenova. L.: GosNIORH, 1984. 52 p.*
- Pashkov A. N. Reshetnikov S. I. Comparative assessment of the state of zoobenthos and fish communities of small rivers of the Black Sea coast of the Northwest Caucasus, *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossiyskoy akademii nauk*. 2009. T. 11, No. 1 (2). P. 119–122.
- Petrov D. S. Yakusheva A. M. Assessment of the ecological status of small watercourses of St. Petersburg according to zoobenthos indicators in 2019–2021., *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2022. T. 67 (3). P. 529–544.
- Rohmistrov V. L. Naumov S. S. Physico-geographical patterns of distribution of the Yaroslavl Non-Chernozem region river network/ Pod red. A. B. Ditmar, *Geograficheskie aspekty racional'nogo prirodopol'zovaniya v Verhnevolzhskom Nechernozem'e: Mezhvuzovskiy sbornik nauchnyh trudov. Yaroslavl'*: YaGPI im. K. D. Ushinskogo, 1984. P. 53–64.
- Sørensen T. Method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, *Biologiske skrifter*. 1948. No 5 (4). R. 1–34.
- Semenchenko V. P. Razluckyiy V. I. Ecological quality of fresh water. 2-e izd., ispr. Minsk: Belaruskaya navuka, 2011. 328 p.
- Shitikov V. K. Rozenberg G. S. Zinchenko T. D. Quantitative hydroecology: methods of modern identification. Tol'yatti: IEVB RAN, 2003. 463 p.
- Sirotin A. L. Siroтина M. V. Zooplankton structure of different biotopes of small rivers in the Kologrivsky cluster of the Kologrivsky Forest Reserve, *Transformaciya ekosistem*. 2022. No. 5 (4). P. 112–125.

- The Red Book of the Kostroma region, V. I. Bondarenko, A. P. Dyukova, D. N. Zontikov ; Nauch. red. M. V. Sirotnina ; Administraciya Kostromskoy oblasti, Departament prirodnih resursov i ohrany okruzhayuschey sredy Kostromskoy oblasti, Kostromskoy gosudarstvennyy universitet. 2-e izd., pererab. i dop. Kostroma: Kostromskoy gop. un-t, 2019. 431 p.
- Woodowiiss F. S. The biological system of stream classification used by the Trent Board, Chem. And Ind. 1964. Vol. 11. P. 443–447.
- Yakovlev V. A. Freshwater zoobenthos of northern Fennoscandia (diversity, structure, and anthropogenic dynamics). Part 2. Apatity: Izd. Kol'skogo NC RAN, 2005. 145 p.
- Yanygina L. V. Bottom communities in the assessment of the ecological status of the small Izdreeva river, Izvestiya Altayskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obschestva. 2017. T. 47, No. 4. P. 93–100.
- Zaycev V. A., Sirotnina M. V., Muradova L. V., Sitnikova O. N. Bobry zapovednika «Kologrivskiy les», Bobry v zapovednikah evropeyskoy chasti Rossii, Pod red. N. A. Zav'yalova, L. A. Hlyap. Velikie Luki: OOO «Velikolukskaya tipografiya», 2018. P. 125–180.
- Zueva N. V. Alekseev D. K. Kulichenko A. Yu. и др. Bioindikaciya i biotestirovanie v presnovodnyh ekosistemah: Uchebnoe posobie dlya vysshih uchebnyh zavedeniy . SPb.: Rossiyskiy gosudarstvennyy gidrometeorologicheskij universitet, 2019. 140 p.