

На правах рукописи



**Литвиненко Людмила Ильинична**

**ЖАБРОНОГИЕ РАЧКИ РОДА *ARTEMIA* LEACH, 1819  
В ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЕМАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ  
(ГЕОГРАФИЯ, БИОРАЗНООБРАЗИЕ, ЭКОЛОГИЯ, БИОЛОГИЯ И  
ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ)**

03.00.16 – Экология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

доктора биологических наук



Пермь – 2009

Работа выполнена в лаборатории промышленных беспозвоночных  
Федерального государственного унитарного предприятия  
Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства  
(ФГУП Госрыбцентр)

**Официальные оппоненты:** доктор биологических наук, доцент  
Есюнин Сергей Леонидович

доктор биологических наук, профессор  
Зинченко Татьяна Дмитриевна

доктор биологических наук,  
старший научный сотрудник  
Курашов Евгений Александрович

**Ведущая организация:** ФГНУ Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ, Санкт-Петербург)

Защита состоится 5 февраля 2009 г. в 13<sup>30</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.189.02 при Пермском государственном университете по адресу: 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15  
Факс: (342)2371611, e-mail: [novoselova@psu.ru](mailto:novoselova@psu.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Пермского государственного университета.

Автореферат разослан "8" декабря 2008 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 212.189.02

доктор биологических наук

*Новоселова*

Новоселова Л.В.

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Западная Сибирь богата мелководными, гипергалинными водоемами, фауна которых представлена зачастую одним видом – жаброногим рачком артемией. Уникальность этого рачка состоит в его высокой адаптации к неблагоприятным факторам. В среде, где другие животные организмы уже не могут развиваться, артемия «процветает» в монокультуре. Научный интерес к этому организму вызван его исключительной осморегулирующей способностью, разнообразием физиологических, биохимических и морфологических свойств отдельных популяций, существованием полиплоидии – очень редкого явления в мире животных. Артемию используют в токсикологических экспериментах в качестве тест-объекта. Помимо научной, артемия имеет практическую ценность. Цисты артемий, из которых в любое время можно получить науплиусы, во всем мире признаны лучшим живым стартовым кормом для личинок рыб и ракообразных. Коммерческая ценность этих рачков связана с тем, что цисты артемий могут образовывать промысловые скопления.

За более чем вековую историю изучения этого организма интерес к нему не ослабел. А ареал его распространения значительно расширился за счет переноса цист мигрирующими птицами и искусственного вселения человеком в водоемы (например, при производстве соли).

В Западной Сибири изучение артемий было начато в 70-е годы XX века. Исследования проводились в основном на озерах Алтайского края. Их обширный ареал от Урала до Алтая был практически не исследован.

В этой связи возникла необходимость восполнить данный пробел и представить не только биогеографию вида, но и, по возможности, все теоретические и практические разработки, касающиеся закономерностей развития популяций артемий, а также вопросы проведения природоохранных мероприятий.

Увеличение потребительского спроса и высокий коммерческий потенциал цист артемий стали причиной роста антропогенного пресса на экосистему соляных озер. В этих условиях особую актуальность приобретает проблема достоверной оценки величины общих запасов цист и обос-

нование величины допустимого изъятия, не приводящего к истощению и подрыву численности популяций артемий.

Исследования выполнялись в рамках тематических планов СибрыбНИИпроекта и Госрыбцентра.

**Цель и задачи исследований.** Цель работы – изучить географию, биологию и экологию артемий сибирских популяций, выявить закономерности функционирования популяций озерных экосистем в условиях хозяйственной нагрузки и разработать теоретические основы рационального использования ценного биологического ресурса. В этой связи были поставлены следующие задачи:

- определить местонахождение артемиевых озер на территории Западной Сибири (в пределах Российской Федерации);
- изучить флору и фауну биоценозов гипергалинных водоемов;
- изучить биоразнообразие популяций артемий и выявить причины его вызывающие;
- провести годовой и сезонный мониторинги плотности популяций;
- выявить закономерности функционирования популяций артемий;
- количественно оценить продуктивность артемиевых озер;
- исследовать факторы, определяющие развитие популяций артемий;
- усовершенствовать методику определения запасов цист и их общих допустимых уловов;
- провести экспериментальные исследования качества цист и определить оптимальные параметры их инкубации.

**Научная новизна и теоретическая значимость.** Получены новые данные, позволяющие расширить научное представление о географии артемий в пределах Западной Сибири. Впервые приведен список артемиевых озер с указанием их местоположения. Впервые выявлена дифференциация популяций артемий Старого и Нового Света по морфометрическим параметрам рачков. В отношении сибирских популяций рачков, расположенных на территории по прямой 2200 км, показано преобладающее влияние минерализации воды, а не географического положения.

Впервые, на основе изучения годовой динамики плотности, представлен жизненный цикл сибирских популяций артемий. Установлены границы факторов среды, определяющих жизнедеятельность артемий си-

бирских популяций. Впервые показано определяющее влияние солености воды на продуктивность сибирских популяций артемий. Расширены экологические границы встречаемости некоторых видов зоопланктона в соляных озерах. Впервые показан значительный вклад бентосных цист в пополнение первой генерации. Установлено, что величина промысловых скоплений цист не зависит от численности первой генерации, а дефицит кислорода совместно с высокой температурой могут быть причиной формирования промысловых скоплений цист в летнее время. Определены параметры продуктивности артемиевых биоценозов. Сделан расчет динамики численности и представлена математическая модель сезонной динамики численности среднестатистической популяции артемий. Показана важная роль артемий в очищении воды озер.

**Практическая значимость.** Результаты научных исследований легли в основу методов заблаговременного прогноза общих допустимых уловов, усовершенствованной методики определения общих запасов цист и их допустимых уловов, а также принципиально нового подхода к ведению промысла и были опубликованы в «Методических указаниях по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброногого рачка *Artemia*», утвержденных НТС МСХ РФ.

Разработанные методики, позволяющие оптимизировать численность популяций артемий, применяются на практике в прогнозных работах при определении норм вылова. Определенные нами параметры оптимальных условий для вылупления науплиусов из цист артемий учитываются в производстве живых кормов. Материалы диссертации используются в учебном процессе Тюменской сельскохозяйственной академии в курсе «Промысловые беспозвоночные». Результаты исследований включены в учебно-методическое пособие «Определение общих допустимых уловов (ОДУ) водных беспозвоночных».

На многих озерах, впервые исследованных нами, успешно ведется промысел цист артемий.

**Апробация работы.** Материалы диссертации были представлены на первом международном симпозиуме «Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре» (Адлер, Россия, 1996), VII-IX съездах гидробиологического общества РАН (Казань, 1996; Калининград, 2001; Тольятти, 2006), конфе-

ренциях «Эколого-физиологические исследования водорослей и их значение для оценки состояния природных вод» (Ярославль, 1996), «Водные экосистемы и организмы» (Москва, 2005), научно-методической и практической конференции «Аграрная наука и образование в Тюменской области: проблемы, поиски, решения» (Тюмень, 1997), международных совещаниях (Workshop) по артемии (Иран, Урмия, 2001, 2004), международных научно-практических конференциях «Проблемы и перспективы развития аквакультуры в России» (Краснодар, 2001), «Стратегия развития аквакультуры в условиях XXI века» (Минск, 2004), «Актуальные проблемы аквакультуры и рационального природопользования водных биоресурсов» (Киев, 2005), международном научно-исследовательском семинаре «Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование» (Москва, 2002), международных конференциях по соленым озерам (Хакасия, 2002), «Современное состояние водных биоресурсов» (Новосибирск, 2008), Всероссийской конференции «Современные проблемы гидробиологии Сибири» (Томск, 2001), седьмой Всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным (Мурманск, 2006), первой Всероссийской научно-практической конференции «Альгологические исследования: современное состояние и перспективы на будущее» (Уфа, 2006).

**Публикации.** Материалы диссертации отражены в 44 печатных работах, в том числе 7 в журналах, рекомендованных ВАК: «Рыбное хозяйство» - 2, «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» - 3, «Биология внутренних вод» - 1, «Сибирский экологический журнал» - 1, а также в сборнике научных трудов Тюменской сельскохозяйственной академии, в «Вестнике Курганского государственного университета», в журнале «Hydrobiologia».

**Структура и объем работы.** Диссертация изложена на 300 страницах, содержит 41 таблицу, 65 рисунков. Состоит из введения, материалов и методов, результатов исследований, обсуждения, заключения, выводов, содержит 54 приложения. Библиографический список включает 297 источников, в том числе 157 иностранных.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Ареал артемий в Западной Сибири с севера ограничен широтой 56<sup>0</sup>, на юге примыкает к казахскому ареалу зоны полупустыни. Фонд мелководных артемиевых озер, их акватория и продуктивность - величины непостоянные и меняются в зависимости от климатических условий.

2. На территории Западной Сибири артемии представлены комплексом морфологически различающихся партеногенетических популяций. Бисексуальные популяции единичны и встречаются на восточной границе ареала.

3. Соленость воды определяет видовой состав и продуктивность биоценозов гипергалинных озер, влияет на морфометрические параметры рачков артемии. Биоценоз артемиевого озера беден в видовом отношении и, как правило, богат в продукционном.

4. Промысловые запасы цист могут образовываться летом при высокой температуре и дефиците кислорода в воде. Осенние промысловые запасы цист не зависят от численности рачков первой генерации. Оптимальная численность рачков в озерах с учетом кормовых ресурсов – около 20 шт./л. Высокая численность рачков первой генерации приводит к подрыву кормовой базы и к резкому снижению плотности популяции. Промысел цист является сдерживающим фактором высокой численности рачков первого поколения.

5. Значительный запас бентосных цист в озерах, заготовить которые на данный момент практически невозможно, служит гарантом высокой численности первой генерации и является природной (биологической) защитой от истощения ресурса при интенсивном промысле.

6. Разработанные методики определения ОДУ способствуют рациональному использованию запасов артемий в гипергалинных водоемах.

## **2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Материалом для данной работы послужили результаты полевых гидробиологических исследований и лабораторных экспериментов, проведенных с 1995 по 2004 гг. на гипергалинных озерах.

Пробы фитопланктона, зоопланктона и бентоса отбирали в период весенней, летней и летне-осенней генераций рачков. В озерах, где проводили круглогодичный (модельные озера: Большое и Малое Медвежье, Вишняковское, Невидим, Эбейты) и сезонный мониторинги, гидробиологическую съемку выполняли 1-2 раза в месяц в течение соответственно года и сезона.

Всего были обследованы 47 артемиевых озер (в Тюменской области - 2, в Курганской - 24, в Челябинской - 7, в Омской - 2, в Алтайском крае - 8, в Хакасии - 2, Тыве - 2). Сбор и обработку проб проводили по общепринятым методикам (Киселев, 1956; 1969; Лаврентьева, Бульон, 1981).

Число кладок в естественных популяциях определяли по формуле Н.Н. Хмелевой и Ю.Г. Гигиняк (1982). Для расчета динамических характеристик популяции использовали методику А.М. Гилярова (1990). Скорость продукции вычисляли по формуле, представленной в работе Г.А. Печень (1968) и модернизированной М.Б. Ивановой (1985). Расчет продукции артемии проводили также по балансовому уравнению Н.П. Макаровой (1972). Рацион артемии определяли по формуле Л.М. Сушеня и Н.Н. Хмелевой, (1967). Калорийность пищи была принята равной 0,6 кал/мг сырой массы, калорийность фитопланктона - 0,8 кал/мг, детрита - 0,5 кал/мг сырой массы.

Общие запасы цист определяли по разработанной нами методике (Литвиненко, Литвиненко, Соловов и др., 2002). Качество цист тестировали в соответствии с «Инструкцией...» (Литвиненко, Мамонтов, Иванова и др., 2000).

