

УДК 574.587:553.774:504.61(470.56)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХЛОРИДНО-НАТРИЕВЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ УРОЧИЩА ТУЗЛУККОЛЬ

Шайхутдинова А. А.^{1,2}

¹*Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Оренбургского федерального
исследовательского центра УрО РАН, Оренбург, Россия*

²*Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
E-mail: varvarushka@yandex.ru*

Впервые проведенные исследования минеральных источников на территории памятника природы регионального значения «Тузлуккольские грязи» (Беляевский район, Оренбургская область) позволили установить таксономический состав макрозообентоса. Отбор проб воды и донных отложений осуществляли по сезонам (весна, лето, осень) 2018 года в трех минеральных источниках, изливающих из солей и гипсов кунгурского яруса ранней перми. Отбор и обработка проб проводилась по общепринятым гидробиологическим методикам.

Общая минерализация хлоридно-натриевых источников варьирует от 15,15 г/л до 164,62 г/л. Вследствие разного уровня минерализации, глубины, типа субстрата, температуры воды источники различаются по составу и структуре сообществ макрозообентоса. В природном окружении минеральных источников зарегистрировано три таксона: Insecta: Diptera – *Culicoides* sp., *Cricotopus salinophilus*, *Ephydra pseudomurina*. В природном окружении скважины 1 обнаружены все три вида, в природном окружении скважины 2 и в минеральном роднике зарегистрировано уникальное бентосное сообщество, полностью сформированное личинками цератопогонид. В целом в гидроэкосистемах, образованных минеральными источниками, формируются сообщества бентофауны с преобладанием личинок *Culicoides* sp. (63,4–100 % численности). Отмеченные виды относятся к галофилам.

Таким образом, в минеральных источниках формируются сообщества галофильных видов, снижено биологическое разнообразие, что характеризует упрощение структуры сообществ макрозообентоса.

Ключевые слова: памятник природы регионального значения «Тузлуккольские грязи»; минеральные источники; биологическое разнообразие; макрозообентос.

ВВЕДЕНИЕ

Оренбургская область располагается в степной зоне, главной особенностью которой является превышение испаряемости над атмосферными осадками, обусловившей засушливость климата. Дефицит атмосферных осадков относительно испаряемости определяет направление и скорость прохождения многих природных процессов в степной зоне, в том числе формирование гидроэкосистем [1].

На территории Оренбургской области в Беляевском районе располагается малая река Тузлукколь. Водосборная площадь реки располагается в восточной части Предуральского краевого прогиба, залегание горных пород которого осложнено соляными куполами, один из которых Тузлуккольский. Соляной купол способствует выходу на поверхность солей и гипсов кунгурского яруса ранней перми. В результате в долине реки Тузлукколь сформировалось заболоченное

соленое урочище, имеющее статус памятника природы регионального значения «Тузлуккольские грязи» [2].

На территории соленого урочища у подножия небольшого холма бьет минеральный родник, а также выбурены две скважины, из которых идет самоизлив рассола. Воды из минеральных источников поступают в реку Тузлукколь и изменяют уровень ее минерализации. Минеральные воды соленого урочища используются в летнее время туристами в бальнеологических целях.

Изучение экологии донных сообществ водоисточников, расположенных в пределах соленого урочища, никогда не проводилось. Поэтому целью работы явилось изучение видового разнообразия и структуры сообществ макрозообентоса минеральных источников урочища «Тузлуккольские грязи».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы были собраны по сезонам (весна, лето, осень) 2018 года в трех ручьях, образованных минеральными источниками, на территории соленого урочища.

