

**СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА
СОЛЕННЫХ РЕК БАСЕЙНА ГИПЕРГАЛИННОГО
ОЗЕРА ЭЛЬТОН: МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**© 2020 Т.Д. Зинченко, Л.В. Головатюк,
Э.В. Абросимова, Т.В. Попченко**

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

Поступила 27.08.2020

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Абросимова Э.В., Попченко Т.В. Сообщества макрозообентоса соленых рек бассейна гипергалинного озера Эльтон: многолетние исследования. Состав донных сообществ в соленых реках эволюционно адаптирован к воздействию экстремальных условий. В результате многолетних исследований пяти высокоминерализованных рек бассейна гипергалинного озера Эльтон установлены 91 вид и таксон в составе сообществ макрозообентоса. Преобладают насекомые – 68 видов и таксонов. Личинки двукрылых представлены 43 таксонами, из которых 25 составляют виды сем. Chironomidae. Уровень минерализации, который обеспечивает видам устойчивое обитание в соленых реках, находится в диапазоне от 4.0 до 41.4 г/л. Исследованы основные закономерности изменения донных сообществ вдоль градиента абиотических факторов соленых рек.

Ключевые слова: многолетние исследования, соленые реки, сообщества макрозообентоса, численность, биомасса, биоразнообразие, озеро Эльтон.

Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V., Abrosimova E.V., Popchenko T.V. Macrozoobenthos communities in saline rivers of the hyperhaline lake Elton basin: long-term research. The composition of benthic communities in saline rivers is evolutionarily adapted to the effects of extreme conditions. As a result of long-term studies of five highly mineralized rivers in the hyperhaline Lake Elton basin, 91 species and taxons have been identified as part of macrozoobenthos communities. Insects predominate - 68 species and taxa. Diptera larvae are represented by 43 taxa, of which 25 are species of the family Chironomidae. The level of mineralization, which provides the species with a stable habitat in saline rivers, ranges from 4.0 to 41.4 g / l. The main regularities of changes in bottom communities along the gradient of abiotic factors in saline rivers have been investigated.

Key words: saline rivers, long-term research, bottom communities, abundance, biomass, biodiversity, Lake Elton basin.

В условиях глобального изменения климатических условий процесс «соленизации» влечет за собой изменения в биотической составляющей водоемов и водотоков. В этой связи наибольшую актуальность приобретают многолетние исследования особенностей отношения водных животных к солениности, которая является одним из ведущих абиотиче-

ских факторов среды, воздействующих на гидробионтов [1].

Экосистема оз. Эльтон включает широкий спектр водно-болотных угодий Прикаспийской низменности, сочетающих ботанические, зоологические, геологические, палеонтологические и иные природные объекты, имеющие научное, эстетическое, природоохранное и оздоровительное значение [3].

Исторический обзор исследований и результаты фаунистических сборов преимущественно представителей фито- и зоопланктона изложены ранее [2, 4, 9]. Начиная с 2006 г., сотрудниками Института экологии Волжского бассейна РАН проводятся комплексные исследования планктонных и донных сообществ высокоминерализованных рек [15, 16].

Цель работы – проанализировать результа-

Зинченко Татьяна Дмитриевна, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией, доктор биологических наук, профессор, zinchenko.tdz@yandex.ru; *Головатюк Лариса Владимировна*, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, gollarisa@mail.ru; *Абросимова Элина Владимировна*, младший научный сотрудник, a-elina-v@yandex.ru; *Попченко Тимур Викторович*, младший научный сотрудник

ты многолетних изменений таксономического состава численности и биомассы сообществ макрозообентоса в соленых реках Природного парка «Эльтонский» с учетом оценки воздействия абиотических факторов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Донные сообщества подробно исследованы в 5 соленых реках, впадающих в гипергалинное оз. Эльтон (реки Хара, Ланцуг, Бол. Саморода, Чернавка, Солянка) в разные сезоны 2006–2019 гг. Исследования проведены в апреле, августе 2006–2010 г, в сентябре 2008 г., в мае 2011–2012 гг., в июле 2011 г., в августе 2006–2013 гг., в мае, августе 2014, 2017–2019 гг.