О видовом разнообразии фитопланктона судили по индексу Шеннона (Shannon, Weaver, 1949). Изучение интенсивности фотосинтеза фитопланктона и деструкции органического вещества проводили с использованием экспозиции кислородных склянок в озере в течение суток (Винберг, 1960; Бульон, 1983). Р/В-коэффициенты фитопланктона рассчитаны с учетом того, что эффективная продукция составляет 80% от валовой, оксикалорийный коэффициент равен 3,38 кал/мгО<sub>2</sub> (Винберг, 1970; Бульон, 1983), калорийность - от 0,6 до 1,0 кал/мг в зависимости от видового состава фитопланктона (Михеева, 1970; Терешенкова, 1983). При расчетах также были использованы следующие переходные коэффициенты:



3,33 мгО<sub>2</sub>/мгС; 2,15 мгОВ/мгС (ОВ - органическое вещество); 0,3 мгС/мгО<sub>2</sub>; 0,65 мгОВ/мгО<sub>2</sub> (Бульон, 1983).

Гидрохимический анализ проводили по общепринятым методикам (Руководство..., 1977; Алекин, Семенов, Скопинцев, 1973).

Для математического моделирования численности популяции артемий использовали матрицу Лесли (Джефферс, 1981).

Исходным материалом для морфометрических исследований послужили половозрелые рачки артемий, как выловленные из озер, так и культивированные из цист в лабораторных условиях в соответствии с «Инструкцией...» (Литвиненко, Мамонтов, Иванова и др., 2000).

Анализ проводили по 14 морфометрическим признакам, из которых 12 пластических и 2 меристических: длина тела (*tl*), длина цефалоторакса (*cl*), длина абдомена (*al*), ширина абдомена (*aw*), расстояние между глазами (*de*), диаметр глаз (*ed*), длина первой антенны (*la*), ширина головы (*hw*), длина фурки (*fl*), отношение длины абдомена к общей длине тела (*ra*, %), отношение длины цефалоторакса к длине абдомена (*c/a*), отношение длины фурки к длине абдомена (*f/a*, %), число щетинок на правой (*sf-r*) и левой (*sf-l*) фурках.

Статистическую обработку данных выполняли по общепринятым методикам (Лакин, 1990). Достоверность различий выборок оценивали по критерию Стьюдента (*t<sub>st</sub>*) при уровне значимости *p* равном 0,05. Степень сопряженности между варьирующими признаками оценивали при помощи коэффициентов линейной корреляции (*r*), корреляции Спирмена (*R<sub>s</sub>*) и корреляционного отношения (*R<sup>2</sup>*). Расчет всех числовых показателей произведен в программах Microsoft Excel и Statistica.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1. Биogeография и характеристика природных мест обитания сибирских популяций артемий

##### 3.1.1. Общая географическая характеристика района расположения озер и фонд артемиевых озер

Ареал распространения артемий в Западной Сибири в пределах Российской Федерации с севера ограничен 56° северной широты и приурочен

к аридной зоне степи и, частично, лесостепи, с юга примыкает к казахскому ареалу зоны полупустыни. С запада он ограничен восточными склонами Уральского хребта, с востока – западными склонами Алтайских гор и Салаирского кряжа. В предгорьях Западных Саян имеются несколько артемиевых озер.

Фонд артемиевых озер Западной Сибири весьма значителен и насчитывает около 80 озер с общей акваторией 1567 км<sup>2</sup>. Площадь четырех артемиевых озер, расположенных в Средней Сибири (Хакасии и Тыве), составляет 14,4 км<sup>2</sup>.

Крупных по площади (более 10 км<sup>2</sup>) – 20 озер, средних (1-10 км<sup>2</sup>) – 47, все остальные водоемы являются малыми с площадью менее 1 км<sup>2</sup>. К глубоководным (более 4 м) водоемам можно отнести 1 озеро, озер со средней глубиной (2-3,5 м) – 6, все остальные озера являются мелководными с глубиной менее 2 м.

Уровень воды в мелководных озерах Сибири периодически испытывает сильные колебания. Некоторые озера являются местом временного обитания артемий. В таких озерах рачки артемий в отдельные годы погибают либо в связи с распреснением, либо в связи с высыханием, при этом популяции сохраняются в грунтах озер в виде цист.

### 3.1.2. Физико-химическая характеристика озер

Общая минерализация воды в артемиевых озерах за время исследований колебалась от 28 до 371 г/л. Предельные уровни минерализации, при которой встречались рачки: 34 г/л - 299 г/л. По химическому составу вода, в основном, имела хлоридный класс, натриевую группу, III тип.

Вода озер характеризуется высокой жесткостью, связанной в основном с присутствием магниевых катионов, слабощелочной или щелочной реакцией среды, высоким содержанием органических веществ, наличием достаточного для фотосинтеза количества биогенов.

Состав ионов и общая минерализация воды непрерывно меняются под действием гидрометеорологических условий. Эти изменения могут быть сезонными и климатическими. Как правило, при сезонных изменениях наименьшая концентрация солей отмечается в весенний период (во

время таяния снега и льда) и наибольшая – в конце лета или зимой. Соленость воды мелководных озер претерпевает значительные межгодовые колебания, связанные с водностью. За 10-летний период исследований в западносибирском регионе были выявлены многоводные (1995-1996; 2001-2003 гг.) и маловодные периоды (1997-2000 гг.).

Гипергалинные артемиевые озера отличались большой амплитудой годовой температуры поверхностной рапы: от минус 15 до плюс 36<sup>0</sup>С, что в сумме составило 51<sup>0</sup> С. В течение вегетационного сезона, который для рачков артемий начинается весной – во второй половине апреля, при прогреве озерной рапы до 4–5<sup>0</sup>С, и заканчивается осенью (при охлаждении до 4–5<sup>0</sup>С) в первой декаде октября (в мелководных озерах) и начале ноября (в относительно глубоководных), среднемесячные значения температуры менялись от 5,6 до 24,4<sup>0</sup>С. Неблагоприятный период популяции артемий переживают в виде цист.

Содержание растворенного в воде кислорода находилось в пределах от 0,8 до 15,0 мг/л и в основном было выше нижней границы нормального существования рачков (1,5 мгО<sub>2</sub>/л). Экстремальное для рачков снижение содержания кислорода до 0 мг/л наблюдалось при прогреве рапы до 36<sup>0</sup>С (июнь, 2000 г.).

### 3.1.3. Гидробиологическая характеристика озер

Видовой состав фитопланктона соляных озер чрезвычайно беден.

За весь период исследований в составе фитопланктона озер были выявлены 58 видов и разновидностей, относящихся к 6 отделам водорослей. Наиболее разнообразными были зеленые и диатомовые водоросли (22 и 20 таксонов соответственно). Синезеленые находились на третьем месте по разнообразию (12 таксонов). Меньше всего было динофитовых, криптофитовых и желто-зеленых водорослей (по 1-2 таксона). Основная часть видов встречалась только в 1-2 озерах (62% от всего списочного состава). Только 4 вида (*Amphora coffeaeformis* Ag., *Nitzschia angustata* (W.Sm.) Grun., *Dunaliella salina* Teod., *Dunaliella viridis* Teod.) были встречены почти во всех озерах.

В экологическом отношении фитопланктон представлен в основном солоноватоводным комплексом широко распространенных, истинно- и факультативно-планктонных видов, относящихся к  $\beta$ -мезосапробам.

Альгоценоз каждого водоема характеризовался определенным комплексом водорослей и насчитывал в целом за сезон от 1 до 15 видов (в среднем  $6,06 \pm 0,31$ ). Индекс видового разнообразия по Шеннону был низким и находился в пределах от 0,11 до 2,7 бит/мг. В количественном отношении в фитопланктоне всех озер преобладали, как правило, зеленые (вольвоксовые) водоросли, второе и третье места занимали соответственно диатомовые и синезеленые.

За период исследований наблюдаемая биомасса фитопланктона в озерах была в пределах от 0,003 до 13,23 мг/л, среднесезонные значения изменялись от 0,01 до 11,38 мг/л, численности – от 0,02 до 32,29 млн кл./л.

При анализе многолетней динамики биомассы фитопланктона установлено, что в 72% случаев она имела пики в весенний период (с апреля по май), в летние месяцы она не поднималась выше 1 мг/л (88% случаев), в осенние месяцы наблюдалось ее повышение (71% случаев), в зимние месяцы она снижалась до минимума (82% случаев).

Доминирующими видами в зимнем фитопланктоне озер были *D. salina*, *D. viridis*, *Schroederia setigera* (Schrod.) Lemm., *A. coffeaeformis* и *Lingbya limnetica* Lemm.

За период исследований величина суточного валового фотосинтеза колебалась от 0,01 до 4,40 мгО<sub>2</sub>/л. Величина первичной продукции в целом за вегетационный сезон (с апреля по октябрь) была в пределах от 18 мгС/л до 112 мгС/л и в среднем по исследованным озерам составила  $55,1 \pm 12,9$  мгС/л. Эти показатели характеризует исследованные озера как мезотрофные.

Деструкция органического вещества менялась от 0,17 до 4,30 мгО<sub>2</sub>/л. Показатель эффективности продукционных процессов ( $A/R$ ) был в пределах от 0,01 до 2,83 и в среднем был меньше 1, что характерно для водоемов, где доля бактерий и их продукция сопоставимы с продукцией фитопланктона (Бульон, 1983).

Анализ функционирования фитопланктона по величине удельного фотосинтеза ( $A/B$ ) показал, что альгоценозы соляных озер в виду их мел-

жклеточности и определенного видового состава (особенно наличия вольвоксовых) являются весьма высокопродуктивными. Суточные значения  $A/B$ -коэффициентов находились в пределах 0,03-17,39, в среднем - 2,82 сутки<sup>-1</sup>.  $P/B$ - коэффициенты фитопланктона находились в пределах от 0,09 до 22,66 сутки<sup>-1</sup>.

За период исследований в зоопланктоне были обнаружены 13 видов, принадлежащих в систематическом отношении к двум типам: членистоногие и круглые черви.

Из членистоногих - 6 представителей ракообразных (жабронюгих - 2, веслоногих - 3, ветвистоусых - 1) и 3 вида личинок насекомых.

Из круглых червей были встречены три вида коловраток и один вид нематод.

Все эти виды относятся либо к галобионтам и галофилам (*Artemia*, *Cletocamptus retrogressus* Schm., *Brachionus plicatilis* Muller, личинки *Ephydridae*), либо к видам с широкой экологической валентностью.

С увеличением солености воды число видов достоверно снижалось, повышалась роль артемий в сообществе и уменьшалась доля в общей биомассе других видов (рис. 1). Вероятно, соленость выше 70-80 г/л является барьером для развития всех сопутствующих видов. Однако единично эти виды встречались и при более высокой солености. Такие виды, как ветвистоусый рачок *Moina macrocopa* (Straus), коловратки *B. plicatilis* и *Eriphanes sp.* не встречались при солености выше 149 г/л. Встречаемость в озерах веслоного рачка *C. retrogressus* была ограничена соленостью 198 г/л, личинок *Chironomidae* - 213 г/л, личинок *Ephydridae* - 255 г/л, жабронюгого рачка *Branchinecta media* (Schm.) - 67 г/л. При самой высокой минерализации воды в планктоне присутствовал лишь галобионт *Artemia*, остальные виды, если и встречались, то настолько редко, что можно считать, что артемия в этих озерах развивалась в монокультуре.

Зообентос озер был представлен личинками мухи-береговушки семейства *Ephydridae* и цистами артемий. Личинки мух-береговушек присутствовали в каждой третьей пробе в количестве от 10 до 200 шт./м<sup>2</sup>, однако, в некоторых озерах их численность достигала 500-600 шт./м<sup>2</sup>.