Для определения видового разнообразия макрозообентоса отбор образцов с илистых грунтов производили дночерпателем ДАК-100 с площадью захвата 0,01 м², с каменисто-галечниковых – гидробиологическим скребком с длиной ножа 16 см. Грунт промывали через ситовую ткань с размером ячеек 300 мкм. Донных беспозвоночных фиксировали 4 % раствором формальдегида. Бентос изучали в фиксированном состоянии с использованием световых микроскопов марки МБС-2 и Standart-25 (Carl Zeiss) и определяли по возможности до вида или более крупных таксономических рангов [3]. Отбор и обработка проб макрозообентоса проводилась по общепринятым в гидробиологии методикам [4]. Определяли видовой состав, численность и биомассу донных беспозвоночных с последующим пересчетом на 1 м². Доминирование групп макрозообентоса в сообществе оценивали их по процентной доле от общей численности и биомассы.

Отбор проб воды для химического анализа, хранение, транспортировку и подготовку к исследованиям проводили в соответствии с ГОСТ 31861-2012. Гидрохимический анализ проб воды осуществляли по стандартным методикам на базе аккредитованной лаборатории г. Оренбурга ФГБУ Государственный центр агрохимической службы «Оренбургский».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Химический состав и качество вод природных водоемов оказывают влияние на структуру бентоценозов. Так по результатам проведенных исследований выявлено, что исследуемые воды представляют собой бесцветную прозрачную жидкость без посторонних включений и без запаха.

Вокруг самоизливающейся скважины 1 образуется небольшая заводь с вязким черным илом с запахом сероводорода глубиной 0,1 м и шириной 0,5 м. Вода из самоизливающейся скважины 2 образует небольшой ручей протяженностью 0,5 м шириной 0,1 м с каменистым субстратом. Минеральный родник также образует ручей с каменисто-песчаным грунтом шириной 0,2 м и глубиной 0,1 м (табл. 1).

Таблица 1

Физико-географическая характеристика минеральных источников урочища Тузлукколь

№ станции	Местоположение	Координаты с.ш., в.д.	Глубина, м	Ширина, м	Скорость течения, м/с	Характер грунта
1	самоизливающаяся скважина 1	51°28'57", 56°60'35"	0,10	0,50	0,01	илистый
2	самоизливающаяся скважина 2	51°28'58", 56°60'35"	0,02	0,10	0,02	каменистый
3	минеральный источник	51°28'72", 56°60'39"	0,10	0,20	0,01	каменисто-песчаный

Согласно существующей классификации [5] вода из самоизливающейся скважины 2 относится к гипергалинным водам, из родника и скважины 1 – к солоноватым (табл. 2). Высокие показатели общей минерализации исследуемых вод объясняются территориальными и климатическими особенностями урочища. Территория памятника природы образована Тузлуккольским соляным куполом и для нее характерно поверхностное залегание солей [6]. Также для исследуемой территории характерны жаркое, с частыми суховеями, лето и суровая малоснежная зима. Количество атмосферных осадков составляет 250–390 мм в год, при этом интенсивность испарения в летнее время достигает 850 мм. Количество осадков уменьшается соразмерно с увеличением температуры атмосферного воздуха [1]. Совокупность этих факторов способствует поддержанию высоких показателей минерализации в исследуемых водоисточниках.

Все источники на территории урочища характеризуются хлоридно-натриевым составом вод (табл. 2). Температура в течение года колеблется от 9 до 12 °С и характеризуется как холодная.

По водородному показателю воды из скважин во все сезоны относятся к нейтральным. Вода из родника характеризуется как слабощелочная (табл. 2).

Более подробная характеристика гидрохимических и микробиологических особенностей источников урочища Тузлукколь была опубликована ранее [7].

Концентрация растворенного кислорода во всех источниках максимальной была весной и составляла 10,3 мг/л, 9,0 мг/л и 4,4 мг/л (94,2 %, 82,4 %, 39,3 % насыщения соответственно) (табл. 2). В летний и осенний периоды достигала критических значений – от 0,6 до 2,7 мг/л (5,8–23,7 % насыщения). Нехватка кислорода в водоеме может привести к заморным явлениям, сопровождающимся гибелью большинства гидробионтов. При низком уровне растворенного кислорода водоем заселяют личинки эвриоксибионтных видов – некоторые виды хирономид, олигохеты, мухи. Отдельные представители донных беспозвоночных хорошо переносят почти полное его отсутствие [8, 9].

