

УДК 574.52(282.247.431.2)

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА В УСЛОВИЯХ ПОСТОЯННО ВЫСОКОГО ГРАДИЕНТА МИНЕРАЛИЗАЦИИ (РЕКА ЧЕРНАВКА, ПРИЭЛЬТОНЬЕ, РОССИЯ)

© 2025 Т.Д. Зинченко, Л.В. Головатюк, В.П. Морев

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия

Статья поступила в редакцию 14.10.2025

Обсуждаются результаты анализа данных многолетних исследований сообществ макрозообентоса при изучении полигалинной реки Чернавка, притока гипергалинного озера Эльтон (49°13' с.ш., 46°40' в.д.; Волгоградская область). Получены данные видового состава и количественного развития сообществ макрозообентоса. Установлено 23 вида и таксона бентоса: 9 – Diptera, 7 – Coleoptera, 4 – Heteroptera, 3 – Oligochaeta. Структура донных сообществ зависит от физико-химических характеристик биотопов, уровня минерализации воды и определяется показателями трофического статуса реки. Показана каноническая ординация (ССА) гидробиологических, гидрохимических и гидрологических данных. Выделяются факторы среды (общая минерализация, ионный состав, концентрация кислорода, температура, степень зарастаемости), обуславливающие структуру донных сообществ. Сообщества макрозообентоса р. Чернавка представлены преимущественным развитием галофильных личинок двукрылых (Chironomidae, Diptera) *Cricotopus salinophilus* (Zinchenko, Makarchenko et Makarchenko, 2009), *Chironomus salinarius* (Kieffer, 1915) и галобионтных Ceratopogonidae *Palpomyia schmidtii* Goetghebuer, 1934. Численность массовых видов двукрылых как доминирующей группы в составе донных сообществ тесно связана с градиентом уровня минерализации в условиях высокого трофического статуса реки, определяющих формирование донных сообществ. Дан анализ многолетнего распределения численности и биомассы галофильных видов. **Ключевые слова:** соленая река, макрозообентос, хирономиды, многолетняя динамика, абиотические факторы, Приэльтонье (Волгоградская область, Россия).

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-4(2)-334-348

EDN: QKNJTM

Работа выполнена в рамках государственного задания «Влияние изменений природно-климатических условий на состояние биоразнообразия и функционирование природных и антропогенно-измененных экосистем. (Регистрационный номер 1024032600218-3-1.6.20) и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 17-04-00135.

ВВЕДЕНИЕ

Соленые реки – уникальные местообитания для водных животных, адаптированных к экстремальным и быстро меняющимся условиям окружающей среды [36, 39, 38, 42].

Гипергалинное оз. Эльтон, куда впадают семь высокоминерализованных водотоков с разным градиентом минерализации, относится к наиболее ценным природным комплексам Прикаспийского бессточного бассейна (Природный парк «Эльтонский»). Эльтон, помимо самосадочных солевых отложений, отличается наличием лечебных грязей (пелоидов), которые залегают вблизи устьев рек Хара, Ланцуг, Чернавка, Большая Саморода [16]. Лечебные грязи по своим свойствам являются иловыми высокосульфидными соленасыщенными, характеризуются очень высоким содержанием сульфидов железа и водорастворимых солей, в т.ч. брома и бора; запасы грязей оцениваются в 600 тыс. м³ [17, 26]. Густота речной сети для всего бассейна оз. Эльтон составляет 0,07 км/км². Для рек с минимальными размерами водосборов (рр. Солянка, Чернавка) густота речной сети существенно превышает зональные значения – 0,69 и 0,27 км/км² соответственно [22].

Гидролого-гидрографические и химические показатели рек в основном определяются геологическим строением водосборного бассейна с преобладанием соленосных и карбонатных отложений, которые, наряду с другими факторами (климат, рельеф и др.) при ярко выраженных сезонных колебаниях уровня воды в реках, обуславливают уровень минерализации рек [12]. Река Чернавка со-

Зинченко Татьяна Дмитриевна, доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии. E-mail: zinchenko.tdz@yandex.ru

Головатюк Лариса Владимировна, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии. E-mail: gollarisa@mail.ru

Морев Владимир Павлович, младший научный сотрудник лаборатории исследования экосистем. E-mail: moroff@mail.ru

вместно с рр. Хара и Ланцуг на северо-западе оз. Эльтон создают общую дельтовую зону площадью 2,55 км², формирующую биоразнообразие экосистемы Приэльтона, где беспозвоночные донных сообществ, обитающие в реках бассейна оз. Эльтон, служат кормом для аборигенных и перелетных водоплавающих птиц, образующих большие скопления в устьевых участках соленых рек [1, 23]. Их состав в соленых реках эволюционно адаптирован к воздействию экстремальных условий. Градиент абиотических факторов в значительной мере определяет динамику разнообразия, численности, биомассы, продукции планктонных и донных сообществ.

В результате многолетних исследований 7 высокоминерализованных рек бассейна гипергалинного озера Эльтон было установлено 93 вида и таксона в составе сообществ макрозообентоса, из которых преобладают насекомые – 68 видов и таксонов. Личинки двукрылых представлены 43 таксонами, из которых 25 составляют виды сем. Chironomidae [12].

Особый интерес представляет оценка структуры сообществ макрозообентоса, сезонной и многолетней динамики численности и биомассы макрозообентоса в полигалинной реке Чернавка с минерализацией иловой воды 170‰ [14], где основным кормом для аборигенных и перелетных водоплавающих птиц, являются личинки хирономид.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Приэльтонье находится на левобережье Волги в южном Заволжье, относится к бассейну Каспийского моря. Чаша оз. Эльтон представляет компенсационную мульду (впадину) между соляными куполами. Две основные дренирующие зоны озера расположены к северо-западу от него, включают бассейны рек Солянка, Ланцуг, Хара и Чернавка, и к юго-востоку, где протекают реки Большая Саморода, Малая Сморогда и Карантинка. Карта-схема района исследований высокоминерализованных рек Приэльтонья представлена на рис. 1. Водные массы реки регулируются как подземными, так и дождевыми водами.

Длина полигалинной р. Чернавка – 2,95 км, уклон реки – 5,06‰. Верхнее течение реки Чернавка представляет собой родник выхода подземных вод; среднее течение, с уклоном 4,03‰, характеризуется скоростью течения 0,1-0,24 м/с, минерализацией до 30,4 г/л (табл. 1). В устьевой зоне смешения вод реки и озера уклоны близки к нулю, а комплекс гидролого-гидрохимических процессов формируется в результате взаимодействия речных вод и озерных. Некоторые гидролого-географические характеристики реки Чернавка и физико-химические параметры (min-max) на участках среднего и нижнего течения показаны в табл.1.

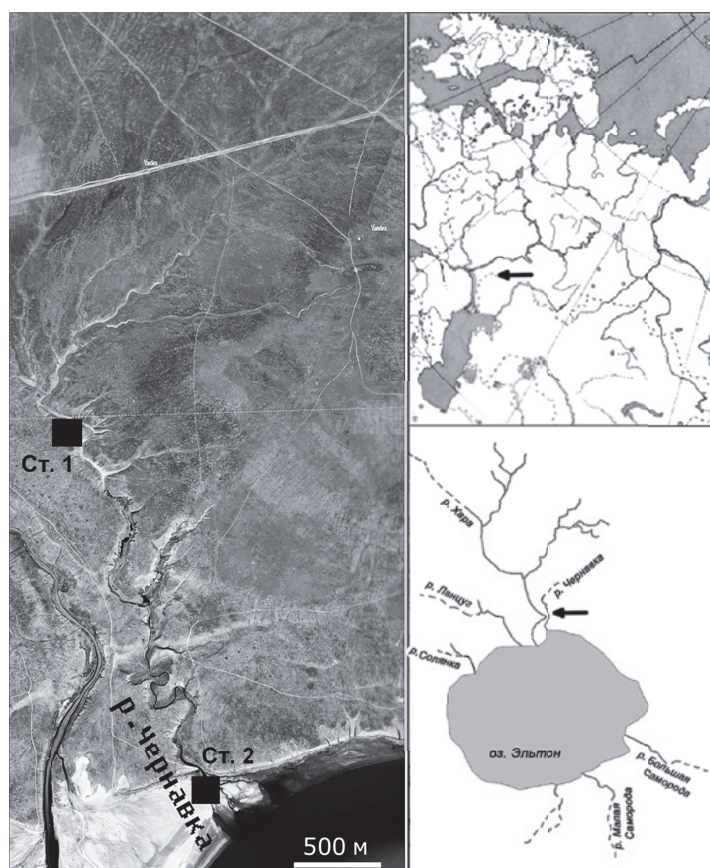


Рис. 1. Карта-схема района исследований (на основе [46]). Обозначены станции отбора проб

Таблица 1. Гидролого-географические характеристики р. Чернавка

Показатель	Параметры
Географические координаты	49°12' с.ш.; 46°40' в.д.
Высота истока, м н.у.м. БС	–5
Уклон, ‰ (м/км)	4,03
Длина, км	2,95
Ширина, м	1,0-8,0
Площадь водосбора, км ²	13,6
Расход воды в мае (устье), м ³ /с	0,06-0,36
Глубина, м	0,15-0,8

Минерализация воды на всем протяжении реки составляет 21,6-35,1 г/л, увеличиваясь до 100 г/л в устьевой зоне в период нагона соленых вод из гипергалинного озера Эльтон. По соотношению главных ионов на основе данных о химическом составе речных вод отмечается, что преобладающими анионами в воде рек Чернавка являются ионы хлора. По уровню минерализации река находится в диапазоне полигалинных вод, по соотношению главных ионов относится преимущественно к хлоридному классу, натриево-калиевой группе (табл. 2). Отличается высоким содержанием фосфора и минерального азота, а также высоким биогенным потенциалом [43, 30].

