

На правах рукописи

Пермякова Галина Валерьевна

**ЖАБРОНОГИЙ РАЧОК *ARTEMIA LEACH*, 1819 В ГИПЕРГАЛИННЫХ
ОЗЕРАХ АЛТАЯ (НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА БОЛЬШОЕ ЯРОВОЕ)**

03.02.10 – Гидробиология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Новосибирск 2012

Работа выполнена в Алтайском филиале ФГУП «Госрыбцентр» – Алтайском научно-исследовательском институте водных биоресурсов и аквакультуры

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Веснина Любовь Викторовна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Долгин Владимир Николаевич

кандидат биологических наук
Ядренкина Елена Николаевна

Ведущая организация: ФГБНУ «Научно-исследовательский институт экологии рыбохозяйственных водоемов»

Защита состоится 19 марта 2012 г. в 13⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета ДМ 220.048.06 при ФГБОУ ВПО Новосибирский государственный аграрный университет по адресу: 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, зал ученого совета

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО Новосибирский государственный аграрный университет и на официальном сайте:
www.nsau.edu.ru

Автореферат разослан «___» _____ 20__ г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук, доцент



Д.В. Кропачев

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Фонд гипергалинных озер Алтайского края составляет 1200–1300 км². На территории края располагаются водоемы высшей экономической значимости: Кулундинское и Бол. Яровое. Заготовка цист рачка в оз. Бол. Яровое регулярно проводится с 1978 г. Начиная с 1998 г. спрос на цисты увеличился за счет организации экспортных поставок. Объемы промышленной заготовки сырья цист артемии в оз. Бол. Яровое увеличились за последние десятилетия с 14 (1998 г.) до 502 т (2007 г.).

Всеобщий интерес к данному биоресурсу обусловил необходимость разработки охранных мероприятий с целью его рационального использования. Для этого ежегодно проводятся комплексные исследования общих запасов цист артемии, совершенствуется методика прогнозного обеспечения. Определенную трудность в расчете объема возможного вылова цист артемии представляет определение «жилой» зоны цист и рачков. Особый интерес представляют глубоководные водоемы, где их вертикальное распределение неравномерное и отличается от мелководных гипергалинных озер.

Цель и задачи работы. Целью настоящих исследований являлось определение роли жаброногого рачка в экосистеме глубоководного гипергалинного озера, изучение морфометрических и биологических показателей.

Исходя из поставленной цели решались следующие задачи:

1. Выявить влияние факторов среды глубоководного водоема на развитие жаброногого рачка *Artemia Leach*, 1819 (температурный режим, минеральный состав, прозрачность воды, фитопланктон).
2. Определить линейные показатели рачка артемии и его репродуктивные характеристики.
3. Установить различия распределения численности цист рачка артемии по горизонтали и вертикали.
4. Оценить промысловые запасы цист рачка *Artemia Leach*, 1819 с возможной долей изъятия продуктивного горизонта глубоководного водоема.

Научная новизна. Впервые проведена оценка репродуктивных показателей жаброногого рачка артемии глубоководного гипергалинного водоема различных

генераций. Изучены морфометрические признаки рачка артемии и его изменчивость в зависимости от факторов водной среды. Получены материалы распределения цист артемии на различных горизонтах глубоководного водоема. Показана динамика численности рачка артемии, его цист и промысловых объемов возможного вылова.

Практическая значимость. Полученные результаты являются методической основой для проведения мониторинга цист рачка артемии в глубоководных гипергалинных озерах Западной Сибири на примере оз. Бол. Яровое. Результаты могут быть использованы научно-исследовательскими институтами, рыбоохранными и рыбодобывающими организациями для осуществления рационального использования запасов биосырья. Данные по определению продуктивного горизонта глубоководного водоема необходимы при составлении прогноза объемов возможного вылова этого биоресурса.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Репродуктивные показатели жаброногого рачка артемии определяют численность его цист и объемы промысловых запасов.
2. Прогноз объемов возможного вылова цист жаброногого рачка артемии глубоководного водоема позволяет использовать продуктивный 2-х метровый горизонт.

Апробация работы. Результаты исследований вошли в отчеты о выполнении плана научно-исследовательских работ за 2009–2011 гг. Кроме того, материалы диссертационной работы докладывались на первой конференции молодых ученых НАСЭЕ «Вопросы аквакультуры» (Тюмень, 2009); международной научно-практической конференции «Экологическое равновесие и устойчивое развитие территории» (Санкт-Петербург, 2010); II международной конференции «Современное состояние водных биоресурсов» (Новосибирск, 2010); Всероссийской конференции с международным участием «Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования» (Томск, 2011); IV международной научной конференции «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» (Минск – Нарочь, 2011).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 14 научных работ, в том числе 1 в рецензируемом журнале, входящем в перечень ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 152 страницах, содержит 21 таблицу, 59 рисунков. Состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка, включающего 236 источников, в том числе 50 иностранных, содержит 16 приложений.

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена в Алтайском филиале ФГУП «Госрыбцентр» в ходе выполнения тематических работ, с привлечением архивных данных.

Материалом исследования послужили данные, собранные в период 2009–2011 гг. с апреля по октябрь в рамках мониторинговых исследований на оз. Бол. Яровое Славгородского района Алтайского края.

За период исследования было собрано и обработано 26 гидрохимических проб, 42 пробы фитопланктона, 468 проб зоопланктона. Морфометрический анализ проведен на 4750 экз. неполовозрелых особей рачка, 476 экз. – половозрелых самцов и самок. Плодовитость измерена у 500 экз. овулятивных самок.

Отбор гидробиологических и гидрохимических проб, измерения факторов среды и визуальные наблюдения за распределением рачка и микроводорослей по акватории озера проводили по стандартным методикам (Киселев, 1956; Методы изучения биогеоценозов..., 1975; Методические рекомендации..., 1983; Методические указания..., 2002) на постоянно выделенных 12 станциях наблюдения, расположенных в разных частях озер.

Из морфометрических показателей водоема изучены и приведены: площадь водной поверхности, длина береговой линии, объем водной массы, глубины средние и максимальные, изрезанность береговой линии, по методикам практической гидрометрии (Берникова, Демидова, 1977; Лутшева, 1983). Классификация озер по площади проведена по П.В. Иванову (1948); максимальной и средней глубине – по Г.Ю. Верещагину (1930); изрезанности береговой линии – по Б.Б. Богословскому (1960).

Гидрохимический анализ проводился по общепринятой методике (Шишкина, 1939). Минерализацию воды в полевых условиях ежемесячно измеряли с помощью рефрактометра (El Paso TX 79928 USA).

Обработка материала по зоопланктону проводилась по общепринятым методикам (Жадин, 1960).

Морфометрический анализ половозрелых особей разных генераций проводился по 13 морфологическим признакам, у неполовозрелых измерялись длина и масса тела. Для характеристики плодовитости рачков ежемесячно отбирали 25 – 30 экземпляров живых овулятивных самок, у которых измеряли длину тела, просчитывали количество эмбрионов (науплий, летних яиц, цист), измеряли их диаметр. Общее число кладок за жизненный цикл определяли по формуле (Хмелева, Гигиняк, 1982): $N=1,35*(L_{\max}/L_{\min})^{2,5}$, где N – число кладок за жизненный цикл; L_{\max} – максимальная длина тела яйценосных самок; L_{\min} – минимальная длина тела яйценосных самок.

