**Биологические характеристики и видовая генетическая идентификация
популяций артемии в разнотипных водоёмах Казахстана**
**Шарапова Л. И.¹, Шалгимбаева Г. М.², Исбеков К. Б.³, Трошина Т. Т.⁴,
Нуриева Ш. Б.⁵, Турсунбаев А. У.⁶**

¹Шарапова Людмила Ивановна / Sharapova Lyudmila Ivanovna – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией;

²Шалгимбаева Гульмира Мухаметкалиевна / Shalgimbaeva Gulmira Muhametkalievna – старший научный сотрудник;

³Исбеков Куаныш Байболатович / Isbekov Kuanysh Baibolatovich - кандидат биологических наук, генеральный директор;

⁴Трошина Татьяна Тимофеевна / Troshina Tatyana Timofeevna - старший научный сотрудник;

⁵Нуриева Шырайлым Бетболаткызы / Nuriyeva Shyrailym Bekbolatkyzy – магистрант;

⁶Турсунбаев Архат Умурзакович / Tursunbayev Arkhat Umirzakovich – научный сотрудник, докторант,

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства»,
г. Алматы, Республика Казахстан

Аннотация: популяции рачка *Artemia sp.* исследовались в 16 озёрах Северного Казахстана и в заливах Большого Аральского моря. По биомассе рачка озёра оценивались от низко- до очень высокопродуктивных, заливы Арала являются низкопродуктивными. Анализ гена цитохром оксидазы I (CO I) мт ДНК показал, что все исследованные популяции принадлежат к *Artemia parthenogenetica*.

Ключевые слова: артемия, мт ДНК, цисты, науплиусы, численность, биомасса.

УДК 595.32 (285.2)(262.83)

ВВЕДЕНИЕ

Исследованы популяции жаброногого рачка *Artemia sp.* (Crustacea, Anostraca) с неизвестным видовым статусом в разнотипных водоёмах Казахстана [10]. Это ракообразные, приспособленные жить в условиях солёности водоёмов от 10 до 340 г/дм³, аридной и полуаридной зон [9]. Рачок является ценным промысловым объектом. Цисты артемии имеют коммерческую стоимость, так как вышедшая из них молодь рачка (науплиусы) признана лучшим стартовым кормом для подращивания личинок рыб, ракообразных, используются и в других отраслях.

В Казахстане изучение артемии соляных озёр и морских заливов в значительном объёме начало проводиться с 80–х, 90–х годов прошлого века с целью освоения ценного биоресурса [3, 6].

По способу размножения виды артемии делятся на бисексуальные и партеногенетические (без самцов). Среди бисексуальных популяций известно 7 видов артемии [9]. Статус многих партеногенетических популяций не определён, в том числе и в Казахстане.

Идентификация видового статуса артемии, биологических характеристик популяций рачка важны в плане изучения биоразнообразия казахстанских водоёмов и при оценке продуктивности и маркировки популяций в коммерческих целях.

Целью работы является идентификация видового статуса рачка молекулярно-генетическим анализом и оценка современных биологических характеристик популяций артемии в разнотипных соляных водоёмах Казахстана.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКИ

В мае, июле и октябре 2015 г. нами обследовано состояние и продуктивность популяций артемии в условиях 16 соляных озёр Павлодарской области, заливов Чернышёва и Тушыбас Большого Аральского моря.

Определение основных параметров воды, сбор и обработка гидробиологического материала проводились согласно общепринятым методикам [1, 5]. Пробы планктона с артемией и цистами отбирались сетью Апштейна и фиксировались 40% формалином или 96⁰ спиртом для генетических исследований. Статистическая обработка биологических данных выполнена с помощью Microsoft Office, приложение Excell.

Генетический анализ особей артемии проведён по 12 озёрным популяциям и рачку из зал. Чернышёва (таблица 1). Проведено выделение ДНК [8], амплификация и последующее секвенирование – с использованием универсальных праймеров на COI мт ДНК [11]:

LC01490 –GGTCCAACAAATCATAAAGATATTGG,

HCO2198TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA.

ПЦР-реакции проводились в объёме 15 мкл [70 мМТрис-HCl (pH 8.3)], 37,5 мМ (NH₄)₂SO₄, 3 мМ MgCl₂, по 100 мМ каждого дезоксирибонуклеозидтрифосфата, по 1,5 пкМ каждого из праймеров, 1 ед. ColarTaq-полимеразы.