Таблица 2. Некоторые физико-химические параметры (min–max) на участках среднего и нижнего течения р. Чернавка (май–август 2006-2019 гг.)

Компонент	Участок реки	
	Среднее течение	Нижнее течение
Температура, °C	16,6-29,0	26,0-30,5
Скорость течения, м/с	0,09-0,24	0,05-0,1
pH	6,54-8,3	7,7-8,7
O ₂ , мг/л	4,8-9,2	7,0-12,3
Общая минерализация, г/л	21,6-30,4	28,4-35,1
Cl ⁻ , г/л	16,12-18,44	16,33-20,95
Na ⁺ +K ⁺ , г/л	7,99-10,51	8,46-10,85
Ca ²⁺ , г/л	1,02-1,60	0,87-1,08
Mg ²⁺ , г/л	0,40-0,61	0,79-1,07
SO ₄ ²⁻ , г/л	0,40-0,80	0,58-1,04
HCO ₃ ⁻ , г/л	0,37-0,42	0,08-0,26

Примечание. Аналитическая обработка гидрохимических образцов воды произведена аккредитованной гидрохимической лабораторией ООО «Центр мониторинга водной и геологической среды» г. Самара

Значение водородного показателя в период исследований на участках реки изменяется в течение вегетационного сезона от 7,54 до 8,7; преобладают значения pH, которые характеризуют нейтральные и слабощелочные воды (табл. 2). Содержание фосфатного фосфора (>0,200 мг/дм³) достигает величин, характерных для вод эвтрофного типа (табл. 3). Концентрации загрязняющих веществ находятся в пределах нормативных показателей, за исключением локального превышения концентрации нефтепродуктов (НПР) и марганца.

Прибрежная полоса реки характеризуется развитием зеленых водорослей *Enteromorpha intestinalis* (Linnaeus) Nees, 1820 и развитием на субстрате цианобактериальных сообществ (ЦБС). Русло реки Чернавка покрыто нитчатыми формами рода *Enteromorpha* (40-80 см длины) и другими зелеными водорослями (30-40% покрытие). При обследовании биотопов различных участков реки зафиксировано активное развитие ЦБС (80% и 50% покрытия соответственно). Субстрат устьевого участка р. Чернавка представлен песчанистыми илами (толщина 3 см) и биотопами черных илов с покрытиями ЦБС (табл. 4, 5).

Среднемноголетнее содержание хлорофилла «а» в слое донных отложений значительно, составляет 188-504 мкг/г с.о.; в воде среднего и нижнего участков реки в августе – 41,3±21,5 мг/м³, а в устьевом участке в разные годы – 62,0-221,0 мг/м³, что соответствуют уровню гипертрофных водоемов [19].

Отбор гидробиологических проб производился в основном в 2008-2019 гг., за исключением 2015 и 2016 гг., когда количественные сборы бентоса не проводились. Сравнение многолетних данных выполнено по результатам отбора образцов субстрата в августе, когда зрелые личинки массовых в

Таблица 3. Содержание биогенных и органических веществ в воде р. Чернавка (весна, лето 2006-2019 гг.)

Компонент	Участок реки	
	Среднее течение	Нижнее течение
P _{общ.} , мг P/л	0,053-0,09	0,14-0,250
P-PO ₄ ⁻ , мг P/л	0,001-1,95	0,168-0,92
N-NO ₂ , мг N/л	0,010	0,156
N-NO ₃ ⁻ , мг/л	0,07-0,14	0,07-2,38
N-NH ₄ ⁺ , мг/л	1,76-30,80	3,8-45,92
Mn, мг/л	0,72	0,70
Fe _{общ.} , мг/л	0,24	0,28
Нефтепродукты	0,025	0,031

Таблица 4. Состав грунтов на станциях среднего и нижнего течения р. Чернавка

Участок реки, станция	Колонка грунта (горизонт)	Описание грунта
Среднее течение	0-2 мм	Наилот коричневого цвета
	2 мм–15см	Ил песчаный черного цвета, с запахом сероводорода
Нижнее течение – устьевой участок	0-28 см	Ил пелитовый однородный, черного цвета
Нижнее течение, устье реки в месте смешения с водами озера	0-17 см	Песок мелкозернистый черно-серого цвета
	17-29 см	Ил песчаный черного цвета

Таблица 5. Число видов доминирующих отделов в альгоценозах в р. Чернавка

Река Чернавка	Типы альгоценозов						
	Диатомовый фитобентос		Цианобактериальные сообщества (ЦБС)		Сообщества с зелеными водорослями		Эпифитон
	Bacillariophyta	Bacillariophyta + Cyanoprokaryota	пленки	маты	на нитчатых формах (Cladophorales и др.)	на <i>Enteromorpha intestinalis</i>	на <i>Phragmites australis</i>
Общее число видов в пробе	3-10	5-12	5-11	15-25	7-21	1-4	6-17

бентосе двукрылых насекомых имеют наибольшую численность в период откорма ими пролетных и перелетных птиц [15, 30]. Для отбора образцов бентоса использовали штанговый дночерпатель с площадью захвата 25 см² по 8 подъемов на каждой станции. Качественные сборы бентоса осуществляли протягиванием скребка 1 м с размером ячеек промывочного сачка 300-310 мкм. Пробы промывали через капроновый газ (ячейка сетяного полотна 300-310 мкм) и фиксировали 4% р-ром формальдегида. Методы обработки макрозообентоса, использованные при анализе многолетних данных донных сообществ, приведены ранее [7, 10, 45]. Для анализа полученных данных и интегральной характеристики сообществ макрозообентоса использовали следующие показатели: численность (экз./м²), биомасса (г/м²) гидробионтов, относительные величины численности (N) и биомассы (B); встречаемость видов (F, %), число видов, индекс доминирования (dn, db) Папия-Ковнацкого [20, 34], индекс видового разнообразия Шеннона – H (бит/экз). Перечень публикаций, использованных при определении видового состава макрозообентоса р. Чернавка, приведен ранее [5, 6, 7, 37, 44].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате многолетних исследований выявлен видовой состав, сезонная динамика численности и биомассы, соотношение основных групп и распределение донных сообществ в среднем и нижнем участках реки. В составе донных сообществ макрозообентоса полигалинной р. Чернавка зарегистрировано 23 вида и таксона: 9 – Diptera, 7 – Coleoptera, 4 – Heteroptera, 3 – Oligochaeta; на участках среднего течения – 16 видов и таксонов, в устьевом участке – 19 видов (табл. 6). Наиболее распространенными (частота встречаемости более 50%) в бентосе среднего течения реки являются цератопогониды *Palpomyia schmidtii*, личинки хирономид *Cricotopus salinophilus* и личинки *Ephydra* sp., а в нижнем течении реки – личинки хирономид *C. salinophilus*, *Chironomus salinarius* и личинки цератопогонид *P. schmidtii*. Отличительная фаунистическая особенность донных сообществ, в отличие от других соленых рек, заключается в регистрации в отдельные годы эфемерных олигохет *H. stollii*, личинок жуков *Berosus (Enoplurus) frontifoveatus* Kuwert, 1888 [9] и клопов *Sigara assimilis* (Fieber, 1848), обитающих исключительно в этой реке. Экологические характеристики видов в составе донных сообществ показаны нами ранее [5]. Численность редких олигохет *Henlea stollii* (2009 г.) составила 175 экз./м², а *Enchytraeus issykkulensis* (2007 г.) – 1760 экз./м². Литературные данные свидетельствуют о существенной роли гидробионтов в образовании лечебного ила гипергалинных водоемов [2, 21]. В табл. 6 показаны встречаемость, среднемноголетние величины численности и биомассы гидробионтов в бентосе среднего и нижнего участков реки Чернавка.