Таблица 2

**Некоторые гидрохимические показатели воды минеральных источников
урочища Тузлукколь (октябрь 2018 г)**

№ стан-ции	Химический состав и температура воды (формула Курлова)	Содержание растворенного кислорода по сезонам, м/г		Степень насыщения воды кислородом, %
1	$M_{24,23} \frac{Cl_{93}SO_{4,5}}{Na_{95}} T_{10^{\circ}} pH_{7.7}$	весна	10,3	94,2
		лето	2,7	23,7
		осень	0,9	7,9
2	$M_{164.62} \frac{Cl_{195}}{Na_{97}} T_{10^{\circ}} pH_{7.4}$	весна	9,0	82,4
		лето	1,0	8,8
		осень	0,6	5,8
3	$M_{15.15} \frac{Cl_{72}SO_{4,24}}{Na_{77}Ca_{13}Mg_8} T_{11^{\circ}} pH_{7.8}$	весна	4,4	39,3
		лето	1,5	14,0
		осень	0,7	6,3

В составе макрозообентоса в минеральных источниках зарегистрировано 3 таксона: Insecta: Diptera – *Culicoides* sp., *Cricotopus salinophilus*, *Ephydra pseudomurina* (табл. 3).

Количество видов макрозообентоса в исследуемых источниках колеблется от 1 (минеральный родник, скважина 2) до 3 (скважина 1) (табл. 3).

Во все сезоны 2018 года наиболее распространенными видами в природном окружении скважины 1 являются личинки *Culicoides* sp. Их наибольшая численность (10175 экз./м²) отмечается в осенний период 2018 года (табл. 3). Цератопогониды *Culicoides* sp. развиваются в массе совместно с личинками двукрылых насекомых *Cricotopus salinophilus*, которые являются типичными галофилами.

В природном окружении скважины 2 и в минеральном роднике зарегистрировано уникальное бентосное сообщество, полностью сформированное личинками цератопогонид (табл. 3).

Во всех минеральных источниках урочища Тузлукколь обнаружено отсутствие моллюсков, личинок стрекоз, ручейников, веснянок, вислокрылок, поденок и др., которые являются типичными обитателями пресных водоемов.

Численность представителей донных сообществ изменяется от 12 до 12824 экз./м², биомасса – от $5,5 \cdot 10^{-3}$ до 6,31 г/м² (табл. 3).

Во все сезоны в минеральных источниках урочища Тузлукколь формируются сообщества цератопогонид с доминированием 63,4–85,9 % в природном окружении скважины 1 (рис. 1) и 100 % в природном окружении скважины 2 и роднике.

Изменения показателей численности и биомассы макрозообентоса сопровождались и изменениями в структуре сообществ.

Таблица 3

Численность и биомасса макрозообентоса в минеральных источниках урочища Тузлукколь по сезонам года

Виды и таксоны	сезон		
	весна	лето	осень
самоизливающаяся скважина 1			
Diptera			
Ceratopogonidae			
<i>Culicoides</i> sp.	$\frac{175}{0,08}$	$\frac{1675}{0,54}$	$\frac{10175}{5,25}$
Chironomidae			
<i>Cricotopus salinophilus</i> Zinchenco, Makarchenco et Makarchenco, 2009	$\frac{88}{0,04}$	$\frac{250}{0,1}$	$\frac{2637}{1,00}$
Ephydriidae			
<i>Ephydra pseudomurina</i> Krivosheina, 1983	$\frac{13}{0,10}$	$\frac{25}{0,20}$	$\frac{12}{0,06}$
самоизливающаяся скважина 2			
Diptera			
Ceratopogonidae			
<i>Culicoides</i> sp.	–	$\frac{113}{0,05}$	–
минеральный родник			
Diptera			
Ceratopogonidae			
<i>Culicoides</i> sp.	$\frac{12}{5,5 \cdot 10^{-3}}$	$\frac{3350}{0,52}$	–

Примечание: над чертой – численность, экз./м²; под чертой – биомасса, г/м² донных беспозвоночных

Для определения видовой структуры сообществ макрозообентоса использовали классификацию В. Я. Леванидова [10], согласно которой к доминантным видам относятся представители с общей численностью и биомассой 15 % и более, субдоминанты составляют от 5,0 до 14,9 %, на долю второстепенных видов приходится от 1,0 до 4,9 % (табл. 4).