В качестве показателя агрегированности распределения рачков и цист использовано отношение дисперсии к среднему значению их численности – показатель D (Одум, 1986). При равномерном распределении $D<1$, при групповом – $D>1$.

Расчет объема возможного вылова для прогнозного обеспечения заготовки цист рачка *Artemia* Leach, 1819 определялся по действующей методике (Методические указания..., 2002).

Статистическую обработку материала проводили с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel и STATISTICA на персональном компьютере (Плохинский, 1961; Меркурьева, 1970; Песенко, 1982; Лакин, 1990; Васильева, 2004).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Условия формирования жаброногого рачка *Artemia* Leach, 1819 в озере Большое Яровое Алтайского края

Озеро Бол. Яровое расположено в области замкнутого стока. По физико-географическому районированию региона водоем относится к Кулундинской степной провинции, Западно-Кулундинской сухостепной подпровинции, Кулундинско-Яровскому району. Водоем имеет эллипсообразную форму. Площадь 66,7 км² (63,0–67,0), глубины: максимальная 9,5 м, средние – 4,0–4,9 м. Показатель озерной котловины – тип 1, округлая с высокими берегами. Коэффициент развития береговой линии 1,1; длина береговой линии 32 км. Берега открытые крутые,

обрывистые доступные по всему периметру высотой 10,0–15,0 м, поддаются эрозии; небольшой лиман на северо-восточном берегу. Озеро бессточное, питание атмосферное и грунтовое.

3.1.1. Абиотические факторы

Температурные условия формирования биоты. Рачок артемия является теплолюбивым видом ракообразных, у которого термофильность особо четко проявляется в процессе воспроизводства.

Вегетационный период для популяции артемии оз. Бол Яровое начинается в конце марта – начале апреля при прогреве воды до $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, массовый выклев первой генерации наблюдается со второй половины апреля (Веснина, 2010). Заканчивается вегетационный период в конце октября – начале ноября. В среднем длительность периода вегетации составляет 207 дней. Наибольшая изменчивость температуры наблюдается в весенние и осенние месяцы (C_v составляет 15,0 и 9,6% соответственно). Полученные данные сравнивали со среднемноголетними значениями базы данных.

Таблица 1. Динамика температуры поверхностного слоя рапы оз. Бол. Яровое за период 2009–2011 гг. и среднемноголетние значения базы данных (БД)

| Показатель | Температура поверхностного слоя воды, $^{\circ}\text{C}$ | | | | | | |
|-------------------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| | апрель | май | июнь | июль | август | сентябрь | октябрь |
| $X_{\min}-X_{\max}$ | 2,0–5,0 | 12,0–14,5 | 17,0–23,0 | 19,0–22,0 | 16,0–21,0 | 12,0–16,0 | 5,0–9,0 |
| $X_{\text{ср.}}\pm S_x$ | 3,4 \pm 1,1 | 13,6 \pm 1,1 | 18,8 \pm 2,2 | 21,2 \pm 1,3 | 19,2 \pm 2,2 | 14,4 \pm 1,8 | 6,5 \pm 0,6 |
| σ | 0,51 | 0,55 | 0,89 | 0,58 | 0,97 | 0,91 | 0,63 |
| C_v , % | 15,0 | 4,1 | 4,8 | 2,8 | 5,1 | 6,5 | 9,6 |
| БД (1975–1998 гг.) | - | 11,5 | 19,1 | 21,9 | 18,8 | 14,9 | 7,1 |

Минерализация и химический состав воды. Озеро Бол. Яровое по величине минерализации относится к гипергалинным (Алекин, 1970) или ультрагалинным (Оксиюк, Жукинский, 1993) водоемам, и является рапным. По химическому составу вода в оз. Бол. Яровое относится к хлоридному классу натриевой группы.

В период 2009–2011 гг. общее содержание солей колебалось от 130,0 до 178,0 г/л. В весенний период отмечается наименьшее значение минерализации с постепенным увеличением в летне-осенний период.

Плотность воды в период 2009–2011 гг. колебалась незначительно и составляла в среднем $1,095 \pm 0,005$ г/см³ ($Cv=0,10\%$). Кислотность воды в озере находилась в пределах слабощелочной области шкалы рН (7,16–8,11, $Cv=0,56\%$). Перманганатная окисляемость в озере колебалась от 72,10 до 184,0 мгО₂/л ($97,79 \pm 25,64$, $Cv=5,59\%$).

Уровенный режим. Водность гидросистемы оз. Бол. Яровое обусловлена климатическими особенностями водосборной площади и наличием значительного грунтового стока. Рассматриваемая территория характеризуется многоводными и маловодными периодами, существенно влияющими на условия развития артемии. Период с 2009–2011 гг. относится к регрессивной фазе водности.

3.1.1. Биотические факторы

Биотические факторы формирования сырьевой базы рачка определяются, прежде всего, видовым составом фитопланктона, его продуктивностью в условиях оз. Бол. Яровое и доступностью его фитомассы для рачков.

В период исследований было отмечено 13 видов из 5 отделов: *Cyanophyta*, *Chrysophyta*, *Bacillariophyta*, *Cryptophyta*, *Chlorophyta*. Динамика численности фитопланктона за период исследований составляла – 1,9–447,6 тыс. кл/л ($Cv=23,30\%$); биомасса – 2,5–360,5 мг/м³ ($Cv=20,17\%$).

Между численностью и биомассой выявлена положительная достоверная связь ($r=0,82$, при $p<0,05$). Выявлена достоверная отрицательная связь между температурой и числом видов ($r=-0,43$, при $p<0,05$) (рис. 1).

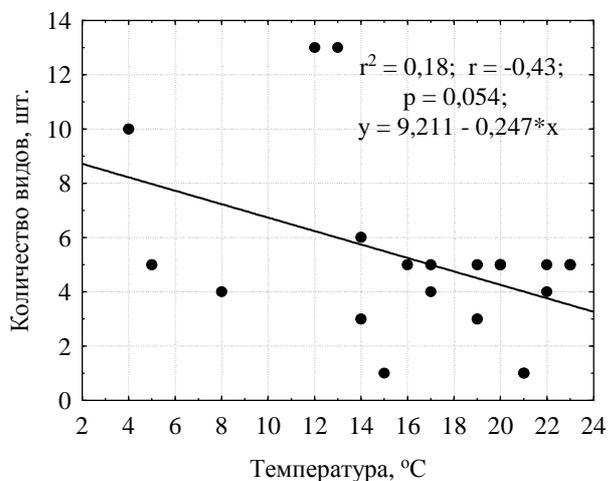


Рис. 1. Зависимость между количеством видов фитопланктона и температурой воды в оз. Бол. Яровое, 2009–2011 гг.

Прозрачность воды зависит от численности микроводорослей. За вегетационный период, с апреля по октябрь 2009–2011 гг. прозрачность воды в озере менялась от 0,15 до 5,0 м.

