

**СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ И
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

УДК 574.587(470.314)

**АНАЛИЗ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ МАЛЫХ РАВНИННЫХ РЕК
С УЧЕТОМ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
(НА ПРИМЕРЕ Р. КОЛОКША, ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

© 2026 г. Т.Д. Зинченко, В.П. Морев

*Институт экологии Волжского бассейна
Самарского федерального исследовательского центра РАН
Россия, 445003, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, д. 10
E-mail: zinchenko.tdz@yandex.ru, moroff@mail.ru*

Поступила в редакцию 18.02.2026. После доработки 25.02.2026. Принята к публикации 01.03.2026.

В статье приводятся результаты исследований разнообразия, структурных и функциональных особенностей донных сообществ на участках малой равнинной реки Колокша (притока реки Клязьмы) в бассейне Верхней Волги. Рассмотрены закономерности пространственной и структурной изменчивости донных сообществ с использованием широкого спектра гидробионтов – индикаторов экологического состояния реки.

По результатам исследований 1993 и 2013 годов выполнен анализ изменений видового богатства и функциональных характеристик сообществ макрозообентоса в реке Колокша и ее притоках. По результатам изменений численности и биомассы основных таксономических групп с использованием различных методологических подходов изучена динамика гидробиологических показателей с учетом их нестационарности и существования закономерных трендов в зависимости от факторов воздействия.

Из сформированного набора абиотических факторов среды произведен отбор значимых параметров, определяющих комплексный продольный градиент (насыщение кислородом, скорость течения и содержание фосфора). Определен экологический статус реки.

Ключевые слова: сообщества макрозообентоса, таксономическое разнообразие, абиотические факторы, функциональные особенности, река Колокша, бассейн реки Клязьма.

DOI: 10.24412/2542-2006-2026-1-38-92

EDN: NXKQTS

Многие природные экосистемы обычно не имеют четких, фиксированных в пространстве границ (Underwood, Provot, 2000). Однако все экологические системы являются открытыми, что дает нам возможность при количественной оценке роли донных сообществ, например, в определении их функциональной роли при оценке качества лотических систем, устанавливать определенные пространственные границы, фиксируя тем самым вход в систему и выход из нее изучаемого потока. Пространственные границы экосистемы реки в каждом конкретном случае могут определяться задачей исследования.

В этой связи надо отметить, что в настоящее время воздействие климатических факторов, влияние точечных источников антропогенного загрязнения приводят к снижению видового разнообразия водных экосистем. Комбинированные эффекты действия природных и антропогенных факторов определяют сложность выявления причин нарушений в водных сообществах многих водоемов и водотоков мира (Полякова, 2015; Калинкина и др., 2016; Перова, 2017).

При оценке комплексного антропогенного воздействия по отношению к оценке целостности речных систем обычно исходят из двух основных позиций: изучение процессов, происходящих на всем водосборе (Fisher et al., 1983, Джонгман и др., 1999; Зинченко,

Головатюк, 2000), и изучение изменений биоты рек в речном континууме (Vannote et al., 1980). Исходя из этих положений, каждый водоток, рассматриваемый нами в пределах своего бассейна, представляет собой экологическую систему (Шитиков, Зинченко, 2018, 2019; Шитиков и др., 2021).

Напомним, что в речном континууме по мере удаления от истока происходит изменение видового состава организмов, которое может иметь относительно плавный (Vannote et al., 1980) или прерывистый градиент. Сообщества гидробионтов рек Волжского бассейна мы рассматриваем как компоненты экосистемы, уделяя внимание тем группам, информация по индикаторным свойствам которых наиболее информативна. Некоторые результаты исследований лотических систем с использованием широкого спектра оценочных индикаторов сообществ макрозообентоса и их пространственного распространения опубликованы ранее (Woodiwiss, 1964; Зинченко и др., 2004, 2013; Зинченко, Моллер Пилот, 2005; Биоиндикация экологического ..., 2007; Зинченко, Головатюк, 2024). Функционирование реки нами рассматривается как прерывистый градиент связи видовой структуры донных сообществ с абиотическими и биотическими факторами среды (Perry, Shaeffer, 1987; Шитиков, Зинченко, 2018, 2019).

Структурные особенности донных сообществ, биоразнообразие, особенности функционирования лотических систем являются необходимой основой для прогнозирования их антропогенной или естественной динамики и определяют биологические ресурсы водотоков (Алимов, 1989, 1991, 2006; Богатов, 1994; Балужкина, 2003; Динамика биологического ..., 2012; Зинченко и др., 2018).

Цель настоящей статьи – оценить структурно-функциональные, а также индикаторные характеристики руководящих видов макрозообентоса реки Колокша и ее притоков в качестве информативной основы для возможного прогнозирования состояния экосистемы малых равнинных рек.

Материалы и методы

Общая гидролого-гидрохимическая характеристика бассейна реки Колокша. Гидробиологическое состояние реки включает данные анализа распределения структурных характеристик донных сообществ, по которым можно оценить закономерность изменения экологических параметров водных масс, качество воды и степень загрязнения водоема. По результатам изменений численности и биомассы основных таксономических групп, с использованием разных методологических подходов оценки динамики гидробиологических показателей, выявляется их нестационарность и зависимость от гидрологических и гидрохимических факторов при оценке экологического состояния реки.

По данным государственного водного реестра России, р. Колокша относится к Окскому бассейновому округу водохозяйственного участка р. Клязьма от г. Орехово-Зуево до г. Владимир. Река является левобережным притоком р. Клязьма, впадающим в нее на расстоянии 326 км от устья (рис. 1) на высоте 96 м н.у.м. БС. Средний уклон – 0.355 м/км. Это типичная малая равнинная река (Малые реки ..., 1998) с быстрым течением и каменистым дном в истоке, с замедленным течением и заиленным дном на всем протяжении. Ее длина – 146 км, площадь водосбора – 1430 км². Расположение станций отбора проб на реке и ее притоках показано на рисунке 1.

Ее бассейн вытянут с северо-запада на юго-восток и асимметричен за счет левосторонних притоков. Прилегающая местность – мелкохолмистая равнина, преимущественно открытая. Склоны долины высотой 10-15 м, сложены суглинками, открытые. Пойма шириной 200-400 м, двухсторонняя, ровная луговая, открытая.

Равнина сформирована валунными суглинками ледниковой морены времени отступления московского ледника (мощностью от 2-8 м на водоразделах до 20 м) и покровными

суглинками (до 5 м); речные долины – флювиогляциальными отложениями с преобладанием песков (Карта четвертичных ..., 1974а, 1974б; Застрожнова и др., 2016). Современная долина Колокши и частично долины притоков приурочены к ложбинам стока талых ледниковых вод. Крупнейшая из этих ложбин привязана к субмеридиональной доплейстоценовой палеодолине глубиной до 150 м, врезанной в верхне- и нижнемеловые толщи и заполненной флювиогляциальными отложениями межледниковий, которые разделены интервалами моренных суглинков, соответствующих окскому, днепровскому и московскому оледенениям. При этом сток из северной части палеодолины был направлен на север в крупную разветвленную речную систему бассейна верхней пра-Волги, а из южной – на юг в долину Клязьмы, с водоразделом в районе устья современного притока Колокши – р. Черная. Таким образом, ныне существующая долина р. Колокша (за исключением небольшого широтного участка в верховьях), имеющая продолжение в северном направлении по долине среднего течения притока р. Гза и далее за пределы бассейна, является унаследованной от палеодолины.

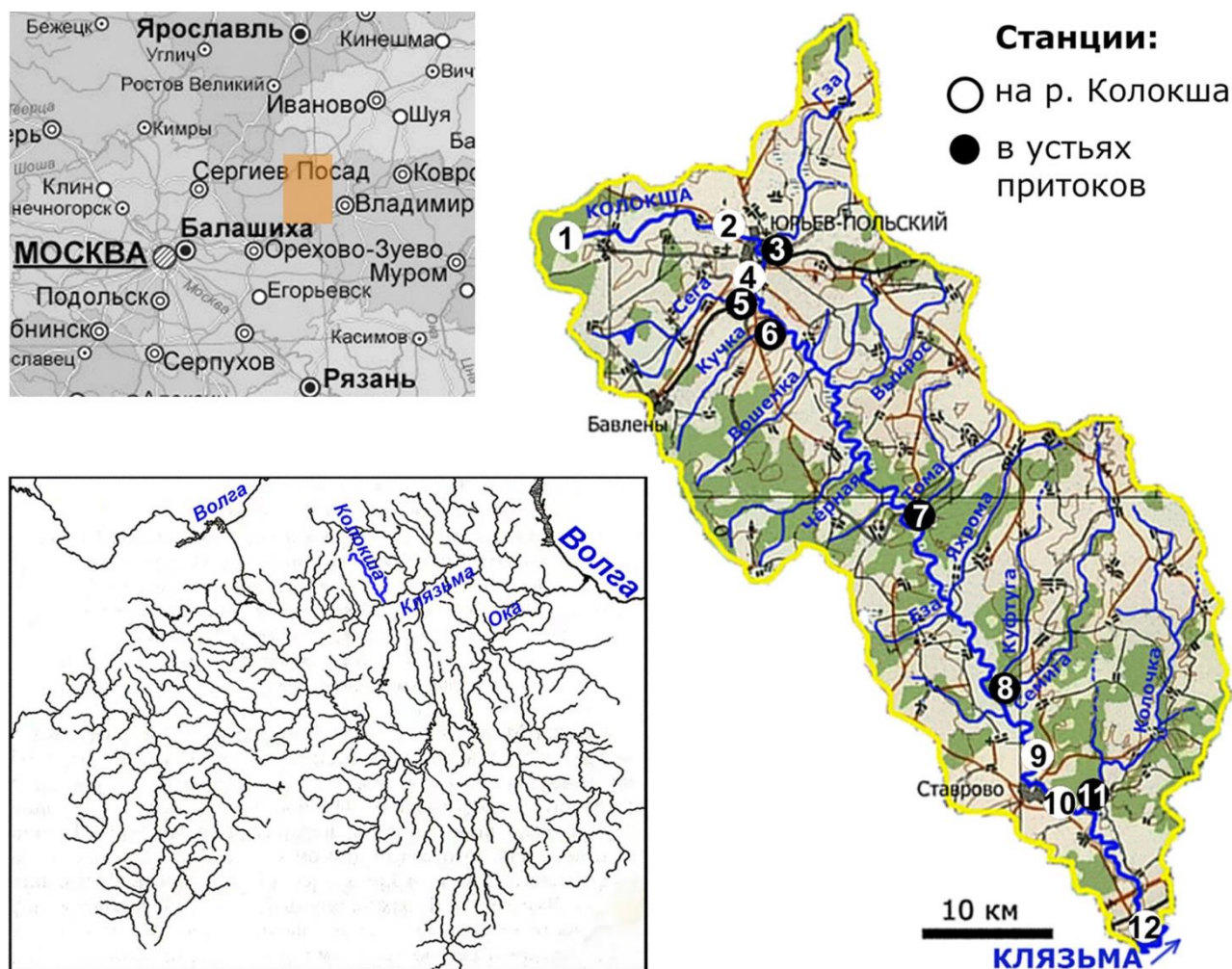


Рис. 1. Бассейн р. Колокша со схемой расположения станций на ее русле и в устьях ее притоков.
Fig. 1. The Koloksha River basin and stations along its bed and at the mouths of its tributaries.

В небольших слабопроточных водоемах и межхолмовых понижениях накапливались типичные озерно-болотные и болотные образования (Застрожнова и др., 2016). Последние представлены иловатыми глинами, сапропелем и торфами и наиболее

распространены в среднем течении Гзы, где с конца XIX века эпизодически велась разработка торфяных залежей.

Русло р. Колокша шириной 20-40 м, извилистое, песчано-илистое, зарастающее водной растительностью, деформирующееся. Берега высотой 4-5 м, крутые, преимущественно обнаженные.

Минимальные среднемесячные расходы воды составляют в летнее время 2.36-2.53 м³/с, зимой – 1.56-1.04 м³/с. Используемые в бассейне реки подземные воды приурочены к известнякам верхнекаменноугольных и пермских отложений (залегают на глубине, перекрыты водоупором юрского возраста и не имеют гидравлической связи с вышележащими водоносными горизонтами); к пескам, песчаникам, опокам, трепелам нижне- и верхнемеловых отложений. Вода в известняках эксплуатируется на всей части бассейна, воды меловых отложений – в северной части бассейна (Юрьев-Польский, Суздальский районы). Запасы подземных вод эксплуатируемых горизонтов, например, в Собинском районе, при модуле 2 л/сек на 1 км² оцениваются в 48-50 тыс. м³/сут.

Преимущественно песчаные толщи являются водовмещающими породами для горизонтов плейстоценовых межледниковий (межморенных). Они имеют более или менее развитый водообмен с водоносными горизонтами мелового возраста, чему сопутствует увеличение минерализации межморенного водоносного горизонта на отдельных участках. Надморенный горизонт (в основном соответствующий грунтовым водам) включает пресные воды со свободной поверхностью, с минерализацией 0.3-0.5 г/дм³, гидрокарбонатные кальциевые и магниевые-кальциевые; их использование ограничено индивидуальным водоснабжением в сельской местности.

Воды голоценового горизонта приурочены к торфяникам; они пресные с минерализацией чаще 0.05-0.1 г/дм³, в основном гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые. Для них характерны высокая окисляемость, часто высокие содержания железа (от 10-20 до 74 мг/дм³), аммиака и органических веществ (Застрожнова и др., 2016).

Воды надморенного водоносного горизонта не защищены от поверхностного загрязнения. Участок реки в районе г. Юрьев-Польский загрязняется сточными водами мясокомбината и мелькомбината.

Для оценки экологического состояния реки и качества вод в р. Колокша в июле 1993 и 2013 годов отбирали количественные образцы бентоса на 6 станциях реки и 6 станциях в устьевых участках ее притоков: рр. Гза, Сега, Кучка, Тома, Семига, Колочка (табл. 1). Станции отбора гидробиологических проб соответствуют створам р. Колокша и ее притоков, установленным Владимирским областным отделением Комитета по охране природы при выполнении гидрохимического мониторинга для оценки качества воды в створах.

Отбор проб в ритрале осуществляли гидробиологическим скребком (длина ножа – 20 см, протягивание скребка – 0.5 м), в потамали – дночерпателем Экмана-Берджи (1/40 м²) по 2 выемки на станции. На каждой станции проведено усреднение численности и биомассы гидробионтов. Образования с камней брали путем соскоба, с последующим измерением площади камней с пересчетом на общую площадь участка реки, занятую камнями.

Грунт промывали через капроновое сито с размером ячеек 300-333 мкм. Обработка проб осуществлялась с использованием общепринятых в практике гидробиологических исследований методов обработки проб бентоса (Методика изучения ..., 1975; Руководство ..., 1983; Методические рекомендации ..., 1984). Для определения трофической принадлежности донных организмов использовали литературные источники и собственные данные (Извекова, 1967, 1980; Зинченко и др., 1986; Монаков, 1998). Для анализа состава и функциональных характеристик донных сообществ использовали показатели числа видов, средних величин численности (N, экз./м²) и биомассы (B, г/м²) в пробе на каждой станции,

индекса видового разнообразия (Shannon, Weaver, 1949), а также усредненные показатели численности и биомассы для различных групп гидробионтов на створах р. Колокша и в ее притоках. Доминирование видов (d) оценивали с использованием расчета численностей каждого вида и общей численности всех видов (Палий, 1980; Kownacki, 1971).

По материалам 1993 и 2013 годов и архивным данным были проанализированы изменения видового состава и структуры сообществ макрозообентоса на разных биотопах. Расчет продукционных показателей зообентоса проводили на станциях отбора проб. Для этого были использованы средние значения численности и биомассы донных животных. Продукционные показатели сообществ вычисляли с использованием количественных показателей продукционного процесса в популяциях донных животных пресных вод, взятых из литературных источников и изложенных нами ранее (Экологическое состояние ..., 1996).

Таблица 1. Гидрологические и гидрохимические показатели р. Колокша и ее притоков (июль 1993 и 2013 гг.). **Table 1.** Hydrological and hydrochemical parameters of the Koloksha River and its tributaries (July 1993, 2013).

Станции отбора проб	Температура, °С (у дна)	Глубина*, м	Прозрачность, см	Содержание кислорода, мг/л	БПК ₅ , мг О ₂ /л	Бихроматная окисляемость, мг О/л	Перманганатная окисляемость, мг О/л	Аммонийный азот, N-NH ₄ мг/л	Нитритный азот, N-NO ₂ мг/л	Минеральный фосфор, PO ₄ , мг/л
1. Исток р. Колокша	16.0	0.3	25	10.95	1.02	15.68	8.12	0.39	Следы	0.095
2. Выше г. Юрьев-Польский	18.0	0.6	24	7.46	0.99	17.65	5.8	0.33	0.012	0.115
3. Устье р. Гза	17.0	0.5	17	2.29	1.37	37.25	8.7	3.00	0.051	5.35
4. Ниже г. Юрьев-Польский	16.0	0.9	27	2.28	1.33	35.29	8.12	1.91	0.525	2.48
5. Устье р. Сега	15.0	0.5	16	9.18	1.11	7.84	7.0	0.35	0.08	0.24
6. Устье р. Кучка	16.0	0.5	16	8.44	1.19	7.84	4.64	0.35	0.16	0.28
7. Устье р. Тома	16.0	0.6	25	8.23	1.2	3.92	5.0	0.18	0.07	0.1
8. Устье р. Семига	18.0	0.6	25	12.02	1.79	21.6	6.7	0.05	0.001	0.09
9. Выше пос. Ставрово	18.0	1.5	27	9.41	1.55	5.9	6.7	0.30	0.001	0.145
10. Ниже пос. Ставрово	18.0	0.6	13	10.12	1.49	7.8	6.1	1.04	0.001	0.26
11. Устье р. Колочка	17.0	0.7	27	13.48	1.02	7.8	5.0	1.02	0.001	0.11
12. Устье р. Колокша	18.0	1.0	27	10.0	3.81	43.1	12.6	0.87	0.040	0.08

Примечание к таблице 1: * – измерение проводилось в месте отбора проб.

Note to Table 1: * – measurements taken at the sampling site.

Результаты и обсуждение

Современная оценка функционирования водных экосистем включает комплексный анализ показателей качества воды, донных отложений, биоты (биоразнообразие, структура сообществ) и гидрологических параметров для оценки качества воды и устойчивости

экосистемы к антропогенному воздействию.

Гидрохимическая характеристика р. Колокша и ее притоков

Обследование р. Колокша от истока до устья позволило определить изменение концентрации величин органического вещества (ОВ) и основных биогенных элементов, которые в значительной мере являются определяющими характеристиками гидрохимического состояния реки. Известно, например, что в водах рек, испытывающих большую антропогенную нагрузку и прошедших биологическую очистку, может содержаться значительное количество нитратов и фосфатов, достаточных для заметного изменения качества воды (Лямперт и др., 2022). В этой связи был проведен анализ гидрохимических данных оценки качества воды, представленных в таблице 1. Изменение концентраций форм азота и фосфора находится в широком диапазоне: аммонийного азота – от 0.39 до 1.91 мг N/л; нитритного – от следов до 0.525 мг N/л; минерального фосфора – от 0.08 до 2.48 мг P/л. В воде притоков эти диапазоны еще шире: 0.05-3.0; 0.001-0.16 и 0.09-5.35 мг/л соответственно. Причины значительных колебаний концентраций химических веществ связаны, главным образом, с влиянием водных масс притоков, поверхностного смыва биогенных элементов непосредственно в воды реки с сельскохозяйственных угодий. Так, увеличение содержания ОВ (35.3 мг O/л), биогенных элементов (аммонийного азота до 1.91 мг N/л, фосфатов до 2.48 мг P/л), резкое падение уровня кислорода до 2.82 мг/л на станции 4, расположенной ниже г. Юрьев-Польского, произошло после впадения р. Гза, воды которой обеднены кислородом (2.29 мг/л) и обогащены ОВ (бихроматная окисляемость – 37.3 мг O/л), фосфатами (5.35 мг/л) и аммонийным азотом (3.0 мг/л).

Максимально наблюдаемые показатели концентрации ОВ (перманганатная окисляемость – 12.6 мг O/л, бихроматная – 43.1 мг O/л, БПК₅ – 3.81 мг O₂/л и цветность – 67 град) в устье р. Колокша (табл. 1), вероятнее всего, являются результатом воздействия стоков с обширной площади участков реки, суммирования нагрузки ниже впадения последнего притока, а также смешения с водными массами р. Клязьма.

Вместе с тем содержание растворенного кислорода, аммонийного азота и минерального фосфора лишь в 2 случаях (рр. Гза и Колокша ниже г. Юрьев-Польского) превышало предельно допустимые концентрации для водотоков хозяйственно-питьевого назначения (рис. 2).