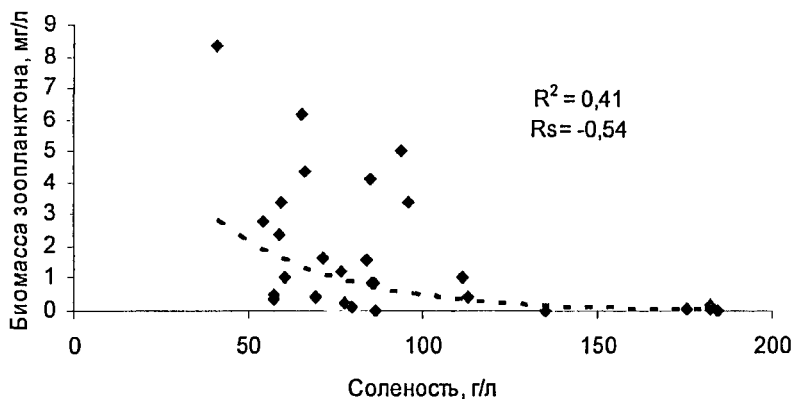


Рис. 1. Соотношение между соленостью воды и биомассой зоопланктона (без артемии)

### 3.2. Особенности биологии и экологии артемий в сибирских биотопах

#### 3.2.1. Морфометрические исследования рачков

Видовая принадлежность артемий Западной и Средней Сибири до конца не выяснена. Ранее все популяции артемий были отнесены к одному виду *Artemia salina* (Linn.). В настоящее время в мире выделено 7 видов артемий. До полной видовой идентификации артемий в озерах Западной Сибири мы рекомендуем использовать для бисексуальных популяций только название рода *Artemia* Leach, 1819, для партеногенетических – *Artemia parthenogenetica* Varigozzi, 1974.

Средние значения морфометрических параметров артемий всех изученных сибирских популяций приведены в табл. 1.

Кластерный анализ морфометрических параметров взрослых самок артемий показал наличие трех достоверно различающихся между собой групп, объединенных в соответствии с минерализацией воды озер: низко-, средне- и высокоминерализованных.

Таблица 1. Морфометрические параметры половозрелых самок артемий

Параметры	<i>min</i>	<i>max</i>	Средняя	Дисперсия	Коэффициент вариации <i>Sv</i> ,%
<i>tl</i> , мм	6,30	12,28	9,13	1,11	12
<i>cl</i> , мм	3,16	6,77	4,43	0,66	15
<i>al</i> , мм	2,70	7,04	4,73	0,84	18
<i>la</i> , мм	0,61	1,00	0,79	0,11	13
<i>fl</i> , мм	0,08	0,51	0,26	0,10	38
<i>fw</i> , мм	0,10	1,40	0,78	0,34	43
<i>hw</i> , мм	0,36	1,01	0,65	0,16	25
<i>aw</i> , мм	0,33	0,68	0,51	0,08	16
<i>de</i> , мм	0,90	1,54	1,24	0,16	13
<i>ed</i> , мм	0,11	0,29	0,20	0,04	20
<i>sf</i> , мм	0,15	21,40	8,24	4,65	56
<i>f/a</i> ,%	1,34	21,97	5,87	3,40	58
<i>ra</i> ,%	35,44	64,12	51,51	5,38	10
<i>c/a</i>	0,56	1,58	0,97	0,21	21

При изучении полового диморфизма установлено, что самки заметно отличаются от самцов большими размерами тела (за счет длины абдомена), шириной абдомена и головы, большим числом щетинок на фурке. В свою очередь самцы имеют большее расстояние между глазами, больший диаметр глаз. Соотношение длины фурки к длине абдомена у них также выше, чем у самок. Длины фурки, первой антенны и индекс га у самок и самцов имеют близкие значения.

Сравнение рачков из природных популяций с рачками, выращенными искусственно из цист, собранных на тех же озерах в тот же сезон, когда были исследованы природные популяции, показало, что артемия в естественных условиях имела более вытянутое, прогонистое тело, что, вероятно, связано не только с соленостью, но и с большей подвижностью рачков в естественных водоемах и характером питания.

### 3.2.2. Биологическая характеристика артемий

В большинстве обследованных озер популяции артемий были представлены партеногенетической расой, причем, приблизительно в половине озер популяции артемий состояли только из самок. В остальных озерах было отмечено присутствие самцов (0,2-2,2% от общего числа особей). Исключение составили в 2000 г. популяции озер Собачье (20%), в 2001 г. – Б. Курейное (3,6%), Октябрьское (6,7%), Ломовое (7,7%), Йодное (29,0%), в 2002 г. - Малиновое (33%), Б. Яровое (9%). В типичных бисексуальных популяциях доля самцов, как правило, всегда превышает 30% (в среднем – 42,4%). Так, в озере Тус (Хакасия) в 2000 г. доля самцов в планктоне составляла 43%, в 2004 г. – 32%, в озере Сватиково (Тыва) в 2000 г. - 58%, в 2004 г. - 36%.

Средние значения индивидуальной плодовитости были в пределах от 15 до 35 штук и в целом по всем исследованным партеногенетическим популяциям за весь период исследования составили 22,6, по бисексуальным – 24,6 эмбрионов.

Продолжительность периода созревания сибирских популяций в естественных условиях равна 3-5 неделям (4-5 – для весенней генерации, 3-4 – для летней генерации), в условиях культивирования – 2-3 неделям. Летние генерации самок наряду с цистами производили тонкоскорлуповые яйца и науплиусов. В осенней генерации самки с науплиусами в яйцевом мешке отсутствовали, а с тонкоскорлуповыми яйцами встречались в два раза реже. В то же время плодовитость самок была в среднем на 40 % выше летних показателей.

В целом за сезон в пересчете на всю популяцию в одной кладке было 15,5 цист, 6,4 яиц и 0,2 науплиуса, что составляло соответственно 70, 29 и 1%.

Абсолютные значения индивидуальной массы половозрелых самок с полным овисаком в исследованных озерах были в пределах от 1,0 до 12,8 мг, среднепопуляционные значения – от 1,6 до 11,9 мг (в среднем –  $4,18 \pm 0,14$ ). Индивидуальная масса половозрелых самцов в исследованных озерах была приблизительно в 1,4 раза ниже массы самок, а ее среднепопуляционные значения были в пределах от 1,0 до 6,6 мг (в среднем



3,03±0,16). Масса свежевыклюнувшихся науплиусов из разных популяций находилась в пределах 0,013-0,018 мг (в среднем 0,015 мг). Абсолютные размеры цист были в пределах от 0,20 до 0,37 мм, среднепопуляционные – от 0,23 до 0,29 мм в диаметре. Диаметр тонкоскорлуповых яиц был в пределах от 0,19 до 0,22 мм. Масса сухой цисты составляла 0,0044-0,0068 мг, сырой - 0,007-0,013 мг и в среднем по всем изученным популяциям была равна 0,01 мг.

Скорость увеличения массы тела, вычисленная за период от вылупления до половозрелой стадии рачков 1-ой генерации, для разных популяций в естественных условиях лежит в пределах от 0,14 до 0,20, при культивировании – от 0,19 до 0,37сутки<sup>-1</sup>

### 3.2.3. Особенности динамики плотности популяций артемий в озерах Западной Сибири

В сезонной динамике численности науплиусов и метанауплиусов наблюдалось от одного до трех пиков. Первый пик регистрировался весной в апреле – мае. По величине он самый мощный, в большинстве случаев величина этого пика лежала в пределах от 10 до 1000 и в среднем составляла 330 шт./л. Следующие летние (июньский и июльский) пики, обусловленные живорождением, регистрировались не всегда, и значительно уступали по мощности первому.

Появление взрослых особей почти во всех озерах было приурочено к концу мая – июню. Для них характерно наличие 1-3 пиков. Максимальные значения численности этих особей были зафиксированы в период первого пика и составили 62,6 шт./л, средние – 5 шт./л.

В годовой динамике планктонных и бентосных цист хорошо выражены минимум, приходящийся на зимний период, два максимума для бентосных и два-три максимума для планктонных цист. Абсолютные значения численности планктонных цист лежали в пределах от 0,1 до 3720 шт./л, бентосных цист - от 0 до 18600 тыс.шт./м<sup>2</sup>. Первый максимум численности цист наблюдался в апреле-июне и вызван смывом береговых скоплений цист талыми водами и кладкой цист рачками I генерации. Второй максимум в планктоне был обусловлен кладкой яиц и цист рачками II

генерации и наблюдался в июле-августе, третий (ноябрь) связан с кладкой цист рачками II и III генераций. По мощности второй пик численности не уступал третьему, а в некоторых популяциях даже преобладал. Второй пик в бентосе наблюдался в сентябре и был самым мощным.

Анализ показателей отклонения фактической численности планктонных и бентосных цист от средней за каждый месяц позволил выявить определенную годовую динамику (рис. 2): максимум численности планктонных цист - в августе, минимум - в зимние месяцы, небольшое повышение - с апреля по июнь; максимум численности бентосных цист - в сентябре, минимум - в зимние месяцы, небольшое повышение - в апреле и июне.

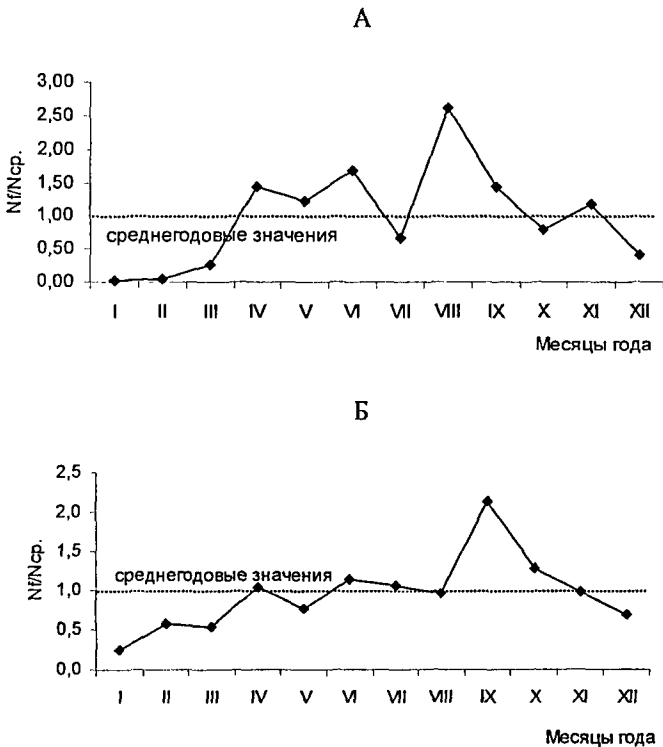


Рис. 2. Годовая динамика отклонений фактической численности планктонных (А) и бентосных (Б) цист от среднегодовых значений

Коэффициент выживаемости рачков I генерации ( $K$ ) находился в пределах от 0,2 до 69,4% и в среднем равен  $15,10 \pm 3,94$ . Коэффициент выживаемости в одном озере в разные годы также величина непостоянная. Например, в озере Филатово в 2001 г.  $K$  был равен 0,2, а в 2002 г. - 36,6, т.е. разница в 183 раза. В других озерах эта разница была в пределах 2,3-30,2 раза.

Между показателями численности науплиусов и процентом выживаемости обнаружена отрицательная связь (рис. 3): чем больше науплиусов выклюнулось, тем меньше у них вероятность дожить до половозрелой стадии. Динамика численности рачков I генерации в артемиевых озерах показывает (рис. 4), что, несмотря на значительное количество науплиусов I генерации, до половозрелости в среднем доживает около 20 особей.