Длина рек варьирует от 5,2 км (р. Чернавка) до 46,4 км (р. Хара). Основное русло рек имеет постоянный поток в среднем и нижнем течении, прерываясь в засушливые годы в верхнем течении. Скорость течения не превышает 1,1 м/сек. Температура воды (в период отбора проб) изменялась от 12 до 33.1°C. По величине минерализации реки относятся к солоноватым (мезогалинным – минерализация до 25 г/л) и соленым (полигалинным, – > 25 г/л). По соотношению главных ионов солевого состава преобладают воды хлоридно-натриево-калиевые и сульфатные; по преобладающим катионам вода относится к натриевой, натрий-магниевой и магниевой группе. Из биогенных элементов содержание общего фосфора и минерального азота характерны для вод эвтрофного типа [6].

Образцы бентоса собирали на 19 постоянных станциях в прибрежье и медиали мезогалинных (Большая Саморода, Хара, Ланцуг) и полигалинных рек Чернавка, Солянка. Взято 11 количественных образцов грунта. Методы сбора и обработки материала, использованные при анализе многолетних данных сообществ макрозообентоса приведены ранее [15, 19]. Для оценки донных сообществ использовали: число видов, численность (экз./м²), биомассу (г/м²), индекс видового разнообразия Шеннона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сообщества макрозообентоса являются постоянным компонентом общего разнообразия экосистемы высокоминерализованных рек. Впервые, в сравнении с довольно скудными литературными сведениями о донной фауне соленых рек, нами установлен 91 таксон макробеспозвоночных, которые относятся к 5 крупным систематическим группам (Oligochaeta, Malacostraca, Branchiopoda, Insecta, Arachnida). Преобладают насекомые – 68 видов и таксонов [7, 14, 17]. Личинки двукрылых представлены 43 таксонами, из которых 25 составляют виды сем. Chironomidae. С частотой встречаемости > 30% в мезогалинных реках обитают представители семейств Ceratopogonidae и Chironomidae: *Gulicoides (M.) riethi*, *Cricotopus salinophilus*, *Chironomus salinarius*, а в полигалинных реках высока частота встречаемости видов *C. salinophilus*, *Palpomyia schmidtii* и *Ephydra* sp. (сем. Ephydriidae).

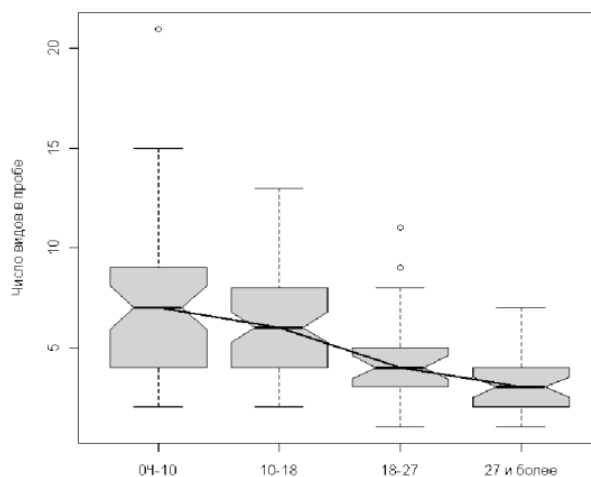


Рис. 1. Изменение числа видов бентоса в условиях градиента солености высокоминерализованных рек Приэльтона

Структура донных сообществ соленых рек определяется преимущественно эвригалинными и галофильными видами различных

экологических групп, выделенных по степени их многолетней встречаемости на различных биотопах рек с разной минерализацией [8, 17, 18]. В условиях биотопических изменений (заращаемость макрофитами, прерывистый

градиент солености, высыхание участков рек и др.) многолетнее формирование донных сообществ с преобладанием галофильных ценозов хирономид *C. aprilius*, *C. salinarius*, *T. kharaensis* отмечено в устьевых участках соленых рек. Уровень минерализации, который обеспечивает видам устойчивое обитание в соленых реках, находится в диапазоне от 4.0 до 41.4 г/л. Отдельные виды (*Artemia salina*, *C. salinophilus*, *Ephydra* sp.) встречаются в зоне река-озеро и при солености > 100 г/л. Достоверное линейное снижение числа видов бентоса регистрируется при солености > 14 г/л (рис.1).