Многолетняя динамика. Среднемноголетняя плотность донного населения на биотопах станций среднего и нижнего участков реки при минерализации, превышающей 20 г/л, составила 12609 ± 4379 экз./м² с биомассой $11,65 \pm 3,45$ г/м² за счет развития личинок двукрылых при доминировании хирономид (табл. 7). Значительный размах колебаний численности и биомассы гидробионтов в разные годы от 2,5 до 44 тыс. экз./м² в бентосе среднего течения реки и от 0,5 до 38 тыс. экз./м² в устьевом участке (рис. 2) характеризует донные сообщества, отличительной особенностью которых является массовое развитие в отдельные годы популяций галофильных и галобионтных видов [17]. Личинки подсем. Chironomidae и прочие Diptera в донных сообществах составляют до 97,0% общей численности и до 82,0% суммарной биомассы бентоса (табл. 7). Доля других групп в составе донных сообществ макрозообентоса не превышает 2,2–16,2%. Так, значительные величины численности и биомассы бентоса формируются в среднем течении личинками цератопогонид *P. schmidtii* и хирономид *C. salinophilus*. В нижнем течении реки на долю хирономид *Ch. salinarius* и *C. salinophilus* приходилось до 90% среднемноголетней плотности и до 85% – биомассы бентоса (табл. 6, 7). Определяющим условием развития макробеспозвоночных, в основном, массовых видов двукрылых, являются выявленные за период исследований высокие величины биомассы бентосных цианобактериальных сообществ, бактериальной продукции, а также развитие эпифитов и макрофитов [14], в которых донные гидробионты находят убежища и дополнительный источник питания. Высокоэвтрофная устьевая зона характеризуется развитием сообществ с доминированием в разные годы галофильных личинок жуков, цератопогонид и хирономид, доля которых в среднемноголетней численности бентоса составляет от 70 до 100%. Такие галофильные виды, как *C. salinophilus* и *Ephydra* sp., отмечены при солёности >100 г/л в устьевой зоне смешения соленых водных масс из гипергалинного озера Эльтон. Отличительной особенностью сообществ бентоса устьевой зоны является развитие в отдельные годы монодоминантных сообществ хирономид *Cricotopus salinophilus* или цератопогонид *Palpomyia schmidtii*, доля которых в общей численности может достигать 98%. Кроме того, наблюдаемые циклические изменения численности гидробионтов в периоды нагона соленых вод из озера вызваны колонизацией некоторыми эфемерными видами, например, *H. stollii* и *L. grandisetosus*, заиленных биотопов устьевом участка реки.

Сообщества макрозообентоса в полигалинной реке Чернавка представлены на песчанистых биотопах среднего течения развитием двукрылых *Palpomyia schmidtii*, *Cricotopus salinophilus*, *Ephydra* sp. с доминированием по численности личинок цератопогонид *P. schmidtii* (индекс доминирования – d 59–99), а в нижнем, устьевом участке, на заиленных грунтах при постоянно высоком уровне минерализации 26,2–35,1 г/л доминируют по численности и биомассе личинки хирономид *C. salinophilus*, *Ch. salinarius* – d 68–91 (табл. 8).

Многолетние исследования позволили установить соотношение таксономических групп в составе донных сообществ: на среднем участке реки (рис. 3, А) установлена высокая доля биомассы Chironomidae (2008 г.) и Ceratopogonidae (2010, 2013, 2014 гг.), а в нижнем устьевом участке преобладали личинки Chironomidae, за исключением 2019 г., когда биомасса личинок жуков *Berosus* sp. превысила 90% (рис. 3, А, Б).

Очевидно, что видовое разнообразие (*H*) донных сообществ в р. Чернавка невелико, за весь период исследований оно изменялось от 0,13 до 1,01 бит/экз. То есть, значимое влияние высокого уровня минерализации воды на таксономический состав донных сообществ в полигалинной реке

Таблица 6. Видовой состав макрозообентоса на участках р. Чернавка с указанием частоты встречаемости (F, %), средних величин численности (N, экз./м²) и биомассы (B, г/м²) (май – сентябрь 2008-2014 гг.; 2017-2019 гг.)

Таксон	Код	средний участок (ст. 1)			нижний участок (ст. 2)		
		F	N	B	F	N	B
Oligochaeta							
<i>Enchytraeus issykkulensis</i> Hrabě, 1935	<i>OlEnh.ik</i>	4	77	0,015	5	7	0,001
<i>Paranais simplex</i> Hrabě, 1936	<i>OlPar.sm</i>				5	20	0,003
<i>Henlea stoll</i> Bretscher, 1900	<i>OlHen.st</i>	2	1	0,001			
Insecta							
Heteroptera							
<i>Sigara assimilis</i> (Fieber, 1848)	<i>HeSig.as</i>	9	4	0,04	17	91	0,45
<i>S. lateralis</i> (Leach, 1817)	<i>HeSig.l.</i>				5	8	0,03
<i>S. nigrolineata</i> (Fieber, 1848)	<i>HeSig.n</i>	4	9	0,01	5	10	0,024
<i>Sigara</i> sp.	<i>HeSig.sp</i>	26	50	0,14	21	109	0,15
Coleoptera							
<i>Berosus bispina</i> Reiche et Saulcy, 1856	<i>CoBer.b</i>	22	25	0,21	14	50	0,54
<i>B. frontifoveatus</i> Kuwert, 1888	<i>CoBer.r</i>				5	7	0,05
<i>B. fulvus</i> Kuwert, 1888					5	26	0,15
<i>Berosus</i> sp.	<i>CoBer.sp</i>	26	62	0,36	21	178	1,23
<i>Enochrus quadripunctatus</i> (Herbst, 1797)	<i>CoEnh.q.</i>	17	20	0,05			
<i>Hygrotus enneagrammus</i> (Ahrens, 1833)	<i>CoHyg.e</i>	9	2	0,006	14	14	0,06
<i>Hygrotus</i> sp.	<i>CoHyg.sp</i>	4	2	0,009			
Diptera:							
Ceratopogonidae							
<i>Culicoides</i> sp.	<i>CeCul.sp</i>	9	11	0,007			
<i>Palpomyia schmidt</i> Goetghebuer, 1934	<i>CePal.s</i>	100	11492	8,1	62	424	0,52
Chironomidae							
<i>Cricotopus salinophilus</i> Zinchenko, Makarchenko et Makarchenko, 2009	<i>ChCri.sf</i>	96	3642	1,36	74	5276	3,4
<i>Chironomus salinarius</i> Kieffer, 1915	<i>ChCri.sr</i>	4	1	0,003	60	6344	12,2
Stratiomyidae							
<i>Nemotelus</i> sp.	<i>StNem.sp</i>				5	1	0,004
<i>Odontomyia</i> sp.	<i>StOdn.sp</i>	4	2	0,001	2	1	0,011
<i>Stratiomys</i> sp.	<i>StStr.sp</i>				2	2	0,021
Ephydridae							
<i>Ephydra</i> sp.	<i>EbEdr.sp</i>	57	867	2,14	5	5	0,04
Muscidae							
<i>Lispe</i> sp.	<i>MuLis.sp</i>				2	1	0,001
Bcero		16	16266	12,45	19	12574	18,9

проявляется своеобразием адаптированных узкоспециализированных видов с высокой концентрацией количественного доминирования (табл. 8).

Для выявления значимости видов на участках реки для каждого из 16 видов (табл. 6) были рассчитаны индикаторные индексы, равные произведению относительной частоты и относительной средней популяционной плотности [35] из бентоса среднего и нижнего течения реки (см табл. 9).

Таблица 7. Число видов, средняя численность (N), средняя биомасса (B) и доля таксономических групп макрозообентоса в р. Чернавка по данным за август 2008-2014 гг.; 2017-2019 гг.

Таксон	Число таксонов	N (экз./м ²)	%	B (г/м ²)	%
Oligochaeta	3	1	0,1	0,01	0,1
Chironomidae	2	8143	64,6	6,14	53,0
Diptera (прочие)	7	4085	32,4	3,37	29,0
Heteroptera	4	93	0,7	0,22	1,7
Coleoptera	7	287	2,2	1,91	16,2
Всего	23	12609±4379		11,65±3,45	

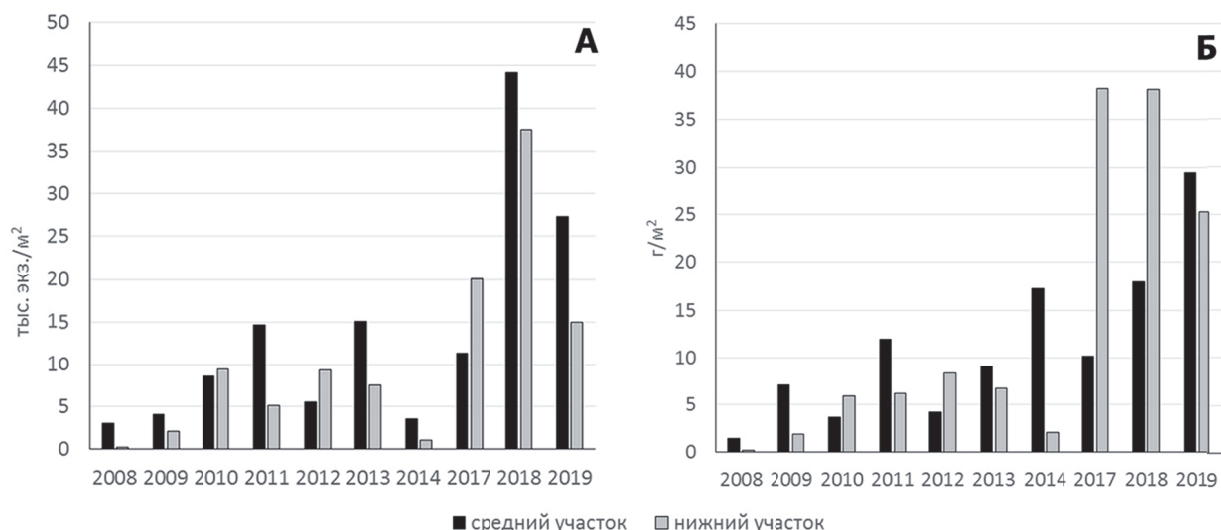


Рис. 2. Многолетняя динамика численности (А) и биомассы (Б) макрозообентоса в среднем и нижнем участках р. Чернавка