Амплификацию проводили по следующей схеме: предварительная денатурация ДНК: 95 (С – 10 мин, синтез ПЦР-продуктов (30 циклов): плавление – 94(С – 20 сек, отжиг праймеров – 48(С – 40 сек, синтез ДНК – 72 (С – 60 сек, окончательная достройка цепей: 72 (С – 10 мин. Результат амплификации проверялся методом электрофореза в агарозном геле с окрашиванием бромистым этидием.

Секвенирование гена *COI* митохондриальной ДНК проводилось с тех же праймеров в обоих направлениях на ABI PRISM 3100 с набором BigDye v1.1, с последующим анализом и выравниванием последовательностей с помощью биоинформационного пакета программ Laser Gene 6.0. .

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Артемия в озёрах Павлодарской области

Среда обитания

Соляные озёра Павлодарской области расположены на территории Барабинской и Кулундинской низменностей Северо-Казахстанской равнины и Казахского мелкосопочника [4].

Водоёмы, исследованные в 2015 г., имели площади в основном, от 100 до 4800 га (таблица 1). К числу крупных, более 1000 га, принадлежали озёра Маралды, Сейтень и Бура. Остальные были в пределах от 100 до 900 га, за исключением оз. Кызыл Когам, имеющего минимальные размеры. Глубина всех озёр была незначительная.

Все озёра высоко минерализованные. Вода 15 озёр по ионному составу хлоридного класса натриевой группы, в оз. Киши Калкаман - карбонатная [7].

Таблица 1. Расположение и основные характеристики соляных озёр Павлодарской области в 2015 г.

Районы, озера	Координаты	Площадь, га	Средняя глубина, м	Соленость, г/дм ³	Индекс воды по О.А. Алёкину
Баянаульский:					
Туз ¹	50° 56' N - 75° 19' E	900	1,0	14,4	Cl ^{Na} _{II}
Лебяжинский:					
Борлы	51° 49' N – 77° 58' E	490	0,8	150,2	Cl ^{Na} _{II}
Теренколь	78° 52' N - 51° 53' E	120	0,6	101,3	Cl ^{Na} _{II}
Калатуз	51° 52' N – 77° 29' E	850	1,1	242,2	Cl ^{Na} _{II}
Сейтень	51° 56' N – 78° 74' E	1550	0,6	132,9	Cl ^{Na} _I
Казы	51° 42' N – 78° 3' E	570	0,8	94,4	Cl ^{Na} _{II}
Шербакты	51° 23' N – 78° 15' E	680	0,8	115,7	Cl ^{Na} _{II}
Айдарша	51° 43' N – 77° 48' E	310	0,7	92,6	Cl ^{Na} _{II}
Кызыл Когам ¹	52° 03' N – 79° 37' E	10	0,5	-	-
Жамантуз	51° 44' N – 77° 37' E	240	0,9	193,9	Cl ^{Na} _{II}
Павлодарский:					
Кудайколь ¹	51° 51' N – 75° 58' E	500	0,4	13,3 ²	Cl ^{Na} _I
Мойылды	52° 24' N - 77° 41' E	100	0,7	113,3	Cl ^{Na} _{II}
Киши Калкаман ¹	52° 3' N – 76° 29' E	410	0,8	41,2 ²	HCO ₃ ^{Na} _{II}
Шербактинский:					
Ащытакыр	52° 33' N - 78° 22' E	420	0,6	114,5	Cl ^{Na} _{II}
Маралды	52° 19' N - 78° 29' E	4800	0,8	108,6	Cl ^{Na} _{II}
Бура	52° 39' N – 78° 29' E	1500	0,6	129,1	Cl ^{Na} _I
Примечание: ¹ – по указанным озёрам результаты генетического анализа артемии не получены					

Температура воды в озёрах в мае была в пределах 16 – 19 °С, в июле от 22 до 27°. Летом озера Кызыл Когам, Киши Калкаман и Кудайколь пересохли за счёт испарения и высоких температур.

По величине минерализации воды озёра разделялись в 2015 г. на 3 класса: I – класс - $\sum$ ионов ≤ 50 г/дм³ - (3 озера); II – класс - $\sum$ ионов 93 – 150 г/дм³ - (10 озёр); III - класс $\sum$ ионов 194 - 242 г/дм³ - (2 озера).

К водоёмам пониженной солёности отнесены озёра Туз, Кудайколь, Киши Калкаман. Во вторую группу вошли: Борлы, Сейтень, Ащытакыр, Маралды, Айдарша, Казы, Теренколь, Бура, Мойылды, Шербакты. Группу озёр с максимальной солёностью составили озёра Жамантуз и Калатуз.