Индекс видового разнообразия Шеннона в сообществах макрозообентоса за период исследований варьировал от 0.05 до 3.29 бит/экз. Между значениями индекса Шеннона и минерализацией существует достаточно тесная и статистически значимая линейная зависимость ($r = -0.489$, $F = 57.08$, $p \cong 0$).

Плотность донного населения в соленых реках варьирует в широких пределах без четко выраженной закономерности. Отмечается значительный размах многолетних и внутригодовых колебаний численности донных организмов в мае и августе, что характерно для бентоса всех рек. Сезонная и межгодовая изменчивость состояния донных сообществ определяется, как правило, массовыми «вспышками» численности отдельных видов животных (рис. 2) при различных сценариях изменения климатических, гидролого-гидрохимических и биотических факторов. Так, в среднем течении р. Ланцуг в мае 2011 г. при минерализации 7.5 г/л численность бентоса достигала 598,4 тыс. экз./м² за счет хирономид *C. salinophilus*. Пики численности обусловлены развитием и размножением видов, дифференцирующих в соленых реках Приэльтонья разные экологические комплексы, в зависимости от их адаптации к экстремальным условиям обитания (Zinchenko et al., 2017). Нами выявлены многолетние (2006-2014, 2017-2019 гг.) изменения структурных характеристик донных сообществ в соленых реках Приэльтонья, которые вызваны значительной вариабельностью абиотических факторов, обуславливающих флуктуационные подъемы численности и биомассы галотолерантных видов донных животных (рис. 2). В условиях динамики абиотических факторов статистическая связь общей численности ($\ln N$) донных сообществ с уровнем минерализации оказалась не выраженной ($r = -0.16$, $F = 4.7$, $p = 0.0315$).

В литературе широко обсуждаются вопросы, связанные с адаптационной способностью гидробионтов к условиям их обитания в меняющейся среде. Известны литературные сведения жизнедеятельности отдельных представителей двукрылых сем. Ephydriidae, Dolichopodidae, жесткокрылых и Heteroptera, имеющих широкий диапазон обитания при солености до 118 г/л. Среди жесткокрылых, представители сем. Hydraenidae, Dytiscidae, Hydrophilidae зарегистрированы в диапазоне солености - до 100 г/л; Corixidae – типичные представители солоноватых и соленых вод, отмечены при солености от 3.5 до 134 г/л. Нами выявлено отсутствие таких групп организмов, как веснянки, ручейники, поденки, личинки стрекоз, пиявки. Последние, согласно литературным данным, являются типичными представителями пресных вод, но в отдельных случаях зарегистрированы при солености не выше 2‰ в диапазоне изучаемой от 0.12 до 31.3‰ или могут встречаться в солоноватых водах до уровня солености 75 г/л [5, 10, 11].

В формировании донных сообществ определяющую роль играет комплекс абиотических факторов, среди которых изменение уровня минерализации и биотопические особенности рек на разных участках являются структурообразующими показателями сообществ макрозообентоса (рис. 3).

Динамичность абиотических факторов оказывает прямое или косвенное влияние на pH водных масс, растворенный кислород, содержание фосфатов, хлорофилла «а» и другие геоморфологические, гидрологические и гидрохимические характеристики водотоков.