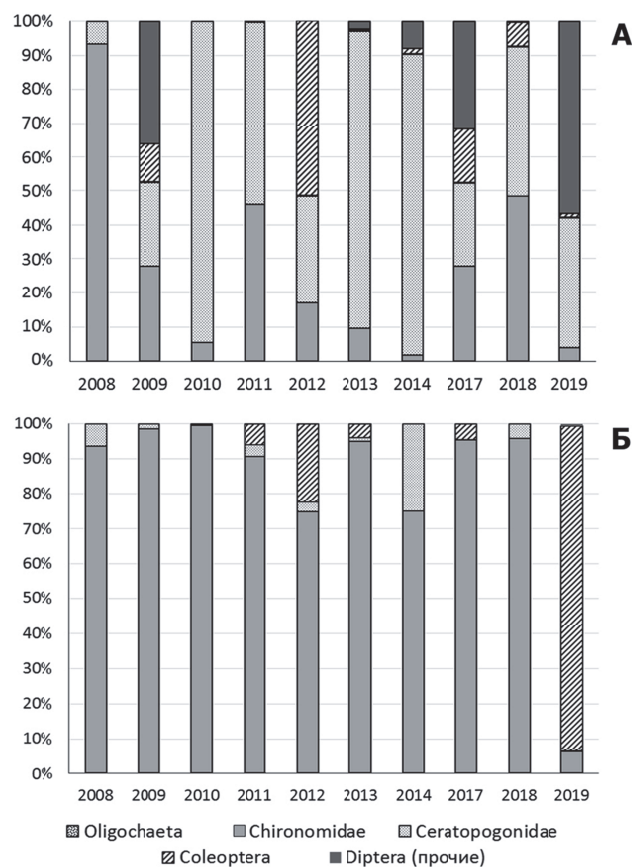


Рис. 3. Многолетняя динамика соотношения биомассы таксономических групп макрозообентоса на среднем (А) и нижнем (Б) участках р. Чернавка

Таблица 8. Доминирующие виды макрозообентоса ($d \geq 10$) на участках среднего и нижнего течения реки р. Чернавка по данным за 2008-2014 гг. и 2017-2019 гг.*
(в скобках указано значение индекса доминирования (d) по численности)

Годы*	Доминирующий вид	
	Среднее течение	Нижнее течение
2008	<i>P. schmidt</i> (96)	<i>C. salinophilus</i> (90)
2009	<i>P. schmidt</i> (73) <i>Ephydra</i> sp. (15)	<i>C. salinophilus</i> (72)
2010	<i>P. schmidt</i> (99)	<i>C. salinophilus</i> (87)
2011	<i>P. schmidt</i> (99)	<i>C. salinophilus</i> (55) <i>Ch. salinarius</i> (20) <i>P. schmidt</i> (13)
2012	<i>P. schmidt</i> (67) <i>C. salinophilus</i> (27)	<i>C. salinophilus</i> (91)
2013	<i>P. schmidt</i> (74) <i>C. salinophilus</i> (25)	<i>C. salinophilus</i> (52) <i>Ch. salinarius</i> (37)
2014	<i>P. schmidt</i> (59) <i>C. salinophilus</i> (24)	<i>C. salinophilus</i> (77) <i>P. schmidt</i> (15)
2017	<i>P. schmidt</i> (52) <i>C. salinophilus</i> (38)	<i>Ch. salinarius</i> (77) <i>C. salinophilus</i> (22)
2018	<i>C. salinophilus</i> (59) <i>P. schmidt</i> (40)	<i>Ch. salinarius</i> (68) <i>Berosus fulvus</i> (15)
2019	<i>P. schmidt</i> (59) <i>Ephydra</i> sp. (40)	<i>Ch. salinarius</i> (49) <i>C. salinophilus</i> (11)

Примечание. * в 2015-2016 гг. количественные пробы не отбирались

Индекс индикаторной значимости *IndVal* принимает максимальное значение (равное 100%), если экземпляры вида встречаются во всех пробах только одной группы, а соответствующая ему величина p отражает статистическую значимость каждого вида как индикатора различных типов сообществ или условий среды. В данном случае проведено уточнение группировки галофильных видов с выявлением значимости вида *Palpomyia schmidt*, характерного для среднего течения реки (МБС, табл. 9) и вида *Chironomus salinarius*, в массе обитающего в нижнем участке при влиянии абиотических факторов среды на анализируемые донные сообщества (МБН, табл. 9). Это означает, что таксономический состав макрозообентоса соленых рек чувствителен по отношению к некоторым факторам среды, а также имеет определенный набор видов, которые при определенных условиях оказываются ведущими (доминирующими).

Изменение индикаторного индекса характеризует развитие монодоминантных сообществ макрозообентоса с доминированием *P. schmidt*, *Ch. salinarius*, *C. salinophilus* в течение периода исследований.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Высокоминерализованные воды, как правило, характеризуются массовым развитием небольшого числа узкоспециализированных видов, адаптированных к экстремальной солености. Каждая из высокоминерализованных рек имеет отличительные специфические особенности структуры донных сообществ, обусловленные комплексом абиотических параметров [28, 29, 32, 42]. Содержание общего фосфора и минерального азота в воде реки Чернавка соответствует уровню гипертрофных водотоков [18, 19]. В этой связи в условиях высокой трофности происходит перестройка процессов функционирования лотической системы реки, в том числе и структурные изменения донных сообществ, где доминантами становятся галофильные виды.

Пространственная структура сообществ любых таксономических групп гидробионтов во многом зависит от воздействия гидролого-гидрохимических факторов и биотопических особенностей различных участков рек, которые определяют общую интенсивность продукционно-энергетических процессов [1]. В частности, высокая биомасса эпифитов и других водорослей, характерная для р. Чернавка, является определяющим условием развития макробеспозвоночных, из которых, например, личинки *C. salinophilus* являются селективными альгофагами, потребителями диатомовых водорослей, а *Ch. salinarius* селективно питаются бактериями [43]. В тоже время изменчивость па-

Таблица 9. Виды, характерные для сообществ макрозообентоса среднего и нижнего участков р. Чернавка, с учетом группировки станций соленой реки по ключевым гидрохимическим показателям. Встречаемость, *IndVal* (индикаторный индекс) даны по [35].

Жирным шрифтом отмечены статистически значимые индикаторные виды при $\alpha = 0,1$

Сообщества макрозообентоса среднего (МБС) и нижнего (МБН) участков реки	Река, станции, виды, факторы	Встречаемость, %	<i>IndVal</i>	<i>p</i> -значение
р. Чернавка – ст. 1, 2 (средний и нижний участок): О ₂ <153,5%; минерализация >18,7 г/л				
МБС	<i>Palpomyia schmidt</i>	27	0,667	0,046
МБС, МБН	<i>Berosus fulvus</i>	7	0,500	0,269
МБН	<i>Chironomus salinarius</i>	47	0,486	0,089
МБС	<i>Ephydra</i> sp.	27	0,500	0,156
МБС, МБН	<i>Cricotopus salinophilus</i>	67	0,447	0,143

раметров среды, присущая соленым рекам аридных регионов, определяет специфический характер процессов формирования и трансформации сообществ, где главными являются адаптационные возможности отдельных видов, как это видно на примере функциональных особенностей доминирующих видов.

Многолетние данные развития донных сообществ в полигалинной реке показали, что высокая плотность бентоса на разных участках реки обусловлена развитием галофильных гидробионтов, дифференцирующих в соленых реках Приэльтона разные экологические комплексы, в зависимости от их адаптации к экстремальным условиям обитания при различных сценариях изменения климатических, гидролого-гидрохимических и биотических факторов [30, 44]. Сведения о популяционных особенностях развития отдельных представителей бентоса в составе донных сообществ в соленых реках известны из литературных сведений и наших данных [8, 27, 28, 39]. В разные годы в устьевых участках реки преобладали среди хирономид галофильные представители родов *Chironomus* и *Cricotopus* с разным аутоэкологическим спектром. Напомним, что новый для науки вид *Cricotopus salinophilus*, массовый в р. Чернавка и в других притоках оз. Эльтон, с известными экологическими характеристиками, до настоящего времени за пределами Приэльтона не зарегистрирован [3, 5, 6, 8]. С учетом высоких величин первичной продукции и трофического уровня реки, при расчетах величин продукции массовых видов макрозообентоса, ожидаемо основной вклад в продукцию макрозообентоса вносят двукрылые *C. salinophilus*, *Ch. salinarius*, *P. schmidt*, *Ephydra* sp. (91,9–94,0% от суммарной продукции макрозообентоса), обеспечивающие высокий темп воспроизводства продукции донных беспозвоночных. Величины продукции популяций галофильных видов в природных условиях соленых рек за месяц, равные 16,7 г/м², соответствовали годовым величинам продукции хирономид, известным из литературных источников [43]. В дополнение к этим данным, рассчитанная суммарная продукция бентоса в реке превышает годовую продукцию донных сообществ многих солоноватых водоемов мира [30]. Например, рассчитанные Р/В - коэффициенты были выше известных из литературы величин и составили в гиперэвтрофных участках соленых рек: для хирономид *Ch. salinarius* – 54, для *C. salinophilus* – 28, для цератопогонид *P. schmidt* – 13 [30]. Высокая плотность и продукция макрозообентоса в полигалинной р. Чернавка характерна и для других известных мест откорма мигрирующих птиц в Европе, для которых основным и излюбленным кормом являются двукрылые насекомые [15, 24, 25, 31, 40]. При постоянно высокой солености, в отличие от других мезогалинных рек региона, структура сообществ макрозообентоса определяется не столько межвидовыми взаимодействиями, сколько взаимно согласованной реакцией высокопродуктивных сообществ на экстремальные уровни воздействия [5, 12].

