

597.2/.5:577
574
ББК 28.082
48:47.2

РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ВОДОЁМЫ РОССИИ: фундаментальные и прикладные исследования. Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием (Санкт-Петербург, 2-4 апреля 2018 г.)

Материалы публикуются в авторской редакции

Верстка В.Г. Хабазовой

Для удобства чтения предлагаем воспользоваться следующими возможностями электронного издания:

- Полноэкранный режим просмотра - клавиши CTRL + L
- Интерактивное содержание (переход к статье – «клик» левой кнопкой мышки по соответствующей строчке содержания)

ISBN 978-5-91648-039-9

© ФГБНУ «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга» (ФГБНУ «ГосНИОРХ»),
2018

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИПЕРГАЛИННОГО ОЗЕРА КУЧУКСКОЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Веснина Л.В., Ронжина Т.О.

Алтайский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр», Барнаул, artemia@alt.ru

Озеро Кучукское располагается в теплом, засушливом районе, сумма активных температур воздуха $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 2017 г. составляла 2680, что характерно для данной территории, но ниже по сравнению с 2016 г. на 240 градусодней (2920 градусодней). По многолетним наблюдениям количество градусодней с температурой воздуха $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ колебалось от 2483 (2000 г.) до 3110 (2003 г.).

По нашим многолетним наблюдениям (2002–2015 гг.) выявлена корреляционная связь между температурой воды озера Кучукское и численностью науплий артемии ($r=0,28$, $P=0,05$), половозрелых особей (для самок $r=0,29$, для самцов $r=0,31$, $P=0,05$), численностью тонкоскорлуповых яиц ($r=0,26$, $P=0,05$). Зависимость плодовитости самок от температуры воды выражается уравнением $y = -0,5335x + 50,64$ ($r=-0,42$, $P=0,05$). Выявлена корреляционная связь за период 2002–2015 гг. между минерализацией воды гипергалинных водоемов и численностью половозрелых самок ($r=0,31$, $P=0,05$), а также между минерализацией воды и важным продукционным показателем – плодовитостью самок ($r=0,58$, $P=0,05$).

Минерализация воды оз. Кучукское, по многолетним наблюдениям, находится в пределах 256–325 г/л. В описываемый период 2017 г. минерализация воды в озере колебалась в пределах 208,8–246,5 г/л. Наблюдается снижение количества солей в рапе по сравнению со среднемноголетним значением, что связано со сменой регрессивной фазы водности на трансгрессивную.

В апреле пополнение озера происходило талыми водами с пониженных участков водосборной площади, минерализация воды в этот период в среднем по станциям составляла $256,5 \pm 9,5$ г/л. В мае минерализация рапы в среднем по станциям составляла $208,8 \pm 8,9$ г/л. В летний период за счет обильных осадков в июне-июле (56,3–56,7 мм) и общей увлажненности территории минерализация воды в водоеме не превышала $240,6 \pm 2,3$ г/л. В осенний период минерализация воды незначительно возросла до $245,6 \pm 1,8$ г/л (сентябрь), но несмотря на увеличение численных значений, уровень минерализации был значительно ниже среднемноголетних (рисунок 1). В октябре минерализация воды немного снизилась, за счет садки солей мирабилита и составляла $243,8 \pm 1,8$ г/л. Морфоэдафический индекс (МЭИ) в среднем составлял 102,4.

Озеро Кучукское является одним из крупнейших комплексных месторождений минеральных солей, в частности сульфата натрия. Сульфат натрия применяется в различных отраслях: для производства синтетических моющих средств, а также в целлюлозно-бумажной, стекольной и химической промышленности. Кучукское месторождение эксплуатируется с 1960 г. предприятием ОАО «Кучуксульфат». Источником минерального сырья служит летняя высокоминерализованная рапа оз. Кучукское, которая закачивается по питательному каналу в садочный бассейн Селитренное. Забор рапы существенно влияет на уровень воды в этом мелководном озере, снижая объем «жилой» зоны для гидробионтов.