По химическому составу склоновые воды в бассейне р. Колокша отличаются повышенной цветностью и относительно высоким содержанием сульфат-ионов, при преобладании гидрокарбонатных ионов. В период исследования минерализация русловых вод изменялась в пределах 230-390 мг/л, с преобладанием гидрокарбонатов кальция.

Гидрохимический фон реки формируется, главным образом, за счет привноса химических веществ с притоками, поверхностным стоком и за счет выщелачивания выстилающих речную долину осадочных пород. На фоновые показатели оказывают влияние последствия хозяйственной деятельности на водосборе.

Содержание концентраций азота и фосфора находится в широком диапазоне: аммонийного азота – от 0.39 до 1.91 мг N/л; нитритного азота – от следов до 0.525 мг N/л; минерального фосфора – от 0.08 до 2.48 мг P/л. В воде притоков величина этих показателей находится в значительном диапазоне величин: аммонийного азота от 0.05 до 3.0 мг N/л, нитритного азота от 0.001 до 0.16 мг N/л и минерального фосфора 0.09-5.35 мг P/л соответственно. Причины значительных колебаний гидрохимических характеристик основной реки на отдельных ее участках связаны, главным образом, с влиянием притоков и с поверхностным смывом биогенных элементов непосредственно в воды р. Колокша с сельскохозяйственных полей. Так, увеличение концентраций ОВ (35.3 мг O/л), биогенных

элементов (аммонийного азота – до 1.91 мг N/л, фосфатов – до 2.48 мг P/л), снижение содержания кислорода до 2.82 мг/л на станции 4, расположенной ниже г. Юрьев-Польского, отмечено на участке реки ниже впадения притока – р. Гза, воды которой обеднены кислородом (2.29 мг/л) и обогащены ОВ (бихроматная окисляемость 37.3 мг О/л), фосфатами (5.35 мг/л) и аммонийным азотом (3.0 мг/л).



Рис. 2. Основные гидрохимические показатели воды (БПК₅ и бихроматная окисляемость) р. Колокша и ее притоков. **Fig. 2.** Main hydrochemical parameters of water (BOD₅ and dichromate oxidizability) of the Koloksha River and its tributaries.

На основании существующих классификаций качества поверхностных вод суши (Драчев, 1964; Жукинский и др., 1981; Гриб, 1993) и применяемых классификаций качества поверхностных вод (Качество поверхностных ..., 2017) на отдельных участках реки и ее притоков определено качество водных масс с использованием комплексных оценок удельного комбинаторного индекса загрязненности воды по РД 52.24.643-2002 (2002; ГИС: Качество ..., 2026).

Классификация степени загрязненности выполнена с учетом разделения диапазона состава и свойств воды в условиях антропогенного воздействия на различные интервалы с постепенным переходом от «условно чистой» до «экстремально грязной» по величинам комбинаторного индекса с учетом экспертных дополнительных факторов (табл. 2). Анализ данных оценки качества показал, что чистых, незагрязненных вод не обнаружено; приближаются к ним лишь воды р. Семига и истоков р. Колокша. К грязным относятся водные массы р. Гза, устьевое участка р. Колокша и участка ниже впадения р. Гза в р. Колокша ниже г. Юрьев-Польский и у пос. Ставрово (табл. 2).

Общая эколого-фаунистическая характеристика р. Колокша

Таксономическая структура зообентоса реки является типичной для малых равнинных рек средней полосы России с умеренным уровнем антропогенного воздействия. Установленное видовое богатство донных сообществ на 12 станциях реки и ее притоков функционально связано с гидрологическими и биотопическими особенностями участков лотической системы бассейна р. Клязьма, притоком которой является р. Колокша. В р. Колокша структурно выделяются группы таксоценозов, характерные для участков с разным качеством водных масс (табл. 2, 3).

Таблица 2. Характеристики качества водных масс р. Колокша и ее притоков (июль, 1993, 2013 гг.). **Table 2.** Water quality characteristics of the Koloksha River and its tributaries (July 1993, 2013).

Станции отбора проб	Класс качества вод*	Характеристика качества воды
1. Исток р. Колокша	2	Слабо загрязненная
2. Выше г. Юрьев-Польский	2-3	Умеренно загрязненная
3. Устье р. Гза	4	Грязная
4. Ниже г. Юрьев-Польский	4	Грязная
5. Устье р. Сега	3-4	Загрязненная
6. Устье р. Кучка	2-3	Умеренно загрязненная
7. Устье р. Тома	2-3	Умеренно загрязненная
8. Устье р. Семига	2	Слабо загрязненная
9. Выше пос. Ставрово	2-3	Умеренно загрязненная
10. Ниже пос. Ставрово	4	Грязная
11. Устье р. Колочка	2-3	Умеренно загрязненная
12. Устье р. Колокша	3-4	Загрязненная

Примечание к таблице 2: * – по РД 52.24.643-2002 (2002). **Note to Table 2:** * – surface water quality classes are given according to RD 52.24.643-2002 (2002).

Таксономический состав сообществ макрозообентоса представлен 99 видами и таксонами. Преобладают двукрылые (59 видов и таксонов), из которых личинки хирономид (сем. Chironomidae) представлены 55 видами и внутривидовыми таксонами, моллюски – 18 видами, поденки – 6, олигохеты – 4, жуки и ручейники – по 3, веснянки и пиявки – по 2, к прочим, единично представленным и не определенным до вида, малочисленным гидробионтам относятся представители семейств Limoniidae, Simuliidae, Tabanidae, Ceratopogonidae, отрядов Nematoda, Megaloptera (табл. 3). Общий видовой состав бентоса на станциях р. Колокша и в притоках представлен в таблице 3.

Видовой состав донных сообществ участков рек отличается вариабельностью. Ни один из зарегистрированных видов и таксонов гидробионтов, как это видно из таблицы 3, не имел 100% встречаемости. Встречаемость олигохет, представленных преимущественно наидидами *Stylaria lacustris*, составила 93%. Высокая частота встречаемости характерна для эврибионтных личинок хирономид *Procladius ferrugineus* (66%), *Chironomus plumosus*, *Polypedilum nubeculosum* и для моллюсков *Pisidium amnicum* (50%). Распределение численности макрозообентоса на станциях реки показано на рисунке 3. Как видно, общий характер динамики численности бентоса обусловлен развитием олигохет – 4213 экз./м² (рис. 3, ст. 4) и личинок хирономид – 3970 экз./м² (рис. 3, ст. 9). Эти группы организмов доминировали по численности на всех станциях бассейна реки. Высокая численность гидробионтов характерна для умеренно загрязненных участков реки ниже города Юрьев-Польский (ст. 4) и на биотопах реки выше пос. Ставрово (ст. 9), что объясняется заметным возрастанием содержания ОВ в воде при отсутствии загрязнения (рис. 3).

В общей численности зообентоса наиболее высока доля реофильных хирономид в истоке реки на каменистых грунтах – 92% (рис. 3) и на заиленных песках выше и ниже пос. Ставрово (ст. 9, 10), где они составляют 84-89%. Следует отметить, что максимальную численность бентоса на участке реки выше поселка Ставрово (ст. 9) обеспечивают 12 видов эврибионтных хирономид подсемейства Chironominae (табл. 3, рис. 4).

Таблица 3. Таксономический и видовой состав бентоса на различных станциях р. Колокша и ее притоков (1993, 2013 гг.). **Table 3.** Taxonomic and species composition of benthos at various stations of the Koloksha River and its tributaries (1993, 2013).

Таксоны	Станции											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nematoda		+										
Hirudinea												
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)					+							
<i>Helobdella stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)		+		+	+				+			+
Oligochaeta												
<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1758)		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Isochaetides michaelsoni</i> (Lastockin, 1936)		+						+				
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede, 1862			+		+					+		+
<i>Limnodrilus</i> sp.				+	+	+	+		+		+	
Mollusca												
Bivalvia												
<i>Amesoda scaldiana</i> (Normand, 1844)						+						
<i>Euglesa acuminata</i> (Clessin in Westerlund, 1873)									+	+		
<i>Euglesa casertana</i> (Poli, 1791)		+									+	
<i>Euglesa dupuiana</i> (Normand, 1854)						+						
<i>Euglesa (Hensloviana) henslowana</i> (Sheppaer, 1825)		+				+			+	+		
<i>Euglesa (Cingulipisidium) nitida</i> (Jenyns, 1832)						+		+	+			
<i>Euglesa ponderosa</i> (Stelfox, 1918)						+		+		+		
<i>Euglesa subtruncata</i> (Malm, 1855)		+										
<i>Euglesa</i> sp.			+						+			
<i>Neopisidium (Odhneripisidium)</i> <i>moitessierianum</i> (Paladilhe, 1866)		+							+	+		
<i>Neopisidium torquatum</i> (Stelfox, 1918)		+				+						
<i>Pisidium amnicum</i> (O.F. Müller, 1774)		+	+			+	+			+		+
<i>Pisidium inflatum</i> (Megerle von Mühlfeld in Porro, 1838)											+	
<i>Sphaerium rivicola</i> (Lamarck, 1818)										+		
Gastropoda												
<i>Acroloxus lacustris</i> (Linnaeus, 1758)			+									
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)											+	
<i>Lymnaea</i> sp.									+			
<i>Valvata</i> sp.		+							+			
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1845)	+											
<i>Centroptilum luteolum</i> (Müller, 1776)				+		+						
Ephemeroptera												
<i>Centroptilum</i> sp.									+			

Продолжение таблицы 3.

Таксоны	Станции											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Caenis macrura</i> Stephens, 1835												+
<i>Ephemera vulgata</i> (Linnaeus, 1758)			+				+					
<i>Ephemerella ignita</i> (Poda, 1761)	+											
Megaloptera												
<i>Sialis lutaria</i> (Linnaeus, 1758)		+		+							+	
<i>Sialis</i> sp.					+							
Plecoptera												
<i>Leuctra fusca</i> (Linnaeus, 1758)	+		+									
<i>Nemoura cinerea</i> (Retzius, 1783)									+			
Trichoptera												
<i>Cyrnus flavidus</i> McLachlan, 1864	+											
<i>Phryganea bipunctata</i> Retzius, 1783									+			
<i>Psychomyia pusilla</i> (Fabricius, 1781)			+									
Diptera												
Ceratopogonidae		+			+	+			+	+	+	
Limoniidae												
<i>Dicranota bimaculata</i> (Schummel, 1829)						+						
Simuliidae												
<i>Simulium</i> sp.				+								
Tabanidae												
<i>Tabanus</i> sp.			+			+	+					
Chironomidae												
Tanypodinae												
<i>Clinotanypus nervosus</i> (Meigen, 1818)		+										
<i>Procladius choreus</i> (Meigen, 1804)				+	+						+	
<i>Procladius ferrugineus</i> (Kieffer, 1818)		+	+		+	+	+		+	+	+	
<i>Procladius</i> sp.										+		
<i>Tanypus kraatzi</i> (Kieffer, 1912)				+								
<i>Tanypus punctipennis</i> (Meigen, 1818)								+				
<i>Psectrotanypus varius</i> (Fabricius, 1787)				+	+							
<i>Thienemannimyia</i> sp.		+							+	+		
Diamesinae												
<i>Pagastia</i> sp.								+				
<i>Monodiamesa bathyphila</i> (Kieffer, 1918)						+						
<i>Prodiamesa olivacea</i> Meigen, 1818						+		+				
Orthoclaudiinae												
<i>Acricotopus lucens</i> (Zetterstedt, 1855)								+				
<i>Acricotopus</i> sp.	+											
<i>Brillia</i> gr. <i>modesta</i>								+				

Продолжение таблицы 3.

Таксоны	Станции											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Corynoneura</i> sp.				+								
<i>Cricotopus</i> gr. <i>algarum</i>				+								
<i>Cricotopus bicinctus</i> (Meigen, 1818)	+		+	+			+		+			
<i>Cricotopus</i> gr. <i>sylvestris</i>	+			+			+		+		+	
<i>Cricotopus</i> sp.	+											
<i>Cricotopus</i> gr. <i>tremulus</i>								+				
<i>Epicocladius</i> sp.							+					
<i>Eukiefferiella claripennis</i> (Lundbeck, 1898)				+			+					
<i>Eukiefferiella</i> gr. <i>gracei</i>	+											
<i>Nanocladius bicolor</i> (Zetterstedt, 1838)							+	+	+			
<i>Nanocladius</i> gr. <i>balticus</i>								+				
<i>Orthocladus oblidens</i> (Walker, 1856)	+			+				+	+			
<i>Orthocladus</i> sp.									+			
<i>Orthocladus clarkei</i> Soponis, 1977	+											
<i>Paracladius conversus</i> (Walker, 1856)		+	+					+				
<i>Paracladius</i> sp.		+										
<i>Symposiocladius lignicola</i> (Kieffer, 1915)								+				
Chironominae												
<i>Chironomus plumosus</i> (Linnaeus, 1758)		+		+	+			+			+	+
<i>Cryptocladopelma armeniacus</i> Tshernovskij, 1949		+										
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i>						+			+	+		+
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>fuscipes</i>									+			
<i>Harnischia curtilamellata</i> (Malloch, 1915)							+		+			
<i>Microchironomus tener</i> (Kieffer, 1918)										+		
<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer, 1776)		+						+	+	+	+	
<i>Parachironomus arcuatus</i> (Goetghebuer, 1919)				+								
<i>Paracladopelma</i> gr. <i>camptolabis</i>			+									
<i>Paralauterborniella nigrohalteralis</i> (Malloch, 1915)									+	+		
<i>Paratendipes albimanus</i> (Meigen, 1804)										+		
<i>Polypedilum breviantennatum</i> Tshernovskij, 1949									+	+		
<i>Polypedilum convictum</i> (Walker, 1856)									+			
<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen, 1804)		+					+	+	+	+	+	
<i>Polypedilum scalaenum</i> (Schrank, 1803)						+						
<i>Stictochironomus histrio</i> (Fabricius, 1794)										+		
Tanytarsini												
<i>Cladotanytarsus mancus</i> (Walker, 1856)		+					+		+	+		

Продолжение таблицы 3.

Таксоны	Станции											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Micropsectra curvicornis</i> Tshernovskij, 1949	+											
<i>Paratanytarsus</i> sp.	+	+		+								
<i>Paratanytarsus confusus</i> Palmen, 1960									+			
<i>Stempellina bausei</i> (Kieffer, 1911)									+			
<i>Tanytarsus</i> gr. <i>gregarius</i>			+				+	+		+	+	
<i>Tanytarsus</i> sp.		+				+			+			
<i>Zavrelia pentatoma</i> Kieffer, 1913								+				
Coleoptera				+								
<i>Haliphus ruficollis</i> (De Geer, 1774)		+										
<i>Haliphus</i> sp.									+			
<i>Ochthebius</i> sp.							+					
Всего видов	13	26	14	19	11	19	16	20	34	22	14	7

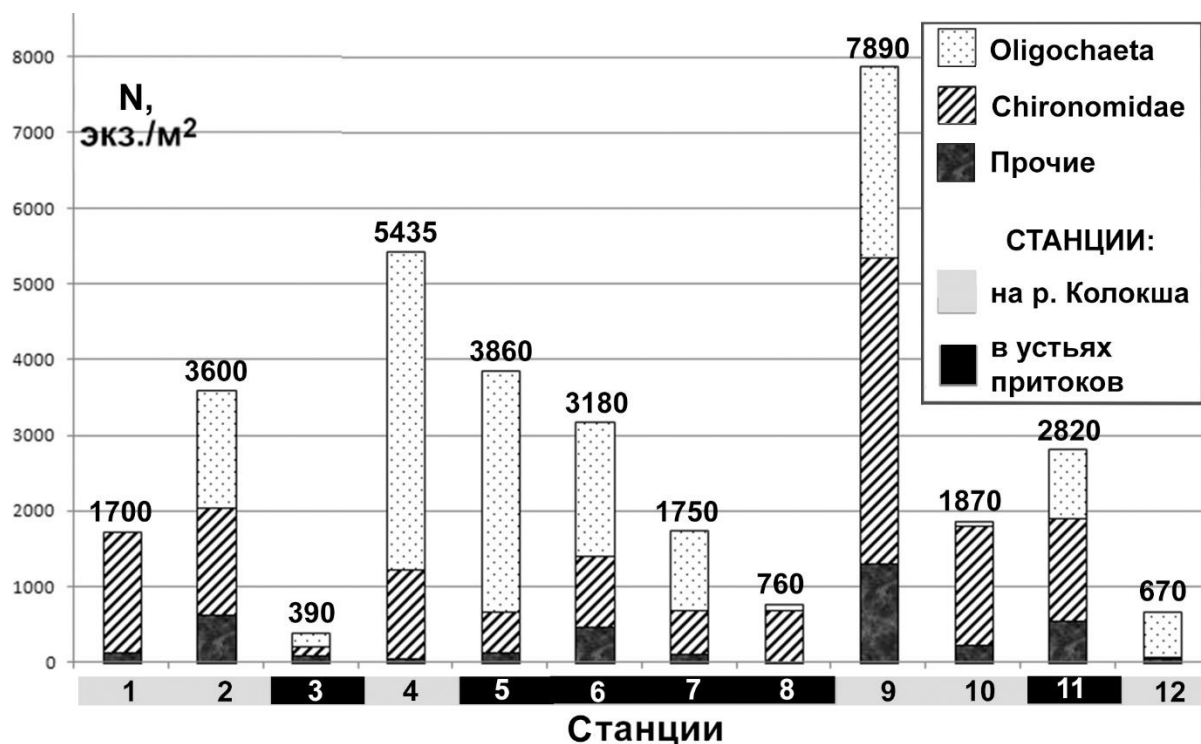


Рис. 3. Соотношение численности основных групп бентоса на станциях в р. Колокша и в устьевых участках ее притоков. **Fig. 3.** The abundance ratio of the main benthos groups at the stations of the Koloksha River and at the mouths of its tributaries.

Высокая биомасса бентоса на станции 2 выше г. Юрьев-Польский (13.75 г/м^2) обусловлена преобладанием на песчаных грунтах моллюсков *Pisidium amnicum* (6.66 г/м^2), а на станции 4 – доминирующие олигохеты *Stylaria lacustris* и *Isochaetides michaelsoni* составляют биомассу 4.32 г/м^2 (рис. 5).

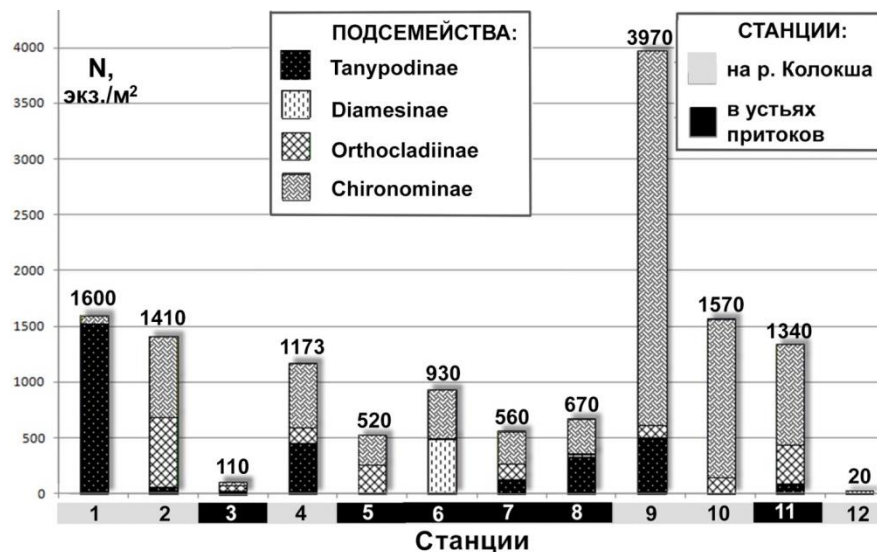


Рис. 4. Численность и состав подсемейств хируномид по станциям.
Fig. 4. Abundance and composition of chironomids subfamilies at the stations.