Можно констатировать формирование в разные годы специфического ценоза эвригаллиных видов при достаточно низкой минерализации 3–6 г/л (рр. Хара, Б. Саморода, Ланцуг) и сопряженностью с гидролого-гидрохимическими факторами (векторы R, P_{общ.}, Ph, SO₄⁻). Так например, виды олигохет *Limnodrilus profundicula* (Verril, 1871) (OILim.p), хирономид *Chironomus aprilius* Meigen, 1838 (ChChi.a) и ракообразные *Gammarus (R.) lacustris* Sars, 1863 (AmGam.l) характерны для илисто-песчаных биотопов с малыми глубинами, высокой зарастаемостью макрофитами и содержанием биогенных веществ. Высокая продуктивность рек обуславливает массовое развитие эвригаллиных видов олигохет и хирономид *Paranais simplex* Hrabe, 1936 (OIPar.s), *Glyptotendipes paripes* (Edwards, 1929) (ChGly.p), *G. salinus* Michailova, 1987 (ChGly.s), *L. profundicula* (Verril,

1871) (OILim.p). Отдельные виды хирономид и олигохет имеют связь с рН и содержанием в воде сульфат-ионов – *Microchironomus deribae* (Freeman, 1957) (ChMch.d), *Tanytarsus kharaensis* Zorina et Zinchenko, 2009 (ChTar.k), *Nais elinguis* Müller, 1773 (OINai.e) и др. (рис. 3). Как видно, таксоценоз галофильных видов *Berosus fulvus* Kuwert, 1888 (CoBer.f), *Psychoda*

sp. (PsPsy.p), *Palpomyia schmidtii* Goetghebuer, 1934 (CePal.p), *Cricotopus salinophilus* Zinchenko, Makarchenko et Makarchenko, 2009 (ChCri.f), имеет тесную связь с основными ионами и катионами. В состав этого ценоза в разные сезоны входят виды, характерные для рек Чернавка и Солянка.