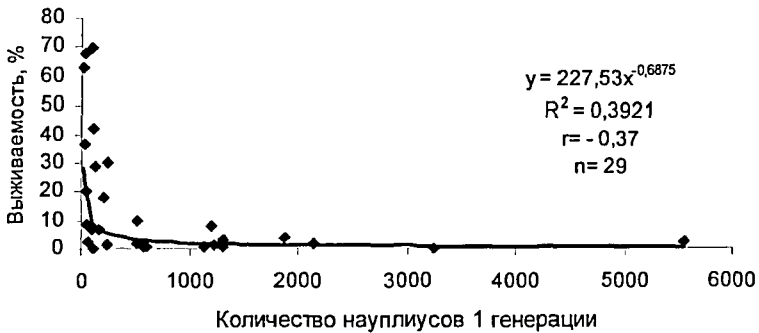


Рис. 3. Зависимость между количеством науплиусов I генерации и их выживаемостью

Средняя за сезон численность рачков была в пределах от 0 до 1139 шт./л. В среднем для всех озер численность рачков равна  $50,7 \pm 10,1$  шт./л.

Средняя за сезон биомасса артемий в озерах колебалась от менее 0,1 до 220 и составила в среднем  $23,3 \pm 5,3$  мг/л. Анализ среднесезонных значений биомассы артемий показал, что 35 % озер являлись низкопродуктивными (биомасса артемий ниже 10 мг/л), 38 % – среднепродуктивными

(биомасса 10-30 мг/л), 24 % - высокопродуктивными (биомасса 31-50 мг/л) и 3 % - очень высокопродуктивными (биомасса более 50 мг/л).

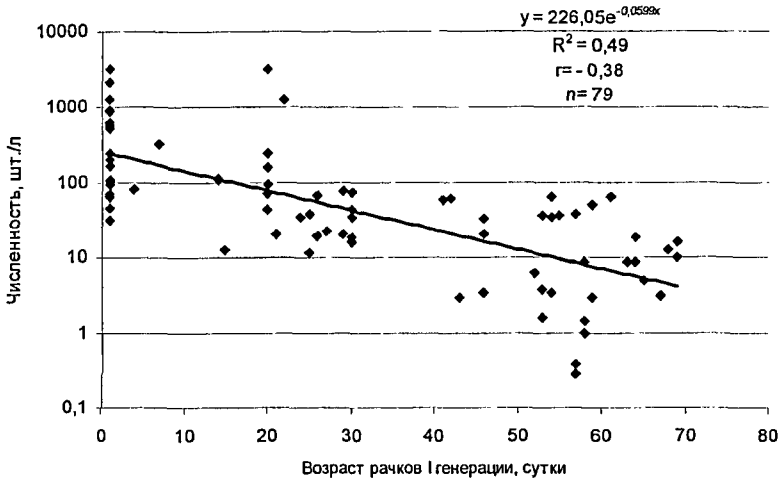


Рис. 4. Динамика выживаемости рачков I генерации

В модельных озерах среднегодовые показатели численности планктонных цист находились в пределах от 106 до 281, среднесезонные - от 0 до 801 тыс.шт./м<sup>3</sup>. В среднем для всех озер этот показатель был равен  $129,0 \pm 13,2$  тыс.шт./м<sup>3</sup>. Озера, наиболее перспективные для промысла, имели численность планктонных цист выше 100 тыс.шт./м<sup>3</sup>.

Среднегодовые значения численности бентосных цист (в модельных озерах) были в пределах от 76 до 3774 тыс.шт./м<sup>2</sup>, среднесезонные - от 3 до 7165 тыс.шт./м<sup>2</sup>. В среднем для всех озер этот показатель был равен  $710 \pm 116$  тыс.шт./м<sup>2</sup>. Озера, наиболее перспективные для промысла, имели численность бентосных цист выше 500 тыс.шт./м<sup>2</sup>.

Если условно принять, что средняя глубина всех озер равна 1 метру, то на 1 м<sup>2</sup> площади озера приходится приблизительно 850 тыс. шт. цист, причем 13% этих цист находится в толще воды, а 87% лежит на дне. С учетом сырой массы цист на 1 га, в среднем, по изученным сибирским популяциям артемий, находится около 85 кг цист. Этот показатель можно

использовать в прогнозных работах для ориентировочной оценки продуктивности артемиевых озер Западной Сибири.

### 3.2.4. Математическое моделирование численности популяций артемий

При построении математической модели сезонной численности популяции артемий была взята типичная популяция, существующая, как правило, без хищников и пищевых конкурентов, при этом, использовали наши данные (табл. 2) о средней для всех популяций артемий численности разных возрастных стадий артемий.

Таблица 2. Среднемноголетняя численность разных возрастных стадий артемий в определенные периоды сезона (шт./л)

Периоды сезона	Науплиусы и метанауплиусы	Ювенальные	Предвзрослые	Взрослые
16-30.04	329,71	0,00	0,00	0,00
1-15.05	65,42	0,25	0,02	0,00
16-31.05	26,57	25,25	2,64	0,06
1-15.06	57,57	6,32	6,71	4,55
16-30.06	11,50	3,65	6,63	2,32
1-15.07	7,84	0,50	5,70	5,27
16-31.07	42,94	1,44	7,07	8,09
1-15.08	6,98	0,35	0,69	0,84
16-31.08	1,01	0,19	0,58	1,58
1-15.09	1,04	0,19	0,43	3,12
16-30.09	3,10	0,05	0,77	3,11
1-15.10	0,15	0,01	0,19	0,40
$M_{сезон}$	46,2	3,2	2,6	2,4

На основе этих данных были построены матрица Лесли (A) и вектор-столбец  $a_{10}$ , представляющий собой возрастную структуру популяции на начальный период, которые имеют следующий вид:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 5 \\ 0,2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,8 & 0,5 \end{pmatrix}, \quad a_{i0} = \begin{pmatrix} 330 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Сравнение расчетных (по матрице) и средне-популяционных данных численности показало, что матрица хорошо описывает динамику численности науплиусов и метанауплиусов. Пики и падения в основном совпадают и по времени и по величине (рис. 5).

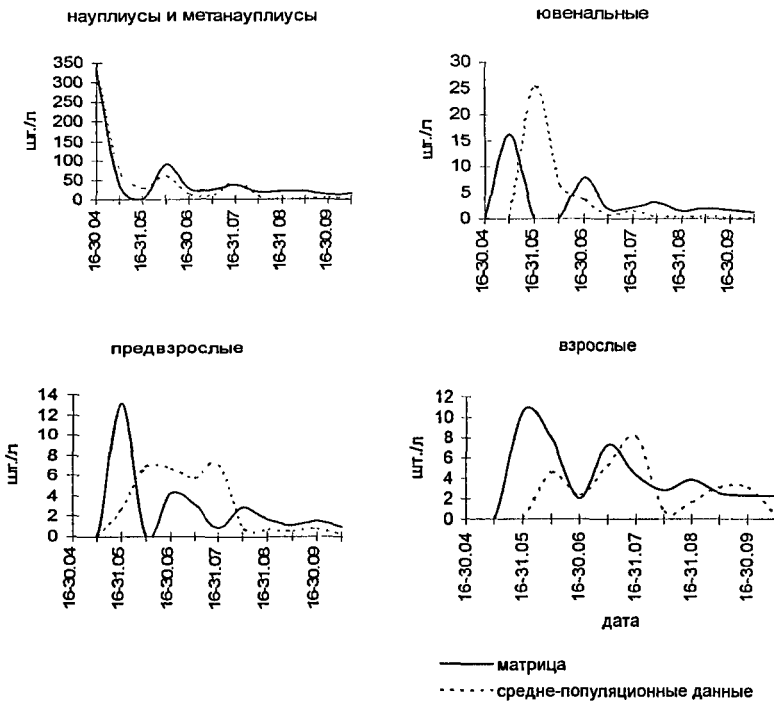


Рис. 5. Сравнение расчетных (по матрице) и средне-популяционных данных численности разных возрастных стадий артемии в течение сезона

В отношении других возрастных стадий матрица дает кривую, на шаг (неделя) опережающую первый пик, наблюдаемый в естественных

условиях. Кроме того, величина этого максимума в природе выше для ювенальных стадий и ниже для взрослых и предвзрослых. В целом же средние за сезон значения численности разных возрастных стадий рачков сходны.

Согласно представленной матрице, выживаемость рачков до половозрелой стадии составляет 6,4%. Эта цифра ниже среднеарифметической для исследованных популяций модельных озер, но соответствует найденной зависимости численности науплиусов и выживаемости.

В течение сезона помимо живорождения происходят кладки цист и их накопление в озере. Умножив численность половозрелых самок на количество цист, откладываемых в каждом помете получили численность цист в водоеме как на определенную дату, так и в конце сезона. Средняя за сезон численность цист, рассчитанная по матрице, близка к среднепопуляционным значениям.

Таким образом, построение математической модели сезонной динамики численности позволило сделать вывод об объективности наших представлений об артемии.

На рис. 6 представлена кривая выживания популяции. Вогнутый тип кривой на первом этапе свидетельствует о массовой гибели рачков в начальный период жизни и относительно низкой смертности оставшихся особей. Такой тип кривой выживания широко распространен в природе и, согласно исследованиям А.М. Гилярова (1990), характерен для планктонных организмов с высокой плодовитостью и отсутствием заботы о потомстве.

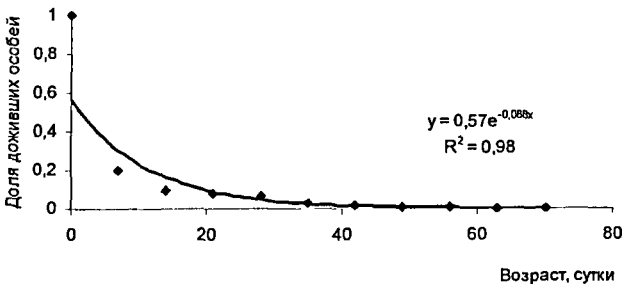


Рис. 6. Кривая выживания популяций артемий

Для оценки чистой скорости воспроизводства использовали показатель живорожденных потомков (науплиусов, яиц), приходящихся на одну родительскую особь. Этот показатель оказался меньше 1 ( $R_0=0,64$ ), что свидетельствует о снижении численности популяции за одно поколение. Чистая скорость воспроизводства с учетом откладываемых цист уже свидетельствует об увеличении численности популяции ( $R_0 = 1,91$ ), а матрица Лесли принимает другой вид:

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 20 \\ 0,2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,8 & 0,5 \end{pmatrix}.$$

Рассчитанная средняя длительность поколения была равна 46,2 суток.

Скорость роста популяции артемий была определена на примере динамики численности особей 1 генерации с учетом величины кладки. В пересчете на одну особь эта величина составит 2,52 (цист – 1,89, науплиусов – 0,63). Поэтому специфическая скорость роста численности популяции артемий ( $r = \frac{\ln R_0}{T} = 0,92/46,2$ ) будет равна 0,02 в сутки.

Артемия имеет большое промысловое значение, поэтому очень важно выяснить величину возможного изъятия ресурса из водоема без нанесения вреда популяции.

Для этого расчета была использована матрица  $B$ , отражающая количество всех произведенных потомков от одной особи на примере одной генерации:

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 100 \\ 0,2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,8 & 0,5 \end{pmatrix}.$$

Главное собственное число ( $\lambda$ ) и соответствующий ему собственный вектор данной матрицы ( $a$ ), вычисленные с помощью итеративной процедуры, равны:  $\lambda = 1,57$ ,  $a = [1000, 200, 100, 80, 64, 2817]$ .



Полученное собственное число матрицы указывает на то, что численность популяции способна возрастать.