3.2. Особенности биологии рачка артемии в озере Большое Яровое

3.2.1. Морфометрические показатели рачка артемии

Для рачков артемии характерны колебания морфометрических показателей, зависящих от условий окружающей среды, а также половой диморфизм.

Длина тела ортонауплиусов в оз. Бол. Яровое в период исследований варьировала в пределах 0,442–0,550 мм, составляя в среднем $0,483 \pm 0,029$ мм ($\sigma=0,005$, $Cv=1,12\%$). Средня масса составляла 0,004 мг. Последующие науплиальные стадии развития (*metanauplii* I–IV) в озере имели среднюю длину тела от 0,572 до 1,241 мм ($0,866 \pm 0,205$, $\sigma=0,046$, $Cv=5,28\%$).

Длина тела (*tl*) самок в исследуемый период колебалась от 7,10 до 15,95 мм, большая часть особей имела размеры в пределах 8,7–11,8 мм (рис. 2). У самцов длина тела и пределы варьирования несколько меньше, у большинства промеренных особей длина тела находилась в пределах 8,0–8,9 мм. Длина тела является одним из показателей полового диморфизма артемии оз. Бол. Яровое (различия значимы при $p < 0,05$).

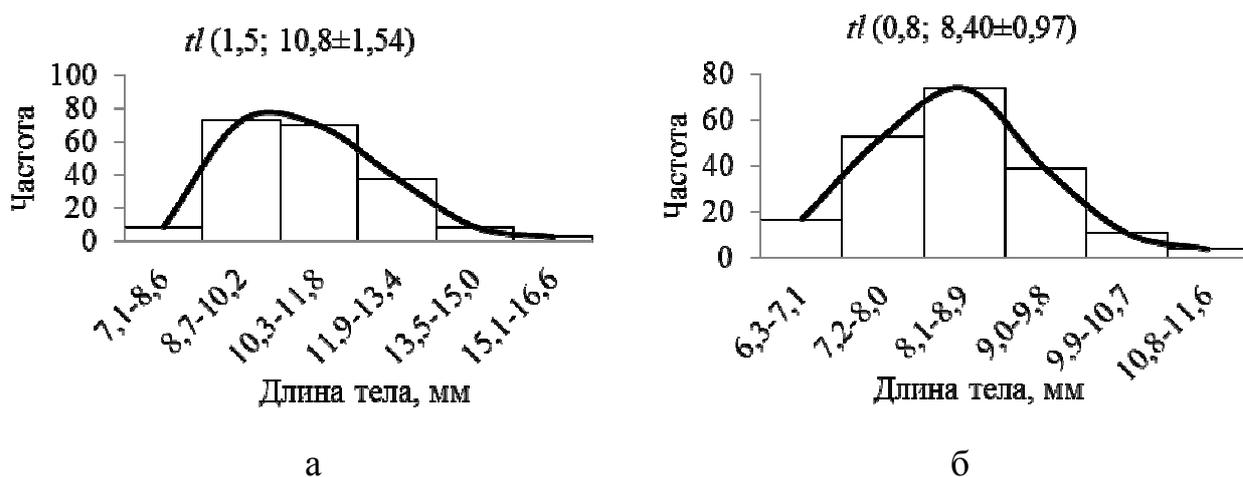


Рис. 2. Гистограммы распределения половозрелых самок (а) и самцов (б) артемии по длине тела, в скобках: шаг на гистограмме, $x_{cp} \pm S_x$

Для рачка артемия в оз. Бол. Яровое расстояние между глазами (*de*), длина антенны и диаметр глаза являются зависящими от пола ($p < 0,05$). Среднее

значение расстояния между глазами для самок в исследуемый период составило 1,41 мм, для самцов – 1,59 мм (рис. 3). Длина антенны (la) у наибольшего количества самцов находилась в пределах 0,80–0,95 мм, у самок – 0,72–0,87 мм (рис. 4).

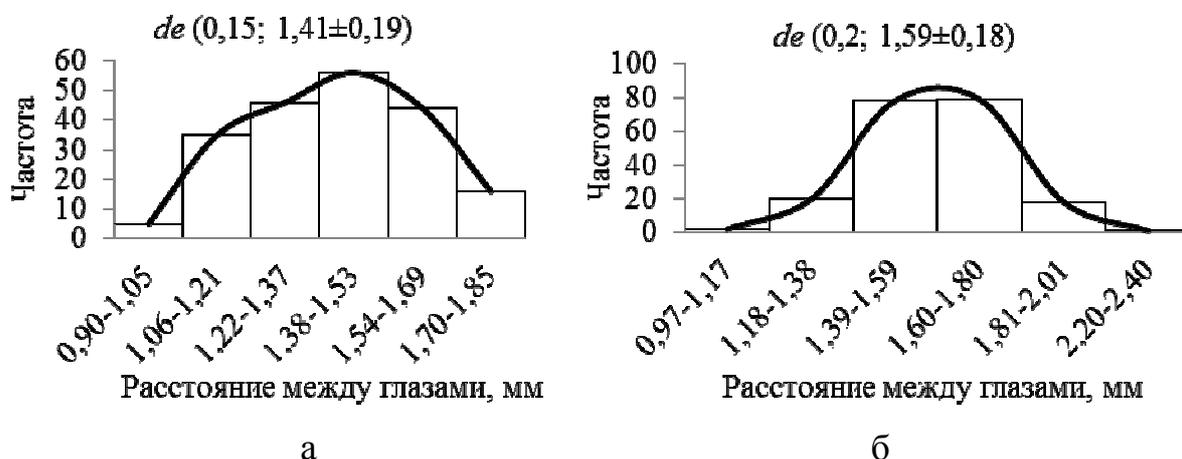


Рис. 3. Гистограммы распределения половозрелых самок (а) и самцов (б) артемии по расстоянию между глазами, в скобках: шаг на гистограмме, $x_{cp.} \pm S_x$

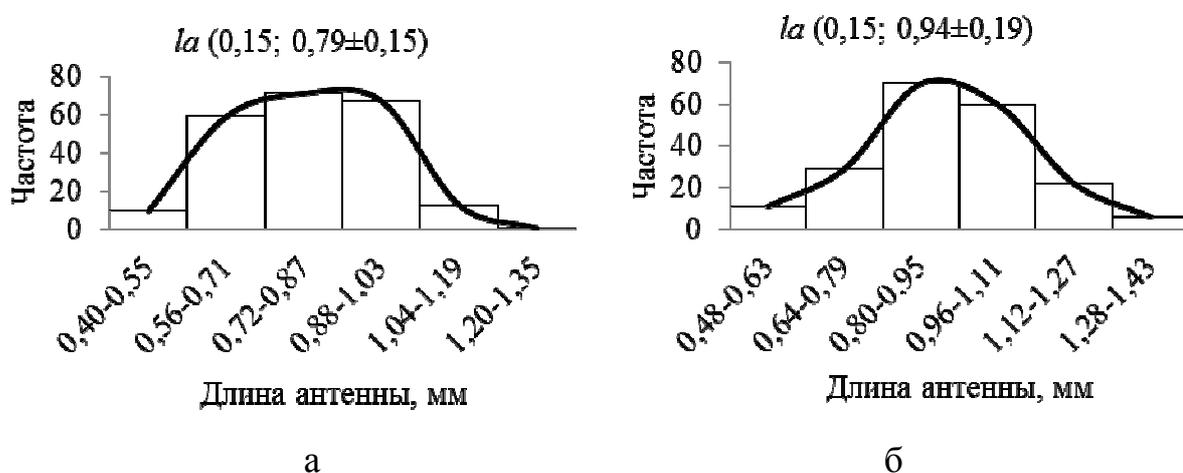


Рис. 4. Гистограммы распределения половозрелых самок (а) и самцов (б) артемии по длине антенны, в скобках: шаг на гистограмме, $x_{cp.} \pm S_x$

