

УДК 587

## **БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАССОВЫХ ВИДОВ ХИРОНОМИД *CRICOTOPUS SALINOPHILUS* И *CHIRONOMUS SALINARIUS* ИЗ СОЛЕНЫХ РЕК ПРИЭЛЬТОНЬЯ: ЖИЗНЕННЫЕ ЦИКЛЫ, УДЕЛЬНАЯ ПРОДУКЦИЯ**

© 2015 Л.В. Головатюк, Т.Д. Зинченко

Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук (ИЭВБ РАН), г. Тольятти

Поступила 17.02.2015

Впервые изучены особенности биологии и экологические характеристики массовых галофильных видов хирономид *Cricotopus salinophilus* Zinchenko, Makarchenko et Makarchenko, 2009 и *Chironomus salinarius* Kieffer, 1915 из высокоминерализованных рек бассейна оз. Эльтон. Приводятся экспериментальные данные расчета удельной скорости роста личинок.

**Ключевые слова:** высокоминерализованные реки, хирономиды, жизненный цикл, удельная скорость роста, реки бассейна оз. Эльтон.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Оценка биологической продуктивности водоемов и водотоков представляет собой сложную задачу, решение которой требует количественно оценить участие гидробионтов в круговороте вещества и энергии [3]. Особый интерес представляют исследования, касающиеся функционирования высокоминерализованных рек как наименее изученных в аридных регионах России [6]. Детализация экспериментальных исследований циклов развития, количества генераций массовых видов в водоемах разных географических широт позволяет установить базовые характеристики для расчета продуктивности рек. Хирономиды – одна из наиболее распространенных и многочисленных групп донных беспозвоночных, успешно освоивших соленые водоемы, в том числе высокоминерализованные реки [16]. В реках Приэльтона они являются важным трофическим звеном в питании перелетных водоплавающих птиц во время их миграций, поэтому изучение биологии и продукционных характеристик доминирующих видов *Cricotopus salinophilus* и *Chironomus salinarius* представляет практический интерес.

### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Количественные и качественные пробы бентоса отбирали в апреле-сентябре 2006-2014 гг. в 7 притоках оз. Эльтон - реках Хара, Ланцуг, Большая Саморода, Малая Саморода, Караптинга, Чернавка, Солянка (Волгоградская область, Приэльтоны, 49° 13' N 46° 40' E). Река Чернавка, в которой осуществляли сбор личинок, имеет длину 5,2 км средний уклон – 5,38 %; расход воды весной в устьевом участке реки составляет 0,061 м<sup>3</sup> с<sup>-1</sup>. Глубина реки изменяется от 0,05 до 0,8 м, ско-

рость течения достигает 0,4 м/с. Биотопы представлены заиленными песками, часто с примесью растительных остатков. Минерализация воды в реке за вегетационный период 2006-2014 гг. составила 17,2-31,7 г л<sup>-1</sup>.

Подробная характеристика района исследований и методика отбора проб бентоса приведены нами ранее [7].

Сбор материала для исследования особенностей биологии, циклов развития и удельной продукции личинок *Cricotopus salinophilus* и *Chironomus salinarius* проводили в р. Чернавка в мае 2012 г. и августе 2013, 2014 гг. Ранние (планктонные) возрастные стадии собирали с помощью скребка и сачка, отфильтровывая личинок через мельничный газ № 49. Часть личинок была зафиксирована в р-ре формальдегида сразу после сбора, остальных личинок помещали в контейнеры с речной водой объемом 0,5 л, которые транспортировали в лабораторию в сумках-холодильниках при температуре от 2 до 5°C.

Дополнительно, в естественных условиях получали кладки комаров, выставляя аквариумы объемом 5 л с речной водой на ночь вблизи уреза воды и подсвечивая их электрическим светом. Утром каждую из отложенных комарами кладок помещали в отдельные чашки Петри. Вышедшие из кладок личинки транспортировались в лабораторию института.