Доля возможного изъятия ресурса ( $H$ ) была определена по формуле (Джефферс, 1981) с использованием главного собственного числа:

$$H = 100 \cdot \left( \frac{\lambda - 1}{\lambda} \right) = 100 \cdot \left( \frac{1,57 - 1}{1,57} \right) = 36,3\%,$$

где  $H$  - доля особей, изымаемых из популяции (%).

Доля возможного изъятия ресурса, определенная по собственному вектору, имеет близкое значение:  $\lambda = \sqrt{2,817} = 1,68$ , следовательно,  $H = 40,5\%$ .

Для целей предосторожности, которая требуется в прогнозных работах и, учитывая, что при определении норм изъятия других видов зоопланктона используют  $H = 30\%$ , мы рекомендуем опираться при расчете ОДУ биомассы рачков артемии на эту цифру.

### 3.3. Влияние различных факторов среды на развитие и продуктивность артемий

#### 3.3.1. Влияние некоторых основных биотических и абиотических факторов

Для анализа влияния факторов среды на продукционные характеристики было выделено 15 показателей, определяющих, по нашему мнению, количественное развитие популяции артемий: соленость воды, кислотность среды, содержание хлоридов, сульфатов, отношение хлоридов к сульфатам, биомасса зоопланктона, видовое разнообразие зоопланктона, биомасса фитопланктона, биомасса артемий, численность рачков артемий, численность планктонных и бентосных цист, количество цист, яиц и науплиусов в овисаке самок.

В водоемах сибирского региона температура является главным фактором сезонного развития артемий, вегетация которых ограничена интервалом от  $4-5^{\circ}\text{C}$  до  $38^{\circ}\text{C}$ . Чтобы нивелировать влияние сезонного хода температуры, для анализа были использованы средние за сезон значения всех показателей.

Анализ проводился в двух вариантах: по среднесезонным данным и по всем имеющимся среднесезонным данным.

Было установлено, что соленость оказывает положительное влияние на плотность популяций артемий (биомассу и численность рачков; численность планктонных и бентосных цист, число цист и науплиусов в овисаке) и отрицательное – на плотность и разнообразие других видов зоопланктона и число яиц в овисаке самок артемий. Чтобы нивелировать влияние солености и выяснить взаимоотношение факторов друг с другом, были рассчитаны частные коэффициенты корреляции. Выяснилось, что при устранении влияния солености некоторые связи исчезли, а другие появились.

При учете как частных, так и парных коэффициентов корреляций можно утверждать следующее: величина биомассы популяции артемий находится в тесной связи с содержанием хлоридов; между численностью планктонных и бентосных цист существует тесная положительная связь; удельное число яиц в овисаке самок артемий, а также обилие других видов зоопланктона находится в противофазе с соленостью воды; численность рачков в популяции определяется удельным числом науплиусов в овисаке.

Последнее еще раз доказывает, что пополнение популяции происходит за счет живорождения. Отсутствие связи между удельным числом яиц в овисаке и численностью популяции вызывает сомнение в непосредственном участии яиц в пополнении популяции. Возможно, вылупление из яиц в естественной среде происходит не сразу, а через более длительные периоды.

### 3.3.2. Влияние солености воды на продукционные характеристики артемий

В биотопах гипергалинных озер соленость воды оказывает влияние на все продукционные процессы. Однако действие солености неоднозначно. Разные диапазоны солености оказывают различное влияние на весь цикл развития артемий от цисты до взрослой особи. Поэтому была сдела-

на попытка анализа реагирования отдельных параметров продуктивности артемий на соленость воды.

*Соленость и масса рачков артемий.* Между массой половозрелых самок артемий и соленостью воды была обнаружена слабая достоверная отрицательная связь с коэффициентом линейной корреляции  $r = -0,47$ . Это еще раз подтверждает, что с ростом солености при относительно неменяющейся длине тела рачков, прогонистость тела увеличивается.

*Соленость и плодовитость рачков.* В наших исследованиях все виды размножения зарегистрированы в пределах солености от 30 до 300 г/л. При этом, цисто- и яйцеобразование находилось в противофазе. Анализ показал, что образование цист в овисаках самок слабо связано с соленостью в пределах от 50 до 270 г/л. Удельное число яиц в овисаках, наоборот, максимально при солености ниже 50 г/л. В живорождении науплиусами четких закономерностей не обнаружено. При солености более 220 г/л науплиусы в овисаках почти не встречались. Отмечено наличие достоверной отрицательной связи числа всех эмбрионов в овисаке с соленостью воды ( $r = -0,42$ ).

Между соленостью воды и количеством кладок найдена достоверная положительная связь ( $r = 0,34$ ).

Таким образом, соленость от 50 до 270 г/л благоприятна для образования цист, ниже 50 г/л – яиц, выше 220 г/л живорождение науплиусами почти не встречается. Причем, число кладок с ростом солености увеличивается.

*Соленость и биомасса артемий.* Между соленостью воды и биомассой рачков обнаружена слабая достоверная положительная линейная связь и более сильная непараметрическая, описываемая параболической кривой с перегибом при солености, близкой к 150 г/л. Анализ кривых позволяет сделать вывод об оптимальной солености для биомассы артемий в озерах в пределах от 100 до 200 г/л.

*Соленость и численность цист.* Между соленостью воды и средней за сезон численностью планктонных и бентосных цист в большинстве случаев установлена достоверная положительная линейная ( $r = 0,28-0,48$ ) и непараметрическая связи ( $R_s = 0,24-0,52$ ). Более тесно эта связь описывает-

ся уравнениями параболы с вершиной в области солёности от 140 до 180 г/л для планктонных цист и от 160 до 180 г/л – для бентосных.

### 3.3.3. Некоторые закономерности продуцирования цист

*Зависимость запасов цист от биомассы рачков.* Установлено, что мощность 1-го и 2-го поколения рачков не оказывает существенного влияния на плотность 3-ей генерации, продуцирующей осенние цисты. Вероятно, в этом случае преобладающее воздействие на плотность 3-ей генерации оказывает окружающая среда (солёность, температура, содержание кислорода, наличие корма и другие).

Среднесезонная численность планктонных и бентосных цист при линейной корреляции не имела достоверных связей ни с одной биомассой рачков артемий, при непараметрической - численность планктонных цист достоверно связана с биомассой 3-ей генерации. Интересно, что 1-ая генерация не оказывала влияния на эти показатели, вероятно, в связи с тем, что в 1-ой генерации происходит продуцирование также яиц и науплиусов.

Между среднесезонной численностью планктонных и бентосных цист существует достоверная линейная положительная связь ( $r=0,40$ ).

Общие запасы цист, образованные в осенний период, положительно коррелировали со всеми значениями биомассы рачков с различной степенью сопряженности, за исключением 1-ой генерации. Однако статистически достоверная связь этого показателя установлена для линейных связей ( $r=0,34-0,40$ ) - с биомассой 2-ой генерации, для непараметрической связи – с биомассой 3-ей генерации ( $R_s=0,35-0,46$ ).

Установлено, что основная часть запасов цист находится на дне мелководных водоемов и для промысла недоступна, иными словами, относится к неиспользуемому запасу. Поэтому важно определить также параметры популяции артемий, которые находятся в сопряженной связи с теми запасами цист, которые доступны для промысла, то есть находящимися в планктоне. Как показал корреляционный анализ, этот запас цист достоверно не коррелирует ни с одной из рассматриваемых биомасс ( $r=0,00-0,10$ ;  $R_s=0,08-0,25$ ), за исключением биомассы 3-ей генерации, однако и

эта связь достоверна только для непараметрических связей ( $r=0,12-0,15$ ;  $R_s=0,46-0,49$ ).

Таким образом, если общие запасы осенних цист ( $Y_1$ , г/м<sup>2</sup>) мы можем предсказать с некоторой долей вероятности по биомассе рачков 2-ой ( $X_1$ ) и 3-ей ( $X_2$ ) генераций, то запасы осенних цист доступных для промысла ( $Y_2$ , г/м<sup>2</sup>) - только по биомассе рачков 3-ей генерации. В результате регрессионного анализа получили уравнения, достоверные при уровне значимости 5%:

$$Y_1=6,56+0,12*X_1+0,50*X_2 \quad (R^2=0,34),$$

$$Y_2=0,55*X_2^{0,61} \quad (R^2=0,30).$$

Используя приведенные выше формулы, можно с определенной долей вероятности судить об ожидаемых осенью общих запасах цист артемий по биомассе рачков 2-ой и 3-ей генераций.

*Зависимость запасов цист от солености воды.* Выше было показано неоднозначное влияние солености на численность планктонных и бентосных цист. При солености от 30 до 150 г/л существует положительная связь, т.е. с увеличением солености происходит увеличение числа цист в биоценозе, при солености от 150 до 180-250 г/л – наблюдается пик численности, при солености более 180-250 г/л между этими показателями наблюдается отрицательная связь.

Установление взаимосвязи между соленостью и осенними запасами цист является важным моментом для оперативного прогноза величины промысла и методики составления прогнозов.

Корреляционный анализ показал, что взаимосвязь между запасами цист и соленостью воды является слабой, но достоверной. Поэтому в прогнозных исследованиях при отсутствии данных по биомассе артемий можно пользоваться значениями солености, определенной как в июле, так и в августе, т.е. в период вегетации 2-ой и 3-ей генераций. Параболическая зависимость между запасами цист и соленостью свидетельствует о том, что в озерах с соленостью от 80 до 220 г/л возможно ожидать продукцию всех цист в объеме около 20 г/м<sup>2</sup>, а цист, доступных для промысла – около 5 г/м<sup>2</sup>.

### 3.4. Роль артемий в экосистеме соляного озера

Схематично функционирование экосистемы озера можно представить так: фитопланктон синтезирует органическое вещество, используя энергию света и биогенные элементы; галофильные бактерии преобразуют солнечную энергию в химическую; артемия потребляет водоросли, бактерии, детрит, минерализует органическое вещество пищи и выделяет в среду биогенные элементы; отмирая, фитопланктон и артемия, ее фекалии, частично цисты переходят в детрит, оседают на дно; бактерии разлагают детрит.

Одним из основных источников поступления органического вещества является фотосинтез фитопланктона. Значения суточной продукции фитопланктона в течение двух сезонов были в пределах от 0,003 до 0,87 (на отдельных станциях до 1,32) мгС/л/сутки.

В прогнозных работах по определению запасов биомассы рачков и цист артемий в озерах целого региона необходимо апеллировать к средним величинам. Методически в этом случае удобно использовать среднестатистические значения показателей продуктивности.

Поэтому для подсчета годовой продукции мы использовали среднесезонные показатели. В итоге годовая продукция фитопланктона в среднем для всех озер была равна 117 гС/м<sup>2</sup>/год или 1317 ккал/м<sup>2</sup>/год.

Деструкция органического вещества, отражающая скорость его минерализации, в артемиевых озерах в среднем равна 180 гС/м<sup>2</sup>/год или 2029 ккал/м<sup>2</sup>/год. Таким образом, отношение продукции к деструкции оказалось меньше 1. Это свидетельствует о том, что в биотических процессах озер участвует аллохтонное органическое вещество, а доля бактерий и их продукция в планктоне соизмерима с продукцией фитопланктона.

В модельных озерах вторичная продукция, рассчитанная по скорости продукции за сутки, была в пределах от 130 до 596 ккал/м<sup>2</sup>. Для среднестатистической популяции расчет вторичной продукции по значениям соматической, генеративной и экзувиальной продукций и на основе расчета скорости продукции за сутки дал близкие результаты – 270,4-288 ккал/м<sup>2</sup>.

Сезонный  $P/B$ -коэффициент, рассчитанный разными способами был около 10, суточный – 0,056. Динамика продукции среднестатистической популяции представляет собой затухающую синусоиду (рис. 7).