По многолетним данным минерализация воды подвержена значительной изменчивости в сезонном и межгодовом циклах [3, 6]. Большинство озёр в 2015 г. характеризовалось летом несколько пониженным уровнем солёности воды за счёт снежной зимы и высокой обводнённости весной, исключением были лишь озёра Борлы и Ащытакыр [7].

Биологические характеристики озёрных популяций

Соматическая продуктивность

Исследованные озёра Северного Казахстана примыкают к Западной Сибири, с большим и хорошо изученным фондом артемиевых озёр [2], что способствует проверке информации по биологии рачков нашего региона, в частности, по продолжительности созревания генераций. В Сибири длительность развития поколения артемии составляет весной 4 – 5 недель и летом 3 – 4 недели.

В казахстанских водоёмах максимальная плотность особей артемии весной, в мае была выявлена в озёрах Калатуз и Теренколь, при наибольшей концентрации ювенильных стадий (таблица 2, рисунок 1). При этом в первом озере предвзрослые рачки и самки полностью отсутствовали, во втором половозрелые особи были немногочисленными.

Численностью среднего уровня характеризовались популяции рачка в озёрах Кызыл Когам, Ащытакыр, Маралды и Щербакты (32,0 – 49,8 тыс. экз./м³). Основу показателя в первом и третьем из озёр создавали науплии, во втором – самки. Предположительно, это особи 2-й и 1-й генераций рачков соответственно. В остальных водоёмах суммарная численность разновозрастных рачков была низкой, в пределах от 3,1 до 20,9 тыс. экз./м³

Таблица 2. Распределение численности (Ч; тыс. экз./м³) и биомассы (Б; г/м³) разновозрастных стадий артемии в озёрных популяциях Павлодарской области, 2015 г.

Озёра	Науплии		Другие стадии		Всего		Плодо- витость самок, шт.	Цисты в воде	
	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б		Ч	Б
Май									
Туз	-	-	3,1	9,49	3,1	9,49	-	44,9	0,45
Борлы	1,3	0,23	2,0	6,39	3,3	6,62	25 - 29	40,0	0,40
Теренколь	8,0	1,36	71,6	39,38	79,6	40,74	-	31,1	0,31
Калатуз	8,0	1,36	114,1	60,77	122,1	69,88	-	98,1	0,98
Сейтень	2,2	0,38	16,2	11,16	18,4	11,54	-	31,6	0,95
Казы	1,3	0,23	1,8	4,55	3,1	4,78	-	47,6	0,48
Шербакты	32,0	5,44	-	-	32,0	5,44	-	1112,1	11,12
Айдарша	8,9	1,51	12,0	4,08	20,9	5,59	-	28,9	0,29
Кызыл Когам	25,1	4,27	24,7	47,57	49,8	51,84	-	244,8	2,45
Жамантуз	-	-	12,0	34,55	12,0	34,55	-	135,2	1,35
Кудайколь	3,9	0,66	3,2	2,87	7,1	3,53	-	151,9	1,52
Моилды	0,1	0,01	15,2	45,16	15,3	45,17	25 - 37	331,9	3,32
Киши Калкаман	8,3	1,41	0,7	2,45	9,0	3,86	-	413,8	4,14
Ащытакыр	-	-	49,4	118,58	49,4	118,58	-	74,3	0,74
Маралды	17,12	2,91	21,57	43,1	38,69	46,01	29	94,05	0,94
Бура	-	-	10,45	26,75	10,45	26,75	-	100,50	1,01
Июль									
Туз	-	-	-	-	-	-	-	461,9	4,92
Борлы	66,8	11,35	5,4	14,43	72,2	25,78	16-19	91,2	0,91
Теренколь	111, 7	18,99	14,2	36,89	125,9	55,88	17-35	100,1	1,00
Калатуз	37,4	6,35	1,8	5,70	39,2	12,05	40-60	161,1	1,61
Сейтень	-	-	6,2	12,55	6,2	12,55	-	391,6	3,92
Казы	3,1	0,53	0,9	3,29	4,0	3,82	14-20	579,8	5,80
Шербакты	-	-	4,9	10,4	4,9	10,4	-	128,2	1,28
Айдарша	-	-	0,4	0,76	0,4	0,76	-	185,1	1,85
Жамантуз	4,4	0,76	14,2	49,32	18,6	50,08	19-40	64,1	0,64
Моилды	0,4	0,08	2,7	7,09	3,1	7,17	-	53,0	0,53
Ащытакыр	-	-	-	-	-	-	-	1874,4	18,74
Маралды	181,12	30,79	16,92	41,74	198,0	72,53	25 - 43	157,08	1,57
Бура	19,14	3,25	7,56	19,49	26,70	22,74	18 - 19	99,68	1,00

Артемия в них была представлена, в основном, науплиями и самками (Борлы, Казы, Кудайколь), следовательно, присутствовали тоже особи 2-й и 1-й генераций рачка.

