

УДК 574. 5.52

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ УСТЬЕВЫХ УЧАСТКОВ СОЛЕННЫХ РЕК БАСЕЙНА ОЗ. ЭЛЬТОН

© 2014 Т.Д. Зинченко, Л.В. Головатюк, В.И. Номоконова

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Поступила 23.06.2014

Представлены результаты гидролого-гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических исследований устьевых участков соленых рек Хара, Ланцуг и Чернавка в контактной зоне: река-озеро. Дана характеристика таксономического состава, структурных показателей и межгодовой динамики сообществ макрозообентоса в условиях градиента абиотических факторов. Изменения структуры донных сообществ в устьевых участках контактной зоны река-озеро проявляются в соленых реках возрастанием численности и биомассы бентоса (р.Черновка, р.Хара).

Ключевые слова: высокоминерализованные реки, макрозообентос, устьевые участки, контактная зона

ВВЕДЕНИЕ

Изучение процессов, происходящих в контактных (пограничных) зонах гидросферы в связи с активизацией в них физико-химических и биологических взаимодействий, всегда привлекало внимание исследователей [4, 2, 13] и мн. др. Как правило, такие зоны, осуществляя функцию соединения различных природных сред, имеют специфическую структуру и служат местом формирования и сохранения биологического разнообразия [10].

Величина градиента факторов воздействия, определяющего разнообразие биоты и функционирование речных сообществ, в значительной степени проявляется в устьевых участках соленых рек, впадающих в гипергалинные озера. В этой связи особую важность приобретают исследования особенностей структурной организации донных сообществ в контактной зоне соленые реки – оз. Эльтон (Волгоградская область).

Устьевые зоны рек выбраны в качестве объекта сравнения с речными участками и прибрежной зоной озера. Особое внимание уделяется воздействию абиотических факторов, таких как минерализация, содержание кислорода, рН воды. Учитывается влияние сгонно-нагонных ветров, действующих дискретно и создающих определенный временной, пространственный и сезонный градиент воздействия.

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Водотоки с естественным высоким уровнем минерализации связаны с аридными регионами

мира и расположены, преимущественно, в степной полосе и полупустынях [1, 12].

Природно-территориальный комплекс Приэльтона, где проводились исследования, находится на юго-востоке Европейской территории России, в пределах северной части Прикаспийской низменности. Климат региона континентальный. Температурный режим отличается амплитудой экстремальных температур (более 86°C) с абсолютным минимумом в январе (-36,1°C) и абсолютным максимумом в августе (41,1°C). Для района характерны высокая степень засушливости с резким дефицитом осадков и активный ветровой режим [3].

Притоками крупнейшего в Европе самосадочного оз. Эльтон являются 7 рек: Хара, Ланцуг, Чернавка, Солянка, Большая Саморода, Малая Саморода, Карантинка (рис. 1). Они представляют собой мелководные равнинные водотоки с хорошо проработанными ассиметричными долинами, извилистыми руслами и медленным течением воды. Исследования проводились на реках рек Хара, Ланцуг и Чернавка, имеющих разветвленную сеть протоков.

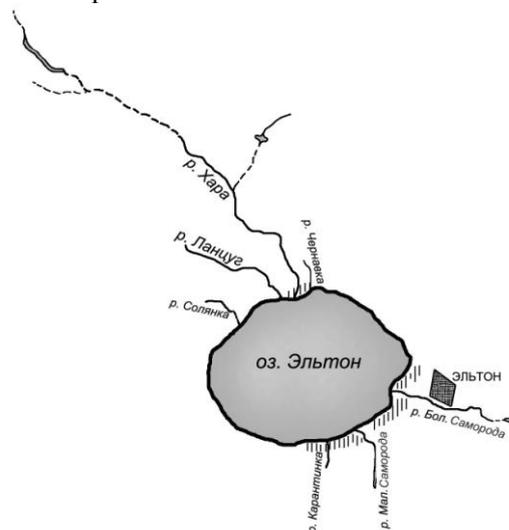


Рис. 1. Карта-схема региона исследований

Зинченко Татьяна Дмитриевна, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией экологии малых рек, tdz@mail333.com; *Головатюк Лариса Владимировна*, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, gollarisa@mail.ru; *Номоконова Валентина Ивановна*, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, vnomokonova@mail.ru

Питание водотоков осуществляется за счет подземных вод и атмосферных осадков. Биотопы в реках представлены мощными черными и серыми илами, заиленными песками, часто с примесью растительных остатков и глины. Устьевые участки рек служат местами откорма многих про-

летных, перелетных и аборигенных видов птиц, объектами питания которых являются в основном организмы макрозообентоса и нектобентоса. В табл. 1 представлены гидрографические и гидрологические характеристики рек.