Для проведения эксперимента в лаборатории использовали аквариумы объемом 5 л, которые заполняли речной водой, профильтрованной через планктонный газ № 49 для удаления планктонных стадий личинок и яиц беспозвоночных, но пропускающий большую часть сестона [21]. В аквариумы помещали по 100-120 экз. личинок первого и второго возрастов. Некоторое количество донного субстрата, над которым были собраны личинки, также пропускали через мельничный газ и добавляли в аквариумы. Фиксация личинок в количестве 20-30 экз. производилась 1 раз в сутки. Кормом для личинок *Cricotopus salinophilus* и *Chironomus salinarius* служил ил, соб-

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

ранный в местах обитания личинок, профильтрованный через газ № 49. Ежедневно в аквариумах производили измерение температуры воды и поддерживали уровень минерализации, аналогичный природному. Выращивание личинок осуществлялось до оккулирования. За продолжительность развития принимался период от выхода личинок из яйца до появления первой куколки [10, 11].

По отношению к эмбриональному и личиночному развитию насекомых применимо правило сумм эффективных температур:

$$S = D(t - t_0),$$

Где  $S$  – сумма эффективных температур,  $D$  – продолжительность развития,  $t$  – средняя температура за время развития,  $t_0$  – нижняя пороговая (критическая) температура развития [13].

Личинок выдерживали в 4% р-ре формальдегида до достижения постоянного веса в течение 3 месяцев [14], обсушивали на фильтровальной бумаге до исчезновения мокрого пятна, измеряли и взвешивали на электронных весах OHAUS Pioneer™ с дискретностью 0,0001 г.

Средняя удельная скорость роста личинок хирономид была оценена как

$$Cw = \ln(W_{t+\Delta t} / W_t) / \Delta t$$

где

$W_t$  и  $W_{t+\Delta t}$  – средняя масса тела личинок в популяции в моменты времени  $\Delta t$  и  $\Delta t+1$  [3].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Вид *Cricotopus salinophilus* Zinchenko, Makarchenko et Makarchenko (Diptera, Chironomidae) впервые описан из рек бассейна оз. Эльтон как новый для науки [5]. Личинки *C. salinophilus* обитают в соленых реках Хара, Ланцуг, Чернавка, Солянка, Большая Саморода, Малая Саморода, Карапинка с уровнем минерализации от 4,0 до 31,7 г л<sup>-1</sup> на глубинах до 1,1 м при скорости течения до 0,4 м с<sup>-1</sup>. Личинки вида также отмечены в прибрежье оз. Эльтон при солености 112,53 г л<sup>-1</sup>. В местах массового развития на заиленных песках и черных илах обитают совместно с представителями семейства Ceratopogonidae (*Palpomyia* sp.) и хирономидами *C. salinarius*.

Частота встречаемости личинок в реках бассейна оз. Эльтон за период исследований изменилась от 15% (р. Малая Саморода) до 97,5% - р. Чернавка. Максимальные численность и биомасса личинок (117,6 тыс. экз. м<sup>-2</sup> и 61,2 г м<sup>-2</sup>) зарегистрированы в р. Чернавка в мае 2012 г. Биологические характеристики вида *C. salinophilus*, полученные при выращивании личинок до имаго, представлены ранее [8].

Наблюдения за откладкой яиц самками *C. salinophilus* показали, что нитевидная бесцветная, сложенная петлей или прямая кладка сбрасывает-

ся комарами в воду. Длина кладки колеблется в пределах 1,8-2,6 см, количество яиц в среднем составляет 230-320 шт (фото 1).



Фото 1. Кладка *C. salinophilus* (фото О.Г. Гороховой)

Таблица 1. Продолжительность развития, длина, масса личинок *C. salinophilus* в лабораторных условиях при температуре 22,3°C (18,5-26°C) и минерализации 17,2 г л<sup>-1</sup>