Кучукское месторождение комплексное, содержит в больших количествах сульфат натрия, хлориды натрия и магния. В существенно меньших количествах присутствуют бром и калий в виде растворимых соединений. Основные запасы сульфата натрия сосредоточены в поверхностной рапе и донных отложениях озера. По химическому составу поверхностная рапа является сложной многокомпонентной системой и, согласно принятой классификации, относится к сульфатно-хлоридному классу (Алекин, 1970). Солевой состав поверхностной рапы претерпевает в годовом цикле существенные изменения в связи с сезонной кристаллизацией и растворением мирабилита, реже – галита (Веснина, Пермякова, 2011).

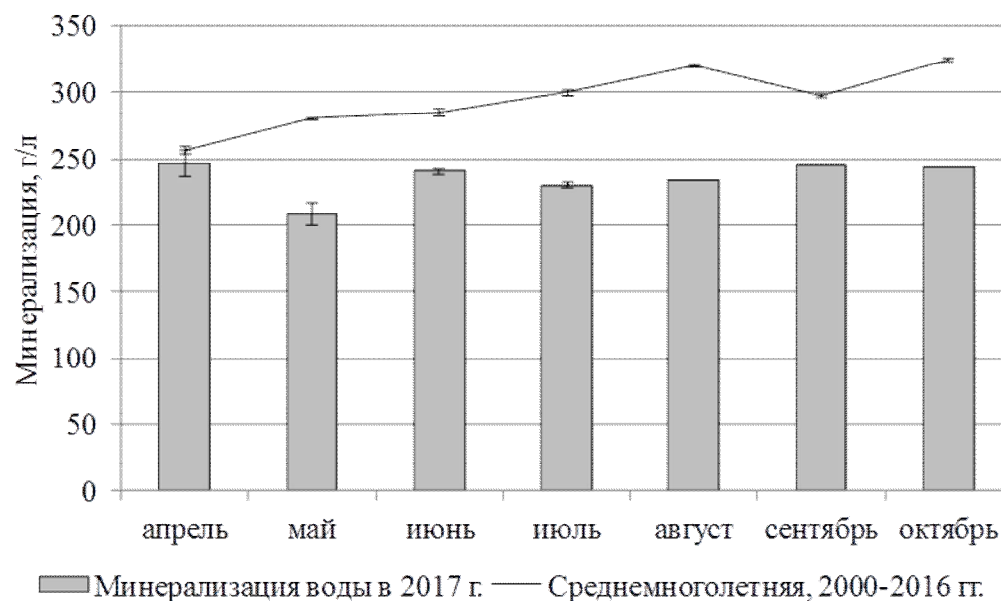


Рисунок 1. Динамика средней минерализации воды озера Кучукское

Условия формирования промысловых скоплений цист рачка артемии. Большое значение при формировании скоплений играют абиотические факторы: минерализация воды, конфигурация береговой линии, направление и скорость ветра (Соловов и др., 2001).

В вегетационный сезон 2017 г. в районе расположения озера Кучукское преобладали ветра западного и юго-западного направлений (рисунок 2). Таким образом, наибольшая плотность цист и рачков артемии наблюдалась вдоль береговой линии в северо-восточной части озера.

В оз. Кучукское промысловые скопления цист начинают формироваться при вступлении в яйцекладку основного контингента самок нерестового стада при скорости ветра 3–6 м/с (любых направлений). Первые скопления имеют вид отдельных пятен или конгломератов из нескольких сотен яиц, часто совместно со скорлупой и отмирающими особями, разбросанных по всей глубине «жилой» зоны рачка. При усилении

ветра более 8–10 м/с основная масса цист движется вдоль берега под действием нарастающего компенсационного течения, частично выбрасывается на берег и смывается обратно в озеро, при этом чистота биосырья резко снижается.