Таблица 1. Гидрографические и гидрологические показатели рек

Показатель	Река		
	Хара	Ланцуг	Чернавка
Координаты, устье	49° 12' N 46° 39' E	49° 12' N 46° 38' E	49° 12' N 46° 40' E
Высота истока (м)	21	21	8
Высота устья (м)	-21	-20	-20
Падение (м)	42	41	28
Уклон (‰)	0.91	2.06	5.38
Длина (км)	46.4	19.9	5.2
Площадь водосбора (км ²)	177.0*	126.0	18.4
Скорость течения (min-max, м с ⁻¹)	0.01-1.1	0.04-0.23	0.05-0.4
Расход воды в мае (устье, м ³ с ⁻¹)	0.22	0.36	0.061
Ширина (min-max, м), речной участок	3.0-20.0	1.5-20	1.0-3.0
Ширина (min-max, м), устье	6.0-59.0	10.0-45.0	1.0-8.0
Глубина (min-max, м), речной участок	0.25-0.70	0.10-1.60	0.15-0.3
Глубина (min-max, м), устье	0.05-0.50	0.05-1.10	0.05-0.8
Преобладающий тип грунта в устье	черный и серый ил	черный ил	мелкозернистый заиленный песок

*(по: 3)

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Гидрологические, гидрохимические и гидробиологические исследования соленых рек Хара, Ланцуг и Чернавка проводили в апреле-сентябре 2006-2013 гг.

Отбор проб зообентоса осуществляли в прибрежье и медиали рек стандартными методами, принятыми при проведении гидробиологических исследований [9]. Отбор проб бентоса осуществляли штанговым дночерпателем (площадь захвата 1/400 м²) и гидробиологическим скребком (длина ножа 20 см). Особое внимание уделено отбору проб в устьевых участках рек. За период исследований взято 48 проб. В августе 2013 г. на р. Хара количественные пробы бентоса отбирали, начиная от границы раздела река – озеро через каждые 400 м на протяжении 2 км до начала среднего участка.

Грунт промывали через капроновый газ (размер ячеек 300-310 мкм). Образцы бентоса фиксировали 4%-ым раствором формальдегида. Камеральную обработку собранного материала проводили согласно методике [7].

В местах отбора проб бентоса измеряли гидрологические и физико-химические параметры рек, осуществляли забор воды для проведения гидрохимического анализа. Дана оценка содержания хлорофилла «а» [8]. Температуру воды, содержание кислорода и pH измеряли в полевых условиях с помощью портативных приборов: измерителя pH и температуры (HI 98127) и анализатора растворенного кислорода (МАРК-302Э) Аналитическая обработка гидрохимических об-

разцов воды произведена аккредитованной гидрохимической лабораторией ООО «Центр мониторинга водной и геологической среды» г. Самара.

Для характеристики сообществ макрозообентоса использовали такие показатели, как число видов, численность (экз./м²), биомасса (г/м²); индекс видового разнообразия Шеннона [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Протяженность устьевых участков рек Хара, Ланцуг и Чернавка, где происходит смешение речных и озерных вод, достигает 1 км и более, в зависимости от направления и силы дующих со стороны озера ветров. Среднегодовая скорость ветра составляет 3,8 м/с⁻¹. Эта контактная зона подвергается таким экстремальным воздействиям, как перепады солености и температуры. Устья рек характеризуются малыми глубинами (0,05-0,8 м), экстремально высокими летними температурами воды (до 33,1°C) и значительными концентрациями растворенного кислорода (до 46 мг/л⁻¹) (табл. 1, 2). Зарастаемость прибрежной зоны макрофитами не превышает 20%.

В сравнении с устьевыми участками, речные участки (среднее течение), характеризуются большими глубинами (0,1-1,6 м), меньшими величинами ширины русла, температуры воды и содержания растворенного кислорода (табл. 1, 2). Зарастаемость берегов на речных участках достигает 80%.