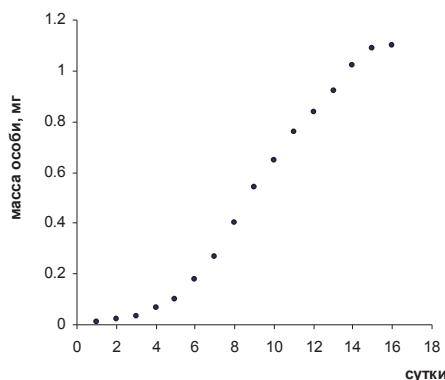
Стадия развития	Продолжительность развития, сутки	Длина личинок, мм	Масса max, мг	Сумма температур (градусов-дни)*
Инкубация до выхода личинки	2-3	-	-	48,25
I возраст	2-3	0,5-1,5	0,01	48,25
II возраст	3-4	1,2-2,2	0,03	67,55
III возраст	5-6	2,1-3,7	0,11	106,15
IV возраст	6-8	3,0-6,0	1,1	135,1
Куколка	1-2	-	1,2	28,95
Всего	19-26	-	-	434,25

\* - критическая температура  $T_0=3,0^\circ\text{C}$  дана по: [9]

Выклев личинок *C. salinophilus* из кладки происходит на 2-3 сутки, что совпадает с данными, полученными при выращивании разных видов хирономид подсем. Orthocladiinae [4, 9, 10, 11]. Выход личинок из кладок осуществляется постепенно, в течение 6-8 часов, после чего они активно строят домики-трубы из мелкодисперсного ила и песка, прикрепляя их секретом слюнных желез ко дну и стенкам аквариума. Личинки легко покидают домики, первоначально питаясь иловыми частицами, а затем - водорослевыми обрастаниями, собирая их со стенок аквариума. Длина вышедших из кладки личинок была в пределах 0,5-0,8 мм. Максимальная длина личинок I возраста достигала 1,5 мм, а средний вес составил 0,01±0,0017 мг. Продолжительность развития личинок I-IV возрастов и их масса представлены в табл. 1.

Развитие личинок *C. salinophilus* от момента откладки яйца до вылета имаго, в среднем, продол-

жается 19-26 сут., зрелой личинки IV возраста – 17-25 сут. (табл. 1). Масса личинки IV возраста (max) составила 1,1 мг. Кривая весового роста особи *C. salinophilus* представлена нами на рис. 1.



**Рис. 1.** Рост средней массы особи личинок в популяции *Cricotopus salinophilus* в эксперименте (23.05.- 6.06.2012; средняя T воды – 22,3°C)

Продолжительность индивидуального развития особей из разных кладок, отложенных самками в течение нескольких часов, может достигать 43 суток, так как отмечается растянутый вылет имаго.

Рассчитав сумму эффективных температур, требуемую для развития одной генерации, можно теоретически определить количество возможных поколений хирономид в течение года. Необходимая сумма градусо-дней для развития популяции *C. salinophilus* в р. Чернавка за вегетационный период с учетом критической температуры составила в разные годы величины: от 3050-3057 градусо-дней в 2007 и 2009 гг. до 3386-3480 градусо-дней - в 2010, 2006 гг. Исходя из суммы эффективных температур, необходимых для развития одного поколения хирономид *C. salinophilus* (табл. 1), расчетное количество генераций за вегетационный сезон может достигать 7-8, в сравнении с числом поколений рода *Cricotopus* из других водоемов, не превышающих 2-5 [1, 9].

Полученные нами данные по биологии массового вида *C. salinarius* из подсемейства Chironominae свидетельствуют о том, что личинки вида обитают в реках с достаточно большим диапазоном минерализации - от 6,55 до 41,1 г л<sup>-1</sup> (рр. Хара, Ланцуг, Чернавка, Солянка, Большая Саморода, Малая Саморода, Карантинка). Идентификация вида подтверждена изучением всех фаз метаморфоза и кариологическими исследованиями [20].