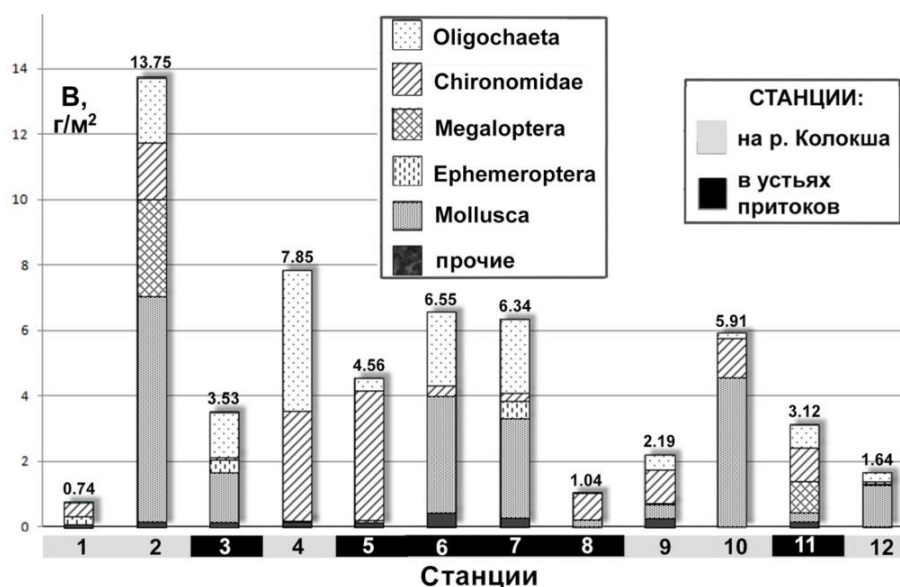


Рис. 5. Соотношение биомассы основных групп бентоса на станциях в р. Колокша и в устьевых участках ее притоков. **Fig. 5.** Biomass ratio of the main benthos groups at the stations along the Koloksha River and at the mouths of its tributaries.

Анализ донных сообществ проведен по степени их видового сходства с учетом характера и степени доминирования отдельных видов на участках рек. При этом возможно выявление структурных изменений сообществ, происходящих под влиянием различных факторов, в том числе и антропогенных. Структурные характеристики сообществ макрозообентоса р. Колокша и устьевых участков ее притоков Гза, Сега, Кучка, Тома, Семига, Колочка с указанием доминирующего комплекса гидробионтов, количественной оценки развития и распределения бентоса, а также составляющие энергетического баланса на участках реки и в ее притоках приводятся далее в таблицах 4-15.

Характеристика донных сообществ р. Колокша и ее притоков. Станции

Исток р. Колокша (станция 1; табл. 4; фото 1). На каменистом субстрате обитает биоценоз с доминированием фитореофильных личинок хирономид *Cricotopus bicinctus*, *Orthocladius oblidens*, в составе которого 13 видов и таксонов макрозообентоса. Олигохеты отсутствуют. Общая численность бентоса – 1730 экз./м² с биомассой 0.74 г/м². Отличительной особенностью литореофильного биоценоза является преобладание ортокладин при низкой биомассе животных. Численность ручейников и поденок составила 1300 экз./м². Такой состав биоценоза характерен для обрастаний камней. Индекс разнообразия Шеннона (H = 2.1 бит/экз.) свидетельствует об относительной чистоте воды на данной станции.

Таблица 4. Структурные характеристики и составляющие энергетического баланса (кал/сут·м²) бентоса в истоке р. Колокша (станция 1). **Table 4.** Structural characteristics and components of the energy balance (cal/day·m²) of benthos at the source of the Koloksha River (station No. 1).

Виды	Индекс доминирования D	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Траты на обмен, кал/сут·м ²	Продукция, кал/сут·м ²	Ассимиляция, кал/сут·м ²
<i>Acricotopus</i> sp.	1.73	30	0.01	0.682	0.23	0.921
<i>Cricotopus bicinctus</i>	32.30	560	0.21	13.844	4.84	18.689
<i>Cricotopus</i> gr. <i>sylvestris</i>	0.58	10	0.01	0.496	0.17	0.67
<i>Cricotopus</i> sp.	1.16	20	0.01	0.606	0.21	0.819
<i>Eukiefferiella</i> gr. <i>gracei</i>	2.89	50	0.03	1.726	0.60	2.33
<i>Micropsectra curvicornis</i>	0.58	10	0.01	0.496	0.17	0.67
<i>Orthocladius oblidens</i>	48.50	840	0.11	9.839	3.44	13.282
<i>Orthocladius clarkei</i>	1.16	20	0.01	0.606	0.21	0.819
<i>Paratanytarsus</i> sp.	3.47	60	0.01	0.834	0.29	1.126
<i>Baetis rhodani</i>	2.89	50	0.04	3.553	1.24	4.797
<i>Ephemerella ignita</i>	2.31	40	0.21	12.449	4.35	16.806
<i>Leuctra fusca</i>	0.58	10	0.01	0.907	0.31	1.225
<i>Cyrrhus flavidus</i>	1.73	30	0.07	4.527	1.58	6.111
Всего	–	1730	0.74	50.566	17.60	68.264
Число видов – 13	Индекс Шеннона – 2.10 бит/экз.					

Выше г. Юрьев-Польский (ст. 2; табл. 5; фото 2-3). На заиленном песке развивается типичный псаммо-пелофильный биоценоз олигохет и хирономид *Procladius ferrugineus* + *Tanytarsus* gr. *gregarius*. Из 25 встреченных здесь видов и таксонов наибольшей численностью представлены олигохеты *Stylaria lacustris*. Доминирование среди хирономид переходит от реофильных форм к пелофильным хищникам рода *Procladius*. Помимо этих хирономид развиваются хищные *Sialis lutaria* и личинки жуков. Отмечена высокая биомасса

бентоса 13.7 г/м^2 , обусловленная развитием двустворчатых моллюсков, доля которых в бентосе составляет по биомассе 6.91 г/м^2 (двустворчатые *Pisidium amnicum*). Общая численность бентоса – 3600 экз./м^2 . Величина индекса разнообразия Шеннона ($H = 2.86 \text{ бит/экз.}$) характеризует воду как «чистая».



Фото 1. Станция 1 в истоке р. Колокша (Яндекс.Карты, 2026).

Photo 1. Station No. 1 at the source of the Koloksha River (Yandex.Maps, 2026).

Ниже г. Юрьев-Польский (ст. 4; табл. 7; фото 4-5). Биотоп илов с растительными остатками представлен типичным для загрязненных водоемов биоценозом олигохет и хирономид с доминированием пелофильных личинок *Chironomus plumosus*. Высокая численность макрозообентоса 5435 экз./м^2 и значительная биомасса 7.85 г/м^2 обусловлены развитием олигохет: 4213 экз./м^2 , 4.32 г/м^2 . На зарегулированном участке реки отсутствуют реофильные личинки ручейников и поденок. Низкий индекс видового разнообразия ($H = 1.43 \text{ бит/экз.}$) характеризует сообщество макрозообентоса умеренно загрязненных вод.

Выше пос. Ставрово (ст. 9; табл. 12; фото 6). Состав донного биоценоза на глубине 0.8-1.5 м характеризуется наибольшим числом видов (34 вида) и высоким видовым разнообразием ($H = 3.0 \text{ бит/экз.}$). Видовое разнообразие бентоса на каменисто-песчанистом биотопе с преобладанием серых илов с растительными остатками обусловлено развитием хирономид (19 видов и личиночных форм), а также мошек, веснянок, поденок, ручейников, личинок жуков, олигохет. Численность бентоса максимальна для р. Колокша и составляет 7890 экз./м^2 за счет развития олигохет и личинок хирономид рода *Tanytarsus*. Вода на станции относится к категории чистых.

Ниже пос. Ставрово (ст. 10; табл. 13; фото 7). Биотоп заиленного песка с растительными остатками на глубине 0.6-1.7 м характеризуется развитием биоценоза бентоса (13 видов), в котором преобладают псаммопелофильные личинки хирономид *Stictochironomus histrio*, *Tanytarsus* gr. *gregarius*, *Polypedilum nubeculosum* и моллюски (6 видов) с доминированием

Pisidium amnicum, обеспечивая высокое видовое разнообразие биоценоза ($H = 3.56$ бит/экз.). Отмеченные моллюски являются типичными обитателями песчано-заиленных биотопов равнинных рек. Из прочих животных макрозообентоса единично встречаются олигохеты и хелеиды. Характерно отсутствие таких животных, как веснянки, поденки, ручейники, которые обитают в реках с чистой водой и высокой скоростью течения. Численность бентоса составляет 1870 экз./м² с биомассой 5.91 г/м². Состав донного биоценоза и величина индекса видового разнообразия свидетельствует об относительной чистоте воды на участке реки.

Таблица 5. Структурные характеристики и составляющие энергетического баланса (кал/сут·м²) бентоса в р. Колокша (ст. 2, выше г. Юрьев-Польский). **Table 5.** Structural characteristics and components of the energy balance (cal/day·m²) of benthos in the Koloksha River (station No. 2, upstream from the the town of Yuryev-Polsky).

Виды	Индекс доминирования D	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Траты на обмен, кал/сут·м ²	Продукция, кал/сут·м ²	Ассимиляция, кал/сут·м ²
<i>Euglesa casertana</i>	0.83	30	0.05	1.030	0.36	1.391
<i>Euglesa (Hensloviana) henslowana</i>	0.56	20	0.11	2.000	0.70	2.699
<i>Euglesa subtruncata</i>	0.56	20	0.06	1.162	0.40	1.569
<i>Neopisidium (Odhneripisidium) moitessierianum</i>	0.56	20	0.02	0.435	0.15	0.587
<i>Neopisidium torquatum</i>	0.28	10	0.01	0.217	0.07	0.294
<i>Pisidium amnicum</i>	4.72	170	6.66	98.511	34.4	132.99
<i>Valvata</i> sp.	0.28	10	0.01	0.551	0.19	0.743
<i>Helobdella stagnalis</i>	0.28	10	0.05	–	–	–
Nematoda	0.28	10	0.01	0.004	0.00	0.005
Oligochaeta	43.00	1550	2.00	90.414	31.6	122.059
Ceratopogonidae	0.56	20	0.03	–	–	–
<i>Chironomus plumosus</i>	1.11	40	0.07	2.952	1.03	3.985
<i>Cladotanytarsus mancus</i>	1.11	40	0.05	2.325	0.81	3.138
<i>Clinotanytus nervosus</i>	0.28	10	0.01	–	–	–
<i>Cryptocladopelma armeniacus</i>	0.28	10	0.01	0.496	0.17	0.670
<i>Microtendipes pedellus</i>	1.94	70	0.08	3.817	1.33	5.154
<i>Paracladius conversus</i>	0.28	10	0.01	0.496	0.17	0.67
<i>Paracladius</i> sp.	1.11	40	0.01	0.741	0.26	1.001
<i>Polypedilum nubeculosum</i>	6.11	220	0.40	16.683	5.83	22.522
<i>Procladius ferrugineus</i>	16.60	600	0.92	–	–	–
<i>Paratanytarsus</i> sp.	0.28	10	0.01	0.496	0.17	0.67
<i>Tanytarsus</i> sp.	9.44	340	0.15	9.433	3.30	12.735
<i>Thienemannimyia</i> sp.	0.56	20	0.01	–	–	–
<i>Sialis lutaria</i>	8.06	290	2.96	–	–	–
<i>Haliphus ruficollis</i>	0.83	30	0.05	–	–	–
Всего	–	3600	13.75	231.764	81.1	312.881
Доля хищников (%)	–	27.20	29.30	–	–	–
Число видов – 25	Индекс Шеннона – 2.86 бит/экз.					

Таблица 6. Структурные характеристики и составляющие энергетического баланса (кал/сут·м²) бентоса в бассейне р. Колокша (ст. 3, устье р. Гза). **Table 6.** Structural characteristics and components of the energy balance (cal/day·m²) of benthos in the Koloksha River basin (station No. 3 at the mouth of the Gza River).

Виды	Индекс доминирования D	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Траты на обмен, кал/сут·м ²	Продукция, кал/сут·м ²	Ассимиляция, кал/сут·м ²
<i>Euglesa</i> sp.	2.56	10	0.30	4.564	1.59	6.161
<i>Pisidium amnicum</i>	2.56	10	0.76	10.486	3.67	14.156
<i>Acroloxus lacustris</i>	5.13	20	0.45	11.377	3.98	15.359
Oligochaeta	46.10	180	1.38	39.958	13.9	53.944
<i>Cricotopus bicinctus</i>	5.13	20	0.01	0.606	0.21	0.819
<i>Paracladopelma</i> gr. <i>camptolabis</i>	2.56	10	0.01	0.496	0.17	0.67
<i>Paracladius conversus</i>	2.56	10	0.01	0.496	0.17	0.67
<i>Procladius ferrugineus</i>	12.8	50	0.06	–	–	–
<i>Tanytarsus</i> gr. <i>gregarius</i>	5.13	20	0.01	0.606	0.21	0.819
<i>Tabanus</i> sp.	2.56	10	0.07	–	–	–
<i>Ephemera vulgata</i>	2.56	10	0.38	14.719	5.15	19.871
<i>Leuctra fusca</i>	2.56	10	0.02	1.547	0.54	2.089
<i>Psychomia pusilla</i>	7.69	30	0.07	4.527	1.58	6.111
Всего:	–	390	3.53	89.383	31.2	120.667
Доля хищников (%)	–	15.30	3.68	–	–	–
Число видов – 13	Индекс Шеннона – 2.79 бит/экз.					

Устье р. Колокша (ст. 12; табл. 15; фото 8-9). На заиленном песке с повышенной глинистостью зарегистрировано 6 видов бентоса, численность которых составила 670 экз./м² при биомассе 1.4 г/м². Донный биоценоз представлен олигохетами. Единичны моллюски *Pisidium amnicum*, пиявки *Helobdella stagnalis* и пелофильные хирономиды *Chironomus plumosus*, *Cryptochironomus* gr. *defectus*. Увеличение ОВ в воде и донных осадках обусловило структурные и количественные изменения в биоценозе. Состав биоценоза характерен для эвтрофных, загрязненных равнинных рек. Низкий индекс видового разнообразия ($H = 0.76$ бит/экз.) характеризует воды устья реки как грязные.

При оценке фаунистического сходства исследованных участков рек (с применением индекса Серенсена) наибольшее сходство станций р. Колокша отмечено на участке выше г. Юрьев-Польский, выше и ниже пос. Ставрово, где степень сходства биоценозов оценивается в 27%. Доминирующими на этих станциях являются олигохеты и личинки хирономид *Tanytarsus* sp. и *Stictochironomus histrio*.



Фото 2. Станция 2 на р. Колокша у Загородного парка в г. Юрьев-Польский (Wikimedia Commons, 2026). **Photo 2.** Station No. 2 at the Koloksha River near the Park “Zagorodny” in the town of Yuryev-Polsky (Wikimedia Commons, 2026).



Фото 3. Станция 2 на р. Колокша в г. Юрьев-Польский (Цветков, 2018). **Photo 3.** Station No. 2 at the Koloksha River in the town of Yuryev-Polsky (Tsvetkov, 2018).

Таблица 7. Структурные характеристики и составляющие энергетического баланса (кал/сут.·м²) бентоса в бассейне р. Колокша (ст. 4, ниже г. Юрьев-Польский).

Table 7. Structural characteristics and components of the energy balance (cal/day·m²) of benthos in the Koloksha River basin (station No. 4, downstream from the town of Yuriev-Polsky).

Виды	Индекс доминирования D	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Траты на бмен, кал/сут.·м ²	Продукция, кал/сут.·м ²	Ассимиляция, кал/сут.·м ²
<i>Helobdella stagnalis</i>	0.06	3	0.01	–	–	–
<i>Oligochaeta</i>	77.50	4213	4.32	206.843	72.3	279.238
<i>Chironomus plumosus</i>	9.62	523	2.79	85.163	29.8	114.969
<i>Corynoneura</i> sp.	0.37	20	0.01	0.606	0.21	0.819
<i>Cricotopus</i> gr. <i>algarum</i>	0.61	33	0.02	1.147	0.40	1.549
<i>Cricotopus bicinctus</i>	1.84	100	0.03	2.11	0.73	2.848
<i>Cricotopus</i> gr. <i>sylvestris</i>	2.94	160	0.10	5.685	1.99	7.674
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	0.74	40	0.01	0.741	0.26	1.001
<i>Orthocladius oblidens</i>	1.71	93	0.03	2.066	0.72	2.789
<i>Parachironomus arcuatus</i>	0.55	30	0.03	1.488	0.52	2.009
<i>Procladius choreus</i>	0.55	30	0.06	–	–	–
<i>Psectrotanypus varius</i>	0.68	37	0.2	–	–	–
<i>Paratanytarsus</i> sp.	0.50	27	0.01	0.662	0.23	0.893
<i>Tanypus kraatzi</i>	1.47	80	0.1	–	–	–
<i>Sialis lutaria</i>	0.06	3	0.03	–	–	–
<i>Simulium</i> sp.	0.50	27	0.01	–	–	–
<i>Centroptilum luteolum</i>	0.24	13	0.01	0.896	0.31	1.209
Coleoptera	0.06	3	0.08	–	–	–
Всего	–	5435	7.85	307.406	107.00	414.998
Доля хищников (%)	–	3.37	6.24	–	–	–
Число видов – 18	Индекс разнообразия Шеннона – 1.43 бит/экз.					

Притоки

Устье р. Гза (ст. 3; табл. 6; фото 10). Заиленный биотоп с растительными остатками на глубине 0.5-0.6 м характеризуется биоценозом бентоса с доминированием пелофильных олигохет Tubificidae и личинок хирономид *Procladius ferrugineus* – типичных обитателей малопроточных водоемов. Видовой состав (13 видов и таксонов), численность животных (390 экз./м²) и их биомасса (3.53 г/м²) невелики. В составе донного биоценоза малочисленны ручейники (*Psychomyia pusilla*), поденки (*Ephemera vulgata*), веснянки (*Leuctra fusca*) и личинки мух (*Tabanus* sp.). Значение индекса видового разнообразия Шеннона (H = 2.78 бит/экз.) и видовой состав бентоса характеризуют умеренно загрязненные воды.



Фото 4. Станция 4 на р. Колокша в г. Юрьев-Польский (Цветков, 2018).

Photo 4. Station No. 4 at the Koloksha River in the town of Yuryev-Polsky (Tsvetkov, 2018).

Устье р. Сега (ст. 5; табл. 8; фото 11). Биоценоз заиленного песка на глубине 0.5 м представлен преимущественным развитием пелофильных олигохет *Limnodrilus hoffmeisteri* (индекс доминирования $D = 82.9$). Из 9 видов в составе бентоса преобладают личинки хирономид – типичные обитатели эвтрофных водоемов (*Chironomus plumosus*, *Procladius ferrugineus*, *Procladius horeus*, *Psectrotanypus varius*), 2 вида пиявок (*Glossiphonia complanata*, *Helobdella stagnalis*). Состав бентоса свидетельствует о загрязнении, на что также указывает низкое значение индекса видового разнообразия ($H = 1.08$ бит/экз.).

Устье р. Кучка (ст. 6; табл. 9). Заиленные песчаные грунты (глубина – 0.5 м) характеризуются развитием биоценоза с доминированием олигохет и личинок хирономид (*Monodiamesa bathyphila*, *Polypedilum scalaenum*). Личинки *P. scalaenum* (420 экз./м²) обычно обитают на заиленных, песчаных биотопах. В водоемах России этот вид повсеместен (Шилова, 1976; Зинченко, 2002, 2011). Отличительной особенностью песчанистого биотопа на данном участке является разнообразие моллюсков – 7 видов. Преобладающими по численности и биомассе являются *Pisidium amnicum*. Обращает на себя внимание отсутствие ручейников и веснянок. Поденки представлены единичными личинками *Centroptilum luteolum*. Состав биоценоза бентоса и индекс видового разнообразия Шеннона (2.21 бит/экз.) характеризуют воды участка реки как умеренно загрязненные.

Устье р. Тома (ст. 7; табл. 10; фото 12). Донный биоценоз характеризуется преобладанием по численности олигохет, эврибионтных личинок хирономид *Tanytarsus* gr. *gregarius*, пелофильных личинок хирономид *Procladius ferrugineus* и моллюсков *Pisidium amnicum*. Наличие макрофитов (осока, камыш, кубышка) обусловило развитие в составе биоценоза немногочисленных личинок фитофильных хирономид родов *Cricotopus*, *Eukiefferiella*, *Nanocladius*. Личинки хирономид представлены 10 видами. Единично встречаются поденки, табаниды, личинки жуков р. *Ochthebius*. Значение индекса видового разнообразия Шеннона ($H = 2.16$ бит/экз.) характеризует воды как умеренно загрязненные.



Фото 5. Станция 4 на р. Колокша ниже устья р. Гза (Цветков, 2018). **Photo 5.** Station No. 4 at the Koloksha River, downstream from the mouth of the Gza River (Tsvetkov, 2018).



Фото 6. Станция 9 на р. Колокша выше пос. Ставрово (Байдарочный ..., 2012).
Photo 6. Station No. 9 at the Koloksha River, upstream from the village of Stavrovo (Kayak ..., 2012).

Таблица 8. Структурные характеристики и составляющие энергетического баланса (кал/сут·м²) бентоса в бассейне р. Колокша (ст. 5, устье р. Сега). **Table 8.** Structural characteristics and components of the energy balance (cal/day·m²) of benthos in the Koloksha River basin (station No. 5 at the mouth of the Sega River).