Среднее значение диаметра глаза (ed) у самок составило 0,24 мм, у самцов можно выделить три группы, диаметр глаза в пределах 0,28–0,30 мм встречается с наибольшей частотой, у второй группы диаметр глаза составляет 0,34–0,36 мм, у третьей – 0,40–0,42 мм. При этом среднее значение данного признака – 0,33 мм (рис. 5).

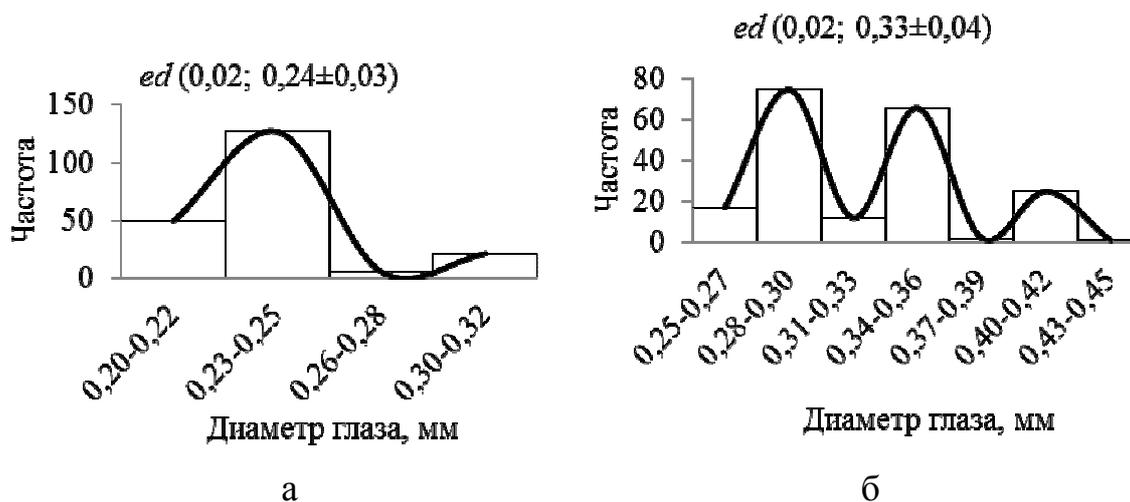


Рис. 5. Гистограммы распределения половозрелых самок (а) и самцов (б) артемии по диаметру глаза, в скобках: шаг на гистограмме, $x_{cp.} \pm S_x$

Морфометрические параметры находятся в определенной корреляционной зависимости друг от друга. Выявлены группы наиболее сильно или слабо коррелирующих признаков для обоих полов. Между массой и длиной тела у обоих полов существует сильная связь $r=0,66$ (рис. 6).

Также выявлено, что масса тела у обоих полов коррелирует с длиной цефалоторакса и расстоянием между глазами ($r=0,63$ и $0,61-0,66$ соответственно). У самок масса сильно сопряжена с размерами яйцевого мешка, в большей степени с его шириной ($r=0,64$). Длина тела находится в сильной положительной связи с размерами цефалоторакса и абдомена у обоих полов (для самок: $r=0,87$ и $0,93$ соответственно; для самцов: $r=0,82$ и $0,92$ соответственно). Линейные размеры тела коррелируют с шириной абдомена и шириной головы. У самок выявлена сопряженность длины тела с длиной антенны ($r=0,68$), которая у самцов отсутствует.

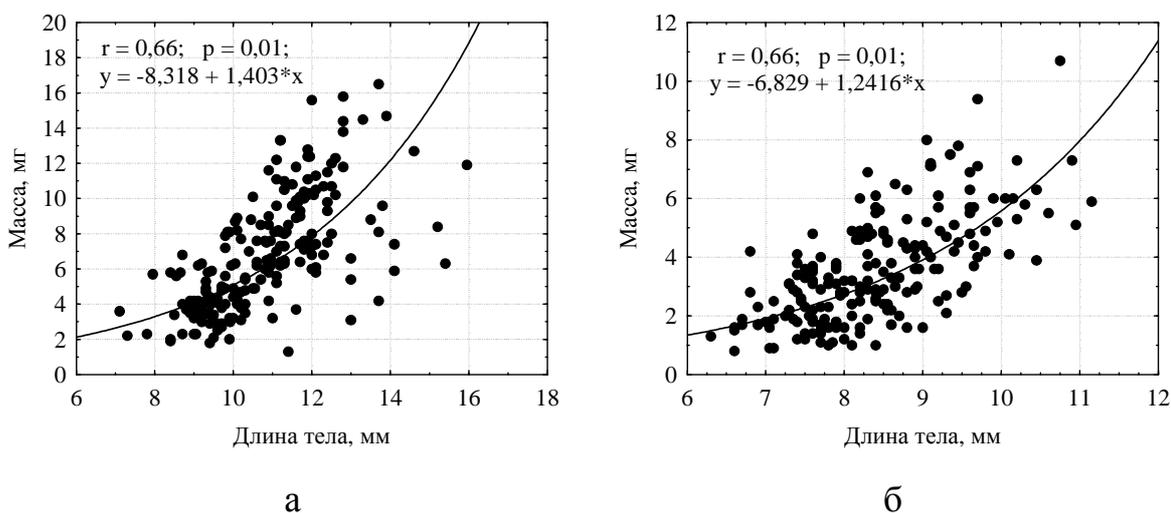


Рис. 6. Зависимость между длиной и массой тела половозрелых самок (а) и самцов (б) артемии, 2009–2011 гг.

3.2.2. Репродуктивные показатели рачка артемии

Популяция рачка артемии в оз. Бол. Яровое является партеногенетической, не смотря на появление в структуре сообщества редких самцов (Abatzopoulos, Beardmore, Clegg, 2002).

В период исследований в структуре популяции артемии оз. Бол. Яровое самцы встречались с июня по сентябрь. В июле 2009 г. доля самцов была наибольшей, по сравнению с остальными периодами и составляла 4,1%. В остальные сроки отбора эта величина не превышала 2,0%. При анализе корреляционных связей между абиотическими, биотическими факторами и соотношением полов выявлена слабая положительная взаимосвязь между температурой воды и долей самцов в популяции ($r=0,55$, $p<0,05$).

В описываемый период самки откладывали тонкоскорлуповые или летние яйца, толстоскорлуповые диапаузирующие яйца или цисты, или отрождали живых науплий (живорождение). При анализе ковариации появления того или иного способа размножения с абиотическими факторами, а также соотношением полов были выявлены положительные и отрицательные связи (табл. 2).