Во все сезоны к категории доминантов по численности и биомассе в ручье, образованном водами скважины 1, относились личинки цератопогонид *Culicoides* sp.

В мае к категории доминантов по численности были отнесены *Culicoides* sp. и *Cricotopus salinophilus*. Категория второстепенных видов включала личинок мух-береговушек *Ephydra pseudomurina*. В июле снизилась численность *Cricotopus salinophilus* и они стали относиться к субдоминантам, что также связано с массовым вылетом имаго. К второстепенным видам относились личинки *Ephydra pseudomurina*. В октябре 2018 года к доминантам вновь стали относиться *Culicoides* sp. и *Cricotopus salinophilus*.

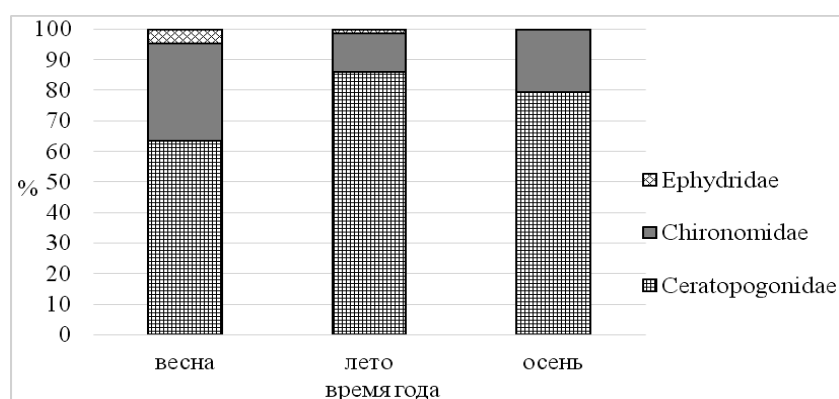


Рис. 1. Распределение основных таксономических групп макрозообентоса в природном окружении скважины 1 по сезонам 2018 года

Таблица 4

Структура видового состава в природном окружении скважины 1 урочища Тузлукколь

Категория	Сезон года		
	весна	лето	осень
по численности			
доминанты	<i>Culicoides</i> sp. 63,4 % <i>Cricotopus salinophilus</i> 31,9 %	<i>Culicoides</i> sp. 85,9 %	<i>Culicoides</i> sp. 79,3 % <i>Cricotopus salinophilus</i> 20,6 %
субдоминанты	—	<i>Cricotopus salinophilus</i> 12,8 %	—
второстепенные виды	<i>Ephydra pseudomurina</i> 4,7 %	<i>Ephydra pseudomurina</i> 1,3 %	—
по биомассе			
доминанты	<i>Ephydra pseudomurina</i> 45,5 % <i>Culicoides</i> sp. 36,4 % <i>Cricotopus salinophilus</i> 18,2 %	<i>Culicoides</i> sp. 64,3 % <i>Ephydra pseudomurina</i> 23,8 %	<i>Culicoides</i> sp. 83,2 % <i>Cricotopus salinophilus</i> 15,9 %
субдоминанты	—	<i>Cricotopus salinophilus</i> 11,9 %	—
второстепенные виды	—	—	<i>Ephydra pseudomurina</i> 1,0 %

По биомассе в мае 2018 года к категории доминантов были отнесены все обнаруженные виды: *Culicoides* sp., *Cricotopus salinophilus* и *Ephydra pseudomurina*.

В июле снизилась биомасса хирономид и они перешли в категорию субдоминантов. *Culicoides* sp. и *Ephydra pseudomurina* отнесены в летний период к категории доминантов. Осенью 2018 года по биомассе к доминантам относятся *Culicoides* sp. и *Cricotopus salinophilus*. Субдоминанты в сообществе не представлены. К второстепенным видам относятся личинки *Ephydra pseudomurina*.