Личинки вида обитают на черных и серых песчанистых илах в соленых реках на глубине 0,05-1,1 м при скорости течения до 0,02-0,4 м с<sup>-1</sup>. Частота встречаемости хирономид *C. salinarius* в разных реках составляет 23-56%. Максимальная плотность личинок III и IV возрастов первой ве-

сенней генерации – 61,3 тыс. экз. м<sup>-2</sup> - зарегистрирована в р. Чернавка 12.V.2012. Отложенные комарами на поверхность воды кладки сходны с таковыми эвригалинных видов р. *Chironomus* [12]. В условиях лабораторного эксперимента выклев личинок из кладок регистрируется через 2-4 суток, после чего они строят домики из мелкодисперсного песка и ила. Длина домиков личинок I и II возрастов колеблется в пределах 5-10 мм; личинки III и IV возрастов постоянно надстраивают домики, длина которых достигает 45-50 мм (фото 2). В отличие от пресноводных личинок р. *Chironomus*, обитающих в построенных ими убежищах, эвригалинны личинки *C. salinarius* в природных условиях свободно передвигаются в толще иловопесчаных биотопов, что является приспособительной поведенческой реакцией особей к обитанию в соленых водах. В этой связи уместно напомнить и об особенностях питания личинок *C. salinarius*, связанных с селективным потреблением бактерий в реках, впадающих в гипергалинное оз. Эльтон [22].



**Фото 2.** Домики личинок *C. salinarius* III и IV возрастов

В экспериментальных условиях длина личинок I возраста изменялась в пределах 1,4-2,0 мм при максимальной массе особи 0,014 мг (табл. 2). Длина и продолжительность развития личинок разных возрастов показана в табл. 2. Отметим, что личинки IV возраста достигали длины 12 мм и массы 3,7 мг, а их развитие в среднем, продолжалось 41-49 сут. (табл. 2), что вполне согласуется с данными, полученными для популяции *C. salinarius* из мелководных прибрежных лагун залива Кадис (юго-западное побережье Испании) с уровнем минерализации 20-60 г л<sup>-1</sup> [18]. Экспериментальными исследованиями также показано увеличение продолжительности развития личинок в популяции *C. salinarius* при возрастании солености воды [17].

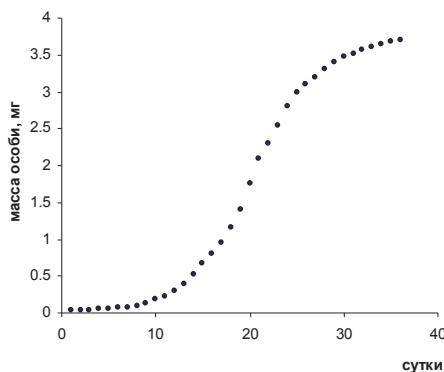
Установлено, что для *C. salinarius* характерен поливольтинный жизненный цикл с возможным вылетом 3-4 генераций в год (с учетом суммы градусо-дней от 3020 до 3410 градусо-дней в раз-

ные годы исследований). Массовые вылеты имаго в соленых реках зарегистрированы нами в мае, июле и августе при минерализации от 13 до 15 и от 26 до 32 г л<sup>-1</sup>. В отдельные годы количество пиков численности увеличивается, что можно рассматривать как приспособление галофильных популяций к обитанию в экстремальных условиях.

**Таблица 2.** Продолжительность развития, длина, масса личинок *C. salinarius* в лабораторных условиях при температуре 24°C (18,5-30°C) и минерализации 17,2 г л<sup>-1</sup>

Стадия развития	Продолжительность развития, (сутки)	Длина личинок, мм	Масса max, мг	Сумма температур (градусо-дни)*
Инкубация до выхода личинки	3	-	-	57
I возраст	4-5	1,4-2,0	0,014	85,5
II возраст	8-9	2,3-3,4	0,18	161,5
III возраст	9-11	3,5-6,5	0,60	190
IV возраст	15-18	6,5-12,0	3,7	313,5
Куколка	2-3	-	4,0	47,5
Всего	41-49	-	-	855

\* - критическая температура T<sub>0</sub>=5,0°C дана по: [15]



**Рис. 2.** Рост средней массы особи в популяции *Chironomus salinarius* в эксперименте (23.05. - 26.06.2012; средняя Т воды – 24°C)

На основании полученных экспериментальных данных выращивания личинок *C. salinophilus* и *C. salinarius* нами проведены расчеты их удельной скорости роста, которая априори численно не отличается от удельной продукции популяции [3]. Рост средней массы тела особи *C. salinarius* представлен на рис. 2. Результаты расчета удельной скорости роста видов представлены в табл. 3. Удельная расчетная скорость роста (C<sub>w</sub>) для личинок *C. salinophilus* и *C. salinarius* составила в эксперименте 0,29 сутки<sup>-1</sup> и 0,15 сутки<sup>-1</sup> соответственно.