Высокая концентрация ювенильных особей в озёрах Теренколь, Калатуз и Сейтень, без наличия самок или при минимальном их количестве, указывала на присутствие только подросших особей 1 генерации.

Предвзрослые особи в мае были встречены в малом количестве (0,1 - 11,1% от общей численности) в 7 водоёмах и отсутствовали в популяциях 8 озёр, указывая на различия в циклах развития генераций по отдельным группам водоёмов.

Летом рачки присутствовали в 11 озёрах из 16 обследованных весной (таблица 2). В двух из них, Туз и Ащытакыр, были выявлены только цисты. Максимальная плотность рачков на 1 м³ воды отмечалась в озёрах Маралды и Теренколь, при среднем уровне показателя в Борлы, Калатуз и Бура. Популяции жабронога этих водоёмов, а также оз. Казы, представлены высокой долей численности науплиальных стадий (рисунок 1). Очевидно, что созревание третьей генерации рачков пришлось по большинству озёр на период с середины июня до середины июля, к концу которого началось размножение самок выходом молоди четвёртого поколения.

Суммарный показатель плотности особей в остальных озёрах был пониженным. В популяциях артемии озёр Сейтень и Щербакты, летом наряду с самками присутствовал и высокий процент предвзрослых особей, 64 - 100%, только после созревания которых был возможен пик выплода науплиев новой генерации в более поздний срок.

По большей части озёр можно прогнозировать созревание четвёртого поколения рачков к концу второй декады августа и затем - начало выхода науплиев пятой генерации. Жизнеспособность последних будет обусловлена климатическими особенностями конца вегетационного сезона. Отмершие особи артемии отмечались в этих озёрах ранее в конце сентября - октябре [6].

Численность рачков в популяциях подвержена и межгодовым колебаниям, обусловленным вариативностью условий обитания в мелководных озёрах в зоне с засушливым климатом и повышенной солнечной радиацией. Более высокие показатели концентрации особей рачка по данному массиву озёр (430 и 70 тыс. экз./м³) приходились на Борлы и Казы летом 2001 г. [6], а в 2015 г. - на Маралды, Теренколь, Калатуз и Борлы (198,0 - 72,2 тыс. экз./м³). По остальным озёрам показатели развития рачка летом характеризовались незначительными показателями. При этом обе группы имели примерно равный уровень солёности воды, II и III класса.

Максимальной биомассой весной характеризовалась артемия в оз. Ащытакыр, за счёт преобладания самок (таблица 2, рисунок). Высоко продуктивными рачком были также озёра Калатуз, Кызыл Когам, а также Маралды, Мойилды и Теренколь. В озёрах Кызыл Когам, Маралды и Моилды создавали основу показателя тоже самки, в оз. Калатуз и Теренколь - ювенильные стадии рачка.

Биомасса рачков в озёрах Бура и Жамантуз в мае оценивалась средним уровнем, в прочих водоёмах была, как и численность, в основном, относительно низкой, не более 12 г/м³. Летом артемия продуцировала более высокую биомассу по сравнению с весенней, в озёрах Маралды, Теренколь, Жамантуз и Борлы.

На основе классификации водоёмов по биомассе артемии [2], выделялись следующие 4 группы казахстанских озёр, исследованных в 2015 г.

В состав низко продуктивных из 16 озёр вошли 7 (таблица 3). К среднетрофным отнесены 4 озёра, из них весной Борлы может переходить в группу низко продуктивных озёр. Только в весенний период отмечались высокопродуктивными 4 водоёма, три из них летом создают группу очень высокопродуктивных озёр, а оз. Мойилды, становится низко продуктивным.

Рис. 1. Относительная доля численности (%) основных возрастных стадий артемии в озёрных популяциях в мае и июле 2015 г.