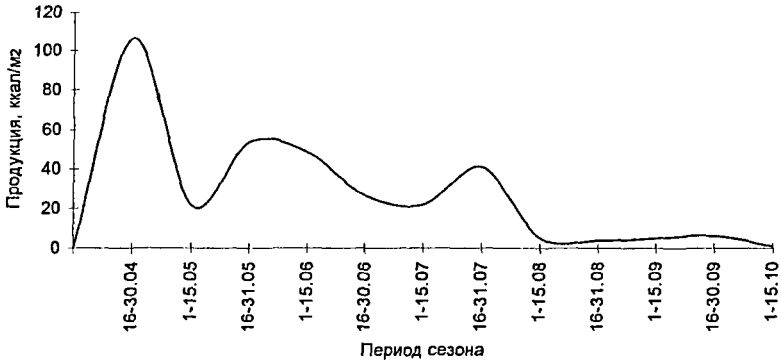


Рис. 7. Динамика продукции артемий по данным среднестатистической популяции

Трофическая структура биоценоза артемиевого озера представлена продуцентами, первичными консументами и редуцентами. Продукция артемий составляет для среднестатистического сообщества по разным подсчетам от 20 до 26 % от продукции фитопланктона. Для отдельных популяций это соотношение  $P_2/P_1$  весьма различается (0,06-0,60), и в биоценозах с низкой плотностью артемий фитопланктон, выйдя из под пресса фильтраторов, получает более высокое развитие.

Высокие значения соотношения двух смежных трофических уровней, вероятно, связаны с тем, что в питании артемий помимо фитопланктона участвуют галофильные бактерии, детрит и бентосная микрофлора.

В гипергалинных водоемах артемии являются основными потребителями взвешенного органического вещества, состоящего из водорослей, бактерий и детрита. Для выяснения роли артемий в самоочищении водоема была подсчитана скорость фильтрации воды по отношению рациона рачков к концентрации пищи в воде. Был проведен расчет средних за сезон рационов рачков всех возрастных стадий в двух модельных озерах.

Суммарный для всех рачков суточный рацион составил от 2,0 до 11,2 кал/л\*сутки<sup>-1</sup>. Среднесуточная продукция артемий в этих же озерах была в пределах от 0,55 до 2,79 кал/л\*сутки<sup>-1</sup>. Отношение продукции к рациону ( $P/C$ ) оказались на уровне от 0,19 до 0,45. Это отношение, которое получило название коэффициента роста первого порядка ( $K_1$ ), указывает на то, что почти 30 % потребленной артемией пищи идет на рост. Определенная нами (табл. 3) степень усвояемости пищи у артемий, соответствует этим показателям для различных фильтраторов. Важным показателем продуктивности биоценоза служит коэффициент использования ассимилированной энергии на рост ( $K_2$ ). В исследованных нами модельных озерах  $K_2$  был в пределах от 0,43 до 0,63.

Таблица 3. Среднесуточные значения рациона, продукции и трат на обмен популяций артемий

Водоем, сезон	$C$	$P$	$R$	$C/R$	$R/P$	$K_2$ $P/(R+P)$	$K_1$ $P/C$	$q=(R+P)/C$
Б. Медвежье, 2001	4,44	2	1,18	3,76	0,59	0,63	0,45	0,72
Б. Медвежье, 2002	8,60	2,2	2,22	3,87	1,01	0,50	0,26	0,51
Б. Медвежье, 2003	2,88	0,55	0,74	3,89	1,35	0,43	0,19	0,45
Невидим, 2001	11,15	2,79	2,92	3,82	1,05	0,49	0,25	0,51
Невидим, 2002	1,95	0,72	0,52	3,75	0,72	0,58	0,37	0,64
Невидим, 2003	2,66	0,59	0,69	3,86	1,17	0,46	0,22	0,48
$M$	5,28	1,48	1,38	3,83	0,98	0,51	0,29	0,55
$\sigma$	3,74	0,97	0,97	0,06	0,28	0,08	0,10	0,10
$Cv$	71	66	71	2	29	15	34	19
$m$	1,53	0,40	0,40	0,02	0,11	0,03	0,04	0,04

Примечание:  $C$ ,  $P$ ,  $R$  – среднесуточные значения для популяции артемий рациона, продукции и трат на обмен, кал/л,  $q$  – степень усвоения потребленной пищи

Для оценки роли артемий в биотическом балансе соляных озер был рассчитан энергетический баланс популяции. Установлено, что суточные траты на дыхание от науплиуса до половозрелой стадии находятся в пределах от 0,005 до 0,20 кал/особь. Этот показатель в среднем за сезон был в



пределах от 0,52 до 2,92 кал/л\*сутки<sup>-1</sup>. Существуют тесные зависимости между отдельными элементами энергетического баланса: коэффициент корреляции при попарном сравнении продукции, рациона и трат на дыхание не ниже 0,92. По нашим данным, рацион почти в 4 раза превышает траты на обмен, траты энергии на продукцию и на обмен являются сопоставимыми величинами.

При расчете скорости фильтрации пищи артемией исходили из того, что в составе пищи рачков были обнаружены фитопланктон и детрит, при этом доля фитопланктона находилась в пределах от 5 до 50% (в среднем 17%,  $C_v=94\%$ ). Чтобы удовлетворить свои суточные потребности в пище, рачки должны потребить 0,17-1,67 кал/л\*сутки<sup>-1</sup> фитопланктона или 0,22-2,09 мг/л\*сутки<sup>-1</sup> и 0,98-9,48 кал/л\*сутки<sup>-1</sup> или 1,95-18,96 мг/л\*сутки<sup>-1</sup> детрита.

Скорость фильтрации пищи оценивали по содержанию фитопланктона в воде и в суточном рационе рачков, учитывая тот факт, что артемия является неселективным фильтратором. Для того чтобы потребить 0,22-2,09 мг/л в сутки фитопланктона при его содержании в толще воды в количестве 0,12-2,16 мг/л, необходимо профильтровать от 560 до 1990 мл воды. В пересчете на биомассу рачков получаем суточную удельную скорость фильтрации в размере от 37 до 286 мл/мг сырой биомассы рачков. Таким образом, объем воды озера профильтровывается за 12-40 часов. Чрезвычайно большая фильтрационная способность артемий объясняет высокую прозрачность воды в артемиевых озерах.

## 3.5. Оценка качества цист артемий и их промысел

### 3.5.1. Экспериментальные исследования качества цист артемий

В разделе приводятся результаты экспериментов по определению оптимальных параметров инкубации цист из сибирских популяций. Наши исследования показали, что наилучшие показатели вылупления цист наблюдаются при использовании инкубационного раствора: 5 г/л NaCl и 2 г/л NaHCO<sub>3</sub>, температуре 21-23<sup>o</sup>C, длительности инкубации 30 часов, освещенности 2000 люкс.

Обобщающий анализ результатов многочисленных экспериментов по активации холодом позволил сделать заключение, что, через каждые 10 суток хранения цист в морозильнике (при температуре  $-18^{\circ}\text{C}$ ) выклев науплиусов увеличивается в среднем на 2,6%. Активация дегидратированных в рассоле NaCl цист холодом происходит также и при хранении их в естественных зимних условиях при температуре от минус  $10^{\circ}$  до минус  $25^{\circ}\text{C}$  в мешках под навесом. По нашим данным, процент вылупления науплиусов из цист при этом за 4 холодных месяца (в условиях Сибири) повышался от исходных 30% до 60-80%. Активация цист холодом наиболее эффективна при хранении их в растворе соли NaCl в концентрации 150 г/л и температуре  $5^{\circ}\text{C}$ .

### 3.5.2. Современное состояние запасов цист артемий и их промысел

В целом за пятилетний период (2000-2004 гг.) разведанные годовые запасы цист колебались в пределах 3338-7485 т и в среднем составляли 4856 т.

За указанный период показатели ОДУ находились в пределах от 1571 до 1976 т (в среднем 1825 т), объемы заготовленного сырья – от 684 до 915 т (в среднем 837 т). Среднестатистические объемы заготовки цист почти в 6 раз ниже общих разведанных запасов и в 2 раза ниже величины ОДУ.

Различия между ОДУ и объемами заготовленного сырья можно объяснить, помимо интересов рынка, еще и недостаточной организацией заготовки, особенно на мелководных водоемах, а также проблемами со сбором бентосных цист, объем которых учитывается при определении общих запасов и ОДУ.

В рассматриваемом регионе имеется 37 основных промысловых водоемов, наиболее важными являются Большое Яровое и Кулундинское в Алтайском крае, Эбейты в Омской области, Большое и Малое Медвежье в Курганской области.

В среднем с 1 га площади всех в целом озер добывается 13 кг/га цист в сырой массе.

### 3.5.3. Прогноз общих допустимых уловов цист артемий

Существующие в Российской Федерации методы управления ресурсами гидробионтов основаны на определении их общих запасов (с годичной заблаговременностью), доли изъятия и получении разрешения на заготовку после предварительного прохождения государственной экологической экспертизы. Для короткоцикловых организмов (продолжительность генерации рачков артемий не более 2 месяцев), а также цист артемий, которые в мелководных озерах, как правило, выбрасываются на берег и быстро гибнут, такой метод управления нерационален и неэффективен. Поэтому были предложены два способа управления водными биоресурсами: усовершенствованный традиционный метод определения ОДУ, учитывающий запасы бентосных цист и регламентирующий летнюю заготовку и совершенно новый подход, основанный на недопущении снижения плотности популяции артемий ниже определенного минимального биологически приемлемого уровня.

*Усовершенствованная традиционная методика.* Ее главные отличия от традиционной заключаются в том, что:

- предусматривается дополнительно выдача предварительного прогноза уловов и обоснование промысла в рамках этого прогноза в летнее время (с июня по сентябрь);

- предварительный прогноз уловов для конкретного промыслового озера базируется на статистическом значении среднего объема общих промысловых запасов цист за последние 3-5 лет, средней биомассы цист в предыдущие годы, численности весенней генерации и сложившегося тренда условий формирования промысловых запасов в год расчета ОДУ;

- в состав общих запасов цист в озере помимо планктонных, береговых и цист в овисаках самок вводятся бентосные цисты.

*Экспериментальная методика.* Эта методика определения ОДУ цист основана на предположении о возможности установления минимальной весенней плотности цист или вылупившихся науплиусов, которая бы обеспечивала развитие популяции артемий на оптимальном уровне и, как результат этого, максимальный урожай цист.

Суть методики для мелководных сибирских озер заключается в проведении заготовки цист без каких-либо ограничений в объемах и сроках, но с созданием резервного запаса цист самими заготовителями. Объем этого запаса определяется научными специалистами и согласовывается с инспекцией рыбоохраны и природоохранными службами. При снижении численности цист или науплиусов ниже пороговой величины в весеннее время необходимо проводить инокуляцию из резервных запасов в недостаточном объеме.

Для определения минимальной пороговой численности весенних науплиусов в сибирских озерах был проведен анализ динамики численности рачков первой генерации в период с апреля по июнь. Установлено (см. рис. 4), что, несмотря на значительное (до 5-6 тыс.шт./л) количество науплиусов I-ой генерации, до половозрелости в среднем доживает не более 20 шт./л. Известно (Sorgeloos, Lavens, Leger et al., 1986), что для наиболее эффективного функционирования биоценоза артемиевого озера необходимо присутствие от 5 до 20 науплиусов на 1 литр воды. Если количество науплиусов больше, то, как правило, наблюдается их гибель вследствие недостатка пищи. Таким образом, оптимальной для популяции рачка в сибирских биотопах, вероятно, является плотность 20 шт./л науплиусов. Если учесть, что вылупление планктонных цист в весеннее время приблизительно равно 40%, то оптимальной плотностью цист будет величина равная 50 шт./л.