Виды	Индекс доминирования D	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Траты на бмен, кал/сут·м ²	Продукция, кал/сут·м ²	Ассимиляция, кал/сут·м ²
<i>Glossiphonia complanata</i>	0.52	20	0.02	–	–	–
<i>Helobdella stagnalis</i>	0.78	30	0.05	–	–	–
Oligochaeta	82.9	3200	0.39	31.803	11.1	42.934
Ceratopogonidae	1.55	60	0.03	–	–	–
<i>Chironomus plumosus</i>	6.99	270	3.1	75.765	26.5	102.282
<i>Procladius choreus</i>	2.59	100	0.28	–	–	–
<i>Procladius ferrugineus</i>	0.78	30	0.04	–	–	–
<i>Psectrotanypus varius</i>	3.11	120	0.55	–	–	–
<i>Sialis</i> sp.	0.78	30	0.1	–	–	–
Всего:	–	3860	4.56	107.567	37.6	145.216
Доля хищников (%)	–	10.1	23.4	–	–	–
Число видов – 9	Индекс разнообразия Шеннона – 1.08 бит/экз.					

Устье р. Семига (ст. 8; табл. 11). Заиленное каменистое дно с растительными остатками на глубине 0.6 м отличается богатством видов – 19, из которых 16 – это представители семейства Chironomidae. Характеризуется развитием биоценоза, в котором доминируют личинки хирономид *Brillia modesta* и *Tanytarsus* gr. *gregarius*. Виды в составе бентоса характерны для умеренно загрязненных и чистых вод малых и средних рек бассейна р. Волги (Зинченко, 2002, 2011). Численность гидробионтов макрозообентоса на этом участке составила 760 экз./м² при биомассе 1.04 г/м². Плотность пелофильных олигохет и моллюсков незначительна – 70 и 20 экз./м². Значение индекса видового разнообразия Шеннона очень высокое – 3.59 бит/экз. за счет видового богатства хирономид. Вместе с тем отсутствие реофильных веснянок, поденок и ручейников на биотопах устья при оценке классификации качества вод позволяет характеризовать их как слабозагрязненные.

Устье р. Колочка (ст. 11; табл. 14; фото 13). Станция расположена на расстоянии 19 км от устья р. Колокша. В зарослях рдеста на илах с растительными остатками преобладает олигохетно-хирономидный биоценоз с доминированием эврибионтных личинок *Polypedilum nubeculosum*. В составе биоценоза зарегистрированы 13 видов, из которых 7 – хирономиды, 3 – моллюски, а к прочим относятся хелеиды и сиакиды (вислоккрылки *Sialis lutaria*). Численность животных выше, чем в устье р. Семига, и составляет 2820 экз./м². На долю хирономид приходится 1340 экз./м². Состав донного биоценоза и значение индекса Шеннона (2.98 бит/экз.) характеризуют воды как слабозагрязненные.

Анализ донных сообществ р. Колокша и ее притоков (табл. 4-15) показал, что в верхнем течении развиваются лито- и фитореофильные биоценозы, в среднем – псаммо- и пелофильные, в нижнем – пелофильные биоценозы. Сообщества на отдельных

биотопически разнородных участках существенно различаются между собой по структуре и количественным показателям. Выделение биоценозов по степени их видового сходства с учетом характера и степени доминирования в них отдельных видов показало, что наиболее близкими для русловых участков (без учета притоков) можно считать створы выше г. Юрьев-Польский, выше и ниже пос. Ставрово, где степень сходства биоценозов оценивается в 27%. Доминирующими на этих участках являются олигохеты, личинки эврибионтных хирономид *Tanytarsus* gr. *gregarius* и *Stictochironomus histrio*.



Фото 7. Станция 10 на р. Колокша ниже пос. Ставрово (Байдарочный ..., 2012).

Photo 7. Station No. 10 at the Koloksha River, downstream from the village of Stavrovo (Kayak ..., 2012).

Таблица 9. Структурные характеристики и составляющие энергетического баланса (кал/сут. \cdot м²) бентоса в бассейне р. Колокша (ст. 6, устье р. Кучка). **Table 9.** Structural characteristics and components of the energy balance (cal/day \cdot m²) of benthos in the Koloksha River basin (station No. 6 at the mouth of the Kuchka River).

Виды	Индекс доминирования D	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Траты на обмен, кал/сут. \cdot м ²	Продукция, кал/сут. \cdot м ²	Ассимиляция, кал/сут. \cdot м ²
<i>Amesoda scaldiana</i>	0.63	20	0.42	6.633	2.32	8.954
<i>Euglesa dupuiana</i>	0.94	30	0.15	2.754	0.96	3.718
<i>Euglesa (Hensloviana) henslowana</i>	1.26	40	0.18	3.342	1.17	4.511
<i>Euglesa (Cingulipisidium) nitida</i>	1.26	40	0.05	1.062	0.37	1.434
<i>Euglesa ponderosa</i>	1.57	50	0.26	4.754	1.66	6.418
<i>Neopisidium torquatum</i>	0.31	10	0.01	0.217	0.07	0.294
<i>Pisidium amnicum</i>	6.29	200	2.49	41.542	14.5	56.082
Oligochaeta	55.6	1770	2.24	101.756	35.6	137.37
Ceratopogonidae	0.94	30	0.02	–	–	–
<i>Cryptochironomus gr. defectus</i>	0.31	10	0.03	–	–	–
<i>Monodiamesa bathyphila</i>	14.70	470	0.11	–	–	–
<i>Polypedilum scalaenum</i>	13.20	420	0.13	9.06	3.17	12.232
<i>Procladius ferrugineus</i>	0.31	10	0.01	–	–	–
<i>Prodiamesa olivacea</i>	0.31	10	0.03	–	–	–
<i>Tanytarsus sp.</i>	0.31	10	0.01	0.496	0.17	0.670
<i>Dicranota bimaculata</i>	0.63	20	0.19	–	–	–
<i>Tabanus sp.</i>	0.63	20	0.19	–	–	–
<i>Centroptilum luteolum</i>	0.63	20	0.03	2.328	0.81	3.143
Всего	–	3180	6.55	173.944	60.8	234.825
Доля хищников (%)	–	17.9	8.85	–	–	–
Число видов – 18	Индекс разнообразия Шеннона – 2.21 бит/экз.					

Для сравнения сообществ макрозообентоса основного русла р. Колокша с устьевыми участками ее притоков и с другими равнинными реками были рассчитаны структурные характеристики в среднем для всех 12 обследованных станций (табл. 16), а также обобщенно для 6 станций основного русла (табл. 17) и устьевых участков притоков (табл. 18).

Сравнительная оценка гидробиологического состояния участков реки на станциях русла и в притоках (табл. 16-18) показала высокую численность и биомассу гидробионтов в биоценозах макрозообентоса на биотопах основного течения реки (3532.5 экз./м², 5.34 г/м²), сопоставимую с количественными характеристиками бентоса в притоках (2126.6 экз./м², 4.19 г/м²). Число видов и таксонов в биоценозах макрозообентоса на участках русла (74 вида и таксона) было на 19 видов и таксонов больше, чем в устьевых участках притоков (55 видов и таксонов).



Фото 8. Станция 12 в устье р. Колокша (Любовь безусловная, 2026).
Photo 8. Station No. 12 at the mouth of the Koloksha River (Ultimate Love, 2026).



Фото 9. Станция 12 в месте впадения р. Колокша (слева) в р. Клязьма (YouTube, 2026).
Photo 9. Station No. 12 at the confluence of the Koloksha (on the left) and the Klyazma Rivers (YouTube, 2026).

Анализ количественных данных донных биоценозов в р. Колокша и в ее притоках с учетом выделенных таксоценозов в июле свидетельствует о соответствии полученных данных по бентосу рек верхней Волги продуктивным равнинным рекам Волжского бассейна и других регионов России (Богатов, 1994; Зинченко, Головатюк, 2000; Зинченко, 2006; Голубая книга, 2007; Тиунова и др., 2016; Яворская, 2020).

Для комплексной оценки качества вод по результатам анализа донных биоценозов на отдельных станциях нами были использованы индекс видового разнообразия Шеннона (H, бит/экз.), биотический индекс Вудивисса, коэффициент Пареле (табл. 19). Гидробиологические показатели, широко используемые для оценки качества вод, соответствуют оценке обследованных участков реки на станциях р. Колокша и ее притоков с учетом результатов гидрохимического анализа.

Таблица 10. Структурные характеристики и составляющие энергетического баланса (кал/сут·м²) бентоса в бассейне р. Колокша (ст. 7, устье р. Тома). **Table 10.** Structural characteristics and components of the energy balance (cal/day·m²) of benthos in the Koloksha River basin (station No. 7 at the mouth of the Toma River).

Виды	Индекс доминирования D	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Траты на обмен, кал/сут·м ²	Продукция, кал/сут·м ²	Ассимиляция, кал/сут·м ²
<i>Pisidium amnicum</i>	3.43	60	3.05	43.897	15.3	59.261
Oligochaeta	61.10	1070	2.25	90.025	31.5	121.534
<i>Cladotanytarsus mancus</i>	2.29	40	0.01	0.741	0.26	1.001
<i>Cricotopus bicinctus</i>	1.14	20	0.01	0.606	0.21	0.819
<i>Cricotopus</i> gr. <i>sylvestris</i>	2.29	40	0.01	0.741	0.26	1.001
<i>Epoicocladus</i> sp.	0.57	10	0.01	–	–	–
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	1.71	30	0.01	0.682	0.23	0.921
<i>Harnischia curtilamellata</i>	1.14	20	0.01	0.606	0.21	0.819
<i>Nanocladus bicolor</i>	1.71	30	0.01	0.682	0.23	0.921
<i>Polypedilum nubeculosum</i>	0.57	10	0.01	0.496	0.17	0.67
<i>Procladius ferrugineus</i>	8.00	140	0.13	–	–	–
<i>Tanytarsus</i> gr. <i>gregarius</i>	12.5	220	0.05	3.811	1.33	5.145
<i>Tabanus</i> sp.	0.57	10	0.23	–	–	–
<i>Ephemera vulgata</i>	2.29	40	0.53	25.749	9.01	34.761
<i>Ochthebius</i> sp.	0.57	10	0.02	–	–	–
Всего	–	1750	6.34	168.038	58.8	226.851
Доля хищников (%)	–	9.71	6.15	–	–	–
Число видов – 15	Индекс разнообразия Шеннона – 2.16 бит/экз.					

Роль зообентоса в процессах самоочищения воды р. Колокша

Современная оценка качества воды и состояния пресноводных водоемов в России включает совокупность критериев, оценивающих специфику структурно-функциональной организации сообществ гидробионтов и динамику развития водных биоценозов, т.е. критериев, которые связываются с обеспечением устойчивого функционирования естественных экологических систем и предотвращением их деградации. В связи с тем, что загрязнение водотоков в сельскохозяйственных и промышленно развитых регионах приобретает все больший размах, особое внимание в мониторинге их состояния уделяется оценке трофического статуса водоемов.



Фото 10. Станция 3 в нижнем течении р. Гза у г. Юрьев-Польский (Щелоков, 2026).
Photo 10. Station No. 3 at the lower reaches of the Gza River in the city of Yuryev-Polsky (Shcholokov, 2026).



Фото 11. Станция 5 в нижнем течении р. Сега (FotoKto, 2014).
Photo 11. Station No. 5 in the lower reaches of the Seg River (FotoKto, 2014).

Таблица 11. Структурные характеристики и составляющие энергетического баланса (кал/сут. \cdot м²) бентоса в бассейне р. Колокша (ст. 8, устье р. Семига). **Table 11.** Structural characteristics and components of the energy balance (cal/day \cdot м²) of benthos in the Koloksha River basin (station No. 8 at the mouth of the Semiga River).

Виды	Индекс доминирования D	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Траты на обмен, кал/сут. \cdot м ²	Продукция, кал/сут. \cdot м ²	Ассимиляция, кал/сут. \cdot м ²
<i>Euglesa (Cingulipisidium) nitida</i>	1.32	10	0.02	0.404	0.14	0.546
<i>Euglesa ponderosa</i>	1.32	10	0.15	2.454	0.85	3.313
<i>Oligochaeta</i>	9.21	70	0.05	2.620	0.91	3.538
<i>Acricotopus lucens</i>	1.32	10	0.02	0.811	0.28	1.095
<i>Brillia gr. modesta</i>	18.4	140	0.08	4.667	1.63	6.301
<i>Chironomus plumosus</i>	10.5	80	0.14	5.904	2.06	7.97
<i>Cricotopus gr. tremulus</i>	6.58	50	0.03	1.726	0.60	2.33
<i>Microtendipes pedellus</i>	3.95	30	0.06	2.434	0.85	3.286
<i>Nanocladius bicolor</i>	2.63	20	0.01	0.606	0.21	0.819
<i>Nanocladius gr. balticus</i>	1.32	10	0.01	0.496	0.17	0.67
<i>Orthocladius oblidens</i>	3.95	30	0.03	1.488	0.52	2.009
<i>Pagastia sp.</i>	1.32	10	0.01	–	–	–
<i>Paracladius conversus</i>	7.89	60	0.10	4.277	1.49	5.774
<i>Polypedilum nubeculosum</i>	3.95	30	0.07	2.716	0.95	3.666
<i>Prodiamesa olivacea</i>	1.32	10	0.02	–	–	–
<i>Symposiocladius lignicola</i>	1.32	10	0.01	0.496	0.17	0.67
<i>Tanytus punctipennis</i>	1.32	10	0.05	–	–	–
<i>Tanytarsus gr. gregarius</i>	21.0	160	0.17	8.285	2.9	11.185
<i>Zavrelia pentatoma</i>	1.32	10	0.01	0.496	0.17	0.67
Всего	–	760	1.04	39.883	13.9	53.842
Доля хищников (%)	–	3.95	7.69	–	–	–
Число видов – 19	Индекс разнообразия Шеннона – 3.56 бит/экз.					

Процессы накопления и деструкции ОВ в экосистеме водоема осуществляются в результате трофических взаимоотношений между организмами, которые заключаются в передаче определенных количеств вещества и энергии с одного трофического уровня на последующий. При этом направление и скорость внутриэкосистемных процессов во многом зависят от количества ОВ, созданного автотрофными организмами. В водотоках первичное ОВ может быть синтезировано в основном за счет фотосинтетической активности растений (автохтонное органическое вещество) либо поступать с площади водосбора (аллохтонное ОВ). В дальнейшем, как было сказано, в экосистеме происходит трансформация запасенной продуцентами энергии организмами последующих трофических уровней – консументами. Например, в сообществах бентоса рек может насчитываться 4-5 трофических уровней и групп гидробионтов (Jones, Smock, 1991; Тиунова, 2006).

Для оценки самоочищающей способности водоема необходимо изучение процесса трансформации вещества и энергии на всех трофических уровнях, что требует расчета продукции отдельных популяций с учетом динамики размерно-возрастного состава популяций, особенностей их роста и развития. В связи с отсутствием исходных данных для всех трофических звеньев экосистемы реки нами дана оценка роли бентоса в процессах трансформации органического вещества в р. Колокша. Результаты изменения численности и биомассы животных макрозообентоса, позволяющие оценить количественные структурные характеристики донных сообществ и составляющие энергетического баланса (кал/сут. \cdot м²) бентоса на участках реки и в ее притоках с указанием доминирующего комплекса гидробионтов, представлены в таблицах 4-18.

Таблица 12. Структурные характеристики и составляющие энергетического баланса (кал/сут. \cdot м²) бентоса в бассейне р. Колокша (ст. 9, выше пос. Ставрово). **Table 12.** Structural characteristics and components of the energy balance (cal/day \cdot м²) of benthos in the Koloksha River basin (station No. 9, upstream from the village of Stavrovo).

Виды	Индекс доминирования D	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Траты на обмен, кал/сут. \cdot м ²	Продукция, кал/сут. \cdot м ²	Ассимиляция, кал/сут. \cdot м ²
1	2	3	4	5	6	7
<i>Euglesa acuminata</i>	0.13	10	0.03	0.581	0.20	0.785
<i>Euglesa (Hensloviana) henslowana</i>	1.39	110	0.03	0.748	0.26	1.009
<i>Euglesa (Cingulipisidium) nitida</i>	0.25	20	0.05	0.987	0.34	1.333
<i>Euglesa</i> sp.	7.98	630	0.19	4.685	1.64	6.325
<i>Neopisidium (Odhneripisidium) moitessierianum</i>	0.13	10	0.05	0.918	0.32	1.239
<i>Lymnaea</i> sp.	0.38	30	0.05	2.423	0.84	3.271
<i>Valvata</i> sp.	0.25	20	0.01	0.655	0.22	0.884
<i>Helobdella stagnalis</i>	2.41	190	0.17	–	–	–
Oligochaeta	32.00	2530	0.43	32.267	11.2	43.561
Ceratopogonidae	1.14	90	0.01	–	–	–
<i>Cladotanytarsus mancus</i>	3.30	260	0.02	2.087	0.73	2.818
<i>Cricotopus bicinctus</i>	4.44	350	0.04	3.722	1.30	5.024
<i>Cricotopus</i> gr. <i>sylvestris</i>	0.63	50	0.02	1.294	0.45	1.747
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i>	0.25	20	0.01	–	–	–
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>fuscipes</i>	0.25	20	0.01	–	–	–
<i>Harnischia curtilamellata</i>	0.25	20	0.01	0.606	0.21	0.819
<i>Microtendipes pedellus</i>	3.30	260	0.35	15.927	5.57	21.501
<i>Nanocladius bicolor</i>	0.51	40	0.01	0.741	0.26	1.001
<i>Orthocladius oblidens</i>	0.51	40	0.01	0.741	0.26	1.001
<i>Orthocladius</i> sp.	0.25	20	0.01	0.606	0.21	0.819
<i>Polypedilum breviantennatum</i>	0.76	60	0.02	1.364	0.47	1.842

Продолжение таблицы 12.

1	2	3	4	5	6	7
<i>Polypedilum convictum</i>	0.13	10	0.01	0.496	0.17	0.67
<i>Polypedilum nubeculosum</i>	0.38	30	0.01	0.682	0.23	0.921
<i>Paralauterborniella nigrohalteralis</i>	0.63	50	0.01	0.791	0.27	1.068
<i>Procladius ferrugineus</i>	0.89	70	0.07	–	–	–
<i>Paratanytarsus confusus</i>	0.63	50	0.01	0.791	0.27	1.068
<i>Stempellina bausei</i>	0.25	20	0.01	0.606	0.21	0.819
<i>Tanytarsus</i> sp.	32.40	2560	0.38	32.775	11.4	44.246
<i>Thienemannimyia</i> sp.	0.51	40	0.05	–	–	–
<i>Centroptilum</i> sp.	1.90	150	0.03	3.591	1.25	4.847
<i>Nemoura cinerea</i>	0.13	10	0.01	0.907	0.31	1.225
<i>Phryganea bipunctata</i>	0.13	10	0.01	0.754	0.26	1.019
<i>Haliphus</i> sp.	0.13	10	0.01	–	–	–
Hydrida	1.27	100	0.05	–	–	–
Всего	–	7890	2.19	111.748	39.1	150.86
Доля хищников (%)	–	6.84	17.3	–	–	–
Число видов – 34	Индекс разнообразия Шеннона – 3.00 бит/экз.					



Фото 12. Станция 7 в нижнем течении р. Тома (Щелоков, 2026).

Photo 12. Station No. 7 in the lower reaches of the Toma River (Shcholokov, 2026).

Таблица 13. Структурные характеристики и составляющие энергетического баланса (кал/сут·м²) бентоса в бассейне р. Колокша (ст. 10, ниже пос. Ставрово). **Table 13.** Structural characteristics and components of the energy balance (cal/day·m²) of benthos in the Koloksha River basin (station No. 10, downstream from the village of Stavrovo).