Низкотрофные озёра по массе артемии, имели пониженную солёность воды I и II классов, остальные – II и III, от 93 до 242 г/дм³. Указанный диапазон минерализации считается оптимальным для наращивания именно биомассы рачков [2]. Выявленная динамика изменчивости биомассы популяций артемии по озёрам обусловлена также сроками развития и сменой представителей различных генераций рачка за период исследований.

Численность особей озёрных популяций артемии в среднем за период обследования в 2015 г. составила $37,37 \pm 9,35$ тыс. экз./м³ ($C_v = 127,8\%$). Биомасса рачков имела среднее значение $28,35 \pm 5,91$ г/м³ ($C_v = 104,3\%$). Величина массы для северо-казахстанской артемии близка к известной у сибирских популяций рачка: $23,3 \pm 5,3$ г/м³ ($C_v = 122\%$) [2].

Таблица 3. Классификация озёр по биомассе артемии, 2015 г.

Май			Июль		
Класс	Биомасса, г/м ³	Озёра	Биомасса, г/м ³	Озёра	Солёность, класс
Низкопродуктивный	3,5 – 10,4	Кудайколь, Киши Калкаман, Казы, Щербакты, Туз, Борлы, Айдарша	0,8 – 7,2	Айдарша, Казы, Мойилды	I - II
Среднепродуктивный	11,5 – 26,8	Сейтень, Бура	12,1 – 25,8	Калатуз, Сейтень, Бура, Борлы	II - III
Высокопродуктивный	34,6 – 46,0	Жамантуз, Маралды, Теренколь, Мойилды	-	-	II - III
Очень высокопродуктивный	51,8 – 118,6	Кызыл Когам, Калатуз, Ащытакыр	50,1 -72,5	Жамантуз, Теренколь, Маралды	II - III

Половой состав и генеративная продуктивность

Весной 2015 г. присутствие самцов было отмечено в озёрах Мойилды и Маралды, в количестве 1,84 и 2,00 тыс. экз./м³ или 12,0 и 5,2 % от состава особей. В июле самцы появлялись только у артемии оз. Жамантуз, 0,89 тыс. экз./м³, что не превышало 4,8 % от численности всех рачков. В начале 2000-ых годов немногочисленные самцы (0,02 - 0,08 %) отмечались также в летний период и изредка осенью для озёр Маралды, Щербакты, Туз и Борлы. Сходная доля самцов в популяциях сибирской артемии признана свойственной партеногенетическим расам [2].

Присутствие яиц у самок артемии в мае 2015 г. было отмечено у 19 % популяций (таблица 2). Широко, в 64% популяций, представлены яйценосные самки в июле, с наибольшей плодовитостью в озёрах Калатуз, Жамантуз, Маралды, II и III класса солёности. Наличие 15 – 25 экз. яиц на самку оценивается умеренной плодовитостью по мировой фауне [2].

Продуктивность артемии покоящимися яйцами, цистами, тоже различна по озёрам (таблица 2). В мае более высокая их концентрация в воде была характерна для оз. Щербакты, в три и четыре раза меньше, но тоже высоким был показатель в озёрах Моилды и Киши Калкаман. Средний уровень биоресурса отмечен для озёр Кудайколь, Жамантуз, Ащытакыр, Маралды, Калатуз и Бура. В остальных водоёмах численность цист в водной толще была ниже в два, три раза.

Летом количество цист в водной толще озёр нарастало относительно весенней в 9 озёрах: Туз, Борлы, Теренколь, Калатуз, Сейтень, Казы, Айдарша, Ащытакыр и Маралды. Повышенные величины концентрации цист артемии в 2015 г. приходились, в основном, на озёра II и III классов солёности воды, как и в прошлые годы. Исключением было оз. Туз с низкой солёностью воды, I класса, но в прошлом тоже имеющее более высокую минерализацию воды, II класса.

Отмечена и межгодовая изменчивость численности цист в водной толще обследованных озёр. Высокая концентрация покоящихся яиц в водной толще, сходная с показателями 2015 г., была отмечена для озёр Казы, Туз в июне 2001 г. (1700 и 680 тыс. экз./ м³) и в июле 2000 г. – в озёрах Калатуз и Бура (870 и 580 тыс. экз./ м³).

Артемия в заливах Большого Аральского моря

Первые обследования популяции артемии в заливах Большого Арала на казахстанской части акватории проводились в 2000 – 2001 гг. [6]. В 2015 г. наблюдения параметров среды обитания и современного состояния аральской артемии велись в тех же заливах, что и ранее, в соответствии с указанной целью работы.