Данная методика определения ОДУ предусматривает соблюдение определенных требований: проведение ранневесенней гидробиологической съемки для определения плотности цист и науплиусов; осуществление контроля над объемом и качеством собранного запаса цист; размещение и хранение запаса цист, определение их качественных показателей; наличие оборудования и персонала для проведения своевременной и эффективной инокуляции цист в озеро.

Принципиально новая методика определения ОДУ цист артемий (Литвиненко, Литвиненко, Соловов и др., 2002) одобрена научно-техническим советом Минсельхоза России, утверждена Заместителем Министра сельского хозяйства РФ и рекомендована для апробации на не-

скольких модельных озерах Курганской, Омской областей и Алтайского края.

*Заблаговременный прогноз ОДУ цист артемий.* Этот вид прогноза с годичной заблаговременностью проводится с 2002 г. на основе разработанных ФГУП Госрыбцентр методик (Литвиненко, Литвиненко, Соловов и др., 2002, 2005). В таблице 4 приведены пятилетние данные прогнозов, выданных с годичной заблаговременностью. Линии тренда, построенные на основе данных по запасам цист артемий, свидетельствуют о прогнозе ОДУ на последующие годы в пределах 1600 – 2000 т.

*Прогноз общих допустимых уловов биомассы артемий.* Общая биомасса рачков во всех водоемах с учетом продукции составила около 160 тыс. т. Наиболее продуктивные озера: Кулундинское – 67,7 тыс. т, Большое Яровое – 24,6 тыс. т, Эбейты – 11,2 тыс. т, Горькое (Новоключи) – 8,2 тыс. т, Большое Медвежье – 7,6 тыс.т. При 30%-ном изъятии ОДУ по всем озерам сибирского региона составят 48 тыс. т сырой биомассы рачков артемий.

Таблица 4. Данные по заблаговременному прогнозу ОДУ цист артемий

Регион	Прогноз ОДУ (т, сырой массы)				
	2002	2003	2004	2005	2006
Курганская область	335	280	300	365	365
Омская область	19	140	190	195	195
Новосибирская область	50	220	202	202	169
Алтайский край	900	1230	1300	1210	1160
Итого	1304	1870	1992	1972	1889

## ВЫВОДЫ

1. Фонд артемиевых озер Западной Сибири насчитывает около 80 озер общей площадью 1570 км<sup>2</sup>. Северная граница сибирского ареала артемий проходит по широте 55°43', на юге примыкает к казахскому ареалу

зоны полупустыни. Артемиевые озера это гипергалинные водоемы со значительным содержанием хлоридных, сульфатных, натриевых, магниевых ионов, с соленостью от 28 до 371 г/л. Предельные уровни минерализации, при которой встречались рачки артемий: 34-299 г/л.

2. Биоценоз артемиевого озера беден по видовому составу (в целом за сезон: 1-5 видов фитопланктона, 1-5 видов зоопланктона, 1-2 вида зообентоса), в экологическом отношении представлен галоксенами, галофилами и галобионтами. Фитопланктон по размерному составу относится к нанопланктону, в количественном отношении имеет низкую плотность, в физиологическом – является высокопродуктивным. За весь период исследований в составе фитопланктона озер было выявлено 58 видов и разновидностей, относящихся к 6 отделам водорослей. Доминируют по биомассе вольвоксовые и диатомовые водоросли. В зоопланктоне обнаружено 13 видов, принадлежащих к двум типам: членистоногие и круглые черви. Из членистоногих - 6 представителей ракообразных (жаброногих – 2, веслоногих – 3, ветвистоусых – 1) и 3 вида личинок насекомых. Из круглых червей были встречены три вида коловраток и один вид нематод. С увеличением солености воды число видов достоверно снижалось, повышалась роль артемий в сообществе и уменьшалась доля в общей биомассе других видов.

3. По характеру размножения популяции артемий сибирского ареала в основном являются партеногенетическими. Постоянные бисексуальные популяции отмечены на восточной границе ареала – в Хакасии, Тыве и Алтайском крае.

4. Соленость среды и, в частности сумма ионов натрия и калия, хлориды, сульфаты, магний, является существенным фактором в определении индивидуальных пропорций тела рачков сибирских популяций артемий. Из всего комплекса морфометрических признаков наиболее информативными параметрами, показывающими влияние солености среды на артемию, являются длина фурки, число щетинок на фурке. Индексами, отражающими влияние генотипа, могут служить соотношение длин абдомена и цефалоторакса.

5. Плодовитость артемий - величина непостоянная и значительно меняется не только в течение сезона, но и в разные годы. Средние значе-

ния числа потомков на помет в пределах 15-35 штук говорят о низкой плодовитости рачков. Продолжительность периода созревания рачков в естественных условиях равна 3-5 неделям (4-5 – для весенней генерации, 3-4 – для летней генерации), в условиях культивирования – 2-3 неделям. Скорость увеличения массы тела лежит в пределах от 0,14 до 0,20, при культивировании – от 0,19 до 0,37 сутки<sup>-1</sup>.

6. Сезонная динамика общей численности рачков артемий характеризуется увеличением в апреле-июне и снижением в остальные месяцы относительно среднесезонных значений. Между показателями численности науплиусов и процентом выживаемости обнаружена отрицательная связь: чем больше науплиусов выключилось в озере, тем меньше у них вероятность дожить до половозрелой стадии. Несмотря на значительное количество науплиусов I генерации, до половозрелости в среднем доживает около 20 особей. Эта численность рачков является экологически оптимальной величиной для мелководных озер и определяется их трофическими условиями.

7. Матричная математическая модель сезонной динамики численности позволила сделать вывод о достаточной объективности наших представлений об артемии (вегетационный сезон - 180 дней, 3-4 генерации с растянутым периодом размножения; через каждые 7-8 дней происходит переход из одной стадии в другую; половая зрелость наступает на 28 сутки; выживаемость от науплиусов до метанауплиусов – 20%, от метанауплиусов до ювенальных – 50%, от ювенальных до предвзрослых и от предвзрослых до взрослых рачков – 80%, выживаемость взрослых рачков от помета до помета – 50%; помет через каждые 7-8 дней; живорождение (науплиусы+яйца) - 5 шт./помет (с учетом выклева науплиусов из яиц), кладка цист- 15 шт./помет. Средняя длительность поколения - 46,2 суток.

8. Общая минерализация воды определяет продуктивность популяций артемий. Ее увеличение в озерах приводит к снижению индивидуальной массы тела половозрелых рачков; снижает уровень живорождения, в том числе вызывает уменьшение числа яиц в кладке; приводит к увеличению числа кладок. Соленость от 50 до 270 г/л благоприятна для образования цист, ниже 50 г/л – яиц, выше 220 г/л живорождение науплиусами почти не встречается. Соленость воды в пределах от 100 до 200 г/л опти-

мальна для наращивания биомассы артемий. С увеличением солености воды от 30 до 160 г/л число цист в биоценозе растет и от 180 до 300 г/л – снижается.

9. Существенный вклад в общие осенние промысловые запасы цист вносит летняя и летне-осенняя генерации артемий. Запасы осенних цист, доступных для промысла, можно предсказать с определенной долей вероятности только по биомассе рачков летне-осенней (третьей) генерации. Запасы цист не зависят от мощности первого поколения рачков.

10. В целом за три года исследований сезонная продукция артемий в модельных озерах была в пределах от 130 до 596 ккал/м<sup>2</sup> (для среднестатистической популяции – 270-340 ккал/м<sup>2</sup>), среднесуточная продукция – от 0,55 до 2,79 ккал/л\*сутки<sup>-1</sup>, суммарный для всех рачков суточный рацион – от 2,0 до 11,2 ккал/л\*сутки<sup>-1</sup>. Сезонные значения *P/B*-коэффициента артемий около 10, суточные – 0,056 сутки<sup>-1</sup>. Продукция артемий составляет для среднестатистического сообщества от 20 до 26 % от продукции фитопланктона. Коэффициент *K<sub>1</sub>* находится в пределах от 0,19 до 0,45, коэффициент *K<sub>2</sub>* – от 0,43 до 0,63. Суточная удельная скорость фильтрации воды рачками составляет от 37 до 286 мл/мг сырой биомассы рачков. Весь объем воды в озерах профильтровывается рачками за 12-40 часов.

11. Оптимальными параметрами для инкубации цист артемий сибирских популяций являются раствор солей: 5 г/л NaCl и 2 г/л NaHCO<sub>3</sub>, температура 21-23<sup>o</sup>C (сроки инкубации при этом следует продлить до 30 часов), интенсивное освещение порядка 2000 люкс. Для активации цист при хранении в холодных условиях лучшие результаты были достигнуты при температуре хранения около +5<sup>o</sup>C в растворе NaCl с концентрацией последнего 150 г/л.

12. Разведанные годовые запасы цист в озерах Западной Сибири колебались в пределах 3338-7485 т и в среднем составляли 4856 т. За указанный период показатели ОДУ находились в пределах от 1571 до 1976 т (в среднем 1825 т), объемы заготовленного сырья – от 684 до 915 т (в среднем 837 т). В среднем с 1 га площади всех в целом озер добывается 13 кг/га цист в сырой массе. Линии тренда, построенные на основе данных по запасам цист артемий, свидетельствуют о прогнозе ОДУ на последующие годы в пределах 1600 – 2000 т. Общая биомасса рачков во всех водо-



емах с учетом продукции составляет около 160 тыс. т, при 30%-ном изъятии ОДУ составят 48 тыс. т сырой биомассы рачков артемий.

13. Разработанные нами методики определения ОДУ, учитывающие запасы летних и бентосных цист, а также базирующиеся на оптимальной плотности популяции и предусматривающие заготовку с созданием резерва цист, позволяют рационально использовать биоресурсы.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ

На основе проведенных исследований разработаны: «Инструкция по использованию артемий в аквакультуре» (2000), «Методические указания по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброногого рачка *Artemia*» (2002), учебно-методическое пособие «Определение общих допустимых уловов (ОДУ) водных беспозвоночных» (2008).

Вся указанная нормативно-технологическая документация может быть использована в практической деятельности научно-исследовательских и образовательных учреждений, рыбоводных хозяйств, воспроизводственных комплексов.

## СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Методические указания, пособия, инструкции:

1. Литвиненко Л.И., Мамонтов Ю.Г., Иванова О.В., Литвиненко А.И., Чебанов М.С. Инструкция по использованию артемий в аквакультуре. - Тюмень: СибрыбНИИпроект, 2000. – 58 с.

2. Литвиненко А. И., Литвиненко Л. И., Соловов В.П., Ясюченя Т.Л., Веснина Л.В. Методические указания по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброногого рачка *Artemia*. - Тюмень: СибрыбНИИпроект, 2002. – 25 с.

3. Литвиненко Л.И. Определение общих допустимых уловов (ОДУ) водных беспозвоночных / Учебно-методическое пособие - Тюмень, 2008. - 36 с.

### Научные статьи:

4. Литвиненко А.И., Литвиненко Л.И., Козлов О.В, Новоселов В.А., Ягафаров Ф.Н. Перспективы использования биологических кормов из водоемов Западной Сибири в аквакультуре // Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре: Тез. докл. междуна. симп. (Адлер, Россия, 21-24 окт. 1996 г.). - Краснодар, 1996.- С. 20.

5. Литвиненко А.И., Литвиненко Л.И., Ягафаров Ф.Н. Современное состояние запасов артемии в озерах Западной Сибири и некоторые аспекты усовершенствования методов активации их диапаузирующих яиц // VII съезд Гидробиол. об-ва РАН: Материалы съезда (Казань 14-20 окт. 1996 г.). – Казань, 1996. - Т. 2. – С. 43-45.