При формировании промысловых скоплений цист артемии в оз. Кучукское особую значимость представляют сгонно-нагонные колебания уровня в апреле-июне. Учитывая условия наиболее результативной добычи биосырья, следует отметить, что наиболее благоприятные скорости ветра для формирования промысловых скоплений на центральном плесе оз. Кучукское находятся в диапазоне от 5 до 10 м/с. В вегетационный сезон 2017 г. средняя скорость ветра составляла 5,0 м/с, порывы ветра отмечались в первой и третьей декаде мая (14,2 и 14,7 м/с) (рисунок 3). В период июнь-октябрь сила ветра была благоприятной для образования промысловых скоплений артемии (на стадии цист).

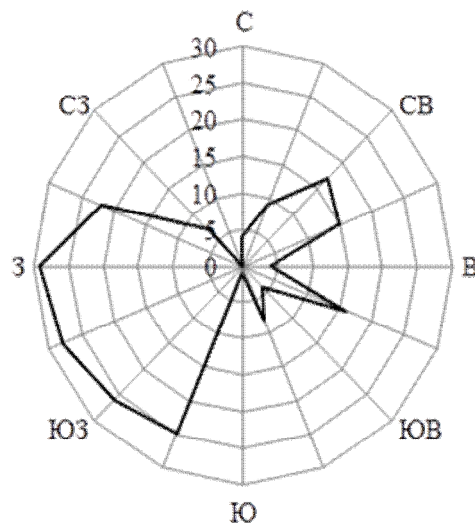


Рисунок 2. Направление ветра в районе расположения оз. Кучукское, апрель-октябрь 2017 г.

Опыт организации добычи артемии (на стадии цист) показывает необходимость уделять особое внимание направлению и силе ветра. Находясь во взвешенном состоянии практически во всей толще воды, цисты и скорлупа под воздействием нагонного течения постепенно дрейфуют и аккумулируются в прибрежной зоне, а при усилении ветра периодически выбрасываются на мелководьях литорали, создавая высокую численность цист. В результате перемены направления ветра или его силы скопления цист могут частично выбрасываться на берег, также возможен и обратный их смыв в озеро и перенос течением на другие участки озера (Соловов и др., 2001).

Биотические факторы формирования сырьевой базы рачка артемии определяются, прежде всего, видовым составом фитопланктона, его продуктивностью в условиях оз. Кучукское и доступностью его фитомассы для рачков. Кроме того, большую роль играет прибрежно-водная растительность.

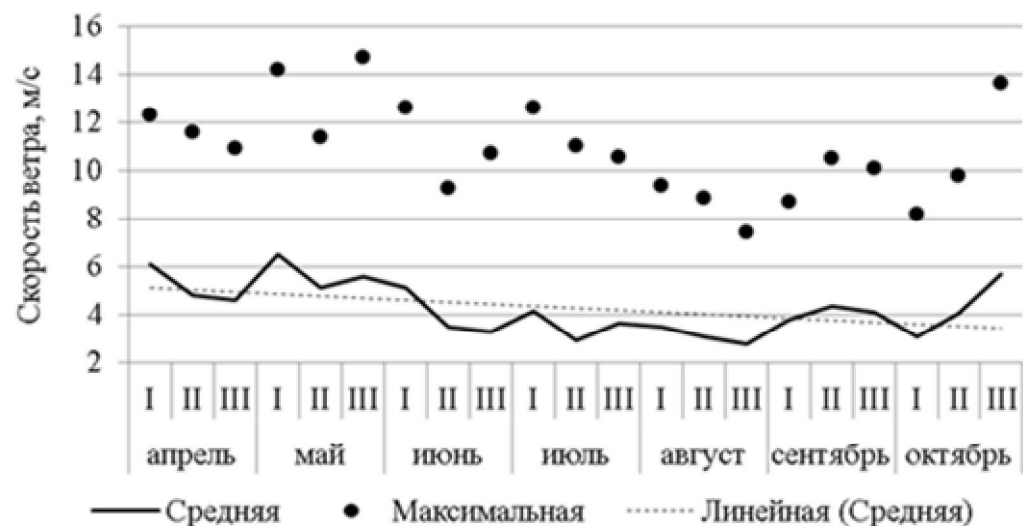


Рисунок 3. Средняя и максимальная скорости ветра в районе расположения оз. Кучукское, 2017 г.