Среда обитания рачка

Мелководный зал. Тущыбас и более глубокий зал. Чернышева ограничено сообщаются с основной акваторией Большого Аральского моря. Минерализация воды составляла к 2000 г. в первом из них 72 г/дм³, а во втором - 87,2 г/дм³. В 2015 г. показатели гидрологического режима представлены разным уровнем величин по заливам, меняющимся в сезонном аспекте (таблица 4). Солёность воды в зал. Тущыбас, после ряда изменений вернулась к уровню 2000 г., в зал. Чернышева значительно возросла. Вода, по ионному составу, как и ранее, хлоридного класса, натриевой группы третьего типа.

Таблица 4. Характеристика среды обитания артемии в заливах Большого Аральского моря летом и осенью 2015 г.

Заливы	Площадь, тыс. га	Глубина, м		Прозрачность, м		Температура воды, Т° С		Соленость, г/дм ³	
		07	10	07	10	07	10	07	10
Чернышева	80,0	7,48	6,43	3,74	1,91	26,9	4,96	129,5	120,78
Тушубас	60,0	2,5	2,4	0,5	1,0	28,6	5,5	72,44	75,1

Биологические характеристики популяций

Количественные показатели развития рачков различались по биотопам и менялись в сезонном аспекте (таблица 5).

Популяции артемии в заливах летом и осенью 2015 г. были представлены всеми возрастными стадиями. Лишь в июле в зал. Чернышева отсутствовали яйценосные самки. При этом самки без яиц и предвзрослые рачки были крайне малочисленны - 5,1 - 5,9 % от общей численности. Массовыми в этот период были науплиальные - 68,5 % и ювенильные рачки - 20,3 %. Очевидно, в глубоководном зал. Чернышева в июле началась закладка очередной генерации артемии. Количественные показатели рачка в зал. Чернышева в этот период низкие и к осени их численность снизилась ещё почти в шесть раз.

В мелководном заливе Тушубас летом отмечалось более интенсивное развитие артемии, при повышенной температуре воды (таблицы 4,5).

Основу популяции, до 57%, формировали ювенильные и предвзрослые рачки. Взрослые самки, половина которых яйценосные, составляли около 26 % численности, а науплиусы - 17 %. Максимальная их плотность (до 1 тыс. экз./м³), была сосредоточена в местах концентрации самок, отметавших яйца. Показатели развития артемии в зал. Тушубас вдвое выше летом 2015 г., чем в заливе Чернышева.

Таблица 5. Численность (Ч; экз./м³) и биомасса (Б; г/м³) возрастных стадий рачка артемии в заливах Большого Аральского моря, 2015 г.

Месяц	Самки с яйцами		Самки		Науплиусы		Ювенильные		Предвзрослые		Всего		Цисты	
	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б
Залив Чернышева														
Июль	-	-	0,04	0,11	0,62	0,10	0,18	0,06	0,05	0,09	0,89	0,37	1,64	0,02
Октябрь	0,06	0,24	0,07	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,004	0,15	0,44	5,68	0,06
Залив Тушубас ¹														
Июль	0,28	1,06	0,28	0,71	0,36	0,06	0,74	0,40	0,49	0,84	2,17	3,10	0,52	0,01
Октябрь	0,92	3,39	1,22	3,13	0,01	0,001	0,37	0,20	0,41	0,69	2,93	7,42	12,46	0,12
Примечание: ¹ - по данному заливу результаты генетического анализа артемии не получены														

Осенью, в октябре, артемия представлена в заливах особями последней генерации. Структура популяций в них различалась. При значительно пониженной численности особей в зал. Чернышева, артемия на 92,2% представлена самками, половина которых с цистами. Доля неполовозрелых рачков и науплиусов незначительна - 1,7 - 3,3 %.

В зал. Тушубас осенняя численность рачков повысилась относительно летней, превышая показатель в другом заливе более чем в 20 раз, а биомассу - на порядок величин. Численность половозрелых и яйценосных самок была не выше 73 % от общей. Неполовозрелые стадии популяции - ювенильные, предвзрослые рачки и науплиусы составляли соответственно 12,7 - 13,9 - 0,4 %. Биомасса рачков от лета к осени повышалась в зал. Тушубас более чем вдвое и осталась почти прежней при падении численности в зал. Чернышева, за счёт преобладания крупных половозрелых рачков.

Генеративная продуктивность

Аральская артемия в летний период 2015 г. была представлена партеногенетической расой. Самцы единичны на одной из станций заливов.