Для анализа влияния факторов среды на массовые виды гидробионтов нами был использован канонический анализ соответствий ССА [41]. На рис. 4 показаны результаты оценки методом ССА взаимного расположения 9 массовых видов макрозообентоса. Оси главных компонент 1 и 2 являются проекциями плоскостей наибольшей вариации совокупной численности видов. Интерпретация ССА-диаграмм основана на учете следующих закономерностей, характерных для методов прямой ординации и использующих двухмерное проецирование: точки, соответствующие станциям (1, 2), лежат на диаграмме ординации в центре тяжести тех видов, которые преимущественно встречаются

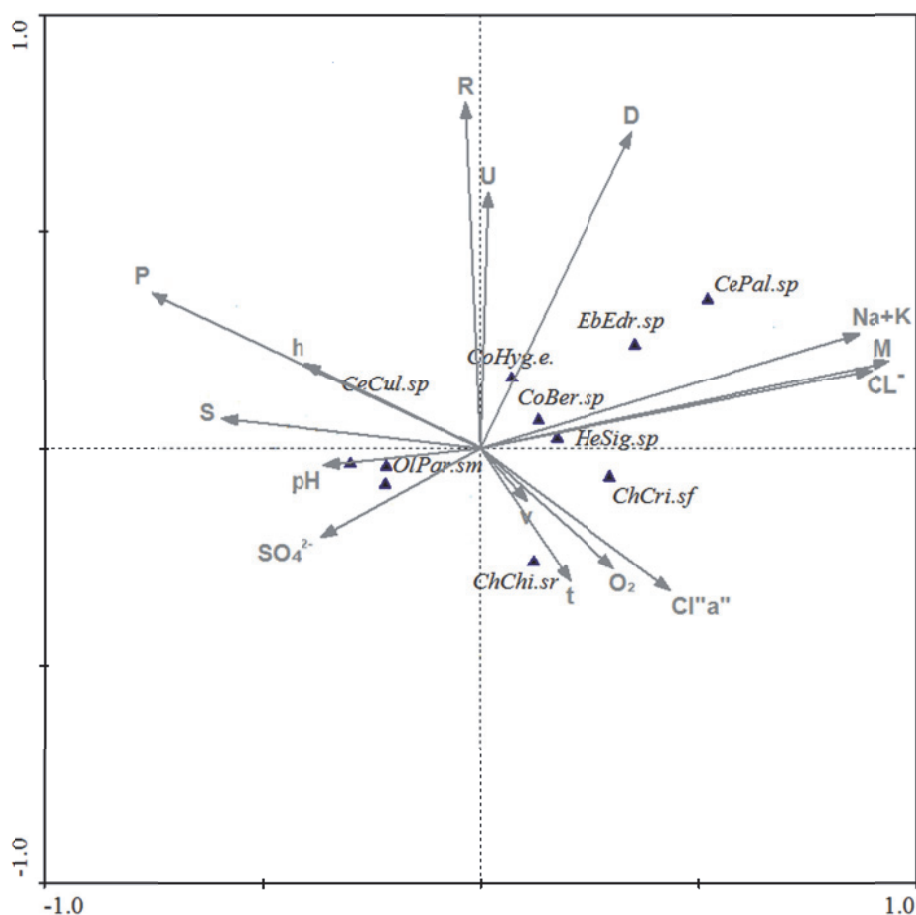


Рис. 4. Ординация взаимосвязи факторов среды и видового состава массовых видов сообществ макрозообентоса р. Чернавка (станции отбора проб 1 и 2; 2017-2019 гг.) методом канонического анализа соответствий (CCA). Векторы: М – минерализация воды; pH, Cl^a – содержание хлорофилла «а», катионы и анионы Na+K, Cl⁻, SO₄²⁻, t – температура воды; O₂ – содержание кислорода; P – содержание общего фосфора; R – степень зарастания; U – уклон реки, D – диаметр частиц грунта; S – мутность, h – глубина реки в месте отбора проб, V – скорость течения. Коды видов (треугольники) представлены в табл. 6. Объяснение рисунка см. в тексте

на этих станциях. ССА позволяет указать комплексированное расположение векторов 15 указанных на рисунке гидрохимических, гидрофизических факторов и гидрологических параметров на основе оценок корреляции последних со структурными характеристиками донных сообществ. Векторы факторов среды (рис. 4) образуют две группы: показатели условий обитания (степень зарастаемости R, температура воды T °C, мутность S, – глубина реки h) и комплекс показателей, связанных с минерализацией (векторы pH, общей минерализации M, содержания Cl⁻ и SO₄²⁻ ионов). При анализе ординационной диаграммы (рис. 4) отмечается дифференциация галофильных хирономид *Cricotopus salinophilus*, свидетельствующая об аутоэкологической специализации вида и некоторых видов жуков и клопов (жуки *B. spinosus*), имеющих связь как с вектором общей минерализации (ось M), так и с векторами Na⁺K⁺, Cl⁻, т.е. с ионным составом. Экологический оптимум *Chironomus salinarius* связан с содержанием хлорофилла «а», высоким содержанием кислорода и температурой. При этом, в зависимости от преимущественного ионного состава, можно выделить таксоны *Culicoides* sp., *Paranaeis simplex*, приуроченные к биотопам черных илов устьевого участка, экологический оптимум которых связан с мутностью (S), глубиной реки (h), зарастаемостью (R), содержанием общего фосфора (P) и наличием доступной для них пищи. В свою очередь, интересно отметить, что в разные годы в устье р. Чернавка массовыми среди двукрылых были галофильные цератопогониды (*Culicoides* sp.) для которых концентрация кислорода в придонных горизонтах не являлась средообразующим фактором (рис. 4). Таким образом, на примере исследования соленой р. Чернавка установлены определяющие факторы среды, влияющие на биоразнообразие и структурные особенности донных сообществ полигалинной реки: общая минерализация, ионный состав, биогенные элементы, биотопические условия, концентрация кислорода, температура воды (рис. 4). Полученный по данным за период исследований разброс данных указывает на определенные реализованные видовые сочетания и изменения структуры сообществ в зависимости от факторов воздействия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные многолетние исследования структуры донных сообществ позволили установить устойчивость к экстремальным факторам галотолерантных и галофильных видов, преимущественно двукрылых насекомых, адаптированных к обитанию в высокоминерализованных водах аридных территорий. Ресурсную обеспеченность в р. Чернавка создает биомасса видов семейства Chironomidae: *Cricotopus salinophilus*, *Chironomus salinarius* и семейства Ceratopogonidae: *P. schmidtii*, в значительной мере определяя структурные особенности донных сообществ. Установлено, что факторами, оказывающими значимое влияние на таксономическую структуру и динамику численности и биомассы макрозообентоса, являются: содержание хлоридов, сульфатов, фосфатов, хлорофилла «а» в условиях различных гидрофизических факторов – содержания растворенного кислорода, глубины, pH, температуры воды. В условиях постоянно высокой солености воды в реке формируются специфические особенности пространственной динамики донных организмов и структуры галофильных донных сообществ. Доминирующие виды в составе таксоценозов, адаптированные к обитанию в высокоминерализованных водах, могут рассматриваться как ключевые виды речных экосистем, определяющие сохранение природной динамики естественных местообитаний в условиях природного парка «Эльтонский».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М. Продукционная гидробиология. СПб.: Наука. 2013. 342 с.
2. Бульон В.В., Анохина Л.Е., Аракелова Е.С. Первичная продукция гиперсоленых озер Крыма // Труды ЗИН АН СССР. 1989. № 205. С. 14-25.
3. Головатюк Л.В., Зинченко Т.Д. Биологические характеристики массовых видов хирономид *Cricotopus salinophilus* и *Chironomus salinarius* из соленых рек Приэльтонья: жизненные циклы, удельная продукция: // Известия СНИЦ РАН. 2015. Т. 17. № 4. С. 210-214.
4. Гусаков В.А., Гагарин В.Г. Состав и структура мейобентоса высокоминерализованных притоков озера Эльтон // Аридные экосистемы. 2012. Т. 18. № 4(53). С. 45-54.
5. Гусаков В.А. Донная мейофауна высокоминерализованных рек природного парка «Эльтонский» (Россия) // Заповедная наука. 2019. № 4(1). С. 37-63. DOI: 10.24189/ncr
6. Зинченко Т.Д. Эколого-фаунистическая характеристика хирономид (Diptera, Chironomidae) малых рек бассейна средней и нижней Волги (Атлас). Тольятти: Кассандра. 2011. 258 с.
7. Зинченко Т.Д., Макаренченко М.А., Макаренченко Е.А. Новый вид рода *Cricotopus* Van der Wulp (Diptera, Chironomidae) из соленой реки бассейна озера Эльтон (Волгоградская область, Россия) // Евразийский энтомологический журнал. 2009. Т. 8. Прил. 1. С. 83-88.
8. Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Выхристюк Л.А., Шитиков В.К. Разнообразие и структура сообществ макрозообентоса высокоминерализованной р. Хара (Приэльтонье) // Поволжский экологический журнал. 2010а. № 1. С. 14-30.
9. Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Абросимова Э.В. Экологическая характеристика *Cricotopus salinophilus* (Diptera, Chironomidae) из соленых рек бассейна оз. Эльтон // Известия Самарского научного центра РАН. 2010б. Т. 12. № 1. С. 196-200.
10. Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Абросимова Э.В., Попченко Т.В., Никуленко Т.Д. Изменения сообществ макрозообентоса при градиенте минерализации в реках бассейна гипергалинного оз. Эльтон (2006-2013 гг.) // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. Т. 19. № 5. С. 140-156.
11. Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Абросимова Э.В. Хирономиды (Diptera, Chironomidae) донных сообществ соленых рек Приэльтонья: разнообразие, соленостная толерантность, распределение // Зоологический журнал. 2019. Т. 98. № 7. С. 804-818.
12. Зинченко Т.Д., Шитиков В.К., Головатюк Л.В., Абросимова Э.В. Анализ структуры мета-сообществ планктонных и донных организмов в реках бассейна оз. Эльтон // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 4(85). С. 149-155.
13. Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Горохова О.Г., Абросимова Э.В., Уманская М.В., Попченко Т.В., Шитиков В.К., Гусаков В.И., Болотов С.Э., Лазарева В.И., Селиванова Е.А., Балкин А.С., Плотников А.О. Функциональные особенности организации структуры планктонных и донных сообществ высокоминерализованных рек бассейна гипергалинного озера Эльтон (Россия) // Экосистемы: экология и динамика. 2021. Т. 5. № 1. С. 5-73.
14. Канапацкий Т.А., Самылина О.С., Кузнецова А.И. Первичная продукция фототрофных сообществ солоноводных рек Приэльтонья (Волгоградская область) // Доклады Башкирского университета. 2018. Т. 3. № 4. С. 416-421.
15. Касаткина Ю.Н., Шубин А.О. Влияние кормовых ресурсов на поведение пролетных куликов-воробьев (*Calidris minuta*) на озере Эльтон // Зоологический журнал. 2012. Т. 91. № 1. С. 95-110.
16. Моников С.Н., Судаков А.В. Историко-географическая уникальность озера Эльтон // Псковский региональный экологический журнал. 2011. № 12. С. 113-129.
17. Мязина Н.Г. Сопоставление гидрогеохимических особенностей озера Эльтон и Мертвого моря // Водное хозяйство России. 2013. № 1. С. 52-59.
18. Неверова-Дзюпа Е., Цветкова Л.И. Оценка трофического состояния поверхностных вод. 2020. СПб.: ГАСУ. 2020. 176 с.