Виды	Индекс доминирования D	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Траты на обмен, кал/сут·м ²	Продукция, кал/сут·м ²	Ассимиляция, кал/сут·м ²
<i>Euglesa acuminata</i>	0.53	10	0.05	0.918	0.32	1.239
<i>Euglesa (Hensloviana) henslowana</i>	4.28	80	0.16	3.234	1.13	4.366
<i>Euglesa ponderosa</i>	0.53	10	0.04	0.752	0.26	1.015
<i>Neopisidium (Odhneripisidium) moitesserianum</i>	0.53	10	0.10	1.707	0.59	2.305
<i>Pisidium amnicum</i>	5.35	100	3.90	57.714	20.2	77.914
<i>Sphaeriastrum rivicola</i>	0.53	10	0.30	4.564	1.59	6.161
Oligochaeta	3.74	70	0.18	6.849	2.39	9.246
Ceratopogonidae	0.53	10	0.01	–	–	–
<i>Cladotanytarsus mancus</i>	4.81	90	0.02	1.534	0.53	2.072
<i>Cryptochironomus gr. defectus</i>	0.53	10	0.02	–	–	–
<i>Microchironomus tener</i>	6.42	120	0.01	1.02	0.35	1.377
<i>Microtendipes pedellus</i>	8.56	160	0.52	18.326	6.41	24.74
<i>Paratendipes albimanus</i>	1.07	20	0.01	0.606	0.21	0.819
<i>Polypedilum breviantennatum</i>	11.20	210	0.04	3.209	1.12	4.333
<i>Polypedilum nubeculosum</i>	3.74	70	0.06	3.112	1.08	4.201
<i>Paralauterborniella nigrohalteralis</i>	1.07	20	0.01	0.606	0.21	0.819
<i>Procladius ferrugineus</i>	2.67	50	0.04	–	–	–
<i>Procladius sp.</i>	4.28	80	0.05	–	–	–
<i>Stictochironomus histrio</i>	23.50	440	0.20	12.469	4.36	16.833
<i>Tanytarsus gr. gregarius</i>	15.50	290	0.18	10.253	3.58	13.841
<i>Thienemannimyia sp.</i>	0.53	10	0.01	–	–	–
Всего	–	1870	5.91	126.874	44.4	171.28
Доля хищников (%)	–	8.56	2.2	–	–	–
Число видов – 21	Индекс разнообразия Шеннона – 3.56 бит/экз.					

В наиболее общем виде биотический баланс биологических систем выражают равенством:

$$A - R = P,$$

где A – новообразование органических веществ в водоеме; R – деструкция органических веществ, связанная с процессами метаболизма.

Баланс органических веществ в водоеме может быть положительным или отрицательным (Алимов, 1989). Изучение структуры и состава биоценозов донных животных на

исследованных участках реки послужило основой для расчетов потоков энергии через них. Уравнение зависимости интенсивности обмена (R) от индивидуальной массы тела гидробионтов (W) имеет вид:

$$R = a \cdot W^b,$$

где коэффициенты a и b рассчитаны для каждой таксономической группы бентоса и приведены в литературных источниках (табл. 20), R – скорость обмена при $t = 20^\circ\text{C}$, в мг О/час, W – масса, в г.



Фото 13. Станция 11 на р. Колочка (Turizmvnn, 2024).

Photo 13. Station No. 11 at the Kolochka River (Turizmvnn, 2024).

Продукцию популяций и сообществ (P) рассчитывали физиологическим методом (Алимов и др., 2013). Расчет продукции таким методом возможен в тех случаях, когда известны траты на обмен (R) и их соотношение с продукцией. Это соотношение определяется коэффициентом использования ассимилированной пищи на рост (K_2).

$$K_2 = P / (P + R),$$

$$\text{откуда } P = R [K_2 / (1 - K_2)] \text{ (Алимов, 1989).}$$

Было показано (Умнов, Алимов, 1979), что у водных гидробионтов траты на обмен и продукция за период времени находятся между собой в следующей зависимости:

$$R = (2.879 + 0.046) P,$$

$$\text{откуда } P = R / (2.879 + 0.046) \text{ кДж/м}^2.$$

Из приведенного равенства получено среднее значение $K_2 = 0.26$, которое принято для расчета. Таким образом, если известны траты на обмен и коэффициент K_2 , то можно оценить среднюю за сезон или за сутки продукцию популяций донных животных. Расчетные данные

показателей энергетического обмена популяции донных животных для каждой станции и участков р. Колокша и ее притоков представлены в таблицах 4-18. Если рассматривать процесс трансформации энергии в популяции или биоценозе с точки зрения самоочищения водоема, то «очистительный» процесс будет определяться суммой величин R и P, т.е. количеством ассимилированной энергии (A).

Таблица 14. Структурные характеристики и составляющие энергетического баланса (кал/сут·м²) бентоса в бассейне р. Колокша (ст. 11, устье р. Колокча). **Table 14.** Structural characteristics and components of the energy balance (cal/day·m²) of benthos in the Koloksha River basin (station No. 11 at the mouth of the Kolochka River).

Виды	Индекс доминирования D	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Траты на обмен, кал/сут·м ²	Продукция, кал/сут·м ²	Ассимиляция, кал/сут·м ²
<i>Euglesa casertana</i>	0.35	10	0.05	0.918	0.32	1.239
<i>Pisidium inflatum</i>	0.35	10	0.21	3.316	1.16	4.477
<i>Bithynia tentaculata</i>	1.42	40	0.04	2.203	0.77	2.973
Oligochaeta	32.60	920	0.70	36.112	12.6	48.751
Ceratopogonidae	5.67	160	0.14	–	–	–
<i>Chironomus plumosus</i>	2.84	80	0.12	5.292	1.85	7.144
<i>Cricotopus gr. sylvestris</i>	2.84	80	0.05	2.842	0.99	3.837
<i>Microtendipes pedellus</i>	8.51	240	0.26	12.601	4.41	17.011
<i>Polypedilum nubeculosum</i>	16.30	460	0.37	19.549	6.84	26.391
<i>Procladius choreus</i>	3.90	110	0.07	–	–	–
<i>Procladius ferrugineus</i>	8.51	240	0.14	–	–	–
<i>Tanytarsus gr. gregarius</i>	4.61	130	0.03	2.277	0.79	3.074
<i>Sialis lutaria</i>	12.0	340	0.94	–	–	–
Всего	–	2820	3.12	85.11	29.7	114.898
Доля хищников (%)	–	30.1	41.3	–	–	–
Число видов – 13	Индекс разнообразия Шеннона – 2.99 бит/экз.					

Величина P является показателем накопления вещества или энергии популяцией или биоценозом. По величине R можно судить о деструкции ОВ животными. Составляющие энергетического баланса R, P и A по видам, группам видов и отдельным станциям были представлены выше в таблицах 4-18.

Используя полученные результаты по составляющим баланса энергии биоценозов (табл. 4-18), можно количественно выразить их роль в этом процессе. За критерий взято отношение потока энергии через донное сообщество (сумма продукции биоценоза и трат на обмен) на площади дна в 1 м² к количеству ОВ в воде над 1 м² за сутки. Иными словами, поток энергии через донное сообщество представляет собой количество энергии, которое ассимилировано нехищными животными (A_{нх}). Участие донных животных в процессах самоочищения р. Колокша определялось в толще воды над одним квадратным метром площади дна водоема. Все показатели энергетического баланса, выраженные в калориях

(Скопинцев, 1950), рассчитываются с использованием переводных коэффициентов в мг ОВ/м² в сутки.

Таблица 15. Структурные характеристики и составляющие энергетического баланса (кал/сут·м²) бентоса в бассейне р. Колокша (ст. 12, устье). **Table 15.** Structural characteristics and components of the energy balance (cal/day·m²) of benthos in the Koloksha River basin (station No. 12 in the river mouth).

Виды	Индекс доминирования D	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Траты на обмен, кал/сут·м ²	Продукция, кал/сут·м ²	Ассимиляция, кал/сут·м ²
<i>Pisidium amnicum</i>	1.49	10	1.23	16.134	5.64	21.781
<i>Helobdella stagnalis</i>	1.49	10	0.02	–	–	–
Oligochaeta	88.00	590	0.30	17.117	5.99	23.108
<i>Chironomus plumosus</i>	1.49	10	0.02	0.811	0.28	1.095
<i>Cryptochironomus gr. defectus</i>	1.49	10	0.03	–	–	–
<i>Caenis macrura</i>	5.97	40	0.04	3.387	1.18	4.572
Всего	–	670	1.64	37.45	13.1	50.557
Доля хищников (%)	–	2.99	3.05	–	–	–
Число видов – 6	Индекс разнообразия Шеннона – 0.77 бит/экз.					

Таблица 16. Структурные характеристики и составляющие энергетического баланса (кал/сут·м²) бентоса в среднем для 12 станций бассейна р. Колокша и ее притоков (июль). **Table 16.** Average structural characteristics and components of the energy balance (cal/day·m²) of benthos for 12 stations in the Koloksha River basin and its tributaries (July).

Виды и таксоны	Индекс доминирования D	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Траты на обмен, кал/сут·м ²	Продукция, кал/сут·м ²	Ассимиляция, кал/сут·м ²
1	2	3	4	5	6	7
<i>Amesoda scaldiana</i>	0.00	1.67	0.035	0.553	0.19	0.746
<i>Euglesa acuminata</i>	0.01	1.67	0.007	0.125	0.04	0.169
<i>Euglesa casertana</i>	0.02	3.33	0.008	0.165	0.05	0.222
<i>Euglesa dupuiana</i>	0.01	2.50	0.013	0.23	0.08	0.31
<i>Euglesa (Hensloviana) henslowana</i>	0.25	20.83	0.040	0.812	0.28	1.096
<i>Euglesa (Cingulipisidium) nitida</i>	0.05	5.83	0.010	0.205	0.07	0.277
<i>Euglesa ponderosa</i>	0.05	5.83	0.038	0.671	0.23	0.905
<i>Euglesa subtruncata</i>	0.00	1.67	0.005	0.097	0.03	0.131
<i>Euglesa sp.</i>	0.31	53.33	0.041	0.913	0.32	1.233
<i>Neopisidium (Odhneripisidium) moitessierianum</i>	0.03	3.33	0.014	0.265	0.09	0.357

Продолжение таблицы 16.

1	2	3	4	5	6	7
<i>Neopisidium torquatum</i>	0.01	1.67	0.002	0.036	0.01	0.049
<i>Pisidium amnicum</i>	0.81	45.83	1.508	22.711	7.94	30.66
<i>Pisidium inflatum</i>	0.00	0.83	0.018	0.276	0.09	0.373
<i>Sphaerium rivicola</i>	0.00	0.83	0.025	0.38	0.13	0.513
<i>Acroloxus lacustris</i>	0.00	1.67	0.038	0.948	0.33	1.28
<i>Bithynia tentaculata</i>	0.01	3.33	0.003	0.184	0.06	0.248
<i>Lymnaea</i> sp.	0.01	2.5	0.004	0.202	0.07	0.273
<i>Valvata</i> sp.	0.01	2.5	0.002	0.102	0.03	0.137
<i>Glossiphonia complanata</i>	0.0	1.67	0.002	–	–	–
<i>Helobdella stagnalis</i>	0.3	20.25	0.025	–	–	–
<i>Nematoda</i>	0.00	0.83	0.001	0.000	0.00	0.000
<i>Oligochaeta</i>	43.6	1346.9	1.187	59.015	20.6	79.67
<i>Ceratopogonidae</i>	0.54	30.83	0.02	–	–	–
<i>Acricotopus lucens</i>	0.00	0.83	0.002	0.068	0.02	0.091
<i>Acricotopus</i> sp.	0.01	2.5	0.001	0.057	0.02	0.077
<i>Brillia</i> gr. <i>modesta</i>	0.03	11.67	0.007	0.389	0.13	0.525
<i>Chironomus plumosus</i>	1.48	83.58	0.52	15.18	5.31	20.493
<i>Cladotanytarsus mancus</i>	0.42	35.83	0.008	0.631	0.22	0.852
<i>Clinotanytus nervosus</i>	0.00	0.83	0.001	–	–	–
<i>Corynoneura</i> sp.	0.00	1.67	0.001	0.051	0.01	0.068
<i>Cryptocladopelma armeniacus</i>	0.00	0.83	0.001	0.041	0.01	0.056
<i>Cricotopus</i> gr. <i>algarum</i>	0.01	2.75	0.002	0.096	0.03	0.129
<i>Cricotopus bicinctus</i>	1.29	87.5	0.025	1.783	0.62	2.407
<i>Cricotopus</i> gr. <i>sylvestris</i>	0.42	28.33	0.016	0.93	0.32	1.255
<i>Cricotopus</i> sp.	0.00	1.67	0.001	0.051	0.01	0.068
<i>Cricotopus</i> gr. <i>tremulus</i>	0.01	4.17	0.003	0.144	0.05	0.194
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i>	0.05	4.17	0.008	–	–	–
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>fuscipes</i>	0.00	1.67	0.001	–	–	–
<i>Epoicocladus</i> sp.	0.00	0.83	0.001	–	–	–
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	0.03	5.83	0.002	0.119	0.04	0.16
<i>Eukiefferiella</i> gr. <i>gracei</i>	0.01	4.17	0.003	0.144	0.05	0.194
<i>Harnischia curtilamellata</i>	0.02	3.33	0.002	0.101	0.03	0.136
<i>Microchironomus tener</i>	0.03	10.00	0.001	0.085	0.03	0.115
<i>Micropsectra curvicornis</i>	0.00	0.83	0.001	0.041	0.01	0.056
<i>Microtendipes pedellus</i>	0.93	63.33	0.106	4.523	1.58	6.107
<i>Monodiamesa bathyphila</i>	0.12	39.17	0.009	–	–	–
<i>Nanocladius bicolor</i>	0.07	7.50	0.003	0.171	0.06	0.23
<i>Nanocladius</i> gr. <i>balticus</i>	0.00	0.83	0.001	0.041	0.01	0.056
<i>Orthocladus oblidens</i>	0.98	83.58	0.015	1.224	0.42	1.653
<i>Orthocladus</i> sp.	0.00	1.67	0.001	0.051	0.01	0.068
<i>Orthocladus clarkei</i>	0.00	1.67	0.001	0.051	0.01	0.068

Продолжение таблицы 16.

1	2	3	4	5	6	7
<i>Pagastia</i> sp.	0.00	0.83	0.001	–	–	–
<i>Paracladopelma</i> gr. <i>camptolabis</i>	0.00	0.83	0.001	0.041	0.01	0.056
<i>Paratendipes albimanus</i>	0.00	1.67	0.001	0.051	0.01	0.068
<i>Parachironomus arcuatus</i>	0.01	2.50	0.003	0.124	0.04	0.167
<i>Paracladius conversus</i>	0.06	6.67	0.01	0.441	0.15	0.595
<i>Paracladius</i> sp.	0.01	3.33	0.001	0.062	0.02	0.083
<i>Polypedilum breviantennatum</i>	0.13	22.50	0.005	0.384	0.13	0.518
<i>Polypedilum convictum</i>	0.00	0.83	0.001	0.041	0.01	0.056
<i>Polypedilum nubeculosum</i>	1.21	68.33	0.077	3.678	1.28	4.965
<i>Polypedilum scalaenum</i>	0.10	35.00	0.011	0.755	0.26	1.019
<i>Paralauterborniella nigrohalteralis</i>	0.03	5.83	0.002	0.119	0.04	0.16
<i>Procladius choreus</i>	0.18	20.00	0.034	–	–	–
<i>Procladius ferrugineus</i>	2.34	99.17	0.118	–	–	–
<i>Procladius</i> sp.	0.02	6.67	0.004	–	–	–
<i>Prodiamesa olivacea</i>	0.01	1.67	0.004	–	–	–
<i>Psectrotanypus varius</i>	0.08	13.08	0.063	–	–	–
<i>Paratanytarsus confusus</i>	0.01	4.17	0.001	0.066	0.02	0.089
<i>Paratanytarsus</i> sp.	0.07	8.08	0.003	0.174	0.06	0.235
<i>Stictochironomus histrio</i>	0.11	36.67	0.017	1.039	0.36	1.403
<i>Stempellina bausei</i>	0.00	1.67	0.001	0.051	0.01	0.068
<i>Symposiocladius lignicola</i>	0.00	0.83	0.001	0.041	0.01	0.056
<i>Tanypus kraatzi</i>	0.02	6.67	0.008	–	–	–
<i>Tanypus punctipennis</i>	0.00	0.83	0.004	–	–	–
<i>Tanytarsus</i> gr. <i>gregarius</i>	1.01	68.33	0.037	2.179	0.76	2.941
<i>Tanytarsus</i> sp.	2.14	242.5	0.045	3.638	1.27	4.911
<i>Thienemannimyia</i> sp.	0.05	5.83	0.006	–	–	–
<i>Zavrelia pentatoma</i>	0.00	0.83	0.001	0.041	0.01	0.056
<i>Dicranota bimaculata</i>	0.00	1.67	0.016	–	–	–
<i>Sialis lutaria</i>	0.47	52.75	0.328	–	–	–
<i>Sialis</i> sp.	0.01	2.50	0.008	–	–	–
<i>Simulium</i> sp.	0.01	2.25	0.001	–	–	–
<i>Tabanus</i> sp.	0.03	3.33	0.041	–	–	–
<i>Baetis rhodani</i>	0.01	4.17	0.003	0.296	0.10	0.400
<i>Centroptilum luteolum</i>	0.02	2.75	0.003	0.271	0.09	0.366
<i>Centroptilum</i> sp.	0.04	12.50	0.003	0.299	0.10	0.404
<i>Caenis macrura</i>	0.01	3.33	0.003	0.282	0.09	0.381
<i>Ephemera vulgata</i>	0.02	4.17	0.076	3.441	1.20	4.646
<i>Ephemerella ignita</i>	0.01	3.33	0.018	1.037	0.36	1.401
<i>Leuctra fusca</i>	0.01	1.67	0.003	0.207	0.07	0.279
<i>Nemoura cinerea</i>	0.00	0.83	0.001	0.076	0.02	0.102
<i>Cyrnus flavidus</i>	0.01	2.50	0.006	0.377	0.13	0.509

Продолжение таблицы 16.

1	2	3	4	5	6	7
<i>Phryganea bipunctata</i>	0.00	0.83	0.001	0.063	0.02	0.085
<i>Psychomyia pusilla</i>	0.01	2.50	0.006	0.377	0.13	0.509
<i>Haliphus ruficollis</i>	0.01	2.5	0.004	–	–	–
<i>Haliphus</i> sp.	0.00	0.83	0.001	–	–	–
<i>Ochthebius</i> sp.	0.00	0.83	0.002	–	–	–
Hydrida	0.02	8.33	0.004	–	–	–
Всего	–	2829.5	4.768	133.511	46.7	180.24
Доля хищников, %	–	11.6	15.0	–	–	–
Число видов – 99	Индекс разнообразия Шеннона – 3.61 бит/экз.					

Полученные данные по составляющим баланса энергии изученных биоценозов (табл. 17, 18) показали, что сообщества р. Колокша на отдельных станциях характеризуются большими их абсолютными величинами, чем сообщества притоков. Эти биоценозы можно назвать более энергоемкими. Наибольшие значения продукции, трат на обмен и ассимилированной энергии отмечены на участке ниже г. Юрьев-Польский для биоценозов с преобладанием олигохет, а также на станции выше города для биоценоза олигохеты *Limnodrilus hoffmeisteri* – хирономиды *Procladius ferrugineus*, которые по всем показателям характеризуют загрязненные воды.

Под влиянием поступающего в водоем загрязнения в сообществах донных животных происходят структурные и функциональные изменения, которые выражаются в упрощении структуры сообщества (снижается величина индекса видового разнообразия), в увеличении биомассы донных животных, их продукции, ассимилированной энергии, трат на обменные процессы.

Таблица 17. Структурные характеристики и составляющие энергетического баланса (кал/сут·м²) бентоса в среднем для 6 станций русловых участков р. Колокша (июль).
Table 17. Average structural characteristics and components of the energy balance (cal/day·m²) of benthos for 6 stations of the channel sections of the Koloksha River (July).

Виды и таксоны	Индекс доминирования D	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Траты на обмен, кал/сут·м ²	Продукция, кал/сут·м ²	Ассимиляция, кал/сут·м ²
1	2	3	4	5	6	7
<i>Euglesa acuminata</i>	0.03	3.33	0.013	0.251	0.08	0.338
<i>Euglesa casertana</i>	0.02	5.00	0.008	0.172	0.06	0.232
<i>Euglesa (Hensloviana) henslowana</i>	0.5	35.00	0.050	1.047	0.36	1.414
<i>Euglesa (Cingulipisidium) nitida</i>	0.02	3.33	0.008	0.165	0.05	0.222
<i>Euglesa ponderosa</i>	0.01	1.67	0.007	0.125	0.04	0.169
<i>Euglesa subtruncata</i>	0.02	3.33	0.01	0.194	0.06	0.262

Продолжение таблицы 17.