Минерализация воды в устьях рек изменяется в широких пределах (от 10,7 до 41,4 г л⁻¹), достигая максимальных значений в период поступле-

ния гипергалинных вод озера (табл. 2). В реках Хара и Ланцуг происходит возрастание уровня минерализации от среднего течения к устью; в р. Чернавка минерализация на всех исследованных участках соответствует уровню 25,1-31,7 г л⁻¹ (табл. 2). Соленость воды оз. Эльтон в местах впадения рек достигает 112,5 г л⁻¹.

Реки являются эвтрофными водотоками с высоким содержанием автохтонного органического вещества [8]. Например, величина С1 «а» в воде устьевого участка р. Хара, включая воды озера, находилась в пределах 227,8-551,2 мг м⁻³.

В составе донных сообществ рек Хара, Ланцуг и Чернавка за период исследований (2006-2013 гг.) зарегистрировано 79 видов и таксонов беспозвоночных. Наибольшим разнообразием характеризуются личинки двукрылых (39 видов и таксонов), олигохеты (16 видов) и жуки (13 видов) [6].

Для выявления наличия краевого эффекта проведен сравнительный анализ структурных показателей зообентоса устьевых, граничных с ними речных участков и прибрежной зоны оз. Эльтон. Данные, приведенные в табл. 3, свидетельствуют о том, что существенных различий в видовом богатстве и разнообразии бентоса в зоне смешения речных и озерных вод не наблюдается. Локально, только в устье р. Чернавка зарегистрировано 25 видов, что на 9 видов больше, чем в среднем течении (табл. 3). Что касается динамики средне-многолетних величин численности и биомассы бентоса, то в реках Хара и Чернавка отмечается их увеличение в устьевых участках в 2-3 раза, тогда как в р. Ланцуг наблюдается обратная тенденция: плотность и биомасса гидробионтов уменьшаются в 8 раз. В самом оз. Эльтон зарегистрировано резкое обеднение донной фауны, численности и биомассы бентоса (табл. 3).

Таблица 2. Физико-химические показатели (min-max) воды рек Хара, Ланцуг, Чернавка (апрель 2007 г., май 2011 г., июль 2011 г., август 2006-2013 гг., сентябрь 2008 г.)

Показатель	Река					
	Хара		Ланцуг		Чернавка	
	среднее течение	устье	среднее течение	устье	среднее течение	устье
pH	7.1-8.0	7.2-8.5	6.9-8.9	7.3-8.8	7.1-8.1	6.5-8.3
O ₂ (мг л ⁻¹)	4.9-11.1	11.5-31.3	1.8-16.1	4.8-46.0	4.8-17.9	7.0-33.8
Температура (°C)	12.0-18.3	14.9-29.2	14.9-26.0	16.1-33.1	13.2-23.0	12.5-31.3
Общая минерализация (г л ⁻¹)	11.01-13.75	12.52-41.38	4.64-12.0	10.68-30.0	27.54-31.19	25.60-31.70
Na ⁺ +K ⁺ (г л ⁻¹)	2.13-3.28	3.12-12.31	1.19-3.41	2.79-9.07	7.99-10.41	3.43-10.01
Ca ²⁺ (г л ⁻¹)	0.50-1.20	0.52-0.99	0.20-0.42	0.50-0.80	1.02-1.60	0.87-1.44
Mg ²⁺ (г л ⁻¹)	0.38-1.10	0.47-1.59	0.13-0.20	0.45-1.17	0.40-0.89	0.49-1.22
Cl ⁻ (г л ⁻¹)	4.62-6.75	5.95-22.40	2.06-3.04	5.75-18.64	16.12-18.44	10.24-19.17
SO ₄ ²⁻ (г л ⁻¹)	2.04-2.94	1.72-3.99	0.55-4.27	1.00-2.99	0.55-0.80	0.40-0.96
HCO ₃ ⁻ (г л ⁻¹)	0.23-0.38	0.21-0.42	0.30-0.44	0.16-0.38	0.37-0.42	0.21-0.32
PO ₄ -P (мг л ⁻¹)	0.005-0.065	0.003-0.333	0.836-1.520	0.002-0.851	0.004-0.085	0.001-0.168
Робщ. (мг л ⁻¹)	0.714-0.751	0.119-0.397	1.290-2.773	0.184-0.284	0.053-0.245	0.078-0.250
NH ₄ ⁺ -N (мг л ⁻¹)	11.45-13.31	9.56-10.07	0.42-3.20	4.63-10.63	42.40-45.92	30.80-41.99
NO ₃ ⁻ -N (мг л ⁻¹)	0.494-1.786	0.516-2.143	0.003-0.139	0.056-1.125	0.136-0.193	0.125-2.386

Таблица 3. Структурные показатели донных сообществ различных участков соленых рек и оз. Эльтон (апрель-сентябрь 2006-2013 гг.)