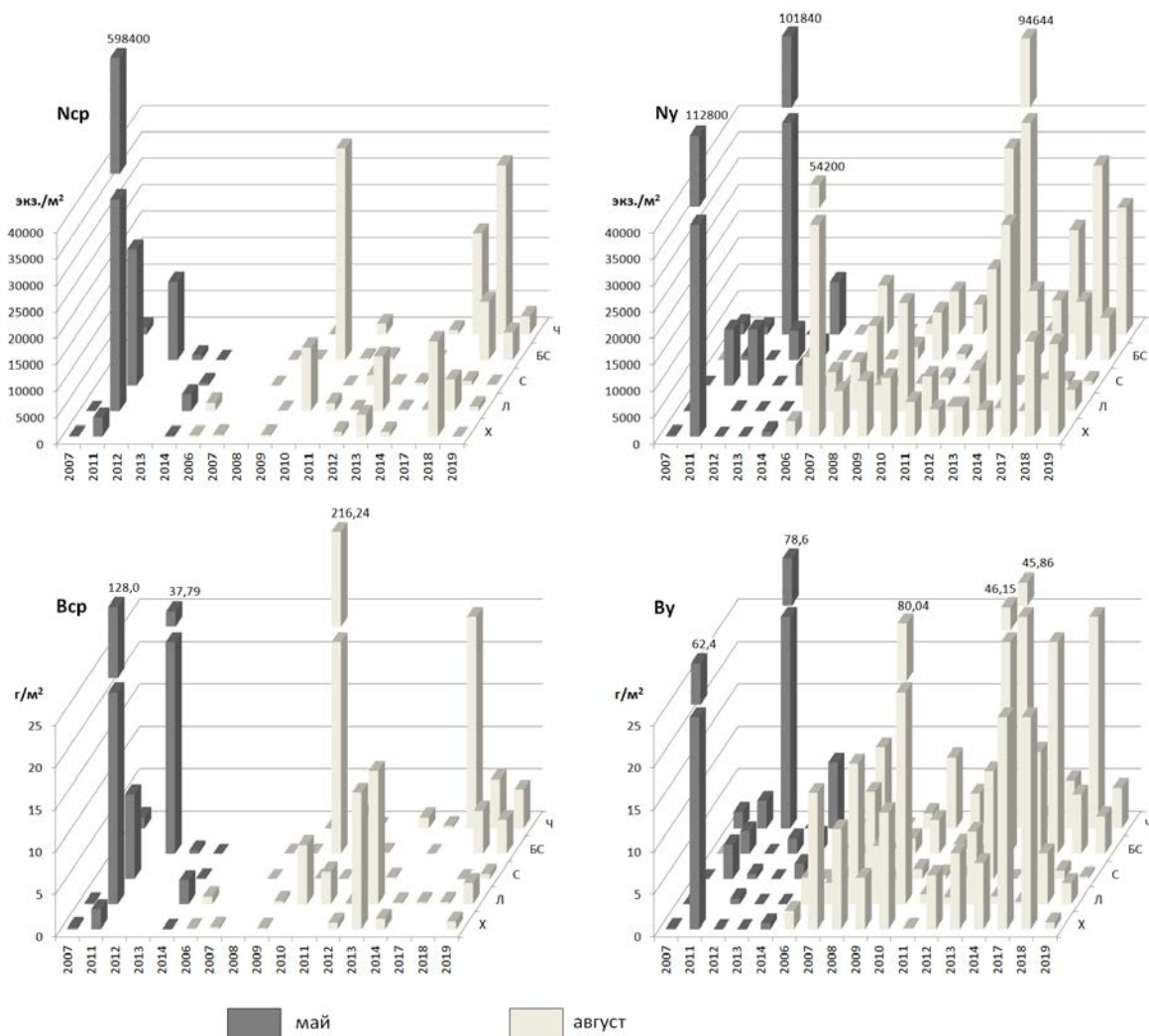


Рис. 2. Многолетняя динамика численности (Nsp, Ny) и биомассы (Vsp, Vy) хирономид в донных сообществах соленых рек в мае и августе на участках среднего (Nsp, Vsp) и нижнего (Ny, Vy) течения рек. Реки: X-Хара, Л-Ланцуг, С- Солянка, БС- Большая Саморода, Ч-Чернавка

В разные годы отмечена статистическая взаимосвязь эфемерных хирономид *D. notatus* и оксифильных олигохет *Enchytraeus issykkulensis* Hrabě, 1935 (OIEh.i), *L. profundicula* (OILim.p), *Potamothrix bedoti* (Piguet, 1913) (OIPot.b) в р.Хара с содержанием кислорода [15].

Для ряда галофильных видов хирономид родов *Chironomus*, *Tanytarsus* и *Cricotopus* изменение концентрации кислорода в придонных горизонтах не являлось средообразующим фактором.

Ординационный анализ связи видового состава донных сообществ соленых рек с факторами среды показал, что таксономическое богатство соленых рек зависит как от уровня минерализации, так и от гидрохимических факторов, включая общее содержание фосфора, изменяющихся в разные сезоны и годы исследований. Важное влияние оказывает специфика ионного соотношения хлоридов и сульфатов.