1	2	3	4	5	6	7
<i>Euglesa</i> sp.	0.50	105.00	0.032	0.781	0.27	1.054
<i>Neopisidium (Odhneripisidium) moitesserianum</i>	0.09	6.67	0.028	0.529	0.18	0.714
<i>Neopisidium torquatum</i>	0.01	1.67	0.002	0.036	0.01	0.049
<i>Pisidium amnicum</i>	0.66	46.67	1.965	28.846	10.0	38.942
<i>Sphaerium rivicola</i>	0.01	1.67	0.05	0.761	0.26	1.027
<i>Lymnaea</i> sp.	0.02	5.00	0.008	0.404	0.14	0.545
<i>Valvata</i> sp.	0.05	5.00	0.003	0.203	0.07	0.274
<i>Helobdella stagnalis</i>	0.67	35.5	0.042	–	–	–
<i>Nematoda</i>	0.01	1.67	0.002	0.001	0.00	0.001
<i>Oligochaeta</i>	35.2	1492.10	1.205	61.245	21.4	82.681
<i>Ceratopogonidae</i>	0.28	20.00	0.008	–	–	–
<i>Acricotopus</i> sp.	0.02	5.00	0.002	0.114	0.04	0.153
<i>Chironomus plumosus</i>	1.35	95.50	0.48	14.907	5.21	20.124
<i>Cladotanytarsus mancus</i>	0.92	65.00	0.015	1.138	0.39	1.537
<i>Clinotanytus nervosus</i>	0.01	1.67	0.002	–	–	–
<i>Corynoneura</i> sp.	0.02	3.33	0.002	0.101	0.03	0.136
<i>Cryptocladopelma armeniacus</i>	0.01	1.67	0.002	0.083	0.02	0.112
<i>Cricotopus</i> gr. <i>algarum</i>	0.03	5.50	0.003	0.191	0.06	0.258
<i>Cricotopus bicinctus</i>	2.38	168.33	0.047	3.358	1.17	4.533
<i>Cricotopus</i> gr. <i>sylvestris</i>	0.52	36.67	0.022	1.252	0.43	1.69
<i>Cricotopus</i> sp.	0.02	3.33	0.002	0.101	0.03	0.136
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i>	0.09	6.67	0.01	–	–	–
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>fuscipes</i>	0.02	3.33	0.002	–	–	–
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	0.03	6.67	0.002	0.124	0.04	0.167
<i>Eukiefferiella</i> gr. <i>gracei</i>	0.04	8.33	0.005	0.288	0.10	0.388
<i>Harnischia curtilamellata</i>	0.02	3.33	0.002	0.101	0.03	0.136
<i>Microchironomus tener</i>	0.09	20.00	0.002	0.170	0.05	0.229
<i>Micropsectra curvicornis</i>	0.01	1.67	0.002	0.083	0.02	0.112
<i>Microtendipes pedellus</i>	1.16	81.67	0.158	6.482	2.26	8.75
<i>Nanocladius bicolor</i>	0.03	6.67	0.002	0.124	0.04	0.167
<i>Orthocladus oblidens</i>	2.3	162.17	0.025	2.133	0.74	2.879
<i>Orthocladus</i> sp.	0.02	3.33	0.002	0.101	0.03	0.136
<i>Orthocladus clarkei</i>	0.02	3.33	0.002	0.101	0.03	0.136
<i>Paratendipes albimanus</i>	0.02	3.33	0.002	0.101	0.03	0.136
<i>Parachironomus arcuatus</i>	0.02	5.00	0.005	0.248	0.08	0.335
<i>Paracladius conversus</i>	0.01	1.67	0.002	0.083	0.02	0.112
<i>Paracladius</i> sp.	0.03	6.67	0.002	0.124	0.04	0.167
<i>Polypedilum breviantennatum</i>	0.42	45.00	0.010	0.767	0.26	1.036
<i>Polypedilum convictum</i>	0.01	1.67	0.002	0.083	0.02	0.112
<i>Polypedilum nubeculosum</i>	0.75	53.33	0.078	3.476	1.21	4.692

Продолжение таблицы 17.

1	2	3	4	5	6	7
<i>Paralauterborniella nigrohalteralis</i>	0.11	11.67	0.003	0.238	0.08	0.321
<i>Procladius choreus</i>	0.02	5.00	0.010	–	–	–
<i>Procladius ferrugineus</i>	1.70	120.00	0.172	–	–	–
<i>Procladius</i> sp.	0.06	13.33	0.008	–	–	–
<i>Psectrotanypus varius</i>	0.03	6.17	0.033	–	–	–
<i>Paratanytarsus confusus</i>	0.04	8.33	0.002	0.132	0.04	0.178
<i>Paratanytarsus</i> sp.	0.23	16.17	0.005	0.349	0.12	0.471
<i>Stictochironomus histrio</i>	0.35	73.33	0.033	2.078	0.72	2.806
<i>Stempellina bausei</i>	0.02	3.33	0.002	0.101	0.03	0.136
<i>Tanytarsus kraatzii</i>	0.06	13.33	0.017	–	–	–
<i>Tanytarsus</i> gr. <i>gregarius</i>	0.23	48.33	0.03	1.709	0.59	2.307
<i>Tanytarsus</i> sp.	4.56	483.33	0.088	7.173	2.51	9.683
<i>Thienemannimyia</i> sp.	0.17	11.67	0.012	–	–	–
<i>Sialis lutaria</i>	0.46	48.80	0.498	–	–	–
<i>Simulium</i> sp.	0.02	4.5	0.002	–	–	–
<i>Baetis rhodani</i>	0.04	8.33	0.007	0.592	0.20	0.8
<i>Centroptilum luteolum</i>	0.01	2.17	0.002	0.149	0.05	0.202
<i>Centroptilum</i> sp.	0.12	25.00	0.005	0.598	0.20	0.808
<i>Caenis macrura</i>	0.03	6.67	0.007	0.565	0.19	0.762
<i>Ephemerella ignita</i>	0.03	6.67	0.035	2.075	0.72	2.801
<i>Leuctra fusca</i>	0.01	1.67	0.002	0.151	0.05	0.204
<i>Nemoura cinerea</i>	0.01	1.67	0.002	0.151	0.05	0.204
<i>Cyrnus flavidus</i>	0.02	5.00	0.012	0.754	0.26	1.018
<i>Phryganea bipunctata</i>	0.01	1.67	0.002	0.126	0.04	0.17
<i>Coleoptera</i>	0.00	0.5	0.013	–	–	–
<i>Haliphus ruficollis</i>	0.02	5.00	0.008	–	–	–
<i>Haliphus</i> sp.	0.01	1.67	0.002	–	–	–
<i>Hydrida</i>	0.08	16.67	0.008	–	–	–
Всего	–	3532.5	5.347	147.531	51.6	199.166
Доля хищников (%)	–	8.88	15.8	–	–	–
Число видов – 74	Индекс разнообразия Шеннона – 3.59 бит/экз.					

Таким образом, динамику численности и биомассы сообществ бентоса р. Колокша и ее притоков в большей мере определяют особенности развития хирономид и олигохет, доминирующих в водотоках в период исследования.

Видовой состав, структура, баланс энергии донных сообществ в реке свидетельствуют о том, что ее участки выше и ниже г. Юрьев-Польский (особенно ниже впадения притока р. Гза) характеризуются накоплением загрязняющих веществ, которые оказывают заметное локальное воздействие на водоем. Такие притоки, как рр. Кучка и Сега, не оказывают существенного влияния на процессы функционирования экосистемы. Значения энергетических показателей на станциях выше и ниже пос. Ставрово не превышают таковые в устьевых участках притоков, расположенных выше. Имеющиеся в нашем распоряжении

данные гидробиологических и гидрохимических исследований свидетельствуют о существенной роли донных животных в балансе биогенных элементов водотоков. Результаты исследований согласуются с литературными сведениями, подтверждающими, что сообщества донных животных могут оказывать существенное влияние на биологическое разнообразие, структуру, динамику и продуктивность более низких трофических уровней, а также продуктивность и круговорот веществ в экосистеме в целом через трансформацию энергии и транслокацию биогенных элементов (Балушкина, 2003; Дмитриев и др., 2016).

Таблица 18. Структурные характеристики и составляющие энергетического баланса (кал/сут. \cdot м²) макрозообентоса в среднем для 6 станций устьевых участков притоков р. Колокша (июль). **Table 18.** Average structural characteristics and components of the energy balance (cal/day \cdot м²) of macrozoobenthos for 6 stations at the mouth of the Koloksha River tributaries (July).

Наименование видов	Индекс доминирования D	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Траты на обмен, кал/сут. \cdot м ²	Продукция, кал/сут. \cdot м ²	Ассимиляция, кал/сут. \cdot м ²
1	2	3	4	5	6	7
<i>Amesoda scaldiana</i>	0.03	3.33	0.07	1.105	0.38	1.492
<i>Euglesa casertana</i>	0.01	1.67	0.008	0.153	0.05	0.207
<i>Euglesa dupuiana</i>	0.04	5.00	0.025	0.459	0.16	0.62
<i>Euglesa (Hensloviana) henslowana</i>	0.05	6.67	0.030	0.557	0.19	0.752
<i>Euglesa (Cingulipisidium) nitida</i>	0.13	8.33	0.012	0.245	0.08	0.331
<i>Euglesa ponderosa</i>	0.16	10.00	0.068	1.214	0.42	1.639
<i>Euglesa sp.</i>	0.01	1.67	0.050	0.761	0.26	1.027
<i>Neopisidium torquatum</i>	0.01	1.67	0.002	0.036	0.01	0.049
<i>Pisidium amnicum</i>	1.06	45.00	1.050	16.400	5.74	22.139
<i>Pisidium inflatum</i>	0.01	1.67	0.035	0.553	0.19	0.746
<i>Acroloxus lacustris</i>	0.03	3.33	0.075	1.896	0.66	2.56
<i>Bithynia tentaculata</i>	0.05	6.67	0.007	0.367	0.12	0.496
<i>Glossiphonia complanata</i>	0.03	3.33	0.003	–	–	–
<i>Helobdella stagnalis</i>	0.04	5.00	0.008	–	–	–
<i>Oligochaeta</i>	56.5	1201.60	1.168	56.689	19.8	76.53
<i>Ceratopogonidae</i>	0.98	41.67	0.032	–	–	–
<i>Acricotopus lucens</i>	0.01	1.67	0.003	0.135	0.04	0.183
<i>Brillia gr. modesta</i>	0.18	23.33	0.013	0.778	0.27	1.05
<i>Chironomus plumosus</i>	1.68	71.67	0.560	15.302	5.35	20.658
<i>Cladotanytarsus mancus</i>	0.05	6.67	0.002	0.124	0.04	0.167
<i>Cricotopus bicinctus</i>	0.10	6.67	0.003	0.202	0.07	0.273
<i>Cricotopus gr. sylvestris</i>	0.31	20.00	0.010	0.606	0.21	0.819
<i>Cricotopus gr. tremulus</i>	0.07	8.33	0.005	0.288	0.10	0.388

Продолжение таблицы 18.

1	2	3	4	5	6	7
<i>Cryptochironomus gr. defectus</i>	0.01	1.67	0.005	–	–	–
<i>Epoicocladius sp.</i>	0.01	1.67	0.002	–	–	–
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	0.04	5.00	0.002	0.114	0.04	0.153
<i>Harnischia curtilamellata</i>	0.03	3.33	0.002	0.101	0.03	0.136
<i>Microtendipes pedellus</i>	0.71	45.00	0.053	2.518	0.88	3.400
<i>Monodiamesa bathyphila</i>	0.61	78.33	0.018	–	–	–
<i>Nanocladius bicolor</i>	0.13	8.33	0.003	0.216	0.07	0.291
<i>Nanocladius gr. balticus</i>	0.01	1.67	0.002	0.083	0.02	0.112
<i>Orthocladius oblidens</i>	0.04	5.00	0.005	0.248	0.08	0.335
<i>Pagastia sp.</i>	0.01	1.67	0.002	–	–	–
<i>Paracladopelma gr. camptolabis</i>	0.01	1.67	0.002	0.083	0.02	0.112
<i>Paracladius conversus</i>	0.18	11.67	0.018	0.798	0.27	1.077
<i>Polypedilum nubeculosum</i>	1.96	83.33	0.075	3.836	1.34	5.178
<i>Polypedilum scalaenum</i>	0.55	70.00	0.022	1.51	0.52	2.039
<i>Procladius choreus</i>	0.55	35.00	0.058	–	–	–
<i>Procladius ferrugineus</i>	3.07	78.33	0.063	–	–	–
<i>Prodiamesa olivacea</i>	0.05	3.33	0.008	–	–	–
<i>Psectrotanypus varius</i>	0.16	20.00	0.092	–	–	–
<i>Symposiocladius lignicola</i>	0.01	1.67	0.002	0.083	0.02	0.112
<i>Tanypus punctipennis</i>	0.01	1.67	0.008	–	–	–
<i>Tanytarsus gr. gregarius</i>	2.77	88.33	0.043	2.643	0.92	3.567
<i>Tanytarsus sp.</i>	0.01	1.67	0.002	0.083	0.02	0.112
<i>Zavrelia pentatoma</i>	0.01	1.67	0.002	0.083	0.02	0.112
<i>Dicranota bimaculata</i>	0.03	3.33	0.032	–	–	–
<i>Sialis lutaria</i>	0.44	56.67	0.157	–	–	–
<i>Sialis sp.</i>	0.04	5.00	0.017	–	–	–
<i>Tabanus sp.</i>	0.16	6.67	0.082	–	–	–
<i>Centroptilum luteolum</i>	0.03	3.33	0.005	0.388	0.13	0.524
<i>Ephemera vulgata</i>	0.13	8.33	0.152	6.882	2.40	9.291
<i>Leuctra fusca</i>	0.01	1.67	0.003	0.258	0.09	0.348
<i>Psychomyia pusilla</i>	0.04	5.00	0.012	0.754	0.26	1.018
<i>Ochthebius sp.</i>	0.01	1.67	0.003	–	–	–
Всего	–	2126.60	4.19	118.549	41.4	160.041
Доля хищников (%)	–	16.20	14.0	–	–	–
Число видов – 55	Индекс разнообразия Шеннона – 2.98 бит/экз.					

Проведенные расчеты (табл. 17, 18, 20) показали, что ежесуточно донными животными потребляется 0.5-1.3% в реке и 0.2-4.3% в притоках от общего количества ОВ в столбе воды над 1 м². При этом процесс самоочищения более интенсивно проявляется на участках выше г. Юрьев-Польский и ниже пос. Ставрово. В притоках активно идут процессы ассимиляции ОВ – в устье р. Кучка (4.34%) и в р. Тома (4.33%). Особенно большое значение для метаболизма водоемов имеет жизнедеятельность донных детритофагов. Минерализуя ОВ,

поступающее на дно, они способствуют его возвращению в биотический круговорот, в значительной степени определяя «внутреннюю» нагрузку биогенных веществ на водоем. В настоящее время убедительно показано, что в водоемах, где донная фауна достигает большого количественного развития, ее вклад в минерализацию донных отложений может сильно превосходить их минерализацию за счет бактерий (Голубков и др., 2020). Интенсивное загрязнение ОВ закономерным образом влияет на структуру и функционирование зообентоса, увеличивая биомассу и поток энергии через сообщества донных животных. При этом в донных сообществах резко возрастает роль малоцетинковых червей, снижается значение личинок амфибиотических насекомых, уменьшаются видовое богатство, биологическое разнообразие зообентоса и эффективность передачи энергии между трофическими уровнями первичных и вторичных консументов. Рассчитанные функциональные показатели свидетельствуют о том, что бентос, например, в устье р. Тома, ассимилирует до 44.7% ОВ в придонном слое воды (5 см над 1 м²) от количества органики во всем слое воды, что сопоставимо с данными (Алимов, 1989) по участию зоопланктона в самоочищении воды.

Таблица 19. Качество вод бассейна р. Колокша на основе гидробиологических показателей с использованием индекса разнообразия Шеннона, биотического индекса Вудивисса и коэффициента Пареле. **Table 19.** Water quality of the Koloksha River basin based on hydrobiological indicators using the Shannon diversity index, the Woodiwiss biotic index and the Parele coefficient.

Станции	Индекс Шеннона (Shannon), Hn, бит/экз.	Коэффициент Пареле D1*		Класс чистоты вод по биотическому индексу Вудивисса
		D1	качество воды**	
Исток р. Колокша	2.10	–	–	II
р. Колокша, выше г. Юрьев-Польский	2.86	0.42	слабо загрязненная	II-III
р. Гза, устье	2.79	0.44	слабо загрязненная	II
р. Колокша, ниже г. Юрьев-Польский	1.43	0.78	грязная	III-IV
р. Сега, устье	1.08	0.83	грязная	V
р. Кучка, устье	2.21	0.53	загрязненная	II-III
р. Тома, устье	2.16	0.61	загрязненная	III
р. Семига, устье	3.56	0.09	чистая	IV
р. Колокша, выше п. Ставрово	3.00	0.32	условно чистая	II
р. Колокша, ниже п. Ставрово	3.56	0.04	чистая	IV
р. Колочка, устье	2.99	0.33	условно чистая	III
р. Колокша, устье	0.77	0.88	грязная	III-IV

Примечание к таблице 19: *D1 – это О/В, где О – численность олигохет, В – суммарная численность бентоса; ** – классификация качества вод по биотическому индексу: I – очень чистые, II – чистые, III – умеренно загрязненные, IV – загрязненные, V – грязные, VI – очень грязные. **Note to Table 19:** *D1 – this is O/B, where O is the number of oligochaetes, and B is the total number of benthos; ** – classification of water quality by biotic index: I – very clean, II – clean, III – moderately polluted, IV – polluted, V – dirty, VI – very dirty.

Таблица 20. Коэффициенты для расчета интенсивности обмена таксономических групп бентоса.
Table 20. Coefficients for calculating the intensity of exchange of taxonomic groups of benthos.

Таксономическая группа	a	b	Источник данных
Олигохеты	0.105	0.750	Л.В. Камлюк (1974)
Поденки	0.235	0.785	С.М. Голубков (1984)
Веснянки	0.227	0.770	
Ручейники	0.263	0.818	
Моллюски брюхоногие	0.120	0.750	Г.Г. Винберг, Ю.С. Беляцкая (1958)
Моллюски двустворчатые	0.129	0.895	А.Ф. Алимов (1975)
Хирономиды	0.082	0.710	Е.В. Балущкина (1987)

Расчетные данные свидетельствуют о том, что в процессах самоочищения более активно участвуют донные сообщества умеренно загрязненных и загрязненных участков (створ р. Колокша выше г. Юрьев-Польский, ниже пос. Ставрово, устья рр. Кучка и Тома). Однако в устье реки (класс качества – III-IV) активность бентоса тормозится процессами эвтрофирования. Ассимиляция ОВ за сутки составила всего 0.04%.

Интенсивность усвоения организмами бентоса ОВ (при сопоставлении количества ассимилированного бентосом ОВ на прирост биомассы и дыхание с величинами легкоокисляемого ОВ БПК₅) за сутки составляет в р. Колокша от 1.8% в устье до 18.7% на участке выше г. Юрьев-Польский, что сопоставимо, например, с жизнедеятельностью бактерий в эвтрофных озерах (Драбкова, 1984). Тенденция на снижение удельной активности донных животных при увеличении общего и легко усвояемого количества ОВ, установленная нами в устьях рр. Колокша и Семига, ниже г. Юрьев-Польский, характерна для водоемов повышенного трофического статуса (Попов, 2020).

Известно, что в водоемах, близких по уровню трофии к мезотрофным и олиготрофным, ОВ, образованное в процессе фотосинтеза фитопланктоном и высшей растительностью, почти полностью усваивается бактериопланктоном, зоопланктоном, бентосом. В водоемах, сходных по количеству ОВ с эвтрофными водоемами, бактерии используют лишь 30-50% образованного ОВ (Драбкова, 1984).

Наиболее высока интенсивность усвоения сообществом бентоса в р. Колокша поступающего с притоками легкоокисляемого биохимически активного ОВ, которая составляет 18.7-28.5% (створы р. Кучка и выше г. Юрьев-Польский). Высокие показатели удельной активности донных животных характерны для численности организмов 3.5 тыс. экз./м² и БПК₅ = 1.19 мг О₂/л.

Минимальны показатели самоочищения реки в устьях рр. Семига и Колокша (0.04-1.15% от утилизации общего ОВ и 1.8% легкоокисляемого ОВ).

Таким образом, р. Колокша относится к типичным равнинным рекам, испытывающим влияние хозяйственного и рекреационного использования. Негативные последствия этого влияния выразились в антропогенном эвтрофировании водотока с ухудшением качества вод и трансформацией донных биоценозов. Видовой состав, структурное разнообразие, функциональные характеристики и экологическая роль массовых видов отражают состояние бентоценозов, испытывающих антропогенное воздействие.

Выводы

В составе донных биоценозов установлено 99 видов и таксонов донных животных. Доминирующими по числу видов (55 видов и таксонов) и численности (1624 экз./м²)

являются личинки хирономид. Средняя биомасса бентоса составляет 5.34 г/м².

Гидролого-гидрохимические особенности (низкая проточность реки, зарегулированность стока, накопление ОВ, привнос значительных количеств промышленно-бытовых стоков) оказывают существенное влияние на формирование бентофауны и ее распределение по водотокам бассейна реки.