Показатель	Река						оз. Эльтон
	Хара		Ланцуг		Чернавка		
	Речной участок	Устье	Речной участок	Устье	Речной участок	Устье	
Число таксонов	24	24	48	30	16	25	2
Численность, тыс. экз. м ⁻²	<u>3.21±0.69</u> 0.24-12.34	<u>11.62±2.25</u> 0.01-112.8	<u>59.81±29.53</u> 0.08-598.40	<u>7.27±1.29</u> 0.34-26.01	<u>8.02±1.60</u> 2.03-15.46	<u>17.45±4.80</u> 0.09-137.6	<u>0.04±2.57</u> 0.04-0.05
Биомасса, г м ⁻²	<u>5.24±1.45</u> 0.17-17.17	<u>8.46±1.44</u> 0.08-62.4	<u>19.04±6.40</u> 0.1-128.0	<u>9.11±2.25</u> 0.11-80.1	<u>4.46±0.61</u> 0.61-9.11	<u>13.53±3.30</u> 0.07-83.72	<u>0.03±0.01</u> 0.02-0.04
Индекс Шеннона, бит экз ⁻¹ (min-max)	0.72-2.18	0.01-2.43	0.01-2.47	0.01-2.61	0.06-1.19	0.01-0.99	0.09-0.12

Примечание: над чертой – средняя численность, биомасса и стандартная ошибка; под чертой – минимальное-максимальное значения численности и биомассы.

Распределение видов и плотность зообентоса в устьевом и граничных с ним (среднее течение, озеро) участках показано на примере р. Хара по данным за август 2013 г. (табл. 4, рис. 2).

Так, таксономический состав зообентоса включал 13 видов, которые распределялись следующим образом: 5 зарегистрированы в зоне среднего течения реки, 6 – в устьевом участке и 2 вида - в оз. Эльтон. Обращает на себя внимание

факт отсутствия общих видов бентоса между речным и устьевым участками в р. Хара, что свидетельствует о разных биотопических условиях (табл. 4). В среднем течении реки, где зарастаемость макрофитами достигает 80%, отмечены в основном виды, обитающие на слегка заиленных

песчаных грунтах среди зарослей макрофитов, из которых массовыми являются хирономиды *Chironomus aprilinus* (4,0 тыс. экз./м²), олигохеты *Paranais simplex* (4,5 тыс. экз./м²) и *Nais elinguis* (3,7 тыс. экз./м²).

Таблица 4. Таксономический состав макрозообентоса на различных участках р. Хара в августе 2013 г.

Таксон	р. Хара					оз. Эльтон 112.5 г л ⁻¹
	среднее течение	устьевой участок (контактная зона: река – озеро)				
	ст. 6 11.8 г л ⁻¹	ст. 7 12.5 г л ⁻¹	ст. 8 12.7 г л ⁻¹	ст. 9 13.0 г л ⁻¹	ст. 10 13.3 г л ⁻¹	
Oligochaeta						
<i>Nais elinguis</i>	+					
<i>Paranais simplex</i>	+					
Crustacea						
<i>Gammarus lacustris</i>	+					
Insecta						
Heteroptera						
<i>Sigara</i> sp.					+	
Coleoptera						
<i>Enochrus quadripunctatus</i>						
<i>Hygrotus enneagrammus</i>					+	
Diptera						
Ceratopogonidae						
<i>Culicoides</i> sp.						
<i>Palpomyia</i> sp.		+				
Chironomidae						
<i>Cricotopus salinophilus</i>		+	+	+	+	+
<i>Cricotopus</i> sp.	+					
<i>Chironomus aprilinus</i>	+					
<i>Chironomus salinarius</i>		+	+	+		
Ephydriidae						
<i>Ephydra</i> sp.				+		+
Всего таксонов	5	3	2	2	3	2