Ранее С.М. Голубковым [3] была предложена формула:  $C = 0,0087e^{0,142T}$  для расчета удельной продукции популяций личинок в зависимости от средней температуры развития животных, где число *e* - константа, равная 2,72; T – температура воды в водоеме.

По этой формуле была рассчитана удельная продукция для выращенных нами в экспериментальных условиях видов *C. salinophilus* и *C. salinarius*. Расчеты показали, что удельная продукция для *C. salinophilus* при температуре 22,3°C составляет 0,207 сутки<sup>-1</sup>, т.е. практически совпадает с величиной, рассчитанной нами в экспериментальных условиях, а для *C. salinarius* – 0,260 сутки<sup>-1</sup>, что превышает полученную нами величину удельной продукции. Для сравнительных расчетов дополнительно мы использовали уравнение зависимости скорости роста личинок хирономид от массы тела, полученное авторами при исследовании соленых озер Крыма C<sub>w</sub> = 0,08W<sup>1,071</sup>, где W – средняя масса тела личинок хирономид, мг [2]. Удельная продукция хирономид *C. salinophilus*, рассчитанная согласно этому уравнению, оказалась равной 0,09 сутки<sup>-1</sup>, а *C. salinarius* – 0,32 сутки<sup>-1</sup>.

Были установлены вполне ожидаемые различия между величинами суточной продукции хирономид, полученные нами в эксперименте и рассчитанные с использованием приведенных выше формул.

**Таблица 3.** Удельная скорость роста личинок хирономид *C. salinophilus* и *C. salinarius* ( $C_w = \ln(W_{t+\Delta t} / W_t) / \Delta t$ )

Вид	T, °C	W <sub>t+Δt</sub> , мг	W <sub>t</sub> , мг	Δt, сут.	C <sub>w</sub> , сутки <sup>-1</sup>
<i>Cricotopus salinophilus</i>	22,3	1,1	0,01	16	0,29
<i>Chironomus salinarius</i>	24,0	3,7	0,014	38	0,15

Возможно, что полученные нами в эксперименте величины удельной скорости роста занижены в связи с различными условиями содержания личинок в лаборатории в сравнении с природными водотоками (трофические и биотопические различия). Так, рассчитанные нами ранее в природных условиях величины продукции популяций *C. salinophilus* и *C. salinarius* за август 2007 г., равные 16,7 г м<sup>-2</sup> месяц<sup>-1</sup> в р. Чернавка были достаточно высокими и соответствовали годовым величинам продукции хирономид, известным из литературы для водоемов разных географических широт [22].

Полученные нами производственные характеристики массовых видов бентоса будут использованы для расчета производительности соленых рек юга России и оценки выноса органического вещества из водоемов в наземные экосистемы Приэльтона.