19. Номоконова В.И., Зинченко Т.Д., Попченко Т.В. Трофическое состояние соленых рек бассейна озера Эльтон // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 3. № 1. С. 476-483.
20. Палий В.Ф. О количественных показателях при обработке фаунистических материалов // Зоологический журнал. 1961. Т. 60. Вып. 1. С. 3-12.
21. Перволюф Ю.В. Илы и условия их илообразования в соляных озерах Крыма // Труды Лаборатории озераведения АН СССР. 1953. Т. 2. С. 154-228.
22. Промахова Е.В. Изменчивость мутности речных вод в разные фазы водного режима. Автореф. дис. ... канд. геогр. н. М. 2016. 28 с.
23. Сухарев Е.А. Влияние пищевых ресурсов на распределение и экологическое разобширение пролетных куликов. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 2015. 21 с.
24. Шубин А.О. Микробиотопическое распределение куликов (Charadriiformes, Charadrii) в местах кормовых скоплений на юго-западном побережье Каспийского моря // Зоологический журнал. 1998. Т. 77. № 3. С. 325-336.
25. Шубин А.О., Иванов А.П. Экологическая сегрегация пролетных куликов на степных водоемах Европейской России // Зоологический журнал. 2005. Т. 84. № 6. С. 707-718.
26. Энциклопедия Волгоградской области / Администрация Волгоградской обл. Волгоградский гос. ун-т; гл. ред. О.В. Иншаков и др. Волгоград: Издатель. 2009. 317 с. URL: nlr.ru/res/epubl/rue/texts/volgograd/RUS/enciklopediya (дата обращения: 12.03.2022).
27. Barahona J., Millan A., Velasco J. Population dynamics, growth and production of *Sigara selecta* (Fieber, 1848) (Hemiptera, Corixidae) in a Mediterranean hypersaline stream // Freshwater Biology. 2005. V. 50. pp. 2101-2113.
28. Bunn S.E., Davies P.M. Community structure of the macroinvertebrate fauna and water quality of a saline river system in south-western Australia // Hydrobiologia. V. 248. pp. 143-160.
29. Gallardo-Mayenco A. Freshwater macroinvertebrate distribution in two basins with different salinity gradients (Guadalete and Guadaira river basins, south-western Spain) // Int. J. Salt Lake Res. 1994. V. 3. pp. 75-91. DOI: 10.1007/BF01990644
30. Golovatyuk L.V., Prokin A.A., Nazarova L.B., Zinchenko T.D. 2022. Biodiversity, distribution and production of macrozoobenthos communities in the saline Chernavka River (Lake Elton basin, South-West Russia) // Limnology. 2022. 23(2). pp. 337-353. DOI: 10.1007/s10201-021-00692-w
31. Goss-Custard J.D. The ecology of the Wash. III. Density-related behaviour and the possible effects of a loss of feeding grounds on wading birds (Charadrii) // J. Appl Ecol. 1977. V. 14. pp. 721-739.
32. Kefford B.J., Buchwalter D., Cañedo-Argüelles M., Davis J., Duncan R.P., Hoffmann A., Thompson R. Salinized rivers: degraded systems or new habitats for salt-tolerant faunas? // Biol Lett. 2016. V. 12. 20151072. DOI: 10.1098/rsbl.2015.1072
33. Kefford B.J., Papas P.J., Nuggeoda D. Relative salinity tolerance of macroinvertebrates from the Barwon River, Victoria, Australia. // Mar. Freshw. Res. 2003. V. 54. pp. 755-765. DOI: 10.1071/MF02081
34. Kownacki A. Taxocens of Chironomidae in streams of the Polish High Tatra Mountains // Acta Hydrobiologica. 1971. V. 13. No. 4. pp. 439-464.
35. Legendre P., Legendre L. Numerical Ecology // Amsterdam: Elsevier Sci. BV. 2012. 1006 p.
36. Moreno J.L., Aboal M., Vidal-Abarca M.R., Suarez M.L. Macroalgae and submerged macrophytes from fresh and saline waterbodies of ephemeral streams ('ramblas') in semiarid south-eastern Spain // Mar. Freshw. Res. 2001. V. 52. pp. 891-905. DOI: 10.1071/MF00008
37. Orel (Zorina) O.V., Istomina A.G., Kiknadze I.I., Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V. Redescription of larva, pupa and imago male of *Chironomus* (*Chironomus*) *salinarius* Kieffer from the saline rivers of the Lake Elton basin (Russia), its karyotype and ecology // Zootaxa. 2014. 3841(4). P. 528-550.
38. Palmer G.C., Bennett A.F. Riparian zones provide for distinct bird assemblages in forest mosaics of south-east Australia // Biol. Conserv. 2006. V. 130. pp. 447-457. DOI: 10.1016/J.BIOCON.2006.01.006
39. Piscart C., Moreteau J.-C., Beisel J.-N. Biodiversity and structure of macroinvertebrate communities along a small permanent salinity gradient (Meurthe River, France) // Hydrobiologia. 2005. V. 546. pp. 1-10. DOI: 10.1007/s10750-005-4463-0
40. Szekely T., Bamberger Z. Predation of waders (Charadrii) on prey populations: an enclosure experiment // J. Anim Ecol. 1992. V. 61. No. 2. pp. 447-456.
41. Ter Braak C.J. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis // Ecology. 1986. V. 67. pp. 1167-1179.
42. Velasco J., Millán A., Hernández J., Gutiérrez C., Abellán P., Sánchez D., Ruiz M. Response of biotic communities to salinity changes in a Mediterranean hyper stream // Saline Systems. 2006. V. 2. pp. 1-15. DOI: 10.1186/1746-1448-2-12
43. Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V., Gladyshev M.I., Makhutova O.N., Sushchik N.N., Kalachova G.S. Saline rivers provide arid landscapes with a considerable amount of biochemically valuable production of chironomid (Diptera) larvae // Hydrobiologia. 2014. V. 722. No. 1. P. 115-128.
44. Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V., Abrosimova E.V., Popchenko T.V. Macrozoobenthos in saline rivers in the Lake Elton Basin: spatial and temporal dynamics // Inland Water Biology. 2017. V. 10. No. 4. P. 384-398.
45. Zinchenko T.D., Shitikov V.K., Golovatyuk L.V., Gusakov V.A., Lazareva V.I. Plankton and Bottom Communities in the Saline Rivers of Lake Elton Basin: Statistical Analysis of Dependences // Arid Ecosystems. 2018. V. 8. No. 3. P. 225-230.
46. Яндекс Карты URL: https://yandex.ru/maps/?l=sat&ll=46.690130%2C49.223275&source=serp_navig&z=14 (дата обращения: 20.09.2025).