Индивидуальная плодовитость самок артемии варьирует в широких пределах (12–221 экз.). Средняя плодовитость самок в исследуемый период находилась в пределах 26,6–134,4 экз. Коэффициент корреляции между плодовитостью и температурой воды составил $r=-0,42$, между плодовитостью и минерализацией $r=0,46$, между плодовитостью и долей самцов в популяции $r=-0,43$.

Таблица 2. Взаимосвязь содержимого яйцевого мешка с абиотическими факторами и соотношением полов ($p < 0,05$)

| Фактор | Способ размножения | | |
|-------------------------|--------------------|-------------|--------------|
| | живорождение | летнее яйцо | цистоношение |
| Доля самок, % | -0,20 | -0,87 | 0,77 |
| Доля самцов, % | 0,20 | 0,87 | -0,77 |
| Плодовитость, экз. | -0,45 | -0,67 | 0,70 |
| Минерализация воды, г/л | -0,62 | -0,58 | 0,69 |
| Температура воды, °С | 0,60 | 0,75 | -0,82 |

Число кладок за жизненный цикл, рассчитанное по формуле, находилось в пределах 2–7 и в среднем составляло $3,7 \pm 1,4$, $C_v = 12\%$.

В период исследования диаметр цист, находящихся в овисаках самок колебался от 235 до 295 мкм ($257 \pm 22,18$, $\sigma = 8,38$, $C_v = 3,26\%$), диаметр летних яиц находился в пределах 196–263 мкм ($228 \pm 21,48$, $\sigma = 8,12$, $C_v = 3,56\%$).

3.2.3. Динамика численности, биомассы и распределение разновозрастных особей рачка артемии и его цист

В оз. Бол. Яровое наблюдается развитие трех – четырех генераций рачка артемии. В 2009–2011 гг. длительность жизненного цикла первой генерации составляла 60–69 дней. Вторая и последующие генерации развиваются с «перекрыванием» друг друга, что затрудняет выявление их четких границ. Вторая генерация появлялась в середине – конце июня и продолжалась до начала – середины августа. Начало третьей генерации приходилось на середину – конец июля, элиминация особей описываемой генерации наблюдалась со второй половины сентября. Развитие четвертой генерации в наибольшей степени зависит от абиотических и биотических факторов. Начало ее приурочено к середине августа, половой зрелости особи достигли в конце сентября – начале октября.

В сезонной динамике общей численности и биомассы рачков в оз. Бол. Яровое отмечается наличие одного пика, приходящегося на летние месяцы (табл. 3). Основной пик численности в 2009 г. отмечался в июле, в 2010 г. – июле – августе, в 2011 г. – в июне. Основные пики численности цист приходятся на конец лета – осень (август – октябрь).

Вылупление науплий первой генерации в весенний период наблюдалось в литоральных, более прогретых участках глубоководного водоема с наименьшей минерализацией.

В 2009 г. в весенние месяцы наблюдались минимальные значения численности и биомассы рачков. Половозрелые особи отмечались с середины июня. Большая часть рачков (57,5%) в этот период находилась на стадии науплий. Показатель распределения (D) по акватории для науплий в июне составлял 76,5, особей ювенильной стадии развития – 14,2, половозрелых самок – 1,3, цист – 1,5. Наибольшая плотность рачков и цист наблюдались в северо-западной части оз. Бол. Яровое. Распределение по горизонтам водного столба также было неравномерным. Агрегированность в этот период наблюдалась среди особей ювенильной стадии развития (D=15,8) и цист (D=4,2), наибольшая их численность отмечалась на глубине 4,0 м.

Таблица 3. Динамика общей численности (тыс. экз/м³) и биомассы (г/м³) рачков артемии в оз. Бол. Яровое, 2009–2011 гг.

| Год | Месяц | Численность рачков | | | Биомасса рачков | | |
|------|----------|--------------------|----------|----------|------------------|----------|----------|
| | | $x_{\text{ср.}}$ | σ | $Cv, \%$ | $x_{\text{ср.}}$ | σ | $Cv, \%$ |
| 2009 | апрель | 0,12 | 0,12 | 100,00 | 0,001 | 0,001 | 100,00 |
| | май | 10,06 | 1,43 | 14,17 | 0,71 | 0,25 | 34,67 |
| | июнь | 408,08 | 41,94 | 10,28 | 49,21 | 5,21 | 10,59 |
| | июль | 433,41 | 72,44 | 16,71 | 70,50 | 9,59 | 13,6 |
| | август | 160,11 | 18,39 | 11,49 | 24,92 | 2,49 | 9,98 |
| | сентябрь | 47,87 | 8,36 | 17,46 | 18,24 | 3,28 | 17,96 |
| | октябрь | 5,78 | 2,39 | 41,24 | 23,60 | 13,46 | 57,03 |
| 2010 | июнь | 7,03 | 3,01 | 42,80 | 5,13 | 2,09 | 40,78 |
| | июль | 1090,20 | 107,62 | 9,87 | 164,88 | 8,71 | 5,28 |
| | август | 1108,93 | 119,66 | 10,79 | 124,76 | 10,06 | 8,07 |
| | сентябрь | 8,84 | 1,14 | 12,90 | 1,34 | 0,48 | 35,91 |
| | октябрь | 0,17 | 0,03 | 16,73 | 0,25 | 0,13 | 51,97 |
| 2011 | апрель | 3,39 | 1,83 | 53,89 | 0,03 | 0,02 | 53,89 |
| | май | 9,93 | 1,05 | 10,60 | 4,58 | 1,22 | 26,55 |
| | июнь | 766,58 | 102,74 | 13,40 | 414,19 | 66,4 | 16,03 |
| | июль | 417,09 | 39,53 | 9,48 | 172,3 | 15,86 | 9,20 |
| | август | 616,94 | 74,37 | 12,05 | 125,58 | 16,61 | 13,22 |
| | сентябрь | 13,46 | 1,40 | 10,41 | 24,72 | 2,64 | 10,69 |
| | октябрь | 3,30 | 0,82 | 24,82 | 3,03 | 0,40 | 13,19 |

В июле 2009 г. на поверхности воды отмечались элиминированные особи (самки) первой генерации. Основная доля особей жабронога была представлена ювенильной стадией – 55,2% от общей численности, науплии составляли 43,5%, половозрелые особи – 1,2%. В этот период наблюдался основной пик численности и биомассы галофила. Неравномерное распределение по акватории в июле 2009 г. наблюдалось у науплий ($D=22,2$), ювенильных особей ($D=16,1$) и цист ($D=10,4$), наибольшая их плотность отмечалась в северо-восточной части озера. Показатель агрегированности (D) в вертикальном распределении для науплий составил 31,4, особей ювенильной стадии развития – 95,3, цист – 8,7. Основная доля их численности находилась на глубине 0–2,0 м (48,9% науплий, 57,8% ювенильных особей, 45,2% цист).