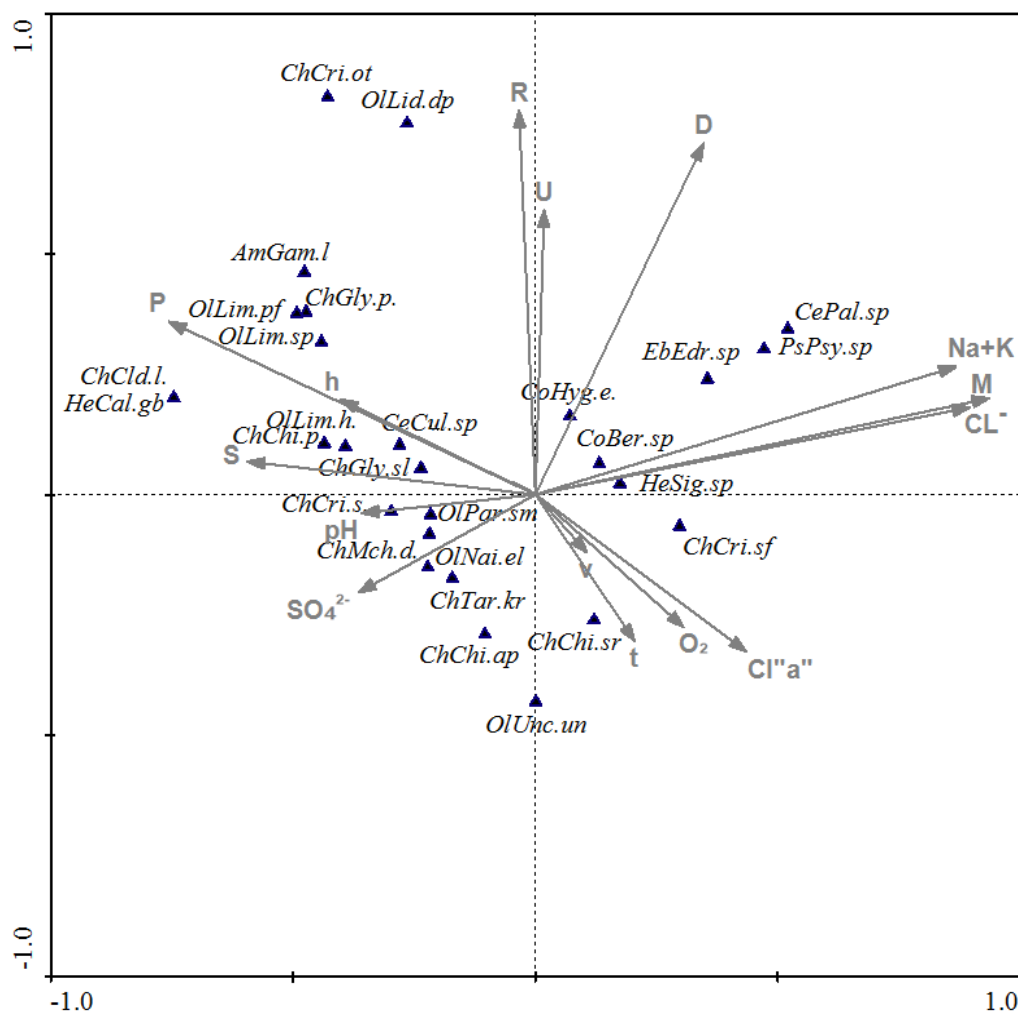


Рис. 3. Ординация взаимосвязи факторов среды и видового состава методом канонического анализа соответствий (ССА); векторы: pH, t – температуры воды; O₂ – содержания кислорода, Cl «a» - содержание хлорофилла «a», M – минерализация воды, Na+K, SO₄²⁻, Cl⁻ – ионы и катионы, D – диаметр частиц грунта; U – уклоны рек, R – степень зарастания, h – глубина реки в месте отбора проб, P – содержание общего фосфора, S – мутность. Коды основных таксонов (треугольники) см.: [17]

Велика роль гидролого-гидрофизических факторов (зарастаемость макрофитами, температура воды, диаметр частиц грунта), определяющих ресурсную обеспеченность донных сообществ, что подтверждается и литературными данными [12].

Таким образом, эвригалинность гидробионтов обеспечивает достаточно устойчивое разнообразие донных сообществ. Отличительной особенностью сообществ бентоса рек аридных территорий являются пространственно-временные и структурно-функциональные изменения в условиях аномальных ситуаций, что приводит к постоянной перестройке гидроэкосистемы при градиенте солености. Уникальность высокоминерализованных рек Приэльтонья проявляется в специфических особенностях таксономического разнообразия донных сообществ, обу-

словленных динамичностью абиотических факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аладин Н.В. Соленостные адаптации Ostracoda и Branchiopoda // Труды Зоологического института РАН. 1996. Т. 265. С. 1-206.
2. Бенинг А.Л., Медведева Н.Б. О микрофауне водоемов окрестностей Эльтона и Баскунчака // Известия краеведческого института изучения Южно-Волжской области. Саратов: Сарполиграфпром, 1926. Т. 1. 39 с.
3. Водно-болотные угодья Приэльтонья. Волгоград. 2005. 28 с.
4. Горелов В.П. Систематический список свободноживущих видов водных беспозвоночных, встречающихся в водоёмах различного типа на территории Волгоградской области. // Рыбохозяйственные исследования в бассейне Волго-Донского междуречья на современном этапе. СПб.: ООО «Квинта Северо-Запад», 2002. С. 197-

238.