как важнейшего миграционного региона перелетных и пролетных птиц.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ 13-04-00740; 15-04-03341; 13-04-10119.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балушкина Е.В. Функциональное значение личинок хирономид в континентальных водоемах. Л.: Наука, 1987. 179 с.
2. Балушкина Е.В., Голубков С.М., Голубков М.С., Литвинчук Л.Ф. Структурно-функциональные характеристики экосистем малых соленых озер Крыма // Биология внутренних вод. 2007. № 2. С. 11-19.
3. Голубков С.М. Функциональная экология личинок амфибиотических насекомых. Спб., 2000. 294 с.
4. Зеленцов Н.И. К систематике рода *Psectrocladius* Kieff. – подрод *Psectrocladius* s. str. Wulk. (Diptera, Chironomidae) // Биология, морфология и систематика водных беспозвоночных / Тр. ИБВВ АН СССР. 1980. Вып. 41(44). С. 192-231.
5. Зинченко Т.Д., Макарченко М.А., Макарченко Е.А. Новый вид рода *Cricotopus* van der Wulp (Diptera, Chironomidae) из солёной реки бассейна озера Эльтон (Волгоградская область, Россия) // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 8 (1). 2009. С. 83-88.
6. Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Выхристюк Л.А., Шитиков В.К. Разнообразие и структура сообществ макрообентоса высокоминерализованной реки Хара (Приэльтоные) // Поволжский экологический журнал, 2010. С. 14-30.
7. Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. Биоразнообразие и структура сообществ макрообентоса соленых рек аридной зоны юга России // Аридные экосистемы. 2010. Т. 16, № 3(43). С. 25-33.
8. 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. 2010. Т. 12, № 1. С. 196-200.
9. Зинченко Т.Д. Эколого-фаунистическая характеристика хирономид (Diptera, Chironomidae) малых рек бассейна Средней и Нижней Волги (Атлас). Тольятти: Кассандра, 2011. 258 с.
10. Константинов А.С. Биология хирономид и их разведение // Тр. Всесоюз. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва. Саратовское отд-ние. Саратов. 1958а. Т. 5. 362 с.
11. Константинов А.С. О типе роста личинок хирономид // Докл. АН СССР. 1958б. Т. 120, № 5. С. 1151-1154.
12. Мотыль Chironomus plumosus L. Систематика, морфология, экология, продукция. М.: Наука, 1983. 309 с.
13. Соколова Н.Ю. Продукция донных беспозвоночных и использование их рыбой // Бентос Учинского водохранилища. Тр. Всес. гидробиол. об-ва. 1980. Т. 23. С. 132-160.
14. Соколова Н.Ю., Тодераш И.К., Алексеевина М.С. и др. Весовой рост и продукция // Мотыль *Chironomus plumosus* L. (Diptera, Chironomidae). М., 1983. С. 245-260.
15. Тодераш И.К. Функциональное значение хирономид в экосистемах водоемов Молдавии. Кишинев: Штиинца. 1984. 171 с.
16. Armitage P.D., Pinder L.C., Cranston P.S. Biology and ecology of non-biting midges (Eds.). 1994. 572 p.
17. Cartier V., Claret C., Garnier R., Franquet E. How salinity affects life cycle of a brackish water species, *Chironomus salinarius* Kieffer (Diptera: Chironomidae) // Journ. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2011. doi:10.1016/j.jembe.
18. Drake P., Arias A.M. Distribution and production of *Chironomus salinarius* (Diptera, Chironomidae) in a shallow coastal lagoon in the Bay of Cadiz. Hydrobiologie 299. 1995. P. 195-206.
19. Gillespie D.M., Benke A.C. Methods of calculating cohort production from field data – some relationships // Limnol. Oceanogr. 1979. Vol. 24, № 1. P. 171-176.
20. 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.
21. Wallace J.B., Benke A.C., Lingle A.H., Parsons K. Trophic pathways of macroinvertebrate primary consumers in subtropical blackwater streams. 1987. Archiv für Hydrobiologie. Supplement 74:423-451.
22. Zinchenko T.D., Gladishe, M.I., Makhotova O.N., Sushchik N.N., Kalachova G.S. & Golovatyuk L.V. Saline rivers provide arid landscapes with a considerable amount of biologically valuable production of chironomid (Diptera) larvae // Hydrobiologia. 2014. 722. P. 115-128.

## BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *CRICOTOPUS SALINOPHILUS* AND *CHIRONOMUS SALINARIUS* FROM SALT RIVERS OF ELTON LAKE BASIN: LIFE CYCLES, SPECIFIC PRODUCTION

© 2015 L.V. Golovatyuk, T.D. Zinchenko

Institute of Ecology of the Volga-river Basin of RAS, Togliatti

The features of biology and production characteristics of halophilic *Cricotopus salinophilus* Zinchenko, Makarchenko et Makarchenko, 2009 and *Chironomus salinarius* Kieffer, 1915 from the salt rivers of Elton Lake basin are investigated for the first time. Experimental data for calculating the specific growth rate of larvae are presented.

**Key words:** salt rivers, chironomids, life cycle, share growth rate, share production, the rivers of Elton Lake basin.