LONG-TERM DYNAMICS AND STRUCTURE OF MACROZOOBENTHOS COMMUNITIES
UNDER CONDITIONS OF THE CONSTANTLY HIGH MINERALIZATION GRADIENT
(CHERNAVKA RIVER, ELTON REGION, RUSSIA)

© 2025 T.D. Zinchenko, L.V. Golovatyuk, V.P. Morov

Samara Federal Research Scientific Center RAS,
Institute of Ecology of Volga River Basin RAS, Togliatti, Russia

The results of the analysis of data from long-term studies of macrozoobenthos communities in the study of the polyhaline Chernavka River, a tributary of the hyperhaline Lake Elton (49°13' N, 46°40' E; Volgograd region) are discussed. Data on the species composition and quantitative development of macrozoobenthos communities have been obtained. 23 species and taxa of benthos have been identified: 9 – Diptera, 7 – Coleoptera, 4 – Heteroptera, 3 – Oligochaeta. The structure of bottom communities depends on the physicochemical characteristics of biotopes, the level of water mineralization and is determined by indicators of the trophic status of the river. The canonical ordination (CSA) of hydrobiological, hydrochemical, and hydrological data is shown. Environmental factors (total mineralization, ionic composition, oxygen concentration, temperature, degree of overgrowth) that determine the structure of bottom communities are identified. The macrozoobenthos communities of the Chernavka river are represented by the predominant development of halophilic larvae of diptera (Chironomidae Diptera) *Cricotopus salinophilus* (Zinchenko, Makarchenko et Makarchenko, 2009), *Chironomus salinarius* (Kieffer, 1915) and halobiont Ceratopogonidae *Palpomyia schmidtii* Goetghebuer, 1934. The abundance of massive chironomid species, as the dominant group in bottom communities, is closely correlated with the gradient of the mineralization level, which determines the formation of the composition of macrozoobenthos communities. The analysis of the long-term distribution of the abundance and biomass of halophilic species is given.

Keywords: saline river, macrozoobenthos, chironomids, long-term dynamics, abiotic factors, Elton region (Volgograd region, Russia).

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-4(2)-334-348

EDN: QKHJTM

REFERENCES

1. Alimov A.F., Bogatov V.V., Golubkov S.M. *Produkcionnaya gidrobiologiya* [Production hydrobiology]. St. Petersburg: Nauka, 2013. 342 p.
2. Bulyon V.V., Anokhina L.Ye., Arakelova Ye.S. *Pervichnaya produktsiya gipersolenykh ozer Kryma* [Primary production of hypersaline lakes of Crimea] // *Proc. Zool. Inst. USSR AS*. 1989. No. 205. P. 14-25.
3. Golovatyuk L.V., Zinchenko T.D. *Biologicheskiye kharakteristiki massovykh vidov khironomid Cricotopus salinophilus i Chironomus salinarius iz solenykh rek Priel'ton'ya: zhiznennyye tsikly, udel'naya produktsiya* [Biological characteristics of the common chironomid species *Cricotopus salinophilus* and *Chironomus salinarius* from the salt rivers of the Elton region: life cycles, specific production] // *Bull. of the Samara Sci. Center RAS*. 2015. Vol. 17. No. 4. P. 210-214.
4. Gusakov V.A., Gagarin V.G. *Sostav i struktura meyobentosa vysokominalizovannykh pritokov ozera El'ton* [Composition and structure of the meiobenthos of highly mineralized tributaries of Lake Elton] // *Arid ecosystems*. 2012. Vol. 18. No. 4(53). P. 45-54.
5. Gusakov V.A. *Donnaya meyoфаuna vysokominalizovannykh rek prirodnogo parka "El'tonskiy" (Rossiya)* [Benthic meiофаuna of highly mineralized rivers of the Eltonsky Nature Park (Russia)] // *Nature Conservation Research*. 2019. No. 4(1). P. 37-63. DOI: 10.24189/ncr
6. Zinchenko T.D. *Ekologo-faunisticheskaya kharakteristika khironomid (Diptera, Chironomidae) malykh rek basseyna sredney i nizhney Volgi (Atlas)* [Ecological and faunistic characteristics of chironomids (Diptera, Chironomidae) of small rivers of the middle and lower Volga basin (Atlas)]. Tolyatti: Kassandra. 2011. 258 p.
7. Zinchenko T.D., Makarchenko M.A., Makarchenko E.A. *Novyy vid roda Cricotopus Van der Wulp (Diptera, Chironomidae) iz solenoy reki basseyna ozera El'ton (Volgogradskaya oblast', Rossiya)* [A new species of genus *Cricotopus* van der Wulp (Diptera, Chironomidae) from a saline river of the Elton Lake basin (Volgograd Region, Russia)] // *Eurasian Entomol. J.* 2009. 8. App. 1. P. 83-88.
8. Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V., Vykhristyuk L.A., Shitikov V.K. *Raznoobraziye i struktura soobshchestv makrozoobentosa vysokominalizovannoy r. Khara (Priel'ton'ye)* [Diversity and structure of macrozoobenthos communities of the highly mineralized Khara River (Elton region)] // *Volga Reg. Ecol. J.* 2010a. No. 1. P. 14-30.
9. Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V., Abrosimova E.V. *Ekologicheskaya kharakteristika Cricotopus salinophilus (Diptera, Chironomidae) iz solenykh rek basseyna oz. El'ton* [Ecological characteristics of *Cricotopus salinophilus* (Diptera, Chironomidae) from salt rivers of the Lake Elton basin] // *Bull. of the Samara Sci. Center RAS*. 2010b. Vol. 12. No. 1. P. 196-200.
10. Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V., Abrosimova E.V., Popchenko T.V., Nikulenko T.D. *Izmeneniya soobshchestv makrozoobentosa pri gradiyente mineralizatsii v rekakh basseyna gipergalinnogo oz. El'ton (2006-2013 gg.)*