В августе – октябре наблюдался спад численности и биомассы разновозрастных особей жабронога. Скопления цист отмечались в августе в южной части оз. Бол. Яровое ($D=5,1$) и на глубине 0–2,0 м ($D=8,9$); в сентябре – в юго-восточной части озера ($D=32,1$), а наибольшая их плотность отмечалась на горизонте 0–2,0 м и 8-и метровом слое ($D=70,2$). Наблюдалось увеличение плотности цист на глубине 4,0 и 8,0 м, что свидетельствует о процессе погружения диапаузирующих яиц на глубину.

В 2010 г. температурные условия были менее благоприятны, поэтому развитие жаброногов немного задерживалось. В июне 2010 г. встречались разновозрастные стадии артемии, преобладали ювенильные и предвзрослые особи (49,6 и 48,2% от общей численности соответственно). Половозрелые особи отмечались в пробах июля. Неравномерность распределения, как по акватории, так и по глубинам, наблюдалась в этот период у науплий (D составляло 45,5 и 154,1 соответственно) и цист (D составляло 2,6 и 4,0 соответственно). Наибольшая их плотность отмечалась в северо-западной части оз. Бол. Яровое, 38,8% численности науплий и 38,5% численности цист находилось на глубине 0–2,0 м.

В августе 2010 г. плотность науплий и половозрелых особей была гораздо выше, чем в предыдущем году. Численность науплий была высокой по всем станциям и горизонтам водного столба и составляла $1091,4 \pm 549,4$ тыс. экз/м³ (98,4% от общей численности). Численность диапаузирующих яиц увеличилась в августе на 32,6%. В горизонтальном и вертикальном распределении цист наблюдалась не-

равномерность, показатель их агрегированности (D) по акватории составлял 29,3, по горизонтам водного столба – 26,2. Большая доля численности цист (37,6%) находилась на глубине 0–2,0 м. На глубине 6,0–8,0 м наблюдалось увеличение их плотности на 56,0%.

В 2011 г. основной пик численности и биомассы наблюдался в июне. Неравномерность в распределении по акватории наблюдалась для особей всех стадий развития жабронога и его цист. Показатель агрегированности (D) по акватории в июне для науплий составлял 41,5, для ювенильных особей – 1,9, предвзрослых – 26,2, самок – 8,4, цист – 141,3. Наибольшая плотность перечисленных стадий отмечалась в северо-западной части озера. В вертикальном распределении агрегированность наблюдалась у науплий (D=119,0), предвзрослых особей (D=14,2), самок (D=5,7) и цист (D=28,9). Наибольшая доля численности науплий (41,4%) и предвзрослых особей (33,8%) находилась на глубине 0–2,0 м, цисты и самки были многочисленны в слое 0–4,0 м.

В июле 2011 г. наблюдалось уменьшение общей численности (на 45,6%) и биомассы (на 58,4%) по сравнению с предыдущим месяцем. Средняя численность цист составляла $363,1 \pm 714,9$ тыс. экз/м³ (64,7% от общего количества). Цисты агрегировались вдоль западного побережья оз. Бол. Яровое (D=2096,4), а также в 2-х метровом слое (D=125,4), составляя 42,7% от общей численности цист. Вторая генерация жаброногов находилась на стадии *orto-* и *metanauplii*, численность которых достигала в среднем $384,3 \pm 174,8$ тыс. экз/м³ (92,1% от общей численности рачков). Распределение науплий было также неравномерным как по акватории (D=169,1), так и по глубинам (D=24,5). Наиболее многочисленны науплии были в слое 0–2,0 м (34,5%).

В августе основная доля зоопланктона в оз. Бол. Яровое приходилась на *orto-* и *metanauplii* третьей генерации (96,9%). Численность диапаузирующих яиц в августе увеличилась на 19,0% и в среднем составляла $448,4 \pm 250,2$ тыс. экз/м³. Показатель агрегированности (D) цист в горизонтальном распределении составлял 128,0, в вертикальном – 5,8. Наибольшая плотность цист наблюдалась на глубине 6,0–8,0 м, в 2-х метровом слое находилось 22,0% от общей численности.

В осенний период (сентябрь – октябрь) наблюдался спад численности и биомассы зоопланктона и увеличение плотности цист в толще воды. На поверхно-

сти воды отмечались агрегаты цист, образующих большие скопления в виде «лент» длиной несколько метров, как на поверхности воды в центральной и юго-западной части озера, так и в заплесковой зоне. Четвертая генерация была наиболее малочисленной. Неравномерность в распределении в осенний период отмечалась у науплий и цист. Показатель агрегированности (D) по акватории составлял для науплий 1,8, для цист – 130,9; по глубинам: для науплий – 7,6, для цист – 21,6. Скопления цист отмечались в 2-х метровом слое и на глубине 8,0 м.

При анализе коэффициентов корреляции между численностью разновозрастных особей жаброногого рачка артемии и факторами среды выявлены достоверные связи между плотностью науплий и численностью самок ($r=0,67$, $p<0,05$). Численность разновозрастных особей рачка сопряжена с численностью фитопланктона (r колеблется от 0,48 до 0,92, $p<0,05$). Плотность науплий сопряжена с минерализацией и температурой воды (r составляет -0,84 и 0,54 соответственно, при $p<0,05$). Численность половозрелых особей коррелирует с численностью особей предвзрослой стадии развития (самцы – $r=0,63$; самки – $r=0,71$, $p<0,05$).

Как описывалось выше, в вертикальном и горизонтальном распределении рачков и цист наблюдается неоднородность. По литературным и нашим данным, наибольшим свойством образовывать скопления обладают цисты (Студеникина, Новоселов, 1998; Литвиненко, Литвиненко, Бойко, 2009). В процессе прогнозирования объемов возможного вылова цист наибольшее значение приобретает выявление продукционного слоя водного столба, а также процессы перемещения основной массы цист в течение вегетационного сезона.

Для определения достоверности влияния глубины на распределение цист был проведен однофакторный дисперсионный анализ, в результате которого установлено достоверное различие в распределении численности цист по глубинам ($F_{\phi}=5,63$, при $P=0,01$).

Таким образом, в озере наблюдается расслоение цист по глубинам. В весенний период, в процессе прогревания воды, они поднимаются со дна. В июне – июле основная их масса находится в верхних слоях. С августа начинается процесс погружения в придонные слои. При этом четырехметровый слой является «пограничным», плотность цист в нем варьирует в зависимости от процессов вертикального перемещения (рис. 7).

Следовательно, для оценки общих запасов цист в глубоководном оз. Бол. Яровое наибольшее значение имеет слой 0–2,0 м, при этом необходимо учитывать процессы поднятия цист в июне – июле, и максимальную их численность в августе.