Изучая флору оз. Кучукское следует отметить отсутствие макрофитов в водной среде. В окрестностях озера встречаются растения различных экологических групп. В связи с высокой соленостью озера гидрофиты и гелофиты не представлены. Гигрофильную (прибрежно–водную) растительность представляют в основном галофиты: солерос европейский (*Salicornia europaea* L.), астра солончаковая (*Aster tropolium* L.), торичник солончаковый (*Spergularia salina* J. et C. Presl), подорожник солончаковый (*Pllantago salsa* Pallas).

Фитопланктон оз. Кучукское беден по составу. Отмечается три вида водорослей из отделов синезеленых и зеленых водорослей. Хламидомонада *Dunaliella salina* и ее цисты отмечаются во все сроки отбора, а в июле и августе в фитопланктоне развиваются синезеленые гормогониевые водоросли. Численность и биомасса фитопланктона на протяжении всего вегетационного периода невысокие и определенной тенденции в сезонной динамике не выявляется. Уровень органического загрязнения соответствует бетамезосапробной зоне.

По многолетним наблюдениям (2000–2016 гг.) численность и биомасса фитопланктона коррелирует с численностью артемии ювенильной стадии развития ($r=0,30$ и $r=0,42$ соответственно, $P=0,05$), а также биомасса фитопланктона коррелирует с численностью цист, находящихся в толще воды ($r=0,85$, $P=0,05$).

В связи с высокой минерализацией воды в оз. Кучукское складываются критические условия обитания для большинства гидробионтов, которые могли бы составить конкуренцию артемии за ресурсы среды обитания. В 2017 г., как и ранее, зоопланктон озера был представлен монокультурой жаброногого рачка артемия.

Для оз. Кучукское характерно развитие 1-2 генераций, в зависимости от сложившихся условий обитания рачка. Первые науплии появляются в ранневесенний период при наступлении благоприятных температурных условий. В начальный период жизни, по литературным данным, происходит массовая гибель рачков, среди оставшихся особей наблюдается низкая смертность (Гиляров, 1990). На длительность развития и

созревания жабронога существенно влияет температурный режим (Воронов, 1974, 1982; Иванова, 1983). Половозрелые особи отмечаются с середины июня. Основной пик общей численности рачков приходится на летние месяцы (июнь–июль). Популяция артемии характеризуется неравномерностью распределения по акватории, в пространстве и времени.

В температурных условиях 2017 г. начало развития первой генерации приходится на период 13-18 апреля. По результатам гидробиологической съемки в апреле в составе зоопланктона присутствовали рачки науплиальной стадии развития с достаточно высокой численностью ($16,93 \pm 2,98$ тыс. экз./м³) и цисты артемии ($71,50 \pm 3,50$ тыс. экз./м³).

В мае в озере отмечены рачки всех возрастных стадий. В процентном соотношении преобладали науплии (82%), со средней численностью $28,91 \pm 7,92$ тыс. экз./м³ (таблица 1), т.е. продолжалось вылупление рачков первого поколения. Вклад в численность ранних стадий развития вносило размножение ортонауплиями, наблюдаемое у 17% половозрелых самок. Численность особей последующих стадий развития (ювенильной, предвзрослой, половозрелой) была меньше, чем численность науплий в предыдущую дату исследования, что указывает на большую долю смертности среди особей ранних стадий развития. Численность ювенильных особей составляла в среднем $1,45 \pm 0,96$, предвзрослых – $4,01 \pm 2,34$ тыс. экз./м³. Половозрелые самки отмечены на одной станции (ст. 2) с максимальной численностью $2,70$ тыс. экз./м³, средняя их численность по озеру составляла $0,99 \pm 0,57$ тыс. экз./м³. В овисаках самок отмечались летние яйца, науплии (живорождение) и цисты. Преобладало размножение цистами (у 72% самок). Средняя плодовитость самок с цистоношением составляла $24,4$ экз./особь. Первое поколение рачков было представлено только партеногенетическими самками, что характерно для большинства популяций артемии. Благоприятные температурные и гидрологические условия способствовали половому созреванию. Таким образом, длительность жизненного цикла артемии первой генерации в озере составила около 42 дней, что не вышло за пределы значений, известных для популяций артемии разнотипных водоемов. Однако наблюдается тенденция к сокращению длительности жизненного цикла в трансгрессивную фазу водности текущего года. Численность артемии (на стадии цист) в описываемый период составляла $357,4 \pm 101,25$ тыс. экз./м³.