6. Литвиненко Л.И., Ягафаров Ф.Н. К исследованиям экосистем соленых озер // VII съезд Гидробиол. об-ва РАН: Материалы съезда. (Казань 14-20 окт. 1996 г.). - Казань, 1996. – Т. 2. -С. 45-47.

7. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Ягафаров Ф.Н. О состоянии жаброногого рачка артемии в гипергалинных озерах Зауралья и возможностях использования его запасов //Аграрная наука и образование в Тюменской области: проблемы, поиски, решения: Материалы науч.-метод. и практ. конф. (Тюмень, март 1997). – Тюмень: ТСХА, 1997. - С. 147-148.

8. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И. Состояние запасов цист артемии в озерах Курганской области // Проблемы и перспективы развития аквакультуры в России: Материалы междуна. науч.-практ. конф.- Краснодар: «Здравствуйте», 2001. – С. 67-68.

9. Литвиненко Л.И., Ягафаров Ф.Н., Матвеева Е.П., Козлов А.В., Кобылина Т.Е. Структурные и функциональные особенности популяции жаброногого рачка *Artemia sp.* в озерах Западной Сибири // VIII съезд гидробиологического общества РАН: Тез. докл. (Калининград, 16-23 сентября 2001 г.) - Калининград, 2001. – Т. 1. - С. 187-188.

10. Литвиненко Л.И., Черняк М.А. Фитопланктон и первичная продукция соляных озер Западной Сибири // VIII съезд Гидробиол. об-ва РАН: Тез. докл. (Калининград, 16-23 сентября 2001 г.) - Калининград, 2001. – Т. 1. - С. 249-250.

11. Литвиненко Л.И., Черняк М.А. Фитопланктон озера Медвежье // Озеро Медвежье. Биологическая продуктивность и комплексное исполь-

зование природных ресурсов гипергалинного озера. - Тюмень: СибрыбНИИпроект, 2001.- С. 33-36.

12. Литвиненко Л.И., Уварова В.И., Соболева Г.Ф., Коваленко А.И. Абиотические условия озера Медвежье // Озеро Медвежье. Биологическая продуктивность и комплексное использование природных ресурсов гипергалинного озера. - Тюмень: СибрыбНИИпроект, 2001.- С. 25-32.

13. Литвиненко Л.И., Матвеева Е.П. Особенности биологии жаброногого рачка артемии // Озеро Медвежье. Биологическая продуктивность и комплексное использование природных ресурсов гипергалинного озера.- Тюмень: ФГУП СибрыбНИИпроект, 2001. - С. 37-42.

14. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Ягафаров Ф.Н. Функционирование экосистемы озера // Озеро Медвежье. Биологическая продуктивность и комплексное использование природных ресурсов гипергалинного озера – Тюмень: СибрыбНИИпроект, 2001.– С. 43-45.

15. Mamontov J.P., Litvinenko A.I., Litvinenko L.I. About conditions and use of Artemia resources in Russia // International Workshop on Artemia (12-15 May, 2001). – Iran: Urmia University, 2001. – P. 32.

16. Litvinenko L.I, Kozlov A.V., Kobylina T.E., Bauer D.S. Salinity of water as a factor to determine the development of the brine shrimp Artemia populations in the lakes // 8th international conference on salt lakes (Republic of Khakasia, Zhemehuzhny, 23-26 July 2002). –Krasnoyarsk: Institute of Biophysics of SB RAS, 2002. – P. 111-112.

17. Kovalenko A.I., Litvinenko L.I. Water chemical composition in Artemia lakes of Western Siberia // 8th international conference on salt lakes (Republic of Khakasia, Zhemehuzhny, 23-26 July 2002). –Krasnoyarsk: Institute of Biophysics of SB RAS, 2002. – P. 109-110.

18. Litvinenko A.I., Sorgeloos P., Marden B., Litvinenko L.I., Solovov V.P. New approach to determining the quota for Artemia cysts harvesting from the salt lakes of the Western Siberia // Artemia Biodiversity in the Newly Independent States: Current Global Resources and their Sustainable Exploitation (Moscow, 17-19 July 2002). - Тюмень: ФГУП СибрыбНИИпроект, 2002 – С. 19-22.

19. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Solovov V.P., Vizer L.S., Vesnina L.V., Yasuchenya T.L. Bio-geography and characteristics of the Siberian Artemia habitats // Artemia Biodiversity in the Newly Independent States: Current

Global Resources and their Sustainable Exploitation (Moscow, 17-19 July 2002). - Тюмень: ФГУП СибирьНИИпроект, 2002. - С. 63-65.

20. Литвиненко А.И., Соржелос П., Марден Б, Литвиненко Л.И., Соловов В.П. Новый подход в методах определения общих допустимых уловов (ОДУ) цист артемии в соленых озерах Западной Сибири // Сб. докл. междунар. науч.-исследов. семинара «Биоразнообразии артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование» (Москва, 17-19 июля 2002 г.).- Тюмень: ФГУП Госрыбцентр, 2004. – С. 29-40.

21. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Соловов В.П., Визер Л.С., Веснина Л.В., Ясюченя Т.Л. Биогеография и характеристика природных мест обитания сибирской артемии// Сб. докл. междунар. науч.-исследов. семинара «Биоразнообразии артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование» (Москва, 17-19 июля 2002 г.).- Тюмень: ФГУП Госрыбцентр, 2004.. – С. 3-28.

22. Litvinenko L.I, Litvinenko A.I., Sorgeloos P., Marden B., Vdovchenko M.A. Brine shrimp Artemia in Western Siberia Lakes // Iran international Workshop on Artemia «INCO-DEV project on Artemia biodiversity» (sep. 21-25, 2004). - Iran: Urmia University, 2004. - P. 62.

23. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И. Современное состояние запасов промысловых водных беспозвоночных в озерах Западной Сибири и перспективы их использования// Стратегия развития аквакультуры в условиях XXI века (Aquaculture development strategy under conditions of XXI century): Материалы междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 23-27 августа 2004 г.). - Минск: ОДО «Тонпик», 2004. - С. 209-213.

24. Бойко Е.Г., Литвиненко Л.И. Характеристика российских популяций артемии: морфометрия, цитогенетика // Аграрная наука на современном этапе. Сб. науч. тр. посвященный 45-летию академии и 60-летию Тюменской области. - Тюмень: Тюменская государственная сельскохозяйственная академия, 2004. – С. 47-49.

25. Бойко Е.Г., Литвиненко Л.И., Барминцев В.А. Определение видовой принадлежности артемии ряда озер юга Западной Сибири // Актуальні проблеми аквакультури та раціонального використання водних біоресурсів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 26-30 вересня 2005 р.). – Київ, 2005. – С. 30-38.

26. Литвиненко А.И., Литвиненко Л.И., Соловов В.П., Веснина Л.В., Ясюченя Т.Л., Визер Л.С., Козлов О.В. Результаты многолетних исследо-

ваний и практического использования промысловых водных беспозвоночных Западной Сибири // Проблемы гидробиологии Сибири: Материалы Всерос. конф. «Современные проблемы гидробиологии Сибири». – Томск: Дельтаплан, 2005. – С. 146-164.

27. Литвиненко Л.И., Матвеева Е.П., Гуженко М.В. Зоопланктон в гиперсоленых озерах Западной Сибири // 7-я конференция «Водные экосистемы и организмы-7 (Aquatic ecosystems and organisms-7). - (МГУ, 15 окт. 2005 г.). - Ecological Studies, Hazards, Solutions. - Vol. 11. - С. 64-65.

28. Литвиненко А.И., Литвиненко Л.И. Методические аспекты прогнозирования общих допустимых уловов // 7 Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным: Тез. докл. (Мурманск, 9-13 окт. 2006). - Мурманск, 2006. – С. 24-26.

29. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И. Особенности промысла и оценки запасов цист артемии в разнотипных озерах // 7 Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным: Тез. докл. (Мурманск, 9-13 окт. 2006 г.). - Мурманск, 2006. – С. 164-165.

30. Литвиненко Л.И. Анализ состояния запасов беспозвоночных и результатов их промысла в озерах Западной Сибири за период с 2000 по 2004 годы // 7 Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным: Тез. докл. (Мурманск, 9-13 окт. 2006). - Мурманск, 2006. – С. 27-29.

31. Литвиненко Л.И., Козлов А.В., Матвеева Е.П., Гуженко М.В. Результаты трехлетнего мониторинга артемиевых озер Курганской области // Вестник Курганского государственного университета. Серия «Естественные науки»,. - Вып. 1, № 4(08). - 2006. – С. 49-51.

32. Литвиненко Л.И. Моделирование сезонной динамики численности сибирских популяций артемии // IX Съезд Гидробиол. об-ва РАН (Тольятти, 18-22 сентября 2006 г.): Тез. докл., -Тольятти: ИЭВР РАН, 2006. - Т. I. – С. 273.

33. Бойко Е.Г., Литвиненко Л.И. Влияние некоторых экологических факторов на рост гипергалинного рачка *Artemia* юга Западной Сибири// IX Съезд Гидробиол. об-ва РАН (Тольятти, 18-22 сентября 2006 г.): Тез. докл.– Тольятти: ИЭВР РАН, 2006. - Т. I. – С. 48.

34. Литвиненко Л.И., Ядуванкина М.А. Альгоценозы соляных озер юга Западной Сибири // Альгологические исследования: современное состояние и перспективы на будущее: Материалы I Всероссийской науч.-

практ. конф. (Уфа, 16-18 ноября 2006 г.). - Уфа: издательство БГПУ, 2006. - С. 66-69.

35. Литвиненко Л.И., Гуженко М.В. Влияние некоторых факторов среды на развитие жаброногого рачка артемии – основного галобионта соленых озер // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - Вып. 2. - 2007. - С. 81-85.

36. Литвиненко Л.И., Гуженко М.В. Определение оптимальных параметров инкубации цист артемии сибирских популяций // Рыбное хозяйство. - 2007. - № 2. – С. 90-94.

37. Литвиненко Л.И. Гиперсоленые озера Западной Сибири как среда обитания галофильного рачка артемии // Рыбное хозяйство. – 2007. - № 6. –С. 93-98.

38. Litvinenko L., Kozlov A., Kovalenko A., Bauer D. Salinity of water as a factor to determine the development of the brine shrimp *Artemia* populations in the lakes // Hydrobiologia - February 2007. - V. 576, № 1, - P. 95-101.

39. Литвиненко Л.И., Бойко Е.Г. Морфологическая характеристика рачков сибирских популяций артемии // Биология Внутренних Вод. - 2008. - № 1. - С. 40-48.

40. Litvinenko L.I., Boyko E.G. The Morphological Characteristics of *Artemia* Shrimps from Siberian Populations // Inland Water Biology – 2008 - V.1, № 1. - P. 37-45.

41. Литвиненко Л.И., Бойко Е.Г. Морфологические исследования искусственно выращенных рачков артемии сибирских популяций // Сибирский экологический журнал. -2008. - 1. - С. 11-22.

42. Литвиненко Л.И. Некоторые закономерности сезонной динамики биомассы и численности артемии в озерах Западной Сибири // Современное состояние водных биоресурсов: Материалы междунар. конф. (Новосибирск, 26-28 марта 2008). – Новосибирск: «Агрос», 2008. – С. 58-64.

43. Литвиненко Л.И. Количественное развитие артемии – основного стартового корма для объектов аквакультуры - в озерах Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2008. - 10. – С. 74-81.

44. Литвиненко Л.И. Планктон гипергалинных озер Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2008. - 12. – С. 95-101.

Изд. лиц. № 06055 от 16.10.2002. Подписано в печать 03.12.2008.  
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 2,6. Тираж 150 экз.

ФГУП Государственный научно-производственный центр  
рыбного хозяйства (Госрыбцентр)  
625023 г. Тюмень, ул. Одесская, 33