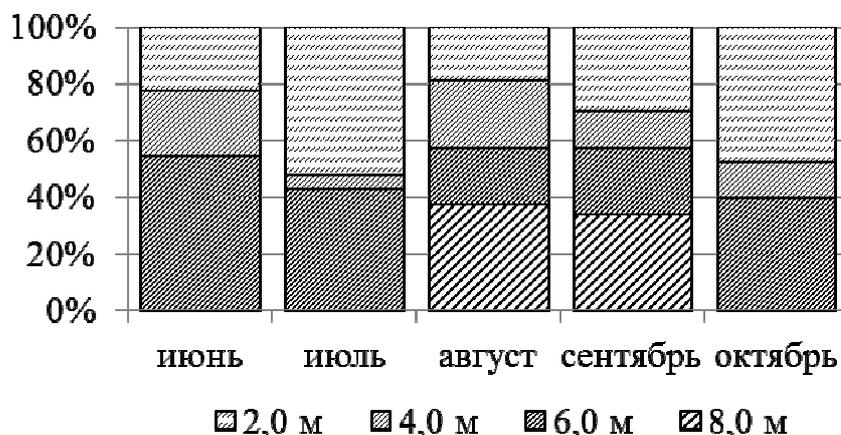


Рис. 7. Процентное соотношение распределения цист рачка артемии в водном столбе (0–8,0 м) оз. Бол. Яровое, июнь – октябрь

3.3. Оценка состояния промысла цист жаброногого рачка артемии в озере Большое Яровое

Заготовка цист рачка в оз. Бол. Яровое Алтайского края регулярно проводится с 1978 г. Начиная с 1998 г. спрос на цисты увеличился за счет организации экспортных поставок. Возрастающая потребность в цистах рачка рода *Artemia* Leach, 1819, как в незаменимом стартовом корме обуславливает необходимость в новых подходах к проведению заготовки, активации, переработки и хранению ценного биоресурса. Существующие в России методы управления ресурсами гидробионтов основаны на определении их общих запасов, доли изъятия и получении разрешения на заготовку.

Действующая в настоящее время методика прогнозного обеспечения заготовки диапаузирующих яиц в гипергалинных озерах Западной Сибири определяет в натуральном выражении объем потенциальной продукции цист артемии – общий запас, и его части – промыслового запаса, которую можно изъять из общего запаса без ущерба воспроизводству рачка.

Объем заготовки диапаузирующих яиц в водоемах Алтайского края за последние 11 лет стабилизировался на уровне 709 т (рис. 8). За этот период не заре-

гистрировано фактов подрыва сырьевой базы рачка артемии в связи с перезаготовкой ее цист.

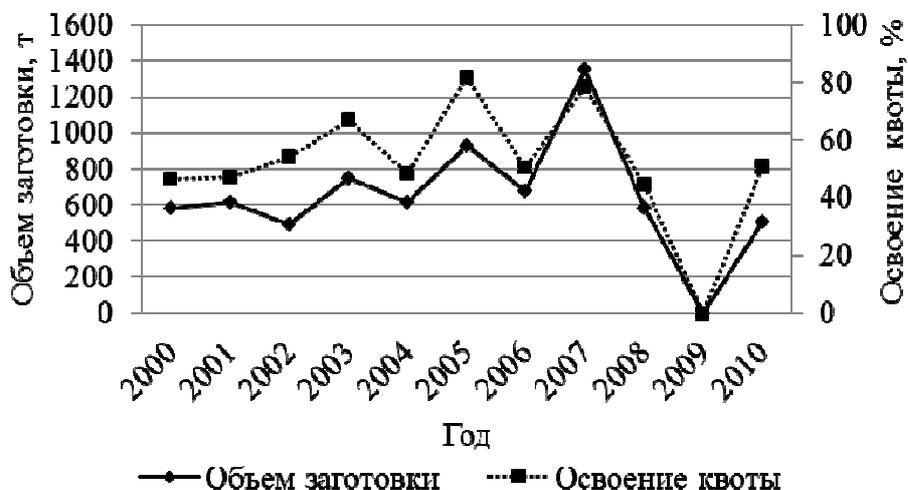


Рис. 8. Результаты промышленной заготовки цист рачка артемии в гипергалинных озерах Алтайского края, 2000–2010 гг.

Озеро Бол. Яровое относится к водоемам высшей экономической значимости, на котором происходит регулярная стабильная заготовка ценного биоресурса – цист рачка артемии. В среднем, объем квоты цист из оз. Бол. Яровое составляет 40,7% (2,2–55,5%) от общего объема квоты и составляет 53,2 % от объема общей заготовки из водоемов Алтайского края (2000–2010 гг.). В среднем процент освоения выделенной на оз. Бол. Яровое квоты составил 63,8% (рис. 9).

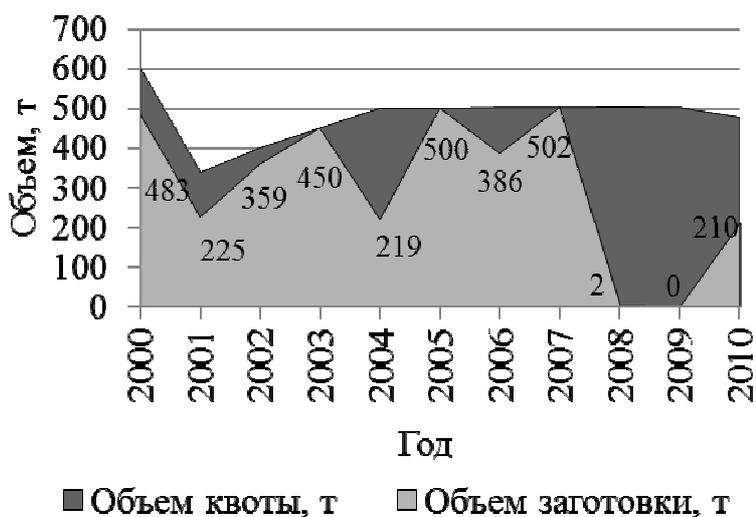


Рис. 9. Динамика объемов квоты и заготовки цист рачка артемии в оз. Бол. Яровое, 2000–2010 гг.

ВЫВОДЫ

1. Вегетационный период жаброногого рачка *Artemia* Leach, 1819 артемии в глубоководном оз. Бол. Яровое составляет 207 дней. Наибольшая изменчивость температуры наблюдается в весенние и осенние месяцы (C_v 15,0 и 9,6% соответственно).

2. Озеро Бол. Яровое по величине минерализации относится к гипергалинным, в период 2009–2011 гг. общее содержание солей составляло $162,1 \pm 12,1$ г/л. По химическому составу вода в озере относится к хлоридному классу натриевой группы.

3. В составе фитопланктона отмечено 13 видов из 5 отделов. Диапазон колебания численности фитопланктона изменялся от 1,9 до 447,6 тыс. кл/л; биомассы – от 2,5 до 360,5 мг/м³. Выявлены достоверные связи между численностью и биомассой фитопланктона ($r=0,82$, при $p<0,05$) и между температурой воды и числом видов ($r=-0,43$, при $p<0,05$).

4. Половой диморфизм выражен следующими морфометрическими признаками: длина тела, расстояние между глазами, длина антенны, диаметр глаза. Длина тела самок в исследуемый период составляла $10,8 \pm 1,5$ мм, самцов – $8,4 \pm 1,0$ мм. Выявлены корреляционные связи между линейными размерами и шириной абдомена, шириной головы, длиной антенны. Коэффициент корреляции между массой и длиной тела составил $r=0,66$.

5. В период исследований в оз. Бол. Яровое самцы встречались с июня по сентябрь. Выявлена положительная взаимосвязь между температурой воды и долей самцов в зоопланктоне ($r=0,55$, $p<0,05$).