От истока к устью реки происходит обеднение видового состава, снижение численности и биомассы, а следовательно, и продукционных возможностей зообентоса. Особенно сильно влияние загрязнения сказывается на участках реки после впадения притока р. Гза и в устье р. Колокша, вызывая нарушение стабильности функционирования донных сообществ. В этих участках реки способность к самоочищению при воздействии гидробионтов падает, скорость утилизации донными животными органического вещества существенно снижается, что приводит к его аккумуляции.

Под влиянием загрязнения происходит изменение структуры сообществ, доминирующими становятся олигохеты. Сопоставление количества ассимилированного донными животными органического вещества с величинами БПК₅ дало возможность определить интенсивность усвоения бентосом легкоокисляемого ОВ. Ежедневно донные животные усваивают до 18.7% в р. Колокша выше г. Юрьев-Польский и до 28.5% в устье р. Кучка биохимически активного ОВ, что сопоставимо с деятельностью зоопланктона в процессах самоочищения водоемов. Минимальные показатели самоочищения реки зафиксированы в устьях рр. Семига и Колокша (0.04-1.15% утилизации общего ОВ, 1.8% – легкоокисляемого ОВ).

Усвоение бентосом ОВ и его аккумуляция индуцируются процессом антропогенного эвтрофирования под воздействием загрязненных вод, поступающих с притоками.

Биоценозы бентоса могут рассматриваться как надежные показатели качества воды и играть существенную роль в процессах самоочищения вод, особенно если рассматривать их влияние на придонные слои воды.

Комплексная оценка качества вод показала, что влияние поступающих загрязнений наиболее значительно сказывается на гидробиологическом состоянии реки на участках ниже г. Юрьев-Польский, ниже пос. Ставрово, в устьях рр. Колокша, Сега и Семига.

С увеличением уровня трофности на отдельных участках реки значительно возрастает концентрация ОВ, определяемая по величине бихроматной окисляемости и по содержанию биохимически активных органических соединений, о которых можно косвенно судить по величине биохимического потребления кислорода. К таким участкам относятся р. Колокша ниже г. Юрьев-Польский и ее устье, устья рр. Гза и Семига, где удельная активность, интенсивность усвоения донными животными ОВ резко падает.

Донные животные, даже в отсутствие данных по другим звеньям трофической цепи водоема, играют существенную роль в процессах самоочищения вод и являются достаточно надежным показателем качества воды.

Финансирование. Работа выполнена сотрудниками лаборатории гидробиологии в рамках государственного задания Минобрнауки России для СамНЦ РАН по теме № FMRW-2025-0046 «Влияние изменений природно-климатических условий на состояние биоразнообразия и функционирование природных и антропогенно-измененных экосистем» и лаборатории исследования экосистем по теме № FMRW-2025-0047 «Комплексная оценка состояния биологических ресурсов и мониторинг природных экосистем Волжского бассейна».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Алимов А.Ф. 1975. Интенсивность 1. Alimov AF. Metabolic intensity in freshwater ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2026, том 10, № 1

- обмена у пресноводных двустворчатых моллюсков // Экология. № 1. С. 10-20.
2. Алимов А.Ф. 1989. Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометиздат. 150 с.
 3. Алимов А.Ф. 1991. Сезонные и многолетние изменения биомассы зообентоса континентальных водоемов // Гидробиологический журнал. Т. 27. № 4. С. 435-445.
 4. Алимов А.Ф. 2006. Морфометрия озер, количество видов и биомасса гидробионтов // Биология внутренних вод. № 1. С. 3-7.
 5. Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М. 2013. Продукционная гидробиология. СПб.: Наука. 342 с.
 6. Байдарочный поход по Колокше. День третий. Окончание. 2012 [Электронный ресурс natasha-fisher.livejournal.com/594718.html (дата обращения 20.12.2025)].
 7. Балушкина Е.В. 1987. Функциональное значение личинок хирономид в континентальных водоемах. Л.: Наука. 179 с.
 8. Балушкина Е.В. 2003. Структура сообществ донных животных и оценка экологического состояния р. Ижоры: влияние гидрофизических и гидрохимических параметров воды // Биология внутренних вод. № 1. С. 74-80.
 9. Биоиндикация экологического состояния равнинных рек. 2007 / Ред. О.В. Бухарин, Г.С. Розенберг. М.: Наука. С. 246-254.
 10. Богатов В.В. 1994. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 218 с.
 11. Винберг Г.Г., Беляцкая Ю.С. 1958. Зависимость интенсивности обмена от общих размеров тела у пресноводных брюхоногих bivalve mollusks [Intensivnost' obmena u presnovodnykh dvustvorchatykh mollyuskov]. Ecology. 1975;1:10-20.
 2. Alimov AF. Introduction to production hydrobiology [Vvedeniye v produktsionnyuyu gidrobiologiyu]. Leningrad: Gidrometizdat, 1989:150.
 3. Alimov AF. Seasonal and long-term changes in the biomass of zoobenthos in continental waters [Sezonnyye i mnogoletniye izmeneniya biomassy zoobentosa kontinental'nykh vodoyemov]. Hydrobiological Journal [Gidrobiologicheskii zhurnal]. 1991;27 (4):435-445.
 4. Alimov AF. Lake morphometry, number of species, and biomass of hydrobionts [Morfometriya ozer, kolichestvo vidov i biomassa gidrobiontov]. Biology of Inland Waters [Biologiya vnutrennikh vod]. 2006;1:3-7.
 5. Alimov AF, Bogatov VV, Golubkov SM. Production hydrobiology [Produktsionnaya gidrobiologiya]. Saint-Petersburg: Nauka, 2013:342.
 6. Kayak trip on the Koloksha River. Day three. Conclusion [Baydarochnyy pokhod po Kolokshe. Den' tretiy. Okonchaniye]. 2012, Available at natasha-fisher.livejournal.com/594718.html (Date of Access 20/12/2025).
 7. Balushkina EV. Functional significance of chironomid larvae in continental waters [Funktsional'noye znachenkiye lichinok khironomid v kontinental'nykh vodoyemakh]. Leningrad: Nauka, 1987:179.
 8. Balushkina EV. Structure of bottom animal communities and assessment of the ecological state of the Izhora River: The influence of hydrophysical and hydrochemical water parameters [Struktura soobshchestv donnykh zhyvotnykh i otsenka ekologicheskogo sostoyaniya r. Izhory: vliyaniye gidrofizicheskikh i gidrokhimicheskikh parametrov vody]. Biology of Inland Waters [Biologiya vnutrennikh vod]. 2003;1:74-80.
 9. Bioindication of the ecological state of lowland rivers [Bioindikatsiya ekologicheskogo sostoyaniya ravninnykh rek] / eds. O.V. Bukharin, G.S. Rosenberg. Moscow: Nauka, 2007:246-254.
 10. Bogatov VV. Ecology of river communities of the Russian Far East [Ekologiya rechnykh soobshchestv rossiyskogo Dal'nego Vostoka]. Vladivostok: Dal'nauka:218.
 11. Vinberg GG, Belyatskaya YuS. Relationship

- моллюсков // Бюллетень Института биологии АН БССР. Вып. 3. С. 273-276.
12. ГИС: Качество поверхностных вод Российской Федерации. 2026 [Электронный ресурс <https://gidrohim.com/node/61> (дата обращения 01.02.2026)].
 13. Голубая книга Самарской области: Редкие и охраняемые гидробиоценозы. 2007 / Ред. Г.С. Розенберг, С.В. Саксонов. Самара: Самарский научный центр РАН. 200 с.
 14. Голубков С.М. 1984. Соотношение скоростей роста и энергетического обмена у водных личинок насекомых // Труды ГосНИОРХ. Вып. 223. С. 103-107.
 15. Голубков С.М., Балушкина Е.В., Голубков М.С. 2020. Восстановление сообществ зообентоса и качества вод речной экосистемы после снижения уровня органического загрязнения // Сибирский экологический журнал. Т. 27. № 2. С. 184-196.
 16. Гриб И.В. 1993. О периодичности характеристик в экологической классификации качества поверхностных вод // Гидробиологический журнал. Т. 29. № 3. С. 38-43.
 17. Джонгман Р.Г.Г., Тер Браак С.Дж.Ф., Ван Тонгерен О.Ф.Р. 1999. Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов. М.: РАСХН. 306 с.
 18. Динамика биологического разнообразия и биоресурсов континентальных водоемов. 2012 / Ред. А.Ф. Алимов, С.М. Голубков. СПб.: Наука. 369 с.
 19. Дмитриев В.В., Амаро Медина Д.Р., Булатова А.А., Шабан М.С., Саганович А.С., Ваничев А.В., Ильев А.М., Крамчанина Ю.А. 2016. Региональные особенности влияния факторов среды на продуцирование between metabolic intensity and overall body size in freshwater gastropods [Zavisimost' intensivnosti obmena ot obshchikh razmerov tela u presnovodnykh bryukhonogikh mollyuskov]. *Bulletin of the Institute of Biology, Academy of Sciences of the Byelorussian SSR [Byulleten' Instituta biologii AN BSSR]*. 1958;3:273-276.
 12. GIS: surface water quality of the Russian Federation [*GIS: Kachestvo poverkhnostnykh vod Rossiyskoy Federatsii*]. 2026, Available at <https://gidrohim.com/node/61> (Date of Access 01/02/2026).
 13. The blue book of Samara Region: rare and protected hydrobiocenoses [*Golubaya kniga Samarskoy oblasti: Redkiye i okhranyayemyye gidrobiotsenozy*] / eds. G.S. Rosenberg, S.V. Saksanov. Samara: Samarskiy nauchnyy tsentr RAN, 2007:200.
 14. Golubkov SM. The relationship between growth rates and energy metabolism in aquatic insect larvae [*Sootnosheniye skorostey rosta i energeticheskogo obmena u vodnykh lichinok nasekomykh*] *Proc. of the State Research Institute of Lake and River Fisheries [Trudy GosNIORKH]*. 1984;223:103-107.
 15. Golubkov SM, Balushkina EV, Golubkov MS. Restoration of zoobenthos communities and water quality in a river ecosystem after a decrease in organic pollution [*Vosstanovleniye soobshchestv zoobentosa i kachestva vod rechnoy ekosistemy posle snizheniya urovnya organicheskogo zagryazneniya*]. *Siberian Ecological Journal [Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal]*. 2020;27 (2):184-196.
 16. Grib IV. On the periodicity of characteristics in the ecological classification of surface water quality [*O periodichnosti kharakteristik v ekologicheskoy klassifikatsii kachestva poverkhnostnykh vod*]. *Hydrobiological Journal [Gidrobiologicheskiy zhurnal]*. 1993;29 (3):38-43.
 17. Jongman RGG, Ter Braak SJF, Van Tongeren OFR. Data analysis in community and landscape ecology [*Analiz dannykh v ekologii soobshchestv i landshaftov*]. Moscow: RASKHN, 1999:306.
 18. Dynamics of biological diversity and bioresources of continental water bodies [*Dinamika biologicheskogo raznoobraziya i bioresursov kontinental'nykh vodoyemov*] / eds. A.F. Alimov, S.M. Golubkov. Saint-Petersburg: Nauka, 2012:369.
 19. Dmitriev VV, Amaro Medina DR, Bulatova AA, Shaban MS, Saganovich AS, Vanichev AV,

- органического вещества в водных экосистемах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 9-2. С. 205-209.
20. Драбкова В.Г. 1984. Микробиологические показатели интенсивности процессов самоочищения озерных вод // Самоочищение воды и миграция загрязнений по трофической цепи. М.: Наука. С. 55-60.
21. Драчев С.М. 1964. Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промышленными и бытовыми стоками. М.: Наука. 274 с.
22. Жукинский В.Н., Оксийук О.П., Олейник Г.Н., Кошелева С.И. 1981. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. Т. 12. № 2. С. 38-49.
23. Застрожнова О.И., Кротова-Путинцева А.Е., Лукьянова Н.В., Кириков В.П. и др. 2016. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист О-37 – Ярославль. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 408 с.
24. Зинченко Т.Д. 2002. Хирономиды поверхностных вод бассейна Средней и Нижней Волги (Самарская область). Эколого-фаунистический обзор. Самара: ИЭВБ РАН. 174 с.
25. Зинченко Т.Д. 2006. Результаты и перспективы биоиндикационных исследований водоемов и водотоков Волжского бассейна (на примере хирономид, Diptera, Chironomidae) // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 8. № 1. С. 248-262.
- Ilyev AM, Kramchanina YuA. Regional features of the influence of environmental factors on organic matter production in aquatic ecosystems [Regional'nyye osobennosti vliyaniya faktorov sredey na produstirovaniye organicheskogo veshchestva v vodnykh ekosistemakh]. *International Journal of Applied and Fundamental Research* [Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy]. 2016;9-2:205-209.
20. Drabkova VG. Microbiological indicators of the intensity of self-purification processes in lake waters [Mikrobiologicheskiye pokazateli intensivnosti protsessov samoochishcheniya ozernykh vod] *Self-purification of water and pollutant migration along the trophic chain* [Samoochishcheniye vody i migratsiya zagryazneniy po troficheskoy tsepi]. Moscow: Nauka, 1984:55-60.
21. Drachev SM. Combating pollution of rivers, lakes, and reservoirs with industrial and domestic wastewater [Bor'ba s zagryazneniyem rek, ozer i vodokhranilishch promyshlennymi i bytovymi stokami]. Moscow: Nauka, 1964:274.
22. Zhukinsky VN, Oksiyuk OP, Oleinik GN, Kosheleva SI. Principles and experience in constructing an ecological classification of the quality of surface waters on land [Printsipy i opyt postroyeniya ekologicheskoy klassifikatsii kachestva poverkhnostnykh vod sushi]. *Hydrobiological Journal* [Gidrobiologicheskiy zhurnal]. 1981;12 (2):38-49.
23. Zastrozhnova OI, Krotova-Putintseva AE, Lukyanova NV, Kirikov VP, et al. State Geological Map of the Russian Federation, Scale 1:1,000,000 (3rd generation) [Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii] *Central European series* [Seriya Tsentral'no-Yevropeyskaya] Sheet O-37 – Yaroslavl [List O-37 – Yaroslavl'] *Explanatory note* [Ob'yasnitel'naya zapiska]. Saint-Petersburg: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2016:408.
24. Zinchenko TD. Chironomids of surface waters of the Middle and Lower Volga basin (Samara Region) [Khironomidy poverkhnostnykh vod basseyna Sredney i Nizhney Volgi (Samsarskaya oblast')] *Ecological and faunistic review* [Ekologo-faunisticheskiy obzor]. Samara: IEVB RAS, 2002:174.
25. Zinchenko TD. Results and prospects of bioindication studies of reservoirs and watercourses of the Volga basin (using Chironomidae, Diptera, as

26. Зинченко Т.Д. 2011. Эколого-фаунистическая характеристика хирономид (Diptera, Chironomidae) малых рек бассейна средней и нижней Волги (Атлас). Тольятти: Кассандра. 258 с.
27. Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2000. Изменение состояния бентоса малых рек бассейна Средней Волги // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 2. № 2. С. 257-267.
28. Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2024. Оценка качества воды равнинной реки с использованием биотических индексов и метрик // Биоразнообразие и современное экологическое состояние малых рек Волжского бассейна (река Уса и ее притоки) / Ред. С.В. Краснов, Т.Д. Зинченко. Тольятти: ИЭВБ РАН, филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН. С. 142-144.
29. Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Арутюнова Л.Д., Качварян Е.А. 2013. Донные сообщества малых рек бассейна оз. Севан в оценке качества их вод (реки Масрик, Аргичи) // Известия Самарского научного центра РАН. № 3. С. 203-212.
30. Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Абросимова Э.В., Попченко Т.В., Шитиков В.К. 2018. Экологическая характеристика лотической системы на примере малых рек Волжского бассейна: методологические подходы исследований // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 20. № 5 (2). С. 167-179.
31. Зинченко Т.Д., Извекова Э.И., Семенов Ю.Б. 1986. Пищевое поведение личинок *Cricotopus bicinctus* Meig. и *Orthocladus oblidens* Walk. – хирономид-обработателей водопроводного канала // Поведение водных
- an example) [Rezultaty i perspektivy bioindikatsionnykh issledovaniy vodoyemov i vodotokov Volzhskogo basseyna (na primere khironomid, Diptera, Chironomidae)]. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences [Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN]*. 2006;8 (1):248-262.
26. Zinchenko TD. Ecological and faunistic characteristics of chironomids (Diptera, Chironomidae) of small rivers of the Middle and Lower Volga Basin (atlas) [*Ekologo-faunisticheskaya kharakteristika khironomid (Diptera, Chironomidae) malykh rek basseyna sredney i nizhney Volgi (Atlas)*]. Tolyatti: Kassandra, 2011:258.
27. Zinchenko TD, Golovatyuk LV. Changes in the benthos state of small rivers of the Middle Volga Basin [Izmeneniye sostoyaniya bentosa malykh rek basseyna Sredney Volgi]. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences [Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN]*. 2000;2 (2):257-267.
28. Zinchenko TD, Golovatyuk LV. Assessment of the water quality of a lowland river using biotic indices and metrics [*Otsenka kachestva vody ravninnoy reki s ispol'zovaniyem bioticheskikh indeksov i metrik*] *Biodiversity and current ecological state of small rivers of the Volga basin (the Usa River and its tributaries) [Bioraznoobraziye i sovremennoye ekologicheskoye sostoyaniye malykh rek Volzhskogo basseyna (reka Usa i yeye pritoki)]* / eds. S.V. Krasnov, T.D. Zinchenko. Togliatti: IEVB RAN, filial Samarskogo federal'nogo issledovatel'skogo tsentra RAN, 2024:142-144.
29. Zinchenko TD, Golovatyuk LV, Arutyunova LD, Kachvaryan EA. Bottom communities of small rivers of the Lake Sevan basin in assessing their water quality (the Masrik and Argichi rivers) [Donnyye soobshchestva malykh rek basseyna oz. Sevan v otsenke kachestva ikh vod (reki Masrik, Argichi)]. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences [Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN]*. 2013;3:203-212.
30. Zinchenko TD, Golovatyuk LV, Abrosimova EV, Popchenko TV, Shitikov VK. Ecological characteristics of the lotic system using the example of small rivers of the Volga basin: methodological approaches to research [*Ekologicheskaya kharakteristika loticheskoy sistemy na primere*

- беспозвоночных: Материалы IV Всесоюзного симпозиума, г. Борок, 1983 г. Андропов. С. 130-135.
32. Зинченко Т.Д., Извекова Э.И., Насыров Г.А., Николаев С.Г. 2004. Биологический анализ загрязнения рек Самарской области. Учебное пособие. Тольятти: Волжский университет им. В.Н. Татищева. 61 с.
33. Зинченко Т.Д., Моллер Пилот Х.К.М. 2005. Биоиндикация состояния рек Волжского бассейна на основе сбора экзувиев куколок хирономид (Diptera, Chironomidae) // Известия Самарского научного центра РАН. Спец. вып. 4: Актуальные проблемы экологии. С. 291-298.
34. Извекова Э.И. 1967. Некоторые материалы по питанию личинок *Cryptochironomus* gr. *defectus* Kieff и *Procladius* Scuze // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. Т. 72. № 2. С. 155-156.
35. Извекова Э.И. 1980. Экология хирономид. Питание // Бентос Учинского водохранилища. Труды Всесоюзного гидробиологического общества. Т. 23. С. 72-101.
36. Калинин Н.М., Сидорова А.И., Полякова Т.Н., Белкина Н.А., Березина Н.А., Литвинова И.А. 2016. Снижение численности глубоководного макрозообентоса Онежского озера в условиях многофакторного воздействия // Принципы экологии. № 2. С. 43-61.
37. Камлюк Л.В. 1974. Энергетический обмен у свободноживущих плоских и кольчатых червей и факторы, его определяющие // Журнал общей биологии. Т. 35. № 6. С. 874-885.
38. Карта четвертичных отложений: О-37-XXXIV. 1974 // Геологическая карта СССР. malykh rek Volzhskogo basseyna: metodologicheskiye podkhody issledovaniy]. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences [Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN]*. 2018;20 (2):167-179.
31. Zinchenko TD, Izvekova EI, Semenov YuB. Feeding behavior of the larvae of *Cricotopus bicinctus* Meig. and *Orthocladius oblidens* Walk. – chironomid foulers of a water supply canal [Pishchevoye povedeniye lichinok *Cricotopus bicinctus* Meig. i *Orthocladius oblidens* Walk. – khironomid-obrastateley vodoprovodnogo kanala] *Behavior of aquatic invertebrates [Povedeniye vodnykh bespozvonochnykh] Proc. of the IV All-Union Symposium, Borok, 1983 [Materialy IV Vsesoyuznogo simpoziuma]*. Andropov, 1986:130-135.
32. Zinchenko TD, Izvekova EI, Nasyrov GA, Nikolaev SG. Biological analysis of pollution of rivers in the Samara region [Biologicheskii analiz zagryazneniya rek Samarskoy oblasti] *A textbook [Uchebnoye posobiye]*. Togliatti: Volzhskiy universitet im. V.N.Tatishcheva, 2004:61.
33. Zinchenko TD, Moller Pilot НКМ. Bioindication of the state of the rivers of the Volga basin based on the collection of exuviae of chironomid pupae (Diptera, Chironomidae) [Bioindikatsiya sostoyaniya rek Volzhskogo basseyna na osnove sbora ekzuviyev kukolok khironomid (Diptera, Chironomidae)]. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences [Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN] Special Issue 4: Actual Problems of Ecology [Spets. vyp. 4: Aktual'nyye problemy ekologii]*. 2005:291-298.
34. Izvekova EI. Some data on the nutrition of the larvae of *Cryptochironomus* gr. *defectus* Kieff and *Procladius* Scuze [Nekotoryye materialy po pitaniyu lichinok *Cryptochironomus* gr. *defectus* Kieff i *Procladius* Scuze]. *Bulletin of the Moscow Society of Naturalists [Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody] Biological Department [Otdel biologicheskii]*. 1967;72 (2):155-156.
35. Izvekova EI. Ecology of chironomids. Nutrition [Ekologiya khironomid. Pitaniye] Benthos of the Ucha Reservoir [Bentos Uchinskogo vodokhranilishcha]. *Proc. of the All-Union Hydrobiological Society [Trudy Vsesoyuznogo*