Таблица 1. Динамика средней по станциям численности рачков артемии разных стадий развития и цист (гидратированных, дегидратированных) в озере Кучукское в 2017 г.

Дата	Численность рачков артемии разных стадий развития, тыс. экз/м ³				Численность цист, тыс. экз/м ³
	Науплии	Ювенильные	Предвзрослые	Половозрелые	
апрель	$16,93 \pm 2,98$	-	-	-	$71,50 \pm 3,50$
май	$28,91 \pm 7,92$	$1,45 \pm 0,96$	$4,01 \pm 2,34$	$0,99 \pm 0,57$	$357,38 \pm 101,25$
июнь	$16,64 \pm 6,82$	$0,11 \pm 0,06$	$0,08 \pm 0,02$	$1,05 \pm 0,28$	$363,03 \pm 142,32$
июль	$93,17 \pm 23,44$	$12,89 \pm 3,35$	$0,51 \pm 0,28$	$2,65 \pm 0,15$	$1786,17 \pm 95,00$
август	$672,75 \pm 242,28$	$3,46 \pm 1,13$	$1,85 \pm 0,47$	$12,17 \pm 3,25$	$7993,85 \pm 4128,13$
сентябрь	$56,08 \pm 37,48$	$17,56 \pm 9,32$	$0,56 \pm 0,18$	$36,41 \pm 15,25$	$1203,15 \pm 189,18$
октябрь	-	$0,1 \pm 0,03$	$0,1 \pm 0,04$	$0,79 \pm 0,43$	$9,85 \pm 1,53$

В июне наблюдалось начало развития второго поколения артемии. В составе зоопланктона преобладали рачки науплиальной стадии развития со средней численностью $16,64 \pm 6,82$ тыс. экз./м³. Численность ювенильных и предвзрослых особей была незначительной и не превышала 0,4% от общей численности рачков (таблица 2).

В заплесковой зоне, прилегающей прибрежной полосе и на дне водоема в июне наблюдались элиминированные рачки, происходило отмирание особей первой генерации с растянутым во времени периодом выклева. Численность половозрелых самок составляла $1,05 \pm 0,28$ тыс. экз./м³, распределение их по станциям было неравномерным. Наблюдалось неравномерное распределение рачков по озеру. Самки размножались в основном цистами (71%), меньше летними яйцами (29%), живорождения не отмечено. Средняя плодовитость самок с цистоношением составляла 25,2 экз./особь, количество кладок – 3,9 (таблица 2). Средняя численность планктонных цист составляла $363,03 \pm 142,3$ тыс. экз./м³, среди которых 89% находились в дегидратированном состоянии.

В июле в оз. Кучукское в составе зоопланктона также преобладали особи ранних стадий развития (87% от общей численности рачков). Непрерывный процесс выклева на протяжении периода с начала вегетационного сезона затрудняет выявление периодичности по срокам между генерациями рачка. Численность науплий в среднем по озеру составляла $93,17 \pm 23,44$ тыс. экз./м³, максимальная их плотность отмечена с западной части озера (ст. 5–7). Численность ювенильных особей достигала 31,50 (ст. 1–3, восточная часть озера), в среднем по озеру – $12,89 \pm 3,35$ тыс. экз./м³. Предвзрослые особи были малочисленными, их доля не превышала 0,5% от общей численности рачков. Численность половозрелых особей, представленных только самками, колебалась от единичных экземпляров (ст. 8) до $5,42 \pm 1,05$ тыс. экз./м³ («роение» на станции 3). Средняя численность самок по озеру – $2,65 \pm 0,15$ тыс. экз./м³. Неравномерность распределения обусловлена ветровой активностью. Самки размножались цистами, летними яйцами, а также науплиями (живорождение). Плодовитость самок с цистоношением составляла 90,0 экз./особь, количество кладок – 6,4. На станциях с максимальной плотностью рачкового планктона наблюдалось отмирание половозрелой части популяции.