6. Средняя плодовитость самок в течение 2009–2011 гг. находилась в пределах 26,6–134,4 экз. Число кладок за жизненный цикл составляло $3,7 \pm 1,4$. Самки размножались летними яйцами, цистами, наблюдалось живорождение. Диаметр цист составлял $257 \pm 22,18$, летнего яйца – $228 \pm 21,48$ мкм.

7. В оз. Бол. Яровое отмечено развитие трех – четырех генераций рачка. В сезонной динамике общей численности и биомассы жаброногих рачков отмечается наличие одного пика (2009–2010 гг. – июль, 2011 г. – июнь). Средняя плотность разновозрастных особей артемии составляла 271,9 тыс. экз/м³, средняя чис-

ленность цист – 172,7 тыс. экз/м³. Общая их биомасса находилась в пределах 0,001–414,190 г/м³.

8. Выявлены достоверные связи между плотностью науплий и численностью самок ($r=0,67$, $p<0,05$); численностью разновозрастных особей рачка и численностью фитопланктона (r колебалось от 0,48 до 0,92, $p<0,05$); плотностью науплий, минерализацией и температурой воды (r составляло -0,84 и 0,54 соответственно, $p<0,05$); численностью половозрелых особей и численностью особей предвзрослой стадии развития (самки – $r=0,71$; самцы – $r=0,63$, $p<0,05$).

9. Для рачков артемии и их цист в оз. Бол. Яровое характерно неравномерное горизонтальное и вертикальное распределение. Наибольшим свойством образовывать скопления обладают цисты. Показатель агрегированности (D) цист по горизонтали колебался от 1,5 до 2096,4; по вертикали – от 4,0 до 125,4.

10. Распределение плотности цист по глубинам (0–8,0 м) неравномерное ($F_{\phi}=5,63$, при $P=0,01$). В июне наибольшая их плотность отмечалась на глубине 0–4,0 м, в июле – 0–2,0 м. В период августа – октября наблюдалось расслоение цист по глубинам, наибольшая доля их численности находилась на глубине 0–2,0 м и 6,0–8,0 м, что указывает на процесс погружения цист вглубь.

11. Четырехметровый слой является «пограничным», плотность цист в нем варьирует в зависимости от процессов вертикального перемещения. Двухметровый горизонт является наиболее продуктивным, в нем находится от 22,0 до 45,2% от общей плотности цист.

12. Средний объем промышленной заготовки цист жаброногого рачка артемии на оз. Бол. Яровое составил 370 т, или 53,2 % от общего объема на гипергалинных водоемах Алтайского края за 11 лет (2000–2010 гг.).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Из списка изданий, рекомендованных ВАК РФ:

1. Веснина Л.В. Результаты мониторинговых исследований промысловых гипергалинных озер Алтайского края / Л.В. Веснина, Т.О. Ронжина, Г.В. Пермякова, Р.А. Клепиков, В.Б. Коротких // «Вестник Новосибирского гос. аграр. ун-та» – 2011. – №4 (20) – С. 46–50.

Прочие публикации:

2. Пермякова Г.В. Состояние промысловых запасов цист *Artemia sp.* в гипергалинных водоемах Алтайского края / Г.В. Пермякова, Л.В. Веснина //

Вопросы аквакультуры. Тезисы докл. Первой конф. молодых ученых НАСЭЕ / Под ред. А.И. Литвиненко, П. Лендела – Тюмень: ФГУП Госрыбцентр, 2009. – С. 39–40.

3. Веснина Л.В. Биологические особенности рачка артемия (*Artemia sp.*) в условиях аридной зоны Алтайского края / Л.В. Веснина, Г.В. Пермякова // Экологическое равновесие и устойчивое развитие территории: междунар. науч.-практ. конф.: сб. материалов / под общ. ред. проф. В.Н. Скворцова. – СПб.: ЛГУ им. А.С. Пушкина, 2010. – С. 331–334.

4. Веснина Л.В. Биопродуктивность зоопланктона гипергалинных водоемов Алтайского края / Л.В. Веснина, Г.В. Пермякова // Современное состояние водных биоресурсов: Материалы 2-ой междунар. конф. / под ред. Е.В. Пищенко, И.В. Морузи. – Новосибирск, 2010. – С. 14–17.

5. Веснина Л.В. Продукция гипергалинных озер Алтайского края / Л.В. Веснина, Г.В. Пермякова // Экология водных беспозвоночных: сб. материалов Междунар. конф. – Ярославль: Принтхаус, 2010. – С. 63–65.

6. Веснина Л.В. Потенциальные ресурсы цист артемии гипергалинных озер Алтайского края / Л.В. Веснина, Г.В. Пермякова // Современное состояние водных биоресурсов и экосистем морских и пресных вод: проблемы и пути решения: Материалы междунар. науч. конф. – Ростов-на-Дону: ФГУП «АзНИИРХ», 2010. – С. 87–91.

7. Веснина Л.В. Оценка качества цист рачка артемии и перспектива их инокуляции в гипергалинные озера Алтайского края / Л.В. Веснина, Р.А. Клепиков, Г.В. Пермякова, Т.О. Ронжина // Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования: материалы Всерос. конф. с междунар. участием – Томск, 2011. – С. 161–166.

8. Веснина Л.В. Результаты гидробиологического мониторинга соленых озер Алтайского края / Л.В. Веснина, Г.В. Пермякова, Т.О. Ронжина, В.Б. Коротких // Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования: материалы Всерос. конф. с междунар. участием – Томск, 2011. – С. 166–170.

9. Веснина Л.В. Ресурсный потенциал гипергалинных озер Алтайского края / Л.В. Веснина, Г.В. Пермякова, Т.О. Ронжина // Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии: материалы II междунар. науч. конф. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2011. – Т. 2. – С. 145–147.

10. Веснина Л.В. Влияние факторов среды на экосистему гипергалинного озера Малое Яровое Алтайского края / Л.В. Веснина, Т.О. Ронжина, Г.В. Пермякова // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: тезисы докл. IV Междунар. науч. конф. / Белорусский гос. ун-т; сост. и общ. ред. Т.М. Михеевой. – Минск: Изд-во Центр БГУ, 2011. – С. 13.

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

12. Веснина Л.В. Влияние техногенного фактора на биоту озера Кучукское (Алтайский край) / Л.В. Веснина, Г.В. Пермякова // Экологические проблемы пресноводных рыбохозяйственных водоемов России: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием – СПб.: ООО «Типография Феникс», 2011. – С. 72–75.

13. Веснина Л.В. Алтайские стартовые корма: вчера, сегодня, завтра / Л.В. Веснина, Т.О. Ронжина, Г.В. Пермякова, Р.А. Клепиков // Сб. материалов «Аквакультура центральной и восточной Европы: настоящее и будущее» – Кишинев: Pontos, 2011. – С. 48–53.

14. Веснина Л.В. Технология получения стартовых кормов из артемии соленых озер Алтайского края / Л.В. Веснина, Т.О. Ронжина, Г.В. Пермякова, Р.А. Клепиков // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2012 – №3. – С.52–59.