Плодовитость рачков менялась за исследуемый период. В июле в зал. Чернышева самок с яйцами не было, в виду выплода науплиусов. В октябре в яйценосных мешках у них отмечались цисты двух видов: первые в количестве до 20 штук и размером 0,20 мм и вторые, до 15 - 40 штук, размером 0,05 мм. Яйценосные сумки самок в заливе Тушубас в июле были без яиц. В октябре остаточная плодовитость их составляла 18 - 26 цист, с диаметром 0, 25 мм.

Количество цист артемии по акватории более осолонённого и глубокого зал. Чернышева в июле 2015 г. втрое превышало число их в зал. Тушубас. Осенью плотность цист в водной толще залива Чернышева увеличилась почти в 3,5 раза. В зал. Тушубас в октябре их количество, как и биомасса, возросли более чем в 20 раз относительно летних значений.

В заливе Тушыбас, при минерализации воды, сходной в 2015 и 2000 гг., близка и интенсивность количественного развития артемии по годам. Но концентрация цист в летний период 2015 г. была более чем в 60 раз ниже их плотности в 2000 г. В заливе Чернышева артемия в оба сезона 2015 г. характеризуется меньшими показателями численности и биомассы, в 16 и 4 раза относительно прошлых наблюдений. Количество диапаузирующих яиц в современных условиях также ниже, более чем в 250 раз.

Молекулярно-генетическая видовая идентификация артемии

В результате секвенирования гена COI митохондриальной ДНК, получен фрагмент нуклеотидной последовательности длиной в 680 п.н. идентичный у всех исследованных образцов артемии залива Чернышева Аральского моря и 12 водоёмов Павлодарской области (таблица 1,6).

Обнаруженная последовательность полностью совпадает (100%) с ранее опубликованными последовательностями в общедоступной базе данных GenBank, характерных для вида *Artemia parthenogenetica*.

Таблица 6. Сравнительный анализ морфологических показателей артемии с данными GenBank

Морфологическое определение вида	Последовательность с наибольшей гомологией из базы данных GenBank	Процент идентичности	№ последовательности в GenBank
Залив Чернышева Аральское море <i>Artemia sp.</i>	<i>Artemia parthenogenetica</i> isolate APD02 cytochrome oxidase subunit I (COI) gene, partial cds; mitochondrial	99%	DQ426825.1
Залив Чернышева Аральское море <i>Artemia sp.</i>	<i>Artemia sp.</i> Kazakhstan HL-2005 cytochrome oxidase subunit I (COI) gene, partial cds; mitochondrial	99%	DQ119653.1
Залив Чернышева Аральское море <i>Artemia sp.</i>	<i>Artemia parthenogenetica</i> isolate APD06 cytochrome c oxidase subunit I (COI) gene, partial cds; mitochondrial	99%	GU591382.1
Залив Чернышева Аральское море <i>Artemia sp.</i>	<i>Artemia parthenogenetica</i> isolate APD04 cytochrome c oxidase subunit I (COI) gene, partial cds; mitochondrial	99%	GU591380.1
Залив Чернышева Аральское море <i>Artemia sp.</i>	<i>Artemia parthenogenetica</i> isolate APD03 cytochrome oxidase subunit I (COI) gene, partial cds; mitochondrial	99%	DQ426826.0
Водоёмы Павлодарской области <i>Artemia sp.</i>	<i>Artemia parthenogenetica</i> isolate APD03 cytochrome oxidase subunit I (COI) gene, partial cds; mitochondrial	99%	DQ426826.1

Заключение

Популяции рачка артемии исследовались весной, летом и осенью 2015 г. в 16 озёрах Северного Казахстана (Павлодарская область) и двух заливах Большого Аральского моря. По солёности воды озёра разделялись на три класса: I - ≤ 50 г/дм³ (3 оз.); II - от 93 до 150 г/дм³ (10 оз.); III - от 194 до 242 г/дм³ (2 оз.).

В конце мая и июля структура популяций рачка была представлена, в основном, науплиями и самками. Предполагается наличие в популяциях особей первой, второй и третьей генераций рачка в период наблюдений. Возможна закладка и выход четвёртого поколения артемии в озёрах за сезон вегетации.

В соответствии с имеющейся классификацией, озёра по биомассе артемии подразделялись на: низко - (0,8–0,4 г/м³), средне - (11,5–26,8 г/м³), высоко - (34,6–46,0 г/м³) и очень высокопродуктивные (50,1–118,6 г/м³).