Численность цист, свободно плавающих в рапе, колебалась от 68,00 до 14582,00 тыс. экз./м³, максимальная их плотность отмечена вдоль юго-восточного побережья оз. Кучукское. Средняя численность цист по водоёму составила $1786,17 \pm 95,00$ тыс. экз./м³. Большая часть планктонных цист находилась в дегидратированном состоянии (84%). Планктонные цисты образовывали скопления на поверхности воды и вдоль прилегающей прибрежной полосы.

Таблица 2. Средние значения продукционных характеристик артемии в озере Кучукское, 2017 г.

Месяц	Длина тела самки (TL), мм		Кладки	Плодовитость (цисты), экз./особь	Количество самок, %		
	мин	макс			Живорождение	Летние яйца	Цисты
июнь	7,2	11,0	3,9	25,5	0	29,2	70,8
июль	6,5	12,1	6,4	90,0	11,0	38,0	51,0
август	8,1	9,7	2,1	20,8	3,3	26,7	70,0
сентябрь	8,3	12,1	3,5	58,7	0	27,0	73,0
октябрь	6,1	10,5	5,3	56,4	0	12,0	88,0

В августе 2017 г. развитие популяции рачка проходило при благоприятном температурном режиме, состоянии водности и минерализации. В составе зоопланктона в большом количестве отмечены неполовозрелые особи, в том числе науплии, со средней численностью – $672,75 \pm 242,28$ тыс. экз./м³, ювенильные – $3,46 \pm 1,13$ и предвзрослые особи – $1,85 \pm 0,47$ тыс. экз./м³. Распределение рачков по акватории озера наблюдалось неравномерным, максимальная их плотность отмечена в юго-восточной части озера (ст. 3–5). Численность половозрелых самок артемии по станциям в среднем составляла $12,17 \pm 3,25$ тыс. экз./м³, единично в пробах отмечены самцы – $0,01 \pm 0,004$ тыс. экз./м³ (0,1%).

В связи с наступлением температур, относящихся к зоне субпессимума для развития артемии, в популяции увеличилась доля самок с цистоношением, их плотность составила $8,52$ тыс. экз./м³. Средняя плодовитость самок с цистоношением насчитывала $20,81$ экз./особь. В овисаках половозрелых самок отмечались в основном цисты (70,0%), меньше летние яйца (26,7%) и науплии (живорождение) (3,3%). Количество кладок составляло 2,1. Распределение артемии (на стадии цист) по акватории озера было также неравномерным. Численность артемии (на стадии цист) колебалась от $43,00$ до $83200,00$ тыс. экз./м³, максимальная их плотность отмечена вдоль юго-восточного побережья озера. Средняя численность цист по водоёму составила $7993,85 \pm 4128,13$ тыс. экз./м³. Большая часть планктонных цист находилась в дегидратированном состоянии (77%). Планктонные цисты образовывали промысловые скопления на поверхности воды и вдоль прилегающей прибрежной полосы.

В сентябре общая численность рачков продолжала оставаться высокой, в среднем по озеру составляя $110,65 \pm 62,27$ тыс. экз./м³. Встречались особи всех возрастных стадий. Средняя численность самок составляла $36,41 \pm 15,25$ тыс. экз./м³. Размножались самки в основном цистами (73% самок), меньше летними яйцами (27%). Численность самок с цистоношением составляла $26,58$ тыс. экз./м³. Плодовитость самок с цистоношением в этот период насчитывала $58,7$ экз./особь. Количество кладок составляло 3,5. Численность артемии (на стадии цист) в среднем составляла $1203,15 \pm 189,18$ тыс. экз./м³, в дегидратированном состоянии из них находились 99%. На поверхности воды, вдоль заградительных устройств (бонов), планктонные цисты образовывали промысловые скопления на поверхности воды и вдоль прилегающей прибрежной полосы.