- Геологическая карта и карта полезных ископаемых четвертичных образований. Московская серия. Масштаб: 1 : 200 000 / Сост. Геологическое управление Центральных районов. Ред. Е.М. Шик. 1 л.
39. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник (2016). 2017. Ростов-на-Дону: Госгидромет; Гидрохимический институт. 555 с.
40. Лямперт Н.А., Ничипорова И.П., Лобченко Е.Е., Первышева О.А. 2022. Современное состояние и динамика качества воды р. Клязьма // Успехи современного естествознания. № 3. С. 104-110.
41. Любовь безусловная. 2026 [Электронный ресурс lubovbezusl.ru/photo/sobinka/15-8 (дата обращения 20.12.2025)].
42. Малые реки Волжского бассейна. 1998 / Ред. Н.И. Алексеевский. М.: Московский университет. 234 с.
43. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. 1975. М.: Наука. 240 с.
44. Методические рекомендации по обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. 1984 / Ред. Г.Г. Винберг, Г.М. Лаврентьева. Л.: Зоологический институт АН СССР. 52 с.
45. Монаков А.В. 1998. Питание пресноводных беспозвоночных. М.: ИПЭЭ РАН. 322 с.
46. Палий В.Ф. 1961. О количественных показателях при обработке фаунистических материалов // Зоологический журнал. Т. 60. № 1. С. 3-12.
47. Перова С.Н. 2017. Изменения структуры и обилия макрозообентоса Волжского плеса Рыбинского водохранилища в *gidrobiologicheskogo obshchestva*. 1980;23:72-101.
36. Kalinkina NM, Sidorova AI, Polyakova TN, Belkina NA, Berezina NA, Litvinova IA. Decline in the abundance of deep-water macrozoobenthos of Lake Onega under conditions of multifactorial impact [Snizheniye chislennosti glubokovodnogo makrozoobentosa Onezhskogo ozera v usloviyakh mnogofaktornogo vozdeystviya]. *Principles of Ecology [Printsiipy ekologii]*. 2016;2:43-61.
37. Kamlyuk LV. Energy metabolism in free-living flatworms and annelids and the factors determining it [Energeticheskiy obmen u svobodnozhivushchikh ploskikh i kol'chatykh chervey i faktory, yego opredelyayushchiye]. *Journal of General Biology [Zhurnal obshchey biologii]*. 1974;35 (6):874-885.
38. Map of Quaternary deposits: O-37-XXXIV, Scale: 1:200,000 [Karta chetvertichnykh otlozheniy: O-37-XXXIV] *Geological map of the USSR [Geologicheskaya karta SSSR] Geological map and map of useful fossils of Quaternary formations [Geologicheskaya karta i karta poleznykh iskopayemykh chetvertichnykh obrazovaniy] Moscow series [Moskovskaya seriya] / ed. Ye.M. Shik. 1974:1.*
39. Quality of surface waters of the Russian Federation [Kachestvo poverkhnostnykh vod Rossiyskoy Federatsii] *A yearbook (2016) [Yezhegodnik (2016)]*. Rostov-on-Don: Gosgidromet; Hidrokhimicheskiy institut, 2017:555.
40. Lyampert NA, Nichiporova IP, Lobchenko EE, Pervysheva OA. Current state and dynamics of water quality in the Klyazma River [Sovremennoye sostoyaniye i dinamika kachestva vody r. Klyaz'ma]. *Advances in Modern Natural Science [Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya]*. 2022;3:104-110.
41. Ultimate love [Lyubov' bezuslovnaya]. 2026, Available at lubovbezusl.ru/photo/sobinka/15-8 (Date of Access 20/12/2025).
42. Small rivers of the Volga Basin [Malyye reki Volzhskogo basseyna] / ed. N.I. Alekseevsky. Moscow: Moskovskiy universitet, 1998:234.
43. Methodology for studying biogeocenoses of inland water bodies [Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoyemov]. Moscow: Nauka, 1975:240.
44. Methodological recommendations for processing materials in hydrobiological studies on freshwater bodies [Metodicheskiye rekomendatsii po obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh

- период потепления // Биоиндикация и мониторинг пресноводных экосистем III: Материалы международной конференции / Ред. В.А. Румянцев, И.С. Трифонова. СПб.: Свое издательство. С. 248-251.
48. Полякова Т.Н. 2015. Макрозообентос // Крупнейшие озера-водохранилища Северо-Запада европейской территории России: современное состояние и изменения экосистем при климатических и антропогенных воздействиях / Ред. Н.Н. Филатов, Н.М. Калинкина, Т.П. Куликова, А.В. Литвиненко, П.А. Лозовик. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 127-133.
49. Попов А.Н. 2020. Допустимый привнос биогенных элементов в водоемы с замедленным и умеренным водообменом // Водное хозяйство России. № 4. С. 68-87.
50. РД 52.24.643-2002. 2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям [Электронный ресурс <https://meganorm.ru/Data2/1/4293831/4293831806.htm> (дата обращения 20.12.2025)].
51. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. 1983 / Ред. В.А. Абакумов. Л.: Гидрометеиздат. 239 с.
52. Скопинцев В.А. 1950. Органическое вещество в природных водах // Труды Государственного океанографического института. Вып. 17 (29). С. 36-42.
53. Тунова Т.М. 2006. Трофическая структура сообществ беспозвоночных в экосистемах лососевых река юга Дальнего Востока // Экология. № 6. С. 457-466.
- na presnovodnykh vodoyemakh]. *Zoobenthos and its products [Zoobentos i yego produktsiya]* / eds. G.G. Vinberg, G.M. Lavrentyeva. Leningrad: Zoologicheskii institut AN SSSR, 1984:52.
45. Monakov AV. Nutrition of freshwater invertebrates [Pitaniye presnovodnykh bespozvonochnykh]. Moscow: IPEE RAN, 1998:322.
46. Paliy VF. On quantitative indicators in the processing of faunistic materials [O kolichestvennykh pokazatelyakh pri obrabotke faunisticheskikh materialov]. *Zoological Journal [Zoologicheskii zhurnal]*. 1961;60 (1):3-12.
47. Perova SN. Changes in the structure and abundance of macrozoobenthos of the Volga reach of the Rybinsk Reservoir during the warming period [Izmeneniya struktury i obiliya makrozoobentosa Volzhskogo plesa Rybinskogo vodokhranilishcha v period potepleniya] *Bioindication and monitoring of freshwater ecosystems III [Bioindikatsiya i monitoring presnovodnykh ekosistem III]* Proc. of the international conference [Materialy mezhdunarodnoy konferentsii] / eds. V.A. Rumyantsev, I.S. Trifonova. Saint-Petersburg: Svoye izdatel'stvo, 2017;248-251.
48. Polyakova TN. Macrozoobenthos [Makrozoobentos] *The largest lakes-reservoirs of the North-West of European Russia: current state and changes in ecosystems under climatic and anthropogenic impacts [Krupneyshiy ozera-vodokhranilishcha Severo-Zapada yevropeyskoy territorii Rossii: sovremennoye sostoyaniye i izmeneniya ekosistem pri klimaticheskikh i antropogennykh vozdeystviyakh]* / eds. N.N. Filatov, N.M. Kalinkina, T.P. Kulikova, A.V. Litvinenko, P.A. Lozovik. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN, 2015:127-133.
49. Popov AN. Permissible input of biogenic elements into reservoirs with slow and moderate water exchange [Dopustimyy privnos biogennykh elementov v vodoyemy s zamedlennym i umerennym vodoobmenom]. *Water Management of Russia [Vodnoye khozyaystvo Rossii]*. 2020;4:68-87.
50. Guidelines document 52.24.643-2002 [RD 52.24.643-2002] *Method for comprehensive assessment of surface water pollution degree based on hydrochemical indicators [Metod kompleksnoy otsenki stepeni zagryaznennosti poverkhnostnykh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam]*. 2002, Available at

- 463.
54. Тиунова Т.М., Тесленко В.А., Яворская Н.М., Макаrenchенко М.А., Шестеркин В.П. 2016. Макрозообентос водотоков нижнего течения реки Бурея в зоне строительства Нижнебурейского гидроузла (Амурская область) // Жизнь пресных вод. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 197-220.
55. Умнов А.А., Алимов А.Ф. 1979. Соотношение продукции с общим потоком энергии через популяцию // Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука. С. 133-139.
56. Цветков С. 2018. Юрьев-Польский. Отражаясь в Колокше [Электронный ресурс photobook33.ru/yurev-polskij/yurev-polskij-otrazhayas-v-kolokshe.html (дата обращения 20.12.2025)].
57. Шилова А.И. 1976. Хируномиды Рыбинского водохранилища. Л.: Наука. 251 с.
58. Шитиков В.К., Зинченко Т.Д. 2018. Многомерный статистический анализ экосистем на примере донных сообществ малой равнинной реки. Обзор // Астраханский вестник экологического образования. № 6 (48). С. 110-126.
59. Шитиков В.К., Зинченко Т.Д. 2019. Многомерный статистический анализ экологических сообществ (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. № 1. С. 5-11.
60. Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2021. Модели совместного распределения видов на примере донных сообществ малых рек Волжского бассейна // Журнал общей биологии. Т. 82. № 2. С. 143-154.
61. Щелоков О. 2026. Фотографии [Электронный ресурс a33.ru/pic/ff/nature/river.html (дата обращения 20.12.2025)].
51. Guide to methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments [*Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozheniy*] / ed. V.A. Abakumov. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983:239.
52. Skopintsev VA. Organic matter in natural waters [Organicheskoye veshchestvo v prirodnykh vodakh]. *Proc. of the State Oceanographic Institute [Trudy Gosudarstvennogo okeanograficheskogo instituta]*. 1950;17 (29):36-42.
53. Tiunova TM. Trophic structure of invertebrate communities in salmon river ecosystems of the southern Far East [Troficheskaya struktura soobshchestv bespozvonochnykh v ekosistemakh lososevykh reka yuga Dal'nego Vostoka]. *Ecology*. 2006; 6: 457-463.
54. Tiunova TM, Teslenko VA, Yavorskaya NM, Makarchenko MA, Shesterkin VP. Macrozoobenthos of watercourses of the lower reaches of the Bureya River in the construction zone of the Nizhnebureya hydroelectric complex (Amur Region) [*Makrozoobentos vodotokov nizhnego techeniya reki Bureya v zone stroitel'stva Nizhnebureyskogo gidrouzla (Amurskaya oblast')*] *Life of fresh waters [Zhizn' presnykh vod]*. Vladivostok: Dal'nauka, 2016;2:197-220.
55. Umnov AA, Alimov AF. The ratio of production to the total energy flow through the population [*Sootnosheniye produktsii s obshchim potokom energii cherez populyatsiyu*] *General principles of studying aquatic ecosystems [Obshchiye osnovy izucheniya vodnykh ekosistem]*. Leningrad: Nauka, 1979:133-139.
56. Tsvetkov S. Yuryev-Polsky. Reflected in Koloksha [Yur'yev-Pol'skiy. Otrazhayas' v Kolokshe]. 2018, Available at photobook33.ru/yurev-polskij/yurev-polskij-otrazhayas-v-kolokshe.html (Date of Access 20/12/2025).
57. Shilova AI. Chironomids of the Rybinsk Reservoir [*Khironomidy Rybinskogo vodokhranilishcha*]. Leningrad: Nauka, 1976:251.
58. Shitikov VK, Zinchenko TD. Multivariate statistical analysis of ecosystems: A case study of bottom communities of a small lowland river [Mnogomernyy statisticheskiy analiz ekosistem na primere donnykh soobshchestv maloy ravninnoy reki] A review

62. Экологическое состояние бассейна реки Чапаевка в условиях антропогенного воздействия (Биологическая индикация). 1996 // Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. Вып. 3 / Ред. Т.Д. Зинченко, Г.С. Розенберг. Тольятти: ИЭВБ РАН. 342 с.
63. Яворская Н.М. 2020. Зообентос водотоков и водоемов заповедника «Болоньский» (Россия) // Заповедная наука. Т. 5. № 2. С. 64-79.
64. Яндекс.Карты. 2026 [Электронный ресурс yandex.ru/maps/org/kolodets/111526520359 (дата обращения 20.12.2025)].
65. Fisher S.G. 1983. Succession in Streams // Stream Ecology: Application and Testing of General Ecological Theory / Eds. J.R. Barnes, G.W. Minshall. New York: Plenum Press. P. 7-27.
66. FotoKto. 2014 [Электронный ресурс fotokto.ru/photo/view/2287322.html (дата обращения 20.12.2025)].
67. Jones J.B., Smock L.A. 1991. Transport and Retention of Particulate Organic Mater in Two Low-gradient Headwater Streams // Journal of the North American Benthological Society. No. 10. P. 115-126.
68. Kownacki A. 1971. Taxocens of Chironomidae in Streams of the Polish High Tatra Mts. // Acta Hydrobiologica. Vol. 13. No. 2. P. 439-464.
69. Perry J.A., Schaeffer D.J. 1987. The Longitudinal Distributions of or Riverine Benthos: a River Discontinuum? // Hydrobiologia. Vol. 148. P. 257-268.
70. Shannon C.E., Weaver W. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press. 117 p.
- [Obzor]. *Astrakhan Bulletin of Environmental Education [Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya]*. 2018;6 (48):110-126.
59. Shitikov VK, Zinchenko TD. Multivariate statistical analysis of ecological communities (review) [Mnogomernyy statisticheskiy analiz ekologicheskikh soobshchestv (obzor)]. *Theoretical and Applied Ecology [Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya]*. 2019;1:5-11.
60. Shitikov VK, Zinchenko TD, Golovatyuk LV. Models of joint species distribution: a case study of bottom communities of small rivers of the Volga Basin [Modeli sovmestnogo raspredeleniya vidov na primere donnykh soobshchestv malykh rek Volzhskogo basseyna]. *Journal of General Biology [Zhurnal obshchey biologii]*. 2021;82 (2):143-154.
61. Shchelokov O. Photographs [Fotografii]. 2026, Available at a33.ru/pic/ff/nature/river.html (Date of Access 20/12/2025).
62. Ecological state of the Chapayevka River basin under anthropogenic impact (biological indication) [Ekologicheskoye sostoyaniye basseyna reki Chapayevka v usloviyakh antropogennogo vozdeystviya (Biologicheskaya indikatsiya)] *Environmental safety and sustainable development of the Samara region [Ekologicheskaya bezopasnost' i ustoychivoye razvitiye Samarskoy oblasti]* / eds. T.D. Zinchenko, G.S. Rosenberg. Togliatti: IEVB RAN, 1996;3:342.
63. Yavorskaya NM. Zoobenthos of watercourses and reservoirs of the Bolonsky Nature Reserve (Russia) [Zoobentos vodotokov i vodoyemov zapovednika "Bolon'skiy" (Rossiya)]. *Reserve Science [Zapovednaya nauka]*. 2020;5 (2):64-79.
64. Yandex.Maps. 2026, Available at yandex.ru/maps/org/kolodets/111526520359 Date of Access 20/12/2025).
65. Fisher SG. Succession in Streams. Stream Ecology: Application and Testing of General Ecological Theory / eds. J.R. Barnes, G.W. Minshall. New York: Plenum Press, 1983:7-27.
66. FotoKto. 2014, Available at fotokto.ru/photo/view/2287322.html (Date of Access 20/12/2025).
67. Jones JB, Smock LA. Transport and Retention of Particulate Organic Mater in Two Low-gradient Headwater Streams. *Journal of the North American Benthological Society*. 1991;10:115-126.
68. Kownacki A. Taxocens of Chironomidae in

71. Turizmvnn. 2024 [Электронный ресурс www.turizmvnn.ru/cont/show/5811650 (дата обращения 20.12.2025)].
72. Underwood G., Provot L. 2000. Determining the Environmental Preferences of Four Estuarine Epipellic Diatom Taxa: Growth across a Range of Salinity, Nitrate and Ammonium Conditions // *European Journal of Phycology*. Vol. 35. No. 2. P. 173-182.
73. Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing C.E. 1980. The River Continuum Concept // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 37. P. 130-137.
74. Wikimedia Commons. 2026 [Электронный ресурс https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Река_Колокша_-_panoramio.jpg?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera (дата обращения 01.02.2016)].
75. Woodiwiss F. 1964. The Biological System of Stream Classification Used by the Trent River Board // *Chemistry and Industry*. Vol. 11. P. 443-447.
76. YouTube. 2026 [Электронный ресурс www.youtube.com/watch?v=8QA4AOZPcjQ (дата обращения 20.12.2025)].
- Streams of the Polish High Tatra Mts. *Acta Hydrobiologica*. 1971;13 (2):439-464.
69. Perry JA, Schaeffer DJ. The Longitudinal Distributions of or Riverine Benthos: a River Discontinuum? *Hydrobiologia*. 1987;148:257-268.
70. Shannon CE, Weaver W. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press, 1949:117.
71. Turizmvnn. 2024, Available at www.turizmvnn.ru/cont/show/5811650 (Date of Access 20/12/2025).
72. Underwood G, Provot L. Determining the Environmental Preferences of Four Estuarine Epipellic Diatom Taxa: Growth across a Range of Salinity, Nitrate and Ammonium Conditions. *European Journal of Phycology*. 2000;35 (2):173-182.
73. Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1980;37:130-137.
74. Wikimedia Commons. 2026, Available at https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Река_Колокша_-_panoramio.jpg?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera (Date of Access 01/02/2016).
75. Woodiwiss F. The Biological System of Stream Classification Used by the Trent River Board. *Chemistry and Industry*. 1964;11:443-447.
76. YouTube. 2026, Available at www.youtube.com/watch?v=8QA4AOZPcjQ (Date of Access 20/12/2025).

UDC 574.587(470.314)

**ANALYSIS OF BOTTOM COMMUNITIES OF SMALL PLAIN RIVERS
BY THEIR STRUCTURAL AND FUNCTIONAL INDICATORS
(ON THE EXAMPLE OF THE KOLOKSHA RIVER, VLADIMIR REGION)**

© 2026. T.D. Zinchenko, V.P. Morov

*Institute of the Volga Basin Ecology of the Samara Federal Research Center
of the Russian Academy of Sciences,
10 Komzina Str., Togliatti, 445003, Samara Region, Russia
E-mail: zinchenko.tdz@yandex.ru, moroff@mail.ru*

Received February 18, 2026. Revised February 25, 2026. Accepted March 01, 2026.

In this article, we present the study results of diversity, structural, and functional characteristics of benthic communities from sections of the small lowland river – Koloksha, a tributary of the Klyazma River in the Upper Volga basin. We examined patterns of spatial and structural variability in those communities using a wide range of aquatic organisms that served as indicators of the ecological state of the river.

Based on research conducted in 1993 and 2013, we analyzed changes in the species richness and functional characteristics of macrozoobenthos communities in the Koloksha River and its tributaries. Using data on changes in the abundance and biomass of key taxonomic groups, as well as various methodological approaches, we examined the dynamics of hydrobiological indicators, taking into account their nonstationarity and the existence of consistent trends depending on influencing factors.

From the compiled set of abiotic environmental factors, we selected significant parameters that determined the complex longitudinal gradient (oxygen saturation, flow velocity, and phosphorus content), and then determined the ecological status of the river.

Keywords: macrozoobenthos communities, taxonomic diversity, abiotic factors, functional features, Koloksha River, Klyazma River basin.

DOI: 10.24412/2542-2006-2026-1-38-92

EDN: NXKQTS