5. **Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В.** Соленостная толерантность донных организмов речных вод (обзор) // Аридные экосистемы. 2013. Т. 19, № 3(56). С. 5-11.

6. **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.

7. **Попченко В.И., Головатюк Л.В., Зинченко Т.Д., Попченко Т.В.** Малощетинковые черви (Oligochaeta: Annelida) соленых рек аридной зоны юга России: эколого-фаунистическая характеристика // Российский журнал прикладной экологии. 2015. № 4 (4). С. 3-9.

8. **Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Абросимова Э.В.** Видовое разнообразие донных сообществ соленых рек в экстремальных природных условиях аридного региона Приэльтона (обзор исследований) // Российский журнал прикладной экологии. 2017. № 4. С. 14-21.

9. **Зинченко Т.Д., Шитиков В.К., Головатюк Л.В., Гусаков В.А., Лазарева В.И.** Планктонные и донные сообщества в соленых реках бассейна оз. Эльтон: статистический анализ зависимостей // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24, № 3 (76). С. 89-96.

10. **Boyle T.P., Fraleigh H.D.** Natural and anthropogenic factors affecting the structure of the benthic macroinvertebrate community in an effluent-dominated reach of the Santa Cruz River, AZ // Ecological Indicators. 2003. V. 3. P. 93-117.

11. **Cañedo-Argüelles M., Kefford B.J., Piscart C., Prat N., Schäfer R.B., Schulz C.-J.** Salinisation of rivers: An urgent ecological issue // Environmental Pollution. 2013. 173. P. 157-167.

12. **Gallardo B., Dolédec S., Paillex A., Arscott D.B., Sheldon F., Zilli F., Mérigoux S., Castella E., Comín F.A.** Response of benthic macroinvertebrates to gradients in hydrological connectivity: a compar-

ison of temperate, subtropical, Mediterranean and semi-arid river floodplains // Freshwater Biology. 2014. V. 59, issue 3. P. 630-648.

13. **Piscart C., Usseglio-Polatera P., Moreteau J.-C., Beisel J.-N.** The role of salinity in the selection of biological traits of freshwater invertebrates // Archiv für hydrobiologie. 2005. V. 166. P. 185-198.

14. **Szadziewski R., Golovatyuk L.V., Sontag E., Urbanek A., Zinchenko T.D.** All stages of the Palaearctic predaceous midge *Palpomyia schmidti* Goetghebuer, 1934 (Diptera: Ceratopogonidae) // Zootaxa. 2016. V. 4137, no. 1. P. 85-94.

15. **Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V., Vykhristjuk L.A., Shitikov V.K.** Diversity and Structure of Macrozoobenthic Communities in the Highly Mineralized Khara River (Territory adjacent to Lake Elton) // Biology Bulletin. 2011. V. 38, N. 10. P. 1056-1066.

16. **Zinchenko T.D., Gladyshev M.I., Makhutova O.N., Sushchik N.N., Galina S. Kalachova G.S., Golovatyuk L.V.** Saline rivers provide arid landscapes with a considerable amount of biochemically valuable production of chironomid (Diptera) larvae // Hydrobiologia. 2014. N. 722. P. 115-128.

17. **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.

18. **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.

19. **Zinchenko T.D., Shitikov V.K., Golovatyuk L.V., Abrosimova E.V.** Multidimensional statistical analysis of the structure of planktonic and bottom communities inhabiting mineralized rivers of the Eton Lake basin // Biology Bulletin. 2020. V. 47, No. 10. P. 167-173.