- [Changes in macrozoobenthos communities under a mineralization gradient in the rivers of the hypersaline Lake Elton basin (2006–2013)] // Bull. of the Samara Sci. Center RAS. 2017. Vol. 19. No. 5. P. 140–156.
11. Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V., Abrosimova E.V. Khironomidy (Diptera, Chironomidae) donnykh soobshchestv solenyykh rek Priel'ton'ya: raznoobraziye, solenostnaya tolerantnost', raspredeleniye [Chironomids (Diptera, Chironomidae) of benthic communities of salt rivers of the Elton region: diversity, salinity tolerance, distribution] // Zool. J. 2019. Vol. 98. No. 7. P. 804–818.
 12. Zinchenko T.D., Shitikov V.K., Golovatyuk L.V., Abrosimova E.V. Analiz struktury meta-soobshchestv planktonnykh i donnykh organizmov v rekakh basseyna oz. El'ton [Analysis of the structure of meta-communities of planktonic and benthic organisms in the rivers of the Lake Elton basin] // Arid ecosystems. 2020. Vol. 26. No. 4(85). P. 149–155.
 13. Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V., Gorokhova O.G., Abrosimova E.V., Umanskaya M.V., Popchenko T.V., Shitikov V.K., Gusakov V.I., Bolotov S.E., Lazareva V.I., Selivanova E.A., Balkin A.S., Plotnikov A.O. Funktsional'nyye osobennosti organizatsii struktury planktonnykh i donnykh soobshchestv vysokomineralizovannykh rek basseyna gipergalinnogo ozera El'ton (Rossiya) [Functional features of the organization of the structure of plankton and benthic communities of highly mineralized rivers of the hypersaline Lake Elton basin (Russia)] // Ecosystems: Ecology and Dynamics. 2021. Vol. 5. No. 1. P. 5–73.
 14. Kanapatsky T.A., Samylina O.S., Kuznetsova A.I. Pervichnaya produktsiya fototrofnyykh soobshchestv solonovodnykh rek Priel'ton'ya (Volgogradskaya oblast') [Primary production of phototrophic communities of brackish-water rivers of the Elton region (Volgograd region)] // Proc. Bashkir Univ. 2018. Vol. 3. No. 4. P. 416–421.
 15. Kasatkina Yu.N., Shubin A.O. Vliyaniye kormovykh resursov na povedeniye proletrykh kulikov-vorob'yev (*Calidris minuta*) na ozere El'ton [Influence of food resources on the behavior of migratory little stints (*Calidris minuta*) on Lake Elton] // Zool. J. 2012. Vol. 91. No. 1. P. 95–110.
 16. Monikov S.N., Sudakov A.V. Istoriko-geograficheskaya unikal'nost' ozera El'ton [Historical and geographical uniqueness of Lake Elton] // Pskov regionalological J. 2011. No. 12. P. 113–129.
 17. Myazina N.G. Sopostavleniye gidrogeokhimicheskikh osobennostey ozera El'ton i Mertvogo morya [Comparison of hydrogeochemical features of Lake Elton and the Dead Sea] // Water sector of Russia. 2013. No. 1. P. 52–59.
 18. Neverova-Dziopak E., Tsvetkova L.I. Otsenka troficheskogo sostoyaniya poverkhnostnykh vod [Assessment of the trophic state of surface waters]. 2020. St. Petersburg: GASU. 2020. 176 p.
 19. Nomokonova V.I., Zinchenko T.D., Popchenko T.V. Troficheskoye sostoyaniye solenyykh rek basseyna ozera El'ton [Trophic state of salt rivers of the Lake Elton basin] // Bull. of the Samara Sci. Center RAS. 2013. Vol. 3. No. 1. P. 476–483.
 20. Paliy V.F. O kolichestvennykh pokazatelyakh pri obrabotke faunisticheskikh materialov [On quantitative indicators in the processing of faunistic materials] // Zool. J. 1961. Vol. 60. Iss. 1. P. 3–12.
 21. Perwolf Yu.V. Ily i usloviya ikh iloobrazovaniya v solyanykh ozerkakh Kryma [Silts and conditions of their silt formation in salt lakes of Crimea] // Proc. Lab. of Limnology USSR AS. 1953. Vol. 2. P. 154–228.
 22. Promakhova E.V. Izmenchivost' mutnosti rechnykh vod v raznyye fazy vodnogo rezhima [Variability of river water turbidity in different phases of the water regime]. Cand. geogr. sci. thesis. Moscow. 2016. 28 p.
 23. Sukharev E.A. Vliyaniye pishchevykh resursov na raspredeleniye i ekologicheskoye razobshcheniye proletrykh kulikov [Influence of food resources on the distribution and ecological disunity of migratory waders]. Cand. biol. sci. thesis. Moscow. 2015. 21 p.
 24. Shubin A.O. Mikrobiotopicheskoye raspredeleniye kulikov (Charadriiformes, Charadrii) v mestakh kormovykh skopleniy na yugo-zapadnom poberezh'ye Kaspiyskogo morya [Microbiotopic distribution of waders (Charadriiformes, Charadrii) in feeding areas on the southwestern coast of the Caspian Sea] // Zool. J. 1998. Vol. 77. No. 3. P. 325–336.
 25. Shubin A.O., Ivanov A.P. Ekologicheskaya segregatsiya proletrykh kulikov na stepnykh vodoyemakh Yevropeyskoy Rossii [Ecological segregation of migratory waders on steppe water bodies of European Russia] // Zool. J. 2005. Vol. 84. No. 6. P. 707–718.
 26. Entsiklopediya Volgogradskoy oblasti [Encyclopedia of the Volgograd Region] / Administration of the Volgograd Region. Volgograd State University; eds.-in-chief O.V. Inshakov et al. Volgograd: Publisher. 2009. 317 p. URL: nlr.ru/res/epubl/rue/texts/volgograd/RUS/enciklopediya (accessed: 12.03.2022).
 27. Barahona J., Millan A., Velasco J. Population dynamics, growth and production of *Sigara selecta* (Fieber, 1848) (Hemiptera, Corixidae) in a Mediterranean hypersaline stream // Freshwater Biology. 2005. Vol. 50. pp. 2101–2113.
 28. Bunn S.E., Davies P.M. Community structure of the macroinvertebrate fauna and water quality of a saline river system in south-western Australia // Hydrobiologia. Vol. 248. pp. 143–160.
 29. Gallardo-Mayenco A. Freshwater macroinvertebrate distribution in two basins with different salinity gradients (Guadalete and Guadaira river basins, south-western Spain) // Int. J. Salt Lake Res. 1994. Vol. 3. pp. 75–91. DOI: 10.1007/BF01990644.
 30. Golovatyuk L.V., Prokin A.A., Nazarova L.B., Zinchenko T.D. 2022. Biodiversity, distribution and production of macrozoobenthos communities in the saline Chernavka River (Lake Elton basin, South-West Russia) // Limnology. 2022. Vol. 23(2). pp. 337–353. DOI: 10.1007/s10201-021-00692-w.
 31. Goss-Custard J.D. The ecology of the Wash. III. Density-related behaviour and the possible effects of a loss of feeding grounds on wading birds (Charadrii) // J. Appl Ecol. 1977. Vol. 14. pp. 721–739.
 32. Kefford B.J., Buchwalter D., Cañedo-Argüelles M., Davis J., Duncan R.P., Hoffmann A., Thompson R. Salinized rivers: degraded systems or new habitats for salt-tolerant faunas? // Biol Lett. 2016. Vol. 12. 20151072. DOI: 10.1098/rsbl.2015.1072.
 33. Kefford B.J., Papas P.J., Nugegoda D. Relative salinity tolerance of macroinvertebrates from the Barwon River, Victoria, Australia. // Mar. Freshw. Res. 2003. Vol. 54. pp. 755–765. DOI: 10.1071/MF02081.

34. Kownacki A. Taxocens of Chironomidae in streams of the Polish High Tatra Mountains // *Acta Hydrobiologica*. 1971. V. 13. No. 4. pp. 439-464.
30. Legendre P., Legendre L. Numerical Ecology // Amsterdam: Elsevier Sci. BV. 2012. 1006 p.
30. Moreno J.L., Aboal M., Vidal-Abarca M.R., Suarez M.L. Macroalgae and submerged macrophytes from fresh and saline waterbodies of ephemeral streams ('ramblas') in semiarid south-eastern Spain // *Mar. Freshw. Res.* 2001. Vol. 52. pp. 891-905. DOI: 10.1071/MF00008.
30. Orel (Zorina) O.V., Istomina A.G., Kiknadze I.I., Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V. Redescription of larva, pupa and imago male of *Chironomus (Chironomus) salinarius* Kieffer from the saline rivers of the Lake Elton basin (Russia), its karyotype and ecology // *Zootaxa*. 2014. 3841(4). P. 528-550.
30. Palmer G.C., Bennett A.F. Riparian zones provide for distinct bird assemblages in forest mosaics of south-east Australia // *Biol. Conserv.* 2006. Vol. 130. pp. 447-457. DOI: 10.1016/J.BIOCON.2006.01.006
30. Piscart C., Moreteau J.-C., Beisel J.-N. Biodiversity and structure of macroinvertebrate communities along a small permanent salinity gradient (Meurthe River, France) // *Hydrobiologia*. 2005. V. 546. pp. 1-10. DOI: 10.1007/s10750-005-4463-0.
40. Szekely T., Bamberger Z. Predation of waders (Charadrii) on prey populations: an enclosure experiment // *J. Anim. Ecol.* 1992. Vol. 61. No. 2. pp. 447-456.
41. Ter Braak C.J. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis // *Ecology*. 1986. Vol. 67. pp. 1167-1179.
42. Velasco J., Millán A., Hernández J., Gutiérrez C., Abellán P., Sánchez D., Ruiz M. Response of biotic communities to salinity changes in a Mediterranean hyper stream // *Saline Systems*. 2006. Vol. 2. pp. 1-15. DOI: 10.1186/1746-1448-2-12.
43. Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V., Gladyshev M.I., Makhutova O.N., Sushchik N.N., Kalachova G.S. Saline rivers provide arid landscapes with a considerable amount of biochemically valuable production of chironomid (Diptera) larvae // *Hydrobiologia*. 2014. Vol. 722. No. 1. P. 115-128.
44. Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V., Abrosimova E.V., Popchenko T.V. Macrozoobenthos in saline rivers in the Lake Elton Basin: spatial and temporal dynamics // *Inland Water Biology*. 2017. Vol. 10. No. 4. P. 384-398.
45. Zinchenko T.D., Shitikov V.K., Golovatyuk L.V., Gusakov V.A., Lazareva V.I. Plankton and Bottom Communities in the Saline Rivers of Lake Elton Basin: Statistical Analysis of Dependences // *Arid Ecosystems*. 2018. Vol. 8. No. 3. P. 225-230.
46. Yandex Maps URL: https://yandex.ru/maps/?l=sat&ll=46.690130%2C49.223275&source=serp_navig&z=14 (дата обращения: 20.09.2025).

Tatiana Zinchenko, Doctor of Biological Sciences, Professor, and Senior Researcher in the Hydrobiology Laboratory.
E-mail: zinchenko.tdz@yandex.ru

Larisa Golovatyuk, Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher in the Hydrobiology Laboratory. E-mail: gollarisa@mail.ru
Vladimir Morov, Junior Researcher in the Ecosystem Research Laboratory. E-mail: moroff@mail.ru