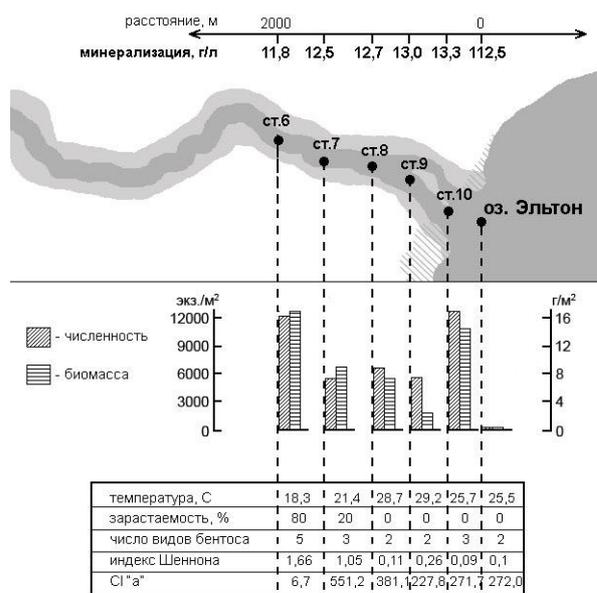


Рис. 2. Динамика распределение структурных показателей донных сообществ бентоса в зоне озерустье р. Хара в условиях градиенте минерализации и CI «а» (август 2013 г.)

В свободном от макрофитов устьевом участке преобладают пелофильные хирономиды *Cricotopus salinophilus* (27,4 тыс. экз./м²) и *Chironomus salinarius* (3,2 тыс. экз./м²).

Число видов в среднем течении реки (ст. 6) и контактной зоне река-озеро (ст. 7-10) находилось в пределах 3-5 таксонов (табл. 4). Индекс видового разнообразия Шеннона достигал наибольших значений – 1,66 бит экз⁻¹ в среднем участке р. Хара (рис. 2). Что касается численности и биомассы бентоса, то, несмотря на сходный уровень минерализации, отмечается неравномерность распределения донных беспозвоночных. Максимальные величины плотности отмечены в среднем течении (12,3 тыс. экз./м²) и в месте впадения в озеро (12,7 тыс. экз./м²). Неравномерность распределения численности и биомассы бентоса в устье р. Хара обусловлена, по-видимому, выеданием донных организмов птицами в местах их скопления (рис. 2).

Полученные данные не выявили специфических свойств биоты по комплексу структурных показателей донных сообществ, позволяющих характеризовать контактную зону река-озеро как экотон, так как, согласно среднеголетним

данным, число видов и видовое разнообразие в речном и устьевом участках соленых водотоков было сопоставимо (см. табл. 3).

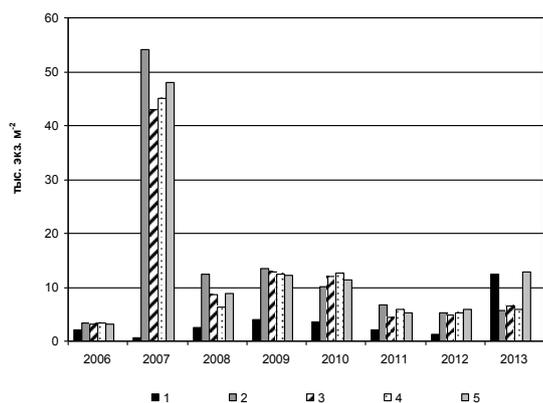


Рис. 3. Многолетняя динамика численности макрозообентоса (август 2006-2013 гг.) в устьевом и граничном с ним участке р. Хара. 1 – среднее течение; 2-5 – устье (контактная зона)

В то же время, как показано на примере р. Хара, численность бентоса в устье реки, в сравнении с речными участками, в различные годы была выше в 1,5-3 и более раз, а в августе 2007 г. плотность бентоса была максимальной (53,2 тыс. экз. м⁻²) при доминировании галофильных хирономид *Tanytarsus kharaensis*. То есть, краевой эффект в контактной зоне некоторых соленых рек может проявляться в отдельные годы высокими величинами численности бентоса (рис. 3).

Динамичность процессов формирования донных сообществ в устьевых участках рек также связана с периодами вторжения гипергалинных вод озера. Например, при увеличении солености в р. Хара до 41,4 г/л⁻¹ (май 2012 г.) происходит таксономическое и количественное обеднение донных сообществ, когда в бентосе лишь локально регистрируются галофильные личинки р. *Ephydra* sp. [5].