Таким образом, значительный градиент минерализации в источниках формирует гидрохимические особенности в экосистемах. В результате в природном окружении минеральных источников в составе макрозообентоса развиваются галофильные личинки двукрылых насекомых родов *Cricotopus*, *Culicoides* и *Ephydra*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Минеральные источники на территории соленого урочища «Тузлуккольские грязи» относятся к хлоридно-натриевой группе. Однако вследствие разного уровня минерализации, глубины, типа субстрата, температуры воды источники различаются по составу и структуре сообществ макрозообентоса. Закономерных изменений численности и биомассы донных беспозвоночных за период исследований не обнаружено, что связано с интенсивным использованием данной территории в летний период года туристами из Оренбургской области и республики Казахстан. В результате неорганизованной бальнеологической деятельности гидробионты подвергаются антропогенному воздействию и часть живых организмов гибнет. Также численность и биомасса амфибиотических насекомых снижается в результате вылета имаго.

Отличительная особенность сообществ макрозообентоса природного окружения минеральных источников обусловлена адаптационными особенностями галофильных видов *Cricotopus salinophilus* и *Culicoides* sp. к обитанию в экстремальных условиях.

Увеличение минерализации приводит к снижению видового разнообразия в минеральных источниках и показывает смену доминирующих видов на фоне общего снижения числа видов, что характеризует упрощение структуры донных сообществ.

Список литературы

1. Нестеренко Ю. М. Природные воды Южного Урала : формирование и использование / Ю. М. Нестеренко, М. Ю. Нестеренко. – Екатеринбург : УрО РАН, 2016. – 244 с.
2. Чибилев А. А. Природное наследие Оренбургской области : особо охраняемые природные территории / А. А. Чибилев, В. М. Павлейчик, А. А. Чибилев (мл). – Оренбург : УрО РАН, Печатный дом «Димур», 2009. – 328 с.
3. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / Под ред. С. Я. Цалолыхина. Том 4 Двукрылые насекомые. – СПб. : Наука, 2000. – 579 с.
4. Абакумов В. А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В. А. Абакумов. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.
5. Константинов А. С. Общая гидробиология / Константинов А. С. – Москва : Высшая школа, 1986. – 472 с.

6. Петрищев В. П. Солянокупольный ландшафтогенез : морфоструктурные особенности геосистем и последствия их техногенной трансформации / Петрищев В. П. – Екатеринбург : УрО РАН, 2011. – 310 с.
7. Шайхутдинова А. А. Гидрохимические и микробиологические особенности источников урочища Тузлукколь / А. А. Шайхутдинова, О. А. Гоголева // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Биоэкологическое краеведение : мировые, российские и региональные проблемы», 16 ноября 2018 г., г. Самара, Российская Федерация / Самарский государственный социально-педагогический университет. – Самара : СГСПУ, 2018. – С. 137–139.
8. Зинченко Т. Д. Биоразнообразие и структура сообществ макрозообентоса соленых рек аридной зоны юга России (Приэльтонье) / Т. Д. Зинченко, Л. В. Головатюк // Аридные экосистемы. – 2010. – Том 16. – № 3 (43). – С. 25–33.
9. Halpern M. Chironomid microbiome / M. Halpern, Y. Senderovich // Microb Ecol. – 2015. – Vol. 70. – P. 1–8. DOI:10.1007/s00248-014-0536-9с.
10. Леванидов В. Я. Биомасса и структура донных биоценозов реки Кедровой / В. Я. Леванидов // Пресноводная фауна заповедника «Кедровая падь». – Владивосток. – 1977. – Т. 45 (148). – С. 126–159.

ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SODIUM CHLORIDE MINERAL SOURCES AT THE TUZLUKKOL TRACT

Shayhutdinova A. A.^{1,2}

¹*Institute of cellular and intracellular symbiosis of Orenburg Federal research center of Ural branch RAS, Orenburg, Russia*

²*Orenburg state University, Orenburg, Russia*

E-mail: varvarushka@yandex.ru

For the first time, studies of mineral sources on the regional importance nature monument «Tuzlukkol mud» (Belyaevsky district, Orenburg region)'s territory allowed us to establish the taxonomic composition of macrozoobenthos. Sampling of water and bottom sediments was carried out by the seasons (spring, summer, autumn) of 2018 in three mineral springs pouring out of the Kungur early Permian stage's salts and gypsum. The sampling and processing were carried out according to generally accepted hydrobiological methods.

The total mineralization of sodium chloride sources varies from 15.15 g/l to 164.62 g/l. Due to different mineralization levels, depth, substrate type, water temperature, the sources differ in composition and macrozoobenthos communities' structure. Three taxa are registered in the natural environment of mineral springs: Insecta: Diptera – *Culicoides* sp., *Cricotopus salinophilus*, *Ephydra pseudomurina*. In the natural environment of well 1, all three species were found; in the natural environment of well 2 and in the mineral spring a unique benthic, fully formed by ceratopogonid larvae community was found. In general, in the hydroecosystems, formed by mineral springs, communities of benthofauna are formed with the predominance of the larvae *Culicoides* sp. (63.4–100 % of the population). Marked species are halophiles.

The number of benthic communities' representatives at river stations varies from 12 to 9438 ind./m² and the biomass varies from 5.5·10⁻³ to 6.31 g/m².

The average biomass of bottom fauna representatives was 0.07 g/m² in May, 0.99 g/m² in July, 1.26 g/m² in October.

The benthic communities structure was dominated by the Chironomidae larvae, constituting 99.73 % and 95.47 % of the aquatic organisms total number and total biomass, respectively.

In all seasons, the chironomids *Culicoides* sp.larvae belong to the dominants category in terms of abundance and biomass within «The Tuzlukköl Mud», the natural monument of regional importance.

Thus, the halophilic species communities form in mineral springs, and biological diversity is reduced, which characterizes the simplification of the macrozoobenthos communities' structure.

Keywords: regional significance nature monument «Tuzlukköl mud»; mineral springs; biodiversity; macrozoobenthos.

References

1. Nesterenko Yu. M. and Nesterenko M. Yu., *Natural waters of the southern Urals: formation and use*, 244 p. (UB RAS, Ekaterinburg, 2016).
2. Chibilyov A. A., Pavlejchik V. M. and Chibilev A. A., *The Natural heritage of the Orenburg region: protected areas*, 328 p. (Printing house «Dimur», Orenburg, 2009).
3. Tsalolikhin S. Y., *The key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories*, 579 p. (Science, Saint-Petersburg, 2000).
4. Abakumov V. A., *A Manual on methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments*, 240 p. (Gidrometeoizdat, Leningrad, 1983).
5. Konstantinov A. S., *General Hydrobiology*, 472 p. (High school, Moscow, 1986).
6. Petrishchev V. P., *Salt Dome landscape Genesis: morphostructural features of geosystems and consequences of their technogenic transformation*, 310 p. (UB RAS, Ekaterinburg, 2011).
7. Shayhutdinova A. A. and Gogoleva O. A., Hydrochemical and microbiological features sources tract Tazlocale, *Materials of VII International scientific-practical conference "Bioecological study and regional issues"* (SGSU, Samara, 2018), p. 137.
8. Zinchenko T. D. and Golovatyuk L. V., Biodiversity and structure of macrozoobenthos communities of salty rivers of the arid zone of the South of Russia (Prieltonye), *Arid ecosystems*, **3**, 25 (2010).
9. Halpern M. and Senderovich Y., Chironomid microbiome, *Microb Ecol.* **70**, 1 (2015).
10. Levanidov V. Ya., Biomass and structure of bottom biocenoses of the river Kedrovaya, *Freshwater fauna of the reserve «Kedrovaya pad»*, **45**, 126 (1977).