Во второй декаде октября средняя по озеру численность рачков составляла $3,0 \pm 0,5$ тыс. экз./м³. В литорали и заплесковой зоне отмечалась элиминация рачков.

В составе популяции отмечены все возрастные стадии развития артемии, с преобладанием половозрелых особей (самки) $2,49 \pm 0,43$ тыс. экз./м³. Самки размножались в сентябре цистами (88% самок), меньше летними яйцами (12%). Численность самок с цистоношением составляла $2,19$ тыс. экз./м³. Плодовитость самок с цистоношением в этот период насчитывала $56,4$ экз./особь, количество кладок составляло 5,3. Численность артемии (на стадии цист) в текущий период в среднем по озеру насчитывала $1709,70 \pm 260,80$ тыс. экз./м³, в дегидратированном состоянии из них находились 99%.

В конце октября численность артемии (на стадии цист) значительно снизилась, в среднем по озеру насчитывала $9,85 \pm 1,53$, в дегидратированном состоянии из них находились 99%. В литорали и заплесковой зоне отмечена элиминация рачков. Численность половозрелых самок составляла $0,79 \pm 0,43$ тыс. экз./м³, количество самок с цистоношением – $0,73$ тыс. экз./м³. Основная часть цист в озере, оказалась под прессом и гнетом садки соли.

Таким образом, популяция рачка артемии в озере Кучукское была представлена партеногенетическими самками, доля самцов составляла 0,1% от общей численности половозрелых особей. Наблюдалось развитие трех генераций рачка. Средняя численность разновозрастных рачков в 2017 г. составляла $163,53$ тыс. экз./м³, что было выше среднемноголетних значений на 90,4% (которое составляло $15,77$ тыс. экз./м³ в период 2002-

2013 гг.). Численность самок колебалась от 0,79 до 36,41 тыс. экз./м³. Самки размножались в основном цистами, меньше летними яйцами, наблюдалось живорождение. Плодовитость самок при цистоношении колебалась от 20,8 до 90,0 экз./особь. Продуктивность самок рачка артемия с цистоношением отмечалась с июня месяца, что повлияло на увеличение артемии (на стадии цист) в целом по озеру. Планктонные цисты образовывали промысловые скопления на поверхности воды и вдоль прилегающей прибрежной полосы. Численность цист колебалась от 71,50 до 7993,85 тыс. экз./м³. В конце октября численность артемии (на стадии цист) снижалась (до 9,9 тыс. экз./м³), основная часть цист оказалась под гнетом соли. Средняя численность артемии (на стадии цист) в 2017 г. составляла 1683,56 тыс.экз/м³, что выше среднемноголетних значений на 92,0% (средняя величина которых в период 2002-2013 гг. составляла 133,76 тыс. экз./м³). Промысловое значение имели скопления, начиная с июня месяца.

Литература

Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 442 с.

Веснина Л.В., Пермякова Г.В. Динамика численности и биомассы жаброногого рачка *Artemia* Leach, 1819 в гипергалинных водоемах Алтайского края // Экологические проблемы пресноводных рыбохозяйственных водоемов России: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. – СПб.: Феникс, 2011. – С. 68-72.

Воронов П.М. Влияние температуры на жизнеспособность яиц *Artemia salina* // Зоол. журн. – 1974. – Т. 53, вып. 4. – С.546-549.

Воронов П.М. Влияние температуры на рост и созревание *Artemia salina* // Зоол. журн. – 1982. – Т. 61. – С. 1594–1596.

Гиляров А.М. Популяционная экология: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 191 с.

Иванова М.Б. Продукция планктонных ракообразных в пресных водах: автореф. дис... д-ра биол. наук. – Л., 1983. – 29 с.

Соловов В.П., Подуровский М.А., Ясюченя Т.Л. Жаброног артемия: история и перспективы использования ресурсов: Монография. – Барнаул: ОАО «Алтайский полиграфический комбинат», 2001. – 144 с.