Средняя численность особей артемии по озёрам составила $37,37 \pm 9,35$ тыс. экз./м³, при биомассе рачков $28,35 \pm 5,91$ г/м³, близкой к показателю для сибирских популяций рачка.

В большинстве озёр популяции артемии представлены самками. Самцы присутствовали только в трёх озёрах в количестве 5–12 % от всех особей, характерном для партеногенетических рас рачка. Яйценосные самки несли по 25–37 яиц весной, летом – от 16 до 60 яиц. Соответственно, концентрация планктонных цист артемии в воде летом (53–1874 тыс. экз./м³) возрастала относительно весенней (29–1112 тыс. экз./м³). Продуктивные по ряду параметров популяции рачка обитали в 2015 г., в основном, в озёрах II и III классов солёности воды, как и в прошлые годы.

Количественные показатели аральской артемии в заливах Чернышева и Тушыбас в июле и октябре 2015 г. низкие, 0,9 – 2,9 тыс. экз./м³ и 0,4 – 7,4 г/м³, при солёности воды 72,4 – 129,5 г/дм³, в пределах II класса. К осени, биомасса рачков возрастала по заливам в различной степени за счет увеличения доли половозрелых самок. В октябре рачок в заливах представлен особями последней генерации.

Концентрация цист артемии в водной толще заливов была низкой, особенно летом, увеличиваясь осенью до 5,7 тыс. экз./м³ (зал. Чернышёва) и 12,5 тыс. экз./м³ (зал. Тушыбас). Относительно данных лета

2000 г. запасы цист в 2015 г. в первом из заливов понизились более чем в 250 раз, во втором - в 70 раз. Многократно ниже за прошедший период стали и количественные показатели популяций рачка.

Популяции артемии в заливах Большого Арала в 2015 г. отличались пониженной продуктивностью относительно данных прошлых лет и по сравнению с озёрными популяциями Северного Казахстана.

Анализ гена цитохром оксидазы 1 (CO1) мт ДНК показал принадлежность озёрных и аральской популяций артемии к *Artemia parthenogenetica*.

Литература

1. Алевин О. А., Семёнов А. Д., Скопинцев Б. А. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 271 с.
2. Литвиненко Л. И., Литвиненко А. И., Бойко Е. Г. Артемия в озёрах Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 2009. 304 с.
3. Матмуратов С. А., Лопатин С. А. Естественные запасы цист *Artemia salina* (L) в соляных озерах северо-востока Казахстана // Биол. основы рыбн. хоз. водоемов Ср. Азии и Казахстана. Алма-Ата // Мат-лы XX науч. конф., 20-21 ноября 1991 г. Алма-Ата. Деп. В КазНИИНТИ 07.04.1992, 3 3675(208) – Ка-92. С. 96-101.
4. Посохов Е. В. Соляные озёра Казахстана. М., 1955. 185 с.
5. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. Мониторинг зоопланктона. С.-П.: Гидрометеиздат, 1992. С. 105-130.
6. Шарапова Л. И., Крупа Е. Г., Трошина Т. Т., Климов Ф. В., Канагатова Ш. Ч., Мурова Е. В. Экология *Artemia* sp. (Crustacea. Anostraca) в соляных водоёмах Казахстана // Selevinia, 2002. № 1- 4, Almaty. - с. 265–270 .
7. Шарапова Л. И., Аубакирова Г. А., Ускенов Р. Б., Джаманбаев Т. Д. Современная характеристика среды обитания рачка *Artemia* sp. в соляных озёрах Северного Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 2016. № 8.
8. Ivanova N. V., de Waard J., Hebert P. D. N. An inexpensive, automation-friendly protocol for recovering high-quality DNA // Molecular Ecology Notes, 2006. V. 6. P. 998-1002.
9. Persoone G., Sorgeloos P. General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia* // The brine shrimp *Artemia* / eds G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels and E. Jaspers / Wetteren, Belgium: Universa Press, 1980. Vol. 3: Ecology, Culyturing, Use in Agriculture. P. 3 – 24.
10. Pilla E. J. S., Beardmore J. A. Genetic and morphometric differentiation in Old World bisexual species of *Artemia* (the brine shrimp) // Heredity, 1994 / Vol. 84. P. 47 – 56.
11. Folmer O, Black M., Hoech W. et al. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrom oxidase subunit1 from deverse metazoan unvertabrates. / Molecular marine biology and biotechnology, 1994. 3 (5). P. 294-299.

Работа выполнена по гранту 5450/ГФ 4 Министерства образования и науки Республики Казахстан.