Таким образом, изучая многолетнюю динамику донных сообществ, мы установили, что проявление феномена экотона в устьевых участках соленых рек возможно лишь в отдельные периоды, когда воздействие абиотических факторов наиболее благоприятно.

Не вызывает сомнения, что результат функционального отклика системы на внешние воздействия зависит не только от фаунистического состава бионтов, но и от типа водоема, его гидрологических, гидрофизических и гидрохимических особенностей. Выявлено, что структурирующее влияние абиотических факторов на речные экосистемы вообще и сообщества донных организмов, в частности, осуществляется дискретно, т.е. их интенсивность меняется во времени, создавая определенный градиент действия.

Обобщая вышесказанное, можно констатировать, что развитие бентоса в соленых реках находится под влиянием абиотических факторов (ветровой режим, уровень минерализации), действующих дискретно, и создающих определенный временной, пространственный и сезонный градиент воздействия. Величина этого градиента в значительной степени определяет скорость изменения биологического разнообразия, численности и биомассы бентоса.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований «№ 13-04-00740» «Разнообразие планктонных и донных сообществ высокоминерализованных рек аридной зоны Приэльтона; популяционные адаптации гидробионтов к экстремальным факторам».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоздат, 1970. 442 с.
2. *Болотов С.Э. Цветков А.И., Отюкова Н.Г., Крылов А.В.* Буферные свойства экотона устьевой области притока равнинного водохранилища // Проблемы изучения краевых структур биоценозов. М-лы 3-й Международной научной конференции. Саратов, 2012. С. 28-33.
3. Водно-болотные угодья Приэльтона. Волгоград: региональный центр по изучению и сохранению биоразнообразия. Изд-во: ООО «Видео-Хайтек», 2005. 27 с.
4. *Залетаев В.С.* Мировая сеть экотонов, ее функции в биосфере и роль в глобальных изменениях // Экотоны в биосфере. М.: РАСХН, 1997. С. 77-89.
5. *Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Попченко Т.В.* Многолетняя динамика донных сообществ в устьевых участках соленых рек бассейна оз. Эльтон // Проблемы изучения краевых структур биоценозов. М-лы 3-й Международной научной конференции. Саратов, 2012. С. 75-81.
6. *Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В.* Соленостная толерантность донных организмов речных вод (обзор) // Аридные экосистемы. Т. 19, № 3(56). 2013. С. 5-11.
7. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
8. *Номоконова В.И., Зинченко Т.Д., Попченко Т.В.* Трофическое состояние соленых рек бассейна озера Эльтон // Изв. Самар. НЦ РАН. Т. 3(1). 2013. С. 368-475
9. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеоздат, 1992. 318 с.
10. *Hanson S.M., MacKay W.C., Prepas E.E.* The effect of water depth and density on the growth of a unionid clam // Freshwater Biol. 1988. Vol. 19, № 3. P. 345-355.
11. *Shannon C.E., Weaver W.* The mathematical theory of communication // Urbana (Ill): Univ. of Ill. press., 1963. 345 p.
12. *Williams W.D.* Salinization of rivers and streams: an important environment hazard // Ambio. 1987. Vol. 16, N. 4. P. 180-185.
13. *Williams D.D., Williams N.E.* Aquatic insects in an estuarine environment: densities, distribution and salinity tolerance // Freshwater Biology, 39. 1998. С. 411-421.

THE FEATURES OF STRUCTURAL INDICES OF BOTTOM COMMUNITIES IN MOUTH OF SALINE RIVERS (THE BASIN OF LAKE ELTON)

© 2014 T.D. Zinchenko, L.V. Golovatyuk, V.I. Nomokonova

Institute of Ecology of the Volga river basin of the Russian Academy of sciences (RAS), Togliatti

There are given the results of hydrophysical, hydrochemical and hydrobiological researches of the small rivers of Lake Elton (the Khara, the Lantsug, the Chernavka rivers) in contact area: river-lake. The characteristics of species composition, structural indices and long-term dynamics of macrozoobenthos communities in the gradient of abiotic factors are presented. Changes in the structure of benthic communities in the estuaries of the contact zone of river-lake appear in salty rivers increase in abundance and biomass of benthos (the Khara, the Chernavka).

Key words: saline rivers, macrozoobenthos communities, mouth of rivers, contact area